

Cod de proiectare seismică
– partea I –

Prevederi de proiectare pentru clădiri
Indicativ P 100-1/2025

Beneficiar:

Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și
Administrației

Decembrie 2024

Acest document constituie a doua redactare a proiectului de reglementare tehnică P100-1, revizuită ca urmare a observațiilor primite în procesul de consultare publică, ancheta publică și ședinței de avizare a Comitetelor tehnice de specialitate

Redactarea a II-a avizată de către Comitetele tehnice de specialitate ale MDLPA va fi supusă procedurii de notificare la Comisia Europeană, potrivit prevederilor Hotărârii Guvernului nr. 1016/2004.

Redactarea a III-a a lucrării se va supune avizării în cadrul Comitetului tehnic de coordonare generală al autorității contractante și va fi publicată prin ordin al ministrului lucrărilor publice, dezvoltării și administrației, emis în vederea aprobării reglementării tehnice, în Monitorul Oficial al României.

Cuprins:

1 Generalități	10
1.1 <i>Obiect și domeniu de aplicare</i>	10
1.2 <i>Structura codului</i>	11
1.3 <i>Definiții generale</i>	12
1.4 <i>Simboluri</i>	13
1.5 <i>Unități de măsură</i>	13
1.6 <i>Documente normative de referință</i>	14
2 Cerințe fundamentale	17
2.1 <i>Generalități</i>	17
2.2 <i>Clase de importanță și de expunere la cutremur</i>	17
2.3 <i>Stări limită</i>	19
2.3.1 <i>Starea limită ultimă</i>	19
2.3.2 <i>Starea limită de serviciu</i>	19
3 Acțiunea seismică de proiectare	21
3.1 <i>Spectru de răspuns elastic</i>	21
3.1.2 <i>Spectre ale accelerațiilor orizontale pentru proiectare</i>	25
3.1.3 <i>Spectre ale accelerațiilor verticale pentru proiectare</i>	26
3.2 <i>Accelerograme</i>	28
3.2.1 <i>Accelerograme artificiale</i>	28
3.2.2 <i>Accelerograme înregistrate</i>	29
3.2.3 <i>Accelerograme simulate</i>	29
3.3 <i>Alte prevederi</i>	30
4 Proiectarea seismică	33
4.1 <i>Generalități</i>	33
4.1.1 <i>Componente ale clădirilor</i>	33
4.1.2 <i>Clase de ductilitate</i>	33
4.2 <i>Criterii privind alcătuirea structurilor</i>	34
4.2.1 <i>Configurația structurii</i>	34
4.2.2 <i>Regularitatea structurii</i>	35
4.2.2.1 <i>Regularitatea în plan orizontal</i>	35
4.2.2.2 <i>Regularitatea în plan vertical</i>	35
4.2.3 <i>Rigiditatea la torsiune de ansamblu</i>	37
4.2.4 <i>Redundanța structurală</i>	37
4.2.5 <i>Distanțe între clădiri</i>	38
4.2.6 <i>Diafragme orizontale</i>	38
4.2.7 <i>Secțiunea de încastrare convențională</i>	39
4.2.8 <i>Mecanismul plastic optim</i>	40
4.3 <i>Criterii de performanță seismică pentru structura principală</i>	41
4.3.1 <i>Starea limită ultimă</i>	42
4.3.1.1 <i>Rezistență</i>	42
4.3.1.2 <i>Ductilitate</i>	43
4.3.1.2.1 <i>Ierarhizarea capacităților de rezistență</i>	43
4.3.1.2.2 <i>Limitarea deplasărilor relative de nivel</i>	43
4.3.1.2.3 <i>Limitarea deformațiilor componentelor structurale principale</i>	45

4.3.1.3 Stabilitate	46
4.3.2 Starea limită de serviciu	46
4.3.2.1 Limitarea deplasărilor relative de nivel	47
4.4 Criterii de performanță seismică pentru alte componente	48
4.4.1 Componente structurale secundare	48
4.4.2 Componente nestructurale	49
4.5 Calculul structurii	49
4.5.1 Calcul static liniar	50
4.5.1.1 Spectrul redus	50
4.5.1.2 Modelare pentru calcul	52
4.5.1.3 Metoda forțelor laterale statice echivalente	52
4.5.1.4 Metoda de calcul modal cu spectre de răspuns	54
4.5.1.5 Componenta verticală a acțiunii seismice	56
4.5.1.6 Combinarea efectelor componentelor acțiunii seismice	57
4.5.2 Calcul static neliniar	58
4.5.3 Calcul dinamic liniar	63
4.5.4 Calcul dinamic neliniar	64
4.5.5 Efecte de ordinul doi	65
4.6 Proiectarea clădirilor	65
5 Structuri de beton armat	67
5.1 Generalități	67
5.1.1 Obiect și domeniu de aplicare	67
5.1.2 Definiții	67
5.2 Principii de proiectare	68
5.2.1 Clase de ductilitate	68
5.2.2 Tipuri de structuri	69
5.2.3 Mecanismul plastic optim	71
5.2.4 Factori de comportare	72
5.2.4.1 Starea limită ultimă	72
5.2.4.2 Starea limită de serviciu	75
5.2.5 Efecte locale cauzate de interacțiunea cu componentele nestructurale	75
5.2.6 Fundații și infrastructuri	76
5.2.7 Structuri prefabricate	76
5.2.8 Modelare pentru calcul	77
5.3 Criterii de performanță seismică	78
5.3.1 Generalități	78
5.3.2 Rezistență	78
5.3.3 Ductilitate	80
5.3.4 Stabilitate	80
5.3.5 Rigiditate	80
5.4 Valori de proiectare ale eforturilor	81
5.4.1 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM	81
5.4.1.1 Grinzi	81
5.4.1.1.1 Momente încovoietoare	81
5.4.1.1.2 Forțe tăietoare	82
5.4.1.2 Stâlpi.	82
5.4.1.2.1 Forțe axiale	82
5.4.1.2.2 Momente încovoietoare	83
5.4.1.2.3 Forțe tăietoare	83
5.4.1.3 Noduri	84
5.4.1.4 Pereți și grinzi de cuplare	84
5.4.1.5 Diafragme	84

5.4.1.6 Infrastructuri și fundații	84
5.4.1.7 Redistribuirea eforturilor	85
5.4.1.8 Metoda de calcul static neliniar	86
5.4.2 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL	87
5.5 Capacitate de rezistență	87
5.5.1 Grinzi	87
5.5.1.1 Moment încovoietor	87
5.5.1.2 Forță tăietoare	88
5.5.2 Stâlpi	89
5.5.2.1 Moment încovoietor și forță axială	89
5.5.2.2 Forță tăietoare	89
5.5.3 Noduri grindă-stâlp	90
5.5.4 Pereți și grinzi de cuplare	91
5.5.5 Planșee dală	91
5.6 Capacitate de deformare	91
5.7 Alcătuire și armare	92
5.7.1 Calitatea materialelor	93
5.7.1.1 Beton	93
5.7.1.2 Oțel	93
5.7.2 Secțiune de beton	93
5.7.2.1 Grinzi	93
5.7.2.2 Stâlpi	94
5.7.2.3 Noduri grindă-stâlp	95
5.7.2.4 Pereți și grinzi de cuplare	95
5.7.2.5 Diafragme	95
5.7.2.6 Infrastructuri și fundații	96
5.7.3 Armare	97
5.7.3.1 Grinzi	97
5.7.3.1.1 Armare longitudinală	97
5.7.3.1.2 Armare transversală	98
5.7.3.2 Stâlpi	99
5.7.3.2.1 Armare longitudinală	100
5.7.3.2.2 Armare transversală	101
5.7.3.3 Noduri grindă-stâlp	103
5.7.3.4 Pereți și grinzi de cuplare	104
5.7.3.5 Planșee dală	104
5.7.3.6 Ancorarea și înădirea armăturilor	106
5.7.3.7 Infrastructuri și fundații	109
5.7.3.7.1 Fundații	109
5.7.3.7.2 Pereți de subsol	109
5.7.3.7.3 Planșeele din infrastructură	109
5.7.3.8 Alte prevederi	110
6 Structuri de oțel	111
6.1 Generalități	111
6.1.1 Obiect și domeniu de aplicare	111
6.1.2 Definiții	111
6.2 Principii de proiectare	112
6.2.1 Clase de ductilitate	112
6.2.2 Clasa de secțiune	113
6.2.3 Condiții privind materialele	114
6.2.4 Tipuri de structuri	116
6.2.5 Mecanisme plastice	116
6.2.6 Factori de comportare	117

6.3 Calculul structural	123
6.4 Proiectarea structurilor pentru clasa de ductilitate DCL	125
6.5 Proiectarea structurilor pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH	125
6.5.1 Generalități	125
6.5.2 Criterii de proiectare	125
6.5.3 Reguli de proiectare pentru elemente disipative supuse la compresiune și/sau încovoiere	125
6.5.4 Reguli de proiectare pentru elemente întinse	126
6.5.5 Reguli de proiectare pentru îmbinări în zone disipative	126
6.5.6 Reguli de proiectare pentru îmbinări în zone nedisipative	128
6.5.7 Reguli de proiectare pentru prinderea stâlpilor în fundații	129
6.5.8 Îmbinările de continuitate ale stâlpilor	131
6.5.9 Lungimi de flambaj ale stâlpilor structurilor multietajate	131
6.6 Cadre necontravântuite	137
6.6.1 Criterii de proiectare	137
6.6.2 Grinzi	137
6.6.3 Stâlpi	139
6.6.4 Îmbinările grindă-stâlp	141
6.6.5 Prinderea stâlpilor în fundații	144
6.7 Cadre contravântuite centric	144
6.7.1 Criterii de proiectare	144
6.7.2 Particularități de calcul	145
6.7.3 Calculul diagonalelor	146
6.7.4 Calculul grinzilor și stâlpilor	148
6.7.5 Îmbinările grindă-stâlp	151
6.7.6 Îmbinările barelor de contravântuire	151
6.8 Cadre contravântuite excentric	152
6.8.1 Criterii de proiectare	152
6.8.2 Calculul barelor disipative	152
6.8.3 Elementele nedisipative	157
6.8.4 Îmbinările barelor disipative	158
6.9 Reguli de proiectare pentru structuri de tip pendul inversat	159
6.10 Cadre cu contravântuiri cu flambaj împiedicat	159
6.10.1 Criterii de proiectare	159
6.10.2 Particularități de calcul	159
6.10.3 Verificarea contravântuirilor cu flambaj împiedicat	160
6.10.4 Grinzi și stâlpi	161
6.10.5 Îmbinările contravântuirilor	162
6.10.6 Îmbinările grindă-stâlp	162
6.11 Cadre cu panouri de forfecare	163
6.11.1 Criterii de proiectare	163
6.11.2 Particularități de calcul	164
6.11.3 Calculul panourilor de forfecare	165
6.11.4 Calculul elementelor de bordare - stâlpi și grinzi	167
6.11.5 Îmbinările panourilor de forfecare	171
6.11.6 Îmbinările elementelor de bordare	171
6.12 Structuri duale	171
6.13 Controlul execuției	172
7 Structuri compozite	173
7.1 Generalități	173

7.1.1 Obiect și domeniu de aplicare	173
7.1.2 Definiții	173
7.2 Principii de proiectare	173
7.2.1 Clase de ductilitate	173
7.2.2 Tipuri de structuri	174
7.2.3 Mecanismul plastic	175
7.2.4 Factori de comportare	176
7.2.4.1 Starea limită ultimă	176
7.2.4.2 Starea limită de serviciu	177
7.2.5 Efecte locale cauzate de interacțiunea cu pereții nestructurali	177
7.2.6 Fundații și infrastructuri	178
7.2.7 Modelarea pentru calcul	178
7.3 Criterii de performanță seismică	180
7.3.1 Generalități	180
7.3.2 Rezistență	180
7.3.3 Transferul de eforturi și deformații între oțel și beton	181
7.3.4 Ductilitate	181
7.3.5 Stabilitate	181
7.3.6 Rigiditate	182
7.4 Valori de proiectare ale eforturilor	182
7.4.1 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM	182
7.4.1.1 Grinzi	182
7.4.1.2 Stâlpi.	183
7.4.1.3 Noduri	183
7.4.1.4 Pereți și grinzi de cuplare	183
7.4.1.5 Diafragme	183
7.4.1.6 Infrastructuri și fundații	183
7.4.2 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL	184
7.5 Capacitate de rezistență	184
7.5.1 Grinzi	184
7.5.1.2 Grinzi din oțel compozite cu plăci de beton armat	184
7.5.1.3 Grinzi compozite din beton armat cu armătură rigidă	185
7.5.2 Stâlpi	186
7.5.2.1 Stâlpi compoziți din beton armat cu armătură rigidă	186
7.5.2.2 Stâlpi compoziți din țevă umplută cu beton	187
7.5.2.3 Stâlpi compoziți cu secțiunea din oțel parțial înglobată în beton armat	187
7.5.3 Noduri de cadru	187
7.5.4 Pereți compoziți	188
7.6 Reguli de alcătuire	190
7.6.1 Calitatea materialelor	190
7.6.2 Suplețea pereților secțiunilor de oțel care alcătuiesc elementele compozite	190
7.6.2.2 Grinzi din oțel compozite cu plăci de beton armat	191
7.6.2.3 Grinzi compozite din beton armat cu armătură rigidă	192
7.6.3 Stâlpi	192
7.6.3.1 Stâlpi compoziți din beton armat cu armătură rigidă	192
7.6.3.2 Stâlpi compoziți din țevă umplută cu beton	193
7.6.3.3 Stâlpi compoziți cu secțiunea din oțel parțial înglobată în beton armat	193
7.6.4 Noduri de cadru	194
7.6.5 Pereți compoziți	194
8 Structuri din zidărie	197
8.1 Generalități	197
8.1.1 Obiect și domeniu de aplicare	197
8.1.2 Definiții	197

8.2 Principii de proiectare	198
8.2.1 Generalități	198
8.2.2 Clase de ductilitate	199
8.2.3 Mecanismul plastic	199
8.2.4 Factori de comportare	200
8.2.4.1 Starea limită ultimă	200
8.2.4.2 Starea limită de serviciu	201
8.2.5 Modelare pentru calcul	201
8.3 Criterii de performanță seismică	203
8.3.1 Generalități	203
8.3.2 Rezistență	203
8.3.3 Ductilitate	204
8.3.4 Stabilitate	205
8.3.5 Rigiditate	205
8.4 Valori de proiectare ale eforturilor	205
8.4.1 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM	205
8.4.1.1 Pereți	206
8.4.1.2 Grinzi și rigle de cuplare	207
8.4.1.3 Diafragme	208
8.4.1.4 Infrastructuri și fundații	208
8.4.2 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL	209
8.5 Capacitate de rezistență	209
8.6 Alcătuire	210
8.6.1 Materiale	210
8.6.1.1 Elemente pentru zidărie	210
8.6.1.2 Mortare	211
8.6.1.3 Zidărie	212
8.6.1.4 Beton	212
8.6.1.5 Armături	212
8.6.2 Alcătuirea generală a structurilor	213
8.6.3 Pereți	214
8.6.4 Elemente de confinare din beton armat	215
8.6.4.1 Stâlpișori	216
8.6.4.2 Centuri	217
8.6.5 Buiandrugi	218
8.6.6 Armarea zidăriei în rosturile orizontale	218
8.6.7 Planșee	219
8.6.8 Infrastructură și fundații	219
9 Structuri de lemn	220
9.1 Generalități	220
9.1.1 Obiect și domeniu de aplicare	220
9.1.2 Definiții	220
9.2 Strategii de proiectare	221
9.2.1 Tipuri de structuri	221
9.2.2 Clase de ductilitate	222
9.2.3 Mecanisme plastice	223
9.2.4 Factori de comportare	223
9.2.4.1 Starea limită ultimă	223
9.2.4.2 Starea limită de serviciu	224
9.2.5 Modelare pentru calcul	224
9.3 Criterii de performanță seismică	225
9.3.1 Generalități	225

9.3.2 Rezistență	225
9.3.3 Ductilitate	226
9.3.4 Stabilitate	226
9.3.5 Rigiditate	226
9.4 Valori de proiectare ale eforturilor	226
9.5 Condiții de alcătuire	226
10 Componente nestructurale	227
10.1 Obiect și domeniu de aplicare	227
10.2 Criterii de performanță seismică	227
10.3 Verificarea siguranței componentelor nestructurale	229
10.4 Efectele acțiunii seismice	231
10.4.1 Forța seismică	231
10.4.1.1 Metoda forțelor statice echivalente	232
10.4.1.2 Metoda spectrelor de etaj	236
10.4.2 Deplasări orizontale	236
10.4.2.2 Starea limită ultimă	236
10.4.2.3 Starea limită de serviciu	237
10.5 Valori admise	237
10.6 Prevederi suplimentare	238
10.6.1 Componente arhitecturale din zidărie	238
10.6.1.1 Pereți nestructurali de zidărie	238
10.6.1.2 Atice, parapete, coșuri de fum	240
10.6.2 Pereți exteriori prefabricați din beton	240
10.6.3 Pereți exteriori din sticlă	241
10.6.4 Tavane suspendate	241
10.6.5 Pardoseli înălțate	241
10.6.6 Componente nestructurale amplasate pe căile de evacuare	242
10.6.7 Instalații	242
10.6.7.1 Componente liniare	242
10.6.8 Ascensoare	243
10.6.9 Scări rulante	243
10.6.10 Rafturi din oțel	243
10.6.11 Rezistența panourilor de zidărie înrămate	244
10.6.12 Alte prevederi	245
11 Dispozitive seismice	247
11.1 Definiții	247
11.2 Izolarea bazei	248
11.2.1 Obiect și domeniu de aplicare	248
11.2.2 Cerințe fundamentale	248
11.2.3 Criterii de îndeplinire a cerințelor	249
11.2.4 Prevederi generale de proiectare	249
11.2.4.1 Prevederi generale referitoare la dispozitivele de izolare	249
11.2.4.2 Controlul mișcărilor nedorite	250
11.2.4.3 Controlul mișcărilor diferențiale ale terenului	250
11.2.4.4 Controlul deplasărilor relative față de terenul și construcțiile înconjurătoare	250
11.2.4.5 Capacitatea de recentrare a sistemului de izolare	250
11.2.4.6 Limitarea deplasării sistemului de izolare	252
11.2.4.7 Acțiunea seismică	252
11.2.4.8 Modelare	252
11.2.5 Calculul structurii	253

11.2.5.1 Generalități	253
11.2.5.2 Modelarea comportării dinamice a sistemului izolator	254
11.2.5.3 Calculul liniar simplificat	255
11.2.5.4 Calculul dinamic	257
11.2.6 Verificarea dispozitivelor seismice la stări limită	257
11.2.6.1 Generalități	257
11.2.6.2 Verificări la starea limită ultimă	257
11.3 Clădiri echipate cu dispozitive seismice pasive	258
11.3.1 Obiect și domeniu de aplicare	258
11.3.2 Cerințe fundamentale	258
11.3.3 Prevederi generale de proiectare	259
11.3.3.1 Prevederi generale referitoare la dispozitivele seismice	259
11.3.3.2 Controlul efectelor de torsiune	259
11.3.3.3 Acțiunea seismică	259
11.3.4 Calculul structurii	260
11.3.4.1 Generalități	260
11.3.4.2 Calculul dinamic	260
11.3.5 Verificarea la stări limită	260
11.3.5.1 Generalități	260
11.3.5.2 Verificări la starea limită ultimă	260
11.3.5.3 Verificări la starea limită de serviciu	260
Anexa A Acțiunea seismică de proiectare – valori definitorii	261
Anexa B Comentarii	

1 Generalități

1.1 Obiect și domeniu de aplicare

- (1) Codul de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100-1/2025 se aplică la proiectarea seismică a clădirilor.
- (2) Proiectarea construcțiilor ingineresti care nu se încadrează în prevederile de la [\(1\)](#) nu face obiectul codului P 100-1. La proiectarea seismică a acestor construcții, în funcție de specificul lor, se pot aplica prevederile capitolul 3 pentru stabilirea acțiunii seismice de proiectare.
- (3) Această reglementare tehnică cuprinde prevederi referitoare la proiectarea clădirilor, specifice cerinței de calitate „rezistență, mecanică și stabilitate” stabilită prin Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare.
- (4) Proiectarea seismică a clădirilor se realizează în acord cu prevederile din această reglementare tehnică în construcții și principiile general acceptate ale mecanicii structurilor.
- (5) Din cauza caracterului aleator al acțiunii seismice, eficiența măsurilor de protecție seismică a clădirilor prezintă un grad de incertitudine moderat. Calitatea clădirilor din punct de vedere al performanțelor seismice se evaluează în funcție de modul în care sunt îndeplinite prevederile reglementărilor tehnice în construcții aplicabile și nu prin analiza stării de degradare post-cutremur.
- (6) Acțiunea seismică de proiectare prevăzută în această reglementare tehnică este convențională și nu poate fi asociată și comparată cu un eveniment seismic specific într-un amplasament. Spectrele de accelerații se utilizează pentru determinarea cazurilor de încărcare seismică și nu sunt în mod necesar reprezentative pentru o anumită mișcare seismică.
- (7) Prevederile acestei reglementări tehnice se aplică la proiectarea clădirilor noi și la proiectarea lucrărilor de intervenție asupra clădirilor existente, efectuate pentru reducerea susceptibilității de avariere la acțiuni seismice.
- (8) Prevederile acestei reglementări tehnice pot fi aplicate pentru proiectarea lucrărilor de punere în siguranță a clădirilor clasificate ca monumente istorice numai dacă acestea nu contravin conceptelor, abordărilor și procedurilor cuprinse în documentele normative specifice acestei categorii de clădiri.
- (9) Prevederile acestei reglementări tehnice au caracter minimal. Proiectantul poate decide realizarea unui nivel de calitate superior cerințelor minime impuse prin această reglementare tehnică.
- (10) Prevederile acestei reglementări tehnice se adresează tuturor factorilor implicați în sistemul de asigurare a calității în construcții, conform legii 10/1995, cu modificările și completările ulterioare, a căror activitate influențează direct sau indirect modul realizare și menținere a cerinței fundamentale „rezistență mecanică și stabilitate”.
- (11) Prevederile codului P 100-1 sunt armonizate cu prevederile standardului român SR EN 1998-1.
- (12) Acest cod de proiectare se utilizează împreună cu celelalte reglementări tehnice în construcții.

(13) Componentele structurale ale clădirilor se proiectează la acțiuni seismice pe baza prevederilor acestei reglementări tehnice, a standardelor române de referință și, după caz, a altor reglementări tehnice în construcții care au prevederi privind proiectarea la acțiuni seismice.

(14) Produsele și soluțiile tehnice pentru care nu există specificații tehnice de proiectare în documentele normative menționate la (13), se selectează pentru înglobare în componentele structurale sau structură doar pe baza prevederilor din acordul tehnic privind adecvarea la utilizare a produsului în condiții de solicitare seismică, cu acțiuni dinamice aplicate ciclic, compatibile cu cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în această reglementare tehnică.

(15) Prevederile acestei reglementări tehnice reflectă nivelul de cunoaștere la data elaborării acestuia privind acțiunile, principiile și regulile de calcul și alcătuire ale clădirilor, precum și performanțele și cerințele privind construcțiile și produsele pentru construcții utilizate.

(16) Pe măsură ce prin cercetări teoretice și programe experimentale se vor obține date și informații suplimentare privind comportarea clădirilor la cutremur și ipotezele de calcul utilizate, acestea vor constitui baza fundamentării unor amendamente tehnice la prezentul cod cu respectarea, în condițiile legii, a procedurii de revizuire a reglementărilor tehnice.

1.2 Structura codului

(17) Această reglementare tehnică cuprinde cerințe fundamentale, cerințe de performanță și cerințe prescriptive pentru proiectarea clădirilor la acțiuni seismice, structurate în capitole și anexe cu caracter normativ sau informativ.

(18) Clădirile realizate în acord cu această reglementare tehnică respectă toate prevederile din capitolele cu caracter normativ. Cerințele pe care structurile trebuie să le îndeplinească sunt redactate la timpul prezent.

(19) Prin excepție de la (18), această reglementare include și prevederi cu caracter de recomandare, bazate pe practica inginerescă generală, care se disting prin utilizarea sintagmei „se recomandă”. Proiectantul poate decide justificat, de la caz la caz, o abordare inginerescă diferită, cu respectarea tuturor celorlalte prevederi cu caracter obligatoriu.

(20) În interpretarea prevederilor, utilizarea conjuncției „și” indică faptul că se aplică toate condițiile, cerințele, articolele, obiectele sau evenimentele. Utilizarea conjuncției „sau” indică faptul că una dintre cerințele, condițiile, articolele, obiectele sau evenimentele se aplică. Utilizarea conjuncției compuse „și/sau” indică faptul că una sau mai multe dintre cerințele, condițiile, articolele, obiectele sau evenimentele se aplică. Utilizarea verbului „a putea” la forma reflexiv impersonală „se poate” sau „se pot” indică faptul că proiectantul are posibilitatea de a utiliza soluția prescrisă într-o prevedere, fără a institui obligativitate.

(21) În cadrul acestei reglementări tehnice citările sunt realizate astfel:

(a) citările care se referă la prevederi din cadrul aceluiași paragraf sunt redactate prin indicarea numărului aliniatului, relației de calcul, figurii sau tabelului;

(b) citările care se referă la prevederi din alte paragrafe ale acestei reglementări tehnice sunt redactate prin indicarea numărului paragrafului și numărului aliniatului, relației de calcul, figurii sau tabelului;

(c) citările care se referă la prevederi din alte reglementări tehnice sunt redactate prin menționarea indicativului reglementării tehnice respective.

(22) Capitolele cu caracter informativ cuprind prevederi cu caracter de recomandare, stabilite pe baza practicii ingineresti generale.

(23) Structura codului P 100-1 este următoarea:

1. Generalități
2. Cerințe fundamentale
3. Acțiunea seismică de proiectare
4. Proiectare seismică
5. Structuri de beton
6. Structuri de oțel
7. Structuri compozite
8. Structuri de zidărie
9. Structuri de lemn
10. Componente nestructurale
11. Dispozitive seismice

Anexa A - Acțiunea seismică. Definiții și prevederi suplimentare.

Anexa B - Comentarii

(24) Capitolele [1-11](#) și anexa A au caracter normativ. Anexa B are caracter informativ.

1.3 Definiții generale

(25) Definițiile termenilor specifici proiectării clădirilor la acțiunii seismice utilizați în această reglementare tehnică în construcții sunt:

Clădire: construcție supraterană și, după caz, subterană, care servește la adăpostirea oamenilor, materialelor, utilajelor sau echipamentelor, etc.

Componentă: parte inamovibilă a sistemului structural, arhitectural sau de instalații;

Componentă structurală: componentă a unei clădiri care asigură echilibrarea eforturilor cauzate de diferite tipuri de acțiuni care acționează asupra lor sau asupra altor componente ale clădirii.

Componentă nestructurală: componentă a unei clădiri atașată structurii, care are numai rol arhitectural sau în asigurarea funcțiunii.

Componentă structurală principală: componentă a unei structuri care este proiectată pentru echilibrarea eforturilor cauzate de încărcările seismice care acționează asupra tuturor categoriilor de componente ale unei clădiri.

Componentă structurală secundară: componentă a unei structuri care este proiectată pentru preluarea eforturilor cauzate de alte tipuri de acțiuni decât acțiunea seismică care acționează asupra tuturor categoriilor de componente ale unei clădiri.

Conținut: articole amovibile din clădire, introduse de către utilizatori.

Imobil: una sau mai multe parcele de teren alăturate, cu sau fără construcții, aparținând aceluiași proprietar.

Durata părții puternice a unei accelerograme: intervalul de timp dintr-o accelerogramă situat între prima valoare absolută a accelerației mai mare sau egală cu 0,05g și ultima valoare absolută a accelerației mai mare sau egală 0,05g.

Deformații plastice reversibile: deformații plastice care se produc ca urmare a încărcărilor ciclic alternante, în care deformațiile plastice care se produc prin încărcare într-un sens sunt compensate majoritar sau total prin încărcare în sens opus, astfel încât rata de acumulare de la un ciclu la altul este mică.

Diafragma orizontală: element structural care asigură legătura în plan orizontal între elementele verticale.

Efect indirect: variația forței axiale dintr-un element structural vertical conectat prin elemente orizontale rigide și rezistente de alte elemente structurale verticale, ca urmare a acțiunilor orizontale.

Goluri: cavități de orice formă dintr-un element structural sau nestructural.

Redundanță: proprietatea unei structuri de a avea două sau mai multe căi de echilibrare a forțelor seismice inerțiale astfel încât stabilitatea structurii se păstrează în situația cedării oricărui element structural.

Reparație: refacerea sau înnoirea oricărei componente degradate a unei clădiri cu scopul de a obține caracteristici similare celor anterioare degradării.

Rezemare de ordinul I: Rezemare a unei componente structurale pe o componentă structurală principală verticală care este continuă până la fundații sau rezemare a unei componente structurale secundare pe o componentă structurală secundară verticală care este continuă până la fundații.

Structură: ansamblul componentelor structurale și legăturile dintre acestea care asigură stabilitatea clădirii sub diferite tipuri de acțiuni.

Structură principală: ansamblul componentelor seismice principale și legăturile dintre acestea care asigură stabilitatea clădirii sub diferite tipuri de acțiuni.

Secțiunea de încastrare convențională: secțiunea de la care se consideră că acțiunea seismică orizontală este transmisă structurii.

Zonă critică: zonă a unei componente structurale principale unde pot să apară deformații plastice ca urmare a acțiunii seismice.

Zonă plastică: zonă a unei componente structurale principale unde se dezvoltă deformații plastice ca urmare a acțiunii seismice, în acord cu configurația mecanismului plastic.

1.4 Simboluri

(26) Simbolurile utilizate în această reglementare tehnică sunt detaliate în dreptul fiecărei relații.

1.5 Unități de măsură

(27) Se utilizează unitățile din Sistemul Internațional.

(28) Pentru calcule sunt recomandate următoarele unități de măsură:

- dimensiuni, distanțe: m, mm;
- eforturi și încărcări: N, kN, kNm, kN/m, kN/m²;
- eforturi unitare: N/mm²;
- mase: kg;
- mase specifice (densitate): kg/m³;
- greutate specifice: kN/m³;
- viteze: m/s;
- accelerații: m/s².

1.6 Documente normative de referință

(29) Documentele normative de referință sunt cele din [Tabelul 1.1](#) și cele din [Tabelul 1.2](#).

Tabelul 1.1 Reglementări tehnice de referință

Nr. crt.	Reglementare
1.	Cod de proiectare. Bazele proiectării construcțiilor, indicativ CR 0-2012, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 1.530/2012 și completat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice nr. 2.411/2013, denumit în continuare în acest document cod de proiectare CR 0
2	Normativ privind proiectarea și verificarea construcțiilor din lemn, indicativ NP 005-2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 227/2023, denumit în continuare în acest document normativ NP 005
3.	Cod de proiectare pentru structuri în cadre din beton armat, indicativ NP 007-2025
4	Cod de proiectare a construcțiilor cu pereți structurali de beton armat, indicativ CR2-1-1.1/2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 171/2023, denumit în continuare în acest document normativ CR2-1-1.1
5.	Cod de proiectare pentru structuri din zidărie, indicativ CR 6-2013
6.	Ghid pentru calculul și proiectarea la acțiunea seismică a structurilor metalice de tip rafturi pentru prezentare și depozitare în spații comerciale, indicativ GP 128-2014, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice, nr. 393/2015, denumit în continuare în acest document normativ GP 128
7.	Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat – Partea 1: Producerea betonului, indicativ NE 012/1-2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 30/2023, denumit în continuare în acest document normativ NE 012/1
8.	Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat – Partea 2: Executarea lucrărilor din beton, indicativ NE 012/2-2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 28/2023, denumit în continuare în acest document normativ NE 012/2
9.	Normativ privind proiectarea fundațiilor de suprafață, indicativ NP 112 – 2014, aprobat prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.352/2014, denumit în continuare în acest document normativ NP 112

10.	Normativ privind proiectarea geotehnică a fundațiilor pe piloți, indicativ NP 123 – 2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 2.405/2022, denumit în continuare în acest document normativ NP 123
-----	--

Tabelul 1.2 Standarde române de referință:

Nr. crt.	Standard	Denumire
1.	SR EN 771-1:2011	Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 1: Elemente pentru zidărie de argilă arsă
2.	SR EN 771-4:2011	Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 4: Elemente pentru zidărie de beton celular autoclavizat
3.	SR EN 772-1:2016	Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 1: Determinare a rezistenței la compresiune
4.	SR EN 845-1:2013	Specificație a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 1: Agrafe, bride de fixare, etriere suport și console
5.	SR EN 998-2:2016	Specificație a mortarelor pentru zidărie. Partea 2: Mortare pentru zidărie
6.	SR EN 1015-11:2002	Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie. Partea 11: Determinarea rezistenței la încovoiere a mortarului întărit
7.	SR EN 1052-1:2001	Metode de încercare a zidăriei. Partea 1: Determinarea rezistenței la compresiune
8.	SR EN 1052-2:2001	Metode de încercare a zidăriei. Partea 2: Determinarea rezistenței la încovoiere
9.	SR EN 1052-3:2003	Metode de încercare a zidăriei. Partea 3: Determinarea rezistenței inițiale la forfecare
10.	SR EN 1090-2:2018	Execuția structurilor de oțel și structurilor de aluminiu. Partea 2: Cerințe tehnice pentru structuri de oțel
11.	SR EN 1337-1:2003	Aparate de reazem pentru structuri. Partea 1: Reguli generale de proiectare
12.	SR EN 1992-1-1:2004	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
13.	SR EN 1993-1-1:2006	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
14.	SR EN 1993-1-3:2007	Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-3: Reguli generale. Reguli suplimentare pentru elemente structurale și table formate la rece
15.	SR EN 1993-1-5:2007	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-5: Elemente structurale din plăci plane solicitate în planul lor
16.	SR EN 1993-1-8:2006	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-8: Proiectarea îmbinărilor
17.	SR EN 1993-1-10:2006	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-10: Alegerea claselor de calitate a oțelului
18.	SR EN 1994-1-1:2004	Eurocod 4: Proiectarea structurilor compozite de oțel și beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
19.	SR EN 1995-1-1:2004	Eurocod 5: Proiectarea structurilor de lemn. Partea 1-1: Generalități. Reguli comune și reguli pentru clădiri

20.	SR EN 1996-1-1:2006	Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 1-1: Reguli generale pentru construcții de zidărie armată și nearmată
21.	SR EN 1998-1:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acțiuni seismice și reguli pentru clădiri
22.	SR EN 1998-3:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 3: Evaluarea și consolidarea construcțiilor
23.	SR EN 10025	Produse laminate la cald din oțeluri pentru construcții.
24.	SR EN 10164: 2019	Oțeluri de construcții cu caracteristici de deformare îmbunătățite pe direcție perpendiculară pe suprafața produsului. Condiții tehnice de livrare
25.	SR EN 12845:2020	Instalații fixe de stingere a incendiilor. Sisteme automate de stingere cu sprinklere. Proiectare, instalare și mentenanță
26.	SR EN 15129:2018	Dispozitive antiseismice
27.	SR EN ISO 6892-1:2016	Materiale metalice – Încercarea la tracțiune – Partea 1: Metodă de încercare la temperatura ambiantă

(30) Lista reglementărilor tehnice de referință dată în această reglementare tehnică se consultă împreună cu lista documentelor normative aflate în vigoare publicată de către autoritățile de reglementare de resort.

(31) Se utilizează cele mai recente ediții ale standardelor române de referință, împreună cu, după caz, anexele naționale, amendamentele și eratele publicate de către organismul național de standardizare.

(32) În cazul în care într-o anumită situație de proiectare se identifică în această reglementare tehnică sau în documentele normative de referință aplicabile prevederi distincte, se aplică prevederile care conduc la nivelul de performanță cel mai înalt în raport cu cerințele fundamentale ale proiectării specificate în [capitolul 2](#).

2 Cerințe fundamentale

2.1 Generalități

(33) Prin proiectarea seismică a clădirilor se urmărește ca în cazul acțiunii cutremurului să se asigure:

(d) controlul degradărilor clădirilor;

(e) asigurarea funcțiunii neîntrerupte pentru clădirile cu funcțiuni esențiale, pentru care păstrarea integrității pe durata cutremurelor este vitală pentru protecția civilă.

(34) Siguranța seismică a clădirilor se realizează diferit în funcție de clasa de importanță și de expunere la cutremur din care acestea fac parte.

(35) Cerințele fundamentale ale proiectării seismice sunt definite prin asocierea unui nivel de hazard seismic cu răspunsul acceptat al clădirii la acțiunea seismică.

(36) Cerințele fundamentale ale proiectării seismice pentru o clădire sunt:

(f) În urma incidenței unui cutremur rar, starea de degradare a clădirii poate fi semnificativă și funcțiunea clădirii poate fi întreruptă pentru o perioadă lungă, dar stabilitatea de ansamblu și a componentelor nestructurale se păstrează.

Pentru reluarea funcțiunii după cutremur, componentele structurale pot necesita reparații și componentele nestructurale pot necesita repararea sau înlocuirea. În unele situații, este posibil ca repararea clădirii să nu poată fi realizată în condiții economice.

Această cerință se asigură prin verificări la starea limită ultimă.

(g) În urma incidenței unui cutremur frecvent, starea de degradare a clădirii este limitată, funcțiunea poate fi reluată imediat sau după o întrerupere de scurtă durată, stabilitatea de ansamblu și stabilitatea componentelor nestructurale se păstrează.

Pentru asigurarea funcțiunii, structura nu necesită reparații imediate, componentele nestructurale pot necesita reparații.

Această cerință se asigură prin verificări la starea limită de serviciu.

(37) Pentru definirea stărilor limită la care se face verificarea la acțiuni seismice nivelul de hazard seismic într-un amplasament este descris prin probabilitatea de depășire în 50 de ani a accelerațiilor spectrale orizontale cauzate de acțiunea seismică la suprafața terenului. Răspunsul acceptat se descrie prin starea de degradare acceptată a clădirii.

2.2 Clase de importanță și de expunere la cutremur

(38) Clădirile se împart în clase de importanță și expunere la cutremur în funcție de consecințele social-economice care pot fi provocate de un hazard natural și/sau antropic major, precum și de rolul acestora în activitățile de răspuns post-hazard ale societății.

(39) Împărțirea construcțiilor în clase de importanță și expunere se face conform prevederilor codului CR 0.

(40) Fiecărei clase de importanță și de expunere la cutremur, definită conform prevederilor din [Tabelul 2.1](#), îi este asociat un factor de importanță și de expunere, $\alpha_{I,e}$. Prin intermediul factorilor de importanță și expunere se diferențiază nivelul de

hazard seismic pentru clădiri, în funcție de clasa de importanță și expunere la cutremur.

Tabelul 2.1 Clase de importanță și expunere la cutremur

Clasa de importanță-expunere	Tipuri de clădiri
Clasa I	Clădiri având funcțiuni esențiale, pentru care păstrarea integrității pe durata cutremurelor este vitală pentru protecția civilă, cum sunt: (h) spitale și alte clădiri din sistemul de sănătate, care sunt dotate cu servicii de urgență/ambulanță și secții de chirurgie; (i) stații de pompieri, sedii ale poliției și jandarmeriei, parcaje supraterane multietajate și garaje pentru vehicule ale serviciilor de urgență de diferite tipuri; (j) stații de producere și distribuție a energiei și/sau care asigură servicii esențiale pentru celelalte categorii de clădiri menționate aici; (k) clădiri care conțin gaze toxice, explozivi și/sau alte substanțe periculoase; (l) centre de comunicații și/sau de coordonare a situațiilor de urgență; (m) adăposturi pentru situații de urgență; (n) clădiri cu funcțiuni esențiale pentru administrația publică; (o) clădiri cu funcțiuni esențiale pentru ordinea publică, gestionarea situațiilor de urgență, apărarea și securitatea națională; (p) clădiri care adăpostesc rezervoare de apă și/sau stații de pompare esențiale pentru situații de urgență; (q) clădiri având înălțimea totală supraterană mai mare de 45 m; și alte clădiri de aceeași natură.
Clasa a II-a	Clădiri care prezintă un pericol major pentru siguranța publică în cazul prăbușirii sau avarierii grave, cum sunt: (r) spitale și alte clădiri din sistemul de sănătate, altele decât cele din clasa I, cu o capacitate de peste 100 persoane în aria totală expusă; (s) școli, licee, universități sau alte clădiri din sistemul de educație, cu o capacitate de peste 250 persoane în aria totală expusă; (t) aziluri de bătrâni, creșe, grădinițe sau alte spații similare de îngrijire a persoanelor; (u) clădiri multietajate de locuit, de birouri și/sau cu funcțiuni comerciale, cu o capacitate de peste 300 de persoane în aria totală expusă; (v) săli de conferințe, spectacole sau expoziții, cu o capacitate de peste 200 de persoane în aria totală expusă, tribune de stadioane sau săli de sport; (w) clădiri din patrimoniul cultural național, muzee ș.a. ; (x) clădiri parter, inclusiv de tip mall, cu mai mult de 1000 de persoane în aria totală expusă; (y) parcaje supraterane multietajate cu o capacitate mai mare de 500 autovehicule, altele decât cele din clasa I; (z) penitenciare; (aa) clădiri a căror întrerupere a funcțiunii poate avea un impact major asupra populației, cum sunt: clădiri care deservește centrale electrice, stații de tratare, epurare, pompare a apei, stații de producere și distribuție a energiei, centre de telecomunicații, altele decât cele din clasa I; (bb) clădiri având înălțimea totală supraterană cuprinsă între 28 și 45m și alte clădiri de aceeași natură.

Clasa a III-a	Clădiri de tip curent, care nu aparțin celorlalte clase
Clasa a IV-a	Clădiri de mică importanță pentru siguranța publică, cu grad redus de ocupare și/sau de mică importanță economică, construcții agricole, construcții temporare etc.

(41) În interpretarea prevederilor din [Tabelul 2.1](#), aria totală expusă reprezintă suprafața construită desfășurată a clădirii și suprafața zonelor adiacente acesteia la care accesul și evacuarea de urgență se realizează prin clădire.

(42) În interpretarea prevederilor din [Tabelul 2.1](#), în cazul clădirilor alcătuite din mai multe tronsoane, numărul de persoane din aria totală expusă se poate determina distinct pentru fiecare tronson dacă tronsoanele sunt independente din punct de vedere al organizării circulației pentru evacuare de urgență și al instalațiilor pentru securitate la incendiu, dacă acestea sunt necesare conform reglementărilor tehnice specifice.

(43) În interpretarea prevederilor din [Tabelul 2.1](#), numărul de persoane din aria totală expusă se referă la capacitatea proiectată a clădirii.

(44) În interpretarea prevederilor din [Tabelul 2.1](#), înălțimea totală suprateană reprezintă înălțimea clădirii măsurată ca diferența dintre cota celui mai de sus punct al clădirii, considerând totalitatea componentelor structurale și nestructurale, și cota cea mai de jos a terenului amenajat de pe perimetrul clădirii.

2.3 Stări limită

2.3.1 Starea limită ultimă

(45) Valoarea de proiectare a accelerației spectrale orizontale pentru verificări la starea limită ultimă, pentru o clădire din clasa a III-a de importanță și expunere la cutremur, corespunde unei probabilități de depășire în 50 de ani egală cu 10%.

(46) Starea unei clădiri, după incidența acțiunii seismice definită conform (45), dincolo de care se consideră că exigențele acestei stări limită nu mai sunt îndeplinite este:

(cc) structura este degradată moderat, are deplasări orizontale și/sau verticale remanente și este stabilă sub încărcări gravitaționale;

(dd) componentele nestructurale sunt degradate major dar sunt stabile sub încărcări gravitaționale.

(47) Valoarea de proiectare a accelerației spectrale orizontale pentru verificări la starea limită de ultimă, pentru clădiri din diferite clase de importanță și expunere la cutremur se modifică prin multiplicarea valorii menționate la (45) cu factorul de importanță și expunere la cutremur.

(48) La verificarea clădirilor la starea limită ultimă, efectele acțiunii seismice se combină cu efectele celorlalte acțiuni care se pot produce simultan cu acțiunea seismică, considerând coeficienții parțiali de siguranță pentru gruparea seismică stabiliți conform prevederilor reglementării tehnice CR 0.

2.3.2 Starea limită de serviciu

(49) Valoarea de proiectare a accelerației spectrale orizontale pentru verificări la starea limită de serviciu, pentru o clădire din clasa a III-a de importanță și expunere la cutremur, corespunde unei probabilități de depășire în 50 de ani egală cu 70%.

(50) Starea unei clădiri, după incidența acțiunii seismice definită conform (45), dincolo de care se consideră că exigențele acestei stări limită nu mai sunt îndeplinite este:

(ee) structura este degradată minor, are deplasări orizontale și/sau verticale remanente neglijabile și este stabilă sub încărcări gravitaționale;

(ff) componentele nestructurale au degradări moderate și sunt stabile sub greutatea proprie.

(51) Valoarea de proiectare a accelerației spectrale orizontale pentru verificări la starea limită de serviciu, pentru clădiri din diferite clase de importanță și expunere la cutremur se modifică prin multiplicarea valorii menționate la (49) cu factorul de importanță și expunere la cutremur.

(52) La verificarea clădirilor la starea limită de serviciu, efectele acțiunii seismice se combină cu efectele celorlalte acțiuni care se pot produce simultan cu acțiunea seismică, considerând coeficienții parțiali de siguranță pentru verificări la starea limită de serviciu în gruparea cvasi-permanentă stabiliți conform prevederilor reglementării tehnice CR 0. În această verificare efectele acțiunii seismice de proiectare, A_{Ed} , se combină considerând un coeficient parțial de siguranță egal cu 1,00.

3 Acțiunea seismică de proiectare

(53) Acțiunea seismică de proiectare este o reprezentare convențională simplificată a acțiunii seismice pentru utilizare în proiectarea clădirilor.

(54) Acțiunea seismică la suprafața terenului într-un amplasament se reprezintă pentru proiectare prin:

(gg) spectrele de răspuns elastic ale accelerațiilor absolute pe două direcții orizontale ortogonale și pe direcție verticală, care se determină în conformitate cu prevederile din [3.1](#),

sau

(hh) variația în timp a accelerației terenului, care se determină în conformitate cu prevederile din [3.2](#).

(55) Pentru determinarea valorii de proiectare a acțiunii seismice, A_{Ed} , în conformitate cu prevederile din [3.1](#), se folosesc valorile de proiectare ale spectrelor de răspuns elastic ale accelerațiilor absolute pentru componentele orizontale și verticale ale mișcării terenului, la suprafața acestuia, în amplasament.

(56) Valoarea de proiectare a acțiunii seismice dată în această reglementare tehnică este o valoare minimă pentru proiectare.

3.1 Spectru de răspuns elastic

(57) Acțiunea seismică pentru proiectare este descrisă prin valorile de proiectare ale ordonatelor spectrelor de răspuns elastic ale accelerațiilor absolute pentru componentele orizontale sau verticale ale mișcării terenului din amplasament, $S_e(T)$, numite în continuare spectre ale accelerațiilor pentru proiectare.

(58) Acțiunea seismică orizontală pentru proiectare este descrisă prin spectrul accelerațiilor orizontale pentru proiectare, notat $S_{e,h}(T)$.

(59) Acțiunea seismică verticală pentru proiectare este descrisă prin spectrul accelerațiilor verticale pentru proiectare, notat $S_{e,v}(T)$.

(60) Pentru verificări la starea limită ultimă și starea limită de serviciu sunt prevăzute spectre diferite ale accelerațiilor orizontale sau verticale pentru proiectare.

(61) Spectrul accelerațiilor orizontale pentru proiectare pentru verificări la starea limită ultimă ale clădirilor din clasa a III-a de importanță și expunere la cutremur corespunde unei probabilități de depășire de 10% în 50 ani.

(62) Spectrul accelerațiilor orizontale pentru proiectare pentru verificări la starea limită de serviciu ale clădirilor din clasa a III-a de importanță și expunere la cutremur corespunde unei probabilități de depășire de 70% în 50 ani.

(63) Spectrul accelerațiilor pentru proiectare, $S_e(T)$, este definit generic astfel:

$$S_e(T) = \begin{cases} \gamma_{I,e} \eta F_T S_{ap} \frac{(0,6 T + 0,4 T_B)}{T_B}, & \text{pentru } 0 \leq T \leq T_B \\ \gamma_{I,e} \eta F_T S_{ap}, & \text{pentru } T_B < T \leq T_C \\ \gamma_{I,e} \eta F_T S_{ap} \frac{T_C}{T}, & \text{pentru } T_C < T \leq T_D \\ \gamma_{I,e} \eta F_T S_{ap} \frac{T_C T_D}{T^2}, & \text{pentru } T > T_D \end{cases} \quad (3.1)$$

unde:

T perioada de vibrație pe direcție orizontală a sistemului cu un grad de libertate dinamică și cu răspuns elastic (exprimată în secunde);

$\gamma_{I,e}$ factor de importanță și expunere la cutremur; valorile factorului de importanță și expunere la cutremur sunt date la (65);

η factor de corecție care ține cont de fracțiunea de amortizare critică a structurii proiectate; relațiile de calcul ale factorului de corecție sunt date la (66);

F_T factor de amplificare topografică; valorile factorului de amplificare topografică sunt date la (67)...(69);

S_{ap} valoarea accelerației spectrale absolute care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț T_B și T_C , de accelerații constante ale spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%; valorile S_{ap} pentru componentele orizontale ale mișcării terenului pentru verificări la SLU și SLS sunt prevăzute în [Error: Reference source not found](#);

T_B, T_C, T_D perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor pentru proiectare; valorile T_C pentru componentele orizontale ale mișcării terenului pentru verificări la SLU și SLS sunt prevăzute în [Error: Reference source not found](#).

(64) Pentru selectarea valorilor factorului de importanță și expunere la cutremur, teritoriul României este împărțit convențional în două zone:

(ii) zona 1 care include toate unitățile administrativ teritoriale din județele Alba, Arad, Bihor, Bistrița Năsăud, Brașov, Caraș Severin, Cluj, Hunedoara, Maramureș, Mureș, Sălaj, Satu Mare, Sibiu, Timiș;

(jj) zona 2 care include toate unitățile administrativ teritoriale din județele Argeș, Bacău, Botoșani, Brăila, București, Buzău, Călărași, Constanta, Covasna, Dâmbovița, Dolj, Galați, Giurgiu, Gorj, Harghita, Ialomița, Iași, Ilfov, Mehedinți, Neamț, Olt, Prahova, Suceava, Teleorman, Tulcea, Vâlcea, Vaslui, Vrancea.

(65) Valorile factorului de importanță și expunere la cutremur pentru verificări la SLU și SLS, $\gamma_{I,e}^{SLU}$ și $\gamma_{I,e}^{SLS}$, sunt prevăzute în [Tabelul 3.1](#).

Tabelul 3.1 Factori de importanță și expunere la cutremur

Clasa de importanță și expunere la cutremur a clădirii	SLU		SLS	
	Pentru amplasamente situate în județe din:			
	zona 1	zona 2	zona 1	zona 2
I	1,50	1,25	1,55	1,35
II	1,15	1,10	1,25	1,15
III	1,00	1,00	1,00	1,00
IV	0,70	0,80	0,75	0,80

(66) Valorile factorului de corecție care ține cont de fracțiunea de amortizare critică a clădirii se determină cu relația:

$$\eta = \begin{cases} \sqrt{\frac{10 + \left(1 - \frac{T}{T_B}\right)^3 (\xi - 5)}{\xi + 5}}, & \text{pentru } T \leq T_B \\ \sqrt{\frac{10}{\xi + 5}}, & \text{pentru } T > T_B \end{cases} \quad (3.2)$$

unde

ξ fracțiunea din amortizarea critică a clădirii care se alege conform prevederilor din capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale, exprimată în %.

Pentru clădirile caracterizate de o fracțiune de amortizare critică egală cu 5%, valoarea factorului η este egală cu 1,0 pentru întreg domeniul de perioade de vibrație.

Valoarea factorului de corecție η se limitează inferior la 0,55.

(67) Factorul de amplificare topografică F_T are valoarea egală cu 1,00 dacă amplasamentul clădirii:

(kk) este caracterizat de valori ale perioadei de colț T_C^{SLU} mai mari sau egale cu 1,20 s,

sau

(ll) se află pe teren plat sau pe versanți cu panta medie mai mică de 15° sau înălțime mai mică de 30 m, sau pe crestele acestora.

(68) Pentru amplasamente caracterizate de valori ale perioadei de colț T_C^{SLU} mai mici decât 1,20 s, care nu se încadrează în prevederea de la (67), (ll), valoarea factorului de amplificare topografică se stabilește astfel:

(mm) dacă amplasamentele sunt situate pe crestele versanților cu panta medie cuprinsă între 15° și 30°, valoarea factorului de amplificare topografică F_T este 1,20;

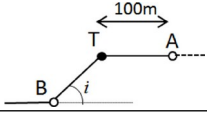
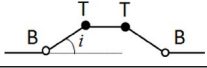
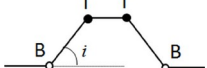
(nn) dacă amplasamentele sunt situate pe crestele versanților cu panta medie mai mare de 30°, valoarea factorului de amplificare topografică F_T este 1,40;

(oo) dacă amplasamentele sunt situate pe versant, valoarea factorului de amplificare topografică se determină prin interpolare liniară între valoarea 1,00, de la baza versantului, și valoarea 1,20 sau 1,40, stabilită conform (68) sau (nn), în funcție de înălțimea la care se află amplasamentul față de baza versantului și înălțimea totală a versantului;

(pp) dacă amplasamentele sunt situate pe culmea versantului la o distanță mai mare sau egală cu 100 m față de creasta acestuia, valoarea factorului de amplificare topografică este egală cu 1,00. Pentru amplasamente situate pe culmea versantului la o distanță mai mică de 100 m față de creasta acestuia, valoarea factorului de amplificare topografică se obține prin interpolare liniară între valoarea 1,00, la o distanță de 100 m față de creasta versantului, și valoarea 1,20 sau 1,40, stabilită conform (68) sau (nn), pe creasta versantului, în funcție de distanța la care se află amplasamentul față de creasta versantului și 100 m.

(69) Modul de determinare a valorilor factorului de amplificare topografică pentru orice amplasament caracterizat de valori ale perioadei de colț T_C^{SLU} mai mici decât 1,2 s este prezentat în Tabelul 3.1.

Tabelul 3.1 Valorile factorului de amplificare topografică pentru $T_C^{SLU} < 1,20$ s

Descrierea topografiei	F_T	Schiță
Pentru orice amplasament aflat pe teren plat sau pe versanți cu panta medie mai mică de 15° sau înălțime mai mică de 30 m, sau pe crestele acestora	1,00	-
Pentru amplasamente aflate pe crestele versanților cu panta medie cuprinsă între 15° și 30°	1,20	
Crete cu lățimea la vârf mult mai mică decât la bază și pante medii $15^\circ < i < 30^\circ$	1,20	
Pentru amplasamente aflate pe crestele versanților cu panta medie mai mare de 30°	1,40	

Notă: Valorile F_T se referă la amplasamentele situate pe creastă, notată cu T în schițe. Pentru amplasamentele situate la bază, notată cu B în schițe, sau la distanța de 100 de metri de creastă, marcată cu A în schițe, valoarea F_T este egală cu 1,00. Pentru amplasamente situate între punctele B și T, sau T și A, valoarea lui F_T se determină prin interpolare liniară.

(70) Spectrul accelerațiilor pentru proiectare stabilit conform relației (3.1) este reprezentat în Figura 3.2.

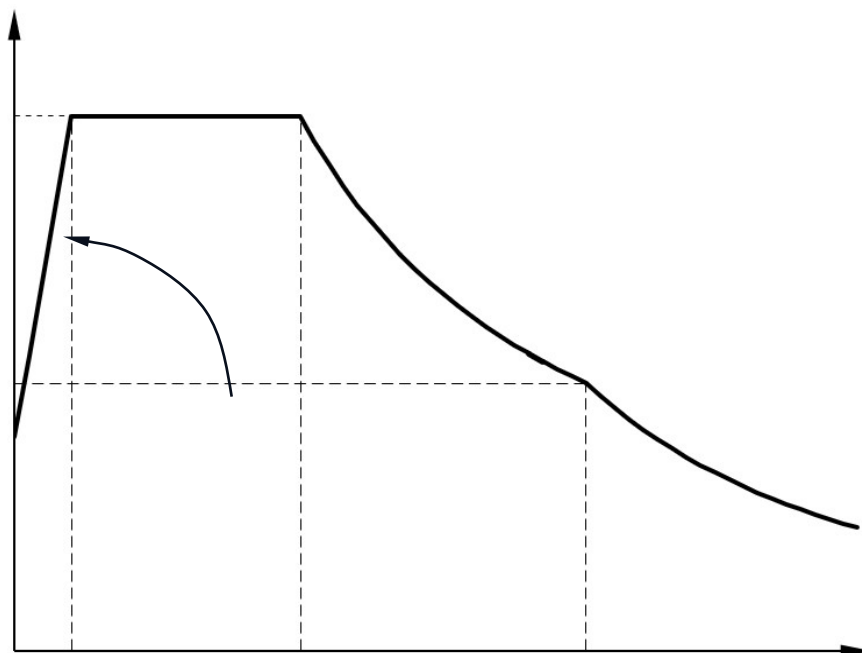


Figura 3.2 Spectrul accelerațiilor pentru proiectare

(71) În această reglementare tehnică, condițiile locale de teren sunt descrise simplificat prin valorile perioadei de colț T_C ale spectrelor accelerațiilor orizontale pentru proiectare în amplasamentul considerat.

3.1.2 Spectre ale accelerațiilor orizontale pentru proiectare

(72) Valorile ordonatelor spectrului accelerațiilor orizontale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLU, $S_{e,h}^{SLU}(T)$ (în m/s^2), se determină conform relației [3.1.1.1\(3.1\)](#) în care:

$$T_C = T_C^{SLU} \quad (3.1)$$

$$T_B = T_B^{SLU} = \begin{cases} 0,10 \text{ s}, & \text{dacă } T_C^{SLU} < 1,20 \text{ s} \\ 0,20 \text{ s}, & \text{dacă } T_C^{SLU} \geq 1,20 \text{ s} \end{cases} \quad (3.2)$$

$$T_D = T_D^{SLU} = 2 T_C^{SLU} \quad (3.3)$$

$$S_{ap} = S_{ap,h}^{SLU} \quad (3.4)$$

unde:

T_B^{SLU} , T_C^{SLU} , T_D^{SLU} perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor orizontale pentru proiectare pentru verificări la SLU; valorile T_C^{SLU} sunt prevăzute în [Error: Reference source not found](#);

$S_{ap,h}^{SLU}$ valoarea accelerației spectrale orizontale absolute care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț T_B^{SLU} și T_C^{SLU} , de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la SLU, prevăzută în [Error: Reference source not found](#).

(73) Valorile ordonatelor spectrului accelerațiilor orizontale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLS, $S_{e,h}^{SLS}(T)$ (în m/s^2), se stabilesc conform relației [3.1.1.1\(3.1\)](#) în care:

$$T_C = T_C^{SLS} \quad (3.5)$$

$$T_B = T_B^{SLS} = 0,10 \text{ s} \quad (3.6)$$

$$T_D = T_D^{SLS} = 2T_C^{SLS} \quad (3.7)$$

$$S_{ap} = S_{ap,h}^{SLS} \quad (3.8)$$

unde:

$T_B^{SLS}, T_C^{SLS}, T_D^{SLS}$ perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor orizontale pentru proiectare pentru verificări la SLS; valorile T_C^{SLS} se determină conform prevederilor din [Error: Reference source not found](#);

$S_{ap,h}^{SLS}$ valoarea accelerației spectrale orizontale absolute care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț T_B^{SLS} și T_C^{SLS} , de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la SLS, stabilită conform prevederilor din [Error: Reference source not found](#).

(74) Spectrul de răspuns elastic al deplasărilor relative pentru componentele orizontale ale mișcării terenului (numit în continuare spectrul deplasărilor orizontale pentru proiectare), $S_{De}(T)$ (în metri), este definit generic astfel:

$$S_{De}(T) = S_{e,h}(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \quad (3.9)$$

(75) Valorile ordonatelor spectrului deplasărilor orizontale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLU, $S_{De}^{SLU}(T)$ (în metri), se determină conform relației [\(3.9\)](#) în care:

$$S_{e,h}(T) = S_{e,h}^{SLU}(T) \quad (3.10)$$

(76) Valorile ordonatelor spectrului deplasărilor orizontale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLS, $S_{De}^{SLS}(T)$ (în metri), se determină conform relației [\(3.9\)](#) în care:

$$S_{e,h}(T) = S_{e,h}^{SLS}(T) \quad (3.11)$$

3.1.3 Spectre ale accelerațiilor verticale pentru proiectare

(77) Pentru determinarea valorilor ordonatelor spectrelor accelerațiilor verticale pentru proiectare în amplasament se folosesc cele două zone definite la [3.1](#), [\(64\)](#).

(78) Pentru unitățile administrativ teritoriale aflate în județele din zona 1, valorile ordonatelor spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLU, $S_{e,v}^{SLU}(T)$ (în m/s^2), se stabilesc conform relației [3.1.1.1\(3.1\)](#) în care:

$$T_C = T_{C,v}^{SLU} = 0,40 \text{ s} \quad (3.1)$$

$$T_B = T_{B,v}^{SLU} = 0,05 \text{ s} \quad (3.2)$$

$$T_D = T_{D,v}^{SLU} = 2 T_{C,v}^{SLU} \quad (3.3)$$

$$S_{ap} = S_{ap,v}^{SLU} = 0,70 S_{ap,h}^{SLU} \quad (3.4)$$

unde:

$T_{B,v}^{SLU}, T_{C,v}^{SLU}, T_{D,v}^{SLU}$ perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare pentru verificări la SLU;

$S_{ap,v}^{SLU}$ valoarea accelerației spectrale verticale care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț $T_{B,v}^{SLU}$ și $T_{C,v}^{SLU}$, de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la SLU.

(79) Pentru unitățile administrativ teritoriale aflate în județele din zona 1, valorile ordonatelor spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLS, $S_{e,v}^{SLS}(T)$ (în m/s²), se stabilesc conform relației [3.1.1.1\(3.1\)](#) în care:

$$T_C = T_{C,v}^{SLS} = 0,30 \text{ s} \quad (3.5)$$

$$T_B = T_{B,v}^{SLS} = 0,05 \text{ s} \quad (3.6)$$

$$T_D = T_{D,v}^{SLS} = 2 T_{C,v}^{SLS} \quad (3.7)$$

$$S_{ap} = S_{ap,v}^{SLS} = 0,60 S_{ap,h}^{SLS} \quad (3.8)$$

unde:

$T_{B,v}^{SLS}, T_{C,v}^{SLS}, T_{D,v}^{SLS}$ perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare pentru verificări la SLS;

$S_{ap,v}^{SLS}$ valoarea accelerației spectrale verticale care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț $T_{B,v}^{SLS}$ și $T_{C,v}^{SLS}$, de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la SLS.

(80) Pentru unitățile administrativ teritoriale aflate în județele din zona 2, valorile ordonatelor spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLU, $S_{e,v}^{SLU}(T)$ (în m/s²), se stabilesc conform relației [3.1.1.1\(3.1\)](#) în care:

$$T_C = T_{C,v}^{SLU} = 0,60 \text{ s} \quad (3.9)$$

$$T_B = T_{B,v}^{SLU} = 0,05 \text{ s} \quad (3.10)$$

$$T_D = T_{D,v}^{SLU} = 2 T_{C,v}^{SLU} \quad (3.11)$$

$$S_{ap} = S_{ap,v}^{SLU} = 0,60 S_{ap,h}^{SLU} \quad (3.12)$$

unde:

$T_{B,v}^{SLU}, T_{C,v}^{SLU}, T_{D,v}^{SLU}$ perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare pentru verificări la SLU;

$S_{ap,v}^{SLU}$ valoarea accelerației spectrale verticale care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț $T_{B,v}^{SLU}$ și $T_{C,v}^{SLU}$, de accelerații constante a spectrului de

răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la SLU.

(81) Pentru unitățile administrativ teritoriale aflate în județele din zona 2, valorile ordonatelor spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLS, $S_{e,v}^{SLS}(T)$ (în m/s²), se stabilesc conform relației [3.1.1.1\(3.1\)](#) în care:

$$T_C = T_{C,v}^{SLS} = 0,50 \text{ s} \quad (3.13)$$

$$T_B = T_{B,v}^{SLS} = 0,05 \text{ s} \quad (3.14)$$

$$T_D = T_{D,v}^{SLS} = 2 T_{C,v}^{SLS} \quad (3.15)$$

$$S_{ap} = S_{ap,v}^{SLS} = 0,50 S_{ap,h}^{SLS} \quad (3.16)$$

unde:

$T_{B,v}^{SLS}$, $T_{C,v}^{SLS}$, $T_{D,v}^{SLS}$ perioade de colț (control) ale spectrului accelerațiilor verticale pentru proiectare pentru verificări la SLS;

$S_{ap,v}^{SLS}$ valoarea accelerației spectrale verticale care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț $T_{B,v}^{SLS}$ și $T_{C,v}^{SLS}$, de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la SLS.

3.2 Accelerograme

(82) Acțiunea seismică de proiectare în amplasament este reprezentată prin accelerograme care descriu variația în timp a accelerației terenului compatibile cu un spectru țintă.

(83) Spectrul țintă pentru verificări la starea limită ultimă este spectrul accelerațiilor orizontale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLU, prevăzut la [3.1.2](#), (72). Spectrul țintă pentru verificări la starea limită de serviciu este spectrul accelerațiilor orizontale pentru proiectare în amplasament pentru verificări la SLS, prevăzut la [3.1.2](#), (73).

(84) Se pot utiliza accelerograme artificiale, înregistrate și/sau simulate.

(85) Acțiunea seismică în amplasament se reprezintă prin perechi de accelerograme acționând simultan pe două direcții ortogonale orizontale. Pe cele două direcții se utilizează accelerograme diferite.

(86) Calculul se efectuează utilizând un set de minim șapte perechi de accelerograme. Efectele acțiunii seismice se determină ca media aritmetică a valorilor maxime ale acestora determinate prin calcul dinamic pentru fiecare pereche de accelerograme în parte.

(87) Pentru selectarea, simularea sau generarea de accelerograme compatibile cu amplasamentul clădirii, spectrele de răspuns ale accelerogramelor se calculează pentru o fracțiune de amortizare critică egală cu 5% și se compară cu spectrul țintă.

3.2.1 Accelerograme artificiale

(88) Accelerogramele artificiale sunt accelerograme generate în acord cu spectrul țintă.

(89) Durata părții puternice a accelerogramelor artificiale se stabilește conform prevederilor din [Tabelul 3.1](#). Valorile T_C^{SLU} sunt caracteristice amplasamentului pentru care sunt generate accelerogramele artificiale.

Tabelul 3.1 Valorile convenționale ale magnitudinii cutremurului și ale duratei părții puternice a accelerogramelor artificiale

Pentru amplasamente situate în județe din:	Magnitudinea moment, M_w	Durata părții puternice a accelerogramelor artificiale		
		$T_C^{SLU} = 0,80$ s	$T_C^{SLU} = 1,20$ s	$T_C^{SLU} = 1,80$ s
Zona 1	6,5	8,00 s	10,0 s	12,0 s
Zona 2	7,5	25,0 s	30,0 s	35,0 s

(90) Prin excepție de la [\(89\)](#), durata părții puternice a accelerogramelor artificiale se poate alege din studii de hazard seismic în amplasament, dacă acestea sunt disponibile.

(91) Accelerogramele artificiale se generează astfel încât spectrele de răspuns elastic ale unui set de accelerograme să îndeplinească cumulativ următoarele condiții:

(qq) media aritmetică a valorilor maxime ale ordonatelor spectrelor elastice de răspuns ale accelerațiilor absolute corespunzând tuturor accelerogramelor artificiale din set este mai mare sau egală cu valoarea maximă din spectrul țintă;

(rr) pentru fiecare perioadă spectrală cuprinsă între $0,2T_1$ și $1,5T_1$, unde T_1 este perioada fundamentală de vibrație a structurii, valoarea medie a ordonatelor spectrelor elastice de răspuns ale accelerațiilor absolute corespunzând tuturor accelerogramelor artificiale din set este mai mare sau egală cu 90% din valoarea corespunzătoare a spectrului țintă.

3.2.2 Accelerograme înregistrate

(92) Pentru efectuarea calculului structural printr-o metodă de calcul dinamic, se recomandă reprezentarea acțiunii seismice prin accelerogramele înregistrate, care sunt disponibile în baze de date acceptate, conform prevederii [3.3](#), [\(106\)](#).

(93) La selectarea accelerogramelor înregistrate se ține cont de compatibilitatea condițiilor de teren din amplasamentul clădirii și de la stațiile seismice care au făcut înregistrările. Magnitudinea se stabilește conform prevederilor din [3.2.1.1 Tabelul 3.1](#). Clasa de teren se stabilește conform prevederilor specifice de la [3.3](#).

(94) Pentru a se realiza compatibilitatea unei accelerograme înregistrate cu spectrul țintă, valorile accelerațiilor pot fi multiplicare cu un factor de scalare unic cuprins între 0,50 și 2,00.

(95) Se consideră că setul de accelerograme înregistrate este compatibil cu spectrul țintă dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(ss) în domeniul de perioade cuprins între $0,2T_1$ și $1,5T_1$, unde T_1 este perioada fundamentală de vibrație a sistemului în direcția pe care este aplicată accelerograma, raportul între valorile spectrului mediu calculat prin medierea aritmetică a ordonatelor spectrelor elastice de răspuns ale accelerațiilor absolute corespunzând tuturor accelerogramelor înregistrate și, eventual, scalate și valorile spectrului țintă are valori

cuprinse între 0,75 și 1,30, iar valoarea medie a raportului este mai mare sau egală cu 0,95;

(tt) în domeniul de perioade cuprins între $0,2 T_1$ și $1,5 T_1$, unde T_1 este perioada fundamentală de vibrație a structurii în direcția pe care este aplicată accelerograma, valorile spectrelor de răspuns pentru fiecare accelerogramă înregistrată și, eventual, scalată sunt mai mari sau egale cu 50% din valorile corespunzătoare ale spectrului țintă.

3.2.3 Accelerograme simulate

(96) Accelerogramele simulate se utilizează atunci când accelerogramele înregistrate disponibile nu acoperă varietatea mecanismelor de sursă și condițiile de directivitate de la sursă la amplasament. Accelerogramele se simulează astfel încât să acopere intervalul de perioade de interes pentru clădirea proiectată definit la (97).

(97) Se consideră că setul de accelerograme simulate este compatibil cu spectrul țintă dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(uu) în domeniul de perioade cuprins între $0,2 T_1$ și $1,5 T_1$, unde T_1 este perioada fundamentală de vibrație a sistemului în direcția pe care este aplicată accelerograma, raportul între valorile spectrului mediu calculat prin medierea aritmetică a ordonatelor spectrelor elastice de răspuns ale accelerațiilor absolute corespunzând tuturor accelerogramelor simulate și valorile spectrului țintă are valori cuprinse între 0,75 și 1,30, iar valoarea medie a raportului este mai mare sau egală cu 0,95;

(vv) în domeniul de perioade cuprins între $0,2 T_1$ și $1,5 T_1$, unde T_1 este perioada fundamentală de vibrație a structurii în direcția pe care este aplicată accelerograma, valorile spectrelor de răspuns pentru fiecare accelerogramă simulată sunt cel puțin egale cu 50% din valorile corespunzătoare ale spectrului.

3.3 Alte prevederi

(98) Convențional, teritoriul României este împărțit în zone seismice delimitate în funcție de nivelurile de seismicitate definite de valorile $S_{ap,h}^{SLU}$, după cum urmează:

(ww) seismicitate mică – valori $S_{ap,h}^{SLU} \leq 3,00 \text{ m/s}^2$;

(xx) seismicitate moderată – valori $3,00 \text{ m/s}^2 < S_{ap,h}^{SLU} < 7,50 \text{ m/s}^2$;

(yy) seismicitate mare – valori $S_{ap,h}^{SLU} \geq 7,50 \text{ m/s}^2$.

(99) Apartenența unităților administrativ-teritoriale la aceste zone este stabilită conform prevederilor din [Error: Reference source not found](#).

(100) În amplasamentele cu seismicitate mare, clădirile din clasa I de importanță și expunere la cutremur se instrumentează seismic cu accelerometre digitale amplasate minimal:

(zz) pe planșeul de peste ultimul etaj al clădirii;

(aaa) pe planșeul de la cota $\pm 0,00$ al clădirii;

(bbb) în câmp liber, la distanță de minim 10,0 m de perimetrul exterior al amprenteii clădirii pe teren.

Înregistrările obținute în timpul cutremurelor cu magnitudinea moment mai mare sau egală cu 4,00, conform raportării Institutului Național de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pământului, se pun la dispoziția autorității de reglementare în domeniul construcțiilor.

(101) Pentru clădirile din clasa I de importanță și expunere la cutremur se recomandă studii specifice pentru caracterizarea seismică a condițiilor de teren în amplasament. Aceste studii trebuie să conțină:

(ccc) profilul vitezei undelor de forfecare V_s și al undelor de compresie V_p , pentru toate stratele de teren de la suprafață până la roca de bază seismică; simplificat și convențional, profilul poate fi determinat pentru 30 metri adâncime;

(ddd) stratigrafia amplasamentului : grosimea, densitatea și tipul terenului;

(eee) valoarea medie ponderată a vitezei undelor de forfecare pentru stratigrafia considerată, $\overline{V_s}$:

$$\overline{V_s} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (3.1)$$

unde

h_i grosimea stratului i ;

$V_{s,i}$ viteza undelor de forfecare pentru stratul i .

(102) Mărimea $\overline{V_s}$ se calculează pentru o adâncime egală cu cea mai mică valoare dintre 30 m și H_{800} , unde H_{800} (m) este adâncimea la care apare roca de bază seismică care este identificată convențional printr-o valoare $V_{s,i}$ mai mare sau egală cu 800 m/s.

(103) Pe baza valorilor H_{800} și a vitezei medii ponderate în stratigrafia superficială $\overline{V_s}$, condițiile de teren se clasifică în clase, conform prevederilor din [Tabelul 3.1](#).

Tabelul 3.1 Clase de teren conform valorilor H_{800} și $\overline{V_s}$

H_{800}			
$H_{800} \leq 5m$	A	A	E
$5m < H_{800} \leq 30m$	B	E	E
$30m < H_{800} \leq 100m$	B	C	D

$100\text{ m} < H_{800}$	B	F	F
--------------------------	---	---	---

(104) Estimarea frecvenței fundamentale de vibrație a pachetului de strate de teren de grosime $h = \min(30\text{ m}, H_{800})$ de la suprafața terenului, f_0 , se poate face simplificat cu relația:

$$f_0 = \frac{\bar{V}_s}{4h} \quad (3.2)$$

(105) Dacă nu există informații asupra valorii H_{800} pentru amplasament, clasele de teren se pot determina prin considerarea simultană a valorilor $\bar{V}_s$ și f_0 din amplasament, conform prevederilor din [Tabelul 3.1](#).

Tabelul 3.1 Clase de teren conform valorilor f_0 și $\bar{V}_s$

Valori f_0 (Hz) și $\bar{V}_s$ (m/s)	Clasa de teren
$f_0 \geq 10\text{ Hz}$ și $\bar{V}_s \geq 250\text{ m/s}$	A
$f_0 < 10\text{ Hz}$ și $400\text{ m/s} \leq \bar{V}_s < 800\text{ m/s}$	B
$\bar{V}_s/250 \leq f_0 < \bar{V}_s/120$ și $250\text{ m/s} \leq \bar{V}_s < 400\text{ m/s}$	C
$\bar{V}_s/250 \leq f_0 < \bar{V}_s/120$ și $150\text{ m/s} \leq \bar{V}_s < 250\text{ m/s}$	D
$\bar{V}_s/120 \leq f_0 < 10\text{ Hz}$ și $150\text{ m/s} \leq \bar{V}_s < 400\text{ m/s}$ sau $f_0 \geq 10\text{ Hz}$ și $150\text{ m/s} \leq \bar{V}_s < 250\text{ m/s}$	E
$f_0 < \bar{V}_s/250$ și $150\text{ m/s} \leq \bar{V}_s < 400\text{ m/s}$	F

(106) Se consideră baze de date acceptate pentru selectarea accelerogramelor înregistrate, următoarele baze de date: Engineering Strong Motion Database (<https://esm-db.eu/#/home>), PEER Strong Motion Database (<https://peer.berkeley.edu/peer-strong-ground-motion-databases>), Italian Accelerometric Archive (https://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_40/), Turkish Accelerometric Database and Analysis System (<https://tadas.afad.gov.tr/login>), Strong-motion Seismograph Networks (<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/>).

4 Proiectarea seismică

4.1 Generalități

- (107) În acest capitol sunt prevăzute criteriile de performanță seismică pentru clădiri.
- (108) Clădirile se proiectează la acțiuni seismice pentru îndeplinirea cerințelor fundamentale prevăzute în capitolul 2.

4.1.1 Componente ale clădirilor

- (109) Din punct de vedere al protecției seismice, criteriile de performanță seismică pentru o clădire sunt stabilite diferențiat pentru trei categorii de componente ale acesteia:
- (fff) componente structurale principale;
 - (ggg) componente structurale secundare;
 - (hhh) componente nestructurale.
- (110) În aplicarea acestei reglementări tehnice în construcții, o componentă a unei clădiri se încadrează într-o singură categorie.
- (111) Rigiditatea și rezistența componentelor structurale secundare și componentelor nestructurale care interacționează cu structura sunt neglijate la calculul structurii principale la acțiuni seismice dacă influența acestora asupra răspunsului structurii favorizează îndeplinirea cerințelor fundamentale ale proiectării seismice. În caz contrar, influența acestora este luată în considerare la calculul structurii principale.

4.1.2 Clase de ductilitate

- (112) Criteriile de performanță seismică pentru clădiri sunt stabilite diferențiat în funcție de clasa de ductilitate pentru care acestea sunt proiectate.
- (113) O clădire, în ansamblul său, se proiectează pentru una dintre următoarele clase de ductilitate:
- (iii) clasa de ductilitate mare (DCH);
 - (jjj) clasa de ductilitate moderată (DCM);
 - (kkk) clasa de ductilitate mică (DCL).
- (114) Clasa de ductilitate se asociază capacității structurii principale de a disipa energie prin deformații plastice, capacității de rezistență a structurii la acțiuni seismice orizontale, nivelului de degradare seismică acceptat și seismicității amplasamentului.
- (115) În cazul clasei de ductilitate mare, DCH, sau al clasei de ductilitate moderată, DCM, structura principală se realizează în acord cu principiile metodei ierarhizării capacităților de rezistență astfel încât răspunsul seismic favorabil să fie obținut prin formarea unui mecanism plastic optim, cu capacitate adecvată de disipare a energiei indusă de acțiunea seismică orizontală.

Notă: Structurile pentru clădiri pot fi proiectate pentru una dintre cele două clase de ductilitate, clasa ductilitate mare (DCH) sau clasa de ductilitate moderată (DCM), în funcție de capacitatea de disipare a energiei și de rezistență la forțe orizontale. Structurile proiectate pentru DCH au ductilitate de ansamblu și locală mai mare decât cele proiectate pentru DCM.

Pentru a reduce cerințele de ductilitate, structurile din clasa de ductilitate moderată au o capacitate de rezistență superioară celor din DCH.

(116) Mecanismul plastic optim al structurii se stabilește în acord cu capacitatea componentelor structurale principale de a disipa energia seismică prin deformări plastice, capacitatea de deformare plastică și supra-rezistența acestora, conform prevederilor din capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale.

(117) Componentele structurale care se deformează plastic ca urmare a acțiunii seismice suferă degradări care pot necesita lucrări de reparație post-cutremur.

(118) La clădirile din clasa de ductilitate DCL proiectarea se realizează pentru obținerea și controlul unui răspuns structural cvasi-elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(119) Toate componentele structurale principale ale unei clădiri se proiectează pentru aceeași clasă de ductilitate.

4.2 Criterii privind alcătuirea structurilor

4.2.1 Configurația structurii

(120) Structura clădirii se alcătuiește din subsisteme structurale complete de rezistență la forțe orizontale și verticale.

(121) Structura se realizează astfel încât se asigură un traseu continuu de echilibrare a încărcărilor, de la punctul de aplicare către reazeme, cu rigiditate și rezistență adecvate.

(122) Se recomandă ca structura principală să se organizeze minimal după două direcții principale orizontale ortogonale, formând planuri de contravântuire verticale după aceste direcții.

(123) Se recomandă ca planșeele să fie realizate ca diafragme rigide.

(124) Structura principală se realizează astfel încât să aibă o comportare predictibilă la acțiunea seismică cu respectarea cumulativă a prevederilor privind verificarea:

(III) prin calcul al structurii;

(mmm) condițiilor de alcătuire.

(125) Rigiditatea, rezistența și capacitatea de disipare a energiei ale structurii principale se reglează coroborat pentru a se asigura un răspuns adecvat la acțiunea seismică de proiectare, în limitele admise de deformări și forțe.

(126) Structurile principale ale clădirilor se alcătuiesc în acord cu tipurile structurale și cu limitările privind utilizarea acestora definite în capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale.

(127) Clădirile situate în amplasamente cu seismicitate moderată sau mare se proiectează pentru un răspuns elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare, cu rigiditate, rezistență și ductilitate adecvate, pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM.

(128) Clădirile la care structurile principale nu sunt alcătuite în acord cu tipurile structurale, materialele structurale și, după caz, tehnologiile de realizare definite în capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale, se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL.

(129) Prin excepție de la (127), clădirile care din cauza alcătuirii arhitecturale nu pot îndeplini criteriile de proiectare specifice clasei de ductilitate DCH sau DCM se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL astfel încât capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, să fie mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale, indiferent de amplasament.

4.2.2 Regularitatea structurii

4.2.2.1 Regularitatea în plan orizontal

(130) Pentru asigurarea unui răspuns favorabil și pentru creșterea predictibilității comportării clădirii la acțiunea seismică se recomandă ca aceasta să fie regulată din punct de vedere al alcătuirii în plan orizontal printr-o proiectare arhitecturală care favorizează satisfacerea optimă a condițiilor date la (131), (nnn) și (ooo).

(131) O clădire poate fi considerată regulată din punct de vedere al alcătuirii în plan orizontal dacă, la fiecare nivel situat deasupra cotei convenționale de încastrare, sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(nnn) clădirea este aproximativ simetrică în plan orizontal, din punct de vedere al formei planșeelor și al distribuției maselor, în raport cu două direcții orizontale ortogonale;

(ooo) aria cuprinsă între conturul fiecărui planșeu și înfășurătoarea sa poligonală convexă nu depășește 10% din aria totală a planșeului;

(ppp) structura este aproximativ simetrică în plan orizontal, în raport cu două direcții orizontale ortogonale, din punct de vedere al distribuției rigidității și capacității de rezistență la acțiuni orizontale;

(qqq) structura principală este organizată astfel încât echilibrarea acțiunii seismice orizontale să se realizeze prin minim două planuri verticale de contravântuire situate la stânga și la dreapta centrului de masă, aliniate cu două direcții orizontale ortogonale, cu proprietăți similare de rigiditate, rezistență și ductilitate;

(rrr) componentele structurale principale au rezemare directă;

(sss) planșeele sunt alcătuite ca diafragme rigide, conform 4.2.6;

(ttt) pe perimetrul clădirii de la oricare nivel, deplasarea orizontală maximă în gruparea seismică, în direcția forței, nu depășește cu mai mult de 30% media deplasărilor orizontale maxime și minime.

(132) Clădirile care nu îndeplinesc prevederea de la (131) sunt neregulate în plan orizontal.

(133) Clădirile neregulate în plan orizontal se proiectează pentru asigurarea unei capacități de rezistență mai mare. Se recomandă verificarea acestora prin calcul structural dinamic liniar sau neliniar.

4.2.2.2 Regularitatea în plan vertical

(134) Pentru asigurarea unui răspuns favorabil și pentru creșterea predictibilității comportării clădirii la acțiunea seismică se recomandă ca aceasta să fie regulată din punct de vedere al alcătuirii în plan vertical printr-o proiectare arhitecturală care favorizează satisfacerea optimă a condițiilor date la (135), (uuu) și (vvv).

(135) O clădire etajată poate fi considerată regulată din punct de vedere al alcătuirii în plan vertical dacă la fiecare nivel sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(uuu) aria de nivel a clădirii nu variază cu mai mult de 20% față de aria clădirii de la nivelul învecinat, superior sau inferior;

(vvv) masa de nivel a clădirii nu variază cu mai mult de 20% față de masa nivelului adiacent superior sau inferior;

(www) rigiditatea de nivel la acțiuni orizontale a clădirii nu variază cu mai mult de 20% față de rigiditatea clădirii de la nivelul adiacent superior sau inferior;

(xxx) capacitatea de rezistență a clădirii la acțiuni orizontale nu variază cu mai mult de 20% față de capacitatea de rezistență de la nivelul adiacent superior sau inferior, cu excepția situațiilor prevăzute explicit în această reglementare tehnică;

și

(yyy) componentele structurale principale verticale sunt continue de la fundații până la partea de sus a clădirii;

(136) La stabilirea regularității în plan vertical a clădirilor multietajate, pentru verificarea condițiilor [\(uuu\)](#), [\(vvv\)](#), [\(www\)](#) și [\(xxx\)](#) de la [\(135\)](#) se consideră numai partea de structură situată deasupra secțiunii de încastrare convențională, definită conform [4.2.7](#).

(137) În aplicarea prevederii de la [4.2.2.2](#), [\(135\)](#), [\(www\)](#), rigiditatea de nivel se determină ca raportul dintre forța tăietoare de nivel și deplasarea relativă a nivelului în dreptul centrului de masă determinate prin calcul structurii prin metoda forțelor seismice statice echivalente, pe direcția de calcul.

(138) În aplicarea prevederii de la [4.2.2.2](#), [\(135\)](#), [\(www\)](#), poate fi neglijată scăderea rigidității de nivel de la nivelul situat imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională la cel deasupra sa, dacă această variație este determinată de natura legăturilor pe care componentele structurale le au în dreptul secțiunii de încastrare convențională.

(139) La stabilirea regularității în plan vertical a clădirilor multietajate se poate neglija alcătuirea nivelului cel mai de sus, dacă acesta adăpostește exclusiv spații tehnice și aria sa este mai mică decât 30% din aria clădirii de la nivelul imediat inferior.

(140) La stabilirea regularității în plan vertical a clădirilor cu regim de înălțime parter se poate neglija planșeul intermediar parțial dacă aria acestuia este mai mică sau egală cu 10% din aria construită a clădirii și structura sa este realizată cu grinzi rezemate articulat pe stâlpii care constituie componente structurale principale.

(141) La stabilirea regularității în plan vertical a clădirilor se poate neglija alcătuirea nivelurilor situate sub secțiunea de încastrare convențională dacă prin modul de alcătuire a acestora, la fiecare dintre acestea, se asigură o rigiditate și o rezistență de nivel la acțiuni orizontale mai mari decât a nivelurilor situate deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(142) Construcțiile care nu îndeplinesc condiția de la [\(135\)](#) sunt neregulate în plan vertical.

(143) Clădirile neregulate în plan vertical se proiectează pentru asigurarea unei capacități de rezistență mai mare. Se recomandă verificarea acestora prin calcul structural dinamic liniar sau neliniar.

(144) În completarea prevederii de la (142) sunt considerate neregulate în plan vertical următoarele tipuri de clădiri:

(zzz) clădirile cu structura în cadre care au pereți de compartimentare și închidere din zidărie de orice tip sau din beton, dacă la parterul acestora sunt organizate spații comerciale deschise sau parcuri;

(aaaa) clădirile cu structura cu pereți, dacă există pereți întreruși și rezemați indirect, deasupra secțiunii de încastrare convențională .

(145) Clădirile amplasate în zone cu seismicitate mare sau moderată la care rigiditatea de nivel la acțiuni orizontale a nivelului situat imediat deasupra cotei de încastrare convențională este mai mică decât 70% din rigiditatea nivelului adiacent superior nu sunt permise.

4.2.3 Rigiditatea la torsiune de ansamblu

(146) Pentru asigurarea unui răspuns favorabil și pentru creșterea predictibilității comportării la acțiunea seismică se recomandă ca clădirea să nu aibă flexibilitate mare la torsiune de ansamblu.

(147) O structură are flexibilitate mare la torsiune de ansamblu dacă este îndeplinită oricare dintre următoarele două condiții:

(bbbb) pentru fiecare direcție principală orizontală, cea mai mare masă modală nu aparține primului sau celui de-al doilea mod propriu de vibrație;

(cccc) perioada primului mod propriu de vibrație de torsiune este mai mare decât perioadele modurilor proprii de vibrație de translație în cele două direcții principale orizontale.

(148) În verificarea condițiilor de (147) nu se consideră modurile de vibrație locale sau ale echipamentelor.

(149) Prin excepție de la (147), se pot considera ca neavând flexibilitate mare la torsiune de ansamblu structurile care îndeplinesc cumulativ următoarele condiții:

(dddd) respectă prevederile date la 4.2.2.1, (131), (sss) și (ttt);

(eeee) au în componență, pe fiecare direcție principală, cel puțin două subsisteme structurale de contravântuire verticale situate la stânga și la dreapta centrului de masă, cu distanța minimă dintre ele mai mare sau egală cu 0,50 din dimensiunea maximă a clădirii măsurată perpendicular pe direcția considerată;

(ffff) subsistemele structurale de contravântuire verticale situate la stânga și la dreapta centrului de masă, considerate în verificarea îndeplinirii prevederii de la (eeee), asigură cel puțin 30% din rigiditatea structurii la forțe orizontale pe direcția considerată.

Notă: Subsistemele structurale de contravântuire verticale sunt subsisteme structurale plane sau spațiale cu rigiditate și rezistență mare la acțiuni orizontale cum sunt: cadre cu noduri rigide, cadre contravântuite sau pereți structurali.

(150) Clădirile cu flexibilitate mare la torsiune de ansamblu se proiectează pentru asigurarea unei capacități de rezistență la acțiuni seismice orizontale mai mare și se verifică prin calcul dinamic.

4.2.4 Redundanța structurală

(151) Prin proiectarea seismică se recomandă realizarea de structuri cu redundanță mare.

(152) Structurile cu grad de nedeterminare statică mai mare au redundanță mai mare. La stabilirea gradului de nedeterminare statică, în sensul acestui aliniat, se consideră numai componentele structurale principale.

(153) În cazul unei clădiri proiectate seismic pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, mecanismul plastic se realizează cu suficiente zone plastice cu ductilitate adecvată care permit exploatarea rezervelor de rezistență ale structurii și disiparea avantajoasă a energiei seismice.

(154) În cazul clădirilor etajate se recomandă ca echilibrarea acțiunii seismice orizontale să se realizeze prin minim două subsisteme structurale de contravântuire verticale situate la stânga și la dreapta centrului de masă, în raport cu fiecare direcție de acțiune seismică, cu proprietăți similare de rigiditate, rezistență și ductilitate.

4.2.5 Distanțe între clădiri

(155) Clădirile și/sau tronsoanele de clădire se amplasează distanțat pentru a permite oscilația orizontală independentă sau pentru a limita efectele eventualelor ciocniri cauzate de acțiunea seismică.

(156) Amplasamentul clădirilor se stabilește astfel încât distanța minimă dintre clădiri sau tronsoane de clădire adiacente care sunt parte a aceluiași imobil să fie mai mare decât valoarea maximă a radicalului din suma pătratelor deplasărilor orizontale maxime ale acestora sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime, la fiecare nivel.

$$d_{min} \geq \sqrt{d_{Ed,1}^{SLU^2} + d_{Ed,2}^{SLU^2}} \quad (4.1)$$

d_{min} distanța minimă dintre două clădiri sau tronsoane de clădire adiacente care sunt parte a aceluiași imobil;

$d_{Ed,1}^{SLU}, d_{Ed,2}^{SLU}$ valorile de proiectare ale deplasării orizontale maxime, cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de ultime, pentru fiecare tronson sau clădire, stabilite conform 4.3.1.2.2, (216).

(157) Amplasamentul se stabilește astfel încât proiecția în plan orizontal a clădirii la nivelul terenului, în situația oscilației orizontale maxime cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime, pe orice direcție, se situează în interiorul limitei de proprietate a imobilului.

(158) În cazul clădirilor sau tronsoanelor de clădire etajate învecinate, care au același regim de înălțime, planșee situate la aceleași cote pe verticală și caracteristici dinamice similare, valoarea minimă a distanței dintre clădiri stabilită conform (156) se poate reduce cu 30%. Pentru aprecierea similarității caracteristicilor dinamice se ține seama minimal de perioadele de vibrație și formele proprii de vibrație în modurile cu contribuție semnificativă la răspunsul seismic total al structurii stabilite conform 4.5.1.4, (301).

(159) Piese de rost și dispozitive de mascare a rostului dintre două clădiri adiacente și/sau prinderile lor se realizează astfel să nu influențeze oscilațiile clădirilor cauzate de acțiunea seismică.

4.2.6 Diafragme orizontale

(160) Diafragmele orizontale ale unei clădiri se încadrează într-una din următoarele categorii:

(gggg) diafragme rigide;

(hhhh) diafragme semi-rigide;

(iiii) diafragme flexibile.

(161) La realizarea calculului structurii se consideră influența rigidității diaframelor asupra răspunsului structural de ansamblu la acțiuni seismice.

(162) Prin excepție de la (161), influența diaframelor flexibile asupra răspunsului de ansamblu al structurii la acțiuni seismice orizontale poate fi neglijată în calcul.

(163) Prin excepție de la (161), diafragmele rigide pot fi modelate în calcul pentru determinarea răspunsului de ansamblu al structurii la acțiuni seismice orizontale ca diafragme infinite rigide și rezistente la acțiuni în planul lor. În această situație, masele clădirii care generează forțele de inerție în direcție orizontală pot fi considerate simplificat ca fiind concentrate în centrele de masă ale diaframelor.

(164) Diafragmele la care deformația proprie maximă în direcție orizontală sub acțiunea seismică aplicată pe aceeași direcție este mai mare decât dublul deplasării relative medii a componentelor structurale principale verticale la nivelul imediat inferior se încadrează în categoria diaframelor flexibile.

(165) Diafragmele la care deformația proprie maximă în direcție orizontală sub acțiunea seismică aplicată pe aceeași direcție este mai mică decât jumătate din deplasarea relativă medie a componentelor structurale principale verticale de la nivelul delimitat superior de diafragmă se încadrează în categoria diaframelor rigide.

(166) Diafragmele care nu îndeplinesc condițiile (164) și (165) se încadrează în categoria diaframelor semi-rigide.

(167) Diafragmele realizate din platelaj metalic fără suprabetonare, la structuri din oțel sau compozite contravântuite în plan vertical, la structuri cu pereți de beton armat sau compoziți oțel -beton pot fi considerate flexibile în calcul, fără evaluarea prevăzută la (164).

(168) Diafragmele realizate din plăci de beton armat executate monolit, cu grosimea mai mare de 100 mm, sau prefabricat cu monolitizare cu grosimea mai mare de 60 mm, care nu sunt slăbite prin goluri mari, pot fi considerate rigide în calcul. Fac excepție diafragmele situate imediat sub secțiunea convențională de încastrare la structuri cu pereți de beton armat, la structuri cu pereți compoziți și la structuri metalice contravântuite care se modelează pentru calcul cu rigiditatea lor efectivă.

(169) În cazul structurilor cu stâlpi în consolă realizați din beton, oțel și/sau compoziți, diafragmele orizontale care sunt realizate din grinzi dispuse pe una sau două direcții ortogonale și platelaj metalic, fără contravântuiri dispuse în plan orizontal, nu pot fi încadrate în categoria diaframelor rigide indiferent de rezultatele evaluării prin calcul conform (165).

4.2.7 Secțiunea de încastrare convențională

(170) Secțiunea de încastrare convențională a clădirii este secțiunea de la care se consideră că acțiunea seismică orizontală este transmisă structurii.

(171) Secțiunea de încastrare convențională se stabilește prin raționament ingineresc în funcție de:

- tipul fundațiilor;
- existența nivelurilor subterane cu structura semnificativ mai rigidă și rezistentă în raport cu cea a nivelurilor supraterane;
- înălțimea totală a nivelurilor subterane;
- distanța dintre nivelul terenului și nivelul diafragmelor orizontale din clădire aflate în proximitatea terenului;
- caracteristicile terenului din vecinătatea clădirii;
- localizarea și tipul rosturilor seismice;
- distanța față de clădirile învecinate și natura infrastructurii acestora;
- panta terenului în amplasament.

(172) Nivelurile situate integral deasupra terenului se situează deasupra secțiunii convenționale de încastrare.

(173) În cazul în care rigiditatea și rezistența structurii situată sub nivelul terenului nu sunt semnificativ mai mari decât cele ale structurii situată deasupra, secțiunea de încastrare convențională a clădirii se consideră la nivelul fundațiilor.

(174) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa DCH sau DCM, prin mecanismul plastic proiectat se antrenează întreaga parte de structură situată deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(175) Partea de structură situată sub secțiunea de încastrare convențională se proiectează pentru răspuns exclusiv cvasi-elastic la acțiunea seismică de proiectare.

(176) Precizări suplimentare privind modul de stabilire a secțiunii de încastrare convențională sunt date în capitolele [5-9](#), specifice structurilor realizate din diferite materiale, sau în secțiunea de comentarii.

4.2.8 Mecanismul plastic optim

(177) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM structurile se proiectează astfel încât să poată dezvolta un mecanism de plastificare optim sub acțiunea seismică orizontală.

(178) Mecanismul plastic optim se dezvoltă prin apariția de deformații plastice în componentele structurale principale sau în legăturile dintre acestea.

(179) Mecanismul plastic optim se dezvoltă exclusiv în partea de structură situată deasupra secțiunii de încastrare convențională. Partea structurii situată sub secțiunea de încastrare convențională răspunde elastic la acțiunea seismică de proiectare.

(180) Mecanismul plastic optim, având capacitate optimă de disipare a energiei indusă de acțiunea seismică orizontală, are următoarele caracteristici:

- (jjjj) antrenează structura, în ansamblul ei, deasupra secțiunii de încastrare convențională;
- (kkkk) deformațiile plastice sunt moderate și distribuite uniform în ansamblul structurii principale;
- (llll) deformațiile plastice se produc în componentele structurale principale sau în legăturile dintre acestea care au capacitate de deformare plastică suficientă, în raport cu deformațiile plastice cauzate de acțiunea seismică de proiectare, în condițiile unei comportări histeretice stabile;
- (mmmm) deformațiile plastice sunt reversibile;
- (nnnn) componentele structurale principale și legăturile dintre acestea sunt alcătuite astfel încât se evită orice tip de rupere fragilă.
- (181) Componentele structurale principale care răspund elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime se selectează astfel încât să poată fi inspectate după cutremur pentru stabilirea stării de degradare și efectuarea reparațiilor necesare.
- (182) Componentele structurale principale care nu pot fi inspectate sau reparate după cutremur se proiectează pentru răspuns elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.
- (183) Structurile clădirilor etajate se proiectează astfel încât să nu formeze mecanisme de nivel.
- (184) Prevederi specifice privind configurația mecanismului plastic optim pentru diferite tipuri de structuri sunt date în capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale.

4.3 Criterii de performanță seismică pentru structura principală

- (185) Acest paragraf conține prevederi privind criteriile de performanță seismică pentru structura principală, pentru componentele structurale principale și pentru legăturile dintre acestea.
- (186) Structura principală se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică date în acest paragraf pentru oricare direcție orizontală de acțiune seismică.
- (187) Valoarea de proiectare a unui efect al acțiunii seismice reprezintă valoarea maximă a acelui efect cauzată de acțiunea seismică de proiectare, incluzând și efectele celorlalte acțiuni concomitente cu aceasta, conform prevederilor reglementării tehnice CR 0.
- (188) În cazul structurilor cu răspuns elasto-plastic sub acțiunea seismică de proiectare, valorile de proiectare ale efectelor acțiunii seismice se stabilesc prin:
 - (oooo) transformarea valorilor rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar pentru a cuantifica neliniaritatea răspunsului structural cauzat de acțiunea seismică de proiectare, în acord cu principiile metodei ierarhizării capacităților de rezistență, conform prevederilor specifice fiecărei clase de ductilitate,
 - sau,
 - (pppp) prin calculul structurii printr-o metodă de calcul neliniar.

(189) În cazul structurilor cu răspuns exclusiv elastic sub acțiunea seismică de proiectare, valorile de proiectare ale efectelor acțiunii seismice se stabilesc prin calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar.

(190) Valoarea de proiectare a efectului acțiunii seismice, E_d , se limitează la valoarea de proiectare admisă a efectului acțiunii, R_d , conform relației:

$$E_d \leq R_d \quad (4.1)$$

(191) Pentru determinarea valorilor de proiectare ale efectelor acțiunii seismice, calculul structurii se realizează conform prevederilor de la [4.5](#).

4.3.1 Starea limită ultimă

(192) Structurile clădirilor solicitate la acțiuni seismice și rezemarea lor pe teren se verifică la starea limită ultimă în acord cu prevederile [2.3.1](#).

(193) La proiectarea seismică a structurilor pentru clădiri la starea limită ultimă se verifică următoarele caracteristici ale acestora:

(qqqq) rezistență;

(rrrr) ductilitate;

(ssss) stabilitate.

(194) Prin excepție de la [\(193\)](#), la proiectarea seismică a structurilor pentru clădiri din clasa de ductilitate DCL la starea limită ultimă se verifică rezistența și stabilitatea acestora.

(195) Verificarea caracteristicilor structurii conform [\(193\)](#) și [\(194\)](#) se realizează considerând acțiunea seismică de proiectare pentru starea limită ultimă, stabilită conform prevederilor capitolului [3](#).

(196) Structura principală se proiectează la starea limită ultimă conform prevederilor specifice date în capitolele [5-9](#), pentru structurile realizate din diferite materiale.

(197) La proiectarea seismică a clădirilor la starea limită ultimă, rezistența, rigiditatea și ductilitatea acestora se reglează coroborat, ținând seama de influența cumulată a acestor proprietăți asupra răspunsului structural de ansamblu, în acord cu clasa de ductilitate în care este încadrată clădirea.

(198) Verificarea rezemării pe teren la starea limită ultimă se face conform reglementărilor tehnice specifice și a principiilor și prevederilor suplimentare date în această reglementare tehnică.

4.3.1.1 Rezistență

(199) Structura se realizează astfel încât valoarea de proiectare a capacității de rezistență a structurii principale la acțiuni orizontale să fie mai mare sau egală cu forța tăietoare de bază corespunzătoare acțiunii seismice de proiectare stabilită conform prevederilor [4.5.1.3](#), [\(293\)](#).

Pentru această verificare, valoarea de proiectare a capacității de rezistență a structurii în ansamblu la acțiuni orizontale corespunde valorilor de proiectare ale rezistențelor materialelor și acțiunii unor forțe orizontale aplicate static, distribuite conform rezultatelor analizei modale pentru modul fundamental de vibrație, pe fiecare direcție considerată, și este conformă cu situația de acțiuni din gruparea seismică.

Notă: Această condiție se poate considera îndeplinită dacă pentru toate componentele structurale principale și pentru legăturile dintre acestea este îndeplinită condiția (4.1), exprimată în termeni de rezistență, unde valoarea E_d este rezultată din calculul structurii prin metoda forțelor laterale statice echivalente conform 4.5.1.3.

(200) Prevederea de la (199) nu se aplică structurilor izolate seismic.

(201) Structura se realizează astfel încât pentru fiecare componentă structurală principală este îndeplinită condiția (4.1) exprimată în termeni de rezistență, unde E_d este valoarea de proiectare a efortului în gruparea seismică, ținând seama și de efectele de ordinul 2, atunci când acestea sunt semnificative, și R_d este valoarea de proiectare a capacității de rezistență, calculată cu valorile de proiectare ale rezistențelor materialelor, pe baza modelelor mecanice specifice.

(202) Condiția de la (201) se îndeplinește pentru toate componentele structurale principale, pe toată lungimea acestora, și pentru toate legăturile acestora.

(203) Valorile de proiectare ale eforturilor se stabilesc din condiții de echilibru considerând formarea zonelor plastice conform configurației mecanismului plastic optim și mobilizarea supra-rezistențelor în zonele plastice.

(204) Valorile de proiectare ale eforturilor se stabilesc ținând seama de incertitudinea evaluării, prin multiplicare cu coeficienți parțiali de siguranță supraunitari. Fac excepție eforturile care produc deformațiile plastice în zonele plastice poziționate conform configurației mecanismului plastic optim, pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM.

(205) Prevederi suplimentare privind modul de determinare a valorilor de proiectare ale eforturilor pentru verificări la starea limită ultimă sunt date în capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale, pentru diferite tipuri de structuri și metode de calcul structural.

(206) Prevederi privind modul de determinare a valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență sunt date în capitolele 5-9, pentru diferite materiale structurale și tipuri de structuri.

(207) Componentele structurale principale se proiectează cu capacitate suficientă de rezistență astfel încât să fie posibil un traseu complet, fără întreruperi și cât mai scurt, al încărcărilor de la locul unde sunt aplicate până la terenul de fundare.

4.3.1.2 Ductilitate

(208) Ductilitatea structurii principale la acțiuni seismice orizontale se asigură prin:

(tttt) ierarhizarea capacităților de rezistență ale componentelor structurale;

(uuuu) limitarea deformațiilor plastice ale structurii principale cauzate de acțiunea seismică de proiectare;

(vvvv) asigurarea ductilității locale a componentelor structurale principale care se deformează în domeniul plastic.

4.3.1.2.1 Ierarhizarea capacităților de rezistență

(209) Prin ierarhizarea capacităților de rezistență se limitează eforturile care pot produce ruperi de tip fragil și se dirijează în mod convenabil poziția zonelor de deformare plastică, în acord cu configurația mecanismului plastic optim.

(210) Pentru oricare tip de rupere fragilă se asigură capacități de rezistență ale componentelor structurale principale sau ale legăturilor acestora mai mari decât eforturile corespunzătoare fiecărui tip de rupere, care se pot dezvolta la incidența acțiunii seismice de proiectare.

4.3.1.2.2 Limitarea deplasărilor relative de nivel

(211) Pentru structura seismică principală, se îndeplinește condiția [4.3.1.1\(4.1\)](#) exprimată în termeni de deplasări relative de nivel, astfel:

$$d_{Ed,r}^{SLU} \leq d_{Rd,r}^{SLU} \quad (4.1)$$

unde:

$d_{Ed,r}^{SLU}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel în direcție orizontală, în gruparea seismică de acțiuni la starea limită ultimă, ținând seama și de efectele de ordinul doi, atunci când acestea sunt semnificative;

$d_{Rd,r}^{SLU}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de ultimă.

(212) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de ultimă, $d_{Rd,r}^{SLU}$, este egală cu $0,025h_s$, unde h_s este înălțimea totală de nivel.

(213) Prin excepție de la [\(212\)](#), valori de proiectare particulare ale deplasării relative de nivel admise pentru verificări la starea limită ultimă pot fi prevăzute în capitolele [5-9](#), specifice structurilor realizate din diferite materiale.

(214) Deplasarea relativă de nivel este egală cu valoarea absolută a diferenței dintre deplasările orizontale ale punctelor de intersecție ale unei drepte verticale cu cele două diafragme orizontale consecutive care mărginesc superior și inferior nivelul.

În cazul nivelului situat imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, la clădiri la care deformațiile infrastructurii și fundațiilor în direcție orizontală pot fi neglijate, deplasarea relativă de nivel este egală cu deplasarea în direcție orizontală a unui punct situat la intersecția unei drepte verticale cu diafragma orizontală care mărginește superior nivelul.

(215) Îndeplinirea condiției (4.1) se verifică la toate nivelurile și în orice punct al diafragmelor, indiferent de tipul acestora.

(216) În cazul în care calculul structurii este realizat printr-o metodă de calcul static liniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale, d_{Ed}^{SLU} , a unui punct din structură se determină cu relația:

$$d_{Ed}^{SLU} = c q d_{Ed}^{SLU} \quad (4.2)$$

unde:

d_{Ed}^{SLU} valoarea de proiectare a deplasării orizontale a punctului cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de ultime;

d_{Ed}^{SLU} valoarea deplasării punctului determinată prin calculul structurii printr-o metodă de calcul static liniar la starea limită ultimă;

- q factorul de comportare utilizat la calculul valorii de proiectare a forței seismice, stabilit conform [4.5.1.1](#), pentru starea limită ultimă;
- c factor de amplificare al deplasărilor pentru starea limită de ultimă, prevăzut în capitolele [5-9](#), specifice structurilor realizate din diferite materiale.

(217) În cazul în care calculul structurii este realizat prin metoda de calcul dinamic liniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale a unui punct din structură, d_{Ed}^{SLU} , este valoarea absolută maximă a deplasării orizontale a acelui punct determinată prin calcul sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, multiplicată cu factorul c stabilit conform [\(220\)](#).

(218) În cazul în care calculul structurii este realizat prin metoda de calcul dinamic neliniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale a unui punct din structură, d_{Ed}^{SLU} , este valoarea absolută maximă a deplasării orizontale a acelui punct determinată prin calcul sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(219) În cazul aplicării metodei de calcul static neliniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale a unui punct din structură, d_{Ed}^{SLU} , este valoarea deplasării acelui punct asociată deformării clădirii cauzată de acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită de ultime.

(220) Prevederi privind modul de determinare a factorului de amplificare a deplasărilor, c , pentru verificări la starea limită de ultimă sunt date în capitolele [5-9](#), pentru diferite materiale structurale și tipuri de structuri.

(221) La verificarea fațadelor cortină vitrate sau a altor fațade agățate de structură, valoarea de proiectare a deplasărilor orizontale se consideră cu 30% mai mare decât cea determinată conform prevederilor de la [\(216\)](#), [\(217\)](#), [\(218\)](#) sau [\(219\)](#). Valorile de proiectare ale deplasărilor orizontale astfel stabilite constituie date de temă pentru proiectantul sistemului de fațadă.

(222) În cazul în care calculul structurii se face considerând interacțiunea teren-structură, valorile de proiectare ale deplasărilor orizontale includ și componenta cauzată de rotirea pe teren a clădirii.

4.3.1.2.3 Limitarea deformațiilor componentelor structurale principale

(223) Pentru componentele structurale seismice principale sau, după caz, pentru legăturile acestora, se îndeplinește condiția [4.3.1.1\(4.1\)](#) exprimată în termeni de deformații, unde E_d reprezintă valoarea de proiectare a deformației în gruparea seismică, ținând seama și de efectele de ordinul doi, atunci când acestea sunt semnificative, și R_d reprezintă valoarea de proiectare a deformației admise la starea limită considerată.

(224) Prevederea de la [\(223\)](#) se aplică diferențiat în funcție metoda de calcul structural, de materialul din care este realizată structura și tipul structurii, conform prevederilor din capitolele [5-9](#).

(225) Verificarea prevăzută la [\(223\)](#) se aplică pentru:

(www) structuri de beton armat, indiferent de metoda de calcul structural utilizată în proiectare;

(xxxx) structuri compozite, de oțel, de zidărie sau de lemn, dacă la proiectare s-a utilizat o metodă de calcul neliniar.

(226) În cazul în care, pentru o structură de beton armat, calculul structurii este realizat printr-o metodă de calcul static liniar, valoarea de proiectare a rotirii componentelor structurale principale care se deformează plastic din încovoiere se poate determina simplificat cu relația:

$$\theta_{Ed}^{SLU} = c q \theta'_{Ed}^{SLU} \quad (4.1)$$

unde:

c factorul de amplificare al deplasărilor stabilit conform [4.3.1.2.2](#), (220).

θ_{Ed}^{SLU} rotirea de bară reprezentată de unghiul între secantă și axul barei la extremitatea unde intervine curgerea produsă de acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

θ'_{Ed}^{SLU} rotirea de bară reprezentată de unghiul între secantă și axul barei la extremitatea unde intervine curgerea determinată prin calcul static liniar în gruparea seismică:

$$\theta'_{Ed}^{SLU} = \frac{d_v}{L_v} \quad (4.2)$$

L_v distanța de la capătul considerat al elementului la punctul de inflexiune al deformatelor acestuia;

d_v deplasarea în dreptul punctului de inflexiune măsurată perpendicular pe axul elementului nedeformat, față de capătul considerat al acestuia.

În cazul grinzilor structurilor tip cadru, mărimile θ'_{Ed}^{SLU} se pot aproxima prin raportul între deplasarea relativă de nivel $d_{Ed,r}^{SLU}$ și înălțimea nivelului h_s :

$$\theta'_{Ed}^{SLU} = \frac{d_{Ed,r}^{SLU}}{h_s} \quad (4.3)$$

(227) Valorile de proiectare ale deformațiilor admise ale componentelor structurale sau, după caz, a legăturilor acestora, pentru verificări la starea limită ultimă, se stabilesc conform prevederilor capitolele [5-9](#).

(228) Asigurarea ductilității locale a elementelor structurale care se deformează în domeniul plastic se realizează prin măsuri constructive de alcătuire și prin limitarea eforturilor care reduc capacitatea de deformare plastică.

4.3.1.3 Stabilitate

(229) Structura în ansamblu, diferitele subansamble și componente structurale se realizează astfel încât să fie stabile geometric. În acest scop componentele structurale și structurile se realizează cu forme și dimensiuni potrivite, în acord cu valorile de proiectare ale acțiunilor.

(230) Structura se realizează astfel încât fie stabilă la răsturnare și la lunecare, prin utilizarea unui sistem de fundare adecvat caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului de fundare.

4.3.2 Starea limită de serviciu

(231) Structurile clădirilor solicitate la acțiuni seismice și rezemarea lor pe teren se verifică la starea limită de serviciu în condițiile menționate la [2.3.2](#).

(232) La proiectarea structurilor pentru clădiri pentru starea limită de serviciu se verifică rigiditatea structurii.

(233) Verificarea rigidității structurii conform (232) se realizează considerând acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită serviciu, stabilită conform prevederilor capitolului 3.

(234) Condițiile de verificare privind rezistența și stabilitatea la starea limită de serviciu se consideră îndeplinite dacă acestea sunt îndeplinite la starea limită ultimă, conform prevederilor de la 4.3.1.1 și 4.3.1.3.

(235) Verificarea rezemării pe teren la starea limită de serviciu se face conform reglementărilor tehnice specifice și a principiilor și prevederilor suplimentare date în această reglementare tehnică.

(236) Structura principală se proiectează la starea limită de serviciu conform prevederilor din capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale.

4.3.2.1 Limitarea deplasărilor relative de nivel

(237) Structura principală se realizează cu o rigiditate la acțiuni orizontale suficient de mare pentru limitarea deplasărilor orizontale ale acesteia corespunzătoare răspunsului elastic sau cvasi-elastic, prin îndeplinirea condiției 4.3.1.1(4.1) exprimată în termeni de deplasări relative de nivel:

$$d_{Ed,r}^{SLS} \leq d_{Rd,r}^{SLS} \quad (4.1)$$

unde:

$d_{Ed,r}^{SLS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel în direcție orizontală în gruparea seismică, la starea limită de serviciu, ținând seama și de efectele de ordinul 2, atunci când acestea sunt semnificative;

$d_{Rd,r}^{SLS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu.

Notă: Această condiție asigură că la nivelul clădirii, în ansamblu, degradările componentelor nestructurale sunt limitate. Totuși, pot apărea local degradări mai mari ale componentelor nestructurale din cauza distribuției neuniforme a deformațiilor la fiecare nivel.

(238) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu este:

(yyyy) $0,005h_s$ pentru clădiri care conțin componente nestructurale care pot avea degradări semnificative ca urmare a deformațiilor orizontale ale structurii;

(zzzz) $0,0075h_s$ pentru clădiri care nu sunt de tipul (yyyy).

unde

h_s înălțimea totală de nivel.

(239) Clădirile cu pereți nestructurali de zidărie se încadrează în categoria menționată la (238), (yyyy), cu excepția celor la care pereții nestructurali de zidărie sunt utilizați numai local pentru delimitarea nișelor de ventilație sau a celor pentru instalații.

(240) Clădirile cu fațade cortină, agățate de structură, și/sau alte componente nestructurale care, prin natura sistemului constructiv propriu, inclusiv a prinderilor de

structură, pot urmări deformațiile orizontale ale structurii în condiții de degradare limitată se încadrează în categoria prevăzută la (238), (zzzz).

(241) În interpretarea prevederilor de la (238), prinderile sunt parte a componentelor nestructurale.

(242) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel în direcție orizontală se determină conform prevederii de la 4.3.1.2.2, (214).

(243) Îndeplinirea condiției (4.1) se verifică la toate nivelurile și în orice punct al diafragmelor, indiferent de tipul acestora.

(244) Prin excepție de la (238), valori de proiectare specifice ale deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu pot fi prevăzute în capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale.

(245) În cazul în care calculul structurii se face printr-o metodă de calcul static liniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale a unui punct din structură se determină cu ecuația:

$$d_{Ed}^{SLS} = q d'_{Ed}^{SLS} \quad (4.2)$$

unde:

d_{Ed}^{SLS} valoarea de proiectare a deplasării orizontale a punctului cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu;

d'_{Ed}^{SLS} valoarea deplasării punctului determinată prin calcul structural static liniar în gruparea seismică, la starea limită de serviciu;

q factorul de comportare utilizat la calculul valorii de proiectare a forței seismice, corespunzător stării limită de serviciu.

(246) În cazul în care calculul structurii se face prin metoda de calcul dinamic liniar sau neliniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale a unui punct din structură este valoarea absolută maximă a deplasării orizontale a acelui punct cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu.

(247) În cazul în care calculul structurii se face prin metoda de calcul static neliniar, valoarea de proiectare a deplasării orizontale a unui punct din structură este valoarea deplasării acelui punct asociată deformării clădirii cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu.

(248) La verificarea fațadelor cortină vitrate sau a altor fațade agățate de structură, valoarea de proiectare a deplasărilor orizontale se consideră cu 30% mai mare decât cea determinată conform prevederilor de la (245), (246) sau (247). Valorile de proiectare ale deplasărilor orizontale astfel stabilite constituie date de temă pentru proiectantul sistemului de fațadă.

(249) În cazul în care calculul structurii se face considerând interacțiunea teren-structură, valorile de proiectare ale deplasărilor orizontale includ și componenta cauzată de rotirea pe teren a clădirii.

4.4 Criterii de performanță seismică pentru alte componente

4.4.1 Componente structurale secundare

(250) Acest paragraf conține prevederi privind criteriile de performanță seismică pentru componentele structurale secundare.

(251) Structura se realizează astfel încât rigiditatea și rezistența ei la acțiuni orizontale, determinate considerând și aportul componentelor structurale secundare, sunt mai mari cu cel mult 15% decât rigiditatea și, respectiv, rezistența la acțiuni orizontale a structurii principale, determinată fără considerarea aportului componentelor structurale secundare.

(252) Componentele structurale secundare și legăturile lor se realizează astfel încât:

(aaaaa) nu modifică, prin rigiditatea și rezistența lor, caracterul regulat al structurii și nu sporesc neregularitatea acesteia în plan sau în elevație;

(bbbbb) nu influențează mecanismul plastic al structurii principale;

(ccccc) nu favorizează dezvoltarea ruperilor de tip fragil a componentelor structurale principale.

(253) Componentele structurale secundare și legăturile lor cu componentele structurale principale se alcătuiesc astfel încât să se poată îndeplini condițiile privind limitarea efectelor acțiunilor, $R_d > E_d$, în situația deformării structurii cauzată de acțiunea seismică de proiectare, cu considerarea efectelor de ordinul doi.

(254) Componentele structurale secundare și legăturile lor cu componentele structurale principale se realizează astfel încât să se asigure echilibrul și stabilitatea acestora și la incidența acțiunii seismice de proiectare.

(255) Rolul funcțional al componentelor structurale secundare se asigură în acord cu cerințele specifice componentelor nestructurale date în capitolul [10](#).

(256) Componentele structurale secundare se proiectează considerând forțele care le acționează direct și forțele de legătură cu celelalte componente structurale sau nestructurale.

(257) Componentele structurale secundare care se deformează plastic în situația deformării structurii cauzată de acțiunea seismică de proiectare se detaliază pentru asigurarea ductilității conform prevederilor specifice componentelor structurale principale realizate din diferite materiale date în capitolele [5-9](#).

(258) Componentele structurale secundare se realizează astfel încât să îndeplinească și prevederile specifice din reglementările tehnice în construcții pentru structuri realizate din diferite materiale expuse la alte tipuri de acțiuni decât acțiunea seismică.

(259) La proiectarea componentelor structurale secundare se consideră și efectele acțiunii seismice verticale, conform prevederilor din această reglementare tehnică.

4.4.2 Componente nestructurale

(260) Criteriile de performanță seismică pentru componentele nestructurale sunt date în capitolul [10](#).

4.5 Calculul structurii

(261) Pentru proiectare se utilizează una sau mai multe dintre următoarele metode de calcul al structurilor:

(ddddd) calcul static liniar;

(eeeeee) calcul dinamic liniar;

(ffffff) calcul static neliniar;

(gggggg) calcul dinamic neliniar.

(262) Calculul static liniar se poate realiza prin:

(hhhhh) metoda forțelor laterale statice echivalente;

(iiiiii) metoda de calcul modal cu spectre de răspuns.

(263) Pentru proiectarea structurilor se utilizează o metodă de calcul static liniar. În cazul structurilor neregulate în plan orizontal și/sau în elevație și pentru structurile cu flexibilitate mare la torsiune se utilizează metoda de calcul modal cu spectre de răspuns.

(264) Metodele de calcul dinamic liniar, static neliniar și/sau dinamic neliniar se utilizează doar pentru verificarea comportării seismice a structurilor cu comportare elasto-plastică la acțiunea seismică de proiectare.

(265) Pentru clădiri din clasele I, a II-a sau a III-a de importanță și expunere la cutremur, calculul structurilor se realizează cu metoda elementului finit utilizând modele spațiale.

(266) Prin excepție de la (265), calculul structurilor clădirilor din clasa a III-a de importanță și expunere la cutremur se poate realiza pe modele plane, pentru anumite tipuri de sisteme structurale și materiale, dacă în capitolele 5-9 sunt incluse prevederi specifice.

(267) În calculul structurii direcțiile de acțiune seismică se stabilesc astfel încât să se determine valorile cele mai defavorabile ale efectelor acesteia.

(268) În calculul structurii, acțiunea seismică orizontală se reprezintă bidirecțional. Reprezentarea bidirecțională se face prin considerarea simultană a acțiunii seismice pe două direcții orizontale ortogonale, astfel:

(jjjjj) în cazul aplicării unei metode de calcul static liniar, prin combinarea efectelor acțiunilor conform prevederilor 4.5.1.6.

(kkkkk) în cazul aplicării unei metode de calcul dinamic, prin îndeplinirea prevederii de la 3.2, (85).

(269) Prin excepție de la (268), acțiunea seismică orizontală se poate reprezenta unidirecțional pentru:

(lllll) clădirile care aparțin clasei a III-a de importanță și expunere la cutremur, amplasate în zone de seismicitate mică sau moderată, care îndeplinesc prevederea de la 4.2.2.1, (131), (qqq).

(mmmmm) clădirile care aparțin clasei a II-a sau a III-a de importanță și expunere la cutremur, regulate în plan orizontal și în plan vertical.

4.5.1 Calcul static liniar

(270) În calculul static liniar efectele acțiunii seismice în direcție orizontală se determină considerând că structura răspunde exclusiv elastic și este acționată seismic de:

(nnnnn) forțe statice, orizontale și/sau verticale, dispuse în dreptul maselor care pot oscila sub acțiunea seismică;

(ooooo) momente de torsiune, având vectorul moment orientat în direcție verticală.

4.5.1.1 Spectrul redus

(271) În calculul structurii printr-o metodă de calcul static liniar, valoarea de proiectare a forței tăietoare de bază se calculează pe baza spectrului redus al accelerațiilor orizontale, $S_{r,h}(T)$.

(272) Valoarea unei ordonate a spectrului redus al accelerațiilor orizontale, $S_{r,h}(T)$, corespunzătoare unei perioade de vibrație T , se calculează cu relația:

$$S_{r,h}(T) = \frac{S_{e,h}(T_B)}{q} \text{ pentru } 0 < T \leq T_B \quad (4.1)$$

$$S_{r,h}(T) = \frac{S_{e,h}(T)}{q} \text{ pentru } T > T_B \quad (4.2)$$

unde:

q factorul de comportare al structurii pentru oscilații seismice în direcție orizontală, denumit în această reglementare tehnică „factor de comportare”;

$S_{e,h}(T)$ ordonata spectrului accelerațiilor orizontale pentru proiectare, corespunzătoare perioadei .

(273) Valorile ordonatelor spectrului redus al accelerațiilor orizontale $S_{r,h}(T)$ pentru verificări la starea limită ultimă, determinate conform relațiilor (4.1) sau (4.2), se limitează inferior prin respectarea cumulativă a condițiilor:

$$S_{r,h}(T) \geq 0,08 S_{ap,h}^{SLU} \quad (4.3)$$

$$S_{r,h}(T) \geq 0,25 m/s^2 \quad (4.4)$$

unde:

$S_{ap,h}^{SLU}$ valoarea accelerației spectrale orizontale absolute care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț T_B^{SLU} și T_C^{SLU} , de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la starea limită ultimă.

(274) Valoarea factorului de comportare, q , se stabilește în funcție de capacitatea de disipare a energiei, capacitatea de deformare și supra-rezistența structurii.

(275) Valoarea maximă a factorului de comportare se stabilește conform prevederilor din capitolele 5-9, pentru diferite materiale structurale sau tipuri de structuri.

(276) Pentru stabilirea factorului de comportare, construcțiile neregulate în plan orizontal, conform [4.2.2.1](#), se încadrează în categoria structurilor cu flexibilitate mare la torsiune.

(277) Prin excepție de la [\(276\)](#), în cazul construcțiilor neregulate în plan orizontal sau al structurilor cu flexibilitate mare la torsiune care satisfac condițiile de la [4.2.2.1](#), [\(131\)](#), [\(sss\)](#) și [\(ttt\)](#), valoarea maximă a factorului de comportare, q , este valoarea stabilită în acord cu tipul structurii conform prevederilor din capitolele [5-9](#), pentru diferite materiale structurale, redusă cu 20%. Această reducere se aplică suplimentar față de alte reduceri stabilite conform prevederilor acestui cod.

(278) În cazul clădirilor neregulate în plan vertical valoarea maximă a factorului de comportare, q , este valoarea stabilită în acord cu tipul structurii conform prevederilor din capitolele [5-9](#), pentru diferite materiale structurale, redusă cu 20%. Această reducere se aplică suplimentar față de alte reduceri stabilite conform prevederilor acestui cod.

(279) La proiectarea structurilor cu redundanță mică pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se asigură o capacitate de rezistență la acțiuni seismice orizontale mai mare, prin considerarea unui factor de comportare mai mic.

(280) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL amplasate într-o zonă de seismicitate moderată sau mare, în condițiile specificate la [4.2.1 \(128\)](#) și [\(129\)](#) factorul de comportare, q , este egal cu 1,00.

(281) Dacă tipul sistemului structural principal este diferit pe cele două direcții orizontale ortogonale principale, la calculul structurii pentru cele două direcții pot fi considerați factori de comportare diferiți.

(282) Valorile de proiectare ale efectelor acțiunii seismice verticale se calculează pe baza spectrului redus pentru componenta verticală a mișcării terenului.

(283) Valoarea redusă a unei ordonate a spectrului redus al accelerațiilor verticale $S_{r,v}(T)$, corespunzătoare unei perioade de vibrație T , se calculează cu relația:

$$S_{r,v}(T) = \frac{S_{e,v}(T)}{q_v} \text{ pentru } T > T_B \quad (4.5)$$

q_v factorul de comportare al structurii pentru oscilații seismice în direcție verticală, care este egal cu 1,50;

$S_{e,v}(T)$ ordonata spectrului de proiectare al accelerațiilor seismice în direcție verticală.

4.5.1.2 Modelare pentru calcul

(284) Calculul structurii se realizează cu metode raționale bazate pe principiile general acceptate ale mecanicii structurilor.

(285) Pentru verificarea structurii se construiește un model matematic și se evaluează acest model pentru stabilirea efectelor acțiunii seismice de proiectare.

(286) În calculul structurii prin metoda de calcul static liniar se consideră toate sursele semnificative de rigiditate și amortizare.

(287) Modelarea rigidității și amortizării componentelor structurale și a îmbinărilor dintre acestea se face în acord cu prevederile reglementărilor tehnice specifice sau a agrementelor tehnice, după caz.

(288) La determinarea efectelor acțiunilor asupra componentelor structurale se iau în considerare condițiile de echilibru, de stabilitate generală și de compatibilitate geometrică a deformațiilor.

(289) La determinarea efectelor acțiunilor asupra componentelor structurale se ține seama de proprietățile de scurtă durată și de lungă durată ale materialelor, după caz.

(290) În cazul în care nu este identificat un model cu care să se poată calcula valori acoperitoare ale eforturilor și/sau deformațiilor în toate elementele structurale, se utilizează mai multe modele, bazate pe strategii de modelare diferite, pentru determinarea celor mai defavorabile situații de solicitare ale componentelor structurii, în strict acord cu regulile metodei de ierarhizare a capacităților de rezistență.

4.5.1.3 Metoda forțelor laterale statice echivalente

(291) Metoda forțelor laterale statice echivalente se poate aplica la clădiri care îndeplinesc simultan următoarele condiții:

(ppppp) planșeele orizontale sunt diafragme rigide, conform prevederilor de la 4.2.6;

(qqqqq) masele clădirii pot fi considerate concentrate la nivelul planșeelor, din punct de vedere al oscilațiilor în direcție orizontală ale clădirii în ansamblu;

(rrrrr) clădirea este regulată în plan și elevație;

(sssss) perioada de vibrație a structurii în modul fundamental pe fiecare direcție orizontală de calcul este mai mică sau egală cu 1,50 s.

(ttttt) clădirea este încadrată în clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur.

(292) În metoda forțelor laterale statice echivalente, efectele acțiunii seismice în direcție orizontală se determină prin calcul static liniar considerând structura acționată de:

(uuuuu) forțe orizontale, aplicate static, pe direcția de calcul, dispuse în centrul de masă al planșeelor de la fiecare nivel;

(vvvvv) momente de torsiune accidentală, având vectorul moment orientat în direcție verticală, dispuse în centrul de masă al planșeelor de la fiecare nivel.

(293) Valoarea de proiectare a forței tăietoare de bază cauzată de acțiunea seismică, pentru fiecare direcție orizontală de calcul, se determină cu relația:

$$F_b = S_{r,h}(T_1) \lambda m \quad (4.1)$$

unde:

T_1 perioada fundamentală de vibrație a clădirii pentru oscilații în direcția orizontală de calcul;

$S_{r,h}(T_1)$ ordonata spectrului redus al accelerațiilor orizontale corespunzătoare perioadei fundamentale, T_1 ;

m masa totală a clădirii;

λ factor de corecție:

$$\lambda = 0,85 \text{ dacă } T_1 \leq \min(T_c, 1,20 \text{ s}) \text{ și clădirea are mai mult de două niveluri} \quad (4.2)$$

sau

$\lambda = 1,00$ în celelalte situații.

(294) Perioada de vibrație a structurii pe fiecare direcție principală se determină în acord cu principiile generale ale dinamicii structurilor, prin analiza dinamică a structurii în ansamblu.

(295) Forța seismică orizontală statică care se aplică în dreptul planșeului de la fiecare nivel al clădirii se determină cu relația:

$$F_i = F_b \frac{m_i \varphi_i}{\sum_{j=1}^n m_j \varphi_j} \quad (4.3)$$

unde:

F_i forța seismică orizontală statică de la nivelul i ;

F_b valoarea de proiectare a forței tăietoare de bază;

φ_i, φ_j ordonata formei fundamentale de vibrație pe direcția de calcul la nivelul i sau j ;

n numărul de niveluri al clădirii;

m_i masa la nivelul i ;

m_j masa nivelului j .

(296) Momentele de torsiune accidentală se determină cu relația:

$$M_{ai} = F_i e_{ai} \quad (4.4)$$

în care,

M_{ai} moment de torsiune aplicat la nivelul i , având vectorul orientat în direcție verticală;

e_{ai} excentricitate accidentală a masei de la nivelul i ;

F_i forța seismică orizontală statică aplicată la nivelul i .

(297) Momentele de torsiune accidentală se determină distinct pentru fiecare direcție orizontală principală considerată în calculul clădirii.

(298) Excentricitatea accidentală se calculează cu expresia:

$$e_{ai} = \pm 0,05 L_i \quad (4.5)$$

unde

e_{ai} excentricitatea accidentală a masei de la nivelul i față de poziția calculată a centrului maselor, aplicată pe aceeași direcție la toate nivelurile;

L_i dimensiunea maximă a înfășurătoarei poligonale convexe a planșeului măsurată perpendicular pe direcția acțiunii seismice.

4.5.1.4 Metoda de calcul modal cu spectre de răspuns

(299) În metoda de calcul modal cu spectre de răspuns efectele acțiunii seismice în direcție orizontală sunt determinate prin calcul static liniar considerând structura acționată de:

(wwwww) forțe orizontale, aplicate static, pe direcția de calcul, dispuse în dreptul maselor care oscilează în direcție orizontală;

(xxxxx) momente de torsiune accidentală, având vectorul moment orientat în direcție verticală, dispuse în dreptul maselor care oscilează în direcție orizontală.

(300) În metoda de calcul modal cu spectre de răspuns efectele acțiunii seismice sunt determinate distinct prin calculul structurii pentru fiecare mod propriu de vibrație al acestuia considerat în calcul.

(301) În calcul se consideră modurile proprii de vibrație cu contribuție semnificativă la răspunsul seismic total al structurii. Pentru fiecare direcție de calcul, această condiție se consideră îndeplinită dacă:

(yyyyy) suma maselor modale efective pentru modurile proprii de vibrație considerate reprezintă cel puțin 90% din masa totală a structurii,

(zzzzz) sunt considerate în calcul toate modurile proprii de vibrație cu masă modală efectivă mai mare de 5% din masa totală.

(302) Valoarea de proiectare a forței tăietoare de bază, $F_{b,k}$ aplicată pe direcția de acțiune a mișcării seismice în modul propriu de vibrație k se determină cu relația:

$$F_{b,k} = S_{r,h}(T_k) m_k \quad (4.1)$$

unde

$S_{r,h}(T_k)$ ordonata spectrului de proiectare pentru componentele orizontale ale mișcării terenului corespunzătoare perioadei T_k ;

m_k masa modală efectivă asociată modului propriu de vibrație k care este stabilită cu relația:

$$m_k = \frac{\left(\sum_{i=1}^n m_i \varphi_{i,k} \right)^2}{\sum_{i=1}^n m_i \varphi_{i,k}^2} \quad (4.2)$$

m_i masa i ;

T_k perioada proprie în modul propriu de vibrație k ;

$\varphi_{i,k}$ componenta vectorului propriu în modul de vibrație k pe direcția gradului de libertate dinamică de translație, la nivelul i .

(303) Valoarea maximă a efectelor acțiunii seismice se determină prin combinarea valorilor obținute pentru fiecare mod propriu de vibrație considerat.

(304) Dacă toate modurile proprii de vibrație sunt independente, valoarea maximă a efectului acțiunii seismice se determină ca radical din suma pătratelor efectelor obținute pentru fiecare mod propriu de vibrație considerat, cu relația:

$$E_E = \sqrt{\sum E_{E,k}^2} \quad (4.3)$$

unde:

E_E efectul acțiunii seismice;

$E_{E,k}$ efectul acțiunii seismice corespunzătoare modului propriu de vibrație k .

(305) Răspunsurile modale pentru două moduri proprii de vibrație consecutive, k și $k+1$, se consideră independente dacă perioadele proprii de vibrație T_k și T_{k+1} , cu $T_{k+1} \leq T_k$, îndeplinesc următoarea condiție:

$$\frac{T_k - T_{k+1}}{T_k + T_{k+1}} > \xi_k + \xi_{k+1} \quad (4.4)$$

unde:

T_k perioada de vibrație a structurii în modul propriu k ;

T_{k+1} perioada de vibrație a structurii în modul propriu $k+1$;

ξ_k fracțiunea din amortizarea critică corespunzătoare modului k ;

ξ_{k+1} fracțiunea din amortizarea critică corespunzătoare modului $k+1$.

(306) Dacă există moduri de proprii de vibrație care nu sunt independente, valoarea maximă a efectului acțiunii seismice se determină prin combinație quadratică completă, cu relația:

$$E_E = \sqrt{\sum E_{E,i} r_{ij} E_{E,j}} \quad (4.5)$$

unde:

E_E efectul acțiunii seismice;

$E_{E,i}$ efectul acțiunii seismice corespunzătoare modului propriu de vibrație i ;

$E_{E,j}$ efectul acțiunii seismice corespunzătoare modului propriu de vibrație j ;

r_{ij} factorul de corecție determinat cu relațiile:

$$r_{ij} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\alpha_{ij}}{\xi} \right)^2} \text{ pentru } \xi = \xi_i = \xi_j \quad (4.6)$$

$$r_{ij} = \frac{8 \sqrt{\xi_i \xi_j} (\xi_i + \rho_{ij} \xi_j) \rho_{ij}^{3/2}}{(1 - \rho_{ij}^2)^2 + 4 \xi_i \xi_j \rho_{ij} (1 + \rho_{ij}^2) + 4 (\xi_i^2 + \xi_j^2) \rho_{ij}^2} \quad (4.7)$$

ξ_i fracțiunea din amortizarea critică corespunzătoare modului i ;

ξ_j fracțiunea din amortizarea critică corespunzătoare modului j ;

$$\alpha_{ij} = \frac{T_i - T_j}{T_i + T_j} \quad (4.8)$$

$$\rho_{ij} = \frac{T_i}{T_j} \quad (4.9)$$

T_i perioada de vibrație a structurii în modul propriu i ;

T_j perioada de vibrație a structurii în modul propriu j .

(307) Efectele torsiunii accidentale se evaluează prin aplicarea statică a unui moment de torsiunea accidentală. Efectele torsiunii accidentale se combină cu efectele acțiunii seismice determinate conform (303)-(311).

(308) Momentele de torsiune accidentală se calculează cu relația:

$$M_{ai} = F_i e_{ai} \quad (4.10)$$

unde:

M_{ai} moment de torsiune aplicat la nivelul i , având vectorul orientat în direcție verticală;

e_{ai} excentricitate accidentală a masei de la nivelul i ;

F_i forța seismică orizontală statică aplicată asupra masei i .

(309) Momentele de torsiune accidentală se determină distinct pentru fiecare direcție orizontală principală considerată în calculul clădirii.

(310) Excentricitatea accidentală se determină conform [4.5.1.3](#), (298).

(311) Dacă forța tăietoare de bază rezultată în urma combinării modale a eforturilor imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, $F_{b,t}$, este mai mică decât forța tăietoare de bază, F_b , calculată conform [4.5.1.3](#), efectele acțiunii seismice, eforturile și deformațiile, rezultate din calculul structurii se amplifică cu factorul $F_b/F_{b,t}$.

4.5.1.5 Componenta verticală a acțiunii seismice

(312) Componentele structurale principale și secundare care sunt sensibile la oscilațiile seismice verticale se verifică ținând seama de componenta verticală a acțiunii seismice.

(313) Următoarele tipuri de componentele structurale principale sau secundare se verifică ținând seama de componenta verticală a acțiunii seismice:

(aaaaaa) elemente orizontale sau aproximativ orizontale cu deschiderea mai mare de 20 m;

(bbbbbb) elemente orizontale sau aproximativ orizontale cu schema statică de consolă cu lungimea mai mare de 4,00 m;

(cccccc) componente structurale orizontale sau aproximativ orizontale precomprimate;

(dddddd) componente structurale care asigură rezemarea indirectă a unor componente structurale verticale.

4.5.1.6 Combinarea efectelor componentelor acțiunii seismice

(314) Efectul acțiunii seismice cauzat de combinarea a două componente orizontale perpendiculare ale acțiunii seismice se determină ca radical din suma pătratelor valorilor aceluiași efect determinat pentru fiecare componentă orizontală.

(315) Alternativ prevederii de la [\(314\)](#), efectul acțiunii seismice cauzat de combinarea componentelor orizontale ale acțiunii seismice poate fi determinat utilizând următoarele reguli de combinare:

$$E_{Edx} „+” 0,30E_{Edy} \quad (4.1)$$

$$0,30E_{Edx} „+” E_{Edy} \quad (4.2)$$

unde

„+” înseamnă „a se combina cu”;

E_{Edx} reprezintă efectul acțiunii seismice în direcția axei orizontale x alese pentru structură,

E_{Edy} reprezintă efectul acțiunii seismice în direcția axei orizontale y , perpendiculară pe axa x .

(316) Prevederea privind combinarea eforturilor dată la (314) poate fi extinsă pentru toate cele trei componente ale acțiunii seismice. Alternativ, efectul acțiunii seismice cauzat de combinarea componentelor orizontale și verticale ale acțiunii seismice poate fi determinat utilizând următoarele reguli de combinare:

$$0,30E_{Edx} „+” 0,30E_{Edy} „+” E_{Edz} \quad (4.3)$$

$$E_{Edx} „+” 0,30E_{Edy} „+” 0,30E_{Edz} \quad (4.4)$$

$$0,30E_{Edx} „+” E_{Edy} „+” 0,30E_{Edz} \quad (4.5)$$

unde

„+” înseamnă „a se combina cu”;

E_{Edx} și E_{Edy} definite conform (315);

E_{Edz} efectul acțiunii seismice verticale.

(317) Semnul fiecărei componente în combinațiile de mai sus se alege astfel încât efectul acțiunii considerate să fie defavorabil.

(318) În cazul structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, la combinarea componentelor orizontale ale acțiunii seismice se consideră echilibrul structurii în faza de mecanism plastic.

Notă: Pentru determinarea eforturilor generate de acțiunea seismică în partea de structură antrenată în mecanismul plastic de ansamblu se recomandă combinarea eforturilor care produc curgerea în zonele plastice prin regulile enunțate la (314)-(317), și determinarea celorlalte tipuri de eforturi din condiția de echilibru a structurii în faza de mecanism plastic.

4.5.2 Calcul static neliniar

(319) Prin calcul static neliniar se determină legea de răspuns forță – deplasare orizontală prin încărcarea structurii cu deplasări monoton crescătoare într-o direcție orizontală, unde:

(eeeeee) forța reprezintă suma proiecțiilor pe direcția de calcul ale forțelor tăietoare care se dezvoltă în componentele structurale imediat deasupra cotei de încastrare convențională;

(ffffff) deplasarea reprezintă deplasarea orizontală în direcția și sensul forței, măsurată în punctul de control al deplasărilor.

(320) Punctul de control al deplasărilor coincide cu centrul de masă al diafragmei orizontale rigide situată cel mai sus pe înălțimea clădirii, cu excepția diagramelor orizontale care mărginesc superior nivelurile tehnice retrase.

(321) Modelarea răspunsului neliniar al elementelor structurale se realizează astfel încât să se poată identifica mecanismul plastic al structurii sub acțiuni seismice.

(322) Calculul static neliniar se aplică în cazul clădirilor cu diafragme rigide. În această situație, masa clădirii se consideră compusă din mase concentrate dispuse în centrele de masă ale diafragmelor.

(323) Suma maselor dispuse în centrele de masă ale diafragmelor îndeplinește condiția:

$$m = \sum_{i=1}^n m_i \quad (4.1)$$

unde

m_i masa dispusă concentrat în centrul de masă al diagramei „i”;

m masa totală a clădirii, deasupra secțiunii teoretice de încastrare.

(324) Pe o direcție de acțiune seismică, încărcarea structurii cu deplasări monoton crescătoare se face pentru ambele sensuri, în cazuri de încărcare distincte. Încărcarea se face considerând distribuții ale forțelor seismice orizontale normalizate acționând la nivelul diafragmelor.

(325) Acțiunea seismică se modelează utilizând minimal următoarele două moduri de distribuție a forțelor seismice orizontale normalizate:

(gggggg) un mod de distribuție în care forțele laterale sunt proporționale cu masele de nivel;

$$F_i = \frac{m_i}{m} \quad (4.2)$$

unde

F_i forța seismică normalizată la nivelul diafragmei „i” ;

m_i masa dispusă concentrat în centrul de masă al diagramei „i”;

m masa totală a clădirii.

(hhhhhh) un mod de distribuție rezultat din analiza modală pentru modul fundamental de vibrație pentru oscilații orizontale pe direcția de calcul:

$$F_i = \frac{m_i \varphi_i}{\sum_{j=1}^n m_j \varphi_j} \quad (4.3)$$

unde

F_i forța seismică normalizată care acționează la nivelul diafragmei „i”;

m_i masa dispusă concentrat în centrul de masă al diagramei „i”;

m_j masa dispusă concentrat în centrul de masă al diagramei „j”;

n numărul total al diafragmelor orizontale;

φ_i ordonata formei de vibrație în modul fundamental în dreptul masei m_i .

(326) Alternativ prevederii de la (325), (hhhhhh), în cazul clădirilor având masele de nivel aproximativ egale pe înălțime, se poate utiliza o distribuție simplificată a forțelor seismice orizontale normalizate considerând o formă liniară a modului fundamental de vibrație:

$$F_i = \frac{m_i z_i}{\sum_{j=1}^n m_j z_j} \quad (4.4)$$

- F_i forța seismică normalizată la nivelul diafragmei i
- z_i distanța măsurată pe verticală între diagrama orizontală i și cota de încastrare convențională;
- z_j distanța măsurată pe verticală între diagrama orizontală j și cota de încastrare convențională.

(327) Forțele seismice orizontale se aplică în planul diafragmelor orizontale rigide, la distanțe egale cu excentricitățile accidentale stabilite conform [4.5.1.3](#), (298) față de centrele de masă ale diafragmelor, măsurate perpendicular pe direcția forțelor.

(328) Încărcarea cu deplasări monoton crescătoare se face până la atingerea deplasării de control care este egală cu cea mai mică dintre următoarele valori:

- (iiiiii) ținta de deplasare orizontală, adică deplasarea orizontală a clădirii cauzată de acțiunea seismică de proiectare, multiplicată cu 1,50;
- (jjjjjj) deplasarea orizontală capabilă a clădirii, adică deplasarea orizontală minimă corespunzătoare cedării unei componente structurale principale, ca urmare a depășirii capacității de deformare plastică, a ruperii fragile sau a pierderii stabilității.

(329) Deplasarea orizontală clădirii cauzată de acțiunea seismică de proiectare se determină pe baza valorilor ordonatelor spectrelor de deplasare pentru răspuns elasto-plastic, specifice amplasamentului, considerând proprietățile dinamice și de rezistență ale sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent.

(330) Masa sistemului cu un grad de libertate echivalent, m^{SDOF} , se determină cu relația:

$$m^{SDOF} = \sum_{i=1}^n m_i \varphi_i \quad (4.5)$$

unde

- m_i masa dispusă la nivelul diagramei orizontale „ i ” a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică;
- φ_i ordonata formei de vibrație în modul fundamental în dreptul masei m_i , pentru sistemul cu mai multe grade de libertate dinamică.

(331) Proprietățile de rezistență și deformabilitate ale sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent se stabilesc prin transformarea legii de răspuns forță-deplasare a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică, determinată prin calcul static neliniar, cu relațiile:

$$F^{SDOF} = \frac{F_b}{\Gamma} \quad (4.6)$$

$$d^{SDOF} = \frac{d_n}{\Gamma} \quad (4.7)$$

unde:

F^{SDOF} forța orizontală care încarcă sistemul cu un grad de libertate dinamică echivalent;

d^{SDOF} deplasarea orizontală a sistemului cu un grad de libertate echivalent;

F_b forța tăietoare de bază determinată prin calcul static nelinier pe sistemul cu mai multe grade de libertate dinamică conform (319) corespunzătoare deplasării d_n ;

d_n deplasarea orizontală a punctului de control al deplasărilor pe sistemul cu mai multe grade de libertate dinamică;

Γ factor de transformare care se stabilește cu relația:

$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n m_i \varphi_i^2} \quad (4.8)$$

m_i masa dispusă la nivelul diagramei orizontale „ i ” a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică;

φ_i ordonata formei de vibrație în modul fundamental în dreptul masei m_i a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică.

(332) Legea de răspuns forță orizontală – deplasare orizontală a sistemului cu un singur grad de libertate dinamică se transformă în format biliniar. Transformarea se realizează prin identificarea valorilor convenționale ale forțelor orizontale și deplasărilor orizontale asociate curgerii de ansamblu a structurii și cerinței de deplasare la starea limită considerată. Legea de răspuns forță deplasare se alcătuiește din două segmente, astfel:

- un segment cu punctul de plecare în origine care trece prin punctul ale căror coordonate corespund primei curgeri a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică;
- un segment paralel cu axa deplasărilor poziționat astfel încât ariile situate sub cele două legi de răspuns să fie egale.

Punctul de curgere corespunzător legii de răspuns în format biliniar corespunde intersecției dintre cele două segmente.

Punctul ultim corespunzător legii de răspuns în format biliniar corespunde capătului segmentului paralel cu axa deplasărilor corespunzător deplasării maxime.

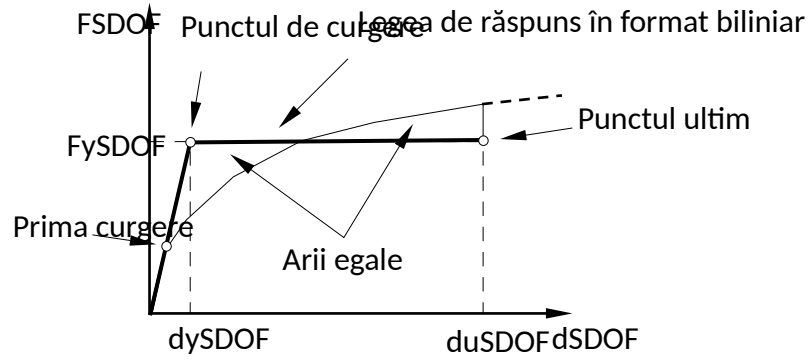


Figura 4.2 Schematizarea legii de răspuns forță orizontală – deplasare orizontală

(333) Rigiditatea sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent, k^{SDOF} , se determină cu relația:

$$k^{SDOF} = \frac{F_y^{SDOF}}{d_y^{SDOF}} \quad (4.1)$$

unde

d_y^{SDOF} deplasarea orizontală de curgere a sistemului cu un singur grad de libertate dinamică care corespunde deplasării orizontale minime asociată intrării în curgere a unei componente structurale principale a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică;

F_y^{SDOF} forța orizontală de curgere a sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent care corespunde deplasării d_y^{SDOF} .

(334) Perioada de vibrație a sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent, T^{SDOF} , se determină cu relația:

$$T^{SDOF} = 2\pi \sqrt{\frac{m^{SDOF}}{k^{SDOF}}} \quad (4.2)$$

unde:

k^{SDOF} rigiditatea sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent;

m^{SDOF} masa sistemului cu un grad de libertate echivalent.

(335) Deplasarea orizontală a sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent cauzată de acțiunii seismice de proiectare, d_t^{SDOF} , se determină cu relația:

$$d_t^{SDOF} = \begin{cases} S_{De}(T^{SDOF}) & \text{dacă } T^{SDOF} > T_c \\ \frac{1 + (u-1) \frac{T_c}{T^{SDOF}}}{u} S_{De}(T^{SDOF}) \leq 3 S_{De}(T^{SDOF}) & \text{dacă } T^{SDOF} \leq T_c \end{cases} \quad (4.3)$$

unde:

$S_{De}(T^{SDOF})$ valoarea ordonatei spectrului de răspuns elastic al deplasărilor relative pentru componentele orizontale ale mișcării terenului corespunzătoare perioadei T^{SDOF} ;

- T^{SDOF} perioada de vibrație a sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent;
- T_C perioada de colț a spectrului accelerațiilor pentru proiectare;
- u raportul dintre valoarea ordonatei spectrului accelerațiilor orizontale al sistemului elastic, $S_e(T^{SDOF})$, și accelerația orizontală a sistemului cu răspuns elasto-plastic, având aceeași perioadă de vibrație și amortizare;

$$u = S_e(T^{SDOF}) \frac{m^{SDOF}}{F_y^{SDOF}} \quad (4.4)$$

- m^{SDOF} masa sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent;
- F_y^{SDOF} forța orizontală de curgere a sistemului cu un grad de libertate echivalent, stabilită conform (333) considerând valorile medii ale rezistențelor materialelor.
- (336) Deplasarea orizontală a sistemului cu mai multe grade de libertate dinamică cauzată de acțiunea seismică de proiectare în punctul de control al deplasărilor se determină cu relația:

$$d_t = d_t^{SDOF} \Gamma \sqrt{1 + \left(\frac{\Gamma'}{\Gamma}\right)^2} \quad (4.5)$$

unde:

- d_t^{SDOF} deplasarea orizontală a sistemului cu un grad de libertate dinamică echivalent cauzată de acțiunea seismică de proiectare;
- Γ factorul de transformare stabilit conform (331);
- Γ' factorul de transformare pentru modul de vibrație perpendicular pe modul de vibrație corespunzător direcției pentru care se face calculul static neliniar, dacă are masă modală nenulă.

Notă: Dacă structura nu are moduri de vibrație perpendiculare pe modul de vibrație corespunzător direcției pe care se face calculul static neliniar, factorul $\sqrt{1 + \left(\frac{\Gamma'}{\Gamma}\right)^2}$ este egal cu 1,0.

- (337) Deplasarea orizontală a unui anumit punct al clădirii, aflat la distanța x față de punctul de control al deplasărilor, măsurată perpendicular pe direcția de calcul, se determină prin amplificarea deplasării determinată prin calcul static neliniar, corespunzătoare deplasării țintă d_t cu factorul:

$$c_p = \left(1 + 0,6 \frac{x}{L_e}\right) \quad (4.6)$$

unde:

- L_e dimensiunea maximă a clădirii măsurată perpendicular pe direcția de calcul;
- x distanța dintre punctul considerat și punctul de control al deplasărilor, măsurată perpendicular pe direcția de calcul.

- (338) Prin excepție de la (337), în cazul sistemelor cu flexibilitate mare la torsiune sau la care distanța între centrul de masă și centrul de rigiditate nu este mai mică decât 10% din dimensiunea maximă a clădirii pe fiecare direcție ortogonală principală, la

fiecare nivel, determinarea deplasării orizontale cauzată de acțiunea seismică de proiectare se face prin calcul dinamic neliniar.

(339) Verificarea componentelor structurale principale pentru îndeplinirea condiției generale de verificare dată la [4.3.1.1\(4.1\)](#) exprimată în termeni de deformații conform [4.3.1.2.3](#) se face utilizând valorile de proiectare ale deformațiilor în grupările seismice, E_d , corespunzătoare deplasărilor calculate conform prevederii [\(337\)](#).

4.5.3 Calcul dinamic liniar

(340) Prin calcul dinamic liniar se determină variația în timp a efectelor acțiunii seismice asupra structurii.

(341) Variația în timp a efectelor acțiunii seismice a structurii se obține prin integrarea directă a ecuațiilor diferențiale ale mișcării.

(342) Acțiunea seismică de proiectare se reprezintă prin accelerograme care conțin valori numerice discrete ale accelerațiilor orizontale ale terenului în timpul cutremurului. Accelerogramele se selectează conform prevederilor de la [3.2](#).

(343) Frațiunea din amortizarea critică, care se alege în funcție de materialul din care este alcătuită structura și tipul de structură, conform prevederilor capitolelor 5-9, este mai mică sau egală cu 5% pentru toate modurile de vibrație considerate în analiză.

(344) În calculul structurii este considerată torsiunea accidentală prin deplasarea centrului de masă al planșeului cu o distanță egală cu 5% din dimensiunea maximă a clădirii măsurată perpendicular pe direcția acțiunii seismice.

(345) Structura este acționată simultan pe două direcții orizontale ortogonale.

(346) Se realizează minim șapte analize, utilizând șapte seturi de accelerograme.

(347) Pentru un set de accelerograme, valoarea maximă a unui efect al acțiunii seismice se determină ca valoarea maximă a acestui efect determinată prin calcul la fiecare pas de timp al analizei.

(348) Valorile efectelor acțiunii seismice se determină, pentru fiecare set de accelerograme, astfel încât să se asigure îndeplinirea condiției de [4.3.1.1](#), [\(199\)](#), și să se cuantifice răspunsul neliniar previzibil, astfel:

(kkkkkk) se calculează factorii de scalare:

$$\eta_x = \frac{F_{b,x}}{V_{t,x}} \geq 1,0 \quad (4.1)$$

$$\eta_y = \frac{F_{b,y}}{V_{t,y}} \geq 1,0 \quad (4.2)$$

unde:

$F_{b,x}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare de bază calculată conform [4.5.1.3](#), [\(293\)](#), pentru direcția ox a structurii;

$F_{b,y}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare de bază calculată conform [4.5.1.3](#), [\(293\)](#), pentru direcția oy a structurii;

$V_{t,x}$ forța tăietoare de bază rezultată din analiza dinamică liniară fără considerarea torsiunii accidentale, pe direcția ox;

$V_{t,x}$ forța tăietoare de bază rezultată din analiza dinamică liniară fără considerarea torsiunii accidentale, pe direcția oy;

(IIIIII) se calculează valorile scalate ale efectelor acțiunii seismice:

- pentru răspuns seismic în direcția ox:

$$E_{dx} = \eta_x \frac{(E \ddot{u}_x dx')_x}{q_x} + \eta_y \frac{(E \ddot{u}_x dx')_y}{q_y} \ddot{u}_x \quad (4.3)$$

unde:

q_x factorul de comportare al structurii în direcția ox;

q_y factorul de comportare al structurii în direcția oy;

E_{dx} valoarea de proiectare a efectului acțiunii seismice în direcția ox;

$(E \ddot{u}_x dx')_x \ddot{u}_x$ valoarea efectului acțiunii seismice în direcția ox rezultată din calculul dinamic liniar în direcția ox, cu considerarea torsiunii accidentale;

$(E \ddot{u}_x dx')_y \ddot{u}_x$ valoarea efectului acțiunii seismice în direcția ox rezultată din calculul dinamic liniar în direcția oy fără considerarea torsiunii accidentale.

- pentru răspuns seismic în direcția oy:

$$E_{dy} = \eta_x \frac{(E \ddot{u}_y dy')_x}{q_x} + \eta_y \frac{(E \ddot{u}_y dy')_y}{q_y} \ddot{u}_y \quad (4.4)$$

unde:

q_x factorul de comportare al structurii în direcția ox;

q_y factorul de comportare al structurii în direcția oy;

E_{dy} valoarea de proiectare a efectului acțiunii seismice în direcția oy;

$(E \ddot{u}_y dy')_x \ddot{u}_y$ valoarea efectului acțiunii seismice în direcția oy rezultată din calculul dinamic liniar în direcția ox, fără considerarea torsiunii accidentale.

$(E \ddot{u}_y dy')_y \ddot{u}_y$ valoarea efectului acțiunii seismice în direcția oy rezultată din calculul dinamic liniar în direcția oy, cu considerarea torsiunii accidentale.

(349) Efectul acțiunii seismice stabilit pe baza setului de șapte analize se determină ca media valorilor maxime determinate pentru fiecare set de accelerograme în parte.

4.5.4 Calcul dinamic neliniar

(350) La efectuarea calculului dinamic neliniar se aplică prevederile de la [4.5.3 \(340\)](#), [\(341\)](#), [\(342\)](#), [\(344\)](#), [\(345\)](#), [\(346\)](#), [\(347\)](#) și [\(349\)](#) împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

(351) Pentru determinarea efectelor acțiunii seismice, acțiunea seismică de proiectare se reprezintă prin accelerograme care:

(mmmmmm) îndeplinesc criteriile date la [3.2](#);

și

(nnnnnn) generează o valoare maximă a forței tăietoare de bază, stabilită prin calculul dinamic neliniar imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, mai mare sau egală cu forța tăietoare de bază stabilită conform prevederilor 4.5.1.3.

(352) Amortizarea se modelează în calcul considerând o fracțiunea din amortizarea critică mai mică sau egală cu 2,5% pentru toate modurile de vibrație considerate în analiză.

(353) În calculul dinamic neliniar se consideră legi de răspuns forță generalizată-deplasare generalizată pentru componentele structurale principale care descriu în mod realist rigiditatea, capacitatea de deformare plastică și capacitatea de disipare a energiei.

Notă: Legile de comportare alese țin seama de degradarea de rigiditate, de degradarea de rezistență și de alunecările care afectează răspunsul elementului ca urmare a incursiunilor ciclice repetate în domeniul plastic de răspuns.

4.5.5 Efecte de ordinul doi

(354) Efectele acțiunii seismice se determină ținând seama de efectele de ordin doi.

(355) Prin excepție de la (354), efectele de ordinul doi pot fi neglijate în calcul dacă la fiecare este îndeplinită condiția:

$$\theta = \frac{P_{tot} d_{Ed,r}^{SLU}}{V_{tot} h_s} \leq 0,10 \quad (4.1)$$

unde:

θ coeficientul de sensibilitate al deplasării relative de nivel

P_{tot} încărcarea gravitațională totală de la nivelul considerat și de la cele de deasupra, în gruparea seismică;

$d_{Ed,r}^{SLU}$ deplasarea relativă de nivel care corespunde deplasării orizontale maxime a structurii la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

V_{tot} forța tăietoare de nivel care corespunde deplasării orizontale maxime a structurii la incidența acțiunii seismice de proiectare, corespunzător stării limită ultime;

h_s înălțimea de etaj.

(356) Dacă $0,10 < \theta \leq 0,20$, unde θ este definit conform (355), efectele de ordinul doi pot fi luate în considerare în mod aproximativ, multiplicând valorile efectelor acțiunii seismice rezultate din calculul structurii cu factorul $1/(1-\theta)$.

(357) Dacă $0,20 < \theta \leq 0,30$, unde θ este definit conform (355), efectele acțiunii seismice sunt determinate prin calcul structural care ține seama de ne-liniaritatea geometrică, cu considerarea echilibrului pe poziția deformată a structurii.

(358) Clădirea se proiectează astfel încât la toate nivelurile să fie îndeplinită condiția:

$$\theta \leq 0,30 \quad (4.2)$$

(359) Prin excepție de la [\(355\)](#), prevederi particulare pentru cuantificarea efectelor de ordin II pot fi prevăzute în capitolele [5-9](#), specifice structurilor realizate din diferite materiale.

4.6 Proiectarea clădirilor

(360) Pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura principală din beton se aplică prevederile date în capitolul [5](#).

(361) Pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura principală din oțel se aplică prevederile date în capitolul [6](#).

(362) Pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura principală compozită din oțel și beton se aplică prevederile date în capitolul [7](#).

(363) Pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura principală din zidărie se aplică prevederile date în capitolul [8](#).

(364) Pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura principală din lemn se aplică prevederile date în capitolul [9](#).

(365) Pentru proiectarea seismică a componentelor nestructurale se aplică prevederile date în [10](#)

(366) Pentru proiectarea seismică a clădirilor echipate cu dispozitive seismice se aplică prevederile date în capitolul [11](#).

5 Structuri de beton armat

5.1 Generalități

5.1.1 Obiect și domeniu de aplicare

(367) Acest capitol conține prevederi pentru proiectarea la acțiunea seismică a clădirilor cu structura principală din beton armat, executate din beton monolit, prefabricat sau parțial monolit – parțial prefabricat, fără precomprimare, numite în continuare structuri de beton armat.

(368) Prevederile din acest capitol se aplică și pentru componentele structurale principale realizate din beton precomprimat, fără precomprimare în zonele critice.

(369) Pentru proiectarea structurilor de beton armat la alte tipuri de acțiuni decât cea seismică se utilizează reglementările tehnice specifice și standardele SR EN 1992-1-1 și SR EN 1992-1-2.

5.1.2 Definiții

(370) Termenii specifici acestui capitol sunt:

Cadru: subansamblu structural alcătuit din grinzi și stâlpi conectați rigid în noduri (noduri care restricționează rotirea relativă a grinzilor și stâlpilor în secțiunile învecinate nodului). În sensul acestei definiții, stâlpii au axul longitudinal vertical sau, dacă există abateri, unghiul format de axul stâlpului cu verticala este mai mic de 0,10 rad.

Grindă: componentă structurală din beton armat, sollicitată preponderent la moment încovoietor și forță tăietoare, la care efortul axial mediu normalizat este mai mic decât 0,10, având raportul dintre deschidere și înălțimea secțiunii transversale mai mare decât 3.

Stâlp: componentă structurală verticală sau aproximativ verticală care susține încărcări gravitaționale preponderent prin compresiune axială, având raportul dintre înălțimea liberă și înălțimea secțiunii transversale mai mare decât 2, pe ambele direcții orizontale.

Perete: componentă structurală verticală, cu raportul dimensiunilor laturilor secțiunii transversale $l_w/b_{w0} \geq 4$.

Perete ductil: perete cu rotirea restricționată la bază, dimensionat și alcătuit pentru a disipa energie prin deformații plastice de încovoiere în zona critică de la baza lui.

Perete scurt: perete la care deschiderea normalizată de forță tăietoare este mai mică decât 2.

Perete izolat: perete conectat de restul structurii prin elemente orizontale, plăci sau grinzi, cu rigiditate și rezistență mică la încovoiere.

Perete cuplat: perete, parte dintr-un ansamblu de elemente verticale de care acesta este conectat prin grinzi ductile, dispuse regulat, astfel încât cuplul forțelor axiale care se dezvoltă în elementele verticale ca urmare a acțiunilor orizontale este mai mare sau egal cu 30% din momentul de răsturnare al ansamblului, în faza de mecanism plastic, pe direcția de calcul.

Sistem structural tip pereți: sistem structural la care acțiunile orizontale sunt preluate de pereți, cuplați sau izolați, contribuția pereților la preluarea forței tăietoare la nivelul secțiunii de încastrare convențională fiind mai mare decât 75% din forța tăietoare de bază.

Sistem structural de tip pereți, cu pereți izolați: sistem structural la care acțiunile orizontale sunt preluate de pereți izolați, contribuția pereților la preluarea forței tăietoare la nivelul secțiunii de încastrare convențională fiind mai mare decât 75% din forța tăietoare de bază.

Sistem structural de tip pereți, cu pereți cuplați: sistem structural la care acțiunile orizontale sunt preluate de pereți cuplați, contribuția pereților la preluarea forței tăietoare la nivelul secțiunii de încastrare convențională fiind mai mare decât 75% din forța tăietoare de bază.

Sistem structural tip cadru: sistem structural la care acțiunile verticale și orizontale sunt preluate în principal de cadre.

Sistem structural dual: sistem structural la care acțiunile orizontale sunt preluate parțial de cadre și parțial de pereți structurali, individuali sau cuplați.

Sistem structural dual cu pereți predominanți: sistem structural dual în care contribuția pereților la preluarea forței tăietoare la baza clădirii este mai mare decât 50% din forța tăietoare de bază, iar cadrele preiau cel puțin 25% din momentul de răsturnare de ansamblu la nivelul secțiunii de încastrare convențională.

Sistem structural dual cu cadre predominante: sistem dual în care contribuția cadrelor la preluarea forței tăietoare, la baza clădirii, depășește 50% din forța tăietoare de bază.

Structură flexibilă la torsiune: structură cu rigiditate și rezistență insuficientă la torsiune de ansamblu.

Sistem tip pendul inversat: sistem structural principal în care peste 50% din masă este concentrată în treimea superioară a structurii sau la care disiparea de energie se realizează în principal la baza unui singur element al clădirii.

Sistem structural cu stâlpi în consolă: sistem structural principal alcătuit din stâlpi așezați în direcție verticală, cu schema statică de consolă sub acțiuni orizontale, și diafragme orizontale.

Nod: Zona de legătura dintre stâlpii și grinzile structurilor, cuprinsă între secțiunile transversale de la capetele acestor elemente care o delimitează.

Nod de capăt: nodul în care intră o singură grindă în direcția de calcul.

5.2 Principii de proiectare

5.2.1 Clase de ductilitate

(371) Clădirile cu structura de beton armat se proiectează pentru una dintre cele trei clase de ductilitate definite la [4.1.2](#).

(372) Structurile de beton armat proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se realizează astfel încât să aibă capacitate adecvată și stabilă de disipare de energie în regim de solicitare ciclică, fără reducerea semnificativă a rezistenței la forțe orizontale și verticale.

(373) Clădirile situate în zone cu seismicitate moderată sau mare se proiectează pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM.

(374) Prin excepție de la (373), în zonele cu seismicitate moderată sau mare se pot proiecta clădiri pentru clasa de ductilitate DCL dacă capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, este mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$), indiferent de amplasament, atunci când îndeplinirea criteriilor de proiectare specifice clasei de ductilitate DCH sau DCM nu este posibilă.

(375) Structurile principale se proiectează seismic pentru clasa de ductilitate DCL pe baza prevederilor din capitolele 1, 2, 3 și 4 din această reglementare tehnică și a prevederilor din SR EN 1992-1-1, împreună cu prevederile indicate explicit pentru această clasă de ductilitate din acest capitol.

5.2.2 Tipuri de structuri

(376) Clădirile cu structura de beton armat proiectate la acțiuni seismice au sistemul structural principal de tipul:

- (oooooo) sistem structural de tip cadru;
- (pppppp) sistem structural de tip pereți, cu pereți izolați;
- (qqqqqq) sistem structural de tip pereți, cu pereți cuplați;
- (rrrrrr) sistem structural de tip dual cu pereți predominanți;
- (ssssss) sistem structural de tip dual cu cadre predominante;
- (tttttt) sistem structural de tip pendul inversat;
- (uuuuuu) sistem structural cu stâlpi în consolă.

(377) Prin excepție, o clădire cu structura de beton armat care nu se încadrează în tipurile structurale indicate la (376) se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL astfel încât capacitatea sa de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, să fie mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$).

(378) Clădirile cu structura de beton armat pot avea sisteme structurale de tipuri diferite pe cele două direcții principale orizontale ortogonale. În proiectarea lor se utilizează regulile de proiectare specifice fiecărui tip de sistem structural, pe direcția corespunzătoare.

(379) Dacă în lungul unei direcții principale orizontale, clădirea are un sistem structural principal alcătuit din două tipuri, la proiectarea structurii pe această direcție se utilizează valoarea cea mai mică a factorului de comportare corespunzătoare celor două tipuri de structuri.

(380) Prin excepție de la (378), pentru clădirile de beton armat având structură cu flexibilitate mare la torsiune, conform 4.2.3 (147), se folosește același tip de sistem structural pe cele două direcții orizontale ortogonale.

(381) Pe fiecare direcție orizontală principală, sistemul structural principal se alcătuiește dintr-un singur tip în direcție verticală. Pot face excepție, unul sau două niveluri de la partea de sus a clădirilor multietajate dacă înălțimea totală a acestor niveluri este mai mică decât 10% din înălțimea clădirii măsurată deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(382) La configurarea structurilor principale cu pereți de beton armat, se poate considera că zonele de capăt ale pereților de beton armat formează cadre plane împreună cu grinzile orientate perpendicular pe planul pereților numai dacă:

(vvvvvv) zonele de capăt îndeplinesc prevederile specifice pentru stâlpi date în această reglementare tehnică;

și

(wwwww) zonele de intersecție dintre grinzi și zonele de capăt ale pereților îndeplinesc prevederile specifice pentru noduri grindă-stâlp date în această reglementare tehnică.

(383) Structurile parter, cu stâlpi în consolă și grinzi articulate, la care efortul axial de compresiune mediu normalizat în stâlpi este mai mic decât 0,20, la care capetele de la partea de sus ale stâlpilor sunt conectate prin intermediul unui planșeu cu comportare de diafragmă orizontală rigidă, se proiectează pe baza unor prevederi specifice. Învelitoarea din tablă de oțel de diferite tipuri nu este componentă structurală principală și nu îndeplinește rolul de diafragmă orizontală.

(384) Structurile definite la (376) se realizează numai din componente structurale principale din beton armat neprecomprimat. Prin excepție, pot fi utilizate:

(xxxxxx) plăci precomprimate, care îndeplinesc rolul de diafragmă orizontală;

(yyyyyy) grinzi precomprimate, la clădirile cu cel mult două niveluri supraterane, dacă precomprimarea este aplicată în afara zonelor critice ale acestora și brațul de pârghie al forței tăietoare din acțiunea seismică de proiectare este mai mare sau egal cu 5,00 m.

(385) Structurile alcătuite din plăci, stâlpi și pereți care sunt dispuși localizat, într-o zonă a clădirii, fără cadre perimetrale (structură cu nucleu de pereți și planșee dală), se încadrează în categoria structurilor cu flexibilitate mare la torsiune.

(386) La clădirile situate în zone cu seismicitate moderată sau mare nu este permisă utilizarea sistemelor structurale alcătuite din plăci, stâlpi și pereți dispuși localizat într-o zonă a clădirii, fără cadre perimetrale.

(387) În interpretarea prevederilor de la (385) și (386), se consideră că pereții sunt dispuși localizat dacă în plan orizontal, pentru oricare direcție ortogonală principală, aria înfășurătoarei poligonale convexe a tuturor pereților dispuși paralel cu direcția respectivă este mai mică decât 50% din aria de nivel.

(388) Sistemele structurale principale realizate din stâlpi și plăci nu sunt permise.

(389) Sistemele structurale principale ale clădirilor se încadrează în tipurile indicate la 5.2.2, (376) numai dacă sunt respectate următoarele condiții:

(zzzzzz) structurile sunt realizate în acord cu definiția tipului de sistem structural dată la 5.1.2, (370);

(aaaaaa) stâlpii, grinzile și nodurile sistemelor structurale tip cadru îndeplinesc prevederile specifice din această reglementare tehnică și din reglementarea tehnică NP 007;

(bbbbbb) pereții și grinzile de cuplare ale sistemelor structurale tip pereți, duale sau tip pendul inversat îndeplinesc prevederile specifice din această reglementare tehnică și prevederile din reglementarea tehnică CR2-1-1.1;

(ccccccc) stâlpii, grinzile și nodurile sistemelor duale sau tip pendul inversat îndeplinesc prevederile specifice din această reglementare tehnică;

(ddddddd) stâlpii sistemelor structurale cu stâlpi în consolă îndeplinesc prevederile specifice din această reglementare tehnică.

(390) Structurile principale care nu îndeplinesc prevederea [\(389\)](#), se pot proiecta seismic conform prevederii [5.2.1](#), [\(377\)](#).

(391) Toate componentele structurale principale, indiferent de tipul sistemului structural, se proiectează pentru aceeași clasă de ductilitate.

5.2.3 Mecanismul plastic optim

(392) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, răspunsul seismic favorabil la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime este condiționat de formarea unui mecanism plastic optim cu capacitate adecvată de disipare a energiei indusă de acțiunea seismică orizontală.

(393) Structura se alcătuiește astfel încât deformațiile plastice ale componentelor structurale principale să se producă datorită depășirii deformației specifice de curgere a armăturilor longitudinale întinse ca urmare a încovoierii componentelor structurale, cu sau fără forță axială.

(394) La sistemele structurale tip cadru, mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea zonelor plastice la capetele grinzilor și la baza stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(395) La sistemele structurale tip pereți, mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea zonelor plastice la baza pereților, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, și în grinzile de cuplare, dacă există.

(396) La sistemele structurale duale, mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea zonelor plastice la baza pereților și a stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, în grinzile de cuplare, dacă există, și la capetele grinzilor de cadru.

(397) La sistemele structurale tip pendul inversat, mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea de articulații plastice la baza elementelor structurale verticale, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(398) La sistemele structurale cu stâlpi în consolă, mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea articulațiilor plastice la baza stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(399) Pentru controlul dezvoltării mecanismului plastic, proiectarea se realizează în acord cu principiile metodei ierarhizării capacităților de rezistență - metoda de proiectare la capacitate.

(400) Infrastructurile și fundații se proiectează astfel încât să răspundă în domeniul elastic la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime.

(401) Prin excepție de la [\(400\)](#), în situații de proiectare în care nu poate fi asigurat un răspuns elastic al tuturor elementelor infrastructurii, se admit deformații plastice din încovoieri ale acestor elemente dacă este asigurat accesul pentru inspecție și reparație după cutremur. La stabilirea configurației mecanismului plastic se ține seama de deformația plastică a acestor elemente.

Notă: Elementele infrastructurii care sunt în contact direct cu terenul pe una sau mai multe laturi nu îndeplinesc condiția privind asigurarea accesului pentru inspecție și reparație.

5.2.4 Factori de comportare

5.2.4.1 Starea limită ultimă

(402) Factorul de comportare se alege în funcție de capacitatea structurii de disipare a energiei induse de cutremur. Valorile maxime ale factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru verificări la starea limită ultimă se aleg conform prevederilor din [Tabelul 5.1](#), cu excepțiile prevăzute la [5.2.1](#), [\(374\)](#) și [\(377\)](#).

Tabelul 5.1 Valori maxime ale factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale

Tipul sistemului structural	Valoarea maximă a factorului de comportare		
	Clasa de ductilitate		
	DCH	DCM	DCL
Sistem structural de tip cadru	$4,50\alpha_w/\alpha_1$	$3,00\alpha_w/\alpha_1$	1,50
Sistem structural de tip pereți, cu pereți izolați	$3,50\alpha_w/\alpha_1$	$3,00\alpha_w/\alpha_1$	1,50
Sistem structural de tip pereți, cu pereți cuplați	$4,00\alpha_w/\alpha_1$	$3,00\alpha_w/\alpha_1$	1,50
Sistem structural dual cu pereți predominanți	$4,50\alpha_w/\alpha_1$	$3,00\alpha_w/\alpha_1$	1,50
Sistem structural dual cu cadre predominante	$4,50\alpha_w/\alpha_1$	$3,00\alpha_w/\alpha_1$	1,50
Sistem structural de tip pendul inversat	2,00	1,50	1,00
Sistem structural cu stâlpi în consolă*	2,50	2,00	1,00
Sistem structural cu stâlpi în consolă și acoperiș cu comportare de diafragmă rigidă, cu un singur nivel, la care efortul axial mediu de compresiune normalizat în stâlpi este mai mic decât 0,20	3,50	3,00	1,00

* Notă: Acesta este cazul structurilor halelor parter cu grinzi articulate la care planșeul este realizat fără un sistem de contravântuiri așezate în plan orizontal capabile să împiedice deplasările relative dintre capetele superioare ale stâlpilor, ținând seama de caracterul asincron al excitației seismice la baza acestora.

(403) Prin excepție de la [\(402\)](#), în cazul structurilor care se încadrează în tipurile indicate la:

(eeeeeee) [5.2.2](#), [\(376\)](#), [\(ooooooo\)](#) - [\(sssssss\)](#)

sau

(fffff) 5.2.2, (376), (uuuuuu), având un singur nivel, la care efortul axial mediu de compresiune normalizat în stâlpi este mai mic decât 0,20,

care au flexibilitate mare la torsiune conform prevederii de la 4.5.1.1, (276) sau 4.2.3, (147) valorile maxime ale factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale se aleg conform prevederilor din Tabelul 5.2.

Tabelul 5.2 Valori maxime ale factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru sisteme structurale cu flexibilitate mare la torsiune

Tipul sistemului structural	Valoarea maximă a factorului de comportare		
	DCH	DCM	DCL
Sistem structural cu flexibilitate mare la torsiune	2,50	2,00	1,00

(404) Valoarea raportului dintre capacitatea de rezistență la forțe orizontale a structurii și forța orizontală corespunzătoare producerii primei deformații plastice într-o componentă structurală principală, α_u/α_1 , se limitează superior și inferior conform relației:

$$1,0 \leq \alpha_u/\alpha_1 \leq 1,35 \quad (5.2)$$

(405) Valoarea raportului α_u/α_1 , pentru clădiri din clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur se determină conform prevederilor din Tabelul 5.1 sau prin calcul static neliniar, cu limitarea indicată la (404).

Tabelul 5.1 Valori ale raportului α_u/α_1 pentru utilizare în cazul clădirilor din clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur

Tipul sistemului structural	α_u/α_1
Sistem structural de tip cadru sau dual cu cadre predominante	
Clădiri cu un singur nivel	1,10
Clădiri cu mai multe niveluri și cu o singură deschidere:	1,20
Clădiri cu mai multe niveluri și mai multe deschideri	1,30
Sistem structural de tip pereți sau sistem structural dual cu pereți predominanți	
Sistem structural tip pereți izolați cu maxim doi pereți dispuși pe direcția ortogonală considerată	1,00
Sistem structural tip pereți izolați cu mai mult de doi pereți dispuși pe direcția ortogonală considerată	1,10
Sistem structural de tip pereți, cu pereți cuplați, sistem structural dual cu pereți predominanți	1,20

(406) Pentru clădirile din clasa de importanță și expunere la cutremur I sau a II-a, valoarea raportului α_w/α_1 se determină prin calcul static nelinier, cu limitarea indicată la (404). În cazul în care raportul α_w/α_1 nu se determină prin calcul static nelinier acesta se consideră egal cu 1,00.

(407) În cazul structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH care au în alcătuire pereți de beton armat, valoarea maximă a factorului de comportare se multiplică cu factorul k_w care exprimă efectul proporțiilor pereților asupra capacității lor de deformare plastică:

$$\begin{aligned} k_w &= 1 && \text{dacă } \alpha_0 \geq 2 \\ k_w &= (1 + \alpha_0)/3 \geq 0,50 && \text{dacă } \alpha_0 < 2 \end{aligned} \quad (5.3)$$

unde:

α_0 raportul predominant dintre înălțimea pereților și lungimea inimii acestora, pentru structură în ansamblul ei.

Dacă raportul laturilor h_{wi}/l_{wi} nu diferă semnificativ de la un perete la altul, α_0 se poate calcula cu relația:

$$\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi} \quad (5.4)$$

unde:

h_{wi} înălțimea fiecărui perete „i”;

l_{wi} lungimea secțiunii transversale a fiecărui perete „i”, măsurată pe direcția de calcul.

Dacă raportul laturilor h_{wi}/l_{wi} diferă semnificativ de la un perete la altul, la determinarea factorului k_w se utilizează valoarea minimă a factorului α_0 stabilit pentru fiecare perete în parte, pe direcția considerată a acțiunii seismice.

În aplicarea acestei prevederi se consideră numai pereții de beton armat paraleli cu direcția de calcul.

(408) În cazul unei clădiri neregulate, valoarea maximă a factorului de comportare se reduce conform prevederilor de la 4.5.1.1.

(409) La determinarea valorilor spectrului redus pentru oricare direcție orizontală de calcul se utilizează o valoare unică a factorului de comportare. În cazul clădirilor cu structura de beton armat care au sisteme structurale de tipuri diferite pe două direcții orizontale, valoarea maximă a factorului de comportare este egală cu minimul valorilor corespunzătoare celor două tipuri de sisteme structurale.

(410) Clădirile cu structurile principale de tipul indicat la 5.2.2, (376), (oooooo) - (uuuuuu), care au pereți nestructurali interiori și/sau exteriori realizați din zidărie și/sau beton se proiectează considerând o valoare maximă a factorului de comportare redusă cu 20% față de valoarea maximă rezultată din aplicarea prevederilor acestui paragraf, pentru tipul sistemului structural utilizat.

(411) Structurile principale de tipul indicat la 5.2.2, (376), (oooooo) - (tttttt), care sunt realizate, integral sau parțial, din grinzi, stâlpi sau pereți prefabricați, se proiectează considerând o valoare maximă a factorului de comportare redusă cu 30% față de valoarea maximă rezultată din aplicarea prevederilor acestui paragraf, pentru tipul sistemului structural utilizat.

(412) Valoarea maximă a factorului de comportare rezultat din aplicarea prevederilor acestui paragraf se limitează inferior la 1,00.

5.2.4.2 Starea limită de serviciu

(413) Valoarea maximă a factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru verificări la starea limită de serviciu este egală cu 1,50, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, și 1,00, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL.

5.2.5 Efecte locale cauzate de interacțiunea cu componentele nestructurale

(414) Componentele structurale principale se proiectează astfel încât să îndeplinească criteriile de proiectare seismică de la 5.3 în situația încărcării cu forțele de legătură cu componentele nestructurale.

(415) Prin stabilirea poziției și alcătuirii componentelor nestructurale de tipul panourilor rigide și rezistente la acțiuni în planul lor, înrămate de către componentele structurale principale, cum sunt pereții de zidărie înrămați, se evită:

(ggggggg) introducerea de neregularități structurale în plan orizontal sau în plan vertical;

(hhhhhhh) formarea efectului de grindă scurtă sau stâlp scurt în componentele structurale adiacente.

(416) Pereții din zidărie înrămată se cuprind în modelul de calcul al structurii dacă sunt realizați ca panouri pline sau panouri cu un gol de ușă sau fereastră pentru care se poate identifica un sistem de diagonale comprimate care transmit eforturile la componentele structurale perimetrale.

(417) La structurile în cadre, la calculul structurii se consideră efectele nefavorabile posibile ale interacțiunii cu panourile de zidărie înrămată privind:

(iiiiiii) modificarea regularității structurale în plan orizontal și/sau vertical;

(jjjjjjj) modificarea efectelor acțiunii seismice ca urmare a creșterii momentului de torsiune de ansamblu cauzat de modificarea poziției centrului de rigiditate în raport cu centrul de masă;

(kkkkkkk) modificarea schemei geometrice de calcul a structurii prin modificarea lungimilor și/sau a condițiilor de rezemare ale componentelor structurale;

(lllllll) modificarea proprietăților dinamice ale clădirii;

(mmmmmmm) apariția de eforturi locale cauzate de interacțiunea dintre cadru și panou, în particular la nodurile cadrului și la colțurile panoului.

(418) În proiectarea structurii principale nu se ține seama de efectele favorabile posibile datorate prezenței panourilor de zidărie înrămată.

(419) Valorile de proiectare ale forțelor care acționează în planul panourilor de zidărie înrămată în cadre se calculează considerând ansamblul format din cadru și panourile din zidărie modelat ca un sistem triunghiular, cu diagonale articulate la capete. Lățimea activă a diagonalei panoului de zidărie, d_p , se stabilește cu relația:

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad d_p = 0,1 D_p \quad (5.1)$$

unde:

D_p lungimea diagonalei panoului din zidărie.

(420) În cazul sistemului structural cu stâlpi în consolă, cu sau fără diafragmă rigidă la acțiuni în planul său, nu se dispun pereți nestructurali de compartimentare sau închidere realizați din beton sau zidărie, în contact direct cu stâlpii astfel încât să restricționeze oscilația acestora. În cazul utilizării unor astfel de componente nestructurale, acestea se izolează de structura principală prin rosturi suficient de mari pentru a permite oscilația liberă a stâlpilor paralel cu planul pereților și se proiectează pentru evitarea pierderii stabilității proprii sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

5.2.6 Fundații și infrastructuri

(421) La proiectarea infrastructurilor și fundațiilor se aplică prevederile reglementărilor tehnice specifice împreună cu prevederile suplimentare date în acest capitol.

(422) Structurile principale de beton armat se realizează având în componență sisteme de fundare de tipul:

(nnnnnnn) fundații de suprafață, conform accepțiunii din reglementarea tehnică NP 112;

sau

(ooooooo) fundații pe piloți, conform accepțiunii din reglementarea tehnică NP 123.

Notă: Prin denumirea generică de „piloți” se înțelege și „barete” dacă acestea îndeplinesc condițiile date în reglementarea tehnică NP 123.

(423) Componentele fundațiilor și/sau infrastructurilor care asigură echilibrarea eforturilor generate de acțiunea seismică se proiectează ca componente structurale principale.

(424) Prin excepție de la prevederile reglementării tehnice „Normativ privind proiectarea fundațiilor de suprafață”, indicativ NP 112, paragraful I.6.1.1., alin. 3.2, în cazul clădirilor cu un singur nivel fundația se dimensionează astfel încât aria comprimată a bazei fundației în gruparea seismică să fie mai mare sau egală cu 0,50 din aria totală a bazei fundației. În cazul aplicării acestei excepții, efectele acțiunilor la baza fundației se determină considerând interacțiunea teren-structură.

(425) Prevederi suplimentare privind proiectarea infrastructurilor și fundațiilor pentru construcții cu pereți de beton armat sunt date în reglementare tehnică CR 2-1-1.1.

(426) Prevederi suplimentare privind proiectarea infrastructurilor și fundațiilor pentru construcții în cadre de beton armat sunt date în reglementare tehnică NP 007.

5.2.7 Structuri prefabricate

(427) La proiectarea structurilor prefabricate se utilizează prevederile reglementărilor tehnice specifice împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.

(428) Structurile prefabricate se realizează astfel încât să îndeplinească cerințele generale privind proiectarea seismică prevăzute în capitolul 4.

(429) În cazul clădirilor proiectate pentru clasele de ductilitate DCH sau DCM, continuitatea elementelor prefabricate în zonele critice se realizează numai prin îmbinări umede de beton armat sau prin procedee de îmbinare cu comportare similară cu îmbinărilor umede, demonstrată prin acord tehnic care îndeplinește prevederile de la [1.1](#), [\(14\)](#).

(430) Armătura dispusă în zonele de îmbinare dintre elementele prefabricate se proiectează pentru un răspuns exclusiv elastic la incidența acțiunii seismice de proiectare corespunzătoare stării limită ultime. Pot face excepție:

(ppppppp) armăturile verticale ale stâlpilor și pereților care se deformează plastic ca urmare a încovoierii acestora, conform configurației mecanismului plastic optim, dacă este asigurată transmiterea integrală a eforturilor sub acțiunea seismică de proiectare, fără degradarea îmbinării;

(qqqqqqq) armăturile orizontale ale grinzilor și armăturile orizontale sau înclinate ale grinzilor de cuplare care se deformează plastic ca urmare a încovoierii acestora, conform configurației mecanismului plastic optim, dacă este asigurată transmiterea integrală a eforturilor sub acțiunea seismică de proiectare, fără degradarea îmbinării.

(431) În cazul îmbinărilor dintre elementele prefabricate unde este necesară echilibrarea eforturilor de întindere din armături, prin măsurile de alcătuire a elementelor prefabricate și a îmbinărilor se realizează o comportare structurală similară cu cea a structurilor realizate monolit.

(432) Planșeul alcătuit parțial sau integral din panouri prefabricate, se realizează astfel încât să se asigure comportarea lui ca diafragmă rigidă și rezistentă în planul ei.

5.2.8 Modelare pentru calcul

(433) Pentru clădirile cu structura de beton armat, la calculul valorii de proiectare a acțiunii seismice, fracțiunea din amortizarea critică a clădirii, ξ , pentru toate modurile de vibrație, se consideră egală cu 5%:

$$\xi = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad \xi = 5\% \quad (5.1)$$

(434) Prin excepție de la [\(433\)](#), pentru calcul dinamic neliniar fracțiunea din amortizarea critică se consideră egală cu 2,5% pentru toate modurile de vibrație.

(435) Modelarea rigidității componentelor structurale se face pe baza caracteristicilor geometrice ale secțiunilor transversale brute de beton ale acestora, cu considerarea efectelor fisurării betonului.

(436) Rigiditatea la încovoiere pentru pereți, grinzi lungi, grinzi de cuplare, stâlpi și plăci de beton armat se consideră egală cu jumătate din valoarea corespunzătoare secțiunii transversale brute, nefisurată.

(437) Rigiditatea la forță axială în planul lor a plăcilor componente ale planșeelor se consideră egală cu 0,70 din valoarea corespunzătoare secțiunii transversale brute, nefisurată.

(438) Prin excepție de la [\(436\)](#) și [\(437\)](#), la calculul eforturilor în structuri de beton armat, se pot alege valori diferite ale factorului de reducere a rigidității la încovoiere și la forță axială ca urmare a fisurării betonului, dacă acestea se determină pe baza modelelor de calcul date în SR EN 1992-1-1, pe baza alcătuirii efective a fiecărui element și a stării de eforturi așteptate.

(439) Valorile modului de elasticitate mediu al betonului, E_{cm} , pentru utilizare la modelarea structurii pentru verificarea deplasărilor orizontale conform 4.3.1.2.2 și 4.3.2.1, se stabilesc conform prevederilor SR EN 1992-1-1 și se limitează superior la valorile indicate în Tabelul 5.1.

Tabelul 5.1 Modulul de elasticitate mediu al betonului, pentru verificări ale deplasărilor orizontale

$E_{cm}(N/mm^2)$	Clasa de rezistență a betonului						
	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
	30000	31000	33000	34000	35000	36000	37000

5.3 Criterii de performanță seismică

5.3.1 Generalități

(440) Prevederile acestui paragraf se aplică structurii principale, cu rol în echilibrarea acțiunii seismice.

(441) La proiectarea seismică a structurilor de beton armat, prevederile date în acest capitol se aplică împreună cu prevederile specifice celorlalte reglementări tehnice pentru proiectarea clădirilor de beton armat, conform 5.1.1, (369).

5.3.2 Rezistență

(442) Clădirile cu structura de beton armat se realizează astfel încât să îndeplinească condiția de rezistență la acțiuni orizontale prevăzută la 4.3.1.1. (199) și (201).

(443) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență este mai mare sau egală cu valoarea de proiectare a efortului din secțiunea considerată. Această condiție este îndeplinită pentru toate componentele structurale principale, pe toată lungimea acestora.

(444) Componentele structurale principale solicitate la încovoiere, cu sau fără forță axială, și forță tăietoare se realizează astfel încât să fie îndeplinite condițiile:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \quad (5.1)$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (5.2)$$

unde

M_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere;

M_{Ed} valoarea de proiectare a momentului încovoiitor;

V_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare.

(445) În cazul componentelor structurale principale solicitate la încovoiere cu forță axială, valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoiitor se determină ținând seama de valoarea de proiectare a forței axiale. Evaluarea se face distinct pentru fiecare direcție și sens de acțiune seismică.

(446) Verificarea elementelor de beton armat la compresiune excentrică oblică poate fi făcută în mod simplificat pe fiecare direcție principală considerând valoarea capacității de rezistență la compresiune excentrică dreaptă redusă cu 30%.

(447) Componentele structurale se alcătuiesc astfel încât cedarea secțiunilor din încovoiere, cu sau fără forță axială, să nu se producă prin zdrobirea betonului comprimat înainte de curgerea armăturii longitudinale întinse. Această prevedere se aplică pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, DCM sau DCL.

(448) În cazul componentelor structurale principale solicate la forță axială centrică de compresiune, condiția de rezistență se asigură prin limitarea efortului axial normalizat conform prevederilor acestei reglementări tehnice.

(449) Stabilitatea, rezistența și rigiditatea la acțiuni seismice orizontale ale structurilor nu se asigură prin răspunsul la torsiune al componentelor structurale. Rezistența și rigiditatea la torsiune a componentelor structurale se neglijează în proiectarea seismică. Pot face excepție unele sisteme structurale de tip pendul inversat unde răspunsul la torsiune a componentelor structurale este necesar pentru asigurarea stabilității, rezistenței și rigidității la acțiuni seismice orizontale și capacitatea de rezistență la torsiune trebuie verificată explicit.

(450) Structurile principale se realizează astfel încât la fiecare nod grindă – stâlp să fie îndeplinită condiția:

$$\sum M_{Rd,c} \geq \gamma_{Rd} \sum M_{Rd,b} \quad (5.3)$$

unde:

$\sum M_{Rd,c}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere cu forță axială ale stâlpilor care intră în nod, calculate pe direcția considerată, în secțiunile învecinate nodului;

Notă: În această verificare sunt considerate valorile minime ale capacităților de rezistență la încovoiere cu forță axială ale stâlpilor, corespunzătoare variației posibile a forțelor axiale în gruparea seismică.

$\sum M_{Rd,b}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere ale grinzilor care intră în nod pe direcția considerată, în secțiunile învecinate nodului;

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță care evaluează incertitudinile din modelul de calcul al capacității de rezistență, cauzate în principal de efectul de consolidare post-elastică a oțelului:

$$\begin{aligned} \gamma_{Rd} &= 1,35 \text{ pentru DCH} \\ \gamma_{Rd} &= 1,25 \text{ pentru DCM} \end{aligned} \quad (5.4)$$

Notă: Stâlpii la care prevederea de (450) nu este îndeplinită se consideră în proiectare componente structurale secundare.

(451) Prin excepție de la (450), condiția (5.3) poate să nu fie îndeplinită la clădirile cu un singur nivel și la capătul de la partea de sus a stâlpilor de la ultimul nivel al clădirilor etajate.

(452) În cazul structurilor cu grinzi dispuse paralel cu mai multe direcții orizontale, condiția (5.3) se verifică distinct pentru fiecare dintre aceste direcții și pentru fiecare

sens de acțiune seismică în direcția considerată, ținând seama de compunerea momentelor încovoietoare din grinzi în dreptul nodului.

(453) În cazul structurilor cu grinzi dispuse paralel cu o singură direcție orizontală, condiția (5.3) se verifică pentru acea direcție, pentru fiecare dintre cele două sensuri de acțiune seismică, distinct.

(454) În condițiile menționate la (450), (452) și (453) condiția (5.3) se verifică și în cazul intersecției dintre grinzi și pereți, atunci când grinzile sunt paralele cu planul inimii pereților.

(455) Prin excepție de la (450), nu este obligatorie îndeplinirea condiției (5.3) la nodurile grindă-stâlp ale structurilor duale cu pereți predominanți, pe direcția acestora, dacă se verifică prin calcul static neliniar și/sau calcul dinamic neliniar evitarea formării unui mecanism plastic de etaj la o valoare a deplasării orizontale egală cu deplasarea cauzată de acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare Stării limită ultime multiplicată cu 1,50.

5.3.3 Ductilitate

(456) Clădirile cu structura de beton armat se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de ductilitate sub acțiunea seismică orizontală date la 4.3.1.2.

(457) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită ultimă se stabilește conform prevederilor de la 4.3.1.2.2, (212).

(458) Prin excepție (457), în cazul structurilor principale la care deasupra cotei de încastrare convențională există plăci care reazemă direct pe stâlpi, valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de ultimă, $d_{Rd,r}^{SLU}$, este egală cu $0,015h_s$, unde h_s este înălțimea totală de nivel.

(459) Factorul de amplificare al deplasărilor pentru starea limită de ultimă, c , se determină cu relația:

$$\left\{ \begin{array}{l} c = 1 + 2 \left(1 - 1,1 \frac{T_1}{T_C^{SLU}} \right) \left(\frac{\sqrt{q T_C^{SLU}}}{1,65} - 1 \right) \\ c \geq 1 \\ c \leq \frac{\sqrt{q T_C^{SLU}}}{1,65} \end{array} \right. \quad (5.1)$$

unde

T_1 perioada fundamentală de vibrație a clădirii pentru oscilații în direcția orizontală de calcul;

T_C^{SLU} perioada de colț (control) ale spectrului accelerațiilor orizontale pentru proiectare pentru verificări la SLU.

q factorul de comportare al structurii.

5.3.4 Stabilitate

(460) Clădirile de beton armat se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de stabilitate sub acțiunea seismică date la 4.3.1.3.

5.3.5 Rigiditate

(461) Clădirile de beton armat se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de rigiditate sub acțiunea seismică orizontală date la [4.3.2.1](#).

(462) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă se stabilește conform prevederilor [4.3.2.1](#), (238).

5.4 Valori de proiectare ale eforturilor

(1) Acest capitol conține prevederi privind determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor care se dezvoltă în componentele structurale principale pentru verificări de rezistență.

5.4.1 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM

(463) Valoarea de proiectare a unui efort cauzat de acțiunea seismică reprezintă valoarea maximă a aceluși efort care se dezvoltă ca urmare a incidenței acțiunii seismice de proiectare. Fac excepție zonele în care se dezvoltă deformații plastice din încovoiere, conform configurației mecanismului plastic optim, la care valoarea de proiectare a momentului încovoiator este valoarea corespunzătoare încărcării structurii cu acțiunea seismică de proiectare.

(464) Valorile de proiectare ale eforturilor care pot genera ruperi fragile ale elementelor structurale se stabilesc ținând seama de incertitudinea evaluării prin multiplicarea cu un coeficient parțial de siguranță supraunitar.

(465) La stabilirea valorilor de proiectare ale eforturilor, momentele încovoiatoare maxime care se dezvoltă în zonele plastice se determină prin multiplicarea valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere cu un coeficient parțial de siguranță.

(466) Valorile de proiectare ale eforturilor se determină prin:

(rrrrrr) transformarea eforturilor rezultate din calculul structurii efectuat printr-o metodă de calcul static liniar, pentru a cuantifica neliniaritatea răspunsului structural cauzat de acțiunea seismică de proiectare, în acord cu principiile metodei de ierarhizare a capacităților de rezistență;

sau,

(ssssss) direct, prin calcul neliniar.

(467) Determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor din componentele structurale principale, pe baza eforturilor rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul static liniar, se realizează conform prevederilor de la [5.4.1.1](#), [5.4.1.2](#), [5.4.1.3](#), [5.4.1.4](#), [5.4.1.5](#) și [5.4.1.6](#).

(468) În cazul clădirilor la care calculul structurii se efectuează printr-o metodă de calcul static liniar, la determinarea valorilor de proiectare sunt admise redistribuiri ale eforturilor între elementele structurale principale conform prevederilor de la [5.4.1.7](#).

(469) Determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor pe baza eforturilor rezultate din calculul structurii prin metoda de calcul static neliniar se realizează conform prevederilor de la [5.4.1.8](#).

5.4.1.1 Grinzi

5.4.1.1.1 Momente încovoietoare

(470) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare în zonele plastice ale grinzilor sunt egale cu valorile obținute din calculul structurii în gruparea seismică.

(471) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare în zona de răspuns elastic a grinzilor se stabilesc din echilibrul grinzii în situația formării mecanismului plastic optim, considerând și încărcările care acționează transversal pe axul grinzii din gruparea seismică.

5.4.1.1.2 Forțe tăietoare

(472) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare în grinzi se stabilesc din echilibrul grinzii în situația formării mecanismului plastic optim, considerând și încărcările care acționează transversal pe axul grinzii din gruparea seismică.

(473) Calculul valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare se face distinct pentru fiecare deschidere a grinzii și pentru fiecare sens de acțiune seismică.

(474) Valorile momentelor încovoietoare maxime care încarcă grinda la capete în situația formării mecanismului plastic, $M_{d,b}^i$, se calculează cu relația:

$$M_{d,b}^i = \gamma_{Rd} M_{Rd,b}^i \min \left(1, \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}} \right) \quad (5.1)$$

unde:

$M_{Rd,b}^i$ valoarea de proiectare a capacități de rezistență la încovoiere a grinzii la capătul i , pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

$\sum M_{Rd,b}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere ale grinzilor care intră în nodul capătului i al grinzii, pe direcția de acțiune seismică, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

$\sum M_{Rd,c}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere cu forță axială ale stâlpilor care intră în nodul învecinat capătului i al grinzii, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale, calculate considerând valorile de proiectare ale forței axiale din stâlp pentru sensul considerat al acțiunii seismice;

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației [5.3.2.1\(5.4\)](#).

(475) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare se limitează inferior la valorile corespunzătoare celor rezultate din calculul structurii în gruparea seismică, la care partea cauzată de acțiunea seismică este multiplicată cu γ_{Rd} .

5.4.1.2 Stâlpi.

5.4.1.2.1 Forțe axiale

(476) Valoarea de proiectare a forței axiale din stâlpi se determină din echilibrul stâlpului în situația formării mecanismului plastic considerând:

(tttttt) forțele tăietoare din grinzi asociate încărcării acestora cu momentele încovoietoare maxime cauzate de acțiunea seismică orizontală;

(uuuuuuu) forțele tăietoare din grinzi sau plăci din acțiuni gravitaționale din gruparea seismică de acțiuni;

(vvvvvvv) greutatea proprie a stâlpului;

(wwwwwww) alte forțe din gruparea seismică care încarcă direct stâlpul.

(477) În cazul în care, conform configurației mecanismului plastic, se dezvoltă zone plastice la ambele capete ale grinzilor și valorile de proiectare ale momentelor capabile din grinzi nu depășesc cu mai mult de 10% valorile momentelor încovoietoare rezultate din calculul structurii, în fiecare zonă plastică, valoarea de proiectare a forței axiale se poate considera egală cu valoarea forței axiale rezultată din calculul structurii în gruparea seismică.

(478) Prevederi suplimentare privind determinarea valorilor de proiectare ale forțelor axiale din stâlpi sunt date în reglementarea tehnică NP 007.

5.4.1.2.2 Momente încovoietoare

(479) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare în zonele plastice ale stâlpilor, conform configurației mecanismului plastic optim, sunt egale cu valorile momentelor încovoietoare rezultate din calculul structurii în gruparea seismică.

(480) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare din stâlpi, în zona de răspuns elastic, se stabilesc din echilibrul stâlpului în situația formării mecanismului plastic, considerând și încărcările care acționează transversal pe axul stâlpului în gruparea seismică, dacă există.

5.4.1.2.3 Forțe tăietoare

(481) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare în stâlpi se stabilesc din echilibrul stâlpului în situația formării mecanismului plastic, considerând și încărcările care acționează transversal pe axul stâlpului din gruparea seismică, dacă există.

(482) Calculul valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare din stâlpi, se face la fiecare nivel, distinct pentru fiecare sens de acțiune seismică și pentru fiecare direcție de calcul.

(483) Valorile momentelor încovoietoare maxime care încarcă stâlpul la capete în situația formării mecanismului plastic, $M_{d,c}^i$, se calculează cu relația:

$$M_{d,c}^i = \gamma_{Rd} M_{Rd,c}^i \min \left(1, \frac{\sum M_{Rd,b}}{\sum M_{Rd,c}} \right) \quad (5.1)$$

unde:

$M_{Rd,c}^i$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a stâlpului la capătul i , pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

$\sum M_{Rd,c}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere cu forță axială ale stâlpilor care intră în nodul învecinat capătului i al stâlpului considerat, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor

orizontale, calculate considerând valorile de proiectare ale forței axiale din stâlp;

$\sum M_{Rd,b}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere ale grinzilor care intră în nodul capătului i al stâlpului, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale.

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației [5.3.2.1\(5.4\)](#).

(484) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare se limitează inferior la valorile rezultate din calculul structurii în gruparea seismică, la care partea cauzată de acțiunea seismică este multiplicată cu γ_{Rd} .

(485) În cazul stâlpilor aflați în contact direct cu componente nestructurale rigide și rezistente, dacă înălțimea panoului este mai mică decât înălțimea liberă de nivel, valoarea de proiectare a forței tăietoare din stâlp se determină considerând un model de calcul cu zone plastice dezvoltate la cele două extremități ale golului.

Notă: Astfel de panouri sunt, de exemplu, parapetele de zidărie.

5.4.1.3 Noduri

(486) Acest paragraf conține prevederi privind calcul valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare care încarcă nodurile grindă – stâlp.

(487) Valoarea de proiectare a forței tăietoare din nod se stabilește din echilibrul acestuia în situația formării mecanismului plastic, în mod distinct pentru fiecare sens de acțiune seismică și pentru fiecare direcție de calcul.

(488) Valoarea de proiectare a forței tăietoare în nod poate fi stabilită cu următoarele expresii simplificate:

(xxxxxxx) pentru toate nodurile, cu excepția celor de capăt:

$$V_{Ed,j} = \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_{Ed,c} \quad (5.1)$$

(yyyyyyy) pentru noduri de capăt:

$$V_{Ed,j} = \gamma_{Rd} A_{s1} f_{yd} - V_{Ed,c} \quad (5.2)$$

unde:

A_{s1}, A_{s2} ariile armăturilor întinse de la partea superioară și, respectiv, inferioară a grinzilor care intră în nod în direcția considerată a acțiunii seismice, stabilite în funcție de sensul acțiunii seismice;

$V_{Ed,c}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare din stâlpul de deasupra nodului pentru direcția și sensul considerat al acțiunii seismice;

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației [5.3.2.1\(5.4\)](#).

5.4.1.4 Pereți și grinzi de cuplare

(2) Valorile de proiectare ale eforturilor pentru pereți și grinzi de cuplare se stabilesc conform prevederilor CR 2-1-1.1.

5.4.1.5 Diafragme

(489) Prevederile din acest paragraf se aplică la stabilirea eforturilor de proiectare în diafragmele constituite de planșeele solicitate la încărcări în planul lor median.

(490) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme sunt egale cu eforturile asociate mobilizării mecanismului plastic de ansamblu al structurii multiplicat cu un coeficient parțial de siguranță $\gamma_{Rd}=1,20$.

(491) Eforturile într-o diafragmă se stabilesc considerând echilibrul acesteia sub acțiunea forțelor orizontale și a valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare din elementele structurale verticale care încarcă diafragma în direcție orizontală.

5.4.1.6 Infrastructuri și fundații

(492) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii și fundațiilor se determină considerând echilibrul acestora sub eforturile de legătură cu suprastructura și eforturile de rezemare pe teren.

(493) La proiectarea infrastructurii și fundațiilor și la verificarea terenului de fundare se consideră valorile maxime ale eforturilor de legătură cu suprastructura, corespunzătoare situației formării mecanismului plastic optim sub acțiunea seismică de proiectare, și încărcările care acționează direct asupra acestora.

(494) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii și fundații se obțin considerând interacțiunea teren-structură.

(495) Pentru calculul eforturilor în infrastructură și fundații, în cazul clădirilor cu fundații de suprafață, rezemarea pe teren se modelează minimal prin resorturi unidirecționale solificate numai la compresiune. Rigiditatea echivalentă a resorturilor se stabilește în acord cu caracteristicile terenului de fundare pentru valori ale deformațiilor specifice ale acestuia corespunzătoare răspunsului structurii sub acțiunea seismică de proiectare, în gruparea seismică, pentru regim dinamic de încărcare.

(496) În cazul clădirilor cu fundații pe piloți, la verificarea fiecărui pilot se ține seama de valorile de proiectare ale forțelor de legătură ale acestuia cu restul structurii, corespunzătoare răspunsului de ansamblu al clădirii sub acțiunea seismică de proiectare, în gruparea seismică.

(497) Pentru calculul structural cu considerarea interacțiunii teren-structură, piloții se modelează minimal prin resorturi unidirecționale orientate în direcție verticală. Rigiditatea echivalentă a resorturilor se stabilește în acord cu caracteristicile pilotului și ale terenului pentru valori ale deplasărilor în direcție verticală corespunzătoare răspunsului structurii sub acțiunea seismică de proiectare, în gruparea seismică, pentru regim dinamic de încărcare.

(498) În cazul elementelor cu fundații izolate, valorile de proiectare ale eforturilor de la baza zonei plastice a componentelor structurale verticale, E_{Fd} , se pot determina prin transformarea valorilor eforturilor rezultate din calculul static liniar cu ecuația:

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E} \quad (5.1)$$

unde:

$E_{F,G}$ efortul secțional produs de alte acțiuni decât acțiunea seismică care sunt incluse în gruparea seismică;

$E_{F,E}$ efortul secțional rezultat din calculul la acțiunea seismică de proiectare;

Ω factor de suprarezistență la încovoiere al peretelui;

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță care ține seama de incertitudinea cuprinsă în evaluarea capacității de rezistență, care se alege conform relației [5.3.2.1\(5.4\)](#).

(499) Prevederi suplimentare privind stabilirea valorilor de proiectare ale eforturilor pentru clădiri cu structura în cadre de beton armat sunt date în reglementarea tehnică NP 007.

(500) Prevederi suplimentare privind stabilirea valorilor de proiectare ale eforturilor pentru clădiri cu structura cu pereți de beton armat sunt date în reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

5.4.1.7 Redistribuirea eforturilor

(501) Redistribuirea eforturilor rezultate din calculul structurii efectuat printr-o metodă de calcul static liniar se aplică numai dacă la modelarea structurii pentru calcul s-au considerat valorile factorilor de reducere a rigidității conform **5.2.8**, [\(436\)](#) și [\(437\)](#).

(502) Redistribuirea se realizează numai pentru elementele structurale cu răspuns ductil la acțiunea seismică. Redistribuirea se aplică exclusiv pentru partea structurii în care se formează mecanismul plastic de ansamblu.

(503) Redistribuirea eforturilor se realizează pentru:

(zzzzzzz) considerarea impactului modificării proprietăților de rigiditate ale elementelor structurale de beton armat după fisurare asupra stării de eforturi în structură;

(aaaaaaa) uniformizarea soluțiilor de alcătuire și armare;

(bbbbbbb) realizarea unei stări de eforturi asociată mobilizării mecanismului plastic care favorizează răspunsul ductil al structurii și evitarea rușilor cu caracter fragil.

(504) Redistribuirea se realizează cu respectarea condițiilor de echilibru de ansamblu și local. Momentul global de răsturnare al structurii la acțiuni orizontale se păstrează neschimbat după redistribuire.

(505) Prevederi privind redistribuirea eforturilor la structuri în cadre de beton armat sunt date în reglementarea tehnică NP 007.

(506) Prevederi privind redistribuirea eforturilor la construcții cu pereți de beton armat sunt date în reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

5.4.1.8 Metoda de calcul static neliniar

(507) Valorile de proiectare ale eforturilor se stabilesc pe baza eforturilor corespunzătoare rezultate din calculul static neliniar al structurii în ansamblu, pentru cele două moduri de distribuție a forțelor seismice date la [4.5.2](#).

(508) Verificarea capacității de rezistență a elementelor conform [5.3.2](#), [\(443\)](#), se realizează distinct pentru fiecare mod de distribuție a forței seismice.

(509) Valorile de proiectare ale eforturilor care pot determina cedări de tip ductil sunt valorile eforturilor corespunzătoare cerinței de deplasare la starea limită ultimă.

Notă: Acestea este cazul general al curgerii armăturilor longitudinale ca urmare a acțiunii momentului încovoietor (cu excepția elementelor sub-armate sau supra-armate longitudinal care pot avea cedări fragile din moment încovoietor) și al curgerii armăturilor diagonale ale grinzilor de cuplare.

(510) Valorile de proiectare ale eforturilor care pot determina cedări de tip fragil sunt valorile eforturilor corespunzătoare cerinței de deplasare la starea limită ultimă multiplicată cu 1,50.

Notă: În general, cedările de tip ductil pot fi obținute prin acțiunea momentului încovoietor, în condițiile asigurării ductilității de rotire a elementului structural, sau prin curgerea armăturilor diagonale ale grinzilor de cuplare. Toate celelalte moduri de rupere trebuie să fie considerate fragile în proiectare.

(511) Valorile de proiectare ale eforturilor din infrastructură și fundații, pentru toate elementele componente, sunt valorile eforturilor corespunzătoare cerinței de deplasare a structurii la starea limită ultimă multiplicată cu 1,50.

Notă: Această prevedere se aplică tuturor elementelor structurale situate sub secțiunea de încastrare convențională.

(512) Prin excepție de la (508), verificarea capacității de rezistență la încovoiere a componentelor structurale principale în zonele unde se produc deformațiile plastice în acord cu configurația mecanismului plastic optim, se poate realiza prin verificarea capacității de rezistență a structurii la acțiuni orizontale conform 5.3.2, (442).

Notă: În cazul efectuării calculului static neliniar, această verificare se realizează prin compararea forței F_y din legea de răspuns bi-liniară cu forța tăietoare de bază stabilită conform prevederilor cap. 4. Pentru această verificare, forța F_y se determină utilizând valorile de proiectare ale rezistențelor materialelor.

5.4.2 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL

(513) Valorile de proiectare ale eforturilor se stabilesc prin transformarea eforturilor rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar.

(514) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare și forțelor tăietoare din grinzi sunt egale cu cele rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar, în gruparea seismică.

(515) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare și forțelor axiale din stâlpi sunt egale cu cele rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar, în gruparea seismică.

(516) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare din stâlpi și noduri sunt egale cu forțele tăietoare din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar în gruparea seismică, multiplicare cu 1,20:

$$V_{Ed} = 1,2 V'_{Ed} \quad (5.1)$$

unde:

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare;

V'_{Ed} valoarea forței tăietoare rezultată din calculul structurii în gruparea seismică.

(517) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme, constituite de planșeele solicitate la încărcări paralele cu planul lor median, sunt egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar al structurii, multiplicare cu 1,20.

(518) Valorile de proiectare ale eforturilor în infrastructură și fundații sunt egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar, multiplicare cu 1,20.

(519) Prevederi privind determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor care se dezvoltă în pereți, grinzi de cuplare, diafragme orizontale, fundații și infrastructuri,

după caz, la structuri cu pereți de beton armat sunt date în reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

5.5 Capacitate de rezistență

5.5.1 Grinzi

(3) Capacitatea de rezistență la moment încovoietor și forță tăietoare a grinzilor se determină pe baza prevederilor SR EN 1992-1-1, împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

5.5.1.1 Moment încovoietor

(520) La calculul capacității de rezistență la moment încovoietor a grinzilor turnate monolit împreună cu placa se consideră toate armăturile din grindă și armăturile din placă paralele cu grinda, dispuse în zona activă de placă. Efortul unitar de întindere din armături se stabilește în funcție de lungimea de ancorare a acestora față de secțiunea de calcul.

(521) Lățimea activă de placă a grinzilor care conlucrează cu placa, în stânga și dreapta inimii, b_{eff} , se determină cu relația:

$$b_{eff} = b_w + \min \left(\frac{h_f}{2}, d_0, 0,125 l_{cl} \right) \quad (5.1)$$

unde:

b_w lățimea inimii grinzii;

b_{eff} lățimea de placă activă;

h_f grosimea plăcii;

d_0 lățimea aferentă de placă pentru grinda în discuție, rezultată din geometria planșeului, ținând seama de grinzile paralele și de marginea efectivă a plăcii;

l_{cl} deschiderea liberă a grinzii.

(522) Lățimea activă de placă a grinzilor care conlucrează cu placa, pe o singură parte a inimii, b_{eff} , se determină cu relația:

$$b_{eff} = b_w + \min \left(\frac{h_f}{2}, d_0, 0,08 l_{cl} \right) \quad (5.2)$$

unde:

b_w lățimea inimii grinzii;

b_{eff} lățimea de placă activă;

h_f grosimea plăcii;

d_0 lățimea aferentă de placă pentru grinda în discuție, rezultată din geometria planșeului, ținând seama de grinzile paralele și de marginea efectivă a plăcii;

l_{cl} deschiderea liberă a grinzii.

(523) La calculul capacității de rezistență la moment încovoietor a grinzilor care conlucrează cu plăci prefabricate integral sau parțial, contribuția armăturilor din placă plasate în interiorul zonei active se stabilește ținând seama de modul de conectare al plăcilor cu grinda.

(524) La calculul capacității de rezistență la moment încovoietor a grinzilor care conlucrează cu plăci precomprimate se ține seama de efortul de compresiune transmis grinzilor prin precomprimarea plăcilor.

5.5.1.2 Forță tăietoare

(525) În zonele critice ale grinzilor, înclinarea diagonalelor comprimate în modelul de grindă cu zăbrele se consideră egală cu 45°.

(526) În acord cu prevederea de la (525), capacitatea de rezistență la forță tăietoare a grinzilor este determinată cu relația:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}, V_{Rd,s}) \quad (5.1)$$

unde

$V_{Rd,max}$ forța tăietoare din grindă care corespunde cedării diagonalei comprimate de beton, în N;

$$V_{Rd,max} = 0,75 b_w d \sqrt{f_{cd}} \quad (5.2)$$

b_w lățimea inimii secțiunii transversale a grinzii;

d înălțimea utilă a secțiunii transversale a grinzii;

f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței betonului la compresiune, în N/mm²;

$V_{Rd,s}$ forța tăietoare din grindă care poate fi suspendată prin intermediul armăturii transversale;

$$V_{Rd,s} = 0,9 A_{sw}^{tot} f_{yd} \quad (5.3)$$

A_{sw}^{tot} aria totală a brațelor verticale ale armăturii transversale a grinzii, intersectate de o fisură înclinată la 45°;

f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului din care sunt confecționate armăturile transversale.

5.5.2 Stâlpi

5.5.2.1 Moment încovoietor și forță axială

(4) Se consideră acțiunea simultană a forței axiale și momentului încovoietor pentru fiecare combinație seismică de proiectare.

5.5.2.2 Forță tăietoare

(527) În zonele critice ale stâlpilor, înclinarea diagonalelor comprimate în modelul de grindă cu zăbrele se consideră egală cu 45°.

(528) În acord cu prevederea de la (527), capacitatea de rezistență la forță tăietoare a stâlpilor se determină cu relația:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}, V_{Rd,s}) \quad (5.1)$$

unde

$V_{Rd,max}$ forța tăietoare din stâlp care corespunde cedării diagonalei comprimate de beton, în N;

$$V_{Rd,max}=0,83 b_w d \sqrt{f_{cd}} \quad (5.2)$$

- b_c lăţimea secţiunii transversale a stâlpului;
 d înălţimea utilă a secţiunii transversale a stâlpului;
 f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenţei betonului la compresiune, în N/mm²;
 $V_{Rd,s}$ forţa tăietoare din stâlp care poate fi suspendată prin intermediul armăturii transversale;

$$V_{Rd,s}=0,9 A_{sw}^{tot} f_{yd} \quad (5.3)$$

- A_{sw}^{tot} aria totală a braţelor armăturii transversale a stâlpului paralele cu direcţia de calcul, intersectate de o fisură înclinată la 45°;
 f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a oţelului din care sunt confecţionate armăturile transversale.

5.5.3 Noduri grindă-stâlp

(529) Un nod grindă stâlp se consideră confinat prin efectul grinzilor transversale care intră în nod pe direcţie perpendiculară pe direcţia de acţiune seismică dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiţii:

(cccccccc) de la ambele feţe ale nodului, grinzile transversale se dezvoltă pe o lungime mai mare decât înălţimea secţiunii transversale a lor;

(dddddddd) lăţimea grinzilor este mai mare decât $\frac{3}{4}$ din dimensiunea secţiunii transversale a stâlpului perpendiculară pe direcţia de acţiune seismică;

(eeeeeeee) grinzile îndeplinesc condiţiile minime de armare pentru zona critică a componentelor seismice principale date în acest capitol.

La confinarea nodului participă şi grinzile transversale cu schema statică de consolă.

(530) Un nod grindă stâlp se consideră confinat prin efectul stâlpilor care intră în nod dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiţii:

(ffffffff) de la faţa superioară a nodului, stâlpul se dezvoltă pe o lungime mai mare decât înălţimea secţiunii sale transversale;

(gggggggg) stâlpul de la partea superioară îndeplineşte condiţiile minime pentru zona critică a componentelor seismice principale date în acest capitol;

(hhhhhhh) secţiunea transversală a stâlpului de deasupra nodului îndeplineşte condiţiile din această reglementare tehnică privind reducerea secţiunilor de la un nivel la altul.

La confinarea nodului participă şi extensiile stâlpilor de deasupra nodurilor.

(531) Un nod grindă stâlp se consideră confinat prin efectul grinzilor longitudinale care intră în nod pe direcţia de acţiune seismică dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiţii:

(iiiiiii) de la ambele feţe ale nodului, grinzile longitudinale se dezvoltă pe o lungime mai mare decât înălţimea secţiunii transversale a lor;

(jjjjjjj)grinzile îndeplinesc condițiile minime de armare pentru zona critică a componentelor seismice principale date în acest capitol.

La confinarea nodului participă și grinzile longitudinale cu schema statică de consolă.

(532) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare corespunzătoare zdrobiri betonului din diagonala comprimată, în N, se determină cu relațiile:

(kkkkkkkk) pentru noduri confinate prin efectul stâlpilor, al grinzilor longitudinale și transversale care intră în nod:

$$V_{Rd}=1,75 b_j h_j \sqrt{f_{cd}} \quad (5.1)$$

(llllllll)pentru noduri confinate prin efectul stâlpilor și al grinzilor longitudinale sau transversale care intră în nod sau pentru noduri confinate numai prin efectul grinzilor longitudinale și transversale care intră în nod:

$$V_{Rd}=1,25 b_j h_j \sqrt{f_{cd}} \quad (5.2)$$

(mmmmmmmm) pentru noduri confinate numai prin efectul stâlpilor, grinzilor longitudinale sau grinzilor transversale care intră în nod:

$$V_{Rd}=1,00 b_j h_j \sqrt{f_{cd}} \quad (5.3)$$

(nnnnnnnn) pentru noduri neconfinat prin efectul stâlpilor și grinzilor care intră în nod:

$$V_{Rd}=0,75 b_j h_j \sqrt{f_{cd}} \quad (5.4)$$

unde:

h_j dimensiunea secțiunii orizontale prin nod măsurată în direcția de acțiune seismică care se ia egală cu înălțimea secțiunii transversale a stâlpului;

b_j lățimea de proiectare a nodului:

$$b_j = \min(b_c; b_w + 0,5 h_j; b_w + 2e) \quad (5.5)$$

b_w lățimea minimă a inimii grinzilor aliniate cu direcția de acțiune seismică;

b_c dimensiunea secțiunii transversale a stâlpului măsurată perpendicular pe axul grinzii;

e distanța minimă pe orizontală dintre fața laterală a grinzii și fața laterală a stâlpului aflate de aceeași parte a inimii grinzii, măsurată perpendicular pe axa grinzii;

f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței betonului la compresiune, în N/mm².

5.5.4 Pereți și grinzi de cuplare

(533) Capacitatea de rezistență la moment încovoietor, cu sau fără forță axială, și capacitatea de rezistență la forță tăietoare a pereților și grinzilor de cuplare se stabilește conform reglementării tehnice CR 2-1-1.1.

5.5.5 Planșee dală

(534) Planșeele dală fără armătură transversală se proiectează astfel încât efortul unitar de străpungere în lungul perimetrului de control, generat de încărcările perpendiculare pe planul plăcii din gruparea seismică, să fie mai mic sau egal cu 0,40 din valoarea $V_{Rd,c}$ stabilită conform SR EN 1992-1-1.

(535) În cazul planșeelor dală cu armătură transversală, capacitatea de rezistență la străpungere și perimetrul de calcul, dincolo de care nu mai sunt necesare armături de străpungere, se determină conform SR EN 1992-1-1, considerând în calcul 0,40 din valoarea $V_{Rd,c}$ stabilită conform prevederilor acestui standard.

(536) În verificarea la străpungere a plăcilor armate transversal se consideră numai armăturile transversale ancorate față de poziția potențială a suprafeței de străpungere.

5.6 Capacitate de deformare

(537) Valorile admisibile ale rotirilor, θ_{Rd}^{SLU} , se determină prin calcul pe baza caracteristicilor de alcătuire și armare, conform prevederilor SR EN 1998-3, pentru Starea limită de degradare semnificativă, cu metoda bazată pe modelul de confinare din SR EN 1992-1-1.

(538) Prin excepție de la (537), pentru componentele structurale principale alcătuite conform acestei reglementări tehnice, în cazul în care rotirile cauzate de acțiunea seismică de proiectare se determină prin metoda de calcul static liniar, valorile admisibile ale rotirilor, θ_{Rd}^{SLU} , pentru verificări la starea limită ultimă, se pot stabili conform prevederilor din [Tabelul 5.1](#).

Tabelul 5.1 Valori admisibile ale rotirilor, θ_{Rd}^{SLU}

Componenta structurală principală	Valori admisibile ale rotirilor θ_{Rd}^{SLU} (rad)	
	Clasa de ductilitate	
	DCH	DCM
Grindă	3,00%	2,50%
Grindă de cuplare armate cu bare ortogonale	1,50%	1,50%
Grindă de cuplare armate cu carcase diagonale	4,00%	4,00%
Stâlp	2,50%	2,00%
Perete	1,00%	0,75%

5.7 Alcătuire și armare

(5) Componentele structurale principale se alcătuiesc astfel încât să îndeplinească prevederile de alcătuire și armare date în acest paragraf.

(6) Geometria secțiunii de beton, cantitatea de armătură longitudinală și modul de dispunere a acesteia se stabilesc coroborat astfel încât cedarea secțiunilor din încovoiere, cu sau fără forță axială, să nu se producă prin zdrobirea betonului

comprimat înainte de curgerea armăturii longitudinale întinse. Această condiție se aplică pentru grinzi, stâlpi și pereți, pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate la DCH, DCM sau DCL.

(7) Prevederile privind calitatea materialelor, alcătuirea și armarea componentelor structurale principale sunt stabilite diferențiat pentru:

(oooooooo) zone critice;

(pppppppp) zone curente.

(539) Lungimea și poziția zonelor critice ale componentelor structurale principale se stabilește diferențiat în funcție de tipul elementului, starea de solicitare și clasa de ductilitate, în acord cu prevederile acestui paragraf. Partea din element care este situată în afara zonelor critice se consideră zonă curentă.

(540) Prin excepție de la (5), în cazul grinzilor precomprimate utilizate în condițiile prevăzute la 5.2.2, (384), (yyyyyy), prevederile paragrafului 5.7 se aplică numai în zonele critice ale acestora.

5.7.1 Calitatea materialelor

5.7.1.1 Beton

(541) Valoarea caracteristică a rezistenței la compresie a betonului din componentele structurale principale îndeplinește condiția:

$$25 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCH} \quad (5.1)$$

$$20 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCM} \quad (5.2)$$

$$20 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \text{ pentru DCL} \quad (5.3)$$

(542) La alegerea calității betonului se iau în considerare și cerințele specifice privind durabilitatea date în reglementările tehnice specifice.

(543) Elementele de beton armat se realizează cu îndeplinirea prevederilor din reglementările tehnice NE 012/1 și NE 012/2.

5.7.1.2 Oțel

(544) Componentele structurale se armează cu bare de oțel cu clasa de ductilitate B sau C, conform clasificării date în SR EN 1992-1-1, astfel:

(qqqqqqqq) în zonele critice ale componentelor structurale principale proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se utilizează oțeluri de clasă C;

(rrrrrrrr) în zonele curente ale componentelor structurale principale proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM și în componentele structurale principale proiectate pentru clasa de ductilitate DCL se utilizează oțel din clasa B sau C.

(545) Valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului din componentele structurale principale îndeplinește condiția:

$$400 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yk} \leq 500 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCH și DCM} \quad (5.1)$$

$$400 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yk} \leq 600 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCL} \quad (5.2)$$

(546) Pentru componentele structurale principale ale clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, raportul dintre valoarea caracteristică efectivă a limitei de curgere a oțelului, $f_{yk,act}$, și valoarea caracteristică specificată a limitei de curgere, f_{yk} , îndeplinește condiția:

$$1,00 \leq f_{yk,act} / f_{yk} \leq 1,15 \quad (5.3)$$

unde valoarea caracteristică efectivă a limitei de curgere a oțelului este determinată prin încercări pe șarjele de la turnare.

(547) Componentele structurale principale se armează numai cu bare din oțel profilat.

(548) Prevederile date în acest paragraf nu se referă la armătura pentru precomprimare.

5.7.2 Secțiune de beton

5.7.2.1 Grinzi

(549) Înălțimea secțiunii transversale a grinzilor, h_w , îndeplinește condițiile:

$$l_{cl} / 16 \leq h_w \leq l_{cl} / 4 \text{ pentru DCH} \quad (5.1)$$

$$l_{cl} / 16 \leq h_w \leq l_{cl} / 3 \text{ pentru DCM} \quad (5.2)$$

unde l_{cl} este deschiderea liberă a grinzii.

(550) Lățimea secțiunii transversale a grinzii îndeplinește condițiile:

$$b_w \geq h_w / 3 \text{ și } b_w \geq 250 \text{ mm pentru DCH} \quad (5.3)$$

$$b_w \geq h_w / 4 \text{ și } b_w \geq 200 \text{ mm pentru DCM} \quad (5.4)$$

unde h_w este înălțimea secțiunii transversale a grinzii.

(551) În cazul nodurilor grindă-stâlp, raportul între distanța dintre axa longitudinală a grinzii și axa secțiunii transversale a stâlpului, de pe direcția axei grinzii, și lățimea secțiunii transversale a stâlpului măsurată perpendicular pe axul grinzii este mai mic sau egal cu:

(sssssss) $1/4$ pentru DCH;

(ttttttt) $1/3$ pentru DCM.

5.7.2.2 Stâlpi

(552) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, DCM sau DCL, dimensiunile laturilor secțiunii transversale ale stâlpului sunt mai mari sau egale cu 300 mm.

(553) Stâlpul se realizează astfel încât pe oricare direcție orizontală, este îndeplinită condiția:

$$\frac{l_{cl}}{h_c} \geq 2,5 \quad (5.1)$$

unde:

l_{cl} înălțimea liberă a stâlpului;

h_c înălțimea secțiunii transversale a stâlpului, care reprezintă dimensiunea secțiunii transversale măsurată în direcția de calcul.

(554) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, stâlpii se realizează cu secțiunea transversală de formă dreptunghiulară, circulară sau poligon regulat cu numărul laturilor mai mare sau egal cu 4. Această prevedere nu se aplică în cazul clădirilor cu sistem structural de tip pereți, cu pereți izolați sau cu pereți cuplați.

(555) Raportul dintre cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale a stâlpului și dimensiunea măsurată pe direcție perpendiculară mai mic sau egal cu:

(uuuuuuuu) 2,5 pentru DCH;

(vvvvvvvvv) 4,0 pentru DCM și DCL.

Cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale a stâlpului este valoarea maximă a măsurată în lungul oricărei drepte care trece prin centrul de greutate al secțiunii.

(556) Prin excepție de la (555), în cazul clădirilor cu sistem structural de tip pereți, cu pereți izolați sau cu pereți cuplați, proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, DCM sau DCL, raportul dintre cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale a stâlpului și dimensiunea măsurată pe direcție perpendiculară, în dreptul centrului de greutate al secțiunii, este mai mic sau egal cu 4,0.

(557) Pentru fiecare latură a secțiunii transversale a stâlpului, raportul dintre dimensiunea totală a secțiunii transversale măsurată perpendicular pe această latură și lungimea laturii este mai mic sau egal cu 4,0.

(558) Efortul axial mediu normalizat în oricare combinație seismică de proiectare, v_d , îndeplinește condiția:

$$v_d \leq 0,45 \text{ pentru DCH} \quad (5.2)$$

$$v_d \leq 0,50 \text{ pentru DCM} \quad (5.3)$$

$$v_d \leq 0,55 \text{ pentru DCL} \quad (5.4)$$

(559) Prin excepție de la (558), în cazul clădirilor duale cu pereți predominanți, efortul axial mediu normalizat se poate limita superior la valori cu 10% mai mari decât cele indicate la (558) dacă rotirea capabilă a stâlpului, determinată utilizând modelul de comportare al elementelor de beton armat încovoiate, este mai mare decât cerința stabilită conform 4.3.1.2.3.

(560) În cazul sistemului structural de tip cadru, sistemului structural de tip dual cu cadre predominante sau sistemului structural cu stâlpi în consolă, dacă secțiunea transversală a unui stâlp variază de la un etaj la altul, proiecția în plan orizontal a secțiunii transversale a stâlpului de la nivelul de sus este interioară, la limită tangentă, secțiunii transversale a stâlpului de la nivelul de jos.

5.7.2.3 Noduri grindă-stâlp

(561) Proiecțiile în plan orizontal ale secțiunilor transversale ale stâlpilor care concură într-un nod sunt interioare sau, la limită, tangente la perimetrul secțiunii orizontale a nodului, pe toată înălțimea acestuia.

5.7.2.4 Pereți și grinzi de cuplare

(562) Pereții și grinzile de cuplare îndeplinesc prevederile date în reglementarea tehnică CR2-1-1.1.

5.7.2.5 Diafragme

(563) Grosimea plăcilor de beton armat executate monolit care pot îndeplini rolul de diafragmă rigidă este mai mare sau egală cu 100 mm.

(564) Planșeele pot fi realizate și ca elemente mixte, din dale prefabricate cu suprabetonare, cu condiția conectării adecvate a celor două straturi de beton. În acest caz, planșeul poate îndeplini rolul de diafragmă orizontală rigidă numai dacă grosimea suprabetonării este mai mare sau egală cu 60 mm.

(565) Planșeele realizate din plăci prefabricate, fără suprabetonare, pot îndeplini rolul de diafragmă orizontală rigidă numai dacă au grosimea mai mare sau egală cu 100 mm și dacă îmbinările dintre prefabricate sunt realizate în sistem umed, prin monolitizare, și prin modul de dispunere al elementelor se poate realiza inspecția vizuală a calității monolitizării.

(566) În cazul în care planșeul situat imediat sub cota de încastrare convențională este realizat din plăci prefabricate cu suprabetonare, suprabetonarea se realizează cu grosimea minimă 100 mm.

(567) Calculul eforturilor în diafragme se face pe baza prevederilor date în reglementările specifice diferitelor tipuri de structuri și capacitatea lor de rezistență se stabilește pe baza prevederilor din SR EN 1992-1-1.

5.7.2.6 Infrastructuri și fundații

(568) Fundațiile de suprafață se realizează conform prevederilor reglementării tehnice NP 112 și prevederilor suplimentare date în acest paragraf.

(569) Fundațiile pe piloți se realizează conform prevederilor reglementării tehnice NP 123 și prevederilor suplimentare date în acest paragraf.

(570) Elementele componente ale fundațiilor care asigură rezemarea pe teren a structurii principale se solidarizează în plan orizontal printr-o diafragmă sau tiranți.

(571) În cazul fundației pe piloți cu radier general, acesta se proiectează pentru a putea asigura rolul de diafragmă orizontală.

(572) Grinzile de fundare și grinzile de echilibrare care asigură echilibrarea momentului încovoietor care se dezvoltă la partea de jos a unei componente structurale verticale sub acțiunea seismică de proiectare se realizează cu respectarea condițiilor date pentru grinzi în acest capitol.

(573) Se recomandă ca fundațiile stâlpilor de tip bloc și cuzinet sau talpă să fie legate între ele prin grinzi de echilibrare care să conlucreze cu placa care mărginește la partea de jos nivelul situat imediat deasupra secțiunii de rezemare pe teren. Grinzile de echilibrare și/sau grinzile de fundare se dispun astfel încât să asigure conectarea părții de jos a stâlpilor și/sau pereților pe două direcții orizontale ortogonale.

(574) Prin excepție de la (570), în cazul halelor parter cu grinzi articulate, se pot realiza fundații izolate, fără conectare printr-o diafragmă rigidă sau tiranți, dacă deformațiile clădirii cauzate de deplasările relative în direcție orizontală între fundații,

cauzate acțiunea seismică de proiectare, nu sunt de natură să împiedice respectarea cerințelor fundamentale ale proiectării seismice date în capitolul 2.

(575) În cazul fundațiilor stâlpilor de beton armat prefabricați realizate ca fundații izolate de tip tălpi armate sau fundații pahar la stabilirea forțelor de legătură pe talpa fundației nu se ia în considerare echilibrarea momentului sau forței tăietoare din stâlp prin intermediul eforturilor care se dezvoltă în pardoseala de la baza acestora ca urmare a frecării acesteia pe stratul suport.

(576) Componentele structurii așezate în plan orizontal de la partea de jos a stâlpilor, situate sub secțiunea de încastrare convențională, se amplasează astfel încât să se evite formarea de stâlpi scurți, care nu respectă condiția dată la 5.7.2.2, (553).

(577) În cazul clădirilor cu niveluri subterane, placa planșeului de transfer, situat imediat sub secțiunea de încastrare convențională, se realizează cu grosimea mai mare sau egală cu 150 mm.

(578) În cazul structurilor principale cu fundații pe piloți, piloții care constituie componente structurale principale se realizează cu diametrul mai mare sau egal cu 400 mm.

(579) În cazul nivelurilor subterane, pereții de subsol perimetrali din beton armat au grosimea inimii mai mare sau egală cu 200 mm.

5.7.3 Armare

5.7.3.1 Grinzi

(580) Armarea grinzilor îndeplinește condițiile date la 5.7.3.1.1 și 5.7.3.1.2 pentru zone critice și zone curente.

(581) Zonele de la extremitățile grinzilor cu lungimea $l_{cr}=1,50 h_w$, măsurate de la fața stâlpilor, precum și zonele cu această lungime, situate de o parte și de alta a unei secțiuni din câmpul grinzii, unde poate interveni curgerea în gruparea seismică, sunt zone critice.

5.7.3.1.1 Armare longitudinală

(582) Armătura longitudinală din grinzi asigură îndeplinirea condiției de rezistență la moment încovoietor și forță tăietoare, conform 5.3.2.

(583) Armătura longitudinală stabilită conform prevederilor acestui paragraf se dispune în inima grinzii.

(584) Coeficientul de armare longitudinală din zona întinsă, ρ , pe toată deschiderea grinzii, îndeplinește condiția:

$$0,5 \leq \rho \leq 0,01 \quad (5.1)$$

unde:

f_{ctm} valoarea medie a rezistenței la întindere a betonului;

f_{yk} valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului;

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} \quad (5.2)$$

A_s aria de armătură longitudinală întinsă a grinzii;

b_w lăţimea inimii grinzii;

d înălţimea utilă a secţiunii transversale a grinzii.

(585) Armăturile longitudinale întinse şi comprimate sunt dimensionate astfel încât înălţimea zonei comprimate, x_u , în stadiul ultim îndeplineşte condiţia.

$$x_u \leq 0,25 d \quad (5.3)$$

La calculul lui x_u se poate ţine seama şi de contribuţia armăturilor din zona comprimată.

(586) Grinzile sunt armate longitudinal continuu, pe toată deschiderea, astfel:

(wwwwwww) la partea de sus şi de jos a grinzilor sunt prevăzute cel puţin câte două bare cu diametrul mai mare sau egal cu 14 mm;

(xxxxxxx) cel puţin un sfert din armătura din zona întinsă a grinzilor din secţiunea de moment încovoietor maxim se dispune pe toată lungimea grinzii.

(587) Pe toată lungimea grinzii, se dispune în zona comprimată cel puţin jumătate din aria de armătură din zona întinsă.

5.7.3.1.2 Armare transversală

(588) Armătura transversală din grinzi asigură îndeplinirea condiţiei de rezistenţă la forţă tăietoare, conform 5.3.2.

(589) Pentru armarea transversală se utilizează etrieri închişi, realizaţi din bare de oţel cu diametrul mai mare sau egal cu 8 mm. Această prevedere se aplică pentru clasa de ductilitate DCH, DCM sau DCL.

(590) Armăturile transversale din zonele critice ale grinzilor se prevăd cu cârlige îndoite la un unghi de 135° , a căror lungime dreaptă este mai mare sau egală cu $10d_{bw}$, unde d_{bw} este diametrul barei de oţel din care este confecţionată armătura.

(591) Distanţa dintre capătul grinzii şi primul etrier este mai mică sau egală cu 50 mm.

(592) Distanţa dintre etrieri, în zona critică, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, îndeplineşte condiţia:

$$s \leq \min \{ h_w / 4 ; 150 \text{ mm} ; 6 d_{bL} \} \text{ pentru DCH} \quad (5.1)$$

$$s \leq \min \{ h_w / 4 ; 150 \text{ mm} ; 7 d_{bL} \} \text{ pentru DCM} \quad (5.2)$$

unde d_{bL} este diametrul minim al armăturilor longitudinale.

(593) La capătul unei grinzi, se dispun armături înclinate pe două direcţii, care fac un unghi de 45° cu axul longitudinal al grinzii, în situaţiile în care sunt îndeplinite cumulativ condiţiile:

$$\zeta = \frac{V_{Ed, \min}}{V_{Ed, \max}} \leq -0,50 \quad (5.3)$$

şi

$$\frac{\max(|V_{Ed,min}|, |V_{Ed,max}|)}{b_w d f_{ctd}} \geq 2 + \zeta \quad (5.4)$$

unde

$V_{Ed,min}$ valoarea de proiectare minimă a forței tăietoare care acționează la capătul grinzii;

$V_{Ed,max}$ valoarea de proiectare maximă a forței tăietoare care acționează la capătul grinzii;

Notă: Dacă forțele tăietoare $V_{Ed,min}$ și $V_{Ed,max}$ au semne opuse, în calculul raportului ζ semnul minus se atribuie minimului dintre valorile absolute ale celor două forțe iar semnul plus se atribuie maximului. Raportul ζ se situează între -1 și 1. $\zeta = -1$ reprezintă situația cea mai defavorabilă de solicitare, când cele două forțe tăietoare au valori absolute egale și semne contrare, $\zeta = 1$ reprezintă situația în care forța tăietoare cauzată de acțiunea seismică orizontală este nesemnificativă

(594) Armăturile înclinate dispuse conform (593) îndeplinesc condiția:

$$2 A_{si} f_{yd} \sin \alpha \geq \max(|V_{Ed,min}|, |V_{Ed,max}|) \quad (5.5)$$

unde

A_{si} aria armăturii înclinate dispuse pe una din cele două direcții și anume cea care traversează planul potențial de lunecare;

α unghiul de înclinare al armăturii A_{si} ;

f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului din care sunt confecționate armăturile înclinate.

(595) Armăturile înclinate stabilite conform (593) se dispun suplimentar față de armăturile transversale stabilite conform 5.3.2.

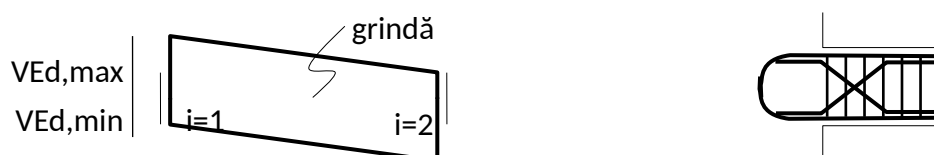


Figura 5.2 Reprezentare informativă privind semnificația mărimilor $V_{Ed,max}$ și $V_{Ed,min}$ și modul de dispunere a armăturii înclinate în zona critică a grinzilor

(596) În zonele critice ale grinzilor, la fața de sus și la fața de jos, armăturile se dispun astfel încât distanța măsurată pe orizontală dintre barele longitudinale consecutive ale grinzii aflate la colțul unui etrier sau prinse cu agrafe este mai mică de 200 mm pentru DCH și 250 mm pentru DCM.

(597) În zonele curente este dispusă o cantitate de etrieri cel puțin egală cu jumătate din cea din zona critică.

(598) În cazul grinzilor structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL distanța maximă dintre etrieri este de 300 mm.

5.7.3.2 Stâlpi

(599) Armarea stâlpilor îndeplinește condițiile date la 5.7.3.2.1 și 5.7.3.2.2 pentru zone critice și zone curente.

(600) Zonele de la extremitățile stâlpilor, la fiecare nivel, sunt considerate zone critice. Partea din element care nu este considerată zonă critică se consideră zonă curentă.

(601) Lungimea fiecărei zone critice, l_{cr} , îndeplinește condițiile:

(yyyyyyyyy) pentru zonele critice ale stâlpilor de la partea de jos a stâlpilor de la fiecare nivel:

$$l_{cr} \geq \max(1,5 h_c; l_{cl}/6; 600 \text{ mm}) \text{ pentru DCH} \quad (5.1)$$

$$l_{cr} \geq \max(h_c; l_{cl}/6; 450 \text{ mm}) \text{ pentru DCM} \quad (5.2)$$

(zzzzzzzz) pentru zonele critice ale stâlpilor de la partea de sus a stâlpilor de la fiecare nivel:

$$l_{cr} \geq \max\{h_c; l_{cl}/6; 600 \text{ mm}\} \text{ pentru DCH} \quad (5.3)$$

$$l_{cr} \geq \max\{h_c; l_{cl}/6; 450 \text{ mm}\} \text{ pentru DCM} \quad (5.4)$$

unde

h_c cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale a stâlpului;

l_{cl} înălțimea liberă a stâlpului, la nivelul considerat.

(602) Dacă la un anumit nivel $l_{cl}/h_c \leq 3$, întreaga lungime a stâlpului se consideră zonă critică.

(603) În plus față de zonele critice stabilite conform prevederilor de la (600), (601) și (602), în cazul stâlpilor care mărginesc componente nestructurale de tipul pereților de zidărie se consideră zonă critică întreaga lungime a stâlpilor dacă:

(aaaaaaaaa) peretele de zidărie este prevăzut cu un gol care este adiacent stâlpului;

sau

(bbbbbbbbb) pereții de zidărie sunt adiacenți numai pe una sau două laturi alăturate ale stâlpului.

(604) În cazul stâlpilor aflați în contact direct cu componente nestructurale rigide și rezistente, de tipul parapetelor de zidărie, zona stâlpului situată imediat deasupra și dedesubtul limitei superioare a parapetului pe o lungime egală cu l_{cr} se consideră zonă critică.

(605) În interiorul zonelor critice sunt prevăzute etrieri și agrafe care asigură ductilitatea necesară și împiedicarea flambajului local al barelor longitudinale. Armătura transversală este distribuită astfel încât să se realizeze o stare de solicitare triaxială eficientă. Condiții minime pentru a realiza aceste cerințe sunt cele date la 5.7.3.2.1 și 5.7.3.2.2.

5.7.3.2.1 Armare longitudinală

(606) Armătura longitudinală din stâlpi asigură îndeplinirea condiției de rezistență la moment încovoietor, cu sau fără forță axială, și forță tăietoare, conform 5.3.2.

(607) Coeficientul de armare longitudinală totală, ρ_t , pe toată lungimea stâlpului, îndeplinește condiția:

$$0,01 \leq \rho_t \leq 0,04 \text{ pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM} \quad (5.1)$$

$$0,008 \leq \rho_t \leq 0,04 \text{ pentru clasa de ductilitate DCL} \quad (5.2)$$

unde

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c} \quad (5.3)$$

A_{st} aria de armătură longitudinală totală din secțiunea transversală a stâlpului;

A_c aria secțiunii transversale a stâlpului.

(608) Între armăturile longitudinale din colțurile secțiunii transversale este prevăzută, pe fiecare latură, cel puțin o bară longitudinală intermediară.

(609) În cazul stâlpilor armați transversal cu fretă sau etrieri circulari se dispun minim șase bare longitudinale pe perimetru.

(610) În cazul sistemului structural de tip cadru, sistemului structural de tip dual cu cadre predominante sau sistemului structural cu stâlpi în consolă proiectat pentru clasa de ductilitate DCH, diametrul barelor de armătură se stabilește astfel încât lungimea de suprapunere a armăturilor longitudinale să fie mai mică decât $h_s/2$.

5.7.3.2.2 Armare transversală

(611) Armătura transversală din stâlpi asigură îndeplinirea condiției de rezistență la forță tăietoare, conform 5.3.2.

(612) Pentru armarea transversală se utilizează etrieri închiși, realizați din bare de oțel cu diametrul mai mare sau egal cu 8 mm. Această prevedere se aplică pentru stâlpii structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, DCM sau DCL.

(613) Armăturile transversale din zonele critice ale stâlpilor se prevăd cu cârlige îndoite la un unghi de 135° , a căror lungime dreaptă este mai mare sau egală cu $10d_{bw}$, unde d_{bw} este diametrul barei de oțel din care este confecționată armătura.

(614) În zonele critice de la baza stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, pe ambele direcții orizontale principale, armătura transversală îndeplinește condițiile:

$$\rho_w \geq 0,005 \text{ pentru DCH} \quad (5.1)$$

$$\rho_w \geq 0,0035 \text{ pentru DCM} \quad (5.2)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,12 \text{ pentru DCH} \quad (5.3)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,08 \text{ pentru DCM} \quad (5.4)$$

unde:

ρ_w coeficientul de armare transversală;

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} \quad (5.5)$$

- A_{sw} aria de armătură transversală pe direcția considerată;
- b_w dimensiunea secțiunii transversale a stâlpului perpendiculară pe direcția considerată;
- s distanța dintre etrieri;
- ω_{wd} coeficientul mecanic de armare transversală:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumul etrierilor de confinare}}{\text{volumul miezului de beton confinat}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (5.6)$$

- f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului;
- f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune a betonului.

(615) În toate zonele critice cu excepția celor menționate la (611), pe ambele direcții orizontale principale, armătura transversală îndeplinește condițiile:

$$\rho_w \geq 0,0035 \text{ pentru DCH} \quad (5.7)$$

$$\rho_w \geq 0,0025 \text{ pentru DCM} \quad (5.8)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,08 \text{ pentru DCH} \quad (5.9)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,06 \text{ pentru DCM} \quad (5.10)$$

(616) Distanța dintre etrieri în zonele critice ale stâlpului îndeplinește condițiile:

$$s \leq \min \zeta \text{ pentru DCH} \quad (5.11)$$

$$s \leq \min \zeta \text{ pentru DCM} \quad (5.12)$$

unde

- b_0 dimensiunea minimă a secțiunii utile, situată la interiorul etrierului perimetral;
- d_{bL} diametrul minim al barelor longitudinale.

(617) Distanța dintre etrieri în zona critică situată imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională îndeplinește condiția:

$$s \leq \min \zeta \quad (5.13)$$

(618) În cazul stâlpilor structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL, distanța dintre etrieri îndeplinește condiția:

$$s \leq \min \zeta \quad (5.14)$$

(619) Armătura transversală se dispune astfel încât distanța măsurată în lungul perimetrului secțiunii transversale dintre barele longitudinale ale stâlpului consecutiv aflate la colțul unui etrier sau prinse cu agrafe este mai mică de 150 mm pentru DCH și 200 mm pentru DCM.

(620) Dacă, în vederea îndeplinirii condițiilor de la (611), (614), (615), (616) și (617), se utilizează mai multe tipuri de armături transversale, cum sunt etrieri sau agrafe cu diferite configurații geometrice, condițiile de la (616) și (617) se aplică distinct pentru fiecare tip de armătură transversală în parte.

(621) La primele două niveluri ale clădirilor cu peste 5 niveluri și la primul nivel în cazul clădirilor mai joase, deasupra zonei critice situată imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, sunt prevăzuți etrieri îndesiți pe o distanță egală cu jumătate din lungimea acesteia.

(622) La stâlpii structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL, coeficientul de armare transversală este mai mare sau egal cu 0,003, pe fiecare direcție, pe o lungime egală cu dimensiunea maximă a secțiunii transversale a stâlpului, h_c , deasupra secțiunii de încastrare convențională. La celelalte niveluri coeficientul de armare transversală la partea de jos stâlpilor este mai mare sau egal cu 0,0025.

(623) În zonele curențe este prevăzută o cantitate de armătură transversală cel puțin egală cu jumătate din cea din zona critică.

(624) În cazul stâlpilor care se află în contact cu componente nestructurale de tipul pereților de zidărie care au înălțime mai mică decât înălțimea liberă a stâlpului, dacă lungimea pe care stâlpul nu este în contact cu peretele de zidărie este mai mică de $1,5h_c$, forța tăietoare cauzată de acțiunea seismică acționând paralel cu planul peretelui se preia prin armături înclinate. Acestea se dispun suplimentar față de armăturile transversale dispuse conform prevederilor (612)..(623).

5.7.3.3 Noduri grindă-stâlp

(625) Armătura verticală și orizontală din nodurile grindă-stâlp ale componentelor seismice principale îndeplinește prevederile date în acest paragraf.

(626) Armătura verticală din nodurile grindă-stâlp este cel puțin egală cu armătura longitudinală dispusă în stâlpi, în zonele critice învecinate nodului.

(627) Armătura orizontală în noduri se dispune sub formă de etrieri închiși sau agrafe așezate în plan orizontal.

(628) Armătura orizontală în nodurile grindă-stâlp este mai mare sau egală cu armătura transversală dispusă în zonele critice adiacente ale stâlpilor care intră în nod.

(629) Aria totală de armătură orizontală din nod, A_{sh} , îndeplinește condițiile:

(cccccccc) la toate nodurile cu excepția celor de capăt:

$$A_{sh} \geq 0,8 (A_{s1} + A_{s2}) (1 - 0,8 v_d) \quad (5.1)$$

unde

A_{s1} și A_{s2} ariile armăturilor întinse de la partea superioară și, respectiv, inferioară ale grinzilor care intră în nod în direcția considerată a acțiunii seismice, stabilite în funcție de sensul acțiunii seismice;

v_d valoarea de proiectare a efortului axial mediu normalizat din stâlpul de la partea de jos a nodului;

(ddddddddd) la noduri de capăt:

$$A_{sh} \geq 0,8 A_{s2} (1 - 0,8 v_d) \quad (5.2)$$

unde

A_{s2} aria armăturilor întinse ale grinzii care intră în nod în direcția considerată a acțiunii seismice, stabilite în funcție de sensul acțiunii seismice.

(630) În cazul în care pentru armarea orizontală și verticală a nodului se utilizează oțeluri de calitate diferită, cantitatea de armătură determinată conform (5.1) sau (5.2) se multiplică cu raportul f_{yd} / f_{ywd} unde f_{yd} este limita de curgere a oțelului din care sunt confecționate armăturile longitudinale ale grinzii și f_{ywd} este limita de curgere a oțelului din care sunt confecționate armăturile orizontale din nod.

(631) Aria totală de armătură orizontală din nod, A_{sh} , rezultată prin aplicarea relației (5.1) sau (5.2) este distribuită uniform pe înălțimea nodului.

(632) În cazul nodurilor exterioare armătura, A_{sh} , rezultată prin aplicarea relației (5.1) sau (5.2), este majorată cu 20%.

(633) În cazul nodurilor exterioare, armăturile longitudinale din grindă sunt întoarse în interiorul etrierilor nodului, în vecinătatea laturii opuse a acestora față de secțiunea de capăt a grinzii.

(634) Armăturile longitudinale ale grinzilor care se opresc în noduri prin îndoire au ciocul orientat către axul longitudinal al grinzii. Armăturile longitudinale ale stâlpilor care se opresc în noduri prin îndoire au ciocul orientat către axul longitudinal al stâlpului.

5.7.3.4 Pereți și grinzi de cuplare

(635) Pereții și grinzele de cuplare îndeplinesc prevederile date în reglementarea tehnică CR2-1-1.1.

5.7.3.5 Planșee dală

(636) Acest paragraf cuprinde prevederi suplimentare pentru realizarea planșeelor realizate din plăci rezemate direct pe componentele structurale verticale.

(637) Proiectarea planșeelor rezemate direct pe componentele structurale verticale se face conform prevederilor SR EN 1992-1-1. Prevederile din acest paragraf conțin condiții minimale de alcătuire care se aplică coroborat cu prevederile SR EN 1992-1-1.

(638) Placa se realizează cu grosimea mai mare sau egală cu 150 mm.

(639) Pentru toate armăturile longitudinale de la partea de jos a plăcii situate în interiorul fâșiilor de reazem se asigură continuitatea pe toată lungimea plăcii. Înnădirea armăturilor se proiectează considerând un efort de întindere egal cu valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului. Pentru fiecare direcție principală, lățimea fâșiei de reazem se calculează ca suma dintre dimensiunea secțiunii transversale a componentei structurale verticale și 25% din deschiderile libere ale plăcii, din stânga și dreapta stâlpului, perpendiculare pe direcția fâșiei.

(640) La nodurile placă-componentă structurală verticală se dispun armături longitudinale de integritate pe ambele direcții orizontale principale la partea de jos a plăcii. Pe fiecare direcție, armătura de integritate se realizează din minim două bare de diametru 14 mm. Armăturile de integritate traversează neîntrerupte nodul, la interiorul carcasei de armături a componentei structurale verticale. Prin modul de detaliere, se asigură continuitatea armăturii de integritate pe toată lungimea plăcii considerând un efort de întindere egal cu valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului. Armătura de la partea de jos a plăcii poate fi considerată armătură de integritate dacă acesta îndeplinește condițiile pentru armătura de integritate date în acest paragraf.

(641) Armăturile longitudinale de integritate se dispun astfel încât aria tuturor armăturilor de integritate care intersectează suprafața perimetrală verticală a nodului îndeplinește condiția:

$$\sum A_s \geq \frac{V_{Ed}}{2,00 \sqrt{f_{yd} f_{cd}}} \quad (5.1)$$

unde:

$\sum A_s$ aria tuturor armăturilor de integritate care intersectează suprafața perimetrală verticală a nodului;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare din placă care se echilibrează prin nodul placă-stâlp;

f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a armăturilor;

f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune a betonului.

(642) În cazul rezemării directe a plăcii pe stâlpi, în interiorul perimetrului critic de străpungere u_1 , stabilit conform prevederilor SR EN 1992-1-1, placa se realizează continuă, fără goluri.

(643) Prin excepție de la (642), se poate realiza un singur gol în interiorul perimetrului critic de străpungere, tangent la acesta sau care îl intersectează, dacă sunt îndeplinite condițiile:

$$\begin{aligned} l_g &\leq 0,25 d \\ l_g &\leq 0,10 c \end{aligned} \quad (5.2)$$

unde

l_g dimensiunea maximă a golului în plan orizontal;

d înălțimea utilă minimă a secțiunii transversale a plăcii pe perimetrul golului;

c dimensiunea minimă a secțiunii transversale a componentei structurale verticale care constituie reazem pentru placă.

(644) Marginile plăcilor se armează conform detaliului din Figura 5.2.

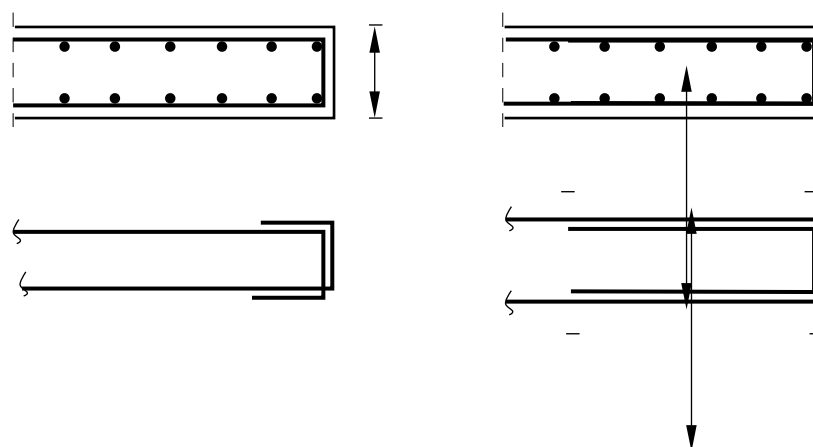


Figura 5.2 Detaliu de armare a marginilor plăcii

(645) Armarea transversală a plăcii în zona de rezemare pe componentele structurale verticale se realizează numai cu armături verticale.

(646) Zonele de placă situate în vecinătatea stâlpilor sau a zonelor de capăt ale pereților, până la o distanță egală cu $4,00d$ măsurată față de perimetrul acestora, unde d este înălțimea utilă a secțiunii transversale a plăcii, se armează transversal. Armătura transversală se stabilește astfel încât coeficientul de armare transversală, ρ_w , îndeplinește condiția:

$$\rho_w \geq 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad (5.1)$$

unde:

f_{yk} valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului din care sunt confecționate armăturile transversale;

f_{ck} valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului.

Notă: Armătura stabilită conform relației (5.1) constituie o cantitate minimă de armătură transversală care se suplimentează, după caz, astfel încât să fie îndeplinită condiția de rezistență la străpungere conform SR EN 1992-1-1.

5.7.3.6 Ancorarea și înnădirea armăturilor

(647) La proiectarea ancorajelor și înnădirilor armăturilor se aplică prevederile SR EN 1992-1-1 împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

(648) Lungimile de ancorare sau înnădire prin suprapunere se stabilesc în funcție de valoarea efortului care se dezvoltă în bară în situația formării mecanismului plastic de ansamblu al structurii.

(649) Lungimile de ancorare sau înnădire prin suprapunere se stabilesc considerând că valoarea de proiectare a efortului de întindere care se dezvoltă în armăturile longitudinale pe toată lungimea zonelor critice este egal cu $1,20f_{yd}$.

(650) Armăturile se ancorează în afara zonelor critice.

(651) Înnădirea armăturilor se recomandă să se realizeze în afara zonelor critice.

(652) Înnădirile prin suprapunere ale armăturilor longitudinale ale grinzilor se realizează în afara nodurilor, a zonelor critice ale grinzii și la o distanță mai mare de $1,5h_w$ față de secțiunile de capăt ale grinzii.

(653) În cazul sistemului structural de tip cadru, sistemului structural de tip dual cu cadre predominante sau sistemului structural cu stâlpi în consolă proiectat pentru clasa de ductilitate DCH, înnădirea prin suprapunere a barelor longitudinale ale stâlpilor se realizează în zona de mijloc a acestora, de la fiecare nivel.

(654) Lungimea de ancorare determinată conform [5.7.3.6 \(648\)](#), se limitează conform relației:

$$l_{bd} \geq 40 \varphi \quad (5.1)$$

unde φ este diametrul barei care se ancorează.

(655) Lungimea de înnădire determinată conform [5.7.3.6, \(648\)](#), se limitează inferior la valorile indicate în [Tabelul 5.1](#), unde φ este diametrul barei care se înnădește.

Pentru valori intermediare ale raportului dintre aria armăturilor înădite în secțiune și aria tuturor armăturilor se realizează interpolare liniară.

Tabelul 5.1 Valori minime ale lungimii de înădire prin suprapunere

Raportul dintre aria armăturilor înădite în secțiune și aria tuturor armăturilor	<0,25	33%	50%	>50%
Lungimea minimă de înădire prin suprapunere	40φ	45φ	55φ	60φ

Notă: În cazul elementelor încovoiate, prin aria tuturor armăturilor se înțelege aria armăturilor întinse sau comprimate dintr-o secțiune, după caz, dintre care face parte și bara care se înădește.

(656) Dacă într-o combinație seismică de proiectare, valoarea de proiectare a forței axiale dintr-un stâlp este de întindere, lungimea de ancoraj sau înădire prin suprapunere a armăturilor longitudinale stabilită conform 5.7.3.6, (648), se mărește cu 50%.

(657) Forma unei bare de armătură longitudinală ancorată într-un nod grindă-stâlp se stabilește considerând lungimea de ancorare măsurată de la distanța $5d_{bL}$ de la fața elementului în care se realizează ancorarea, în interiorul acestuia, unde d_{bL} este diametrul barei care ancorează.

(658) Barele longitudinale din grinzi care se opresc în nodurile grindă-stâlp sunt îndoite în interiorul carcasei stâlpului, în partea opusă față de secțiunea grinzii de la care se realizează ancorarea. Partea dreaptă care se dezvoltă la capătul barei, paralel cu direcția armăturilor longitudinale din stâlpi, se realizează cu lungimea mai mare sau egală cu $12d_{bL}$, unde d_{bL} este diametrul barei care ancorează.

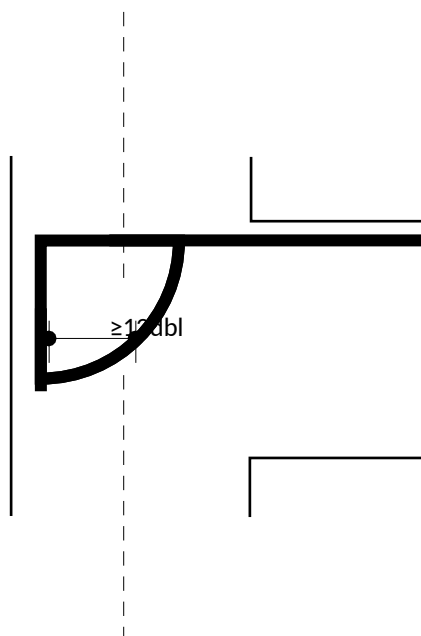


Figura 5.2 Lungimea minimă a ciocului pentru armăturile longitudinale din grinzi

(659) Lungimea de ancorare a armăturilor care se opresc în nodurile grindă-stâlp se asigură prin maxim o îndoire a acestora în interiorul nodului.

(660) Armăturile longitudinale din zona critică a stâlpilor nu se înnădesc prin suprapunere în nodurile grindă-stâlp.

(661) Diametrul armăturilor longitudinale ale grinzilor care trec prin nodurile grindă – stâlp se stabilește astfel încât să fie îndeplinite condițiile:

(eeeeeeee) în cazul nodurilor de capăt:

$$d_{bL} \leq 10 \left(1 + 0,8 v_d \right) \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} h_c \quad (5.1)$$

(ffffff) în celelalte cazuri:

$$d_{bL} \leq 10 \frac{1 + 0,8 v_d}{1 + 0,75 A_{s2} / A_{s1}} \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} h_c \quad (5.2)$$

unde

h_c dimensiunea laturii stâlpului paralelă cu barele;

A_{s2}, A_{s1} aria de armătură comprimată și, respectiv, întinsă din grinzi care traversează nodul;

f_{ctm} valoarea medie a rezistenței la întindere a betonului

f_{yd} valoarea medie a limitei de curgere a oțelului

v_d valoarea de proiectare a efortului axial mediu normalizat în stâlpi în situația de proiectare seismică.

(662) În zonele critice ale stâlpilor unde se așteaptă deformații plastice semnificative, conform configurației mecanismului plastic optim, nu se realizează înnădiri prin suprapunere. În restul zonelor critice înnădirea prin suprapunere se recomandă să fie evitată.

(663) Armăturile stâlpilor, grinzilor și pereților nu se înnădesc prin sudură pe lungimea zonelor critice ale acestor elemente.

(664) Înnădirile prin sudură se proiectează la o valoare a efortului mediu unitar din bara de oțel mai mare sau egală cu $1,25 f_{yd}$.

(665) Pentru înnădirea cap-la-cap a armăturilor cu dispozitive de cuplare se utilizează numai produse care au agrement tehnic care specifică explicit aptitudinea de utilizare în condiții de solicitare seismică, cu acțiuni dinamice aplicate ciclic, compatibile cu clasa de ductilitate utilizată la proiectarea clădirii. Pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se pot utiliza numai dispozitive de cuplare pentru care agrementul tehnic specifică că este asigurată curgerea barelor de armătură până la epuizarea capacității lor de deformare la solicitări ciclic alternante, fără cedarea îmbinării. Nu este permisă cedarea îmbinării.

(666) La clădiri etajate, în cazul în care la armarea stâlpilor și a elementelor de margine ale pereților barele de armătură longitudinală sunt înnădite prin suprapunere în zona critică de la partea inferioară a unui nivel, lungimea de înnădire l_0 se determină cu relația:

$$l_0 = 2 \sqrt{A'_s / A_s} l_{bd} \leq 1,5 l_{bd} \quad (5.3)$$

unde

A'_s/A_s raportul dintre aria armăturilor longitudinale care se înădădesc în secțiune și aria totală de armătură longitudinală;

l_{bd} lungimea de ancorare de bază calculată conform SR EN 1992-1-1.

(667) Distanța dintre armăturile transversale ale grinzilor, stâlpilor sau bulbilor pereților de beton în zonele de suprapunere a armăturilor longitudinale îndeplinește condiția:

$$s \leq \min\left(\frac{h}{4}, 100\text{mm}\right) \quad (5.4)$$

unde

h înălțimea secțiunii transversale a acestora.

(668) Aria A_{sw1} a secțiunii unei ramuri a armăturii transversale în zona de înădire îndeplinește condiția:

$$A_{sw1} \geq s \frac{d_{bL}}{50} \frac{f_{yd}}{f_{ywd}} \quad (5.5)$$

unde

f_{yd} și f_{ywd} sunt valorile de proiectare ale rezistenței la curgere a armăturilor longitudinale și transversale;

d_{bL} diametrul armăturii longitudinale care se înădește.

(669) Prevederi suplimentare privind ancorajelor și înădirilor armăturilor din grinzi și stâlpi la structuri în cadre de beton armat sunt date în reglementarea tehnică NP 007.

(670) Prevederi suplimentare privind ancorajelor și înădirilor armăturilor la pereți și grinzi de cuplare la construcții cu pereți de beton armat sunt date în reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

5.7.3.7 Infrastructuri și fundații

5.7.3.7.1 Fundații

(671) La partea de sus și la partea de jos a grinzilor de echilibrare, de fundare și a tălpilor de legătură dintre fundații se prevăd armături continue pe toată lungimea acestora.

(672) Zonele de intersecție dintre componentele structurale verticale și grinzile de fundare sau echilibrare se realizează ca noduri grindă – stâlp.

(673) Radierul se armează cu cel puțin câte o plasă de armături de oțel la partea de sus și la partea de jos. Coeficientul de armare pentru fiecare dintre aceste două plase, pe fiecare direcție, este mai mare sau egal cu 0,002.

(674) Pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, armarea transversală a piloților în zonele critice ale acestora îndeplinește prevederile pentru stâlpii din clasa de ductilitate DCM.

(675) Lungimea zonei critice a piloților îndeplinește condiția:

$$l_{cr} \geq 2d \quad (5.1)$$

unde:

d diametrul pilotului.

La proiectare se consideră cel puțin o zonă critică situată la partea de sus a pilotului.

În cazul în care pilotul traversează interfața dintre două straturi de teren cu rigidități la forfecare foarte diferite, pentru care raportul modulelor de deformație la forfecare este mai mare sau egal cu 6,00, zonele cu lungimea l_{cr} situate deasupra și dedesubtul interfeței se consideră zone critice.

5.7.3.7.2 Pereți de subsol

(676) Pereții perimetrali și interiori ai nivelurilor subterane se armează în direcție orizontală și verticală. Prin modul de realizare și dispunere se asigură continuitatea armăturilor orizontale și verticale pe toată suprafața pereților.

(677) Armătura orizontală totală distribuită în inima pereților din infrastructură corespunde unui procent de armare mai mare sau egal cu 0,30%.

(678) Distanța dintre barele orizontale distribuite în inima pereților este mai mică sau egală cu 250 mm.

(679) Armătura verticală totală distribuită în inima pereților din infrastructură corespunde unui procent de armare mai mare sau egal cu 0,30%.

(680) Distanța barele verticale distribuite în inima pereților este mai mică sau egală cu 300 mm.

5.7.3.7.3 Planșeele din infrastructură

(681) La clădiri multietajate având unul sau mai multe niveluri subterane, plăcile de peste subsoluri sunt armate longitudinal la ambele fețe cu plase continue.

(682) Cantitatea de armătură din fiecare plasă, pe fiecare din cele două direcții orizontale, corespunde unui procent de armare mai mare de 0,25 % și este mai mare de 300 mm²/m.

5.7.3.8 Alte prevederi

(8) La stabilirea distanței dintre armăturile transversale în funcție de diametrul minim al armăturilor longitudinale nu se ține seama de diametrul armăturii de suprafață dispusă pentru prevenirea separării stratului de acoperire conform prevederilor SR EN 1992-1-1.

6 Structuri de oțel

6.1 Generalități

6.1.1 Obiect și domeniu de aplicare

(683) Acest capitol conține prevederi pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura principală din oțel.

(684) La proiectarea structurilor principale din oțel se utilizează și prevederile din standardele românești din seria SR EN 1993-1, conform indicațiilor din acest capitol.

(685) Pentru proiectarea clădirilor cu structura din oțel la alte tipuri de acțiuni decât cea seismică se utilizează reglementările tehnice specifice și standardele din seria SR EN 1993-1.

6.1.2 Definiții

(686) Termenii specifici acestui capitol sunt:

Bara disipativă: element structural component al cadrului contravântuit excentric, mărginit la cel puțin unul din capete de o diagonală a contravântuirii, conformat pentru a avea o capacitate mare de deformare plastică sub acțiunea forței tăietoare și/sau a momentului încovoietor.

Cadru: subansamblu structural alcătuit din stâlpi și grinzi;

Cadru cu noduri deplasabile: cadru care sub acțiunea încărcărilor orizontale exterioare, se deformează prin deplasări orizontale și rotații ale nodurilor; cadrele necontravântuite sunt cadre cu noduri deplasabile.

Cadrul cu noduri fixe: cadru care sub acțiunea forțelor exterioare, se deformează numai prin rotirea nodurilor. În această categorie sunt acceptate cadrele care, sub acțiunea forțelor exterioare orizontale, au deplasări orizontale limitate. Structurile cu cadre contravântuite sau cadre duale pot fi considerate cu noduri fixe în cazul în care sistemele de contravântuiri verticale, pereți de forfecare sau pereți structurali de beton armat reduc deplasările orizontale cu cel puțin 80%.

Contravântuiri cu flambaj împiedicat: elemente de contravântuire la care capacitatea de rezistență la compresiune este cel puțin egală cu cea la întindere.

Grindă: componentă structurală din oțel, solicitată preponderent la moment încovoietor și forță tăietoare.

Panouri de forfecare: panouri alcătuite dintr-o inimă realizată din panouri de tablă, rigidizată sau nu, prinsă pe tot conturul cu șuruburi sau sudură în relief de elemente de bordare verticale și orizontale.

Sistem structural tip cadru necontravântuit: sistem structural la care forțele orizontale sunt preluate prin încovoierea componentelor structurale;

Sistem structural tip cadru contravântuit centric: sistem structural alcătuit din cadre prevăzute cu diagonale amplasate astfel încât axele componentelor structurale să se intersecteze în același punct. Forțele orizontale din planul cadrului sunt preluate, în principal, prin eforturi axiale în diagonale. Contravântuirile pot fi proiectate ca:

- contravântuiri cu diagonale întinse active, la care forțele orizontale sunt preluate numai de diagonalele întinse, diagonalele comprimate putând fi neglijate;
- contravântuiri cu diagonale în V, la care forțele orizontale sunt preluate atât de diagonalele întinse cât și cele comprimate, punctul de intersecție al acestor diagonale este situat pe grindă, care trebuie să fie continuă.

Sistem structural tip cadru contravântuit excentric: sistem structural tip cadru cu diagonale amplasate astfel încât axele acestora să nu se intersecteze cel puțin la unul din capete în același punct pe grindă. Forțele orizontale sunt preluate, în principal, prin forfecarea și/sau încovoierea barelor disipative.

Sistem structural tip pendul inversat: sistem structural în care peste 50% din masă este concentrată în treimea superioară a structurii sau la care disiparea de energie se realizează în principal la baza unei singure componente structurale. Structurile parter necontravântuite, cu extremitățile superioare ale stâlpilor conectate printr-un sistem cu comportare de diafragmă rigidă, nu se încadrează în această categorie dacă forțele axiale din stâlpi îndeplinesc ecuația [6.2.5.1\(6.1\)](#).

Sistem structural tip dual: sistem structural alcătuit din cadre necontravântuite și cadre contravântuite, conectate între ele prin diafragme orizontale rigide, la care cadrele necontravântuite preiau cel puțin 25% din forța orizontală.

Sistem structural tip cadru cu contravântuiri cu flambaj împiedicat: sistem structural alcătuit din cadre contravântuite cu bare cu flambaj împiedicat. Forțele orizontale sunt echilibrate prin întinderea sau compresiunea barelor cu flambaj împiedicat.

Stâlp: componentă structurală verticală sau puțin înclinată care susține încărcări gravitaționale preponderent prin compresiune axială.

Structură nedisipativă: structură care răspunde exclusiv elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

Zona potențial plastică: zonă special conformată a unui element structural în care se pot dezvoltă deformații în domeniul inelastic.

Zona disipativă: zonă potențial plastică în care prin deformații plastice ciclice se disipă energia indusă de seism.

6.2 Principii de proiectare

6.2.1 Clase de ductilitate

(687) Structurile seismice principale se proiectează seismic pentru:

(ggggggggg) comportare disipativă înaltă sau medie;

(hhhhhhhhh) comportare slab disipativă;

(iiiiiii) comportare nedisipativă.

(688) Structurile cu comportare disipativă înaltă sau medie se proiectează pentru a răspunde elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare, deformațiile plastice fiind dirijate către zonele disipative. În această abordare, clădirile se proiectează pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, cu îndeplinirea prevederilor specifice acestor clase de ductilitate date în acest capitol.

(689) Structurile cu comportare slab disipativă se proiectează pentru a răspunde elastic la acțiunea seismică de proiectare, fără a se produce incursiuni semnificative ale oțelului în domeniul plastic. Aceste structuri se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL, cu îndeplinirea prevederilor specifice acestei clase de ductilitate date în acest capitol.

(690) Clădirile cu structura de oțel se proiectează la acțiuni seismice pentru clasa de ductilitate DCH, DCM sau DCL.

(691) Clădirile situate în zone cu seismicitate moderată sau mare se proiectează pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM.

(692) Prin excepție de la (691), în zonele cu seismicitate moderată sau mare, atunci când îndeplinirea criteriilor de proiectare specifice clasei de ductilitate DCH sau DCM nu este posibilă, se pot proiecta clădiri pentru clasa de ductilitate DCL dacă capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, este mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$).

(693) Structurile care nu se încadrează în tipurile indicate 6.2.4, (376), se proiectează la acțiuni seismice pentru clasa de ductilitate DCL, astfel încât capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, să fie mai mare sau egală cu cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$).

(694) La alegerea conceptului de proiectare pentru calculul construcției la acțiuni seismice se îndeplinesc și prevederile din capitolul 4.1.2.

(695) Structurile în cadre la care contravântuirile se intersectează pe înălțimea liberă a stâlpilor se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL.

(696) Structurile principale se proiectează seismic pentru clasa de ductilitate DCL pe baza prevederilor din capitolele 1, 2, 3 și 4 din această reglementare tehnică și a prevederilor din SR EN 1993-1-1, împreună cu prevederile indicate explicit pentru această clasă de ductilitate din acest capitol.

(697) La verificarea componentelor structurale se utilizează coeficienții parțiali de siguranță pentru proiectarea seismică a componentelor structurale din oțel și îmbinările acestora γ_M prevăzuți în SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-3, SR EN 1993-1-5, SR EN 1993-1-8.

6.2.2 Clasa de secțiune

(698) Componentele structurale principale îndeplinesc prevederile specifice fiecărei clase de ductilitate în ceea ce privește clasa secțiunilor și capacitatea de deformare plastică.

(699) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH zonele disipative ale componentelor structurale principale se realizează cu secțiuni de clasa 1.

(700) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM zonele disipative ale componentelor structurale principale se realizează cu secțiuni de clasa 1 sau 2.

(701) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCL componentele structurale principale se realizează cu secțiuni de clasa 1, 2, 3 sau 4.

(702) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCL realizate din componente structurale cu secțiuni de clasă 1, 2 sau 3, valoarea maximă a factorului q se limitează superior la valoarea 1,50.

(703) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCL realizate din elemente cu secțiuni de clasă 4, valoarea maximă a factorului de comportare q se limitează superior la valoarea 1,00. Valori diferite ale factorului de comportare pot fi stabilite pe baza prevederilor unor reglementări tehnice specifice, cu limitarea superioară a acestora la 1,50.

(704) Componentele structurale principale îndeplinesc condițiile privind clasa de secțiune date în [Tabelul 6.1](#), în funcție de clasa de ductilitate a structurii și valoarea maximă a factorului de comportare.

Tabelul 6.1 Clasa de secțiune a elementelor disipative

Clasa de ductilitate a structurii	Valoarea maximă a factorului de comportare q	Clasa de secțiune	Observații
DCH	Conform 6.2.6	clasa 1	Structură cu comportare disipativă înaltă sau medie
DCM	Conform 6.2.6	clasa 1 sau 2	
DCL	$1,0 \leq q \leq 1,5$	clasa 1, 2 sau 3	Structură cu comportare slab disipativă sau nedisipativă
	$q = 1,0$	clasa 1, 2, 3 sau 4	

(705) Componentele structurale realizate din secțiuni de clasă 4 se proiectează conform SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-3 și SR EN 1993-1-5.

6.2.3 Condiții privind materialele

(706) Oțelul din componentele structurale principale îndeplinește prevederile SR EN 1993 și SR EN 10025 și prevederile suplimentare date în acest paragraf specifice proiectării seismice.

(707) Oțelul din componentele structurale care se deformează plastic îndeplinește următoarele condiții:

(jjjjjjjjj) raportul dintre rezistența la rupere, f_u , și limita de curgere, f_y , mai mare sau egal cu 1,20;

(kkkkkkkkk) deformația specifică la rupere este mai mare 17%;

(lllllllll) are palier de curgere distinct; se utilizează mărcile de oțeluri prevăzute în [Tabelul 6.1](#).

(708) Componentele structurale sau părți ale acestora realizate din tablă de grosime mai mare de 16 mm, solicitate la eforturi unitare de întindere perpendiculare pe planul tablei, se controlează ultrasonic pe toată zona astfel solicitată, conform SR EN 1993-1-10 și SR EN 10164.

Notă: Astfel de componente sunt, de exemplu, plăcile de capăt ale grinzilor sau flanșele.

(709) În cazul pieselor din alcătuirea îmbinărilor rigide grindă-stâlp solicitate la întindere perpendicular pe planul lor se efectuează încercări la tracțiune pe direcție perpendiculară pe suprafața acestora, conform SR EN ISO 6892-1. În cazul pieselor din alcătuirea îmbinărilor rigide grindă-stâlp solicitate la întindere perpendiculară pe planul lor se vor utiliza oțeluri pentru construcții cu caracteristici de deformare îmbunătățite pe direcție perpendiculară pe suprafața produsului conform SR EN 10164 sau se vor efectua încercări de tracțiune pe direcție perpendiculară pe suprafața acestora, conform SR EN ISO 6892-1, pentru evitarea cedării prin desprindere lamelară.

(710) La realizarea componentelor structurale disipative sau a zonelor disipative se folosește oțel având limita de curgere efectivă mai mică sau egală cu $\omega_{rm} f_y$, valoare care se indică explicit în proiect.

(711) Îmbinările cu șuruburi ale structurilor principale se proiectează cu șuruburi grupele de caracteristici mecanice 8.8 și 10.9.

(712) Șuruburile și tijele de ancoraj ale stâlpilor în fundații se realizează din oțel din grupele de calitate 4.6, 5.6 sau din oțel mărcile S235, S275, S355, S420 sau S460. Se pot utiliza și șuruburi sau tije cu caracteristici fizico-mecanice ale grupei de calitate 8.8 dacă sunt realizate din oțel slab aliat cu tratament termic de normalizare.

(713) Tenacitatea oțelului și a sudurilor satisface cerințele pentru acțiunea seismică la valoarea cvasi-permanentă a temperaturii de exploatare conform prevederilor SR EN 1993-1-10, pentru o valoare de proiectare a efortului unitar $\sigma_{Ed} = 0,75 f_{y(t)}$.

(714) Grosimea maximă a pereților secțiunilor elementelor structurale întinse, încovoiate sau încovoiate și întinse, se stabilește conform SR EN 1993-1-10, în funcție de marca oțelului, valoarea KV a energiei de rupere (în J) și temperatura minimă de referință, T_{Ed} .

(715) Energia de rupere KV a oțelului și a îmbinărilor sudate este mai mare sau egală cu 27J la temperatura de exploatare considerată în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică. Aceste valori se indică explicit în proiect.

(716) Pentru componentele structurale principale, clasa de calitate minimă a oțelului este corelată cu clasa de execuție a elementelor prevăzută în SR EN 1090-2, astfel:

(mmmmmmmm) pentru clasa de execuție EXC2 se utilizează oțel de clasa de calitate egală sau superioară clasei JR;

(nnnnnnnnn) pentru clasa de execuție EXC3 se utilizează oțel de clasa de calitate egală sau superioară clasei J0;

(ooooooooo) pentru clasa de execuție EXC4 se utilizează oțel de clasa de calitate egală sau superioară clasei J2.

(717) La verificările ierarhizării capacității de rezistență prevăzute în paragrafele [6.6-6.11](#), se ține seama de posibilitatea ca limita de curgere efectivă a oțelului să fie mai mare decât limita de curgere nominală, f_y , prin utilizarea factorului de suprazrezistență la curgere a oțelului ω_{rm} , stabilit conform prevederilor din [Tabelul 6.1](#).

Notă: Valoarea limitei de curgere a oțelului poate varia față de limita de curgere nominală.

Tabelul 6.1 Factorul de suprarezistență la curgere a oțelului,

ω_{rm}	
Marca oțelului	Factorul de suprarezistență, ω_{rm}
S235	1,45
S275	1,35
S355, S420	1,25
S460	1,20

6.2.4 Tipuri de structuri

(718) Clădirile cu structura de oțel proiectate la acțiuni seismice au sistemul structural principal de tipul:

(pppppppppp) sistem structural tip cadru necontravântuit;

(qqqqqqqqqq) sistem structural tip cadru contravântuit centric;

(rrrrrrrrrr) sistem structural tip cadru contravântuit excentric;

(sssssssss) sistem structural tip pendul inversat;

(ttttttttt) sistem structural tip dual;

(uuuuuuuuuu) sistem structural tip cadru cu contravântuiri cu flambaj împiedicat;

(vvvvvvvvvv) sistem structural tip cadru necontravântuit cu panouri de forfecare din oțel.

(719) Clădirile cu structura de oțel pot avea sisteme structurale diferite pe cele două direcții principale orizontale ortogonale. În proiectarea acestor structuri se utilizează regulile de proiectare specifice fiecărui sistem structural, pe direcția corespunzătoare.

(720) Prin excepție de la (719), pentru structurile de oțel cu flexibilitate mare la torsiune se folosește același tip de sistem structural pe cele două direcții ortogonale orizontale.

(721) Sistemele structurale principale ale clădirilor se încadrează în se încadrează în tipurile indicate la 6.2.4, (718), numai dacă sunt respectate următoarele condiții:

(wwwwwwwww) structurile sunt realizate în acord cu definiția tipului de sistem structural dată la 6.1.2, (686);

(xxxxxxxxx) toate componentele structurale principale, îmbinările dintre acestea și prinderile de fundații îndeplinesc prevederile specifice din această reglementare tehnică.

(722) Structurile principale care nu îndeplinesc prevederea (721), se pot proiecta seismic conform prevederii 6.2.1, (693).

(723) Toate componentele structurale principale, indiferent de tipul sistemului structural, se proiectează pentru aceeași clasă de ductilitate.

6.2.5 Mecanisme plastice

(724) Structurile din oțel proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se proiectează astfel încât să formeze următoarele tipuri de mecanisme plastice optime, la incidența acțiunii seismice de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime:

(yyyyyyyyyy) structuri tip cadru necontravântuit: mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea deformațiilor plastice la capetele grinzilor, în vecinătatea îmbinării grindă-stâlp, ca urmare a încovoierii; pentru formarea mecanismului plastic optim deformații plastice din încovoiere se pot forma și:

- la partea de jos a stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, și la partea de sus a stâlpilor de la ultimul nivel al clădirilor etajate;
- la partea de sus și la partea de jos stâlpilor clădirilor cu un singur nivel, dacă este îndeplinită condiția:

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} \leq 0,30 \quad (6.1)$$

unde

N_{Ed} valoarea de proiectare a forței axiale în stâlp în gruparea seismică;

$N_{pl,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică a secțiunii la forță axială.

(zzzzzzzzzz) structuri de tip cadru contravântuit centric: mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea deformațiilor plastice în contravântuirile diagonale care sunt solicitate la întindere sau, după caz, la întindere și compresiune;

(aaaaaaaaaa) structuri de tip cadru contravântuit excentric: mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea deformațiilor plastice în barele disipative, create prin prinderea excentrică a diagonalelor pe grindă, ca urmare a încovoierii sau forței tăietoare ciclice.

(bbbbbbbbbb) structuri de tip pendul inversat: mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea deformațiilor plastice preponderent la partea de jos a unei singure componente structurale verticale, imediat deasupra secțiunii de încastrare convenționale;

(cccccccccc) structuri duale alcătuite din cadre necontravântuite și cu cadre contravântuite, mecanismul plastic se formează distinct, corespunzător fiecărui tip de cadru;

(dddddddddd) structuri tip cadru cu contravântuiri cu flambaj împiedicat: mecanismul plastic optim se formează prin dezvoltarea deformațiilor plastice în contravântuirile cu flambaj împiedicat, prin eforturi de întindere sau compresiune.

(725) cadre necontravântuite cu panouri de forfecare din oțel: mecanismul plastic se formează în principal prin deformarea postelastice a câmpurilor diagonale de tensiune formate în inima panourilor de forfecare și apoi prin formarea de articulații plastice la capetele grinzilor de bordare a panourilor de forfecare; se admit articulații plastice la partea de jos a stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională.

6.2.6 Factori de comportare

(726) Factorul de comportare se alege în funcție de capacitatea structurii de disipare a energiei induse de cutremur. Valorile maxime ale factorului de comportare pentru diferite tipuri de structuri și clase de ductilitate sunt indicate în [Tabelul 6.1](#). Utilizarea valorilor maxime este condiționată de îndeplinirea condițiilor privind regularitatea clădirii prevăzute în capitolul 4 și a prevederilor din acest capitol de la [6.3](#) ÷ [6.10](#).

(727) Dacă clădirea este neregulată în plan orizontal sau în plan vertical, valorile factorului de comportare se reduc conform prevederilor de la 4.5.1.1 în raport cu valorile determinate conform prevederii de la (726).

(728) Pentru structurile cu flexibilitate mare la torsiune, conform definiției de la 4.2.3, valorile factorului de comportare se reduc cu 20% față de valorile stabilite conform prevederilor de la (726) și (727).

(729) Valoarea raportului dintre forța orizontală capabilă a structurii și forța orizontală corespunzătoare intrării în domeniul plastic de răspuns a primului element structural, α_u/α_1 , se determină prin calcul static neliniar și se limitează superior la 1,30.

Pentru clădirile din clasele de importanță și expunere la cutremur I sau a II-a, în cazul în care valoarea α_u/α_1 nu se determină prin calcul static neliniar aceasta se considera egală cu 1,0.

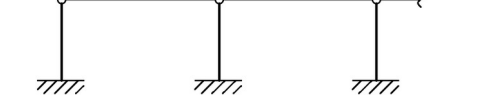
Pentru clădirile din clasele de importanță și expunere la cutremur a III-a sau a IV-a se pot utiliza valorile α_u/α_1 specificate în Tabelul 6.1, fără determinarea acestora prin calcul static neliniar.

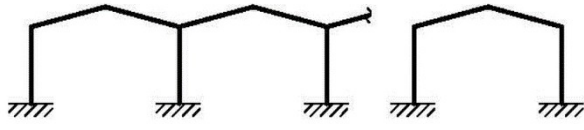
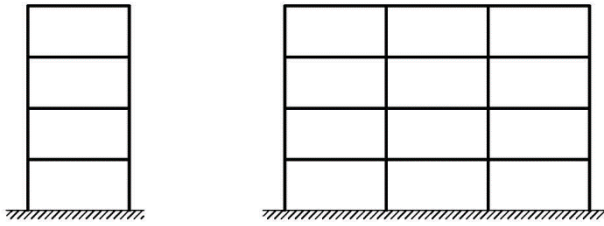
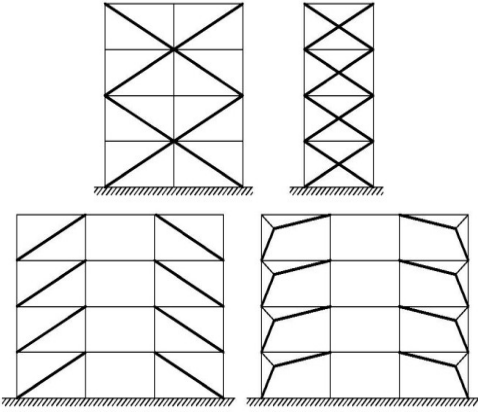
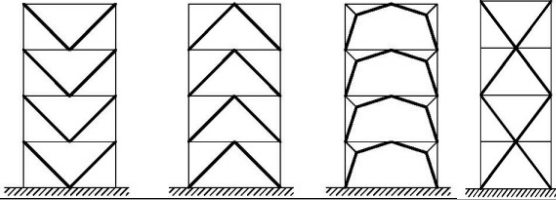
Notă: Forța orizontală capabilă a structurii reprezintă forța corespunzătoare formării unui număr suficient de zone plastice care aduce structura în pragul situației de mecanism cinematic. Forța orizontală corespunzătoare curgerii primului element structural reprezintă forța orizontală corespunzătoare apariției primei zone plastice prin atingerea capacității de rezistență în primul element al structurii

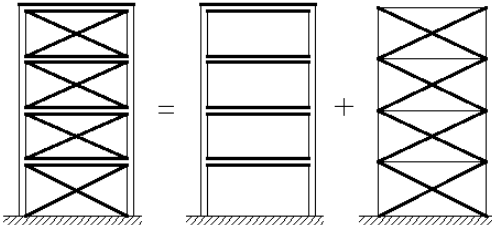
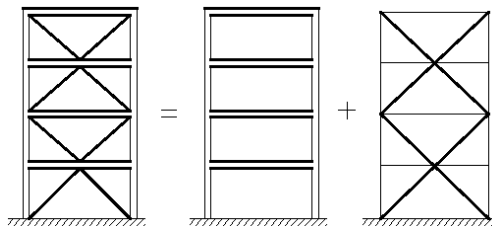
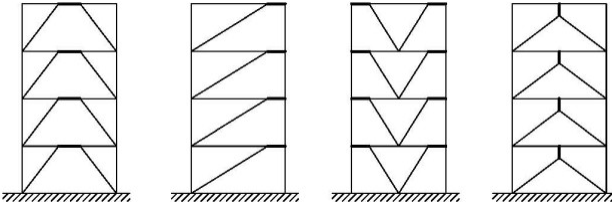
(730) Structura se conformează astfel încât să aibă capacitatea de deformare în domeniul inelastic cât mai apropiată pe ambele direcții.

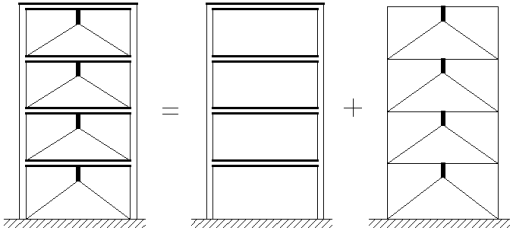
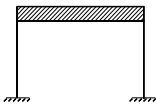
(731) În cazul în care clădirea are sisteme structurale de tip diferit pe cele două direcții orizontale ortogonale, factorul de comportare se stabilește distinct pe fiecare direcție, în raport cu tipul sistemului structural utilizat.

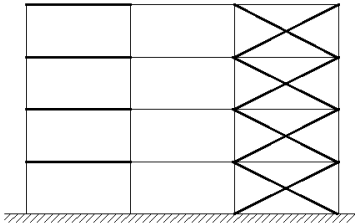
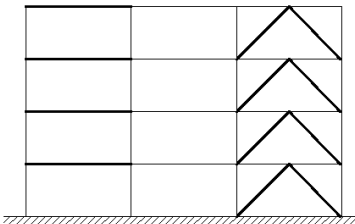
Tabelul 6.1 Valoarea maximă a factorului de comportare, q

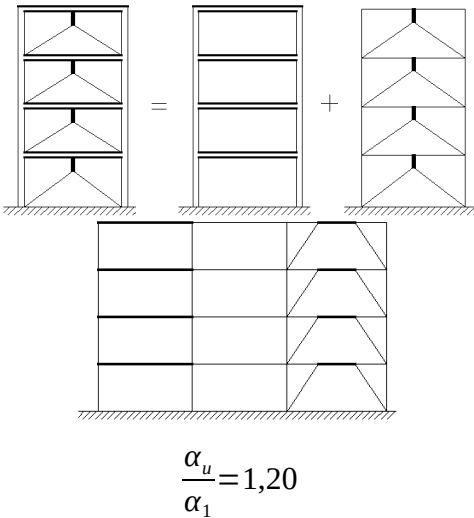
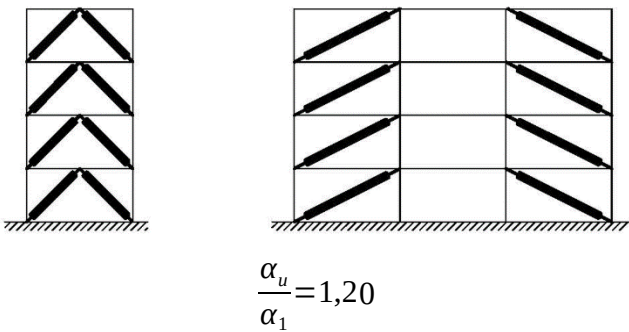
Tipuri de structuri	Clasa de ductilitate a structurii		
	DCH	DCM	DCL
(eeeeeeeeee) Sistem structural tip cadru necontravântuit			
(i) Clădiri cu un singur nivel			
	2,50	2,00	1,00
	3,00	2,50	1,50

Tipuri de structuri	Clasa de ductilitate a structurilor		
	DCH	DCM	DCL
 $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,10$ $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,00$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,00	1,50
(ii) Clădiri cu mai multe niveluri  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$ $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,30$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,50	1,50
(ffffff) Sistem structural tip cadru contravântuit centric (iii) Contravântuiri cu diagonale la care zonele plastice se formează numai diagonalele întinse 	4,00	2,50	1,50
(iv) Contravântuiri cu diagonale în V sau X pe două niveluri la care zonele plastice se formează în diagonalele întinse și comprimate 	2,50	2,00	1,50

Tipuri de structuri	Clasa de ductilitate a structurii		
	DCH	DCM	DCL
(v) Contravânturi cu diagonale în X pe un nivel sau cu diagonale alternante la care zonele plastice se formează în diagonalele întinse și la capetele grinzilor  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,10$	$4 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,00	1,50
(vi) Contravânturi cu diagonale în V la care zonele plastice se formează în diagonalele întinse și comprimate și la capetele grinzilor  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} \leq 1,10$	$2,5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	2,00	1,50
(gggggggggg) Sistem structural tip cadru contravântuit excentric (vii) Cadre contravântuite excentric la care zonele plastice se formează în barele disipative încovoiate sau forfecate  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,0	1,50

Tipuri de structuri	Clasa de ductilitate a structurii		
	DCH	DCM	DCL
(viii) Cadre contravântuite excentric la care zonele plastice se formează în bare disipative încovoiate sau forfecate și la capetele grinzilor  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,50	1,50
(hhhhhhhhhh) Structuri de tip pendul inversat (ix) Structuri la care zonele plastice se formează la baza stâlpilor  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,00$ (x) Structuri la care zonele plastice se formează la ambele capete ale stâlpilor și forța axială din stâlpi îndeplinește condiția $\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} > 0,3$  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,10$	$2 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	2,00	1,00
	$2 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	2,00	1,00

Tipuri de structuri	Clasa de ductilitate a structurii		
	DCH	DCM	DCL
(iiiiiii) Sistem structural tip dual (xi) Cadre duale alcătuite din cadre necontravântuite conectate prin diafragme rigide cu cadre contravântuite în X și alternante la care zonele plastice se formează în cadrele necontravântuite și în diagonalele întinse  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$	$4 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,00	1,50
(xii) Cadre duale alcătuite din cadre necontravântuite conectate prin diafragme rigide cu cadre contravântuite în V la care zonele plastice se formează în cadrele necontravântuite și în diagonale  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,10$	$2,50 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	2,00	1,50

Tipuri de structuri	Clasa de ductilitate a structurii		
	DCH	DCM	DCL
(xiii) Cadre duale alcătuite din cadre necontravântuite conectate prin diafragme rigide cu cadre contravântuite excentric la care zonele plastice se formează în cadrele necontravântuite și în barele disipative încovoiate sau forfecate  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,50	1,50
(xiv) Cadre duale alcătuite din cadre necontravântuite și cadre contravântuite cu contravântuiri cu flambaj împiedicat $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	3,50	1,50
(jjjjjjjjj) Sistem structural tip cadru cu contravântuiri cu flambaj împiedicat  $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,20$	$5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	-	-
(kkkkkkkkkk) Sistem structural tip cadru cu panouri de forfecare	4,00	3,00	1,50

(732) În urma penalizării valorii factorului de comportare pentru neregularități în plan orizontal, în plan vertical sau pentru sensibilitate mare la torsiune, valoarea factorului de comportare q se limitează inferior la 1,50, pentru structuri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, și 1,00, pentru structuri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL.

6.3 Calculul structural

(733) Calculul structurii se realizează în ipoteza că toate componentele structurale principale sunt active.

(734) Prin excepție de la (733), în cazul calculului structurilor în cadre contravântuite centric, cu diagonale în „X” sau alternante, printr-o metodă de calcul liniar, se consideră că diagonala comprimată nu participă la preluarea acțiunii seismice.

(735) Pentru clădirile cu structura de oțel, la calculul valorii de proiectare a acțiunii seismice, fracțiunea din amortizarea critică a clădirii, ξ , se consideră egală cu 3%.

(736) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu se stabilește conform prevederilor 4.3.2.1, (238). Prin excepție, în cazul clădirilor care nu au componente nestructurale care pot să fie degradate ca urmare a deplasărilor orizontale ale structurii, valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu se stabilește cu relația:

$$d_{Rd,r}^{SLS} = 0,01 h_s \quad (6.1)$$

(737) Factorul de amplificare a deplasărilor pentru verificări la starea limită ultimă pentru structuri de oțel, c , se stabilește cu relația:

$$c = \begin{cases} \frac{\Omega_T}{q} + \left(1 - \frac{\Omega_T}{q}\right) \frac{T_C}{T_1} \leq 3 & \text{dacă } T_1 < T_C \\ 1 & \text{dacă } T_1 \geq T_C \end{cases} \quad (6.2)$$

unde

T_1 perioada proprie fundamentală de vibrație a clădirii;

T_C perioada de control a spectrului de răspuns.

q factorul de comportare;

Ω_T factorul de suprazistență stabilit în funcție de tipul sistemului structural.

(738) Prin excepție de la 4.3.1.2.2, (212), valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă la starea limită de ultimă pentru:

(lllllllll) structuri tip cadru necontravântuit;

(mmmmmmmmmm) structuri tip cadre duale;

(nnnnnnnnnn) structuri tip cadru cu contravântuiri cu flambaj împiedicat;

(oooooooooooo) structuri tip cadru cu panouri de forfecare;

se stabilește cu relația:

$$d_{Rd,r}^{SLU} = 0,020 h_s \quad (6.3)$$

unde

$d_{Rd,r}^{ULS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de ultimă;

h_s înălțimea totală de nivel.

(739) Prin excepție de la [4.3.1.2.2](#), [\(212\)](#), valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă la starea limită de ultimă pentru:

(pppppppppp) structuri tip cadru contravântuit centric;

(qqqqqqqqqq) structuri tip cadru contravântuit excentric;

(rrrrrrrrrr) structuri tip pendul inversat;

se stabilește cu relația:

$$d_{Rd,r}^{SLU} = 0,015 h_s \quad (6.4)$$

unde

$d_{Rd,r}^{ULS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de ultimă;

h_s înălțimea totală de nivel.

(740) Calculul structurii se realizează ținând seama de efectele de ordinul II conform prevederilor de la [4.5.5](#).

(741) Planșeele se proiectează ca diafragme orizontale conform prevederilor de la [4.2.6](#).

(742) Pentru clădirile de tip hală parter, care prezintă simetrie în plan pe ambele direcții și nu sunt echipate cu mijloace de ridicare sau transport, se poate utiliza calculul pe modele plane pentru determinarea stării de eforturi și deformații. Calculul se efectuează ținând seama de excentricitatea adițională dată de poziția centrului maselor în raport cu centrul de rigiditate al structurii.

6.4 Proiectarea structurilor pentru clasa de ductilitate DCL

(743) Clădirile se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL astfel încât să îndeplinească cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în capitolul [2](#).

(744) Capacitatea de rezistență a componentelor structurale și a îmbinărilor acestora se determină în conformitate cu SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-3 și SR EN 1993-1-8.

6.5 Proiectarea structurilor pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH

6.5.1 Generalități

(745) Criteriile de proiectare date la [6.5.2](#) se aplică zonelor sau barelor structurilor proiectate conform conceptului de comportare disipativă a structurii la acțiunea seismică.

(746) Criteriile de proiectare date la [6.5.2](#) se consideră satisfăcute dacă sunt respectate regulile date la [6.5.3](#) și [6.5.5](#).

6.5.2 Criterii de proiectare

(747) Structurile se proiectează astfel încât deformarea în domeniul plastic, pierderea stabilității locale sau alte fenomene datorate comportării histeretice să nu conducă la pierderea stabilității generale a structurii.

(748) Zonele plastice se dirijează în componentele structurale special concepute în acest scop, în acord cu configurația mecanismului plastic optim definit la [6.2.5](#).

(749) Componentele structurale principale care se deformează plastic la acțiunea seismică, corespunzătoare stării limită ultime, în acord cu configurația mecanismului optim, se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de ductilitate și rezistență.

(750) Componentele structurale principale care răspund elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, se realizează astfel încât să aibă rezistență suficientă pentru a limita dezvoltarea deformațiilor plastice în zonele plastice stabilite conform mecanismului plastic optim.

(751) Toate îmbinările dintre componentele structurale principale se proiectează pentru a răspunde elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(752) Prin excepție de la [\(751\)](#), la realizarea structurilor cu răspuns elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, se pot utiliza îmbinări cu componente disipative. Acestea se selectează pentru utilizare în proiect pe baza unui acord tehnic care conține prevederi privind utilizarea lor în condiții de solicitare seismică. În această situație, componentele structurale principale se proiectează astfel încât prin rezistența acestora să se favorizeze dezvoltarea deformațiilor plastice ciclice în îmbinările respective.

6.5.3 Reguli de proiectare pentru elemente disipative supuse la compresiune și/sau încovoiere

(753) Elementele care se deformează plastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, din cauza compresiunii și/sau încovoierii se proiectează astfel încât să aibă ductilitate suficientă prin limitarea supleței pereților secțiunii, conform claselor de secțiuni transversale definite SR EN 1993-1-1.

6.5.4 Reguli de proiectare pentru elemente întinse

(754) Cerințele de ductilitate pentru elemente întinse sunt date în SR EN 1993-1-1.

(755) Pentru verificarea elementelor supuse la întindere se utilizează prevederile SR EN 1993-1-1.

6.5.5 Reguli de proiectare pentru îmbinări în zone disipative

(756) Alcătuirea constructivă a îmbinărilor în vecinătatea zonelor plastice se realizează astfel încât să se limiteze apariția tensiunilor reziduale mari, defectelor de execuție și să se dirijeze dezvoltarea deformațiilor plastice în zonele special conformate în acest scop.

(757) Îmbinările elementelor disipative realizate cu sudură sau cu tije se proiectează astfel încât să îndeplinească condiția:

$$F_{Rd,j} \geq \omega_{rm} \omega_{sh} F_{Rd,pl} \quad (6.1)$$

unde,

$F_{Rd,j}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență a îmbinării, corespunzătoare efortului la care este supusă, determinată conform prevederilor SR EN 1993-1-8;

- $F_{Rd, pl}$ valoarea de proiectare a capacități de rezistență plastică a elementului care se îmbină, corespunzătoare efortului la care acesta este supus, determinată conform prevederilor din [6.6.2](#), [6.7.3](#) și [6.8.2](#) utilizând valoarea nominală a limitei de curgere a oțelului;
- ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, stabilit conform prevederilor din [6.2.3.1.1 Tabelul 6.1](#);
- ω_{sh} factorul de suprarezistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului, a cărui valoare se stabilește conform prevederilor din [Tabelul 6.1](#).

Tabelul 6.1 Valori ale factorului de suprarezistență ω_{sh}

Tipuri de sistem structural	Zone plastice	Efortul care produce deformarea plastică	ω_{sh}
Tip cadru necontravântuit	grinzi	încovoiere	$\frac{(f_y + f_u)}{2f_y} \leq 1,2$
	baza stâlpilor		
Tip cadru contravântuit centric sau tip dual cu cadre contravântuite centric	bare diagonale	forță axială	1,10
	celelalte componente structurale	încovoiere	1,10
Tip cadru contravântuit excentric sau tip dual cu cadre contravântuite excentric	bară disipativă scurtă	forță tăietoare $e \leq M_{p, link} / V_{p, link}$ (bară disipativă foarte scurtă)	1,80
		forță tăietoare $M_{p, link} / V_{p, link} < e$ $e \leq 1,60 M_{p, link} / V_{p, link}$ (bară disipativă scurtă)	1,50
	bară disipativă intermediară	încovoiere și forță tăietoare $e \leq 2,60 M_{p, link} / V_{p, link}$	1,50
		încovoiere și forță tăietoare $2,60 M_{p, link} / V_{p, link} < e$ $e \leq 3,00 M_{p, link} / V_{p, link}$	1,35
	bară disipativă lungă	încovoiere $3,00 M_{p, link} / V_{p, link} < e$ $e \leq 5,00 M_{p, link} / V_{p, link}$	1,25
		încovoiere $e > 5,00 M_{p, link} / V_{p, link}$	$\omega_{sh} = \frac{(f_y + f_u)}{2f_y} \leq 1,$

Cadre cu contravântuiri cu flambaj împiedicat sau structuri duale cu cadre cu contravântuiri cu flambaj împiedicat	nod grindă-stâlp	încovoiere	1,10
	contravântuiri cu flambaj împiedicat	axial	$\omega_{sh} \leq 1,50$ Conform prevederilor de la 6.10
	nod grindă-stâlp	încovoiere	1,20
Cadre cu panouri de forfecare	inima panourilor de forfecare	câmpul diagonal de eforturi unitare de întindere	1,10
unde:			
$M_{p,link}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a barei disipative;			
$V_{p,link}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a barei disipative;			
e lungimea barei disipative;			
f_y valoarea nominală a limitei de curgere a oțelului.			

(758) Supra-rezistența îmbinărilor elementelor disipative realizate cu sudură în adâncime cu pătrundere completă, nivel de acceptare B, conform reglementărilor tehnice în vigoare privind calitatea îmbinărilor sudate din oțel ale construcțiilor, se stabilește în acord cu prevederile acordului tehnic al procedeului de sudare.

(759) Îmbinările cu șuruburi solicitate în planul îmbinării, perpendicular pe tije, se realizează cu șuruburi din clasele de calitate 8.8 sau 10.9 ca:

(ssssssss) îmbinări care lucrează prin lunecare împiedicată, din categoriile B, conform SR EN 1993-1-8, sau

(tttttttt) îmbinări care lucrează prin contactul dintre piese și tije, prin forfecarea tijei și presiune pe pereții găurii, fără prelucrarea suprafețelor aflate în contact, forța de pretensionare a tijelor fiind egală cu cel puțin 50% din forța capabilă de pretensionare a șuruburilor. Nu se ia în considerare efectul pretensionării la calculul capacității de rezistență a îmbinării.

(760) Îmbinările cu șuruburi solicitate în planul îmbinării se realizează astfel încât rezistența la forfecare a fiecărui șurub să fie mai mare cel puțin 20% decât rezistența la presiune pe pereții găurii.

(761) Îmbinările cu șuruburi solicitate la întindere perpendicular pe planul îmbinării, se realizează cu șuruburi din clasele de calitate 8.8 sau 10.9 pretensionate astfel încât forța de pretensionare să fie mai mare sau egală cu 50% din forța capabilă de pretensionare a șuruburilor. Se folosesc îmbinări din categoria E conform prevederilor SR EN 1993-1-8. Nu este necesară prelucrarea suprafețelor de contact.

(762) Îmbinările cu șuruburi supuse la solicitări complexe, în planul îmbinării și perpendicular pe planul acestuia, se realizează cu șuruburi din clasele de calitate 8.8 sau 10.9. Sunt admise îmbinări din categoriile B și C, conform prevederilor SR EN

1993-1-8, cu pretensionare completă sau îmbinări fără prelucrarea suprafețelor aflate în contact dar la care tijele sunt pretensionate astfel încât forța de pretensionare să fie mai mare sau egală cu 50% din forța capabilă de pretensionare a șuruburilor. Nu se ia în considerare efectul pretensionării la calculul capacității de rezistență a îmbinării.

(763) La îmbinările cu șuruburi nu se utilizează și cordoane de sudură pentru echilibrarea eforturilor.

6.5.6 Reguli de proiectare pentru îmbinări în zone nedisipative

(764) Îmbinărilor în zone nedisipative se alcătuiesc astfel încât să se prevină dezvoltarea deformațiilor plastice și apariția tensiunilor reziduale mari.

(765) Îmbinările elementelor nedisipative realizate cu sudură sau cu tije se realizează astfel încât să se îndeplinească prevederile din SR EN 1993-1-8.

(766) Îmbinările elementelor nedisipative se realizează astfel încât să se îndeplinească cerința:

$$F_{Rd,j} \geq \omega_{rm} F_{Rd,pl} \quad (6.1)$$

unde,

$F_{Rd,j}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență a îmbinării, corespunzătoare efortului la care este supusă, determinată conform prevederilor SR EN 1993-1-8;

$F_{Rd,pl}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică a elementului care se îmbină, corespunzătoare efortului la care acesta este supus, determinată utilizând valoarea nominală a limitei de curgere a oțelului;

ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, stabilit conform prevederilor din [6.2.3.1.1 Tabelul 6.1](#).

6.5.7 Reguli de proiectare pentru prinderea stâlpilor în fundații

(767) Șuruburile de ancoraj se proiectează astfel încât valoarea de proiectare a capacității lor de rezistență la întindere să fie mai mare sau egală cu efortul maxim de întindere care se poate dezvolta în șurub la incidența acțiunii seismice de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(768) Valorile de proiectare ale efectelor acțiunilor la baza stâlpului se determină cu relația:

$$E_{Fd} = E_{Fd,G} + \Omega_T \cdot E_{Fd,E} \quad (6.1)$$

unde

E_{Fd} valoarea de proiectare a efectului acțiunilor din gruparea seismică de acțiuni;

$E_{Fd,G}$ valoarea de proiectare a efectului acțiunilor neseismice din gruparea seismică de acțiuni;

$E_{Fd,E}$ valoarea de proiectare a efectului acțiunii seismice din gruparea seismică de acțiuni, corespunzătoare stării limită ultime

Ω_T valoarea suprarezistenței structurii la acțiuni orizontale;

$$\Omega_T = \omega_{rm} \cdot \omega_{sh} \cdot \Omega_d \quad (6.2)$$

ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, conform prevederilor din [6.2.3.1.1 Tabelul 6.1](#);

ω_{sh} factorul de suprarezistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului, a cărui valoare se stabilește conform prevederilor din [6.5.5.1.1 Tabelul 6.1](#).

Ω_d valoarea minimă a raportului dintre valoarea de proiectare a capacității de rezistență a zonei plastice și valoarea de proiectare a efectului acțiunilor din gruparea seismică, pentru solicitarea relevantă; Ω_d se calculează în funcție de tipul sistemului structural pentru fiecare direcție principală a structurii.

(769) Valoarea suprarezistenței sistemului structural Ω_T poate fi limitată astfel încât să fie îndeplinită condiția $\Omega_T \leq q$, unde q este factorul de comportare al structurii utilizat la determinarea valorilor de proiectare ale efectelor acțiunii seismice.

(770) La proiectarea clădirilor din clasa de importanță și expunere la cutremur a III-a sau a IV-a, pentru determinarea valorilor Ω_T se pot utiliza prevederile din [Tabelul 6.1](#).

Tabelul 6.1 Valori ale suprarezistenței sistemului structural,
 Ω_T

Sistem structural de tipul:	Ω_T		
	DCH	DCM	DCL
Cadru necontravântuit, cu un singur nivel	2,50	1,70	1,50
Cadru necontravântuit, cu mai multe niveluri	3,50	2,00	1,50
Cadru contravântuit centric, cu contravânturi în „X” sau diagonal	2,50	1,50	1,50
Cadru contravântuit centric, cu contravânturi în „V” inversat	2,00	1,50	1,50
Cadru contravântuit excentric	3,00	2,00	1,50
Pendul inversat	2,20	1,70	1,50
Cadru cu contravânturi împiedicate la flambaj	3,00 γ_{CT}	-	-
Dual, alcătuit din:			
- cadre necontravântuite și cadre contravântuite centric, cu diagonalele în „X”	3,00	1,70	1,50
- cadre necontravântuite și cadre contravântuite centric, cu diagonalele în „V”	2,50	1,70	1,50
- cadre necontravântuite și cadre contravântuite excentric	3,00	2,00	1,50
- cadre necontravântuite și cadre contravântuite cu contravânturi cu flambaj împiedicat	3,50	-	-
Cadru cu panouri de forfecare	2,50	2,00	1,50
unde γ_{CT} este factorul de corecție pentru rezistența la compresiune a contravântuirii.			

(771) Atunci când baza stâlpului nu este înglobată în sistemul de fundare sau infrastructură, pentru evitarea ruperii fragile, detaliul de prindere a stâlpilor se realizează astfel încât să se asigure o zonă de deformare liberă a șuruburilor de ancoraj de minim $5d$, unde d este diametrul tijei șurubului.

(772) Se recomandă ca transmiterea forțelor tăietoare între stâlpi și fundații sau infrastructură să nu se realizeze prin intermediul șuruburilor de ancoraj. Pentru aceasta, se poate utiliza una din următoarele soluții constructive:

(uuuuuuuuuu) înglobarea bazei stâlpului într-o suprabetonare armată pe o înălțime egală cu cel puțin 40 cm sau 0,50 din înălțimea secțiunii transversale a stâlpului;

(vvvvvvvvvv) prevederea unor elemente sudate sub placa de bază a stâlpului, care vor fi înglobate în goluri special executate în fundații sau infrastructură, odată cu subbetonarea bazei; aceste elemente se dimensionează astfel încât să poată transmite forța tăietoare de la baza stâlpului la fundație;

(wwwwwwwww) înglobarea stâlpului în fundații sau infrastructură pe o înălțime care să îi asigure ancorarea directă, fără a fi necesare șuruburi de ancoraj.

(773) În cazul prinderi încastrate a stâlpului în fundații, la verificarea bazei stâlpului se îndeplinește condiția:

$$M_{Rd,j} \geq \omega_{rm} \cdot \omega_{sh} \cdot M_{N,Rd,c} \quad (6.3)$$

unde

$M_{Rd,j}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoietor a prinderii stâlpului de fundație;

ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, conform prevederilor din [6.2.3.1.1 Tabelul 6.1](#);

ω_{sh} factorul de suprarezistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului, a cărui valoare se stabilește conform prevederilor din [6.5.5.1.1 Tabelul 6.1](#);

$M_{N,Rd,c}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoietor, în prezența forței axiale, a secțiunii transversale a stâlpului.

6.5.8 Îmbinările de continuitate ale stâlpilor

(774) Îmbinările de continuitate se realizează astfel încât să asigure continuitatea rigidității și rezistenței stâlpilor.

(775) Îmbinările de continuitate ale stâlpilor se amplasează astfel încât să se respecte cumulativ următoarele condiții:

(xxxxxxxxxx) distanța de la îmbinarea de continuitate până la partea de jos a stâlpului de la nivelul respectiv este egală aproximativ $1/3$ din înălțimea de etaj;

(yyyyyyyyyy) distanța de la îmbinarea de continuitate până la îmbinarea grindă -stâlp cea mai apropiată este mai mare sau egală cu 1,20 m.

(776) Îmbinările de continuitate ale stâlpilor se realizează cu sudură sau cu șuruburi.

(777) Valorile de proiectare ale eforturilor din îmbinare se iau mai mari sau egale decât valorile de proiectare ale capacităților de rezistență ale tronsoanelor de stâlp care se îmbină.

(778) Valorile de proiectare ale capacităților de rezistență ale îmbinărilor de continuitate se determină conform prevederilor SR EN 1993-1-8.

(779) Îmbinările de continuitate ale stâlpilor se realizează astfel încât să se îndeplinească următoarea condiție, pe ambele direcții principale orizontale ale secțiunii stâlpului:

$$V_{Rd,c} \geq \frac{2M_{N,Rd,c}}{h_s} \quad (6.1)$$

unde:

$V_{Rd,c}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a îmbinării de continuitate a stâlpului;

$M_{N,Rd,c}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoiător a secțiunii stâlpului în prezența forței axiale;

h_s înălțimea de nivel.

6.5.9 Lungimi de flambaj ale stâlpilor structurilor multietajate

(780) Prevederile din acest paragraf se aplică pentru determinarea lungimilor de flambaj ale stâlpilor structurilor multietajate realizate cu bare cu secțiune constantă pe lungimea lor.

(781) Prevederile din acest paragraf se aplică dacă în reglementările tehnice specifice privitoare la structuri metalice de diferite tipuri pentru clădiri nu sunt incluse prevederi specifice pentru determinarea lungimilor de flambaj ale stâlpilor.

(782) În aplicarea prevederilor acestui paragraf, cadrele structurilor contravântuite, duale sau cu pereți de forfecare pot fi considerate cu noduri fixe dacă sistemele de contravântuiri verticale sau pereții de forfecare reduc deplasările orizontale ale cadrului cu cel puțin 80%. Pentru celelalte situații, încadrarea în structuri cu cadre cu noduri deplasabile sau cu noduri fixe se va realiza conform prevederilor din SR EN 1993-1-1.

(783) În aplicarea prevederilor acestui paragraf, se consideră că:

(zzzzzzzzzz) în cazul stâlpilor, lungimea barei, L , este egală cu înălțimea de nivel;

(aaaaaaaaaa) în cazul grinzilor, lungimea barei, L , se consideră egală cu deschiderea grinzii.

(784) Raportul dintre lungimea de flambaj, L_{cr} , și lungimea barei, L , pentru un stâlp dintr-un cadru cu noduri fixe, de la un anumit nivel, se stabilește utilizând diagrama dată în [Figura 6.2](#).

(785) Raportul dintre lungimea de flambaj, L_{cr} , și lungimea barei, L , pentru un stâlp dintr-un cadru cu noduri deplasabile, de la un anumit nivel, se stabilește utilizând diagrama dată în [Figura 6.3](#).

(786) În aplicarea prevederilor de la [\(784\)](#) și [\(785\)](#), factorii de distribuție a rigidității se determină cu relațiile:

$$\eta_1 = \frac{K_C + K_1}{K_C + K_1 + K_{11} + K_{12}} \quad (6.1)$$

$$\eta_2 = \frac{K_C + K_2}{K_C + K_2 + K_{21} + K_{22}} \quad (6.2)$$

unde

η_1, η_2 factorii de distribuție a rigidității nodurilor de la capătul de sus și capătul de jos al stâlpului;

K_C factorul de rigiditate al stâlpului de la nivelul considerat, stabilit conform [Error: Reference source not found](#);

K_1 factorul de rigiditate al stâlpului de la nivelul de deasupra nivelului considerat, stabilit conform [Error: Reference source not found](#);

K_2 factorul de rigiditate al stâlpului de la nivelul de dedesubtul nivelului considerat, stabilit conform [Error: Reference source not found](#);

K_{11}, K_{12} factorii de rigiditate ai grinzilor care intersectează stâlpul la partea de sus a acestuia, în planul de solicitare, stabiliți conform prevederilor de la [\(788\)](#), [\(789\)](#), [\(790\)](#) și [\(791\)](#);

K_{21}, K_{22} factorii de rigiditate ai grinzilor care intersectează stâlpul la partea de jos a acestuia, în planul de solicitare, stabiliți conform prevederilor de la [\(788\)](#), [\(789\)](#), [\(790\)](#) și [\(791\)](#);

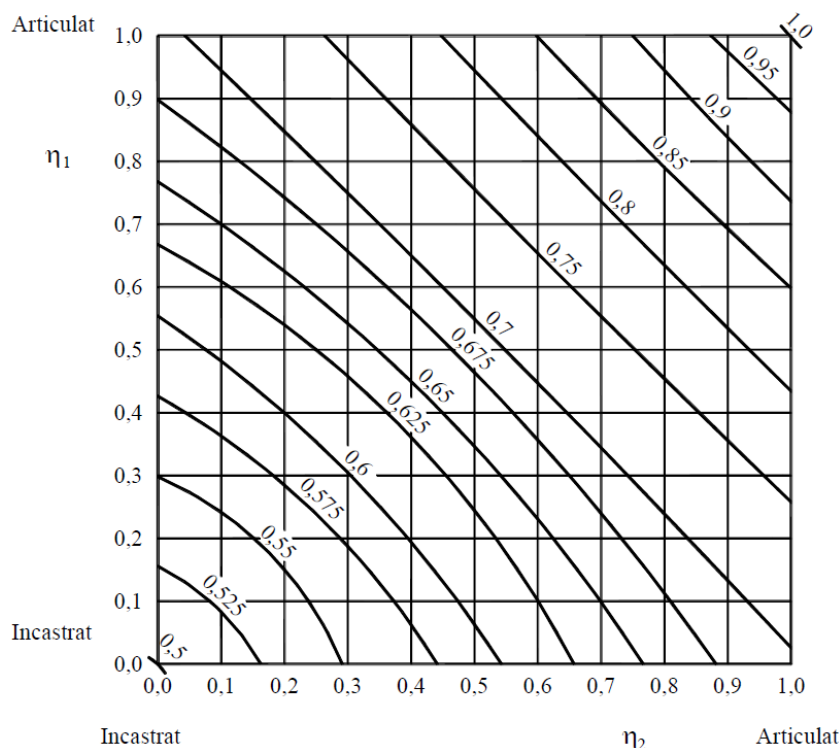


Figura 6.2 Raportul dintre lungimea de flambaj și lungimea barei, L_{cr}/L , pentru un stâlp dintr-un cadru cu noduri fixe

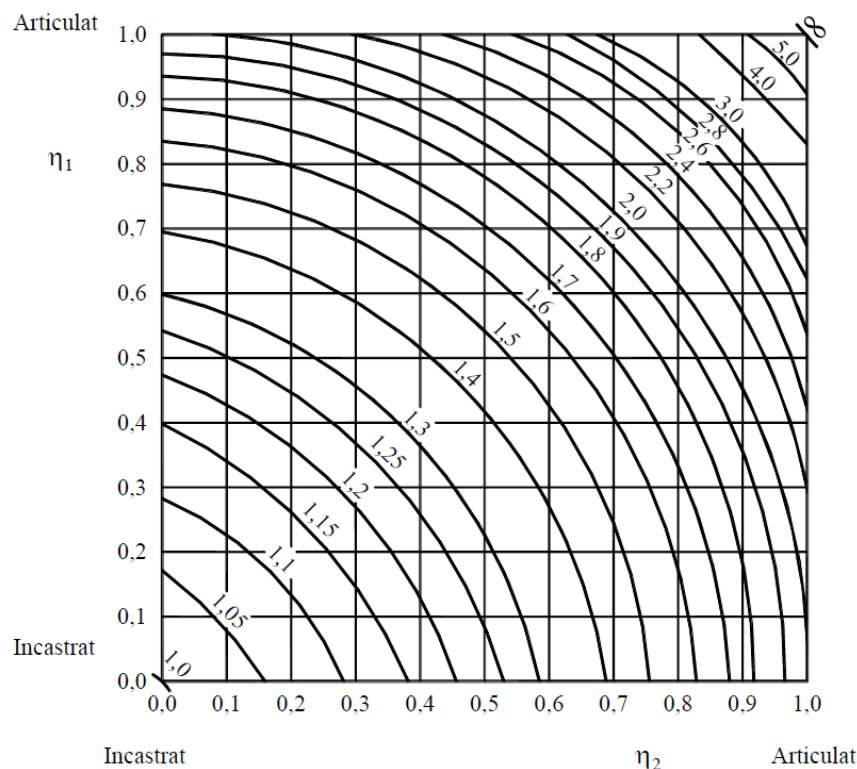


Figura 6.3 Raportul dintre lungimea de flambaj și lungimea barei, L_{cr}/L , pentru un stâlp dintr-un cadru cu noduri deplasabile

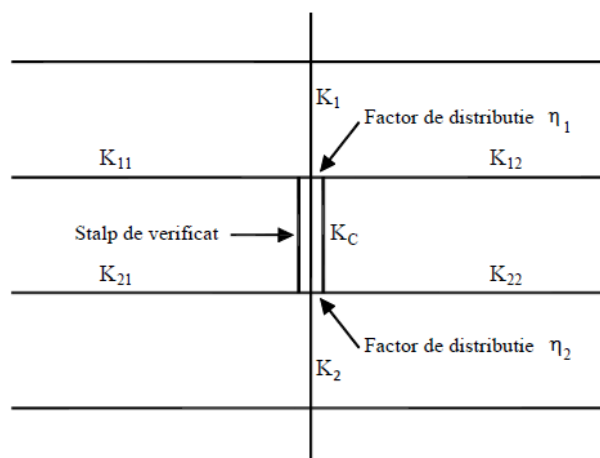


Figura 6.4 Factori de distribuție pentru stâlpii continui

(787) Alternativ prevederii de la (784) sau (785), raportul dintre lungimea de flambaj, L_{cr} , și lungimea barei, L , pentru un stâlp se poate determina cu relația:

(bbbbbbbbbbb) pentru cadre cu noduri fixe:

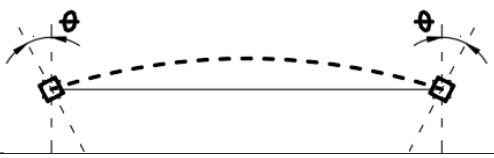
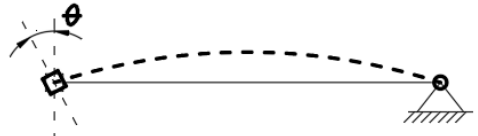
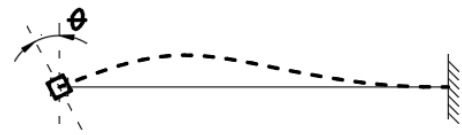
$$\frac{L_{cr}}{L} = \left[\frac{1 + 0,145(\eta_1 + \eta_2) - 0,265\eta_1\eta_2}{2 - 0,364(\eta_1 + \eta_2) - 0,247\eta_1\eta_2} \right] \quad (6.1)$$

(ccccccccccc) pentru cadre cu noduri deplasabile:

$$\frac{L_{cr}}{L} = \left[\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12\eta_1\eta_2}{2 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) - 0,60\eta_1\eta_2} \right]^{0,5} \quad (6.2)$$

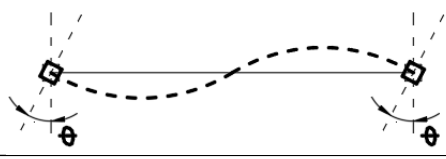
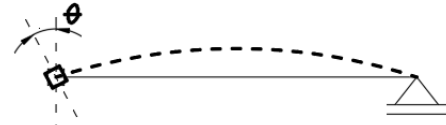
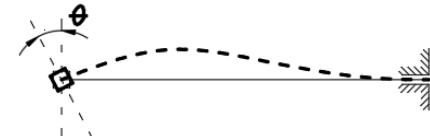
(788) Factorii de rigiditate ai grinzilor cu răspuns elastic, parte din cadre cu noduri fixe, care nu sunt solicate la forță axială, se determină conform prevederilor din [Tabelul 6.1](#).

Tabelul 6.1 Factorul de rigiditate al grinzilor cadrelor cu noduri fixe

Caz	Factorul de rigiditate K al grinzilor în cazul cadrelor cu noduri fixe
1	 $K = 0,50 \frac{I}{L}$
2	 $K = 0,75 \frac{I}{L}$
3	 $K = 1,00 \frac{I}{L}$
unde: I momentul de inerție al secțiunii grinzii în raport cu axa față de care se produce încovoierea; L lungimea față de care se manifestă flambajul barei.	

(789) Factorii de rigiditate ai grinzilor cu răspuns elastic, parte din cadre cu noduri fixe, care nu sunt solicate la forță axială, se determină conform prevederilor din [Tabelul 6.2](#).

Tabelul 6.2 Factorul de rigiditate al grinzilor în cazul cadrelor cu noduri deplasabile

Caz	Factorul de rigiditate K al grinzilor în cazul cadrelor cu noduri deplasabile
1	 $K = 1,5 \frac{I}{L}$
2	 $K = 0,75 \frac{I}{L}$
3	 $K = 1,0 \frac{I}{L}$
unde: I momentul de inerție al secțiunii grinzii în raport cu axa față de care se	

	produce încovoierea;
L	lungimea față de care se manifestă flambajul barei.

(790) În cazul clădirilor în cadre rectangulare cu planșee din beton, cu topologia structurii regulată și încărcare uniformă, factorii de rigiditate ai grinzilor se pot determina conform prevederilor din [Tabelul 6.3](#).

Tabelul 6.3 Factorul de rigiditate al unei grinzi în dintr-o structură cu planșee de beton armat

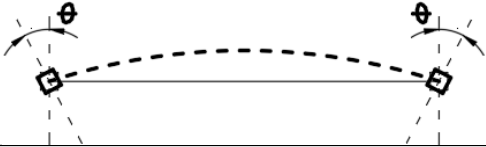
Factorul de rigiditate K al unei grinzi dintr-o structură cu planșee de beton armat		
Condiții de încărcare pentru grindă	Structură cu noduri fixe	Structură cu noduri deplasabile
Grinzi care suportă direct planșeul din beton armat	$K = 1,0 \frac{I}{L}$	$K = 1,0 \frac{I}{L}$
Alte grinzi încărcate direct	$K = 0,75 \frac{I}{L}$	$K = 1,0 \frac{I}{L}$
Grinzi supuse numai la acțiunea momentelor de la extremități	$K = 0,5 \frac{I}{L}$	$K = 1,5 \frac{I}{L}$
unde:		
I	momentul de inerție al secțiunii grinzii în raport cu axa față de care se produce încovoierea;	
L	lungimea față de care se manifestă flambajul barei.	

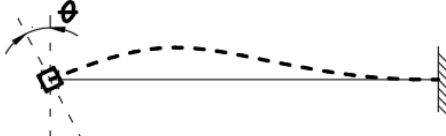
(791) Dacă valoarea de proiectare a momentului încovoiător într-o secțiune este mai mare decât capacitatea de rezistență elastică la moment încovoiător, $W_{el} f_y$, în aplicarea prevederilor (788) și (789), grinda poate fi considerată articulată în secțiunea respectivă.

(792) În cazul grinzilor solicate la forță axială, valoarea factorului de rigiditate se corectează utilizând funcții de stabilitate.

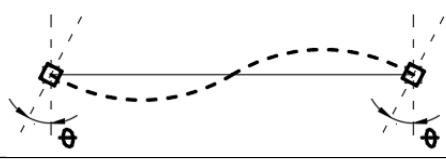
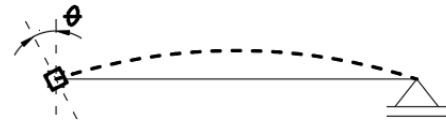
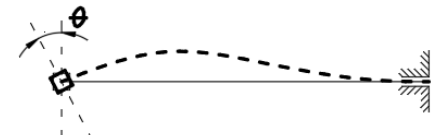
(793) Alternativ prevederii de (792), valoarea factorului de rigiditate pentru grinzi solicate la forță axială se poate determina conform prevederilor din [Tabelul 6.4](#), pentru cadre cu noduri fixe, și [Tabelul 6.5](#), pentru cadre cu noduri deplasabile.

Tabelul 6.4 Factorul de rigiditate al grinzilor cadrelor cu noduri fixe

Caz	Factorul de rigiditate K al grinzilor în cazul cadrelor cu noduri fixe	
1		$K = 0,5 \frac{I}{L} \left(1 - 1,0 \frac{N}{N_E} \right)$
2		$K = 0,75 \frac{I}{L} \left(1 - 1,0 \frac{N}{N_E} \right)$

3		$K = 1,0 \frac{I}{L} \left(1 - 1,0 \frac{N}{N_E} \right)$
unde $N_E = \pi^2 EI / L^2$ și N este forța axială din grindă în gruparea seismică de încărcări utilizată pentru verificarea stâlpilor		

Tabelul 6.5 Factorul de rigiditate al grinzilor cadrelor cu noduri deplasabile

Caz	Factorul de rigiditate K al grinzilor în cazul cadrelor cu noduri deplasabile	
1		$K = 1,5 \frac{I}{L} \left(1 - 0,2 \frac{N}{N_E} \right)$
2		$K = 0,75 \frac{I}{L} \left(1 - 1,0 \frac{N}{N_E} \right)$
3		$K = 1,0 \frac{I}{L} \left(1 - 0,4 \frac{N}{N_E} \right)$
unde $N_E = \pi^2 EI / L^2$ și N este forța axială din grindă în gruparea seismică de încărcări utilizată pentru verificarea stâlpilor		

(794) Factorul de rigiditate al stâlpilor K se determină cu relațiile date pentru grinzi în [Tabelul 6.4](#) și [Tabelul 6.5](#), considerând cazul 1 de legături la capete.

(795) La primul nivel al clădirii, factorul de rigiditate al stâlpilor încastrați la bază se determină considerând că factorul de distribuție a rigidității nodului de la capătul de jos al stâlpului η_2 este egal cu 0.

6.6 Cadre necontravântuite

6.6.1 Criterii de proiectare

(796) Cadrele necontravântuite trebuie proiectate astfel încât articulațiile plastice să se formeze în grinzi. Se acceptă formarea articulațiilor plastice și în stâlpi conform [6.2.5](#), [\(724\)](#), [\(yyyyyyyyyy\)](#).

(797) În funcție de zonele disipative alese, se aplică prevederile de la [6.5.2 \(750\)](#), respectiv [6.5.2 \(750\)](#).

(798) Formarea articulațiilor plastice în zonele special conformate în structură poate fi obținută respectând [6.6.2](#) și [6.6.3](#).

6.6.2 Grinzi

(799) Pentru verificarea și conformarea grinzilor la stabilitate generală se utilizează prevederile SR EN 1993-1-1 considerând ipoteza că numai la unul din capete s-a

format o articulație plastică, iar la celălalt capăt se dezvoltă momentul încovoietor generat de încărcările din gruparea seismică de proiectare. Pentru verificarea de stabilitate generală a grinzii, la capătul mai puțin solicitat se consideră valoarea de proiectare a momentului încovoietor cauzat de încărcările din gruparea seismică, iar la celălalt capăt se consideră un moment încovoietor egal cu capacitatea de rezistență plastică a secțiunii grinzii.

(800) În zonele plastice ale grinzilor, conform configurației mecanismului plastic optim prevăzută la 6.2.5, inima grinzilor se realizează fără goluri. Aceeași prevedere se aplică și pentru zonele de la capetele grinzii măsurate pe o distanță egală cu $3h_w$, în raport cu fața stâlpilor de reazem, unde h_w este înălțimea inimii grinzii. În cazul utilizării în zona plastică a unei grinzi a unei secțiuni reduse, distanța se măsoară de la mijlocul lungimii acestei zone.

(801) Pierderea stabilității generale a grinzii poate fi împiedicată prin prevederea de legături laterale la talpa comprimată așezate la distanțe care respectă prevederile pentru $L_{stabilă}$ din SR EN 1993 1-1.

(802) Grinda se realizează astfel încât să îndeplinească în zonele potențial plastice următoarele condiții:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,00 \quad (6.1)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,15 \quad (6.2)$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,50 \quad (6.3)$$

unde

N_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoietor și forței tăietoare, în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + V_{Ed,M} \quad (6.4)$$

$V_{Ed,G}$ forța tăietoare din acțiunile neseismice conținute în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$V_{Ed,M}$ forța tăietoare care corespunde încărcării grinzii în zonele plastice „A” și „B” de la capete, cu momentele încovoietoare care corespund valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere, cu semn opus:

$$V_{Ed,M} = (M_{pl,Rd}^A + M_{pl,Rd}^B) / L_{AB} \quad (6.5)$$

L_{AB} distanța dintre zonele plastice care dezvoltă în aceeași deschidere a grinzii, dar nu mai mult de 0,90 din deschiderea liberă a grinzii măsurată între fețele laterale stâlpilor;

$N_{pl,Rd}$, $M_{pl,Rd}$, $V_{pl,Rd}$ valorile de proiectare ale capacității de rezistență la forță axială, moment încovoietor și forță tăietoare.

(803) În situația în care oricare dintre relațiile (6.1), (6.2) sau (6.3) nu sunt îndeplinite, valoarea momentului $M_{pl,Rd}$ din relația (6.1) se înlocuiește cu o valoare

diminuată a acestuia, care să țină seama de influența forței axiale sau/și a forței tăietoare, conform prevederilor din SR EN 1993 1-1.

(804) Pentru secțiuni de clasă 3, în relația (6.1) se înlocuiește $M_{pl,Rd}$ cu $M_{el,Rd}$ și se aplică relațiile de verificare din SR EN 1993-1-1.

(805) La capetele zonelor potențial plastice și în zonele unde sunt aplicate încărcări concentrate se realizează rezemări laterale pentru ambele tălpi ale grinzilor

(806) În cazul planșeelor cu grinzi care conlucrează cu placa de beton armat, pe lungimea zonei potențial plastice considerate nu se amplasează conectori pentru asigurarea conlucrării.

(807) Elementele de rezemare laterală stabilite conform (805) în zonele plastice ale grinzilor se realizează astfel încât să poată echilibra o forță orizontală mai mare sau egală cu $0,06 \omega_{rm} f_y t_f b$. Celelalte elemente de rezemare laterală se realizează astfel încât să poată echilibra o forță orizontală mai mare sau egală $0,02 \omega_{rm} f_y t_f b$.

(808) Pentru dirijarea articulațiilor plastice în grindă, se poate reduce lățimea tălpilor în vecinătatea îmbinării grindă-stâlp conform 6.6.2. (809). Secțiunea redusă se verifică la starea limită ultimă considerând eforturile de proiectare din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică.

(809) Îmbinarea grindă-stâlp cu secțiune redusă se obține prin decuparea tălpilor în zona adiacentă stâlpului, pentru a dirija formarea articulației plastice în zona cu secțiune redusă a grinzii, cu respectarea condițiilor:

$$\begin{aligned} 0,50 b_{bf} &\leq a \leq 0,75 b_{bf} \\ 0,65 d &\leq b \leq 0,85 d \\ 0,10 &\leq c \leq 0,25 b_{bf} \\ R &= (b^2 + 4c^2) / 8c. \end{aligned} \tag{6.6}$$

unde:

- a distanța de la fața stâlpului la zona redusă;
- b lungimea zonei reduse;
- c reducerea maximă a tălpii grinzii;
- d înălțimea secțiunii grinzii;
- b_{bf} lățimea tălpii nereduse a secțiunii grinzii;
- R raza de tăiere.

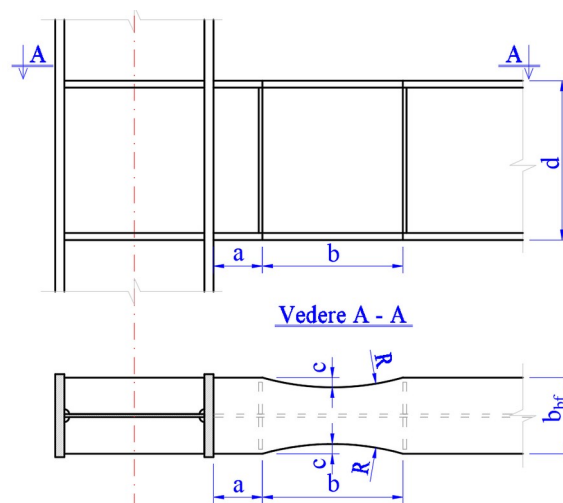


Figura 6.2 Îmbinarea unei grinzi cu secțiune redusă

(810) Decuparea tălpilor se efectuează printr-un procedeu tehnologic care asigură o tăietură netedă, astfel încât să nu apară creștături sau alte defecte care să constituie amorse pentru fisuri. Tăietura se realizează astfel încât rugozitatea suprafeței decupate este mai mică sau egală cu 13 μm și racordarea dintre decupare și talpa nemodificată se rotunjește. Muchiile tălpilor în zonele decupate polizează.

6.6.3 Stâlpi

(811) Capacitatea de rezistență a stâlpilor se verifică în fiecare combinație seismică de încărcări. Verificările de rezistență și stabilitate se realizează pe baza prevederilor SR EN1993-1-1. Valorile de proiectare ale eforturilor se determină cu relațiile:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega_T N_{Ed,E} \quad (6.1)$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + \Omega_T M_{Ed,E} \quad (6.2)$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + \Omega_T V_{Ed,E} \quad (6.3)$$

unde:

N_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoietor și forței tăietoare;

$N_{Ed,G}$, $M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$ forța axială, momentul încovoietor și forța tăietoare, din acțiunile neseismice din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$N_{Ed,E}$, $M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$ forța axială, momentul încovoietor și forței tăietoare, din acțiunea seismică de proiectare;

Ω_T valoarea suprarezistenței sistemului structural, care se determină cu relația:

$$\Omega_T = \omega_{rm} \cdot \omega_{sh} \cdot \Omega_d \quad (6.4)$$

Ω_d valoarea minimă a raportului $\Omega_{M,i} = M_{pl,Rd,i} / M'_{Ed,i}$ calculată pentru toate grinzile dimensionate din gruparea de încărcări ce cuprinde acțiunea seismică;

$M_{pl,Rd,i}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la moment încovoietor a grinzii "i";

$M_{Ed,i}$ valoarea momentului încovoietor în grinda "i", rezultată din calculul structurii în gruparea de acțiuni care include acțiunea seismică.

Pentru fiecare grindă a structurii, se calculează o singură valoare a raportului $\Omega_{M,i}$, la capătul grinzii unde valoarea absolută a momentului încovoietor $\dot{M}_{Ed,i} \vee \dot{M}_{Ed,i}$ are valoarea maximă.

Valoarea lui Ω_d se calculează pentru fiecare combinație seismică de proiectare.

Notă: Valorile eforturilor N_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} se pot obține din grupările seismice, unde acțiunea seismică unidirecțională se multiplică cu Ω_T .

(812) Valoarea suprarezistenței Ω_T se poate limita superior, astfel încât să fie îndeplinită condiția $\Omega_T \leq q$, unde q este factorul de comportare al structurii. La proiectarea clădirilor încadrate în clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur se pot utiliza valorile suprarezistenței Ω_T prevăzute în [6.5.7.1.1 Tabelul 6.1](#).

(813) Pentru fiecare direcție ortogonală orizontală a structurii, grinzile se realizează astfel încât diferența dintre valoarea maximă și valoarea minimă a raportului $\Omega_{M,i}$, stabilit conform [\(811\)](#), să fie mai mică sau egală 25% din valoarea maximă.

(814) Prin excepție de la [\(813\)](#), în cazul în care nu se poate asigura o diferență dintre valoarea maximă și valoarea minimă a raportului $\Omega_{M,i}$, stabilit conform [\(811\)](#), mai mică sau egală 25% din valoarea maximă, mecanismul plastic al structurii se verifică prin calcul neliniar, static sau dinamic.

(815) În zonele plastice stabilite în acord cu prevederile [6.2.5](#), stâlpii se realizează cu clasa de secțiune stabilită în conformitate cu prevederile din [6.2.2.1.1 Tabelul 6.1](#). În zonele de răspuns elastic, stâlpii se realizează cu clasa de secțiune 1, 2 sau 3.

(816) În cazul proiectării structurii în clasa de ductilitate DCH, stâlpii și grinzile se realizează astfel încât să fie îndeplinită condiția:

$$\sum M_{N,pl,Rd,c} \geq \sum \left[\omega_{rm} \omega_{sh} (M_{pl,Rd,b} + s_{h,c} V_{Ed,M}) + s_{h,c} V_{Ed,G} \right] \quad (6.5)$$

unde:

$\sum M_{N,pl,Rd,c}$ suma capacităților de rezistență la încovoiere a secțiunilor stâlpului care intră în nod, în prezența forței axiale;

$$M_{N,pl,Rd,c} = M_{pl,Rd,c} (1-n)/(1-0,5a) \quad \text{condiționat de} \quad (6.6)$$

$$M_{N,pl,Rd,c} = M_{pl,Rd}$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$$

$$a = A_v / A \text{ condiționat de } a \leq 0,5$$

$\sum M_{pl,Rd,b}$ suma capacităților de rezistență plastică la moment încovoietor a secțiunilor grinzilor care intră în nod;

$V_{Ed,M}$ forța tăietoare care corespunde încărcării grinzii în zonele plastice, cu momentele încovoietoare care corespund valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență, cu semn opus (vezi [6.6.2](#), [\(802\)](#));

$V_{Ed,G}$ forța tăietoare cauzată de acțiunile neseismice în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică (vezi [6.6.2](#), [\(802\)](#));

ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, conform prevederilor din [6.2.3.1.1Tabelul 6.1](#);

ω_{sh} factorul de suprarezistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului, a cărui valoare se stabilește conform prevederilor din [6.5.5.1.1Tabelul 6.1](#);

$s_{h,c}$ distanța măsurată pe orizontală dintre mijlocul zonei plastice a grinzii și axul vertical al stâlpului.

(817) În zonele plastice ale stâlpilor, raportul dintre forța tăietoare rezultată din calculul structurii, V'_{Ed} , și valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la forță tăietoare îndeplinește condiția:

$$\frac{V'_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5 \quad (6.7)$$

(818) Zveltețea stâlpului îndeplinește condiția:

(dddddddddd) în planul cadrelor în care grinzile pot forma articulații plastice:

$$\lambda \leq 0,85 \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.8)$$

(eeeeeeeeeee) în planul cadrelor în care nu se pot forma articulații plastice în grinzi:

$$\lambda \leq 1,30 \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.9)$$

unde

λ zveltețea stâlpului;

E modulul de elasticitate al oțelului;

f_y valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului.

6.6.4 Îmbinările grindă-stâlp

(819) Îmbinările grindă – stâlp se proiectează în acord cu prevederile SR EN 1993-1-8.

(820) La structurile la care mecanismul plastic optim conform [6.2.5](#) se formează prin dezvoltarea deformațiilor plastice în grinzi, îmbinările grindă-stâlp și panourile de inimă de stâlp din zona îmbinării se realizează astfel încât să fie îndeplinită condiția:

$$M_{con,Rd} \geq \omega_{rm} \omega_{sh} (M_{b,pl,Rk} + s_{h,con} V_{Ed,M}) + s_{h,con} V_{Ed,G} \quad (6.1)$$

unde:

$M_{con,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a îmbinării;

$M_{b,pl,Rk}$ valoarea caracteristică a momentului capabil plastic al grinzii din îmbinarea grindă-stâlp;

$s_{h,con}$ distanța măsurată pe orizontală dintre mijlocul zonei plastice a grinzii și axul vertical al îmbinării;

(821) Transferul eforturilor de la grinzi la stâlpi se face în ipoteza de îmbinare grindă-stâlp rigidă. Pe inima stâlpului, în dreptul tălpilor grinzilor, se prevăd perechi

de rigidizări transversale, cu grosimea cel puțin egală cu cea a tălpii grinzii și lățimea totală cel puțin egală cu a tălpii grinzii.

(822) Panourile de inimă ale stâlpilor din zona îmbinărilor grindă-stâlp sunt realizate pentru îndeplinirea condiției:

$$V_{\varphi,Ed} \leq V_{\varphi,Rd} \quad (6.2)$$

unde:

$V_{\varphi,Ed}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare în panou:

$$V_{\varphi,Ed} = \frac{M_{pl,Rd,i}^{cor} + M_{pl,Rd,j}^{cor}}{h_b - t_{fb}} \quad (6.3)$$

$M_{pl,Rd,i}^{cor}$, valorile de proiectare ale capacităților de rezistență plastică la moment încovoietor din zonele plastice ale grinzilor adiacente, corectate prin proiectarea la fața stâlpului;

t_{fb} grosimea tălpii grinzii;

h_b înălțimea totală a secțiunii grinzii;

$V_{\varphi,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a panoului inimii stâlpului, determinată conform SR EN 1993-1-8, care se limitează conform condiției:

$$V_{\varphi,Rd} \leq V_{wb,Rd} \quad (6.4)$$

$V_{wb,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de voalare a panoului de inimă supus la eforturi tangențiale, determinată conform SR EN 1993-1-8.

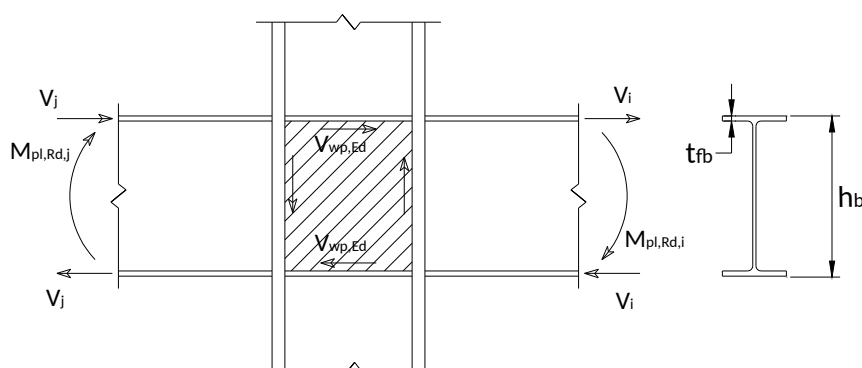


Figura 6.2 Îmbinare grindă – stâlp: panoul de inimă al stâlpului.

(823) Grosimea totală a tablelor panoului de inimă t se alege astfel încât să fie îndeplinită condiția:

$$t = (t_w + t_{wsp}) \geq \frac{[(h_b - 2t_{bf}) + d_c - 2t_{c,f}]}{90} \quad (6.1)$$

unde:

t_w grosimea inimii stâlpului (profil laminat);

t_{wsp} grosimea tablei de dublare a inimii nodului grindă-stâlp;

h_b înălțimea totală a secțiunii grinzii;

t_{bf} grosimea tălpii grinzii;

d_c lățimea secțiunii stâlpului;

$t_{c,f}$ grosimea tălpii stâlpului.

(824) În cazul în care condiția (6.1) nu este îndeplinită, panoul de inimă se rigidizează suplimentar cu rigidizări având grosimea mai mare sau egală cu $0,80t_w$, unde t_w este grosimea inimii stâlpului

(825) Când îmbinarea grindă-stâlp se realizează prin sudarea directă de tălpile stâlpului a tălpilor grinzilor, se dispun rigidizări de continuitate pe inima stâlpului în dreptul tălpilor grinzii. Aceste rigidizări se realizează cu tablă cu grosimea mai mare sau egală cu grosimea tălpii grinzii.

(826) Prinderea rigidizărilor de continuitate de tălpile stâlpului se face cu sudură în adâncime, cu pătrunderea completă, sau cu suduri în relief, pe ambele fețe. Îmbinările sudate se dimensionează astfel încât să aibă capacitatea de rezistență mai mare sau egală cu minimul dintre:

- capacitatea de rezistență a rigidizărilor de continuitate;
- efortul maxim din tălpile grinzii.

(827) Prinderile rigidizărilor de continuitate de inima stâlpului se dimensionează astfel încât să aibă capacitatea de rezistență mai mare sau egală cu:

- capacitatea de rezistență a rigidizărilor de continuitate;
- efortul efectiv care este transmis de rigidizare.

(828) În zona îmbinării grindă-stâlp, tălpile stâlpului se leagă lateral, la nivelul tălpii superioare a grinzilor. Fiecare rezemare laterală se proiectează la o forță egală cu $0,02f_y t_{bf} b$, unde t_{bf} și b sunt dimensiunile tălpii grinzii.

(829) Dacă structura este proiectată să formeze zone plastice în grinzi, în conformitate cu mecanismul plastic optim stabilit conform 6.2.5, îmbinările grinzilor cu stâlpii se realizează astfel încât să răspundă în domeniul elastic la incidența acțiunii seismice de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime. Valorile de proiectare ale eforturilor se stabilesc în funcție de capacitatea de rezistență plastică a grinzii $M_{pl,Rd}$ și de forța tăietoare asociată formării zonelor plastice în grindă, V_{Ed} , evaluate conform 6.6.2, (802).

(830) Capacitatea de rotire totală a nodului grindă-stâlp θ_{Rd}^{SLU} la Starea limită ultimă trebuie să fie cel puțin egală cu $0,04rad$, pentru structurile din clasa de ductilitate DCH, respectiv $0,03rad$ pentru cele din clasa DCM.

Capacitatea de rotire totală θ trebuie să fie asigurată la încărcări ciclice, fără degradări ale rezistenței și rigidității mai mari de 20%. Această cerință este valabilă indiferent de amplasarea zonelor disipative luate în considerare la proiectare.

$$\theta = \frac{\delta}{0,5L} \quad (6.2)$$

unde δ și L sunt săgeata grinzii la mijlocul deschiderii și, respectiv, deschiderea grinzii (Figura 6.3).

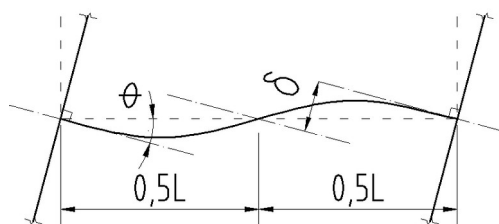


Figura 6.3 Semnificația deformăției δ care se ia în considerare pentru calculul rotației θ

6.6.5 Prinderea stâlpilor în fundații

(831) La structurile clădirilor proiectate în clasele de ductilitate DCM și DCH, în vecinătatea bazei stâlpilor se pot dezvolta deformății plastice; zona potențial plastică situată în vecinătatea bazei stâlpului trebuie să asigure rotații plastice compatibile cu deformările globale, dar cel puțin de 0,04 rad.

(832) Prinderea stâlpului de fundație se realizează astfel încât să se asigure transmiterea forțelor tăietoare de pe ambele direcții principale ale secțiunii calculate cu relația (6.1):

$$V_{Ed,j} = \frac{2M_{N,Rd,c}}{h_s} \quad (6.1)$$

unde:

$V_{Ed,j}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare din prindere;

$M_{N,Rd,c}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la moment încovoietor plastic, în prezența forței axiale;

h_s înălțimea de nivel.

6.7 Cadre contravântuite centric

6.7.1 Criterii de proiectare

(833) Cadrele contravântuite centric trebuie proiectate astfel încât deformarea în domeniul plastic a diagonalelor întinse să se producă înainte de cedarea îmbinărilor, de formarea zonelor plastice în grinzi și stâlpi sau de pierderea stabilității generale a grinzilor și a stâlpilor.

(834) Diagonalele contravântuirilor se amplasează astfel încât structura să aibă deplasări laterale cu valori apropiate, la fiecare nivel și pe orice direcție contravântuită, pentru ambele sensuri ale mișcării seismice.

(835) La fiecare nivel se respectă condiția:

$$\frac{A^{+i,i}}{A^{-i,i}} \geq 1 \quad (6.1)$$

unde:

$A^{+i,i}$ și $A^{-i,i}$ ariile proiecțiilor pe plan vertical ale secțiunilor transversale ale diagonalelor întinse, când acțiunea seismică orizontală are sensuri diferite (Figura 6.2).

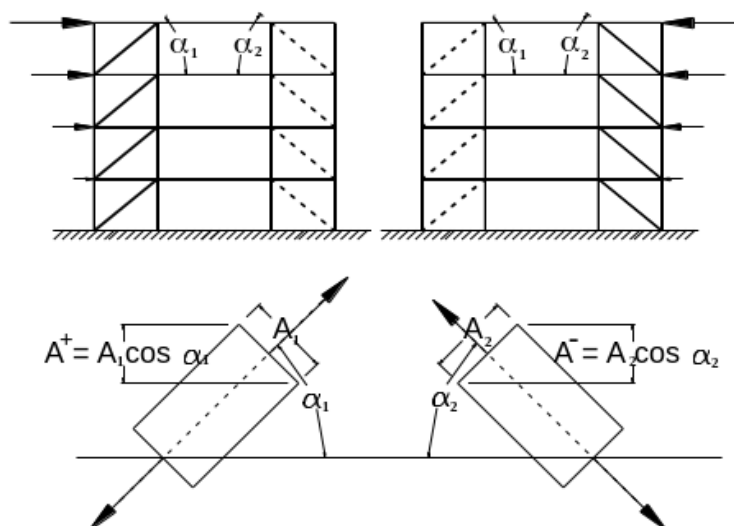


Figura 6.2 Reprezentare exemplificativă a prevederilor de la 6.7.2. (840)

(836) Prinderea excentrică a contravântuirii față de nodul de intersecție grindă - stâlp în raport cu una dintre axe, se limitează la cel mult înălțimea secțiunii grinzii. De acest aspect se ține seama în calculul structurii.

(837) Nu este permisă utilizarea cablurilor pentru elementele diagonalelor calculate în conceptul de comportare înalt, medie sau slab disipativă.

6.7.2 Particularități de calcul

(838) Structura se realizează astfel încât capacitatea sa de rezistență este suficient de mare pentru ca toate componentele structurale și îmbinările dintre acestea să răspundă elastic sub acțiunile corespunzătoare stării limită ultime, altele decât acțiunea seismică.

(839) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, sistemul structural se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de rezistență la starea limită ultimă, corespunzătoare grupării fundamentale de încărcări, fără aportul contravântuirilor.

(840) La realizarea calculului structurii printr-o metodă de calcul static liniar se consideră că:

(ffffff) pentru structurile în cadre cu contravântuiri în „X” sau alternante, la care diagonalele întinse și cele comprimate nu se intersectează, (vezi 6.7.1Figura 6.2), încadrate în clasa DCM de ductilitate, se pot lua în considerare numai diagonalele întinse; diagonalele comprimate pot fi neglijate numai în situația în care capacitatea de rezistență la compresiune a barei este cel mult jumătate din capacitatea de rezistență la întindere a acesteia. Cadrele contravântuite centric, pentru care la proiectarea în clasa de ductilitate DCM se pot lua în considerare numai diagonalele întinse, sunt indicate în tabelul 6.2.6.1.1Tabelul 6.1, (ffffff), (iii).

(gggggggggg) pentru structurile în cadre cu contravântuiri în „V” sau în „X” pe două niveluri încadrate în clasa DCM de ductilitate, se iau în considerare atât diagonalele întinse cât și cele comprimate.

(hhhhhhhhhh) pentru structurile în cadre contravântuite centric, încadrate în clasa DCH de ductilitate, se iau în considerare atât diagonalele întinse cât și cele comprimate.

(841) Calculul structurii pentru sistemele structurale tip cadru contravântuit centric cu contravântuiri continue dezvoltate pe mai mult de două deschideri și niveluri, care nu sunt cuprinse în 6.2.6.1.1 Tabelul 6.1, (ffffff), se realizează prin calcul static neliniar sau calcul dinamic neliniar.

(842) La calculul structurii cu orice tip de de contravântuiri centrice, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, se pot lua în considerare diagonalele întinse și comprimate dacă se îndeplinesc următoarele condiții:

(iiiiiiiiiii) se efectuează un calcul static sau dinamic neliniar;

(jjjjjjjjjj) discretizarea diagonalelor se face cu elemente finite care să modeleze flambajul diagonalelor comprimate.

6.7.3 Calculul diagonalelor

(843) Secțiunile transversale ale diagonalelor trebuie să se încadreze în clasa 1 de secțiuni pentru proiectarea în clasa DCH de ductilitate, respectiv în clasa 1 sau 2 de secțiuni pentru proiectarea în clasa DCM de ductilitate, în conformitate cu prevederile din SR EN 1993-1-1. În cazul proiectării în clasa DCH de ductilitate, trebuie respectate suplimentar condițiile:

(kkkkkkkkkk) pentru diagonale tubulare cu secțiuni circulare:

$$D/t \leq 47,4 \varepsilon^2 / \omega_{rm} \quad (6.1)$$

unde:

D diametrul exterior al diagonalei;

t grosimea peretelui secțiunii transversale a diagonalei;

$$\varepsilon = \left(\frac{235}{f_y} \right)^{0,5} \quad (6.2)$$

(llllllllll) pentru diagonale tubulare cu secțiuni rectangulare sau pătrate:

$$c/t \leq 19,4 \varepsilon / \omega_{rm}^{0,5} \quad (6.3)$$

unde:

c lățimea peretelui secțiunii transversale a diagonalei;

t grosimea peretelui secțiunii transversale a diagonalei.

(844) Lungimea diagonalei se consideră egală cu lungimea interax a barei:

Notă: Aceasta este distanța între nodurile teoretice; nodurile se consideră a fi intersecțiile axei diagonalei cu axele stâlpilor sau a grinzilor.

(845) Lungimea de flambaj a diagonalei se consideră:

(mmmmmmmmmm) egală cu lungimea barei, perpendicular pe planul cadrului contravântuit;

(nnnnnnnnnn) egală cu 0,8 din lungimea barei, în planul cadrului contravântuit;

(oooooooooooo) egală cu 0,8 din lungimea barei, perpendicular pe planul cadrului contravântuit, în cazul diagonalelor în X;

(ppppppppppp) egală cu 0,5 din lungimea barei, în planul cadrului contravântuit, în cazul diagonalelor în X;

(846) Prin excepție de la (845), în cazul unor date obținute din studii sau încercări experimentale se pot adopta și alte valori pentru lungimile de flambaj.

(847) La cadrele contravântuite centric cu contravântuiri cu diagonale în „X”, la clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, în cazul în care se iau în considerare numai barele întinse, zveltețea se limitează conform condiției:

$$1,3\pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} \leq \lambda \leq 2,5\pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.4)$$

(848) La cadrele contravântuite centric cu contravântuiri cu diagonale în X, în cazul în care se iau în considerare atât barele întinse cât și cele comprimate, zveltețea se limitează conform condițiilor:

$$\begin{aligned} \lambda &\leq 2,0\pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ pentru clasa de ductilitate DCH} \\ \lambda &\leq 2,5\pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ pentru clasa de ductilitate DCM} \end{aligned} \quad (6.5)$$

(849) La cadrele contravântuite centric cu contravântuiri care lucrează la întindere dar nu sunt dispuse în „X”, conform reprezentării din 6.2.6.1.1Tabelul 6.1, (ffffff), (iii) și 6.7.1Figura 6.2, zveltețea se limitează conform relației:

$$\lambda \leq 2,0\pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.6)$$

(850) La cadrele contravântuite centric cu contravântuiri în „V” și „V” inversat, zveltețea se limitează conform relației:

$$\lambda \leq 2,0\pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.7)$$

(851) La cadrele contravântuite centric cu cel mult două niveluri nu se aplică nici o limitare suplimentară pentru zveltețe, indiferent de modul de dispunere a contravântuirilor.

(852) Diagonalele întinse se realizează astfel încât să îndeplinească relația:

$$N_{pl,Rd} \geq N_{Ed} \quad (6.8)$$

unde:

N_{Ed} valoarea de proiectare a forței axiale de întindere din diagonală din gruparea seismică de încărcări;

$N_{pl,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la întindere a secțiunii transversale brute a diagonalei, determinată conform SR EN 1993-1-1.

(853) Verificarea rezistenței diagonalelor comprimate se face pe baza prevederilor SR EN 1993-1-1.

(854) Pentru cadre contravântuite centric din 6.2.6.1.1Tabelul 6.1, (ffffff), (iii) sau (v), se pot utiliza diagonale pe lungimea cărora sunt prevăzute zone cu secțiune redusă, cu respectarea cumulativă a condițiilor:

(qqqqqqqqqq) zonele cu secțiune redusă sunt amplasate către extremitățile barei pentru a nu afecta capacitatea de rezistență la flambaj a diagonalei;

(rrrrrrrrrr) lungimea zonei cu secțiunea redusă a diagonalei, L_r , îndeplinește condiția:

$$L_r \geq 2c + 5,65 \sqrt{t_f(b_{bf} - 2c)} \quad (6.9)$$

unde:

L_r lungimea zonei cu secțiunea redusă a diagonalei;

A_{rs} aria secțiunii zonei reduse $A_{rs} = t_f(b_{bf} - 2c)$;

c reducerea maximă a tălpii barei, limitată superior la $0,25 b_{bf}$;

t_f, b_{bf}, c se stabilesc conform reprezentării din [Figura 6.2](#).

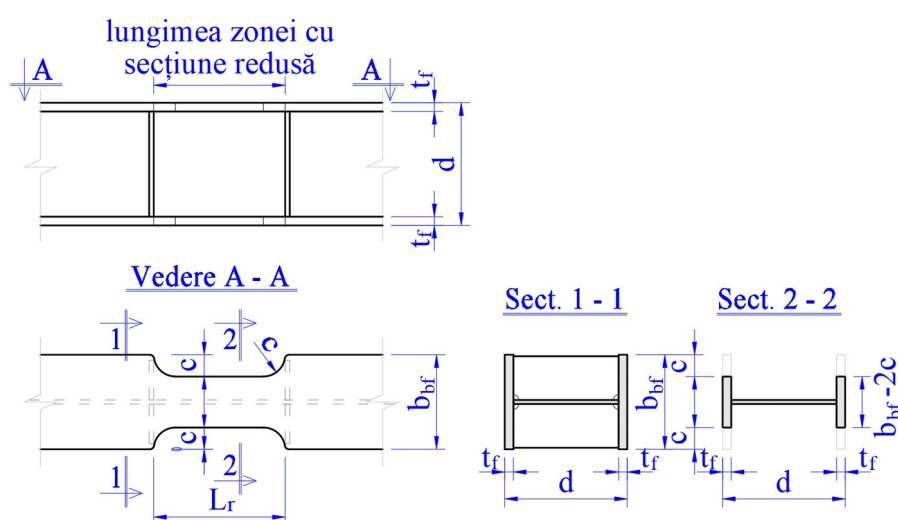


Figura 6.2 Geometria zonei cu secțiune redusă amplasată la extremitățile barei

(ssssssssss) zona redusă este realizată cu secțiune de clasă 1;

(tttttttttt) decuparea tălpilor este efectuată printr-o procedură care să asigure o tăietură netedă, astfel încât să nu apară creștături sau alte defecte care să constituie amorse de fisură; rugozitatea suprafeței decupate este mai mică sau egală cu $13 \mu m$, racordările dintre decupare și talpa nemodificată se rotunjesc și muchiile tălpilor în zonele decupate se vor polizează;

(uuuuuuuuuu) capacitatea de deformare axială a zonelor cu secțiune redusă este mai mare decât cerința de deformare corespunzătoare deplasării structurii sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, determinată prin calcul neliniar.

6.7.4 Calculul grinzilor și stâlpilor

(855) Capacitatea de rezistență a stâlpilor și grinzilor se verifică în fiecare combinație seismică de încărcări. Verificările de rezistență și stabilitate se realizează pe baza prevederilor SR EN1993-1-1. Valorile de proiectare ale eforturilor se determină cu relațiile:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega_T N_{Ed,E} \quad (6.1)$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + \Omega_T M_{Ed,E} \quad (6.2)$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + \Omega_T V_{Ed,E} \quad (6.3)$$

unde:

N_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoiator și forței tăietoare;

$N_{Ed,G}$, $M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$ forța axială, momentul încovoiator și forța tăietoare, din acțiunile neseismice din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$N_{Ed,E}$, $M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$ forța axială, momentului încovoiator și forței tăietoare, din acțiunea seismică de proiectare;

Ω_T valoarea suprarezistenței sistemului structural, care se determină cu relația:

$$\Omega_T = \omega_{rm} \omega_{sh} \Omega_d \quad (6.4)$$

Ω_d este valoarea minimă a raportului $\Omega_{N,i} = N_{pl,Rd,i} / N'_{Ed,i}$ calculată pentru diagonalele întinse ale sistemului de contravântuiri al cadrului

$N_{pl,Rd,i}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la forță axială a diagonalei "i";

$N'_{Ed,i}$ valoarea forței axiale în diagonala "i", rezultată din calculul structurii în gruparea de acțiuni care include acțiunea seismică.

Valoarea lui Ω_d se calculează pentru fiecare combinație seismică de proiectare.

Notă: Valorile eforturilor N_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} se pot obține din grupările seismice, unde acțiunea seismică unidirecțională se multiplică cu Ω_T .

(856) Valoarea suprarezistenței Ω_T se poate limita superior, astfel încât să fie îndeplinită condiția $\Omega_T \leq q$, unde q este factorul de comportare al structurii. La proiectarea clădirilor încadrate în clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur se pot utiliza valorile suprarezistenței Ω_T prevăzute în **6.5.7.1.1 Tabelul 6.1**.

(857) Pentru fiecare direcție ortogonală orizontală a structurii, diagonalele se realizează astfel încât diferența dintre valoarea maximă și valoarea minimă a raportului $\Omega_{N,i}$, stabilit conform (811), să fie mai mică sau egală 25% din valoarea maximă.

(858) Prin excepție de la (813), în cazul în care nu se poate asigura o diferență dintre valoarea maximă și valoarea minimă a raportului $\Omega_{N,i}$, stabilit conform (811), mai mică sau egală 25% din valoarea maximă, mecanismul plastic al structurii se verifică prin calcul neliniar, static sau dinamic.

(859) La cadre cu contravântuiri în „V” sau similare, grinzile se proiectează pentru a prelua eforturile produse de acțiunea seismică aplicată grinzii de către contravântuiri după flambajul diagonalei comprimate. Aceste eforturi se calculează considerând:

- o forță de întindere egală cu $\omega_{rm} \omega_{sh} N_{pl,Rd}$ în diagonala întinsă, unde $N_{pl,Rd}$ este valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la întindere a diagonalei;
- o forță de compresiune egală cu $0,3 N_{b,Rd}$ în diagonala comprimată, unde $N_{b,Rd}$ este capacitatea de rezistență a diagonalei comprimate determinată conform prevederilor SR EN 1993-1-1.

(860) La cadre cu contravântuiri în „V” sau similare, în secțiunea de intersecție cu diagonalele, se prevăd legături laterale pentru grindă, atât la talpa superioară cât și la talpa inferioară, capabile să echilibreze o forță laterală egală cu $0,02 b t_f f_y$.

(861) La cadrele cu diagonale alternante (6.7.1Figura 6.2), stâlpii se proiectează considerând forțele axiale care se dezvoltă în ei la atingerea capacității de rezistență la flambaj a diagonalelor, având în vedere abaterile de rezistență ale materialului, $\omega_{rm} N_{b,Rd}$.

(862) Zveltețea stâlpilor în planul contravântuit, se limitează la

$$\lambda \leq 1,3 \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.5)$$

unde

λ zveltețea stâlpului;

E modulul de elasticitate al oțelului;

f_y valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului.

(863) Îmbinările de continuitate ale stâlpilor se realizează la aproximativ 1/3 din înălțimea de etaj și se vor proiecta în conformitate cu prevederile SR EN 1993-1-8.

(864) În cazul cadrelor contravântuite centric cu contravântuiri în „V” sau în „X” pe două niveluri, proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, grinzile cadrului contravântuit se realizează astfel încât rigiditatea lor la încovoiere, k_b , să respecte condițiile:

$$k_b \leq 0,2 \cdot k_{br} \quad (6.6)$$

$$k_b = (48 \cdot \zeta \cdot E_s \cdot I_b / L_b^3) \quad (6.7)$$

$$k_{br} = 2 \frac{A_{br} E_s}{L_{br}} \sin^2 \alpha \quad (6.8)$$

în care:

k_b rigiditatea la încovoiere a grinzii;

k_{br} rigiditatea diagonalelor care se intersectează cu grinda;

E_s modulul de elasticitate al oțelului;

I_b momentul de inerție al secțiunii grinzii în raport cu axa de încovoiere;

L_b lungimea grinzii (deschiderea);

ζ factor care ține seama de legăturile de la capetele grinzii: $\zeta=1$, pentru bara articulată, sau $\zeta=4$, pentru bara încastrată;

L_{br} lungimea diagonalelor;

A_{br} aria secțiunii transversale a diagonalelor;

α unghiul pe care bara diagonală îl face cu direcția orizontală.

(865) În cazul cadrelor contravântuite centric cu prinderi rigide grindă-stâlp, la proiectarea stâlpilor și grinzilor se verifică condiția privind ierarhizarea capacităților de rezistență la moment încovoietor dată la 6.6.3, (816).

Notă: Pentru îndeplinirea acestei prevederi se pot aplica măsuri constructive care să asigure împotriva apariției deformațiilor plastice în stâlpi. Astfel de măsuri, sunt, de exemplu: secțiuni reduse la capetele riglelor în cazul prinderilor rigide dintre riglele și stâlpi.

6.7.5 Îmbinările grindă-stâlp

(866) În deschiderea contravântuită îmbinarea poate fi realizată articulată sau rigidă.

(867) Atunci când se realizează articulată, îmbinarea trebuie să permită dezvoltarea unei rotiri libere de 0,02 rad.

(868) Atunci când se realizează rigidă, îmbinarea trebuie realizată ca îmbinare nedisipativă cu îndeplinirea prevederilor (869) și (870).

(869) La îmbinări nedisipative, capacitatea de rezistență la încovoiere a prinderii grindă-stâlp îndeplinește condiția:

$$M_{j,Rd} \geq \omega_{rm} \omega_{sh} M_{pl,Rd} \quad (6.1)$$

unde:

$M_{j,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoietor a îmbinării determinată conform prevederilor SR EN 1993-8;

$M_{pl,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la moment încovoietor a grinzii determinată conform prevederilor SR EN 1993-1.

(870) La îmbinări nedisipative, în situația în care grinda de la ultimul nivel este poziționată deasupra stâlpului, îmbinarea stâlp-grindă respectă următoarea condiție:

$$M_{j,Rd} \geq \omega_{rm} \omega_{sh} M_{N,Rd} \quad (6.2)$$

unde:

$M_{N,Rd}$ momentul capabil al stâlpului, în prezența forței axiale.

6.7.6 Îmbinările barelor de contravântuire

(871) Sistemul de prindere al barelor de contravântuire vor avea capacitatea de rezistență pentru a prelua forțele axiale dezvoltate în diagonalele întinse intrate în curgere, $N_{pl,Rd}$, și ținând seama de suprazistență, ω_{rm} , și consolidarea materialului, ω_{sh} .

(872) Sistemul de prindere al barelor de contravântuire se verifică la eforturile date de relațiile (6.1), (6.2) și (6.3):

$$N_{T,j,Ed} = \omega_{rm} \omega_{sh} N_{pl,Rd} \quad (6.1)$$

$$N_{C,j,Ed} = \omega_{rm} N_{b,Rd} \quad (6.2)$$

$$M_{j,Ed} = \omega_{rm} \omega_{sh} M_{pl,Rd} \quad (6.3)$$

unde:

$N_{T,j,Ed}$, $N_{C,j,Ed}$, $M_{j,Ed}$ eforturile de proiectare, respectiv forța axială de întindere ($N_{T,j,Ed}$), forța axială de compresiune ($N_{C,j,Ed}$) și momentul încovoietor din

planul cadrului contravântuit ($M_{j,Ed}$), utilizate pentru dimensionarea îmbinărilor;

$N_{pl,Rd}$ capacitatea de rezistență plastică la efort axial de întindere a contravântuirii;

$N_{b,Rd}$ capacitatea de rezistență la flambaj a diagonalei;

$M_{pl,Rd}$ momentul capabil plastic al secțiunii contravântuirii evaluat în planul cadrului contravântuit.

6.8 Cadre contravântuite excentric

6.8.1 Criterii de proiectare

(873) Cadrele contravântuite excentric se proiectează în așa fel încât barele disipative, elemente special amplasate în structură, să fie capabile să disipeze energia prin formarea de mecanisme plastice de încovoiere și/sau de forfecare.

(874) Structura se proiectează astfel încât să se obțină o comportare disipativă de ansamblu cât mai uniformă.

(875) Regulile date în continuare sunt menite să asigure că formarea articulațiilor plastice în barele disipative va avea loc înainte de pierderea stabilității generale sau apariția articulațiilor plastice în alte elemente structurale cum sunt stâlpii, contravântuirile și/sau segmentele de grinzi adiacente barelor disipative.

(876) Barele disipative pot fi orizontale sau verticale.

6.8.2 Calculul barelor disipative

(877) Barele disipative se realizează cu secțiuni de tip dublu „T” realizate din profile laminate la cald, „I” și/sau „H”, sau table sudate.

(878) Bara disipativă se realizează cu inima plină, fără plăci de dublare, goluri sau găuri.

(879) Barele disipative sunt clasificate în 3 categorii în funcție de modul de dezvoltare al mecanismului plastic:

- bare disipative scurte, care consumă energia predominant prin deformarea în domeniul postelastice a barei din forță tăietoare (eforturi principale);
- bare disipative lungi, care consumă energia predominant prin deformarea în domeniul postelastice a secțiunii din moment încovoiător;
- bare disipative intermediare, la care deformarea în domeniul postelastice a secțiunii este produsă de moment încovoiător și forța tăietoare.

(880) Capacitatea de rezistență a barelor disipative se calculează cu relațiile (6.1) și (6.1):

$$M_{p,link} = f_y b t_f (d - t_f) \quad (6.1)$$

$$V_{p,link} = (f_y / \sqrt{3}) t_w (d - t_f) \quad (6.2)$$

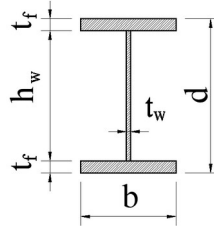


Figura 6.2 Notatii pentru bara disipativă

(881) Dacă $N_{Ed}/N_{pl,Rd} \leq 0,15$ la ambele capete ale barei disipative vor fi satisfăcute condițiile:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,link} \quad (6.1)$$

$$M_{Ed} \leq M_{pl,link} \quad (6.2)$$

unde,

M_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} sunt eforturile de proiectare (forța axială, momentul încovoietor și forța tăietoare) la ambele capete ale barei disipative, rezultate din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică

(882) Dacă $N_{Ed}/N_{pl,Rd} > 0,15$, în relațiile (6.1) și (6.2) se utilizează valorile reduse $V_{pl,link,r}$ și $M_{pl,link,r}$ în locul valorilor $V_{pl,link}$ și $M_{pl,link}$:

$$V_{pl,link,r} = V_{pl,link} \left[1 - \left(N_{Ed}/N_{pl,Rd} \right)^2 \right]^{10,5} \quad (6.3)$$

$$M_{pl,link,r} = 1,18 M_{pl,link} \left[1 - \left(N_{Ed}/N_{pl,Rd} \right) \right] \quad (6.4)$$

(883) Dacă $N_{Ed}/N_{pl,Rd} \geq 0,15$ lungimea barei disipative, e , trebuie să satisfacă relația (6.5) dacă $R < 0,3$ și relația (6.6) dacă $R \geq 0,3$:

$$e \leq 1,60 M_{pl,link}/V_{pl,link} \quad (6.5)$$

$$e \leq (1,15 - 0,5 R) 1,60 M_{pl,link}/V_{pl,link} \quad (6.6)$$

Coeficientul R are expresia:

$$R = N_{Ed} t_w \frac{d - 2 t_f}{V_{Ed} A} \quad (6.7)$$

unde A este aria secțiunii brute a barei disipative.

(884) În situația în care, la ambele capete ale barei disipative se dezvoltă simultan momente încovoietoare cvasi egale (Figura 6.3, a), barele disipative, indiferent de tipul secțiunii transversale, vor fi clasificate în funcție de lungimea e , după cum urmează:

(vvvvvvvvvvvv) dacă $e < 1,60 M_{pl,link}/V_{pl,link}$, bara disipativă este scurtă;

(wwwwwwwwwww) dacă $e > 3,0 M_{pl,link}/V_{pl,link}$, bara disipativă este lungă;

(xxxxxxxxxxxxx) dacă $3,0 M_{pl,link}/V_{pl,link} \geq e \geq 1,60 M_{pl,link}/V_{pl,link}$, bara disipativă este intermediară.

(885) În situația în care, momente încovoietoare de la capetele barei disipative diferă (Figura 6.3, b, c și d), barele disipative, indiferent de tipul secțiunii transversale, vor fi clasificate în funcție de lungimea e , după cum urmează :

(yyyyyyyyyyyyyy) dacă $e < 0,80(1+\alpha)M_{pl,link}/V_{pl,link}$, bara disipativă este scurtă;
 (zzzzzzzzzzzz) dacă $e > 1,50(1+\alpha)M_{pl,link}/V_{pl,link}$, bara disipativă este lungă;
 (aaaaaaaaaaaaa) dacă $1,50(1+\alpha)M_{pl,link}/V_{pl,link} \geq e \geq 0,80(1+\alpha)M_{pl,link}/V_{pl,link}$, bara disipativă este intermediară.

$$\alpha = \frac{|M_{Ed,A}|}{|M_{Ed,B}|} \quad (6.8)$$

unde $M_{Ed,A}$ și $M_{Ed,B}$ sunt valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare la capetele barei disipative, în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică, cu $|M_{Ed,A}| < |M_{Ed,B}|$.

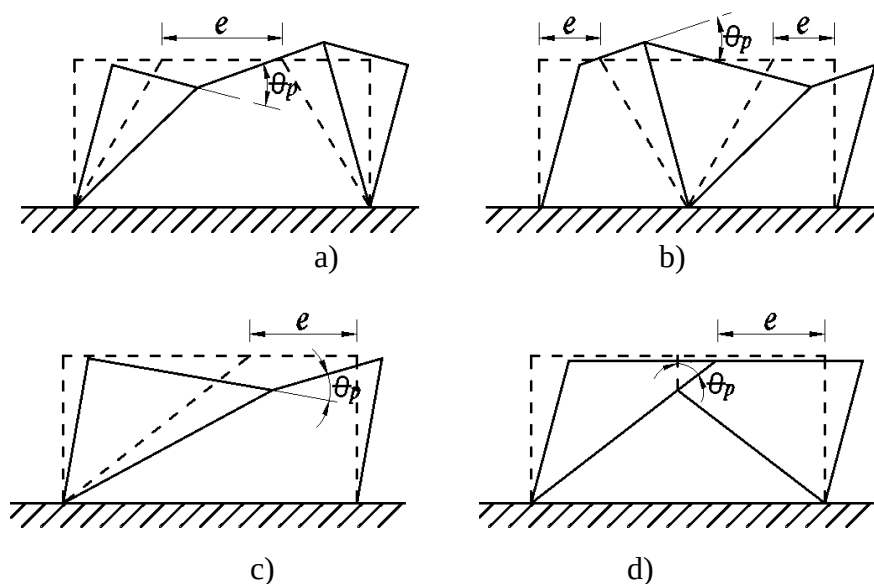


Figura 6.3 Configurații de cadre contravântuite excentric cu momente egale la capetele barei disipative (a) sau momente inegale la capetele barei disipative (b , c și d), reprezentări exemplificative

(886) Unghiul de rotire inelastică al barei disipative, θ_p , format între bara disipativă și elementul din afara acesteia, conform semnificației din [Figura 6.3](#), rezultat în urma unui calcul neliniar, se limitează conform relațiilor:

(bbbbbbbbbbbbbb) $\theta_p \leq 0,08 \text{ rad}$, pentru barele disipative scurte;

(cccccccccccccc) $\theta_p \leq 0,02 \text{ rad}$, pentru barele disipative lungi;

(dddddddddddddd) θ_p va avea o valoare determinată prin interpolare liniară între valorile de mai sus, pentru barele disipative intermediare.

(887) La capetele barei disipative, în dreptul contravântuirii, se vor prevedea perechi de rigidizări pe toată înălțimea inimii pe ambele fețe ale acesteia, la distanța p una de cealaltă. Aceste rigidizări trebuie să aibă o lățime însumată de cel puțin $(b - 2t_w)$, grosimea $t_{st} \geq t_w$ sau $t_{st} \geq t_{fd}$, atunci când tălpile diagonalei de grosime t_{fd} sunt în contact cu rigla de cadru, dar cel puțin de 10 mm. În situația în care tălpile diagonalei de sunt în contact cu rigla de cadru, sudura de prindere a acestor rigidizări de tălpile grinzii se face cu același tip de sudură și cel puțin aceleași dimensiuni ca și cele ale prinderii dintre tălpile diagonalei de grindă.

(888) Barele disipative cu secțiuni dublu „T” se prevăd cu rigidizări pe întreaga înălțime a inimii, după cum urmează:

(eeeeeeeeeeee) barele disipative scurte ([Figura 6.4](#)), trebuie să fie prevăzute cu rigidizări intermediare amplasate pe inimă la distanțe a care trebuie să respecte condițiile:

$$\begin{aligned} a &\leq (30 t_w - h_w/5) \text{ pentru } \theta_p = 0,08 \text{ rad} \\ a &\leq (52 t_w - h_w/5) \text{ pentru } \theta_p = 0,02 \text{ rad} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Pentru $0,02 \text{ rad} < \theta_p < 0,08 \text{ rad}$, valoarea a se determină prin interpolare liniară.

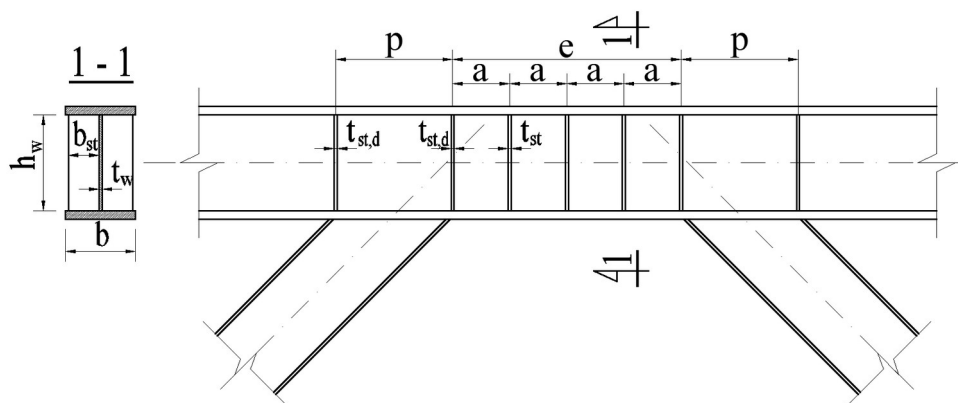


Figura 6.4 Dispunerea rigidizărilor transversale la bare disipative scurte

(ffffffffffff) barele disipative lungi ([Figura 6.5](#)) trebuie să fie prevăzute cu rigidizări intermediare pe ambele fețe ale inimii, amplasate la distanța de $\bar{c} \approx 1,5 b$ de la fiecare capăt al barei disipative, care delimitează zonele potențial plastice.

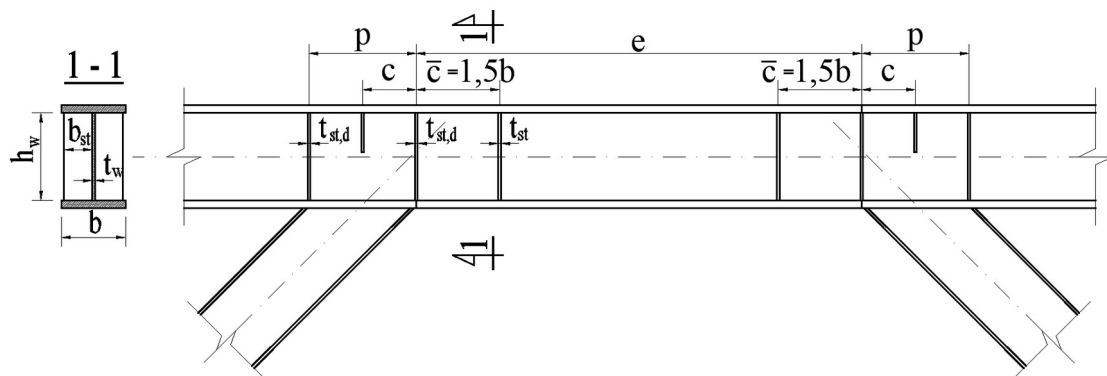


Figura 6.5 Dispunerea rigidizărilor transversale la bare disipative lungi

(gggggggggggg) Barele disipative intermediare ([Figura 6.6.](#)), trebuie să fie prevăzute cu rigidizări ale inimii care să îndeplinească cerințele de la a) și b) enumerate anterior.

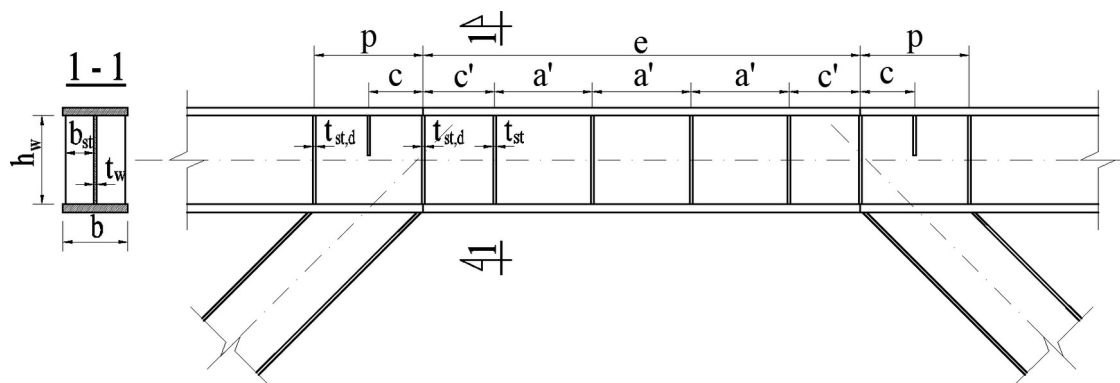


Figura 6.6 Dispunerea rigidizărilor transversale la bare disipative intermediare

(hhhhhhhhhhhh) Rigidizările inimii trebuie să se prevadă pe toată înălțimea acesteia. Aceste rigidizări trebuie să aibă o lățime însumată de cel puțin $(b - 2t_w)$ și grosimea $t_{st} \geq 0,8t_w$, dar cel puțin de 10 mm.

(iiiiiiiiiii) La barele disipative cu o înălțime mai mică de 600 mm, rigidizările se pot prevedea numai pe o singură parte a inimii, alternativ. Distanța a va fi distanța dintre două rigidizări consecutive, indiferent pe ce față a inimii barei disipative sunt amplasate. În acest caz, grosimea t_{st} a rigidizării îndeplinește condițiile $t_{st} \geq t_w$ și $t_{st} \geq 10 \text{ mm}$, iar lățimea rigidizării îndeplinește condiția $b_{st} \geq (b - 2t_w)/2$.

(jjjjjjjjjjjj) Pentru evitarea pierderii stabilității tălpii superioare a riglei în panoul de intersecție cu diagonala, se prevăd rigidizări transversale cu înălțimea de cel puțin $h_w/2$, la distanța c față de extremitatea barei disipative, unde c se determină cu relația:

$$c = \min(b, p/2) \quad (6.1)$$

unde c, b și p sunt descrise în [Figura 6.4](#), [Figura 6.5](#) și [Figura 6.6](#).

(889) Nu sunt necesare rigidizări intermediare pe inima barelor disipative cu o lungime mai mare de $5M_{pl,link}/V_{pl,link}$.

(890) Rigidizările barelor disipative prevăzute conform (888) se fixează cu sudură în adâncime cu pătrundere completă sau cu sudură în relief pe ambele părți ale rigidizării. Sudurile în relief ale rigidizărilor de inima barei disipative trebuie să aibă rezistența mai mare sau egală cu $\omega_{rm} f_y A_{st}$, unde $A_{st} = t_{st} b_{st}$ este aria secțiunii rigidizării. Rezistența sudurilor în relief dintre rigidizare și tălpile barei disipative trebuie să fie mai mare sau egală cu $\omega_{rm} f_y A_{st}/4$.

(891) La capetele barei disipative, atât la talpa superioară cât și la talpa inferioară, trebuie prevăzute legături laterale, având o rezistență la compresiune mai mare sau egală cu $0,06 \omega_{rm} f_y b t_f$, unde b și t_f sunt dimensiunile secțiunii tălpii barei disipative.

(892) Pentru dirijarea articulațiilor plastice în barele disipative predominant încovoiate $e \geq 2,60 M_{pl,link}/V_{pl,link}$, se poate reduce lățimea tălpii în vecinătatea capetelor barei disipative, respectând condițiile constructive indicate la [6.6.2\(809\)](#). Secțiunea redusă se verifică la starea limită ultimă la eforturile de proiectare din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică.

6.8.3 Elementele nedisipative

(893) Elementele nedisipative: stâlpii, contravântuirile și segmentele grinzilor situate în afara barelor disipative se vor verifica considerând cea mai defavorabilă combinație de eforturi. Pentru verificările de rezistență și stabilitate se utilizează SR EN 1993-1-1 ca document normativ de referință. Eforturile de calcul în situația seismică de proiectare se determină cu relațiile:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega_T N_{Ed,E} \quad (6.1)$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + \Omega_T M_{Ed,E} \quad (6.2)$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + \Omega_T V_{Ed,E} \quad (6.3)$$

unde:

$N_{Ed,G}$, $M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$ valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoietor și forței tăietoare, din acțiunile neseismice din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$N_{Ed,E}$, $M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$ valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoietor și forței tăietoare, din acțiunea seismică de proiectare;

Ω_T valoarea suprarezistenței sistemului structural:

$$\Omega_T = \Omega_d \omega_{rm} \omega_{sh} \quad (6.4)$$

Ω_d factorul de suprarezistență, care se determină distinct pentru fiecare direcție de acțiune seismică în parte, cu relațiile:

$$\begin{aligned} \Omega_d &= \min \begin{cases} 1 & \text{pentru barele disipative scurte și intermediare} \\ e \leq 2,6 M_{pl,link} / V_{pl,link}; \end{cases} \\ \Omega_d &= \min \left(M_{pl,link,i} / M_{Ed,i} \right) \text{ pentru barele disipative lungi} \\ &\text{și intermediare cu } e > 2,6 M_{pl,link} / V_{pl,link}; \end{aligned} \quad (6.5)$$

ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, conform prevederilor din [6.2.3.1.1 Tabelul 6.1](#);

ω_{sh} factorul de suprarezistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului, a cărui valoare se stabilește conform prevederilor din [6.5.5.1.1 Tabelul 6.1](#);

$M_{Ed,i}$, $V_{Ed,i}$ valorile de proiectare ale forței tăietoare și momentului încovoietor în bara disipativă „i”, în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$M_{pl,link,i}$, $V_{pl,link,i}$ valorile de proiectare ale capacității de rezistență plastică la moment încovoietor și forță tăietoare, în bara disipativă "i" conform [6.8.2 \(880\)](#).

(894) Valoarea suprarezistenței Ω_T se limitează superior astfel încât să fie îndeplinită condiția $\Omega_T \leq q$, unde q este factorul de comportare al structurii. În cazul unui calcul simplificat se pot adopta valorile suprarezistenței Ω_T din [6.5.7.1.1 Tabelul 6.1](#).

(895) Atunci când bara disipativă și grinda care o conține sunt confecționate dintr-o singură bară, eforturile din segmentul de grindă situat în afara barei disipative se pot determina conform relațiilor [\(6.1\)](#), [\(6.2\)](#) și [\(6.3\)](#), considerând $\omega_{rm} = 1,00$.

(896) Diferența dintre valorile maxime și minime ale raportului Ω_i (pe fiecare direcție a structurii) trebuie să fie mai mică de 25%.

În cazul în care nu se poate asigura o variație sub 25% a raportului Ω_i , formarea mecanismului de plastificare al structurii se verifică prin metoda de calcul static neliniar sau metoda de calcul dinamic neliniar.

Nota 1: În mod practic valorile eforturilor N_{Ed} , M_{Ed} și V_{Ed} se obțin din grupările seismice, unde acțiunea seismică unidirecțională se multiplică cu Ω_T .

(897) Zveltețea stâlpilor în planul contravântuit, se limitează la

$$\lambda \leq 1,3\pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.6)$$

(898) Pentru verificarea la pierderea stabilității locale a inimilor grinzilor adiacente barei disipative se utilizează SR EN 1993-1-1 ca document normativ de referință.

(899) În cazul contravântuirilor în „Y” inversat (6.8.2 Figura 6.3, d) se aplică măsuri constructive care să asigure împotriva apariției deformațiilor plastice în stâlpi.

Notă: Astfel de măsuri sunt, de exemplu utilizarea de secțiuni reduse la capetele riglelor și diagonalelor fixate de stâlpi și/sau prinderi articulate cu bolț ale capetelor riglelor și diagonalelor de stâlpi.

6.8.4 Îmbinările barelor disipative

(900) Îmbinările barelor disipative sau ale elementelor care conțin bare disipative vor fi proiectate la solicitările:

(kkkkkkkkkkkk) pentru bare disipative scurte caracterizate prin $e \leq M_{pl,link}/V_{pl,link}$:

$$N_{Ed,j} = (2 \omega_{rm} f_y b_f t_f) \quad (6.1)$$

$$M_{Ed,j} = 0,5 e \omega_{rm} \omega_{sh} V_{pl,link} \quad (6.2)$$

$$V_{Ed,j} = V_{u,link} = \omega_{rm} \omega_{sh} V_{pl,link} \quad (6.3)$$

(lllllllllll) pentru bare disipative scurte și intermediare caracterizate prin $M_{pl,link}/V_{pl,link} < e \leq 2,6 M_{pl,link}/V_{pl,link}$:

$$V_{Ed,j} = V_{u,link} = \omega_{rm} \omega_{sh} V_{pl,link} \quad (6.4)$$

$$M_{Ed,j} = 0,5 e V_{pl,link} \quad (6.5)$$

(mmmmmmmmmmmm) pentru bare disipative intermediare și lungi caracterizate prin $e > 2,6 M_{pl,link}/V_{pl,link}$:

$$M_{Ed,j} = M_{u,link} = \omega_{rm} \omega_{sh} M_{pl,link} \quad (6.6)$$

$$V_{Ed,j} = 2 M_{pl,link}/e \quad (6.7)$$

(901) Pentru calculul îmbinării $N_{Ed,j}$ se ia în considerare întotdeauna ca forță axială de întindere.

6.9 Reguli de proiectare pentru structuri de tip pendul inversat

(902) La structurile de tip pendul inversat, stâlpii vor fi verificați la compresiune și încovoiere, luând în considerare cea mai defavorabilă combinație de eforturi axiale și momente încovoietoare.

(903) La verificări se vor folosi eforturile N_{Ed} , M_{Ed} și V_{Ed} calculate conform 6.6.3, relațiile 6.6.3.1(6.2).

(904) Coeficientul de zveltețe al stâlpilor se limitează conform relației:

$$\lambda \leq 0,85\pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.1)$$

(905) Coeficientul de sensibilitate la deplasarea relativă de nivel θ definit la 4.5.5 (2) se limitează superior la 0,20.

6.10 Cadre cu contravântuiri cu flambaj împiedicat

6.10.1 Criterii de proiectare

(906) Contravântuirile cu flambaj împiedicat sunt elemente disipative care sunt proiectate să dezvolte deformări plastice. Contravântuirile sunt realizate dintr-un miez din oțel introdus într-un sistem care împiedică flambajul miezului.

(907) Cadrele cu contravântuiri cu flambaj împiedicat se proiectează astfel încât deformarea în domeniul plastic a contravântuirilor cu flambaj împiedicat să se producă înainte de formarea articulațiilor plastice sau de pierderea stabilității generale în grinzi și stâlpi.

(908) La realizarea structurilor se utilizează bare de contravântuire cu flambaj împiedicat care au agrement tehnic. În agrementul tehnic se prevăd caracteristicile de rezistență și deformabilitate ale barelor de contravântuire cu flambaj împiedicat, în regim de solicitare ciclică.

6.10.2 Particularități de calcul

(909) Prinderea excentrică a contravântuirii cu flambaj împiedicat față de nodul de intersecție grindă - stâlp în raport cu una dintre axe, se limitează la cel mult înălțimea secțiunii grinzii. De acest aspect se ține seama în calculul structurii.

(910) Încărcările gravitaționale, se consideră preluate numai de grinzi și stâlpi, fără a se ține cont de elementele de contravântuire.

(911) Contravântuirile cu flambaj împiedicat dispuse în „V” sau „V” inversat, îndeplinesc următoarele cerințe:

(nnnnnnnnnnnn) capacitatea de rezistență a grinzilor care intersectează contravântuirile, îmbinările lor și elementele adiacente vor fi calculate în ipoteza că diagonalele nu contribuie la preluarea încărcărilor gravitaționale. Pentru combinațiile care includ acțiunea seismică, efectul contravântuirii asupra grinzii, exprimat printr-o forță verticală și una orizontală, se determină pe baza capacității de rezistență la întindere și la compresiune furnizate de producătorul barelor de contravântuire cu flambaj împiedicat.

(oooooooooooo) grinzile se realizează continue între stâlpi. În secțiunea de intersecție cu diagonalele, la talpa superioară cât și la talpa inferioară a grinzii se dispun legături laterale capabile să preia fiecare o forță laterală egală cu $0,02 b t_f f_y$.

(912) În calculul structurii se vor lua în considerare atât contravântuirile cu flambaj împiedicat întinse cât și cele comprimate.

(913) Se pot utiliza contravântuirile cu flambaj împiedicat pentru care agrementul tehnic prevede următoarele caracteristici: N_{Rd} , γ_{CT} , ω_{sh} , ω_{rm} , A , f_y , curba forță-deplasare la solicitări ciclice, capacitatea maximă de deformare la întindere și compresiune, planul în care se produce cedarea contravântuirii,

unde

ω_{rm} factorul de suprarezistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului;

ω_{sh} factorul de suprarezistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului; acesta se obține în urma încercărilor de tracțiune pe epruvete obținute din materialul miezului contravântuirii cu flambaj împiedicat și reprezintă este raportul dintre forța maximă de întindere rezultată corespunzătoare unei deformații a epruvetei de două ori mai mare decât cea cauzată de acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, și forța corespunzătoare inițierii curgerii oțelului;

γ_{CT} raportul dintre capacitatea maximă de rezistență la compresiune și capacitatea maximă de rezistență la întindere determinate pe baza rezultatelor testelor de calificare pentru o deformație dublă față de cea cauzată de acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

A aria secțiunii transversale a miezului din oțel;

f_y limita de curgere nominală a oțelului din miez.

(914) Se pot utiliza pentru realizarea structurilor de oțel numai contravântuirile cu flambaj împiedicat pentru care sunt îndeplinite condițiile:

$$\omega_{sh} \leq 1,50 \quad (6.1)$$

$$1,10 \leq \gamma_{CT} \leq 1,30 \quad (6.2)$$

(915) În analize neliniare răspunsul inelastic al contravântuirilor cu flambaj împiedicat se modelează luând în considerare: rigiditatea inițială a barei, rigiditatea materialului după curgere și de valorile diferite ale capacităților de rezistență la întindere față de compresiune. În cazul unei analize dinamic neliniare se ține seama și de comportarea histeretică a barei.

6.10.3 Verificarea contravântuirilor cu flambaj împiedicat

(916) Capacitatea de rezistență plastică N_{Rd} a secțiunii miezului contravântuirii cu flambaj împiedicat, furnizat de producător, trebuie să fie mai mare decât efortul axial maxim de întindere sau compresiune N_{Ed} dezvoltat în bară în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică.

$$N_{Rd} \geq N_{Ed} \quad (6.1)$$

(917) Contravântuirile cu flambaj împiedicat vor avea o capacitate de deformare care corespunde dublului deplasării relative de nivel a structurii sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, dar nu mai puțin de 0,02 din înălțimea de etaj.

6.10.4 Grinzi și stâlpi

(918) Stâlpii și grinzele se verifică considerând cea mai defavorabilă combinație de eforturi. Pentru verificările de rezistență și stabilitate se utilizează SR EN 1993-1-1 ca document normativ de referință. Eforturile de calcul în situația seismică de proiectare se determină cu relațiile:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega_T N_{Ed,E} \quad (6.1)$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + \Omega_T M_{Ed,E} \quad (6.2)$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + \Omega_T V_{Ed,E} \quad (6.3)$$

unde

$N_{Ed,G}$, $M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$ valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoietor și forței tăietoare, din acțiunile neseismice din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

$N_{Ed,E}$, $M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$ valorile de proiectare ale forței axiale, momentului încovoietor și forței tăietoare, din acțiunea seismică de proiectare;

Ω_T valoarea suprazistenței sistemului structural:

$$\Omega_T = \omega_{rm} \omega_{sh} \gamma_{CT} \Omega_d \quad (6.4)$$

ω_{rm} factorul de suprazistență care ține seama de variația limitei de curgere a oțelului, conform prevederilor din [6.2.3.1.1 Tabelul 6.1](#);

ω_{sh} factorul de suprazistență care ține seama de efectul de consolidare a oțelului, a cărui valoare se stabilește conform prevederilor din [6.5.5.1.1 Tabelul 6.1](#);

γ_{CT} factorul de corecție pentru rezistența la compresiune;

Ω_d valoarea minimă a raportului $\Omega_{d,i} = N_{Rd,i} / N_{Ed,i}$ calculată pentru contravântuirile cadrului, pentru fiecare direcție a structurii;

$N_{Rd,i}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență plastică la efort axial la întindere a miezului contravântuirii cu flambaj împiedicat „i”;

$N_{Ed,i}$ valoarea de proiectare a forței axiale care se dezvoltă în contravântuirea cu flambaj împiedicat „i”, în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică.

(919) Valoarea suprazistenței Ω_T se limitează superior astfel încât să fie îndeplinită condiția $\Omega_T \leq q$, unde q este factorul de comportare al structurii. În cazul unui calcul simplificat se pot adopta valorile suprazistenței Ω_T din [6.5.7.1.1 Tabelul 6.1](#).

(920) Diferența dintre valorile maxime și minime ale raportului $\Omega_{d,i}$ (pe fiecare direcție a structurii) trebuie să fie mai mică de 25%. În cazul în care nu se poate asigura o variație sub 25% a raportului Ω_i^N , mecanismul plastic al structurii trebuie verificat printr-un calcul static neliniar sau dinamic neliniar.

Notă Valorile eforturilor N_{Ed} , M_{Ed} și V_{Ed} se pot obține din grupările seismice, unde acțiunea seismică se multiplică cu Ω_T .

(921) Se vor aplica măsuri constructive care să asigure împotriva apariției deformațiilor plastice în stâlpi (de ex. secțiuni reduse la capetele riglelor în cazul prinderilor rigide dintre rigle și stâlpi).

6.10.5 Îmbinările contravântuirilor

(922) Îmbinările contravântuirilor trebuie să fie dimensionate astfel încât să nu se plasticizeze la o forță corespunzătoare curgerii miezului din oțel.

(923) Sistemul de prindere al barelor de contravântuire cu flambaj împiedicat se verifică la eforturile date de relațiile:

$$N_{T,j,Ed} = \omega_{rm} \omega_{sh} N_{Rd} \quad (6.1)$$

$$N_{C,j,Ed} = \omega_{rm} \omega_{sh} \gamma_{CT} N_{Rd} \quad (6.2)$$

$$M_{j,Ed} = \omega_{rm} \omega_{sh} M_{Rd} \quad (6.3)$$

unde:

$N_{T,j,Ed}$, $N_{C,j,Ed}$, $M_{j,Ed}$ valorile de proiectare ale forței axiale de întindere, de compresiune și ale momentului încovoietor din planul cadrului contravântuit din îmbinare;

N_{Rd} valoarea de proiectare a capacități de rezistență plastică la forță axială de întindere a miezului contravânturii cu flambaj împiedicat

M_{Rd} momentul capabil plastic al secțiunii evazate a miezului, din afara tecii, evaluat în planul cadrului contravântuit

(924) Îmbinările concepute ca fiind articulate vor fi proiectate să preia forțe axiale în planul îmbinării cel puțin egale cu $N_{T,j,Ed}$, respectiv, $N_{C,j,Ed}$, corespunzătoare contravântuirii cu flambaj împiedicat și să fie compatibile cu rotirea asociată deplasării relative de nivel admisibile.

(925) Pentru a preveni ruperea guseului în cazul flambajului contravântuirii cu flambaj împiedicat în afara planului cadrului contravântuit, guseul de prindere al barei la capete se proiectează să preia o forță transversală pe planul lui cel puțin egal cu valoarea $V_{gp,Ed}$ care se determină cu relația:

$$V_{gp,Ed} = 0,06 N_{C,j,Ed} \quad (6.4)$$

(926) Guseele de prindere ale contravântuirii cu flambaj împiedicat sunt concepute și verificate astfel încât să fie evitată pierderea stabilității locale și globale în afara planului cadrului contravântuit. Împiedicarea fenomenelor de pierdere a stabilității se poate realiza prin măsuri constructive utilizând elemente de rigidizare și/sau legături laterale.

6.10.6 Îmbinările grindă-stâlp

(927) Îmbinarea poate fi articulată sau rigidă și trebuie să îndeplinească condițiile:

(pppppppppppp) Atunci când se realizează articulată, îmbinarea trebuie să permită dezvoltarea unei rotiri de 0,025 rad;

(qqqqqqqqqqqq) Atunci când se realizează rigidă, îmbinarea trebuie realizată ca și îmbinare nedisipativă conform prevederilor de la [6.5.5](#).

6.11 Cadre cu panouri de forfecare

6.11.1 Criterii de proiectare

(928) Panourile de forfecare sunt alcătuite dintr-o inimă alcătuită din panouri de tablă rigidizate sau nu, amplasate pe aceeași verticală în golurile din planul cadrelor necontravântuite, având ca elemente de bordare stâlpii și riglele de cadru. (vezi [6.11.2 Figura 6.2](#)). Panoul de tablă este conectat pe tot conturul de elementele de bordare cu șuruburi sau cu sudură în relief.

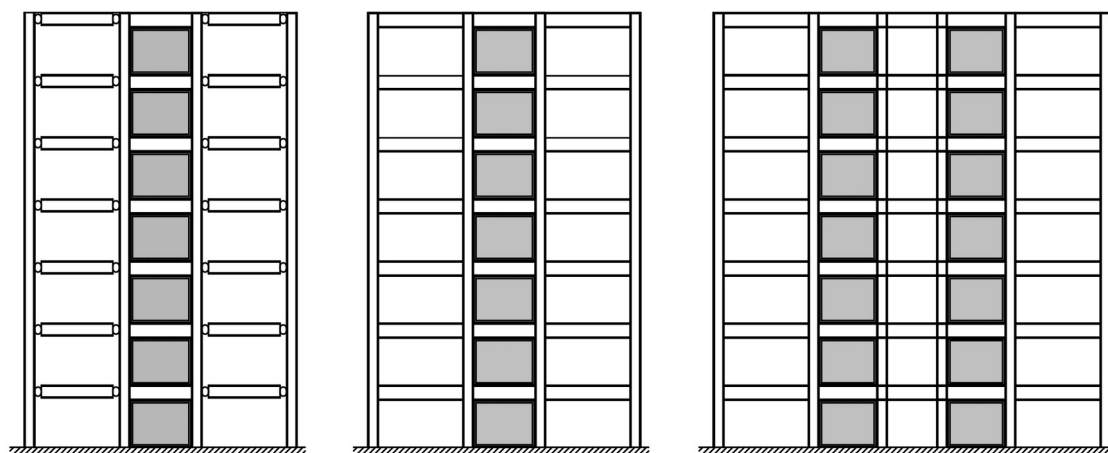
(929) Cadrele cu panouri de forfecare trebuie proiectate astfel încât deformarea în domeniul postelast al panourilor să se producă înainte de formarea articulațiilor plastice sau de pierderea stabilității generale în elementele de bordare orizontale și verticale.

(930) Se utilizează următoarele sisteme de cadre cu panouri de forfecare ([Figura 6.1](#)):

(rrrrrrrrrr) sistem singular, în care peretele de forfecare este conformat să preia toate încărcările orizontale iar cadrele metalice preia solicitările gravitaționale ([Figura 6.1.a](#));

(ssssssssss) sistem cuplat, cu rigle de cuplare care leagă două zone cu panouri de forfecare ([Figura 6.1.c](#)).

(tttttttttt) sistem dual, în care pereții de forfecare, singulari sau cuplați, conlucrează cu cadrele metalice pentru echilibrarea acțiunii seismice orizontale; cadrele sunt proiectate astfel încât să echilibreze cel puțin 25% din acțiunea seismică ([Figura 6.1.b](#)).



a. sistem singular

b. sistem dual

c. sistem dual cu rigle de cuplare

Figura 6.1 Sisteme de cadre cu panouri de forfecare – reprezentare exemplificativă

(931) Panourile de forfecare preiau forța tăietoare produsă de acțiunea seismică prin intermediul câmpului diagonal de tensiuni de întindere. Voalarea se produce în domeniul elastic.

(932) Golurile din panourile de forfecare, dacă există, vor fi prevăzute pe tot conturul lor cu bordaje adecvate, în conformitate cu prevederile SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-5.

(933) Golurile din inima panourilor pereților de forfecare vor fi prevăzute cu elemente rigide de bordare (profile laminate sau din table sudate), extinse pe direcție orizontală și verticală pe toată lățimea și înălțimea panoului de forfecare. Aceste elemente de bordare sunt proiectate să rămână în domeniul elastic sub forțele generate de dezvoltarea eforturilor de curgere în câmpurile diagonale de tensiuni de întindere, dezvoltate în fiecare sub-panou delimitate de acestea, cu excepția unor zone de la extremități în care se acceptă dezvoltarea de articulații plastice sub acțiunea momentului încovoietor de la capetele elementelor de bordare.

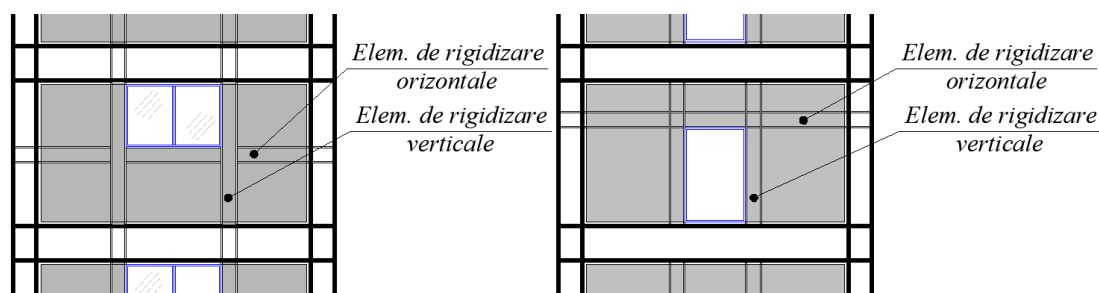


Figura 6.2 Sisteme de bordare a golurilor prevăzute în panou

(934) Primul panou de forfecare, de la baza clădirii, se prevede la partea inferioară cu o grindă metalică de bordaj, aceasta putând fi înglobată în fundație.

6.11.2 Particularități de calcul

(935) Panourile de forfecare se realizează din oțelurile S235, S275 și S355. Se recomandă utilizarea oțelurilor de rezistență scăzută.

(936) Pentru proiectarea în clasele de ductilitate DCM sau DCH, sistemul structural alcătuit numai din elementele de bordare ale panourilor de tablă, stâlpi și grinzi - fără a se lua în considerare capacitatea de rezistență a tablelor, se verifică la solicitările produse de încărcările gravitaționale din gruparea fundamentală la stări limită ultime.

(937) Elementele de bordare orizontale trebuie să fie rezemate în plan orizontal la toate intersecțiile cu elementele de bordare verticale. Ambele tălpi ale elementelor de bordare orizontale trebuie să fie rezemate direct sau indirect. capacitatea rezemărilor laterale trebuie să fie cel puțin 2% din rezistența la compresiune a tălpii ($0,02 f_y b_f t_f$).

(938) Raportul laturilor panoului de forfecare îndeplinește condiția:

$$0,8 < \frac{L}{h} \leq 2,5 \quad (6.1)$$

unde L și h se stabilesc conform reprezentării din [Figura 6.2](#).

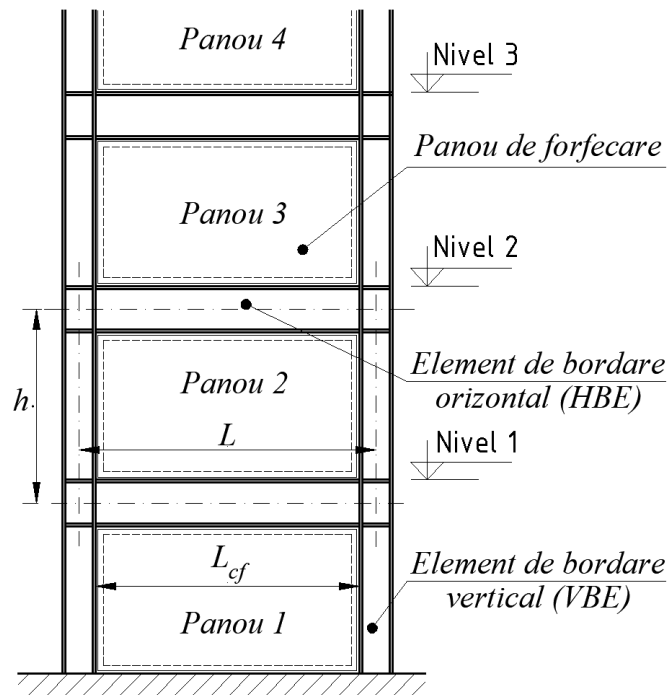


Figura 6.2 Alcătuirea de principiu a unui cadru cu panouri de forfecare

6.11.3 Calculul panourilor de forfecare

(939) Panourile de forfecare se proiectează astfel încât să echilibreze forța tăietoare produsă de acțiunea seismică prin intermediul câmpului diagonal de tensiuni de întindere.

(940) Se vor aplica prezentele prevederi dacă în normele de proiectare ale structurilor metalice nu sunt alte specificații.

(941) Verificarea panourilor de forfecare este dată de relația:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad (6.1)$$

unde:

$$V_{Rd} = \frac{0,45 f_y t_w L_{cf} \sin(2\alpha)}{1,20} \quad (6.2)$$

V_{Ed} valoarea de proiectare maximă a forței tăietoare din panoul de forfecare, rezultată din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

V_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a panoului;

t_w grosimea tablei panoului de forfecare;

L_{cf} distanța dintre fețele tălpilor stâlpilor de bordaj;

f_y valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului folosit pentru tabla panoului de forfecare;

α unghiul câmpului diagonal (unghiul benzilor diagonale de întindere) măsurat în raport cu verticala.

(942) Valoarea unghiului câmpului diagonal α se stabilește în funcție de geometria peretelui și de proprietățile elementelor de bordare cu relația:

$$\operatorname{tg}^4(\alpha) = \frac{1 + \frac{t_w \cdot L}{2 A_c}}{1 + t_w \cdot h \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 I_c \cdot L} \right)} \quad (6.3)$$

unde

- t_w grosimea tablei panoului de forfecare;
 A_b aria elementului de bordare orizontal (grindă) ;
 A_c aria elementului de bordare vertical (stâlp) ;
 I_c momentul de inerție al elementului de bordare vertical;
 L distanța dintre axele elementelor de bordare verticale;
 h distanța dintre axele elementelor de bordare orizontale.

Unghiul α se limitează inferior la valoarea de 30° și superior la valoarea de 55° .

(943) Panoul de forfecare se proiectează astfel încât suplețea inimii sale să îndeplinească condiția:

$$\frac{\min(L, h)}{t_w} \leq 25 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.4)$$

unde L , h și t_w au semnificația de la (942).

Notă: Aceasta limitare impune ca voalarea să se producă în domeniul elastic de comportare.

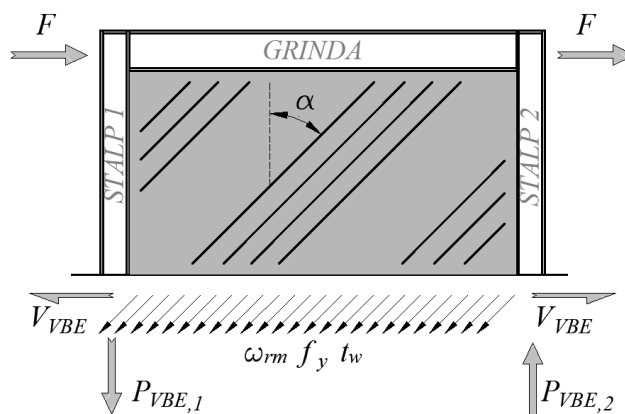


Figura 6.2 Forțele și reacțiunile panoului de forfecare

(944) Modelarea panoului de tablă se poate realiza:

(uuuuuuuuuuuu) prin discretizarea acestuia cu elemente de tip *shell*, la care se rotesc axele principale cu unghiul " α " și care au rigiditatea la compresiune neglijabilă;

(vvvvvvvvvvvvvv) prin discretizarea acestuia cu elemente de tip bară paralele, de arie A_s , orientate după câmpul diagonal (formând unghiul α cu verticala), care sunt active numai la întindere; această discretizarea se poate utiliza pentru calcul static neliniar.

(945) Aria secțiunii unui element diagonal se stabilește cu relația:

$$A_s = \frac{[L \cos(\alpha) + h \sin(\alpha)] t_w}{n} \quad (6.1)$$

unde:

L lățimea panoului de forfecare;

h înălțimea panoului de forfecare;

n numărul de elemente diagonale paralele; în mod uzual se utilizează un număr de cel puțin 10 elemente diagonale. Lățimea unui element diagonal este mai mică sau egală cu $60 \varepsilon t_w$;

t_w grosimea tablei panoului de forfecare.

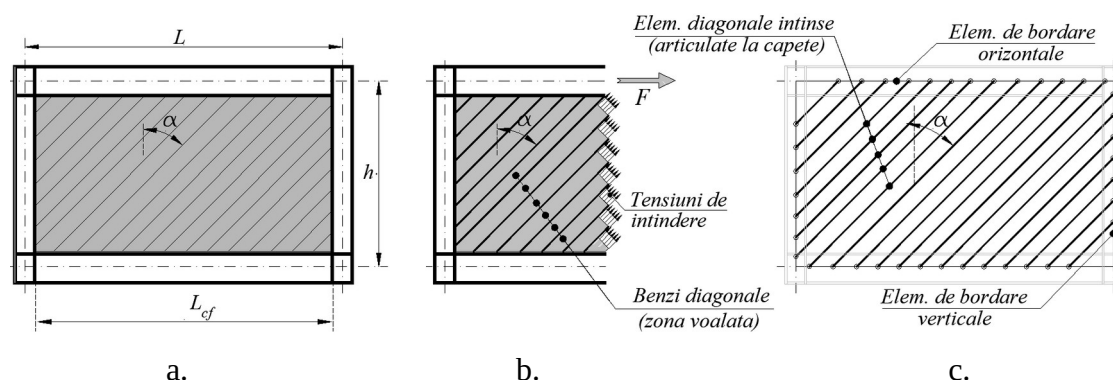


Figura 6.3 Modelul de calcul al panoului de forfecare prin discretizarea acestuia în elemente diagonale întinse

(946) Suma proiecțiilor orizontale ale ariilor diagonalelor se consideră egală cu aria panoului omogen de forfecare ($n A_s \sin \alpha \approx L_{cf} t_w$).

6.11.4 Calculul elementelor de bordare - stâlpi și grinzi

(947) În cazul proiectării structurii pentru clasa de ductilitate DCH, se acceptă formarea de articulații plastice în elementele de bordare orizontale (grinzi) numai în vecinătatea elementelor de bordare verticale (stâlpi). Grinzile se realizează cu secțiuni din clasa 1. Grinzile se prevăd cu legături laterale care îndeplinesc prevederile de la 6.6.2, (807). Pentru dirijarea articulațiilor plastice în grindă, se poate reduce lățimea tălpilor în vecinătatea îmbinării grindă-stâlp conform 6.6.2, (809).

(948) În cazul proiectării structurii în clasa de ductilitate DCM, nu este probabilă formarea de articulații plastice în elementele de bordare orizontale (grinzi), care vor avea secțiuni din clasele 1 sau 2 de secțiuni.

(949) În cazul proiectării structurii în clasele de ductilitate DCM sau DCH, elementele de bordare verticale (stâlpi), vor avea secțiuni din clasele 1 sau 2 de secțiuni.

(950) Elementele de bordare orizontale se proiectează pentru o forță corespunzătoare curgerii panoului de tablă.

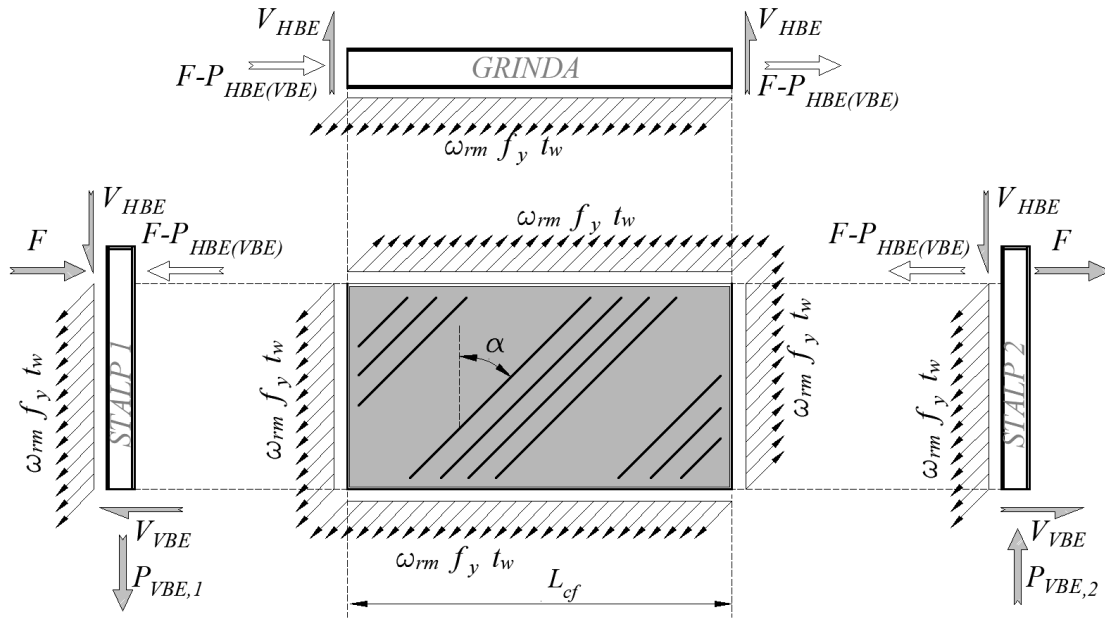


Figura 6.1 Starea de eforturi corespunzătoare foii de tablă (inimă) și a elementelor de bordare

(951) Grosimea inimii elementelor de bordare (orizontale și verticale) se ia cel puțin egală cu grosimea panoului de forfecare ținând seama de suprazistenței oțelului panoului. ($t_{wi} \geq t_w \omega_{rm}$)

(952) Elementele orizontale de bordare (grinzile) se verifică la încovoiere și forță tăietoare cu relațiile:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1,00 \quad (6.1)$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 0,50 \quad (6.2)$$

dacă $N_{Ed}/N_{Rd} > 0,15$, $M_{N,Rd} = M_{N,pl,Rd,b}$

dacă $N_{Ed}/N_{Rd} \leq 0,15$, $M_{N,Rd} = M_{Rd}$

$M_{N,pl,Rd,b}$ capacitatea de rezistență la încovoiere a secțiunii elementului orizontal de bordaj (grinzi) ținând seama de influența forței axiale - vezi relația [6.6.3.1\(6.6\)](#);

$$M_{Ed} = \frac{w_u L_h^2}{8} + M_{Ed,G} \quad (6.3)$$

unde:

L_h distanța dintre (posibilele) articulații plastice potențiale din elementul de bordare orizontal;

$$L_h = L - 2s_h \quad (6.4)$$

s_h distanța dintre axul elementului de bordare vertical (stâlpului) în axul articulației potențial plastice a elementului de bordare orizontală (grinda); s_h

$= \frac{1}{2} (d_c + d_b)$, unde d_c este înălțimea secțiunii elementului de bordare vertical iar d_b este înălțimea secțiunii elementului de bordare orizontal;

L deschiderea panoului (distanța dintre axele stâlpilor) ;

w_u încărcarea uniform distribuită dată de plastificarea tablei panoului de forfecare, care se poate calcula cu relația:

$$w_u = \omega_{rm} f_y (\Delta t_w) \cos^2 \alpha \quad (6.5)$$

$M_{Ed,G}$ momentul încovoietor maxim din lungul grinzii produs de încărcările gravitaționale, din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică, considerând elementul de bordare orizontal (grinda) fiind simplu rezemată pe deschiderea L_h ;

w_g încărcarea uniform distribuită la nivelul elementului de bordare orizontal din gruparea de încărcări care include acțiunea seismică;

Δt_w diferența dintre grosimile inimilor panourilor de forfecare adiacente elementului de bordare orizontal (deasupra și dedesubtul grinzii) ;

(953) Forța axială la care se verifică elementele orizontale de bordare (grinzile) se calculează cu relația:

$$N_{Ed} = \frac{1}{2} \omega_{rm} f_y [t_{w,i} \sin(2\alpha_i) - t_{w,i+1} \sin(2\alpha_{i+1})] L_{cf} \quad (6.6)$$

(954) Forță tăietoare la care se verifică elementele orizontale de bordare (grinzile) se calculează cu relația:

$$V_{Ed} = \frac{2 M_{N,pl,Rd,b}}{L_h} + \frac{w_u}{2} L_{cf} + V_{Ed,G} \quad (6.7)$$

$M_{N,pl,Rd,b}$ capacitatea de rezistență la încovoiere a secțiunii elementului orizontal de bordaj (grinzi) ținând seama de influența forței axiale - vezi relația [6.6.3.1\(6.6\)](#);

(955) Suplețea limită a elementelor de bordare pentru secțiuni dublu „T” se limitează conform relației:

$$\text{tălpi: } \frac{b_f}{2t_f} \leq 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.8)$$

$$\text{inimă: } \frac{h_c}{t_{wi}} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.9)$$

unde:

f_y limita de curgere;

b_f lățimea tălpii elementelor de bordare;

t_f grosimea tălpii elementelor de bordare;

h_c înălțimea inimii elementelor de bordare;

t_{wi} grosimea inimii elementelor de bordare (t_{wHBE} ; t_{wVBE});

E modulul de elasticitate al oțelului.

(956) Elementele de bordare îndeplinesc condițiile:

(wwwwwwwwwwww) pentru elementele de bordare verticale:

$$I_{VBE} \geq 0,0031 t_w \frac{h^4}{L} \quad (6.10)$$

(xxxxxxxxxxxxx) pentru elementele de bordare orizontale:

$$I_{HBE} \geq 0,0031 (\Delta t_w) \frac{L^4}{h} \quad (6.11)$$

unde:

L distanța dintre axele elementelor de bordare verticale;

h distanța dintre axele elementelor de bordare orizontale;

I_{VBE} momentul de inerție al secțiunii elementului de bordare vertical;

I_{HBE} momentul de inerție al secțiunii elementului de bordare orizontal;

t_w grosimea inimii panoului de forfecare;

Δt_w diferența dintre grosimile inimilor panourilor de forfecare adiacente elementului de bordare orizontal (deasupra și dedesubtul grinzii).

(957) Dacă oțelul utilizat la elementul de bordare orizontal este diferit de cel utilizat în panoul de forfecare, grosimea minimă a inimii elementului de bordaj este dată în relația:

$$t_{wHBE} \geq \frac{t_w \omega_{rm} f_y}{f_{yHBE}} \quad (6.12)$$

unde:

t_{wHBE} grosimea inimii elementului de bordare orizontal;

f_{yHBE} limita de curgere a oțelului utilizat la elementul de bordare orizontal;

(958) În cazul proiectării structurii în clasa de ductilitate DCH, elementele verticale de bordare (stâlpii) trebuie să îndeplinească condiția:

$$\sum M_{N,pl,Rd,c} \geq \sum \left[\omega_{rm} \omega_{sh} (M_{pl,Rd,b} + s_h V_{Ed,M}) \right] \quad (6.13)$$

unde:

$\sum M_{N,pl,Rd,c}$ este suma capacităților de rezistență la încovoiere a secțiunilor elementelor verticale de bordaj (stâlpi) care intră în nod, în prezența forței axiale (calculată cu relația [6.6.3.1\(6.6\)](#));

$\sum M_{pl,Rd,b}$ este suma capacităților de rezistență la încovoiere a secțiunilor elementelor orizontale de bordaj (grinzi) și grinzi de cadru adiacente (dacă există) care intră în nod;

$V_{Ed,M}$ este forța tăietoare asociată mecanismului de plastificare în elementul orizontal de bordaj (grindă) (vezi [6.6.2. \(802\)](#));

ω_{rm} este data la punctul [6.2.3](#) (vezi [6.2.3.1.1Tabelul 6.1](#));

ω_{sh} este data la punctul [6.5.5](#). (vezi [6.5.5.1.1Tabelul 6.1](#));

s_h este distanța dintre centrul articulației plastice a grinzii și axa stâlpului.

(959) Elementele verticale de bordare (stâlpii) se verifică cu relația:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,zRd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1 \quad (6.14)$$

unde:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega_T \cdot N_{Ed,E} \quad (6.15)$$

$$M_{Ed} = \frac{\omega_{rm} f_y \sin^2(\alpha) t_w h^2}{12} + M_{Ed,G} \quad (6.16)$$

Ω_T valoarea suprarezistenței sistemului structural: $\Omega_T = \omega_{rm} \omega_{sh} \Omega_d$;

$$\Omega_d = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} \quad (6.17)$$

Nota: Valoarea suprarezistenței Ω_T se limitează astfel încât să fie îndeplinită condiția $\Omega_T \leq q$ (unde q este factorul de comportare al structurii – vezi 6.2.6.1.1 Tabelul 6.1). În cazul unui calcul simplificat se pot adopta valorile suprarezistenței sistemului structural Ω_T din 6.5.7.1.1 Tabelul 6.1.

V_{Ed} și V_{Rd} sunt date la capitoul 6.12.3;

$N_{Ed,G}$ și $M_{Ed,G}$ sunt eforturile din acțiunile neseismice conținute în gruparea de încărcări care include acțiunea seismică.

6.11.5 Îmbinările panourilor de forfecare

(960) Prinderea panourilor de forfecare de elementele de bordare orizontale și verticale se dimensionează la eforturile:

$$n_{HBE} = \omega_{rm} f_y \cos(\alpha) t_w \quad (6.1)$$

$$n_{VBE} = \omega_{rm} f_y \sin(\alpha) t_w \quad (6.2)$$

unde:

n_{HBE} efortul pe unitatea de lungime pentru prinderea panourilor pe elementul de bordare orizontal, orientat pe direcție perpendiculară pe axa elementului;

n_{VBE} efortul pe unitatea de lungime pentru prinderea panourilor pe elementul de bordare vertical, orientat pe direcție perpendiculară pe axa elementului.

(961) Relațiile (6.1) și (6.2) se utilizează pentru prinderile panourilor de elementele de bordare cu sudură sau șuruburi.

(962) Îmbinările cu șuruburi vor fi îmbinări de categoria A și vor fi calculate în conformitate cu SR EN 1998-1-8.

(963) Îmbinările cu șuruburi vor fi dimensionate astfel încât rezistența la forfecare a șuruburilor trebuie să depășească cu cel puțin 20% rezistența la presiune pe pereții găurii.

(964) În zona de îmbinare grindă-stâlp panoul de forfecare se decupează circular (sfert de cerc). Se recomandă ca zona decupată să fie rigidizată.

6.11.6 Îmbinările elementelor de bordare

(965) Îmbinările dintre elementele de bordare (grindă-stâlp) se realizează ca îmbinări în zone disipative conform prevederilor [6.5.5](#).

6.12 Structuri duale

(966) Structurile duale cu cadre necontravântuite și cadre contravântuite lucrând în aceeași direcție, trebuie proiectate folosind un singur factor q . Forțele orizontale trebuie distribuite între diferitele cadre proporțional cu rigiditatea lor elastică.

(967) Cadrele necontravântuite, situate pe direcția contravântuită a clădirii, vor fi astfel proiectate încât să poată prelua cel puțin 25% din acțiunea seismică de calcul, în ipoteza în care cadrele contravântuite au ieșit din lucru. Dacă această prevedere nu este satisfăcută, structura trebuie considerată cadru contravântuit (centric sau excentric) și se proiectează conform prevederilor 6.7, 6.8 respectiv 6.11.

(968) Cadrele necontravântuite și cadrele contravântuite vor respecta prevederile [6.6](#), [6.7](#), [6.8](#) și [6.10](#).

(969) Cadrele contravântuite centric și cadrele contravântuite excentric în „Y” inversat cu prinderi rigide riglă-stâlp, la care, în deschiderile contravântuite se prevăd secțiuni reduse ale grinzilor pentru a evita apariția de deformații plastice în stâlpi, sunt asimilate structurilor duale.

6.13 Controlul execuției

(970) Controlul execuției trebuie să asigure că structura reală corespunde celei proiectate.

(971) În acest scop, pe lângă prevederile din SR EN 1090-2 și din reglementările tehnice în vigoare privind calitatea îmbinărilor sudate din oțel ale construcțiilor, trebuie satisfăcute următoarele cerințe:

(yyyyyyyyyyyyyy) desenele elaborate pentru execuție și montaj trebuie să indice detaliile îmbinărilor, mărimea și calitatea șuruburilor și sudurilor precum și marca oțelului. Pe desene se notează limita de curgere maximă admisă a oțelului $f_{y,max}$ ce poate să fie utilizată de fabricant în zonele disipative;

(zzzzzzzzzzzzzz) controlul strângerii șuruburilor și calitatea sudurilor trebuie să se realizeze în conformitate cu prevederile reglementărilor tehnice specifice;

(aaaaaaaaaaaaa) în timpul execuției, se verifică dacă limita de curgere a oțelului folosit în barele și zonele disipative este cea indicată în proiect.

7 Structuri compozite

7.1 Generalități

7.1.1 Obiect și domeniu de aplicare

(972) Acest capitol se referă la proiectarea la acțiunea seismică a clădirilor cu structura principală compozită realizată din oțel laminat și beton armat, la acțiunea seismică.

(973) Pentru proiectarea structurilor compozite la alte tipuri de acțiuni decât cea seismică se utilizează reglementările tehnice specifice pentru structuri din seria SR EN 1994-1-1.

(974) Acest capitol conține prevederi referitoare și la structurile hibride, alcătuite din componente structurale realizate din oțel și elemente structurale realizate din beton armat sau compozite.

(975) Dacă pentru anumite situații nu sunt date prevederi specifice în acest capitol, se pot aplica, după caz, prevederile pentru construcțiile de beton armat din capitolul 5 sau pentru construcțiile de oțel din capitolul 6 cuprinse în prezentul cod, precum și din standardele din seria SR EN 1992-1-1, respectiv SR EN 1993-1-1.

7.1.2 Definiții

(976) Termenii specifici acestui capitol sunt:

Structură compozită: structură alcătuită din componente structurale compozite.

Componentă structurală compozită: componentă structurală alcătuită din beton armat și oțel laminat, la care conlucrarea dintre betonul armat și oțelul laminat se manifestă la nivel de secțiune. Componentele din oțel laminat pot fi neînglobate, parțial înglobate sau total înglobate în betonul armat.

7.2 Principii de proiectare

7.2.1 Clase de ductilitate

(977) Clădirile cu structura compozită se proiectează pentru una dintre cele trei clase de ductilitate definite la [4.1.2](#).

(978) Structurile compozite proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM au capacitate adecvată de disipare de energie în regim de sollicitare ciclică, fără reducere semnificativă a rezistenței la forțe orizontale și verticale.

(979) Clădirile situate în zone cu seismicitate moderată sau mare se proiectează pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM.

(980) Prin excepție de la [\(373\)](#), în zonele cu seismicitate moderată sau mare se pot proiecta clădiri pentru clasa de ductilitate DCL dacă capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, este mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$), indiferent de amplasament, atunci când îndeplinirea criteriilor de proiectare specifice clasei de ductilitate DCH sau DCM nu este posibilă.

(981) Structurile care nu se încadrează în tipurile indicate la [7.2.2](#), (983), se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL iar capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, este mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$).

(982) Structurile proiectate pentru DCL se proiectează seismic pe baza prevederilor SR EN 1994-1-1, împreună cu prevederile suplimentare date în acest capitol, indicate explicit pentru această clasă de ductilitate. Cerințele fundamentale ale proiectării seismice sunt cele prevăzute în capitolul [2](#).

7.2.2 Tipuri de structuri

(983) Clădirile compozite proiectate la acțiuni seismice au sistemul structural principal de tipul:

(bbbbbbbbbbbbbb) cadre necontravântuite, realizate în soluție compozită cu grinzi și stâlpi compoziți sau în soluție hibridă alcătuite de exemplu cu stâlpi de beton armat și grinzi de oțel sau compozite;

(cccccccccccc) cadre contravântuite cu contravântuiri centrice realizate în soluție compozită sau de oțel;

(dddddddddddddd) cadre contravântuite cu contravântuiri excentrice. Sistemele cu contravântuiri excentrice sunt cele definite la [6.1.2](#), (686). Stâlpii și grinzele pot fi elemente de oțel sau elemente compozite iar elementele disipative sunt realizate din oțel.

(eeeeeeeeeeeeee) structuri de tip pendul inversat. La aceste tipuri de structuri, zona disipativă se dezvoltă la baza unui singur element compozit vertical, iar cea mai mare parte din masă se concentrează la partea superioară a structurii.

(ffffffffffff) structuri compozite cu pereți structurali compoziți:

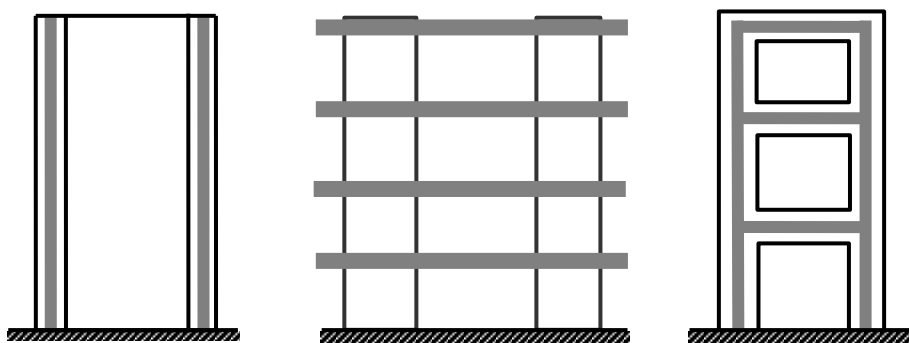
(xv) de tipul 1 - pereți compoziți de beton armat cu armatură rigidă în zonele de capăt;

(xvi) de tipul 2 - pereți compoziți sau de beton armat cuplați cu grinzi compozite sau de oțel;

(xvii) de tipul 3 - pereți compoziți cu bulbi și centuri cu armatura rigidă sau din elemente metalice și panouri de beton armat.

(gggggggggggggg) structuri compozite duale realizate din pereți și cadre compozite;

(hhhhhhhhhhhhh) structuri compozite sensibile la torsiune.



Tip 1: pereți compoziți de tip perete încastrat
Tip 2: pereți compoziți de tip perete cu grinzi
Tip 3: pereți compoziți de tip perete cu grinzi și stâlpi

— Profil metalic înglobat

Figura 7.1 Reprezentare exemplificativă - tipuri de structuri cu pereți compoziți

(984) Clădirile cu structuri compozite pot avea sisteme structurale diferite pe cele două direcții principale orizontale ortogonale. În proiectarea structurii se utilizează regulile de proiectare specifice fiecărui sistem structural, pe direcția corespunzătoare.

(985) Prin excepție de la (984), pentru structurile compozite cu flexibilitate mare la torsiune se utilizează același tip de sistem structural pe cele două direcții ortogonale.

(986) Dacă în lungul unei direcții principale orizontale, clădirea are un sistem structural principal este alcătuit din două tipuri, la proiectarea structurii pe direcția considerată se utilizează valoarea cea mai mică a factorului de comportare corespunzătoare celor două tipuri de structuri.

(987) Structurile care nu îndeplinesc condiția de la 4.2.2.1, (132), se încadrează în categoria structurilor cu flexibilitate mare la torsiune indiferent de tipul sistemului structural definit conform 7.2.2, (983).

(988) Toate componentele structurale principale, indiferent de tipul sistemului structural, sunt proiectate pentru aceeași clasă de ductilitate.

7.2.3 Mecanismul plastic

(989) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, răspunsul seismic favorabil se realizează prin formarea unui mecanism plastic cu capacitate optimă de disipare a energiei indusă de acțiunea seismică orizontală.

(990) La sistemele structurale tip cadru necontravântuit, mecanismul plastic se formează prin dezvoltarea zonelor plastice la capetele grinzilor și la baza stâlpilor, imediat deasupra secțiunii încastrare convențională. Fac excepție structurile în cadre cu un singur nivel la care zonele plastice se pot dezvolta la ambele capete ale stâlpilor.

(991) Pentru sistemele structurale de tip cadru cu contravânturi centrice, mecanismul plastic se formează prin dezvoltarea zonelor plastice în diagonale întinse sau în diagonale întinse și comprimate, înainte de formarea articulațiilor plastice în grinzi sau de pierderea stabilității generale în grinzi și stâlpi.

(992) În cazul sistemelor structurale de tip cadru cu contravânturi excentrice, mecanismul plastic se formează prin dezvoltarea zonelor plastice de încovoiere și/sau de forfecare în barele disipative, înaintea cedării îmbinărilor, a curgerii sau flambajului grinzilor și a stâlpilor. Barele disipative vor fi din oțel și se clasifică conform capitolului 6.

(993) La sistemele structurale tip pendul inversat, mecanismul plastic se formează prin dezvoltarea unei articulații plastice la baza elementului structural vertical, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(994) La sistemele structurale de tip pereți structurali compoziți, mecanismul plastic se formează prin dezvoltarea zonelor plastice la baza pereților compoziți, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, și la capetele grinzilor de cuplare, dacă există.

(995) La sistemele structurale de tip dual, pereți structurali și cadre compozite, mecanismul plastic se formează prin dezvoltarea zonelor plastice la capetele grinzilor, la baza pereților și a stâlpilor compoziți, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională.

(996) Pentru controlul mecanismului plastic, proiectarea se realizează în acord cu principiile metodei ierarhizării capacităților de rezistență - metoda de proiectare la capacitate.

(997) Infrastructurile și fundații răspund în domeniul elastic la acțiunea cutremurului de proiectare corespunzătoare stării limită ultime.

7.2.4 Factori de comportare

7.2.4.1 Starea limită ultimă

(1) Valorile maxime ale factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru verificări la starea limită ultimă se aleg conform prevederilor din [Tabelul 7.1](#).

Tabelul 7.1 Valori maxime ale factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale

Tipuri de structuri compozite	Valoarea maximă a factorului de comportare		
	Clasa de ductilitate		
	DCH	DCM	DCL
(iiiiiiiiiii) Cadre compozite fără contravânturi:	$4,50 \alpha_u / \alpha_1$	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$	1,50
(xviii) Cadre cu un nivel	$\alpha_u / \alpha_1 = 1,10$		
(xix) Cadre cu o deschidere și mai multe niveluri și pereți cuplați	$\alpha_u / \alpha_1 = 1,20$		
(xx) Cadre cu mai multe deschideri și niveluri	$\alpha_u / \alpha_1 = 1,30$		
(jjjjjjjjjjj) Cadre compozite contravântuite:			
(xxi) cu contravântuiri cu diagonale întinse	4,00	2,50	1,50

(xxii) cu contravântuiri cu diagonale în V	2,50	2,00	1,50
(xxiii) cu contravântuiri excentrice $\alpha_u/\alpha_1 = 1,20$	$5,00\alpha_u/\alpha_1$	3,00	1,50
(kkkkkkkkkkkkkk) Structuri de tip pendul invers	$2,00\alpha_u/\alpha_1$	2,00	1,50
(xxiv) Zone disipative la baza stâlpilor $\alpha_u/\alpha_1 = 1,00$			
(lllllllllll) Structuri cu pereți structurali compoziți	$4,00 \alpha_u/\alpha_1$	$3,0 \alpha_u/\alpha_1$	1,50
(xxv) pereți compoziți cu zone de capăt compozite și inimă de beton armat	$\alpha_u/\alpha_1 = 1,10$		
(xxvi) pereți compoziți sau de beton armat cuplați cu grinzi de oțel sau compozite	$\alpha_u/\alpha_1 = 1,20$		
(xxvii) pereți compoziți alcătuiți din panouri de beton armat și cadre de înrămare de oțel sau de beton armat cu armătură rigidă	$\alpha_u/\alpha_1 = 1,20$		
(mmmmmmmmmmmmmm) Structuri compozite sensibile la torsiune	3,00	2,00	1,50

(2) Valoarea raportului dintre forța orizontală capabilă a structurii și forța orizontală corespunzătoare curgerii primului element structural, α_u/α_1 , îndeplinește condiția:

$$1,00 \leq \alpha_u/\alpha_1 \leq 1,30 \quad (7.2)$$

(3) Valoarea raportului α_u/α_1 , pentru clădiri din clasa de importanță și expunere la cutremur a III-a sau a IV-a, se determină conform prevederilor din [7.2.4.1.1 Tabelul 7.1](#) sau prin calcul static neliniar.

(4) Pentru clădirile din clasa de importanță și expunere la cutremur I sau a II-a valoarea raportului α_u/α_1 se determină prin calcul static neliniar. Valoarea rezultată din calcul se limitează superior la 1,30. În cazul în care raportul α_u/α_1 nu se determină prin calcul static neliniar acesta se consideră egal cu 1,00.

(5) În structurilor proiectate pentru DCM sau DCH care au în alcătuire pereți de beton, valoarea maximă a factorului de comportare se multiplică cu factorul k_w definit la [5.2.4.1, \(407\)](#).

(6) În cazul unei clădiri neregulate, valoarea maximă a factorului de comportare se reduce conform prevederilor [4.5.1.1](#).

(7) Valoarea factorului de comportare rezultat din aplicarea prevederilor acestui paragraf se limitează inferior la 1,00.

7.2.4.2 Starea limită de serviciu

(8) Valoarea factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru verificări la starea limită de serviciu este egală cu 1,50.

7.2.5 Efecte locale cauzate de interacțiunea cu pereții nestructurali

(9) Pentru evaluarea efectelor locale cauzate de interacțiunea cu componentele nestructurale se aplică prevederile de la [5.2.5](#).

7.2.6 Fundații și infrastructuri

(1) La proiectarea infrastructurilor și fundațiilor se aplică prevederile reglementărilor tehnice specifice împreună cu prevederile suplimentare date în acest capitol.

(2) Prevederi suplimentare privind proiectarea infrastructurilor și fundațiilor pentru construcții cu pereți compoziți sunt date în reglementare tehnică CR 2-1-1.1.

7.2.7 Modelarea pentru calcul

(3) Pentru clădirile cu structura de beton, la calculul valorii de proiectare a acțiunii seismice, fracțiunea din amortizarea critică a clădirii, ξ , pentru toate modurile de vibrație, se consideră egală cu 4%:

$$\xi = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad \xi = 4\% \quad (7.1)$$

(4) Rigiditatea secțiunilor compozite având beton în zona comprimată se calculează pentru determinarea valorilor eforturilor secționale prin transformarea lor în secțiuni echivalente, cu considerarea unui coeficient de echivalență

$$n = E_a / E_{cm} \quad (7.2)$$

unde:

E_a și E_{cm} sunt modulul de elasticitate al oțelului și modulul de elasticitate al betonului pentru încărcări de scurtă durată.

(5) În calculul rigidității secțiunilor compozite, contribuția betonului întins se neglijează.

(6) În cazul grinzilor compozite, se pot considera două rigidități la încovoiere: $E_a I_1$ pentru zona de moment pozitiv, cu luarea în considerare a lățimii efective de placă în zonă comprimată, și $E_a I_2$ pentru zona de moment negativ, cu considerarea armăturii din lățimea efectivă de placă întinsă, unde I_1 și I_2 sunt momentele de inerție ale secțiunilor echivalente de oțel în zona de moment pozitiv și respectiv negativ.

(7) Lățimea efectivă a plăcii pentru calculul rigidității se determină conform prevederilor din [Tabelul 7.1](#).

Tabelul 7.1 Lățimea efectivă parțială a plăcii grinzilor compozite în zona nodurilor b_e

b_e	Condiții de alcătuire din zona nodului grindă- stâlp	b_e pentru calculul momentului capabil M_{Rd} (plastic)	b_e pentru calculul rigidității EI (elastic)
A. Stâlp interior	Există sau nu grindă transversală cu armătură suplimentară A_T și A_S	Pentru M^- : 0,1l Pentru M^+ : 0,075l	

B1. Stâlp exterior	Există o grindă marginală transversală rezemată pe stâlp în care se ancorează armăturile longitudinale ,cu conexiune totală cu placa și armături suplimentare în placă A_T și A_S ,	Pentru $M^- : 0,1l$ Pentru $M^+ : 0,075l$	Pentru $M^- : 0.05 l$ Pentru $M^+ : 0,0375 l$
B2. Stâlp exterior	Există o fâșie de placă în consolă față de stâlp în care armăturile longitudinale se ancorează cu bucle și armături suplimentare	Pentru $M^- : 0,1l$ Pentru $M^+ : b_c/2 + 0,7h_c/2$ sau $h_c/2 + 0,7b_c/2$	
B3. Stâlp exterior	Există un dispozitiv adițional fixat de talpa stâlpului cu o lățime b_{el} mai mare decât lățimea tălpii stâlpului b_c , iar armăturile longitudinale din placă nu sunt ancorate	Pentru $M^- : 0$ Pentru $M^+ : b_c/2 \leq b_{e,max}$ $b_{e,max} = 0.05l$	Pentru $M^- : 0$ Pentru $M^+ : 0,0375 l$
B4. Stâlp exterior	Nu există element transversal sau armăturile longitudinale nu sunt ancorate de stâlp	Pentru $M^- : 0$ Pentru $M^+ : b_c/2$ sau $h_c/2$	Pentru $M^- : 0$ Pentru $M^+ : 0,025 l$

unde:

M, M^+ indică situațiile de calcul ale valorii lățimii efective parțiale de placă b_e (în zona de moment negativ și respectiv pozitiv). Pentru momentul negativ, betonul plăcii fiind fisurat, lățimea efectivă parțială de placă b_e cuprinde armăturile întinse care intervin în determinarea momentului capabil și a rigidității.

l deschiderea interax a grinzii;

b_c lățimea stâlpului perpendiculară pe axa grinzii;

h_c înălțimea secțiunii stâlpului;

b_{el} lățimea elementului suplimentar sudat de stâlp;

A_S și A_T armăturile suplimentare amplasate în placă în zona stâlpului (A_S armătura longitudinală și A_T armătura transversală). Relațiile de calcul pentru aceste armături și pentru rezultanta eforturilor de compresiune din placă sunt date în Anexa C din SR EN 1998-1.

(8) Se poate realiza un calcul simplificat al rigidității grinzii considerând pentru întreaga grindă compozită un moment de inerție echivalent constant egal cu:

$$I_{eq} = 0,6 I_1 + 0,4 I_2 \quad (7.3)$$

unde I_1 și I_2 sunt definite conform (6).

(9) Pentru stâlpii compoziți, rigiditatea echivalentă se calculează cu relația:

$$(EI)_c = 0,9 (E I_a + 0,5 E_{cm} I_c + E_s I_s) \quad (7.4)$$

unde

I_a, I_c, I_s sunt momentele de inerție ale secțiunilor de armătură, de beton și respectiv de oțel rigid.

7.3 Criterii de performanță seismică

7.3.1 Generalități

(10) Prevederile acestei secțiuni se aplică structurii principale, cu rol în echilibrarea acțiunii seismice.

(11) La proiectarea seismică a structurilor compozite, prevederile date în această secțiune se aplică împreună cu prevederile specifice celorlalte reglementări tehnice pentru proiectarea clădirilor compozite, conform [7.1.1](#), (973).

7.3.2 Rezistență

(12) Clădirile de compozite îndeplinesc condiția de rezistență la acțiuni orizontale prevăzută la 4.3.2.1.

(13) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență este mai mare sau egală cu valoarea de proiectare a efortului din secțiunea considerată. Această condiție este îndeplinită pentru toate componentele structurale principale, pe toată lungimea acestora.

(14) În cazul componentelor seismice principale sollicitate la încovoiere, cu sau fără forță axială, și forță tăietoare sunt îndeplinite condițiile:

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad (7.1)$$

$$0,50 V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad (7.2)$$

unde

$M_{pl,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere;

M_{Ed} valoarea de proiectare a momentului încovoiitor;

$V_{pl,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare.

(15) În cazul componentelor seismice principale sollicitate la încovoiere cu forță axială, valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoiitor este determinată ținând seama de valoarea de proiectare a forței axiale și a forței tăietoare. Evaluarea se face distinct pentru fiecare direcție și sens de acțiune seismică.

(16) Contravântuirile și elementele disipative din oțel ale cadrelor contravântuite cu contravântuiri centrice sau excentrice se proiectează conform capitolului 6.

(17) În cazul componentelor seismice principale sollicitate la forță axială centrică, condiția de rezistență este asigurată prin limitarea efortului axial normalizat conform prevederilor acestei reglementări tehnice.

(18) Stabilitatea, rezistența și rigiditatea la acțiuni seismice orizontale a structurilor nu este asigurată prin răspunsul la torsiune a componentelor structurale. Rezistența și rigiditatea la torsiune a componentelor structurale se neglijează în proiectarea seismică. Pot face excepție unele sistemele structurale de tip pendul inversat unde

răspunsul la torsiune a componentelor structurale este necesar pentru asigurarea stabilității, rezistenței și rigidității la acțiuni seismice și capacitatea de rezistență la torsiune trebuie verificată explicit.

7.3.3 Transferul de eforturi și deformații între oțel și beton

(19) Pentru manifestarea acțiunii compozite pe tot domeniul de solicitare, se asigură transferul de eforturi și de deformații între componenta din oțel și componenta din beton armat prin aderență, frecare sau prin conectori. Atingerea valorilor de proiectare ale momentelor capabile la încovoiere cu forță axială și ale forței tăietoare capabile ale elementelor compozite este condiționată de asigurarea unei conlucrări eficiente între componenta din beton armat și cea din oțel.

(20) Pentru calculul valorii de proiectare a lunecării longitudinale capabile prin aderență și frecare τ_{Rd} între componentele de oțel și beton se utilizează următoarele valori de proiectare ale efortului tangențial (valori din SR EN 1994-1-1 multiplicare cu 0.5):

- 0,33 N/mm², pentru secțiuni de oțel total înglobate având acoperirea mai mare sau egală cu 100 mm;
- 0,10 N/mm², pentru tăpile profilelor parțial înglobate;
- 0, pentru inimile profilelor parțial înglobate;
- 0,275 N/mm², pentru interiorul țevelor circulare umplute cu beton;
- 0,20 N/mm², pentru interiorul țevelor rectangulare umplute cu beton.

(21) Valorile de proiectare ale forțelor de lunecare se consideră egale cu valorile asociate mecanismului de disipare multiplicare cu un coeficient parțial de siguranță $\gamma_{Rd}=1,20$.

(22) În cazul grinzilor de oțel compozite cu placă de beton armat, se neglijează aderența dintre beton și talpa secțiunii din oțel, în preluarea eforturilor tangențiale, lunecarea fiind preluată în întregime de conectori.

(23) La stâlpii compoziți se asigură repartizarea reacțiunilor verticale transmise de grinzi în noduri între componentele de beton armat și oțel, repartizarea realizându-se proporțional cu rigiditatea acestor componente.

(24) În cazul stâlpilor compoziți la care aderența și frecarea nu pot asigura integral transferul de eforturi tangențiale asociate mecanismului de disipare, prin depășirea valorilor de proiectare ale eforturilor tangențiale date la 7.3.3, (20), se dispun conectori care asigură conectarea totală și preluarea forțelor de lunecare de proiectare.

7.3.4 Ductilitate

(25) Clădirile compozite se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de ductilitate sub acțiunea seismică orizontală date la 4.3.1.2.

7.3.5 Stabilitate

(26) Clădirile compozite se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de stabilitate sub acțiunea seismică date la 4.3.1.3.

7.3.6 Rigiditate

(27) Clădirile compozite îndeplinesc condițiile de rigiditate sub acțiunea seismică orizontală date la [4.3.2](#).

(28) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă este stabilită conform prevederilor [4.3.2.1](#), (238).

7.4 Valori de proiectare ale eforturilor

(29) Acest capitol conține prevederi privind determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor care se dezvoltă în componentele structurale principale pentru verificări de rezistență.

7.4.1 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM

(30) Valoarea de proiectare a unui efort cauzat de acțiunea seismică este egală cu valoarea maximă a acelui efort care se dezvoltă ca urmare a incidenței acțiunii seismice de proiectare.

(31) La stabilirea valorilor de proiectare ale eforturilor, altele decât cele care produc deformațiile în zonele plastice corespunzătoare mecanismului optim, eforturile care produc deformații plastice în zonele critice se determină prin multiplicarea valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență cu un coeficient parțial de siguranță care evaluează incertitudinile din modelul de calcul al capacității de rezistență, cauzate în principal de efectul de consolidare post-elastică a oțelului, γ_{Rd} .

(32) Valorile de proiectare ale eforturilor se determină prin:

(nnnnnnnnnnnnnn) transformarea eforturilor rezultate din calculul structurii efectuat printr-o metodă de calcul static liniar, pentru a cuantifica neliniaritatea răspunsului structural cauzat de acțiunea seismică de proiectare, în acord cu principiile metodei de ierarhizare a capacităților de rezistență;

sau,

(ooooooooooooo) direct, prin calcul neliniar.

(33) Determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor din componentele structurale principale, pe baza eforturilor rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul static liniar, se realizează conform prevederilor din capitolele [5](#) și/sau [6](#).

7.4.1.1 Grinzi

(34) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare în zonele plastice ale grinzilor se determină prin calculul structurii în gruparea seismică.

(35) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare din grinzi în zona de răspuns elastic se stabilesc din echilibrul grinzii în situația formării zonelor plastice, considerând și încărcările care acționează transversal pe axul grinzii din gruparea seismică.

(36) Valorile forțelor tăietoare se stabilesc din echilibrul grinzii în situația formării mecanismului plastic, considerând încărcările care acționează transversal pe axul grinzii din gruparea seismică, conform prevederilor capitolului [5](#), în cazul grinzilor compozite de beton armat cu armătură rigidă, și conform prevederilor capitolului [6](#), pentru grinzile din oțel compozite cu plăci de beton armat.

7.4.1.2 Stâlpi.

(37) Pentru stâlpii compoziți din beton armat realizați cu profile înglobate ai cadrelor fără contravântuiri valorile de proiectare ale eforturilor se determină cu relațiile prevăzute la 5.4.1.2.

(38) Pentru stâlpii compoziți din țevă umplută cu beton sau cu secțiune din oțel parțial înglobată care fac parte din structuri în cadre necontravântuite sau contravântuite, cu contravântuiri centrice sau excentrice, eforturile secționale de proiectare se determină conform prevederilor capitolului 6.

7.4.1.3 Noduri

(39) Valoarea de proiectare a forței tăietoare din nod se stabilește din echilibrul acestuia în situația formării mecanismului plastic, în mod distinct fiecare sens de acțiune seismică și pentru fiecare direcție de calcul.

7.4.1.4 Pereți și grinzi de cuplare

(40) Valorile de proiectare ale eforturilor pentru pereți și grinzi de cuplare se stabilesc conform prevederilor CR 2-1-1.1.

7.4.1.5 Diafragme

(41) Prevederile din acest paragraf sunt aplicate la stabilirea eforturilor de proiectare în diafragmele constituite de planșeele solicitate la încărcări în planul median.

(42) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme se stabilesc pe baza eforturilor asociate mobilizării mecanismului plastic de ansamblu al structurii, ținându-se seama de imprecizia calculului.

(43) Eforturile într-o diafragmă se stabilesc considerând echilibrul acesteia sub acțiunea forțelor orizontale și a valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare din elementele structurale care încarcă diafragma în direcție orizontală.

7.4.1.6 Infrastructuri și fundații

(44) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii se stabilesc considerând echilibrul acestora sub eforturile de legătură cu suprastructura și eforturile de rezemare pe teren.

(45) La proiectarea infrastructurii și fundațiilor se consideră valorile maxime ale eforturilor de legătură cu suprastructura, corespunzătoare situației formării mecanismului plastic, și încărcările care acționează direct asupra acestora.

(46) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii se stabilesc considerând interacțiunea teren-structură.

(47) În cazul elementelor cu fundații izolate, valorile de proiectare ale eforturilor de la baza zonei critice a acestora, E_{Fd} , se determină prin transformarea valorilor eforturilor rezultate din calculul static liniar cu ecuația:

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E} \quad (7.1)$$

unde:

- $E_{F,G}$ efortul secțional produs de alte acțiuni decât acțiunea seismică care sunt incluse în gruparea seismică;
- $E_{F,E}$ efortul secțional rezultat din calculul la acțiunea seismică de proiectare;
- Ω factor de suprarezistență la încovoiere al peretelui;
- γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță care ține seama de incertitudinea cuprinsă în evaluarea capacității de rezistență, care se alege conform relației [5.3.2.1\(5.4\)](#).

(48) Prevederi suplimentare privind stabilirea valorilor de proiectare ale eforturilor pentru clădiri cu structura cu pereți de compoziți sunt date în reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

7.4.2 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL

(49) Valorile de proiectare ale eforturilor secționale se determină conform [5.4.2](#).

7.5 Capacitate de rezistență

7.5.1 Grinzi

(50) Calculul capacităților de rezistență la încovoiere și forță tăietoare a grinzilor se face pe baza prevederilor specifice din standardul românesc SR EN 1994-1-1, împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

(51) În zonele critice ale grinzilor compozite sunt îndeplinite următoarele condiții:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,00 \quad (7.1)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,15 \quad (7.2)$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,50 \quad (7.3)$$

unde:

M_{Ed}, N_{Ed}, V_{Ed} valorile de proiectare ale eforturilor secționale din grindă;

$N_{pl,Rd}, M_{pl,Rd}, V_{pl,Rd}$ valorile de proiectare ale eforturilor capabile plastice ale grinzii;

(52) Valorile de proiectare ale eforturilor capabile ale grinzilor compozite se determină în conformitate cu prevederile din SR EN 1994-1-1.

7.5.1.2 Grinzi din oțel compozite cu plăci de beton armat

(53) Pentru calculul capacității de rezistență la încovoiere, lățimea activă a plăcii $b_{eff,Rd}$ se determină conform tabelului [Tabelul 7.1](#).

Tabelul 7.1 Lățimea activă de placă pentru calcul capacității de rezistență plastică a grinzilor de oțel cu placa de beton

Efort în placă	Poziția stâlpului	Element transversal	$b_{eff,Rd}$
Întindere	Interior	Armatură transversală în placă	b_{eff}

Întindere	Exterior	Armătură longitudinală ancorată într-o grindă de fațadă sau în zona de placă în consolă și armătură transversală în placă	b_{eff}
Întindere	Exterior	Fără armătură longitudinală ancorată într-o grindă de fațadă sau în zona de placă în consolă și armătură transversală în placă	0.0
Compresiune	Interior/Exterior	Există grinzi transversale cu conectori și armătură transversală în placă	b_{eff}
Compresiune	Interior/Exterior	Nu există grinzi transversale cu conectori, dar există armătură transversală în placă	$b_d + 0.7 h_c$
Compresiune	Exterior (cadre perimetrale)	Nu există grinzi transversale cu conectori, dar există armătură transversală în placă	b_c

unde

b_{eff} lățimea activă de calcul definită conform SR EN 1994-1-1;

b_c lățimea stâlpului perpendiculară pe axul grinzii care intră în nod;

h_c înălțimea stâlpului.

(54) Dacă placa este deconectată total de grinzi în jurul unui stâlp pe o zonă circulară cu diametrul $2b_{eff}$, unde b_{eff} valoarea cea mai mare a lățimilor active a grinzilor care intră în nod, atunci capacitatea de rezistență plastică la încovoiere se determină considerând doar profilul metalic.

(55) Placa se consideră deconectată total dacă nu există contact între placă și orice element dispus pe direcție transversală.

Notă: Astfel de elemente pot fi stâlpi, conectori, gusee etc.

(56) În zonele disipative ale grinzilor, se dispun în placă bare pentru asigurarea integrității plăcii și asigurarea transferului de eforturi de la grindă la stâlp. Modul de calcul și de detaliere este dat în anexa C din SR EN 1998-1.

7.5.1.3 Grinzi compozite din beton armat cu armătură rigidă

(57) Pentru proiectarea grinzilor compozite de beton armat cu armătură rigidă se îndeplinesc prevederile SR EN 1994-1-1 și prevederile din capitolele 5 și/sau 6, dacă nu contravin prevederilor din acest capitol.

(58) Lățimea efectivă de placă pentru calculul grinzilor la starea limita de rezistență la încovoiere se stabilește în conformitate cu 5.5.1.1. Armăturile din placă se consideră active la moment negativ dacă sunt plasate pe lățimea b_{eff} și dacă sunt corespunzător ancorate.

(59) Pentru verificarea la forță tăietoare a grinzilor, forța tăietoare de proiectare V_{Ed} se distribuie între secțiunea de beton armat, $V_{Ed,c}$, și oțel, $V_{Ed,a}$, în raport cu valorile momentelor de proiectare capabile ale acestor componente, $M_{Rd,c}$ și oțel $M_{Rd,a}$.

(60) Relațiile pentru calculul valorilor de proiectare ale eforturilor capabile $M_{pl,Rd}$, ale grinzilor compozite sunt date în SR EN 1994-1-1.

(61) $V_{pl,Rd,c}$ și $V_{pl,Rd,a}$ se determină în conformitate cu prevederile capitolelor 5 și/sau 6. Verificarea capacității de rezistență la forță tăietoare se realizează cu relațiile:

$$\frac{V_{Rd,a}}{V_{pl,Rd,a}} \leq 0,5 \quad (7.1)$$

$$\frac{V_{Ed,c}}{V_{pl,Rd,c}} \leq 1,00 \quad (7.2)$$

(62) În structurile proiectate pentru clasa DCM sau DCH, se consideră zone critice, zonele de la extremitățile grinzilor cu lungimea $l_{cr} = 1,50 h_w$ măsurată de la fața stâlpilor sau zonele de aceeași lungime situate deoparte și de alta a unei secțiuni din câmpul grinzii în care se atinge $M_{pl,Rd}$, unde h_w este înălțimea inimii grinzii.

7.5.2 Stâlpi

7.5.2.1 Stâlpi compoziți din beton armat cu armătură rigidă

(63) Valorile de proiectare ale eforturilor pentru stâlpii compoziți se determină conform prevederilor de la 5.4.1.2.

(64) În zonele critice ale stâlpilor compoziți din beton armat cu armătură rigidă se îndeplinesc următoarele condiții:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (7.1)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,3 \quad (7.2)$$

$$\frac{V_{Ed,c}}{V_{pl,Rd,c}} \leq 1,0 \quad (7.3)$$

$$\frac{V_{Ed,a}}{V_{pl,Rd,a}} \leq 0,5 \quad (7.4)$$

(65) Valorile de proiectare ale eforturilor se determină astfel încât să se favorizeze dezvoltarea mecanismului favorabil de disipare a energiei seismice. La un anumit nivel, momentele din stâlpi și grinzi se pot redistribui în condițiile realizării echilibrului de nod și a păstrării constante a forței tăietoare de nivel.

Valorile de proiectare ale capacității de rezistență la moment încovoiător, $M_{pl,Rd}$, ale stâlpilor compoziți se determină conform prevederilor SR EN 1994-1-1.

(66) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare $V_{pl,Rd}$ a unui stâlp se determină ca suma valorilor de proiectare ale capacității de rezistență ale

componentelor de beton armat, $V_{pl,Rd,c}$, și oțel, $V_{pl,Rd,a}$, determinate conform capitolelor 5 și/sau 6 din această reglementare tehnică.

Forța tăietoare care acționează un stâlp compozit se distribuie între secțiunea de beton armat, $V_{Ed,c}$, și oțel, $V_{Ed,a}$, în raport cu valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare ale acestor componente, $M_{Rd,c}$ și oțel $M_{Rd,a}$.

7.5.2.2 Stâlpi compoziți din țevă umplută cu beton

(67) Pentru proiectarea stâlpilor din țevi de oțel umplute cu beton sau umplute și înglobate în beton se respectă prevederile din SR EN1994-1-1, paragraful 6.7.

(68) În cazul componentelor structurale principale cu rol disipativ realizate din țevi umplute cu beton, valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a stâlpului se determină luând în considerare în calcul numai contribuția secțiunii de oțel sau numai contribuția miezului de beton armat, considerând țeava de oțel ca armătură transversală.

7.5.2.3 Stâlpi compoziți cu secțiunea din oțel parțial înglobată în beton armat

(69) Pentru proiectarea stâlpilor cu secțiunea din oțel parțial înglobată în beton armat se respectă prevederile din SR EN1994-1-1.

(70) În cazul componentelor structurale principale cu rol disipativ, valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare se determină considerând în calcul numai contribuția secțiunii de oțel. Fac excepție cazurile în care sunt luate măsuri speciale de mobilizare a capacității de rezistență la forță tăietoare a betonului armat prin realizarea de legături transversale între beton și elementul de oțel.

7.5.3 Noduri de cadru

(71) Pentru proiectarea nodurilor compozite și hibride se respectă prevederile din capitolele 5 și/sau 6.

(72) Nodurile compozite sunt dimensionate cu un grad de asigurare superior zonelor disipative ale elementelor adiacente astfel încât deformațiile neliniare să se dezvolte în acestea.

(73) În timpul acțiunii seismice este asigurată integritatea betonului comprimat al plăcii din jurul stâlpilor prin prevederea de armături suplimentare. Armăturile din placă, amplasate în zona nodurilor, respectă condițiile de alcătuire prevăzute în Anexa C din SR EN 1998-1.

(74) La proiectarea îmbinărilor cu sudură sau cu șuruburi a elementelor în nod se îndeplinește condiția:

$$R_d > 1,5 R_{fy} \quad (7.1)$$

unde

R_d valoarea de proiectare a eforturilor capabile ale îmbinării;

R_{fy} valoarea de proiectare a eforturilor capabile ale elementelor disipative care se îmbină.

(75) În cazul nodurilor compozite grindă – stâlp la care panoul de oțel al nodului este total înglobat în beton, capacitatea de rezistență a nodului se calculează ca sumă a

contribuției betonului armat și a panoului de oțel din nod care se determină conform prevederilor din capitolele 5 și/sau 6, dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

$$0,6 \leq h_b/h_c \leq 1,4 \quad (7.2)$$

$$V_{j,Ed} \leq V_{j,Rd} \quad (7.3)$$

unde:

h_b și h_c sunt dimensiunile panoului nodului egale cu înălțimea secțiunii de oțel a grinzii și respectiv a stâlpului;

$V_{j,Ed}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare din nod, asociată formării articulațiilor plastice în zonele critice ale grinzilor compozite adiacente, calculată în raport cu valorile de proiectare ale capacității de rezistență la moment încovoietor ale componentelor din beton armat, $M_{Rd,c}$, și oțel, $M_{Rd,a}$, considerând și factorul de suprazistență al oțelului.

$V_{j,Rd}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a nodului compozit.

Valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a nodului, $V_{j,Rd}$, se determină ca suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la forță tăietoare ale componentelor de beton armat, $V_{j,Rd,c}$, și de oțel, $V_{j,Rd,a}$, ale nodului, determinate conform capitolelor 5 și/sau 6 din această reglementare tehnică.

(76) La proiectarea nodurilor compozite alcătuite din grinzi de oțel compozite cu plăci de beton armat și stâlpi compoziți sau de beton armat sunt aplicate următoarele măsuri:

(pppppppppppp) la fața stâlpului sunt amplasate rigidizări verticale;

(qqqqqqqqqqqq) forța tăietoare din grinzi se distribuie între armăturile verticale suplimentare sudate de talpa grinzii și secțiunea de oțel a stâlpului.

(77) La proiectarea nodurilor hibride alcătuite din grinzi de oțel sau compozite și stâlpi de beton armat sunt aplicate următoarele măsuri:

(rrrrrrrrrrrr) grinda de oțel trece continuă prin nod;

(ssssssssssss) la fața stâlpului sunt dispuse rigidizări verticale;

(tttttttttttt) în apropierea rigidizărilor verticale din noduri sunt dispuse în stâlpi armături verticale suplimentare sudate de tălpile grinzii, având o valoarea de proiectare a capacității de rezistență la întindere egală cu forța tăietoare de proiectare a grinzii de oțel. Betonul din zona acestor armături este confinat cu armătură transversală care îndeplinește condițiile din paragraful 7.6.3.1.

(78) Nodurile hibride alcătuite din stâlpi de beton armat și grinzi de oțel nu sunt utilizate pentru structuri din clasele DCH și DCM.

7.5.4 Pereți compoziți

(79) Pentru calculul valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență și pentru alcătuirea pereților compoziți se respectă prevederile din capitolele 5 și/sau 6 și din reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

- (80) În cazul pereților compoziți se consideră că forța tăietoare este preluată integral de inima de beton armat a peretelui iar momentul încovoietor de ansamblul peretelui.
- (81) Transferul eforturilor tangențiale între zonele de la extremitățile peretelui și panoul din beton armat al inimii peretelui se realizează prin conectori, prin bare sudate de secțiunea de oțel sau bare trecute prin găurile armăturii rigide.

7.6 Reguli de alcătuire

(82) Componentele structurale principale respectă condițiile de alcătuire date în acest paragraf.

(83) Geometria secțiunii, a armării și a supleților profilelor de oțel se stabilesc coroborat astfel încât cedarea secțiunilor din încovoiere, cu sau fără forță axială, să nu se producă prin zdrobirea betonului comprimat înainte de curgerea profilului de oțel sau a armăturii longitudinale întinse. Această condiție se aplică pentru grinzi, stâlpi și pereți pentru structurile din clasele DCH și DCM.

(84) Prevederile privind calitatea materialelor, alcătuirea și armarea componentelor structurale principale sunt stabilite diferențiat pentru zonele critice și pentru zonele curente.

(85) Lungimea și poziția zonelor critice ale componentelor structurale principale se stabilește diferențiat în funcție de tipul elementului, starea de solicitare și clasa de ductilitate, în acord cu prevederile acestui paragraf. Partea din element care este situată în afara zonelor critice se consideră zonă curentă.

7.6.1 Calitatea materialelor

(86) Pentru beton și pentru oțelul armăturilor se respectă prevederile din capitolul 5, iar pentru oțelul profilelor metalice se respectă prevederile din capitolul 6,.

(87) Clasa maximă de beton este C40/50.

7.6.2 Suplețea pereților secțiunilor de oțel care alcătuiesc elementele compozite

(88) Zonele comprimate ale elementelor compozite cu secțiunea de oțel neînglobată în beton respectă condițiile de suplețe prevăzute în capitolul 6 al acestui cod. În cazul zonelor disipative ale elementelor compozite cu secțiunea de oțel înglobată în beton, suplețea este mai mică sau egală cu limitele maxime prevăzute în Tabelul 7.1.

Notă: Ductilitatea elementelor compozite disipative solicitate la compresiune și încovoiere este condiționată de evitarea fenomenelor de instabilitate locală a elementelor de oțel. De aceea se impune limitarea supleței pereților secțiunilor de oțel.

(89) Limitele maxime ale raportului c/t_f date în Tabelul 7.1 pot fi mărite dacă sunt utilizate detaliile speciale de conectare ale tălpilor prevăzute în paragraful 7.6.2.

Tabelul 7.1 Limitele maxime ale supleței pereților secțiunilor de oțel ale elementelor compozite în funcție de factorul de comportare q

Clasa de ductilitate a structurii	DCH	DCM
Factorul de comportare q	$q \geq 3,50$	$1,50 < q < 3,50$
Tălpile secțiunilor I sau H parțial înglobate (c/t_f)	9ε	14ε
Secțiuni de țevi rectangulare umplute cu beton (h/t)	24ε	38ε
Secțiuni de țevi circulare umplute cu beton (d/t)	80ε ²	85ε ²
Tălpile secțiunilor I sau H ale elementelor BAR (c/t_f)	23ε	35ε
Inimile secțiunilor I sau H ale elementelor BAR sau parțial înglobate în beton (d/t_w)	96ε	150ε

Țevi rectangulare umplute și înglobate în beton (h/t)	72ε	100ε
Țevi circulare înglobate și umplute cu beton (d/t)	$150\varepsilon^2$	$180\varepsilon^2$
$\varepsilon=(235/f_y)^{0.5}$		

unde:

c/t_f reprezintă raportul dintre lățimea aripii tălpii și grosimea ei;

d/t_w raportul dintre înălțimea și grosimea inimii secțiunii din oțel;

d/t raportul între dimensiunea exterioară maximă și grosimea peretelui țevii,

f_y valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului (în N/mm^2)

ε factor de corecție care se stabilește cu relația:

$$\varepsilon=(235/f_y)^{0.5} \quad (7.2)$$

7.6.2.2 Grinzi din oțel compozite cu plăci de beton armat

(90) Grinzile compozite se proiectează considerând un grad de conectare totală sau parțială conform prevederilor SR EN 1994-1-1. Gradul de conectare minim η , definit conform EN 1994-1-1, este mai mare decât 0,80 iar capacitatea de rezistență a conectorilor pentru zonele de moment negativ este mai mare decât capacitatea la întindere a capacității de rezistență a armăturilor.

(91) Dacă se folosesc conectori neductili, se realizează conectarea totală între grinda de oțel și placa de beton armat.

(92) Rezistența conectorilor calculată conform SR EN 1944-1-1 se reduce prin înmulțire cu 0,75.

(93) Pentru asigurarea ductilității, în zonele disipative se limitează înălțimea relativă a zonei comprimate a secțiunii grinzii compozite, x/h_b , astfel încât să fie îndeplinită condiția:

$$\frac{x}{h_b} < \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{ud}} \quad (7.1)$$

unde

ε_{cu2} deformația specifică ultimă a betonului ținând cont de confinare, $\varepsilon_{cu2}=0,0045$;

ε_{ud} valoarea de proiectare a deformației specifice ultime a oțelului.

(94) Condiția de ductilitate impusă prin relația (7.1) se consideră îndeplinită dacă înălțimea relativă a zonei comprimate a secțiunii grinzii compozite, x/h_b , este mai mică decât valorile prevăzute în Tabelul 7.1.

Tabelul 7.1 Valori maxime ale înălțimii relative a zonei comprimate de beton, x/h_b , pentru asigurarea ductilității grinzilor din oțel compozite cu placă de beton armat

Clasa de ductilitate	q	$f_y (N/mm^2)$	Valori maxime x/h_b
DCM	$1,50 < q \leq 4,00$	355	0,27

		235	0,36
DCH	$q > 4,00$	355	0,20
		235	0,27

(95) În cazul structurilor din DCH pentru care coeficientul de comportare este mai mic de 5,00 se vor considera pentru limitele pentru clădirile din clasa DCM.

7.6.2.3 Grinzi compozite din beton armat cu armătură rigidă

(96) În structurile disipative, se consideră zone critice, zonele de la extremitățile grinzilor cu lungimea $l_{cr} = 1,50 h_b$, unde h_b este înălțimea secțiunii transversale a grinzii, măsurată de la fața stâlpilor sau zonele de aceeași lungime situate deoparte și de alta a unei secțiuni din câmpul grinzii în care se atinge $M_{pl,Rd}$ în combinațiile seismice de proiectare.

(97) Asigurarea cerințelor de ductilitate locală în aceste zone se realizează respectând condițiile de la [5.7.3.1](#).

(98) Armatura longitudinală îndeplinește prevederile date la [5.7.3.1.1](#).

(99) Armatura transversală îndeplinește prevederile date la [5.7.3.1.2](#).

7.6.3 Stâlpi

7.6.3.1 Stâlpi compoziți din beton armat cu armătură rigidă

(1) În structurile compozite disipative, zonele de la extremitățile stâlpilor se proiectează ca zone disipative pentru care se iau măsuri de asigurare a ductilității.

(2) Lungimea zonelor critice ale stâlpilor compoziți se calculează cu relațiile:

$$l_{cr} \geq \max(1,5 h_c; l_{cl}/6; 600 \text{ mm}) \text{ pentru DCH} \quad (7.1)$$

$$l_{cr} \geq \max(h_c; l_{cl}/6; 450 \text{ mm}) \text{ pentru DCM} \quad (7.2)$$

unde:

h_c înălțimea secțiunii stâlpului compozit

l_{cl} lungimea liberă a stâlpului.

(3) Dacă $l_{cl}/h_c < 3$, întreaga lungime a stâlpului se consideră critică.

(4) În zonele critice ale stâlpilor compoziți, dacă relația [7.5.2.1\(7.2\)](#) nu este îndeplinită, pentru a asigura o capacitate de rotire plastică suficientă se dispune o armătură transversală de confinare astfel încât să se obțină o ductilitate secțională cel puțin egală cu ductilitatea secțională obținută dacă este îndeplinită condiția menționată anterior.

(5) Armatura longitudinală îndeplinește prevederile date la [5.7.3.2.1](#).

(6) Armatura transversală îndeplinește prevederile date la [5.7.3.2.2](#).

(7) În zonele disipative, diametrul etrierilor de confinare d_{bw} pentru împiedicarea flambajului local al tălpii comprimate respectă condiția:

$$d_{bw} \geq \left(\frac{b_f t_f}{8} \right) \left[\left(\frac{f_{ydf}}{f_{ydw}} \right) \right]^{0.5} \quad (7.3)$$

unde:

b_f, t_f lăţimea şi grosimea tălpii;

f_{ydf}, f_{ydw} valorile de proiectare ale rezistenţei la curgere a oţelului tălpii şi respectiv a armăturii transversale.

(8) În zonele critice distanţa între două bare longitudinale consecutive legate la colţ de etrieri sau cu agrafe este mai mică sau egală cu 200 mm, pentru clasa de ductilitate DCM, şi 150 mm, pentru clasa de ductilitate DCH.

(9) Prevederile constructive privind ancorajul şi înădirea armăturilor stâlpilor compoziţi vor fi aceleaşi cu cele date în capitolul 5 pentru stâlpii de beton armat.

(10) Acoperirea cu beton a armăturii rigide este mai mare sau egală cu 75 mm pentru elemente de clasa DCM şi 100 mm pentru elemente din clasa DCH.

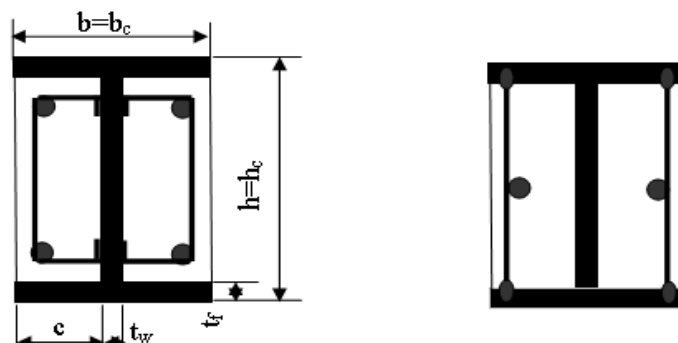
7.6.3.2 Stâlpi compoziţi din ţeavă umplută cu beton

(11) Relaţia între clasa de ductilitate şi supleţea limită a pereţilor ţevii este dată în [7.6.2.1.1 Tabelul 7.1](#).

7.6.3.3 Stâlpi compoziţi cu secţiunea din oţel parţial înglobată în beton armat

(12) În zonele critice ale elementelor compozite cu secţiunea de oţel parţial înglobată în beton, distanţele s între armăturile transversale satisfac condiţiile prevăzute la 5.7.3.2.2 şi în SR EN 1994-1-1.

(13) În cazul stâlpilor la care sunt prevăzute armături suplimentare sudate de tălpi pentru limitarea flambajului local la distanţa s_l măsurată în lungul stâlpului, conform reprezentării din [Figura 7.1, b](#), unde s_l îndeplineşte condiţia $s_l < 0,50 c$, atunci limitele raportului c/t_f date în [7.6.2.1.1 Tabelul 7.1](#) pot fi majorate cu 50%. În cazul în care s_l îndeplineşte condiţia $0,50 c \leq s_l < c$, limitele raportului c/t_f pot stabilite prin interpolare liniară între valorile maxime prevăzute în [7.6.2.1.1 Tabelul 7.1](#) şi cele corespunzătoare majorării cu 50%.



a) etrieri sudați de inimă b) bare drepte sudate de tălpi

Figura 7.1 Armătura transversală a elementelor compozite parțial înglobate în beton

(14) Diametrul armăturilor suplimentare prevăzute conform [\(13\)](#) este mai mare sau egal cu 8 mm și îndeplinește condiția [7.6.3.1\(7.3\)](#).

(15) Armăturile suplimentare se sudează de tălpi la ambele capete, iar rezistența sudurilor este mai mare decât valoarea de proiectare a rezistenței la întindere a armăturilor. Aceste armături au acoperirea cu beton cuprinsă între 20 mm și 40 mm.

7.6.4 Noduri de cadru

(16) La proiectarea nodurilor compozite alcătuite din grinzi de oțel compozite cu plăci de beton armat și stâlpi compoziți sau de beton armat sunt luate următoarele măsuri:

- la fața stâlpului sunt amplasate rigidizări verticale;
- forța tăietoare din grinzi se distribuie între armăturile verticale suplimentare sudate de talpa grinzii și secțiunea de oțel a stâlpului.

(17) La proiectarea nodurilor hibride alcătuite din grinzi de oțel sau compozite și stâlpi de beton armat se aplică următoarele condiții de alcătuire:

- grinda de oțel trece continuu prin nod;
- la fața stâlpului dispun rigidizări verticale;
- în apropierea rigidizărilor verticale se dispun în stâlpi armături verticale suplimentare sudate de tălpile grinzii, având valoarea de proiectare a capacității de rezistență la întindere mai mare sau egală decât valoarea de proiectare a forței tăietoare din grinda de oțel. Betonul din zona acestor armături este confinat cu armătură transversală care îndeplinește condițiile din paragraful [7.6.3.1](#).

(18) Nodurile hibride alcătuite din stâlpi de beton armat și grinzi de oțel nu se utilizează pentru structuri din clasele DCH și DCM.

7.6.5 Pereți compoziți

(19) La proiectarea pereților compoziți se aplică regulile de alcătuire și armare date în reglementarea tehnică CR 2-1-1.1.

(20) Panourile de beton armat ale pereților compoziți respectă prevederile de alcătuire constructivă și de dimensionare ale pereților de beton armat date în cap 5.

(21) Zonele de la extremitățile secțiunii pereților cu armatură rigidă total înglobată în beton se proiectează conform prevederilor de la [7.6.3.1](#).

(22) Zonele de la extremitățile secțiunii pereților cu armatură rigidă cu înglobare parțială în beton se proiectează conform prevederilor de la [7.6.3.3](#).

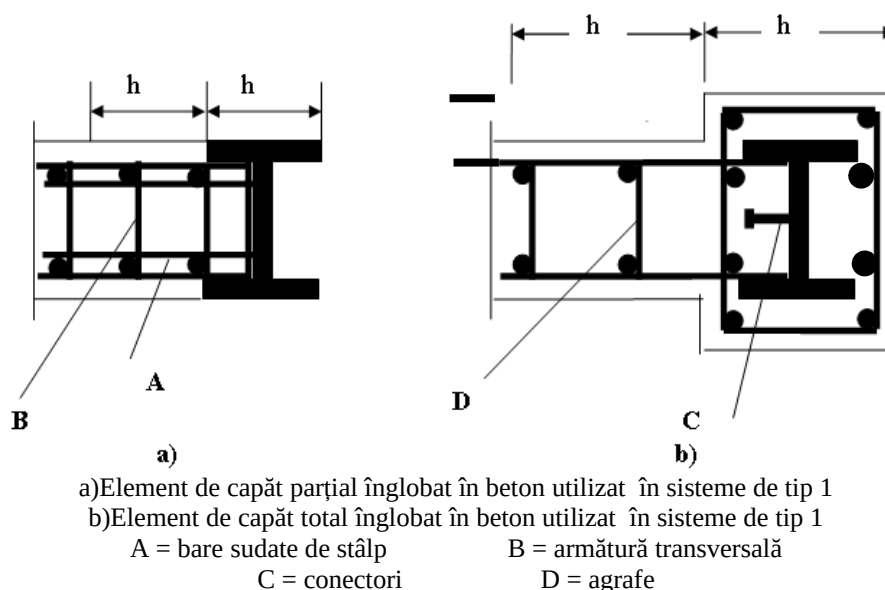


Figura 7.1 Detalii pentru zonele de capăt ale pereților compoziți

(23) Transferul eforturilor tangențiale între zonele de la extremitățile peretelui și panoul din beton armat al inimii peretelui se realizează prin conectori, prin bare sudate de secțiunea de oțel sau bare trecute prin găurile armăturii rigide.

(24) Riglele de cuplare de oțel sau compozite cu placă de beton armat au o lungime de înglobare suficientă în peretele din beton armat, capabilă să transmită peretelui momentele și forțele tăietoare de proiectare ale grinzii de cuplare. Lungimea de înglobare l_e se măsoară de la primul rând de armătură al zonelor de capăt ([Figura 7.2](#)). Lungimea de înglobare este mai mare sau egală cu $1,50h$, unde h este înălțimea grinzii de cuplare.

(25) În zona de înglobare a grinzii de cuplare se dispun în perete armături verticale sudate de tălpile grinzii cu capacitatea de rezistență la întindere egală cu valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare a grinzii. $2/3$ din aria acestei armături se amplasează în prima jumătate a lungimii de înglobare. Armătura se prelungește simetric deasupra și dedesubtul tălpilor grinzii de cuplare cu o lungime egală cu lungimea de ancoraj. În această zonă armătura transversală respectă condițiile date în [7.6.3.2](#).

(26) În cazul clasei de ductilitate DCM armătura de confinare a elementelor de capăt ale pereților compoziți se dispune pe o distanță egală cu h , iar pentru clasa de ductilitate DCH aceasta distanță se extinde pe lungimea peretelui la $2h$, dar cel puțin pe o distanță de $0,15l_w$. (h este înălțimea secțiunii elementului de capăt în planul peretelui, vezi [Figura 7.1](#), iar l_w este lungimea peretelui).

(27) Conectarea panoului de oțel cu cadrul de înrămare se realizează continuu cu sudură sau cu șuruburi.

(28) Grosimea minimă de înglobare în beton a panoului de oțel este de 200 mm, cu cel puțin 100 mm pe fiecare parte a panoului.

(29) Procentul minim de armare al betonului de înglobare este egal cu 0.25%, pe ambele direcții.

(30) Conectarea între panoul de oțel și betonul de înglobare se realizează cu conectori sudați sau cu agrafe care trec prin găuri practicate în panoul de oțel.

Golurile din panoul de oțel al inimii peretelui compozit sunt rigidizate.

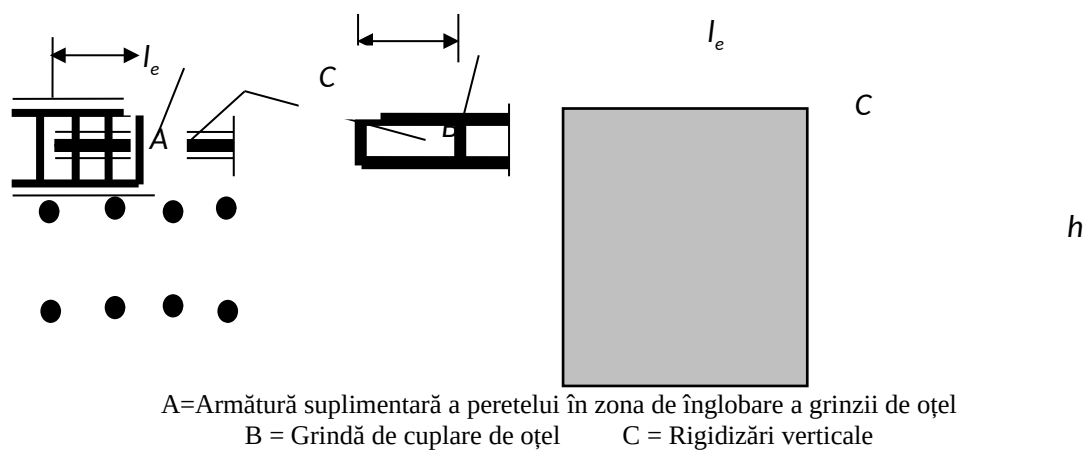


Figura 7.2 Grinzi de cuplare de oțel ale pereților de beton armat și detalii de înglobare pentru clasa de ductilitate DCH

8 Structuri din zidărie

8.1 Generalități

8.1.1 Obiect și domeniu de aplicare

(32) Acest capitol conține prevederi pentru proiectarea la acțiunea seismică a clădirilor în care structurile principale conțin pereți realizați din zidărie, care constituie componente structurale principale, numite în continuare structuri din zidărie.

(33) Pentru proiectarea clădirilor cu structură din zidărie la alte tipuri de acțiuni decât cea seismică se utilizează reglementările tehnice specifice și, după caz, standardele române din seria SR EN 1996-1.

8.1.2 Definiții

(34) Termenii specifici acestui capitol sunt:

Buiandrug: element de construcție alcătuit dintr-o grindă din beton armat, din zidărie, din metal sau din lemn, așezat deasupra unui gol dintr-un perete din zidărie pentru a susține porțiunea de zidărie de deasupra sa;

Centură: element de confinare pentru zidărie dispus în direcție orizontală, solicitat predominant la întindere sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

Grindă: componentă structurală, solicitată preponderent la moment încovoietor și forță tăietoare, la care efortul axial mediu normalizat este mai mic decât 0,10, având raportul dintre deschiderea liberă și înălțimea secțiunii transversale mai mare decât 3.

Intersecție între pereți: loc unde se încrucișează doi sau mai mulți pereți; intersecțiile sunt, de regulă, în formă de cruce sau în forma literelor „T” sau „L”.

Perete (perete structural): componentă structurală verticală, realizată din zidărie, având raportul dintre lungimea secțiunii transversale și grosimea inimii acesteia mai mare sau egal decât 4.

Perete cuplat: perete, parte dintr-un ansamblu de elemente verticale, de care acesta este conectat prin rigle de cuplare, astfel încât forța axială care se dezvoltă în perete, ca urmare a încărcărilor orizontale, asigură preluarea a cel puțin 30% din momentul de răsturnare al ansamblului, în faza de mecanism plastic, pe direcția de calcul.

Perete izolat: perete conectat de restul structurii prin elemente orizontale, plăci sau grinzi, cu rigiditate și rezistență mică la încovoiere.

Perete cu comportare de montant: perete cu rigiditate și capacitate de rezistență semnificativ mai mare decât cele ale componentelor structurale orizontale cu care este conectat, astfel încât este de așteptat ca atingerea capacității de rezistență să se producă numai la baza acestuia.

Perete cu comportare de șpalet: perete cu rigiditate similară sau mai mică decât cea a componentelor structurale orizontale cu care este conectat, astfel încât este de așteptat ca atingerea capacității de rezistență din încovoiere să se producă la partea de jos sau la partea de sus a acestuia.

Notă: Peretele cu comportare de șpalet poate fi considerat ca având rotirea blocată la ambele capete, pentru calculul seismic în planul său.

Riglă de cuplare: element structural orizontal, având raportul dintre deschiderea liberă și înălțimea secțiunii transversale mai mic sau egal cu 3, conectat rigid la capete cu două elemente structurale verticale.

Stâlpișor: element de confinare pentru zidărie dispus în direcție verticală, solicitat predominant la întindere sau compresiune la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

Structură din zidărie nearmată - simplă: structură cu pereți din zidărie care nu conține o cantitate suficientă de armătură pentru a fi considerată ca zidărie armată;

Structură din zidărie armată: structură cu pereți din zidărie în care bare sau plase de armătură sunt înglobate în mortar sau în beton astfel încât toate materialele să conlucreze pentru a rezista efectelor acțiunilor;

Structură din zidărie confinată: structură cu pereți din zidărie care înglobează elemente de confinare din beton armat sau zidărie armată dispuse în direcție verticală și orizontală.

Structură din zidărie confinată cu armătură în rosturi: structură din zidărie confinată la care în rosturile orizontale ale zidăriei sunt dispuse armături.

Zidărie: ansamblu de elemente pentru zidărie așezate după un model stabilit și legate între ele prin mortar.

Zidărie executată în ștrepi: zidărie confinată la care elementele pentru zidărie la marginea stâlpișorului nu sunt aliniate pe verticală, de la un rând la altul, ci decalate cu minim 5 cm, astfel încât să se creeze pene din beton pentru conlucrarea zidăriei cu betonul din stâlpișori.

8.2 Principii de proiectare

8.2.1 Generalități

(35) Clădirile cu structura din zidărie se proiectează astfel încât să se obțină o comportare spațială.

(36) Structura principală a clădirilor cu structura din zidărie este alcătuită din planșee și pereți.

(37) Pereții din zidărie care sunt componente structurale principale se dispun aliniat cu două direcții orizontale ortogonale; aceștia se conectează între ei la intersecții și de planșeele adiacente lor.

(38) Efortul axial de compresiune normalizat cauzat de acțiunile neseismice corespunzătoare combinației seismice de proiectare în pereții din zidărie care sunt componente structurale principale, calculat folosind valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a zidăriei, se limitează conform relației:

$$v_i = \frac{N_{Ed,i}}{A_{p,i} \cdot f_k} \leq 0,2 \quad (8.1)$$

unde

i indicele peretelui din zidărie pe direcția considerată;

$N_{Ed,i}$ forța axială în peretele i , cauzată de acțiunile neseismice corespunzătoare combinației seismice de proiectare;

f_k valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a zidăriei;

$A_{p,i}$ aria secțiunii orizontale a peretelui i , corespunzătoare forței axiale $N_{Ed,i}$.

(39) Efortul axial de compresiune normalizat cauzat de acțiunile neseismice corespunzătoare combinației seismice de proiectare în pereții de zidărie care sunt componente structurale secundare, calculat folosind valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a zidăriei, se limitează superior la 0,40.

(40) Clădirile cu structura din zidărie se realizează cu respectarea cumulativă a următoarelor prevederi:

(uuuuuuuuuuuuu) la clădiri etajate, distanța măsurată pe verticală dintre planșee este mai mică sau egală cu 4,00 m;

(vvvvvvvvvvvvvvv) diafragmele și prinderile pereților din zidărie de acestea sunt realizate astfel încât împiedică deplasarea pereților pe direcție perpendiculară pe planul lor;

(wwwwwwwwwwwww) pereții, grinzile, centurile și/sau diafragmele sunt conectate între ele;

(xxxxxxxxxxxxxxx) grinzile, centurile și/sau diafragmele sunt realizate astfel încât să reziste efectelor acțiunilor și să transmită efectele acțiunilor pereților de care sunt conectate.

8.2.2 Clase de ductilitate

(41) Clădirile din zidărie se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL sau DCM.

(42) Pot fi proiectate pentru clasa de ductilitate DCM numai clădirile cu structura din zidărie confinată cu elemente din beton armat și clădirile cu structura din zidărie confinată cu elemente din beton armat și cu armătură de oțel în rosturi, dacă sunt respectate integral prevederile specifice din acest capitol.

(43) Clădirile cu structura din zidărie nearmată se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL, cu respectarea prevederilor specifice pentru această clasă de ductilitate date în acest capitol.

(44) Prin excepție de la prevederile de la (42) și (43), se pot proiecta clădiri de zidărie cu alte tipuri de structuri pe baza unor reglementări tehnice specifice care să conțină prevederi privind proiectarea seismică a acestora în acord cu prevederile capitolelor 1-4 din această reglementare tehnică, pentru clasa de ductilitate DCL sau DCM.

8.2.3 Mecanismul plastic

(45) Pentru structurile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, răspunsul seismic favorabil este condiționat de formarea unui mecanism plastic cu capacitate optimă de disipare a energiei induse de acțiunea seismică orizontală.

(46) Deformațiile plastice favorabile ale componentelor structurale principale se produc datorită depășirii deformației specifice de curgere a armăturilor ductile întinse ca urmare a încovoierii componentelor structurale, cu sau fără forță axială.

(47) La sistemele structurale cu pereți din zidărie, mecanismul plastic favorabil se formează prin apariția deformațiilor plastice favorabile în pereți și la capetele riglelor

de cuplare, dacă acestea există și au o configurație care permite dezvoltarea deformațiilor plastice favorabile la capetele lor.

Notă: În funcție de configurația unui perete, acesta poate avea o comportare de montant sau de șpalet; articulațiile plastice pot apărea, la un anumit nivel, la cote diferite în pereți diferiți.

Notă: În multe configurații uzuale pentru clădirile din zidărie, riglele de cuplare au o capacitate de deformare plastică din încovoiere redusă.

(48) Pentru controlul mecanismului plastic, proiectarea se realizează în acord cu principiile metodei ierarhizării capacităților de rezistență - metoda de proiectare la capacitate.

(49) Prin ierarhizarea capacităților de rezistență trebuie asigurate, la incidența acțiunii seismice de proiectare, capacități de rezistență ale elementelor structurale mai mari decât eforturile care pot produce ruperi de tip fragil cum sunt:

(yyyyyyyyyyyyyy) ruperea la forță tăietoare în secțiuni înclinate;

(zzzzzzzzzzzzzz) ruperea la forțe de lunecare, în lungul rosturilor sau în lungul altor secțiuni pre-fisurate;

(aaaaaaaaaaaaaa) ruperea ancorajelor armăturilor.

(50) Infrastructurile și fundațiile se realizează astfel încât să răspundă în domeniul elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

8.2.4 Factori de comportare

8.2.4.1 Starea limită ultimă

(51) Acest paragraf conține prevederi pentru stabilirea valorii maxime a factorului de comportare, q , pentru acțiuni seismice orizontale.

(52) Valorile maxime ale factorului de comportare, q , se determină pentru fiecare direcție orizontală ortogonală a clădirii.

Notă: Se pot considera valori diferite pentru cele două direcții orizontale ortogonale.

(53) Pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCL, valoarea maximă a factorului de comportare, q , este egală cu:

(bbbbbbbbbbbbbb) 1,00, în cazul clădirilor cu diafragme semi-rigide sau flexibile;

(cccccccccccccc) 1,50, în cazul clădirilor cu diafragme rigide.

(54) Pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, valoarea maximă a factorului de comportare, q , este mai mică sau egală cu 3,50.

(55) Pentru clădirile proiectate în clasa de ductilitate DCM, cu regularitate în plan orizontal și în plan vertical, valorile maxime ale factorului de comportare, q , se aleg conform prevederilor din tabelul [Tabelul 8.1](#), în funcție de modul de conformare a structurii pe direcția de acțiune seismică și de tipul zidăriei.

Tabelul 8.1 Valori maxime ale factorului de comportare, q

Modul de conformare a structurii	Tipul zidăriei	q
Există cel puțin 6 pereți de lungimi diferite pe direcția de acțiune seismică	Zidărie confinată	3,00
	Zidărie confinată armată în rosturi	3,50

Există cel mult 5 pereți de lungimi diferite pe direcția de acțiune seismică	Zidărie confinată	2,00
	Zidărie confinată armată în rosturi	2,50

(56) În cazul clădirilor neregulate în plan orizontal sau în plan vertical valoarea maximă a factorului de comportare, q , se reduce conform prevederilor de la [4.5.1.1](#).

(57) În aplicarea prevederii de la [\(55\)](#), se consideră că pereții de pe o direcție au lungimi diferite dacă lungimea oricărui perete principal, pe direcția de acțiune seismică, este mai mică decât 80% din lungimea celui mai lung perete principal din acea direcție. În această evaluare se exclud 20% dintre pereții principali de pe acea direcție care au lungimea cea mai mare.

Notă: în aplicarea acestei prevederi, prin lungimea unui perete se înțelege lungimea inimii secțiunii orizontale.

Notă: numărul pereților care se exclud se obține prin raportarea procentului de 20% la numărul total de pereți structurali principali pe direcția de calcul și rotunjire superioară la primul număr întreg.

(58) Valorile maxime ale factorului de comportare date în [Tabelul 8.1](#) se reduc cu 20% dacă lungimea totală a inimilor celor mai lungi 20% dintre pereții structurali principali pe o direcție este mai mare decât 40% din lungimea totală a inimilor pereților structurali principali pe acea direcție.

(59) Valoarea maximă a factorului de comportare rezultat din aplicarea prevederilor acestui paragraf se limitează inferior la 1,00.

8.2.4.2 Starea limită de serviciu

(60) Valoarea factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru verificări la starea limită de serviciu este egală cu 1,50 pentru clădirile proiectate în clasa de ductilitate DCM și 1,00 pentru clădirile proiectate în clasa de ductilitate DCL.

8.2.5 Modelare pentru calcul

(61) Stabilirea eforturilor și deformațiilor cauzate de acțiunea seismică în clădirile cu structura din zidărie se face prin calcul structural de ansamblu, pe modele tridimensionale.

(62) Prin excepție de la [\(61\)](#), în cazul clădirilor cu structura din zidărie, stabilirea eforturilor și deformațiilor cauzate de acțiunea seismică se poate face pe modele plane – unidirecționale, dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(dddddddddddddd) clădirea este încadrată în clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur;

(eeeeeeeeeeeeeee) clădirea are numai 1 sau 2 niveluri supraterane;

(ffffffffffffff) diafragmele orizontale sunt realizate ca diafragme rigide;

(ggggggggggggggg) pereții din zidărie sunt aliniați cu două direcții orizontale ortogonale, fără excepție, și au comportare de montan.

(63) Pentru clădirile cu structura din zidărie, la calculul valorii de proiectare a acțiunii seismice, fracțiunea din amortizarea critică a clădirii, ξ , se consideră egală cu 8%.

- (64) Rigiditatea pereților se evaluează luând în considerare deformațiile din încovoiere, forță tăietoare și axială.
- (65) Rigiditatea pereților din zidărie care fisurează se ia egală cu 50% din rigiditatea corespunzătoare răspunsului elastic, nefisurat.
- (66) Componentele structurale orizontale din zidărie se consideră în modelul de calcul numai dacă formează cu pereții din zidărie adiacenți legătură de moment pe direcția de calcul.
- (67) Modulul de elasticitate al zidăriei unei componente structurale orizontale se calculează pe baza valorii caracteristice a rezistenței la compresiune a zidăriei din direcția de calcul.
- (68) Rigiditatea la încovoiere și forță tăietoare a unei componente structurale orizontale care fisurează poate fi considerată egală cu 25% din rigiditatea corespunzătoare răspunsului elastic – nefisurat, pentru zidăria nearmată, și 50% din rigiditatea corespunzătoare răspunsului elastic – nefisurat, pentru zidăria armată sau confinată.
- (69) Prin excepție de la (68), rigiditatea la încovoiere și forță tăietoare a unei componente structurale orizontale se poate determina pe baza prevederilor SR EN 1996-1-1.
- (70) Pentru elementele de confinare din beton armat care fisurează rigiditatea se consideră egală cu 50% din rigiditatea corespunzătoare răspunsului elastic – nefisurat.
- (71) Un element orizontal compus, realizat din zidărie și centuri sau buiandrugi din beton armat, poate fi modelat ca două sau mai multe elemente paralele, neglijând conlucrarea dintre ele.
- (72) Pentru diafragme, modelul trebuie să exprime rigiditatea reală a acestora, cu excepția situației când diafragmele sunt rigide. Criteriile de încadrare a diafragmelor în rigide, semi-rigide sau flexibile sunt date la 4.2.6.
- (73) Un planșeu din beton armat monolit cu grosimea de minim 100 mm sau un planșeu cu elemente prefabricate și suprabetonare de minim 60 mm grosime poate fi considerat rigid, dacă este armat continuu pe ambele direcții și la ambele fețe cu un coeficient de armare cu armătură întinsă mai mare de 0,002 și armăturile sunt ancorate în centurile sau grinzile de reazem.
- (74) Diafragmele semi-rigide se modelează minimal prin elemente finite de suprafață cu comportare de membrană sau prin sisteme de tip bielă comprimată – tirant.
- (75) Contribuția diafragmelor flexibile la răspunsul structural de ansamblu la acțiuni seismice poate fi neglijată în calculul structurii, cu excepția masei oscilante aferentă acestora care se distribuie pereților de reazem.
- (76) Pentru calculul structurii prin metoda de calcul static neliniar se utilizează legi constitutive simplificate particularizate pentru fiecare componentă structurală în parte.
- (77) Pentru calculul neliniar, pereții pot fi modelați utilizând o lege de răspuns biliniară forță-deplasare, elastică-perfect plastică, în care rigiditatea corespunde proprietăților secțiunii fisurate, iar zona de palier se extinde până la θ_{NC} , unde θ_{NC} este deplasarea relativă de nivel în apropiere de colaps. După θ_{NC} , rezistența la forțe orizontale a pereților trebuie să scadă la o valoare reziduală, care poate fi considerată

egală cu 0. Se poate presupune că pereții își păstrează capacitatea la forță axială și după θ_{NC} .

(78) Pentru calculul neliniar, capacitatea de rezistență la încovoiere și forță tăietoare a elementelor orizontale din zidărie armată sau confinată și a centurilor din beton armat poate fi calculată neglijând efectul forței axiale. Relația forță tăietoare-rotirea corzii poate fi considerată elastică-perfect plastică. Componentele structurale orizontale și centurile pot fi modelate cu comportare elastică-perfect plastică la compresiune, având o capacitate de deformare nelimitată. La întindere, componentele structurale orizontale din zidărie nearmată pot fi modelate cu o comportare elastică cu rupere casantă; elementele orizontale din zidărie armată sau confinată și centurile pot fi modelate cu o comportare elastică-perfect plastică cu o capacitate de deformare nelimitată.

(79) Pentru calculul neliniar, plăcile și diafragmele pot fi modelate ca având comportare elastică.

8.3 Criterii de performanță seismică

8.3.1 Generalități

(80) Prevederile acestei secțiuni se aplică structurii principale, cu rol în echilibrarea acțiunii seismice.

8.3.2 Rezistență

(81) Pereții se verifică atât pentru efecte în planul lor cât și perpendicular pe plan.

(82) Clădirile cu structura din zidărie se realizează astfel încât să respecte condiția de rezistență la acțiuni orizontale prevăzută la 4.3.2.1.

(83) Toate componentele structurale se realizează astfel încât valoarea de proiectare a capacității de rezistență să fie mai mare sau egală cu valoarea de proiectare a efortului din secțiunea considerată. Această condiție se îndeplinește pentru toate componentele structurale principale, pe toată lungimea acestora.

(84) În cazul componentelor seismice principale solicitate la încovoiere, cu sau fără forță axială, și forță tăietoare se îndeplinesc condițiile:

$$N_{Rd} \geq N_{Ed} \quad (8.1)$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \quad (8.2)$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (8.3)$$

unde

N_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la compresiune;

N_{Ed} valoarea de proiectare a forței axiale de compresiune;

M_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere;

M_{Ed} valoarea de proiectare a momentului încovoiitor;

V_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare.

(85) Coeficienții parțiali de siguranță pentru calculul rezistențelor de proiectare ale zidăriei la starea limită ultimă pentru gruparea seismică de încărcări se iau din [Tabelul 8.1](#)

Tabelul 8.1 Coeficienți parțiali de siguranță pentru calcul valorilor de proiectare ale rezistenței zidăriei la starea limită ultimă, în combinații seismice de proiectare

Categoría elementelor	Mortar	Tipul controlului la execuție		
		Redus	Normal	Special
Categoría I	Pentru utilizare generală, de rețetă, preparat la șantier	2,40	2,20	1,90
	Pentru utilizare generală, de rețetă, preparat industrial, semifabricat industrial	2,20	1,90	1,80
	Pentru utilizare generală sau pentru rosturi subțiri, performant	Nepermis	1,80	1,80
Categoría II	Pentru utilizare generală, de rețetă, preparat la șantier	2,70	2,50	2,20
	Pentru utilizare generală, de rețetă, preparat industrial, semifabricat industrial	2,40	2,20	2,00

8.3.3 Ductilitate

(86) Clădirile cu structura din zidărie se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de ductilitate sub acțiunea seismică orizontală date la [4.3.1.2](#).

(87) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită ultimă, pentru clădiri cu pereți din zidărie, la care cel puțin un perete atinge capacitatea de rezistență la forță tăietoare înainte de a atinge capacitatea de rezistență la încovoiere, este prevăzută în [Tabelul 8.1](#).

Tabelul 8.1 Valori admisibile ale deplasării relative de nivel la starea limită ultimă - pereți care cedează la forță tăietoare

Tipul elementelor pentru zidărie	Limita deplasărilor relative de nivel		
	Zidărie nearmată	Zidărie confinată	Zidărie armată
Blocuri din argilă arsă, grupa 1	0,007	0,009	0,010
Blocuri din argilă arsă, grupa 2	0,003	0,004	0,004
Beton celular autoclavizat BCA, grupa 1	0,004	0,005	0,006
Alte elemente	0,002	0,002	0,003

(88) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită ultimă, pentru clădiri cu structura din zidărie la care toți pereții ating

capacitatea de rezistență la încovoiere înainte de a atinge capacitatea de rezistență la forță tăietoare, este prevăzută în [Tabelul 8.2](#).

Tabelul 8.2 Valori admisibile ale deplasării relative de nivel la starea limită ultimă - pereți care cedează la încovoiere

Tipul elementelor pentru zidărie	Limita deplasărilor relative de nivel		
	Zidărie nearmată	Zidărie confinată	Zidărie armată
Blocuri din argilă arsă, grupa 1	0,014	0,018	0,020
Blocuri din argilă arsă, grupa 2	0,006	0,008	0,008
Beton celular autoclavizat BCA, grupa 1	0,008	0,010	0,012
Alte elemente	0,004	0,004	0,006

(89) Prin excepție de la [\(87\)](#) și [\(88\)](#), se pot considera și alte valori admisibile, dacă acestea sunt specificate într-un standard românesc sau într-un acord tehnic.

(90) Capacitatea de deformare a elementelor orizontale din zidărie nearmată în termeni de rotire a corzii, pentru verificări la starea limită ultimă, este prevăzută în [Tabelul 8.3](#).

Tabelul 8.3 Valori admisibile în termeni de rotire a corzii - elemente orizontale din zidărie nearmată

Tipul elementelor pentru zidărie	Limita de deformare
Blocuri din argilă arsă, grupa 1	0,028
Blocuri din argilă arsă, grupa 2	0,012
Beton celular autoclavizat BCA, grupa 1	0,016
Alte elemente	0,008

(91) Valoarea factorului de amplificare a deplasărilor, c , pentru verificări la starea limită ultimă este egală cu 1,50.

8.3.4 Stabilitate

(92) Clădirile cu structura din zidărie se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de stabilitate sub acțiunea seismică date la [4.3.1.3](#).

8.3.5 Rigiditate

(93) Clădirile cu structura din zidărie se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de rigiditate sub acțiunea seismică orizontală date la [4.3.2](#).

(94) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu este egală cu jumătate din valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită ultimă.

8.4 Valori de proiectare ale eforturilor

8.4.1 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM

(95) Valoarea de proiectare a unui efort cauzat de acțiunea seismică reprezintă valoarea maximă a acelui efort care se dezvoltă ca urmare a incidenței acțiunii seismice de proiectare.

(96) Valorile de proiectare ale eforturilor se determină prin:

(hhhhhhhhhhhhhh) transformarea eforturilor rezultate din calculul structurii efectuat printr-o metodă de calcul static liniar, pentru a cuantifica neliniaritatea răspunsului structural cauzat de acțiunea seismică de proiectare, în acord cu principiile metodei de ierarhizare a capacităților de rezistență;

sau,

(iiiiiiiiiiiiii) direct, prin calcul neliniar.

8.4.1.1 Pereți

(97) Valoarea de proiectare a momentelor încovoietoare din pereții solicitați la încovoiere se determină cu relația:

$$M_{Ed} = M'_{Ed} \quad (8.1)$$

unde

M_{Ed} valoarea de proiectare a momentului încovoietor;

M'_{Ed} momentul încovoietor rezultat din calculul structurii în gruparea seismică.

(98) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare în pereții structurali se determină cu relația:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \Omega V'_{Ed} \quad (8.2)$$

unde:

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare;

V'_{Ed} forța tăietoare rezultată din calculul structurii în gruparea seismică;

γ_{Rd} factor ce ține seama de diferitele surse de suprarezistență, $\gamma_{Rd} = 1,20$;

Ω factor de suprarezistență la încovoiere a peretelui în secțiunea de calcul

$$\Omega = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \quad (8.3)$$

M_{Ed} valoarea de proiectare a momentului încovoietor;

M_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere.

Valoarea produsului $\gamma_{Rd} \Omega$ din ecuația (8.2) se limitează inferior conform relației:

$$1,50 \leq \gamma_{Rd} \Omega \quad (8.4)$$

Valoarea produsului $\gamma_{Rd} \Omega$ din ecuația (8.2) se limitează superior conform relației:

$$\gamma_{Rd} \Omega \leq 1,50 q \quad (8.5)$$

(99) Valorile de proiectare ale forțelor axiale dintr-un perete structural, N_{Ed} , se stabilesc pe baza echilibrului peretelui la formarea completă a mecanismului plastic al structurii.

(100) Prin excepție de la (99), valorile de proiectare ale forțelor axiale dintr-un perete izolat se pot considera egale cu forțele axiale rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul static liniar în gruparea seismică.

8.4.1.2 Grinzi și rigle de cuplare

(101) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare în grinzi și rigle de cuplare în care se formează articulații plastice se consideră egale cu valorile momentelor încovoietoare rezultate din calculul structurii în gruparea seismică.

$$M_{Ed} = M'_{Ed} \quad (8.1)$$

(102) În cazul grinzilor și riglelor de cuplare care răspund elastic la acțiunea seismică de proiectare, valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare și forțelor tăietoare se determină pe baza echilibrului eforturilor în situația formării complete a mecanismului plastic al structurii.

(103) În cazul grinzilor și riglelor de cuplare care răspund elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare, valorile de proiectare ale forțelor tăietoare se determină cu relația:

$$V_{Ed} = V'_{Ed,G} + q V'_{Ed,E} \quad (8.2)$$

unde:

$V'_{Ed,G}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare rezultată din calculul structurii pentru alte acțiuni decât acțiunea seismică incluse în gruparea seismică, corespunzătoare stării limită ultime;

$V'_{Ed,E}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare rezultată din calculul structurii pentru acțiunea seismică, inclusă în gruparea seismică, corespunzătoare stării limită ultime;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare;

q factorul de comportare utilizat la determinarea forței seismice de proiectare;

(104) Prin excepție de la (103), în cazul grinzilor realizate din beton armat care răspund elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare, valorile de proiectare ale forțelor tăietoare în grinzi se stabilesc din echilibrul grinzii în situația formării mecanismului plastic, considerând și încărcările care acționează transversal pe axul grinzii din gruparea seismică. Valorile momentelor încovoietoare maxime care încarcă grinda la capete în situația formării mecanismului plastic, $M_{d,b}^{\square}$, se calculează cu relația:

$$M_{d,b}^{\square} = \gamma_{Rd} M_{Rd,b}^{\square} \quad (8.3)$$

$M_{Rd,b}^{\square}$ valoarea de proiectare a capacități de rezistență la încovoiere a grinzii, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță egal cu 1,20.

(105) În cazul grinzilor la care se dezvoltă la capete articulații plastice, valorile de proiectare ale forțelor tăietoare se determină cu relațiile:

$$V_{Ed} = V'_{Ed,G} \pm \frac{M_{d,b}^1 + M_{d,b}^2}{l_{cl}} \quad (8.4)$$

unde:

$V'_{Ed,G}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare rezultată din calculul structurii pentru alte acțiuni decât acțiunea seismică, care sunt incluse în gruparea seismică, corespunzătoare stării limită ultime;

l_{cl} deschiderea liberă a grinzii;

$M_{d,b}^1$ valoarea maximă a momentului încovoietor care încarcă grinda la capătul 1, în situația formării mecanismului plastic, corespunzător sensului de rotire corespunzător acțiunii seismice;

$M_{d,b}^2$ valoarea maximă a momentului încovoietor care încarcă grinda la capătul 2, în situația formării mecanismului plastic, pentru același sens de rotire ca $M_{d,b}^1$.

(106) Valorile de proiectare ale forțelor axiale dintr-o grindă sau riglă de cuplare, N_{Ed} , se stabilesc pe baza echilibrului acesteia în starea de mecanism plastic.

(107) Prin excepție de la (106), valorile de proiectare ale forțelor axiale din grinzi sau rigle de cuplare se pot considera egale cu zero.

8.4.1.3 Diafragme

(108) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme sunt egale cu eforturile asociate mobilizării mecanismului plastic de ansamblu al structurii și țin seama de imprecizia calculului prin multiplicare cu un coeficient parțial de siguranță egal cu 1,20.

(109) Eforturile într-o diafragmă se stabilesc considerând echilibrul acesteia sub acțiunea forțelor orizontale și a valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare din elementele structurale care încarcă diafragma în direcție orizontală.

(110) Prin excepție de la (109), valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme, se pot considera egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar al structurii, considerând efectele acțiunii seismice multiplicare cu q .

8.4.1.4 Infrastructuri și fundații

(111) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii sunt obținute considerând interacțiunea teren-structură.

(112) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii sunt obținute considerând echilibrul acestora sub eforturile de legătură cu suprastructura și eforturile de rezemare pe teren.

(113) La proiectarea infrastructurii și fundațiilor sunt considerate valorile maxime ale eforturilor de legătură cu suprastructura, corespunzătoare situației formării mecanismului plastic (ținând cont și de coeficienții parțiali de siguranță care cuantifică

incertitudinile din modelul de calcul al capacităților de rezistență), și încărcările care acționează direct asupra acestora.

(114) În cazul pereților structurali din zidărie, valorile de proiectare ale eforturilor de la baza acestora, la nivelul secțiunii de încastrare convențională, E_{Fd} , sunt determinate prin transformarea valorilor eforturilor rezultate din calculul static liniar cu ecuația:

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E} \quad (8.1)$$

unde:

$E_{F,G}$ efortul secțional produs de alte acțiuni decât acțiunea seismică, care sunt incluse în gruparea seismică;

$E_{F,E}$ efortul secțional rezultat din calculul la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

γ_{Rd} factor ce ține seama de diferitele surse de suprarezistență, $\gamma_{Rd} = 1,20$;

Ω factor de suprarezistență la încovoiere a peretelui.

(115) Valoarea produsului $\gamma_{Rd} \Omega$ din ecuația (8.1) se limitează superior conform relației:

$$\gamma_{Rd} \Omega \leq 1,50 q \quad (8.2)$$

8.4.2 Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL

(116) Valorile de proiectare ale eforturilor se stabilesc pe baza eforturilor rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar.

(117) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare din pereți sunt egale cu cele rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar.

(118) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare și forțelor tăietoare din grinzi și rigle de cuplare sunt egale cu cele rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar.

(119) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare din pereți sunt egale cu forțele tăietoare rezultate din calculul structurii printr-o metodă de calcul liniar, în gruparea seismică, înmulțite cu 1,20:

$$V_{Ed} = 1,20 V'_{Ed} \quad (8.1)$$

unde:

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare;

V'_{Ed} valoarea forței tăietoare rezultată din calculul structurii în gruparea seismică.

(120) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme, constituite de planșeele solicitate la încărcări paralele cu planul lor median, sunt egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar al structurii, considerând efectele acțiunii seismice înmulțite cu 1,20.

(121) Valorile de proiectare ale eforturilor în infrastructură și fundații sunt egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar, considerând efectele acțiunii seismice înmulțite cu 1,20.

8.5 Capacitate de rezistență

(122) Calculul capacităților de rezistență a pereților și riglelor de cuplare care includ elemente pentru zidărie se face pe baza prevederilor specifice din reglementarea tehnică CR 6, pe baza altor reglementărilor tehnice specifice sau, în lipsa unor astfel de prevederi, pe baza prevederilor din standardul românesc SR EN 1996-1-1.

(123) Calculul capacităților de rezistență a elementelor din beton armat, altele decât elementele de confinare, se face pe baza prevederilor specifice din standardul românesc SR EN 1992-1-1.

(124) Suplimentar față de (2), în cazul elementelor din beton armat în care se formează articulații plastice se respectă prevederile suplimentare din capitolul 5 pentru elemente din clasa de ductilitate DCM.

8.6 Alcătuire

(125) Acest paragraf conține prevederi minimale de alcătuire pentru structuri din zidărie.

(126) Prevederile acestui paragraf se aplică clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL și a celor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, cu excepția prevederilor în care este menționată explicit clasa de ductilitate la care se referă prevederea.

8.6.1 Materiale

8.6.1.1 Elemente pentru zidărie

(127) La realizarea componentelor structurale din zidărie pentru structuri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM se utilizează elemente pentru zidărie cu rezistența standardizată la compresiune, f_b , determinată conform SR EN 772-1, care îndeplinește cumulativ condițiile:

	$f_{bv} \geq 5 \text{ N/mm}^2$	(8.1)
	$f_{bh} \geq \max(0,1 f_{bv}; 1,5 \text{ N/mm}^2)$	(8.2)

unde

f_{bv} valoarea rezistenței la solicitări normale pe rostul orizontal;

f_{bh} valoarea rezistenței la solicitări paralele cu rostul orizontal, în planul peretelui;

(128) La realizarea componentelor structurale din zidărie pentru structuri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL se utilizează elemente pentru zidărie cu rezistența standardizată la compresiune, f_b , determinată conform SR EN 772-1, care îndeplinește cumulativ condițiile:

	$f_{bv} \geq 3 \text{ N/mm}^2$	(8.3)
	$f_{bh} \geq \max(0,1 f_{bv}; 1,5 \text{ N/mm}^2)$	(8.4)

(129) În zonele cu seismicitate moderată sau mare se utilizează numai elemente pentru zidărie din categoria I, conform încadrării din reglementarea tehnică CR 6.

(130) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, se utilizează elemente pentru zidărie care îndeplinesc cumulativ următoarele condiții:

(jjjjjjjjjjjjjj) sunt elemente din argilă arsă, care respectă cerințele de performanță din SR EN 771-1, sau elemente din beton celular autoclavizat, care respectă cerințele de performanță din SR EN 771-4;

(kkkkkkkkkkkkkk) sunt elemente pentru zidărie din categoria I;

(llllllllllllll) sunt elemente care permit umplerea completă cu mortar a rosturilor orizontale și verticale dintre ele;

(mmmmmmmmmmmmmm) sunt elemente încadrate în grupele 1 sau 2, conform prevederilor SR EN 1996-1-1, care satisfac cerințele din [Tabelul 8.1](#).

Tabelul 8.1 Proprietăți ale elementelor pentru zidărie

Caracteristică	Grupa 1	Grupa 2	
	Zonă cu seismicitate:		
	Mică, moderată sau mare	Mică	Moderată sau mare
Volumul total al golurilor (% din volumul brut)	≤ 25%	≤ 55%	≤ 45%
Volumul fiecărui gol (% din volumul brut)	≤ 12,5%	≤ 12,5%	≤ 12,5%
Valoarea declarată a grosimii pereților exteriori (mm)	-	≥ 8	≥ 12
Valoarea declarată a grosimii pereților interiori (mm)	-	≥ 5	≥ 10
Aria unui singur gol (mm ²)	-	-	≤ 1200
Pereți verticali interiori continui pe toată lungimea elementului	-	-	Da

8.6.1.2 Mortare

(131) La realizarea componentelor structurale din zidărie la clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM se utilizează mortare cu rezistența la compresiune, stabilită conform SR EN 1015-11, care îndeplinește condiția:

$$f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2 \quad (8.1)$$

unde f_m este valoarea medie a rezistenței la compresiune a mortarului.

(132) La realizarea componentelor structurale din zidărie la clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL se utilizează mortare cu rezistența la compresiune, stabilită conform SR EN 1015-11, care îndeplinește condiția:

$$f_m \geq 2,5 \text{ N/mm}^2 \quad (8.2)$$

(133) La realizarea structurilor de zidărie se folosesc mortare de utilizare generală, preparate industrial, semifabricate industrial sau performante.

(134) Prin excepție de la (133), se poate utiliza mortar pentru utilizare generală preparat la șantier la clădirile din clasele de importanță și expunere la cutremur III și IV, cu înălțimea totală supraterană mai mică sau egală cu 8,00 m, amplasate în zone cu seismicitate mică.

(135) Prin excepție de la (133), se poate utiliza mortar pentru rosturi subțiri pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL cu 1 sau 2 niveluri, incluzând și mansarda, dacă există, cu înălțimea totală supraterană mai mică sau egală cu 8,00 m.

(136) Pentru clădirile proiectate în clasa de ductilitate DCM, mortarele pentru zidărie trebuie să respecte prevederile SR EN 998-2.

8.6.1.3 Zidărie

(137) La realizarea componentelor structurale din zidărie ale clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, se utilizează zidărie având capacitățile de rezistență stabilite conform prevederilor SR EN 1052-1, SR EN 1052-2 și/sau SR EN 1052-3 mai mari sau egale cu valorile minime indicate în Tabelul 8.1.

Tabelul 8.1 Rezistențe minime ale zidăriei din componentele structurale principale

Valoarea minim admisă a rezistenței zidăriei (N/mm ²)	Clasă de importanță și expunere la cutremur a clădirii	
	a III-a sau a IV-a	I sau a II-a
Rezistență caracteristică la compresiune perpendicular pe rosturile de așezare, f_k	2,50	3,00
Rezistență caracteristică la compresiune paralel cu rosturile de așezare, f_{kh}	0,65	0,80
Rezistență caracteristică inițială la forfecare, f_{vk0}	0,20	0,25

8.6.1.4 Beton

(138) Valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului din componentele structurale principale îndeplinește condiția:

$$f_{ck} \geq 20 \text{ N/mm}^2 \quad (8.1)$$

(139) La alegerea calității betonului se iau în considerare și cerințele specifice privind durabilitatea date în reglementările tehnice specifice.

(140) Elementele din beton se realizează cu îndeplinirea prevederilor din reglementările tehnice NE 012/1 și NE 012/2.

8.6.1.5 Armături

(141) La realizarea componentelor structurale principale ale clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM se utilizează armături din oțel, de clasa B sau C de ductilitate, conform încadrării din SR EN 1992-1-1.

(142) În cazul utilizării armăturilor din oțel pentru realizarea structurilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL, se utilizează oțel care îndeplinește cerințele de calitate din SR EN 1992-1-1.

(143) La realizarea componentelor structurale principale în condițiile precizate la (141) și (142) se utilizează numai bare din oțel profilat.

(144) Prin excepție de la (141), (142) sau (143), la realizarea componentelor structurale principale ale clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL se pot utiliza alte tipuri de armături numai pe baza unor reglementări tehnice specifice care conțin prevederi privind proiectarea seismică a structurilor pentru clădiri, în acord cu cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în această reglementare tehnică, sau pe baza unor acorduri tehnice elaborate conform 1.1, (14).

8.6.2 Alcătuirea generală a structurilor

(145) Numărul de niveluri supraterane, situate deasupra secțiunii de încastrare convențională, se limitează conform prevederilor acestui paragraf, în acord cu tipul sistemului structural utilizat, seismicitatea amplasamentului și densitatea pereților.

(146) În aplicarea acestor prevederi, mansarda sau podul circulabil se consideră nivel suprateran.

(147) Pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mică, numărul maxim admis de niveluri supraterane este egal cu 5.

(148) Pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate moderată sau mare, numărul maxim admis de niveluri supraterane este egal cu 4.

(149) Numărul de niveluri se limitează conform prevederilor din Tabelul 8.1:

Tabelul 8.1 Prevederi privind alcătuirea structurilor din zidărie

Număr de niveluri	Seismicitate	Densitatea minimă de pereți structurali ($p\%$)		Tipul sistemului structural permis
		la primul nivel (baza clădirii)	la nivelurile superioare cu structura din zidărie	
1	Mică	3,0%	Nu este cazul	Oricare tip
	Moderată	4,0%	Nu este cazul	Oricare tip
	Mare	4,5%	Nu este cazul	Oricare tip
2	Mică	3,0%	3,0%	Oricare tip
	Moderată	4,0%	4,0%	Oricare tip
	Mare	4,5%	4,5%	Zidărie confinată sau zidărie armată
3	Mică	4,0%	3,0%	Zidărie confinată sau zidărie armată

	Moderată	5,0%	4,0%	Zidărie confinată sau zidărie armată
	Mare	5,5%	4,5%	Zidărie confinată armată în rosturi sau zidărie armată
4	Mică	5,0%	4,0%	Zidărie confinată sau zidărie armată
	Moderată	6,0%	5,0%	Zidărie confinată armată în rosturi sau zidărie armată
	Mare	7,0%	5,5%	Zidărie confinată armată în rosturi sau zidărie armată
5	Mică	6,0%	5,0%	Zidărie confinată armată în rosturi sau zidărie armată

(150) Densitatea de pereți structurali se determină cu relația:

$$p = 100 \frac{A_{min}}{S} \quad (8.2)$$

unde

p densitatea pereților structurali;

A_{min} aria minimă a inimilor pereților structurali de la un nivel, care constituie componente structurale principale, corespunzătoare celor două direcții orizontale ortogonale, care se determină cu relația:

$$A_{min} = \min (A_x; A_y)$$

A_x suma ariilor în plan orizontal ale inimilor pereților structurali, care constituie componente structurale principale, dispuse paralel cu direcția ox ;

A_y suma ariilor în plan orizontal ale inimilor pereților structurali, care constituie componente structurale principale, dispuse paralel cu direcția oy ;

S suprafața planșeului situat deasupra nivelului considerat.

(151) În aplicarea relației (8.2), la nivelul considerat, suma ariilor în plan orizontal ale inimilor pereților structurali se determină, pentru fiecare direcție în parte, în secțiunea orizontală cea mai defavorabilă, care corespunde valorii minime a sumei.

(152) În cazul clădirilor proiectate în clasa de ductilitate DCM, pereții care nu sunt paraleli cu direcțiile principale se consideră elemente structurale secundare, iar aria lor nu se consideră în aplicarea prevederii (149).

(153) În cazul clădirilor proiectate în clasa de ductilitate DCL, amplasate în zone cu seismicitate mică sau moderată, în aplicarea prevederii (149), pentru pereții care nu sunt paraleli cu direcțiile principale se consideră aria corespunzătoare produsului dintre grosimea inimii peretelui și lungimea proiecției acesteia pe direcția principală considerată.

(154) În cazul clădirilor proiectate în clasa de ductilitate DCM, distanța dintre pereți structurali măsurat în direcție orizontală, perpendicular pe planul acestora, se limitează superior la 8,00 m. Această condiție se aplică pe fiecare direcție orizontală principală a clădirii.

(155) În cazul clădirilor proiectate în clasa de ductilitate DCM, suprafața unei zone de planșeu delimitată de pereți de zidărie care constituie componente structurale principale se limitează superior la 40,0 m².

(156) În cazul structurilor din zidărie nearmată, se dispun pe perimetrul clădirii stâlpișori la toate intersecțiile dintre pereții de zidărie care constituie componente structurale principale.

8.6.3 Pereți

(157) Grosimea pereților structurali îndeplinește cumulativ condițiile:

$$t \geq 240 \text{ mm} \quad (8.1)$$

$$t \geq \frac{h_s}{15} \quad (8.2)$$

unde:

t grosimea unui perete structural;

h_s înălțimea de nivel.

(158) Pentru toți pereții structurali se utilizează un singur tip de elemente pentru zidărie.

(159) Pereții se realizează cu zidărie țesută, fără rosturi verticale continue pe mai multe rânduri de cărămizi.

(160) La realizarea pereților clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, rosturile verticale și orizontale ale zidăriei se umplu complet cu mortar.

8.6.4 Elemente de confinare din beton armat

(161) Confinarea zidăriei se realizează prin dispunerea de stâlpișori din beton armat și centuri din beton armat, conectate între ele.

(162) La nivelul secțiunii de încastrare convențională, armătura longitudinală din stâlpișori se ancorează în fundații sau în componentele structurale principale ale infrastructurii, după caz.

(163) Betonul din elementele de confinare, indiferent de tipul acestora, se toarnă după realizarea zidăriei.

(164) Conlucrarea efectivă între stâlpișori și zidărie se realizează:

(nnnnnnnnnnnnnnn) prin ștrepi realizați la interfața zidărie – element de confinare vertical

și/sau

(oooooooooooooooo) prin armături dispuse în rosturile orizontale ale zidăriei, amplasate la distanțe pe verticală de cel mult 3 asize și ancorate adecvat.

(165) Stâlpișorii se dispun continuu, pe întreaga înălțime a peretelui.

(166) În cazul utilizării zidăriei confinate, cu sau fără armătură în rosturi, se dispun minimal stâlpișori în următoarele poziții:

(pppppppppppppppp) la intersecțiile dintre pereții din zidărie care constituie componente structurale principale;

(qqqqqqqqqqqqqq) la capetele libere ale pereților;

(rrrrrrrrrrrrrr) la ambele extremități ale golurilor din perete cu suprafața mai mare de $2,5 \text{ m}^2$, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mică sau moderată, sau $1,5 \text{ m}^2$ pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mare.

(ssssssssssssss) în câmpul peretelui, astfel încât distanțele între axele verticale ale stâlpișorilor măsurate în lungul peretelui să fie mai mici sau egale cu 5,00 m.

(167) Prin excepție 8.6.4, (166), (rrrrrrrrrrrrrr), se poate omite dispunerea stâlpișorului de pe una din marginile golului dacă tronsonul de perete alăturat este confinat prin centuri și un stâlpișor din beton armat situat la intersecția a doi pereți la distanță de cel mult 750 mm de marginea golului.

(168) Indiferent de tipul sistemului structural, la nivelul fiecărui planșeu, se realizează centuri continue, pe toată lungimea pereților structurali.

(169) Indiferent de tipul sistemului structural, în cazul în care înălțimea unui perete este mai mare sau egală cu 3,50 m, incluzând și dimensiunea centurii de la partea superioară, se dispun centuri intermediare, pe toată lungimea acestuia, astfel încât distanța între axele centurilor să fie mai mică sau egală cu 3,50 m și mai mare sau egală cu 1,30 m.

(170) Indiferent de tipul sistemului structural, dacă există pereți deasupra ultimului planșeu, aceștia vor fi prevăzuți cu centuri la partea de sus. Această prevedere se referă inclusiv la frontoane, atice sau pereți interiori din mansardă.

(171) Centurile intermediare pot fi realizate cu contururi deschise, cu întreruperi în dreptul unor goluri din pereți, cu condiția realizării de stâlpișori la ambele extremități ale golurilor respective.

(172) Prin excepție de la (168), în zonele cu seismicitate mică, centurile de la nivelul planșeeilor pot fi întrerupte în dreptul golurilor din pereții din zidărie de la casa scării, dacă acestea sunt bordate cu stâlpișori la ambele extremități și dacă la nivelul podestului intermediar se realizează o centură între cei doi stâlpișori.

8.6.4.1 Stâlpișori

(173) Stâlpișorii se realizează din beton armat cu secțiunea transversală având dimensiunea oricărei laturi mai mare sau egală cu 240 mm.

(174) Armarea longitudinală se face cu bare de oțel având diametrul mai mare sau egal cu 12 mm.

(175) Procentul total minim de armare longitudinală este:

(tttttttttttttt) 1,00 %, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mare;

(uuuuuuuuuuuuuu) 0,80 %, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate moderată;

(vvvvvvvvvvvvvvv) 0,60 %, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mică.

(176) Înnădirea și ancorarea armăturilor longitudinale se face conform prevederilor SR EN 1992-1-1, considerând un efort de întindere este egal cu:

(wwwwwwwwwwwwww) $1,20 f_{yd}$, în zonele critice ale pereților;

(xxxxxxxxxxxxxxxx) f_{yd} , în zonele curente;

unde f_{yd} este valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului.

(177) Lungimea de înădare prin suprapunere a armăturilor longitudinale se ia mai mare sau egală cu:

(yyyyyyyyyyyyyyyy) 60φ în vecinătatea secțiunii de încastrare convențională a clădirii;

(zzzzzzzzzzzzzzzz) 50φ în rest;

unde φ este diametrul minim al armăturii care se înădește prin suprapunere.

(178) Armăturile longitudinale se ancorează în centurile de la partea superioară a pereților.

(179) Armarea transversală se face cu etrieri închiși realizați din bare de oțel cu diametrul mai mare sau egal cu 6 mm.

(180) Distanța dintre etrieri se limitează superior la 150 mm.

(181) La extremitățile stâlpișorilor de la fiecare nivel, pe o lungime mai mare sau egală cu 600 mm față de secțiunile de capăt, distanța dintre etrieri se limitează superior la 100 mm.

(182) În zonele de înădare prin suprapunere a armăturilor longitudinale, distanța dintre etrieri se limitează superior la 100 mm, cu respectarea prevederilor specifice din SR EN 1992-1-1.

8.6.4.2 Centuri

(183) Centurile se realizează din beton armat astfel încât aria secțiunii transversale să fie mai mare sau egală cu 500 cm².

(184) Lățimea secțiunii transversale a unei centuri îndeplinește condițiile:

$$b_w \geq 240 \text{ mm} \quad (8.1)$$

$$b_w \geq \frac{2}{3}t \quad (8.2)$$

unde

b_w lățimea secțiunii transversale a centurii;

t lățimea peretelui pe care reazemă centura.

(185) Înălțimea secțiunii transversale a unei centuri de la nivelul planșeului sau a podestului intermediar a unei scări îndeplinește condiția:

$$h_w \geq 250 \text{ mm} \quad (8.3)$$

(186) Armarea longitudinală se face cu bare de oțel de diametru mai mare sau egal cu 12 mm.

(187) Înădirea și ancorarea armăturilor longitudinale se face conform prevederilor SR EN 1992-1-1, considerând că efortul de întindere este egal cu valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului, f_{yd} .

(188) Lungimea de înădare prin suprapunere a armăturilor longitudinale se ia mai mare sau egală cu 60φ , unde φ este diametrul minim al armăturii care se înădește prin suprapunere.

(189) La intersecțiile dintre pereți se asigură continuitatea centurilor amplasate pe cele două direcții. Continuitatea centurilor se realizează prin ancorarea barelor longitudinale în centurile perpendiculare pe o lungime de cel puțin 60φ .

(190) Procentul total minim de armare longitudinală este:

(aaaaaaaaaaaaa) 1,00 %, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mare;

(bbbbbbbbbbbbbbb) 0,80 %, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate moderată;

(ccccccccccccc) 0,60 %, pentru clădirile amplasate în zone cu seismicitate mică.

(191) Armarea transversală se face cu etrieri închiși realizați din bare de oțel cu diametrul mai mare sau egal cu 6 mm.

(192) Distanța dintre etrieri se limitează superior la 150 mm.

(193) La extremitățile centurilor, pe o lungime mai mare sau egală cu 600 mm față de secțiunile de capăt, distanța dintre etrieri se limitează superior la 100 mm.

(194) În zonele de înădare prin suprapunere a armăturilor longitudinale, distanța dintre etrieri se limitează superior la 100 mm, cu respectarea prevederilor specifice din SR EN 1992-1-1.

8.6.5 Buiandrugii

(195) Buiandrugii se realizează astfel încât reazemă pe stâlpișori sau pe pereții din zidărie. În situația rezemării pe zidărie, se asigură o lungime de rezemare mai mare sau egală cu 300 mm.

(196) La clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, buiandrugii golurilor cu deschiderea liberă mai mare de 2,0 m se realizează din beton armat turnat monolit.

(197) Prin excepție de la (196), se pot utiliza buiandrugii cu alte alcătuiți, pe baza unor reglementări tehnice specifice care conțin prevederi privind proiectarea seismică a structurilor pentru clădiri, în acord cu cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în această reglementare tehnică.

(198) Nu se utilizează buiandrugii prefabricați dacă aceștia reazemă pe stâlpișorii care se dispun conform prevederilor 8.6.4, (166) sau 8.6.2, (156).

(199) Înălțimea secțiunii transversale a unui buiandrug din beton armat îndeplinește condiția:

$$h_w \geq \frac{1}{12} l_{cl} \quad (8.1)$$

unde

h_w înălțimea secțiunii transversale a buiandrugului;

l_{cl} deschiderea liberă a golului.

(200) Prin stabilirea înălțimii de nivel și a cotelor de dispunere a centurilor, spațiul rămas liber între partea superioară a buiandrugului și partea inferioară a centurii situate deasupra acestuia se completează cu un număr întreg de asize de zidărie.

8.6.6 Armarea zidăriei în rosturile orizontale

(201) Acest paragraf se referă la pereții de zidărie armați în rosturile orizontale ale acesteia.

(202) La clădirile proiectate pentru clasa DCM, amplasate în zone cu seismicitate moderată sau mare, și la clădirile proiectate pentru clasa DCL, amplasate în zone cu seismicitate mare, se prevăd armături de oțel la intersecțiile de pereți structurali. Se dispun minim două bare cu diametrul mai mare sau egal cu 8 mm, la o distanță pe verticală mai mică sau egală cu dimensiunea a trei asize de zidărie. Aceste armături se prelungesc în zidărie pe o lungime de minim 1,00 m de la fața peretelui perpendicular.

(203) La clădirile proiectate pentru clasa DCM amplasate în zone cu seismicitate moderată sau mare, precum și la clădirile proiectate pentru clasa DCL amplasate în zone cu seismicitate mare, armătura orizontală indicată la (202) se prevede și în zonele de parapet situate sub golurile de fereastră cu lățimea mai mare de 1,00 m. Aceste armături se prelungesc în zidărie pe o lungime de minim 1,00 m de o parte și de alta a marginilor golului sau se ancorează în stâlpișorii din beton armat adiacenți golului, dacă există.

(204) În cazul utilizării armăturilor din oțel, dacă din condiția de rezistență la forță tăietoare sunt necesare armături în rosturi, se dispun minim două bare cu diametrul mai mare sau egal cu 8 mm. Distanța pe verticală dintre rosturile armate este mai mică sau egală cu:

(dddddddddddddd) dimensiunea a două asize, în cazul elementelor pentru zidărie cu înălțimi mai mari sau egale cu 188 mm;

(eeeeeeeeeeeeeeee) dimensiunea a trei asize, în cazul elementelor pentru zidărie cu înălțimi mai mici de 188 mm.

(205) Acoperirea cu mortar în plan orizontal a armăturilor din oțel din rosturi se alege astfel încât să asigure protecția anticorozivă a acestora.

Notă: Pentru mortarele uzuale, o acoperire de 4 cm asigură în general protecția anticorozivă a armăturilor din rosturi

(206) Armăturile orizontale utilizate pentru asigurarea capacității de rezistență la forță tăietoare se ancorează la capacitate în elementele de confinare verticale de la capetele peretelui.

8.6.7 Planșee

(207) La clădirile încadrate în clasa DCM, planșeele se realizează ca diafragme rigide, în acord cu prevederile de la 4.2.6.

(208) În cazul clădirilor cu niveluri subterane, planșeul de peste acestea se realizează din beton armat.

8.6.8 Infrastructură și fundații

(209) La clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM se utilizează fundații din beton armat.

(210) La clădirile cu fundații de suprafață din beton armat, se utilizează următoarele soluții de fundare:

(ffffffffffffff) grinzi de fundare;

(gggggggggggggggg) tălpi continue;

(hhhhhhhhhhhhhhhh) radier general;

(iiiiiiiiiiiiiii) fundații izolate legate între ele prin grinzi.

(211) Rezemarea pereților din zidărie pe elementele de fundare și/sau elementele infrastructurii se realizează continuu, pe toată lungimea lor.

(212) În cazul nivelurilor subterane ale clădirilor, pereții perimetrali și planșeele se realizează din beton armat. Pereții din beton armat ai nivelurilor subterane se realizează în acord cu prevederile capitolului 5.

(213) Soclurile pereților perimetrali din zidărie se realizează din beton armat.

9 Structuri de lemn

9.1 Generalități

9.1.1 Obiect și domeniu de aplicare

(214) Acest capitol conține prevederi privind proiectarea seismică a clădirilor cu structura realizată din lemn masiv, lemn lamelat încleiat, lemn lamelat încrucișat și panouri din lemn, îmbinate cu adezivi, prin chertare și/sau cu elemente de îmbinare metalice, numite în continuare clădiri de lemn.

(215) La proiectarea structurilor de lemn se aplică prevederile reglementarea tehnică NP 005 împreună cu prevederile suplimentare date în acest capitol.

9.1.2 Definiții

(216) În acest capitol sunt folosiți următorii termeni:

Îmbinări semi-rigide: Îmbinări cu flexibilitate semnificativă, a cărei influență trebuie considerată în calculul structural, pentru care deplasările sunt blocate si rotirile sunt limitate, în funcție de caracteristicile componentelor.

Îmbinări rigide: Îmbinări cu flexibilitate neglijabilă care posedă rigiditate la rotirea nodului, deplasările si rotirile elementelor din îmbinare fiind blocate. (ex. îmbinări încleiate).

Îmbinări articulate: Îmbinări realizate astfel încât permit rotirea liberă între elementele care se îmbină.

Îmbinări cu tije: Îmbinări cu elemente metalice sollicitate perpendicular pe axa lor sau sollicitate la smulgere. In unele situații tijele pot fi realizate din lemn.

Îmbinări prin chertare: îmbinări între două elemente la care eforturile se transferă prin aria de contact. Elementele metalice de îmbinare au rol de menținere la poziție a pieselor îmbinate fără a participa la transmiterea eforturilor.

Îmbinări cu adezivi: îmbinări pentru asigurarea continuității prin prelungirea elementelor de lemn sau pentru îmbinarea a doua sau mai multe elemente si formarea unui element care se comporta ca o structura unica, folosind un adeziv special.

Ductilitate: capacitatea de deformare plastică a unei structuri, fără reducerea semnificativă a rigidității și rezistenței.

Amplasament: localizarea în teritoriu a unei activități, prin precizarea unei porțiuni de teren care urmează a fi organizat spațial, corespunzător unei funcționalități.

Clădire: construcție supraterană și, după caz, subterană, având încăperi care servesc la adăpostirea oamenilor, materialelor etc.

Lemn natural: elemente de lemn neprelucrate cum sunt buștenii, bilele, manelele sau prăjinile etc.

Lemn masiv: elemente de lemn prelucrate în diverse sortimente cum sunt scândurile, dulapii, grinzile etc.

Lemn lamelat încleiat: element structural din lemn realizat prin lipirea succesiva a doua sau mai multe lamele din lemn in condiții de temperatura si presiune bine determinate.

Lemn lamelat încrucișat: produs din lemn structural compus din cel puțin trei straturi, dintre care cel puțin trei se lipesc ortogonal, cuprinzând straturi de lemn sau straturi de panouri pe bază de lemn – CLT.

Panouri din lemn: panouri structurale tip ramă din osatură din dulapi de lemn ecarisat și placă structurală de contravântuire din lemn, fixată cu cuie sau șuruburi de dulapii de lemn.

Cherestea de furnir laminat: produs realizat din încheierea mai multor foi de furnir așezate cu fibrele orientate în aceeași direcție – LVL.

Plăci cu fibre dublu orientate: panou pe bază de lemn format din mai multe straturi de fibre de lemn de formă și grosimi diferite, orientate încrucișat, lipite împreună cu adezivi sintetici și presate la cald - OSB.

Plăcile din așchii de lemn - panou pe bază de lemn fabricat sub presiune și căldură din particule de lemn (fulgi de lemn, așchii, rumeguș și similare) cu adaos de adeziv – PAL.

Plăcile din fibră de lemn: panou pe bază de lemn obținut din fibre de lemn amestecate cu lianți pe bază de rășini formaldehidice și presate la cald - PFL.

Sistem structural tip pereți din lemn lamelat încrucișat: sistem structural în care pereții și diafragmele orizontale din lemn lamelat încrucișat alcătuiesc sistemul de preluare al forțelor verticale și orizontale.

Sistem structural tip pereți din panouri de lemn: sistem structural în care panourile din lemn și diafragmele orizontale alcătuiesc sistemul de preluare al forțelor verticale și orizontale.

Sistem structural tip pereți din pereți din bârne: sistem structural în care pereții din bârne suprapuse preiau încărcările verticale și orizontale. Pereții din bârne pot fi realizați din lemn rotund, semirodund sau ecarisat. Diafragmele de planșeu sunt realizate din lemn.

Sistem structural tip cadru spațial din lemn: sistem structural în care încărcările verticale cât și cele orizontale sunt preluate de cadrele spațiale.

Sistem structural tip cadru contravântuit: sistem structural tip cadru spațial din lemn cu noduri articulate prevăzute cu elemente lineare sau elemente de suprafață cu rol de a asigura stabilitatea spațială a construcției și de a prelua încărcări orizontale.

Sistem structural tip consolă: sistem structural alcătuit din console verticale (pereți, stâlpi) cu păstrarea continuității pereților de lemn pe toată înălțimea clădirii.

Sistem structural tip cupolă cu arce cu două sau trei articulații: sistem structural spațial din lemn în care încărcările verticale cât și cele orizontale sunt preluate de arcele spațiale care constituie un sistem geometric indeformabil în planul lui. Indeformabilitatea geometrică în direcția longitudinală se realizează printr-un sistem de contravântuiri format din elemente liniare sau din elemente de suprafață.

Sistem structural tip dom cu arce: sistem structural spațial din lemn la care încărcările verticale și orizontale sunt preluate de arcele din lemn constitutive.

9.2 Strategii de proiectare

9.2.1 Tipuri de structuri

(217) Clădirile de lemn proiectate la acțiuni seismice se realizează cu sistemul structural principal de tipul:

(jjjjjjjjjjjjjjjj) sistem structural tip pereți din lemn lamelat încrucișat;

(kkkkkkkkkkkkkkkk) sistem structural tip pereți din panouri de lemn;

(llllllllllllllll) sistem structural tip pereți din pereți din bârne;

(mmmmmmmmmmmmmmmm) sistem structural tip cadru spațial din lemn;

(nnnnnnnnnnnnnnnn) sistem structural tip cadru contravântuit;

(oooooooooooooooo) sistem structural tip consolă;

(pppppppppppppppp) sistem structural tip cupolă cu arce cu două sau trei articulații;

(qqqqqqqqqqqqqqqq) sistem structural tip dom cu arce.

9.2.2 Clase de ductilitate

(218) Structurile seismice principale din lemn se proiectează seismic pentru:

(rrrrrrrrrrrrrrrr) comportare disipativă înaltă sau medie

(ssssssssssssssss) comportare slab disipativă.

(219) Structurile de lemn se realizează astfel încât deformațiile plastice să se producă:

(tttttttttttttttt) în îmbinări, dacă acestea sunt realizate cu elemente metalice;

(uuuuuuuuuuuuuuuu) în afara acestora, dacă sunt utilizate sisteme disipative de energie special proiectate în acest sens.

(220) Componentele structurale din lemn se realizează astfel încât să răspundă elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(221) Îmbinările care nu sunt realizate cu elemente metalice și îmbinările realizate cu tije metalice încărcate axial se realizează astfel încât să răspundă elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(222) Structurile cu comportare disipativă înaltă sau medie se proiectează pentru a răspunde elasto-plastic la acțiunea seismică de proiectare, deformațiile plastice fiind dirijate către zonele disipative. În această abordare, clădirile se proiectează pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, cu îndeplinirea prevederilor specifice acestor clase de ductilitate date în acest capitol.

(223) Structurile cu comportare slab disipativă se proiectează pentru a răspunde elastic la acțiunea seismică de proiectare, fără a se produce incursiuni semnificative ale oțelului în domeniul plastic. Aceste structuri se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL, cu îndeplinirea prevederilor specifice acestei clase de ductilitate date în acest capitol.

(224) Clădirile din lemn având:

(vvvvvvvvvvvvvvvv) sistem structural tip pereți din lemn lamelat încrucișat,

(wwwwwwwwwwwwwwww) sistem structural tip pereți din panouri de lemn,

sau

(xxxxxxxxxxxxxxxxxxx) sistem structural tip cadru,

se proiectează seismic pentru clasa de ductilitate DCL, DCM sau DCH.

(225) Clădirile din lemn având:

(yyyyyyyyyyyyyyyyyy) sistem structural tip pereți din bârne;

(zzzzzzzzzzzzzzzzzz) sistem structural tip cadru contravântuit, cu îmbinări de tip buloane;

(aaaaaaaaaaaaaaaaaa) sistem structural tip cupolă cu arce cu două sau trei articulații;

(bbbbbbbbbbbbbbbbbb) sistem structural tip consolă;

sau

(cccccccccccccccc) sistem structural tip dom cu arce.

se proiectează seismic pentru clasa de ductilitate DCL.

(226) Clădirile situate în zone cu seismicitate moderată sau mare se proiectează pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM.

(227) Prin excepție de la (226), în zonele cu seismicitate moderată sau mare se pot proiecta clădiri pentru clasa de ductilitate DCL dacă capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, este mai mare decât cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$), indiferent de amplasament, atunci când îndeplinirea criteriilor de proiectare specifice clasei de ductilitate DCH sau DCM nu este posibilă.

(228) Structurile care nu se încadrează în tipurile indicate 9.2.1, (217), se proiectează la acțiuni seismice pentru clasa de ductilitate DCL, astfel încât capacitatea lor de rezistență de ansamblu la acțiuni seismice orizontale, corespunzătoare răspunsului elastic, să fie mai mare sau egală cu cerința seismică corespunzătoare spectrului de proiectare al accelerațiilor orizontale ($q=1$).

(229) Structurile principale se proiectează seismic pentru clasa de ductilitate DCL pe baza prevederilor din capitolele 1, 2, 3 și 4 din această reglementare tehnică și a prevederilor din SR EN 1995-1-1, împreună cu prevederile indicate explicit pentru această clasă de ductilitate din acest capitol.

(230) Structurile realizate din panouri de lemn cu plăcile de contravântuire fixate de cadrul de lemn cu capse metalice se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL.

(231) Toate componentele structurale principale, indiferent de tipul sistemului structural, se proiectează pentru aceeași clasă de ductilitate.

9.2.3 Mecanisme plastice

(232) În cazul proiectării pentru DCM sau DCH deformațiile plastice se produc în îmbinările realizate cu elemente de oțel.

(233) Pozițiile zonelor de deformare plastică pentru structurile care se proiectează pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM sunt prevăzute în reglementarea tehnică NP 005.

9.2.4 Factori de comportare

9.2.4.1 Starea limită ultimă

(234) Factorul de comportare se alege în funcție de capacitatea structurii de disipare a energiei induse de cutremur. Valorile maxime ale factorului de comportare pentru diferite tipuri de structuri și clase de ductilitate sunt prevăzute în [Tabelul 9.1](#).

Tabelul 9.1 Valorile maxime ale factorilor de comportare pentru acțiuni seismice orizontale, q

Sistem structural	Clasa de ductilitate		
	DCH	DCM	DCL
Sisteme structural tip pereți din lemn lamelat încrucișat	3,20	2,30	1,50
Sistem structural tip pereți din panouri de lemn	4,00	2,50	1,50
Sistem structural tip pereți din pereți din bârne	-	-	1,50
Sistem structural tip cadru, cu un nivel și o singură deschidere	3,30	2,00	1,50
Sistem structural tip cadru, mai multe deschideri și un nivel	3,60	2,00	1,50
Sistem structural tip cadru, mai multe deschideri și mai multe niveluri	3,90	2,00	1,50
Sistem structural tip cadru contravântuit	-	-	1,50
Sistem structural tip consolă	-	-	1,50
Sistem structural tip cupolă cu arce cu două sau trei articulații	-	-	1,50
Sistem structural tip dom cu arce	-	-	1,50

(235) În cazul unei clădiri neregulate, valoarea maximă a factorului de comportare se reduce conform prevederilor [4.2.2](#), față de valorile prevăzute în [Tabelul 9.1](#)

(236) Valoarea maximă a factorului de comportare rezultat din aplicarea prevederilor acestui paragraf este limitată inferior la 1,00.

9.2.4.2 Starea limită de serviciu

(237) Valoarea maximă a factorului de comportare pentru acțiuni seismice orizontale pentru verificări la starea limită de serviciu este egală cu 1,50, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, și 1,00, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL.

9.2.5 Modelare pentru calcul

(238) Pentru clădirile cu structura de lemn, la calculul valorii de proiectare a acțiunii seismice, fracțiunea din amortizarea critică a clădirii, ξ , pentru toate modurile de vibrație, se consideră egală cu 4%:

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad \xi = 4\% \quad (9.1)$$

(239) Calculul structurilor din lemn se face în acord cu prevederile capitolului 4 împreună cu prevederile date în reglementarea tehnică NP 005.

(240) Diafragmele orizontale din lemn, proiectate în conformitate cu reglementarea tehnică NP 005, pot fi modelate ca diafragme rigide în plan dacă sunt îndeplinite condițiile a) și b), c) sau d):

(dddddddddddddddd) deschiderile lor nu afectează în mod semnificativ rigiditatea generală în plan a planșeului: planșeu cu o formă compactă în care raportul dintre dimensiunile în cele două direcții principale nu depășește 2,0; planșeu pentru care retragerile care nu sunt situate de-a lungul perimetrului sunt mai mici de 10 % din suprafața planșeului;

(eeeeeeeeeeeeeeee) pentru toate tipurile structurale calculate în clasa de ductilitate DCL, diafragma de planșeu și îmbinările trebuie proiectate astfel încât să fie capabile să transfere forța seismică către structura de rezistență verticală, utilizând un factor de suprazistență γ_d egal cu 1,50;

(ffffffffffffffff) pentru toate tipurile de structuri, altele decât structurile din lemn lamelat încrucișat și structurile cu pereți din panouri de lemn proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, diafragma și îmbinările acestora sunt realizate astfel încât să transfere forța seismică în plan către structura de rezistență verticală, utilizând un factor de suprazistență de 2,00;

(gggggggggggggggg) pentru structurile din lemn lamelat încrucișat și structurile cu pereți din panouri de lemn proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, diafragma și îmbinările acestora sunt realizate astfel încât să transfere forța seismică în plan către componentele structurale principale verticale.

(241) Planșeele compozite lemn-beton pot fi considerate diafragme rigide dacă îndeplinesc următoarele condiții:

(hhhhhhhhhhhhhhhh) deschiderile lor nu afectează în mod semnificativ rigiditatea generală în plan a planșeului: pentru un planșeu cu o formă compactă în conformitate cu (240), se poate presupune că retragerile mai mici de 20% din suprafața acestuia nu afectează semnificativ rigiditatea generală în plan;

(iiiiiiiiiiiiiiii) suprabetonarea trebuie să aibă o grosime de cel puțin 50 mm și trebuie conectată la toate elementele structurale din lemn.

9.3 Criterii de performanță seismică

9.3.1 Generalități

(242) Prevederile acestei secțiuni se aplică structurii principale, cu rol în echilibrarea acțiunii seismice.

(243) La proiectarea seismică a structurilor din lemn, prevederile date în acest capitol se aplică împreună cu prevederile specifice celorlalte reglementări tehnice pentru proiectarea clădirilor de lemn, conform 5.1.1, (369).

9.3.2 Rezistență

(244) Structurile de lemn se realizează astfel încât să îndeplinească condiția de rezistență la acțiuni orizontale prevăzută la [4.3.1.1](#), [\(199\)](#) și [\(201\)](#).

(245) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență este mai mare sau egală cu valoarea de proiectare a efortului din secțiunea considerată. Această condiție este îndeplinită pentru toate componentele structurale principale, pe toată lungimea acestora.

(246) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență se determină conform prevederilor NP 005.

(247) Pentru structurile încadrate în clasa de ductilitate DCM, capacitatea de rezistență a zonelor nedisipative se poate limita superior la valoarea corespunzătoare răspunsului elastic al structurii la acțiunea seismică de proiectare, corespunzător stării limită ultime. În cazul utilizării spectrului redus în proiectare, aceste eforturi corespund unei valori a factorului de comportare q egală cu 1,00.

9.3.3 Ductilitate

(248) Structurilor de lemn îndeplinesc condițiile de ductilitate sub acțiunea seismică orizontală prevăzute la [4.3.1.2](#).

(249) În cazul clădirilor din lemn nu este necesară îndeplinirea condiției privind limitarea deplasărilor orizontale sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

9.3.4 Stabilitate

(250) Structurile din lemn se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de stabilitate sub acțiunea seismică date la [4.3.1.3](#).

9.3.5 Rigiditate

(251) Structurile din lemn se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile de rigiditate sub acțiunea seismică orizontală date la [4.3.2.1](#).

(252) Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă se stabilește conform prevederilor [4.3.2.1](#), [\(238\)](#).

9.4 Valori de proiectare ale eforturilor

(253) Valorile de proiectare ale eforturilor pentru structuri de lemn se stabilesc conform prevederilor reglementării tehnice NP 005.

9.5 Condiții de alcătuire

(254) Structurile de lemn se alcătuiesc în acord cu prevederile reglementării tehnice NP 005.

10 Componente nestructurale

10.1 Obiect și domeniu de aplicare

(255) Acest capitol conține prevederi privind proiectarea componentelor nestructurale ale clădirilor solicitate la acțiuni seismice.

(256) Toate componentele clădirii, cu excepția componentelor structurale, se consideră componente nestructurale. Componentele nestructurale pot fi prinse de structură sau de alte componente nestructurale.

(257) Prevederile acestui capitol se referă la:

- componentele nestructurale;
- prinderile componentelor nestructurale de structura principală sau alte componente nestructurale;
- componentele structurale sau nestructurale de care sunt prinse componentele nestructurale.

(258) Componentele nestructurale se alcătuiesc astfel încât să îndeplinească cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în capitolul 2 prin:

(jjjjjjjjjjjjjjjj) îndeplinirea prevederilor privind limitarea deplasărilor orizontale ale clădirii la starea limită de serviciu și starea limită ultimă, conform prevederilor capitolului 4,

și

(kkkkkkkkkkkkkkkk) îndeplinirea criteriilor de performanță seismică date în acest capitol pentru diferite categorii de componente, în acord cu rolul acestora.

(259) Componentele nestructurale și prinderile acestora se alcătuiesc astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică date la 10.2. Efectele acțiunii seismice de proiectare asupra componentelor nestructurale se determină conform prevederilor 10.4.

(260) O componentă nestructurală:

(llllllllllllllll) se proiectează, cu respectarea integrală a prevederilor reglementărilor tehnice sau a standardelor române specifice, în acord cu cerințele de performanță ale proiectării seismice, dacă astfel de documente normative sunt în vigoare;

(mmmmmmmmmmmmmmmm) se selectează pentru utilizare pe baza prevederilor acordurilor tehnice, care cuprind informații privind aptitudinea de utilizare în condiții de solicitare seismică, în regim dinamic, ciclic alternant, în acord cu cerințele de performanță ale proiectării seismice, dacă nu sunt disponibile reglementări tehnice sau standarde românești cu prevederi specifice tipului de componentă și condițiilor de solicitare.

(261) Componentele nestructurale se proiectează sau se selectează în acord cu tipul sistemului structural principal.

10.2 Criterii de performanță seismică

(262) O componentă nestructurală îndeplinește criteriile de performanță seismică ținând seama de:

(nnnnnnnnnnnnnnnnnnnn) efectul direct, cauzat de accelerațiile și forțele orizontale care acționează componenta ca urmare a acțiunii seismice;

(oooooooooooooooooooo) efectul indirect, cauzat de deformațiile impuse componentei prin deplasările orizontale relative ale punctelor sale prindere, ca urmare a acțiunii seismice.

(263) Pentru stabilirea criteriilor de performanță seismică, rolul unei componente nestructurale se clasifică astfel:

(pppppppppppppppppppp) rol esențial în funcționarea clădirii, pentru componentele a căror încetare a funcționării la acțiunea seismică de proiectare este acceptată numai pe durata de timp necesară pentru înlocuirea sursei de alimentare sau a unor componente nestructurale care o susțin;

(qqqqqqqqqqqqqqqqqqqq) rol de susținere și/sau alimentare a unei componente nestructurale cu rol esențial;

(rrrrrrrrrrrrrrrrrrrr) rol secundar pentru funcționarea clădirii, pentru componentele a căror încetare a funcționării pe o perioadă lungă de timp este acceptată, neîmpiedicând derularea activității în clădire.

(264) Componentele nestructurale cu rol esențial se stabilesc de către investitor și/sau beneficiar prin tema de proiectare. Componentele nestructurale cu rol de susținere și/sau de alimentare a celor cu rol esențial se stabilesc de către proiectant.

(265) Criteriile de performanță seismică pentru componentele nestructurale, în acord cu cerințele fundamentale ale proiectării seismice prevăzute în capitolul 2, sunt:

(ssssssssssssssssssss) componentele nestructurale care prin cădere pot pune în pericol siguranța utilizatorilor clădirii și/sau a persoanelor situate în spațiile publice alăturate clădirii își păstrează poziția la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime;

Notă: În sensul acestei prevederi, spațiile publice alăturate clădiri sunt spațiile imediat învecinate clădirii în care accesul persoanelor este permis, unde componentele nestructurale se pot prăbuși.

(tttttttttttttttttttt) componentele nestructurale care prin dislocare, cădere și/sau avarierea lor pot împiedica sau restricționa circulația persoanelor pe căile de evacuare ale clădirii își păstrează poziția la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultimă;

Notă: În această categorie se încadrează și pereții nestructurali, pardoselile, tavanele suspendate, finisajele și mobilierul de pe căile de evacuare.

(uuuuuuuuuuuuuuuuuuuu) componentele structurale cu rol în evacuarea utilizatorilor clădirii își păstrează stabilitatea și nu se rup la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

(vvvvvvvvvvvvvvvvvvvv) în cazul clădirilor din clasa I de importanță și expunere la cutremur, componentele nestructurale cu rol esențial și cele de susținere își păstrează funcțiunea, fără a necesita reparații pentru aceasta, la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu, considerând valorile de proiectare ale accelerațiilor spectrale la starea limită de serviciu stabilite conform prevederilor capitolului 3 înmulțite cu 2,00;

Notă: Acesta este cazul, de exemplu, al ușilor de la stațiile de pompieri.

(wwwwwwwwwwwwwwwwww) în cazul clădirilor din clasele de importanță și expunere la cutremur a II-a, a III-a și a IV-a, componentele nestructurale își păstrează funcțiunea la incidența acțiunii seismice de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu, fără a necesita reparații pentru aceasta;

Notă: În sensul prevederilor de la alin. (vvvvvvvvvvvvvvvvv) și (wwwwwwwwwwwwwwwwww), se consideră numai reparațiile esențiale pentru asigurarea funcțiunii componentei, în acord cu cerințele fundamentale de calitate aplicabile și prevederile proiectului de arhitectură și instalații. Restabilirea aspectului estetic al unei componente arhitecturale nu se încadrează în această categorie.

(xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx) Instalațiile de gaz, apă fierbinte sau abur și recipientele care conțin cantități importante de substanțe toxice sau explozive, a căror avariere poate pune în pericol siguranța utilizatorilor clădirii și/sau a persoanelor din apropiere, își păstrează integritatea la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultimă.

(266) În sensul prevederii de la (265), (ssssssssssssssss), se consideră că orice componentă nestructurală cu masa mai mare de 10 kg care poate cădea de la o înălțime mai mare sau egală cu 3,00 m poate pune în pericol siguranța utilizatorilor clădirii și/sau a persoanelor situate în spațiile publice alăturate clădirii, după caz.

(267) Investitorul și/sau beneficiarul pot stabili prin tema de proiectare criterii de performanță pentru componentele nestructurale pentru acțiunea seismică corespunzătoare stării limită de serviciu, suplimentare celor prevăzute la (265), în vederea limitării degradării acestora.

10.3 Verificarea siguranței componentelor nestructurale

(268) Componentele nestructurale se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică pentru forțele și deplasările orizontale generate de acțiunea seismică, determinate conform 10.4, corespunzător stării limită considerate, astfel:

(yyyyyyyyyyyyyyyyyyy) valoarea de proiectare a forței seismice care acționează asupra componentei nestructurale, F_{CNS} , este mai mică decât forța admisă a componentei nestructurale, $F_{CNS,adm}$, stabilită în acord cu criteriile de performanță seismică;

$$F_{CNS} \leq F_{CNS,adm} \quad (10.1)$$

(zzzzzzzzzzzzzzzzzz) valoarea de proiectare a deplasării orizontale relative între punctele de prindere ale componentei nestructurale, d_{rCNS} , este mai mică decât deplasarea relativă admisă, $d_{rCNS,adm}$, stabilită în acord cu criteriile de performanță seismică.

$$d_{rCNS} \leq d_{rCNS,adm} \quad (10.2)$$

(269) Prinderile componentelor nestructurale se realizează astfel încât valoarea de proiectare a capacității lor de rezistență să fie mai mare decât forțele de legătură corespunzătoare forței seismice care acționează asupra componentei nestructurale sau deplasării orizontale relative a componentei nestructurale, multiplicată cu un coeficient de siguranță egal cu 1,30:

$$R_d > 1,30 E_d \quad (10.3)$$

unde:

R_d valoarea de proiectare a capacității de rezistență a prinderii;

E_d valoarea de proiectare a forței de legătură din prindere.

(270) Verificarea capacității de deformare a fațadelor agățate de structură, inclusiv a fațadelor vitrate, se face considerând valorile deplasărilor orizontale ale structurii cauzate de acțiunea seismică de proiectare, în dreptul punctelor de prindere, înmulțite cu un coeficient de siguranță egal cu 1,30.

(271) Componentele structurale se realizează astfel încât atunci când sunt încărcate cu forțele de legătură cu componentele nestructurale stabilite conform (269) îndeplinesc criteriile de proiectare seismică date în capitolul 4.

(272) Componentele nestructurale se realizează astfel încât interacțiunile acestora cu componentele structurale sunt controlate și forțele de legătură nu produc degradarea componentelor structurale sau schimbarea mecanismului plastic al structurii principale.

Notă: Astfel de degradări pot apărea ca urmare a modificării schemei statice, de exemplu, prin formarea stâlpilor scurți, sau prin introducerea unor eforturi suplimentare în componentele structurale, de exemplu, avariarea nodurilor în cazul panourilor din zidărie înrămate în cadre.

(273) În cazul unei componente nestructurale care se încadrează în prevederea dată la 10.5, (306), (oooooooooooooooooooo), condiția (10.1) se poate exprima prin intermediul eforturilor care dezvoltă în elementele acesteia: forță axială, forță tăietoare, moment încovoietor sau moment de torsiune, pentru fiecare direcție de acțiune seismică:

$$R_{d,CNS} \geq E_{d,CNS} \quad (10.4)$$

unde:

$R_{d,CNS}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență stabilită conform reglementării tehnice sau standardului românesc aplicabil;

$E_{d,CNS}$ valoarea de proiectare a efortului din componenta nestructurală în gruparea seismică;

(274) Pereții nestructurali, indiferent de materialul din care sunt realizați, se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică, date la 10.2, pentru:

(aaaaaaaaaaaaaaaaaaaa) acțiunea seismică perpendiculară pe planul peretelui, în care masa componentei nestructurale include masa peretelui și masa mobilierului sau altor componente nestructurale prinse de perete;

(bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb) acțiunea seismică în planul peretelui, în funcție de modul de prindere al acestuia de structura principală.

(275) În cazul verificării componentelor nestructurale din zidărie la acțiuni seismice la starea limită ultimă sunt utilizate următoarele valori ale coeficientului parțial de siguranță pentru zidărie:

(cccccccccccccccccc) pentru componente nestructurale atașate anvelopei și pereții exteriori înrămați sau neînrași: $\gamma_M = 1,90$;

(dddddddddddddddddd) pentru pereții interiori înrași sau neînrași: $\gamma_M = 1,50$.

(276) În cazul verificării componentelor nestructurale din zidărie la acțiuni seismice la starea limită de serviciu coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie este $\gamma_M=1,50$.

(277) La verificarea condiției de stabilitate sub forțe orizontale a unei componente nestructurale sunt îndeplinite următoarele prevederi:

(eeeeeeeeeeeeeeee) efectele favorabile stabilității componentei ale acțiunii gravitaționale care acționează asupra componentei se reduc prin multiplicare cu 0,90;

(ffffffffffffffff) efectele favorabile stabilității componentei ale acțiunii seismice verticale nu se iau în considerare;

(gggggggggggggggggg) efectele nefavorabile stabilității componentei ale acțiunii seismice verticale se iau în considerare.

(278) În cazul clădirilor cu aglomerări de persoane, pentru calculul parapetelor și balustradelor de pe căile de evacuare acțiunea seismică perpendiculară pe plan consideră simultană cu încărcarea din împingerea exercitată de oameni, stabilită conform reglementărilor SR EN 1991, pentru situația de proiectare persistentă.

(279) La proiectarea pereților nestructurali, înrâmați sau neînrași, care sunt susținuți pe componente structurale principale în consolă sau pe grinzi cu deschidere mare se ține seama de efectul deformațiilor verticale produse de mișcarea seismică, inclusiv de deformațiile cauzate de rotirea nodului din secțiunea de reazem.

10.4 Efectele acțiunii seismice

10.4.1 Forța seismică

(280) Valoarea de proiectare a forței seismice cauzată de efectul direct al cutremurului asupra unei componente nestructurale se determină folosind una dintre următoarele metode:

(hhhhhhhhhhhhhhhhhh) metoda forțelor statice echivalente;

(iiiiiiiiiiiiiiii) metoda spectrelor de etaj.

(281) Forța seismică de proiectare determinată conform acestui capitol se folosește pentru proiectarea sau selectarea componentei nestructurale, a legăturilor acesteia și pentru verificarea locală a elementelor de reazem. La verificarea componentelor de reazem efectele acestei forțe se combină cu efectele forței seismice care acționează clădirea în ansamblu.

(282) Metoda forțelor statice echivalente se aplică pentru toate componentele nestructurale care se proiectează seismic.

(283) În cazul componentelor nestructurale de importanță mare sau care prin avariere prezintă un risc deosebit, la stabilirea valorii de proiectare a forței seismice se aplică și metoda spectrelor de etaj. În proiectare se consideră valoarea cea mai acoperitoare a forței seismice rezultată din aplicarea celor două metode.

(284) Pentru determinarea valorii de proiectare a forței seismice care acționează asupra unei componente nestructurale, se ține seama de factorul de importanță și expunere la cutremur al componentei nestructurale, γ_{CNS} , stabilit astfel:

(jjjjjjjjjjjjjjjjjj) $\gamma_{CNS} 1,50$, pentru următoarele categorii de componente nestructurale :

- componente cu rol esențial și de susținere pentru continuarea funcționării clădirilor din clasa de importanță I, sau pentru evacuarea în siguranță a acestora;
- componente amplasate pe căile de evacuare și sistemele de iluminat de rezervă, pentru evacuare, în clădiri din clasa de importanță I și II, cu număr mare de persoane;
- recipiente și rezervoare care conțin substanțe toxice sau explozibile în cantități considerate periculoase pentru siguranța publică;

Valoarea se stabilește de către proiectant și/sau la solicitarea investitorului/utilizatorului, prin tema de proiectare.

În cazul în care aceste componente nestructurale sunt prinse de alte componente nestructurale, factorul de importanță stabilit conform prevederilor acestui alineat se aplică și componentelor nestructurale pe care acestea sunt rezemate și legăturilor cu acestea.

(kkkkkkkkkkkkkkkkkk) $\square_{CNS} = \square_{I,e}$ pentru componentele nestructurale care nu aparțin categoriilor indicate la (jjjjjjjjjjjjjjjjjj), unde $\square_{I,e}$ este factorul de importanță și expunere la cutremur al clădirii corespunzător stării limită considerate.

(llllllllllllllllll) conform prevederilor reglementării tehnice GP 128, pentru rafturi din oțel cu ultimul nivel de depozitare situat la o înălțime mai mare sau egală cu 3,00 m față de bază.

(285) Combinarea efectelor acțiunii seismice orizontale și verticale se face conform prevederilor capitolului 4.

(286) La determinarea forței seismice de proiectare pentru sistemele de instalații și echipamente se ține seama și de efectele dinamice ale sistemului de conducte, utilajelor și echipamentelor și ale legăturilor acestora.

10.4.1.1 Metoda forțelor statice echivalente

(287) Pentru proiectarea componentelor nestructurale efectul acțiunii directe a cutremurului asupra componentei nestructurale se echivalează cu efectul unei forțe orizontale, aplicată static -forța seismică orizontală statică echivalentă.

(288) Forța seismică orizontală statică echivalentă, F_{CNS} , care cuantifică efectul acțiunii directe a cutremurului asupra unei componente nestructurale, se determină cu relația:

$$F_{CNS} = S_{ap,h} \frac{\gamma_{CNS} \beta_{CNS} K_z}{q_{CNS}} m_{CNS} \quad (10.1)$$

unde:

$S_{ap,h}$ valoarea accelerației spectrale orizontale absolute care corespunde palierului, cuprins între perioadele de colț T_B și T_C , de accelerații constante a spectrului de răspuns elastic calculat pentru o fracțiune de amortizare critică ξ egală cu 5%, pentru verificări la starea limită considerată;

γ_{CNS} factor de importanță al componentei nestructurale, stabilit conform 10.4.1, (284);

β_{CNS} factor de amplificare dinamică al componentei nestructurale, stabilit conform (289) și ;

q_{CNS} factor de comportare al componentei nestructurale, stabilit conform (290) sau (291);

m_{CNS} masa maximă a componentei nestructurale în exploatare;

K_z factor de amplificare a accelerației terenului pe înălțimea construcției:

$$K_z = 0,40 + 0,80 \frac{z}{H} \quad (10.2)$$

z cota punctului de prindere de structură a componentei nestructurale măsurată în raport cu secțiunea de încastrare convențională;

H înălțimea medie a acoperișului în raport cu secțiunea de încastrare convențională;

(289) Valoarea factorului de amplificare dinamică a componentei nestructurale pentru verificări la starea limită ultimă sau starea limită de serviciu, β_{CNS} , se stabilește conform prevederilor din Tabelul 10.1.

(290) Valoarea factorului de comportare a componentei nestructurale pentru verificări la starea limită ultimă, q_{CNS}^{ULS} , se stabilește conform prevederilor din Tabelul 10.1.

Tabelul 10.1 Factori β_{CNS} și q_{CNS} pentru componente nestructurale

Categoria și tipul componentelor nestructurale	β_{CNS}	q_{CNS}^{SLU}
Elemente atașate anvelopei construcției:		
- rezemate în consolă sau ancorate de structura principală sub nivelul centrului de greutate, indiferent de material Notă: Astfel de elemente sunt, de exemplu, coșuri de fum sau de ventilație, parapete, atice.	2,50	1,50
- ancorate peste nivelul centrului de greutate	1,00	2,50
- ornamente, firme, reclame, antene de televiziune și similare, indiferent de modul de prindere de structura principală	2,50	1,50
Elemente ale anvelopei		
- pereți nestructurali exteriori, indiferent de material, rezemați în consolă Notă: Astfel de elemente sunt, de exemplu, pereții de calcan, rezemați pe structură la partea inferioară.	2,50	1,50
- pereți nestructurali exteriori înrâmați, indiferent de material, și panouri din zidărie înrămate	1,00	1,50
- placaje și finisaje cu elemente și prinderi ductile	1,00	2,50
- placaje și finisaje cu elemente și prinderi fragile	1,00	1,50
- prinderi și rigidizări ale elementelor anvelopei	1,25	1,00

Elemente de compartimentare, fixe sau amovibile, inclusiv finisaje și tâmplării înglobate		
- pereți nestructurali interiori înrâmați și panouri înrămate din zidărie simplă;	1,00	2,50
- pereți nestructurali interiori și panouri din zidărie simplă care nu sunt fixați de structură la partea superioară	2,50	2,50
- parapete interioare din zidărie simplă rezemați în consolă sau fixați sub nivelul centrului de greutate	2,50	2,50
- parapete interioare din zidărie simplă fixați peste nivelul centrului de greutate	1,00	2,50
- elemente de compartimentare interioară din alte materiale decât zidăria	1,00	2,50
Tavane suspendate	1,00	2,50
Pardoseli înălțate		
- sisteme simple	1,00	1,50
- sisteme speciale	1,00	2,50
Garduri de incintă	2,50	2,50
Instalații sanitare		
- sisteme de conducte din materiale deformabile cu prinderi flexibile	2,50	6,00
- sisteme de conducte din materiale fragile (fontă, sticlă, plastic neductil)	2,50	3,00
Instalații electrice/iluminat		
- sisteme de cabluri principale suspendate	2,50	6,00
- sisteme de cabluri principale montate rigid	1,00	2,50
- echipamente electrice	1,00	2,50
- corpuri de iluminat	1,00	1,50
Instalații de condiționare/încălzire & ventilație		
- echipamente montate în exterior	2,50	6,00
- echipamente izolate cu neopren împotriva vibrațiilor	2,50	2,50
- echipamente izolate cu arcuri împotriva vibrațiilor	2,50	2,00
- echipamente neizolate împotriva vibrațiilor	1,00	2,50

- echipamente montate pe conducte	1,00	2,50
- alte echipamente	1,00	2,50
Instalații speciale cu utilaje care operează cu abur sau apă la temperaturi ridicate		
- boilere, cazane	1,00	2,50
- vase de presiune rezemate pe manta sau așezate liber	1,00	2,50
Echipamente electromecanice		
- ascensoare și scări rulante	1,00	2,50
Mobilier		
- mobilier din unități medicale, de cercetare, inclusiv sistemele de computere; mobilier de birou (rafturi, clasoare, dulapuri)	1,00	1,50
- mobilier și exponate din muzee de interes național	1,00	1,00
- mobilier și dotări speciale din construcții din clasa de importanță IV: (panouri de comandă ale dispeceratelor din servicii de urgență, din unități de pompieri, poliție, centrale telefonice, echipamente din stații de radiodifuziune/televiziune)	1,00	1,00
- rafturi din oțel cu ultimul nivel de depozitare situat la o înălțime mai mare sau egală cu 3,00 m față de bază	Conform reglementării tehnice GP 128	

(291) Valoarea factorului de comportare a componentei nestructurale pentru verificări la starea limită de serviciu, q_{CNS}^{SLS} , este egală cu 1,00.

(292) În cazul componentelor nestructurale prinse la nivelul a două planșee succesive cu cotele z_{inf} și z_i , F_{CNS} este considerată uniform distribuită pe înălțimea nivelului. Pentru calculul F_{CNS} în expresia factorului K_z este utilizată valoarea medie a mărimii z :

$$z = \frac{z_i + z_{inf}}{2} \quad z = \frac{z_i + z_{inf}}{2} \quad (10.3)$$

Nota: Acesta este cazul particular al pereților nestructurali de zidărie înrămate în cadre de beton, oțel sau compozite.

(293) Forța seismică orizontală statică echivalentă, F_{CNS} , se limitează conform relațiilor:

$$z = \frac{z_i + z_{inf}}{2} \quad \begin{aligned} F_{CNS} &\geq 0,30 S_{ap,h} \gamma_{CNS} m_{CNS} \\ F_{CNS} &\leq 1,60 S_{ap,h} \gamma_{CNS} m_{CNS} \end{aligned} \quad (10.4)$$

(294) Forța seismică verticală statică echivalentă $F_{CNS,V}$ este determinată cu relația (10.1) utilizând valoarea accelerației componentei verticale determinată conform prevederilor capitolului 3.

(295) Pentru calculul rezistenței și stabilității unei componente nestructurale, forța seismică statică echivalentă, F_{CNS} , este considerată acționând ca:

- încărcare uniform distribuită, perpendiculară pe axa componente nestructurale, orizontal și vertical, în cazul elementelor liniare care pot oscila simultan pe cele două direcții - țevi, conducte, canale de ventilație și similare;
- încărcare uniform distribuită sau concentrată, perpendiculară pe planul componente nestructurale, în cazul elementelor plane verticale sau înclinate - pereți interiori și exteriori, fațade cortină și similare;
- încărcare uniform distribuită sau concentrată în planul CNS, în cazul elementelor plane orizontale - tavane suspendate, pardoseli înălțate;
- forță concentrată aplicată în centrul de greutate al componente nestructurale, pe direcția cea mai defavorabilă, în cazul elementelor care au trei dimensiuni ortogonale comparabile - utilaje, echipamente, rezervoare, coșuri de fum și de ventilație și similare.

10.4.1.2 Metoda spectrelor de etaj

(296) Accelerația orizontală a componente nestructurale se determină din spectrul de răspuns elastic exprimat în accelerații al etajului, corespunzător punctului de prindere a componente nestructurale.

(297) Spectrul de răspuns elastic exprimat în accelerații al etajului se determină prin analiza spectrală a mișcării planșeului în plan orizontal determinată prin calculul dinamic neliniar al structurii în ansamblu, conform prevederilor capitolului 4.

(298) Acțiunea seismică se modelează în calcul conform prevederilor capitolului 3.

(299) Se recomandă folosirea acestui model și pentru componentele nestructurale din categoriile A1, A2 și B4 ale clădirilor cu înălțime mai mare sau egală cu 50 m.

10.4.2 Deplasări orizontale

(300) O componentă nestructurală care este prinsă la două cote de nivel diferite, pe aceeași structură sau același tronson, se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică date la 10.2 pentru o valoare de proiectare a deplasării orizontale relative între punctele de prindere, $d_{r,CNS}$, determinată cu relația:

$$z = \frac{z_i + z_{inf}}{2} \quad d_{r,CNS} = d_{si} - d_{sj} \quad (10.1)$$

unde:

d_{si} valoarea de proiectare a deplasării orizontale, la cota de nivel „i”;

d_{sj} valoarea de proiectare a deplasării orizontale, la cota de nivel „j”;

(301) O componentă nestructurală care este prinsă la două cote de nivel diferite, pe două structuri sau tronsoane diferite, se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică date la 10.2 pentru o valoare deplasării orizontale relative între punctele de prindere, $d_{r,CNS}$, determinată cu relația:

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad d_{r,CNS} = |d_{siA}| + |d_{sjB}| \quad (10.2)$$

unde:

d_{siA} valoarea de proiectare a deplasării orizontale, la cota de nivel „i”, în clădirea „A”, la starea limită considerată;

d_{sjB} valoarea de proiectare a deplasării orizontale, la cota de nivel „j”, în clădirea „B”, la starea limită considerată.

(302) Valorile deplasărilor orizontale ale structurii sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime sau stării limită de serviciu, constituie date de temă pentru proiectarea sau selectarea componentelor nestructurale.

10.4.2.2 Starea limită ultimă

(303) Pentru verificări la starea limită ultimă, valoarea de proiectare a deplasării orizontale relative dintre punctele de prindere se determină conform 10.4.2, (300) sau (301), considerând valorile de proiectare ale deplasărilor relative de nivel la starea limită ultimă.

10.4.2.3 Starea limită de serviciu

(304) Pentru verificări la starea limită de serviciu, valoarea de proiectare a deplasării orizontale relative dintre punctele de prindere se determină conform 10.4.2, (300) sau (301), considerând valorile de proiectare ale deplasărilor relative de nivel la starea limită de serviciu.

(305) În cazul:

(mmmmmmmmmmmmmmmmmmmmmm) elementelor atașate anvelopei amplasate pe fațadele învecinate proprietății publice sau către alte spații în care este posibilă aglomerarea de persoane;

(nnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnn) sistemelor de conducte care sunt fixate pe două tronsoane adiacente, în cazul clădirilor din clasa de importanță și expunere la cutremur I sau a II-a;

valorile de proiectare ale deplasărilor relative de nivel la starea limită de serviciu determinate conform prevederilor capitolului 4 se multiplică cu 1,30.

10.5 Valori admise

(306) Valorile admise ale forțelor orizontale care pot încărca o componentă nestructurală și valorile admise ale deplasărilor relative dintre punctele sale de prindere se stabilesc:

(ooooooooooooooooooooo) conform prevederilor reglementărilor tehnice sau a standardelor române de proiectare specifice tipului de componentă, în situația în care astfel de documente normative sunt în vigoare,

sau

(pppppppppppppppppppppp) conform prevederilor agreementului tehnic.

(307) Agreementul tehnic referitor la o componentă nestructurală de orice tip, pentru certificarea performanței la acțiuni seismice, cuprinde prevederi explicite privind:

(qqqqqqqqqqqqqqqqqq) aptitudinea de utilizare în condiții de solicitare seismică, în regim dinamic ciclic-alternant;

(rrrrrrrrrrrrrrrrrr) valorile admise forțelor orizontale sau accelerațiilor orizontale, care pot acționa asupra componentei, pentru asigurarea funcțiunii componentei și asigurarea rezistenței și stabilității;

(ssssssssssssssssss) valorile admise ale deformațiilor relative dintre punctele de prindere, în cazul componentelor prinse în mai multe puncte, pentru asigurarea funcțiunii componentei și asigurarea rezistenței și stabilității;

(tttttttttttttttttt) modul de realizare a prinderilor și forțele de legătură din prinderi asociate nivelului forțelor orizontale admise pentru asigurarea stabilității;

pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică date la [10.2](#).

Agrementul tehnic se referă la componenta nestructurală în ansamblul ei, cuprinzând toate părțile și materialele înglobate, legăturile dintre acestea și prinderile de structură, de alte componente nestructurale sau rezemarea pe teren, după caz.

Notă: Agrementele tehnice ale părților constitutive ale unei componente nestructurale nu înlocuiesc agrementul tehnic al componentei nestructurale.

(308) Efectul frecării, datorat greutateii proprii a componentei nestructurale, a componentelor susținute de aceasta sau a încărcărilor aplicate, nu se ia în considerare pentru asigurarea stabilității la lunecare a componentei nestructurale.

10.6 Prevederi suplimentare

(309) Acest paragraf conține prevederi minimale privind proiectarea sau selectarea componentelor nestructurale din anumite categorii. Aceste prevederi se aplică suplimentar față de prevederile din reglementările tehnice specifice sau față de specificațiile din agrementele tehnice ale produselor.

(310) Prevederile privind alcătuirea componentelor nestructurale date în acest paragraf se aplică tuturor componentelor nestructurale, cu limitările prevăzute aici, indiferent tipul acțiunii dominante asupra acestora.

10.6.1 Componente arhitecturale din zidărie

(311) La clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, pentru executarea componentelor nestructurale din zidărie se pot folosi elementele pentru zidărie din grupa 1 și 2, conform încadrării din SR EN 1996-1-1.

(312) Pereții nestructurali de zidărie și panourile de zidărie înrămate nu se realizează din elemente pentru zidărie din argilă arsă cu goluri orizontale realizate la turnare.

(313) Componentele nestructurale din zidărie din clădiri din clasa I sau a II-a de importanță și expunere la cutremur se realizează din elemente pentru zidărie din categoria I, definită conform reglementării tehnice CR 6.

Componentele nestructurale din zidărie din clădiri din clasa a III-a sau a IV-a de importanță și expunere la cutremur se realizează din elemente pentru zidărie din categoria I sau a II-a, definită conform reglementării tehnice CR 6.

(314) Componentele nestructurale din zidărie se realizează cu mortar cu valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune mai mare sau egală cu $2,50 \text{ N/mm}^2$. Componentele nestructurale din zidărie din clădirile din clasele de importanță și expunere la cutremur I sau a II-a nu se realizează cu mortar preparat la șantier.

(315) Pereții de fațadă alcătuiți din două straturi de zidărie cu gol interior se prevăd cu ancore de solidarizare conform prevederilor din SR EN 1996-1-1. Ancorele se realizează astfel încât să îndeplinească prevederile SR EN 845-1.

Numărul și dimensiunile ancorelor îndeplinesc următoarele condiții:

- pentru amplasamente caracterizate de $S_{ap,h}^{SLU} \leq 2,50 m/s^2$ se dispun minim 2 ancore pentru fiecare m^2 de perete;
- pentru amplasamente caracterizate de $2,50 m/s^2 < S_{ap,h}^{SLU} \leq 6,00 m/s^2$ se dispun minim 3 ancore pentru fiecare m^2 de perete;
- pentru amplasamente caracterizate de $S_{ap,h}^{SLU} > 6,00 m/s^2$ se dispun minim 4 ancore pentru fiecare m^2 de perete.

(316) În zonele cu seismicitate moderată sau mare nu sunt permisi pereți de zidărie rezemați la partea inferioară pe plăci dacă sunt mărginiți la partea superioară de alte componente structurale, cum sunt grinzile sau plăcile.

10.6.1.1 Pereți nestructurali de zidărie

(317) Acest paragraf conține prevederi suplimentare minimale pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică pentru pereții nestructurali de zidărie.

(318) Pereții nestructurali de zidărie se realizează din panouri de zidărie și, după caz, stâlpișori și centuri de beton armat.

(319) La clădiri amplasate în zone de seismicitate moderată sau mare, pereții exteriori din zidărie se înrămează pe toate cele patru laturi prin aportul componentelor structurale principale, a celor secundare, a stâlpișorilor și/sau a centurilor.

(320) La marginile golurilor din pereți care au cu suprafața mai mare sau egală $2,50 m^2$, pentru amplasamentele caracterizate prin $2,50 m/s^2 < S_{ap,h}^{SLU} \leq 6,00 m/s^2$, și golurile din pereți cu suprafața mai mare sau egală cu $1,50 m^2$, pentru amplasamentele caracterizate prin $S_{ap,h}^{SLU} > 6,00 m/s^2$, se dispun stâlpișori și centuri de beton armat cu ancorare în componentele structurale principale.

(321) Pereții de zidărie înrămați prin aportul componentelor structurale principale se realizează astfel încât panourile de zidărie nearmată să îndeplinească condițiile:

- aria panoului este mai mică sau egală cu $12,0 m^2$;
- înălțimea panoului este mai mică sau egală cu $3,50 m$;
- lungimea panoului este mai mică sau egală cu $5,00 m$.

Notă: În cazul în care rezistența panourilor din zidărie nearmată este insuficientă, se pot lua următoarele măsuri: dimensiunile panoului se reduc prin introducerea unor stâlpișori de beton armat, suplimentari față de cei introduși pentru bordarea golurilor, zidăria se tencuiește cu tencuială armată cu plase din oțel, grile polimerice sau polimeri armați cu fibre (FRP) sau se adoptă pentru pereții respectivi o altă rezolvare constructivă sau alte materiale.

(322) Pereții de zidărie neînrași prin aportul componentelor structurale principale se realizează astfel încât panourile de zidărie nearmată să îndeplinească condițiile:

- aria panoului este mai mică sau egală cu $9,0 m^2$;
- înălțimea panoului este mai mică sau egală cu $2,50 m$;
- lungimea panoului este mai mică sau egală cu $3,50 m$.

Notă: Pereții de închidere din zidărie neînșurubați sunt și pereții rezemați pe console sau pereții cu goluri mari pentru care nu se realizează un sistem de diagonale prin confinarea peretelui de către componentele structurale principale cu care se află în contact.

(323) Pereții de calcan, fronton sau timpanele din zidărie sau alte elemente majore de zidărie care lucrează în consolă verticală sub încărcări orizontale perpendiculare pe plan, se asigură împotriva răsturnării prin prevederea de stâlpișori și/sau centuri la partea superioară. Stâlpișorii au rotirea și deplasarea restricționată la bază prin conectarea de componentele structurale principale. La panourile de zidărie mai înalte de 2,0 m se prevăd centuri intermediare orizontale, astfel încât înălțimea maximă a unui panou de zidărie situat între două elemente orizontale de beton să nu depășească 2,0 m.

Notă: Stâlpișorii de beton armat au capacitatea de rezistență la încovoiere mai mare decât momentele încovoietoare cauzate de răsturnarea elementelor de zidărie, fără aportul zidăriei.

(324) Stabilitatea laterală a pereților se asigură prin conectarea de componentele structurale și/sau prin țesere cu pereții nestructurali de zidărie cu care se intersectează.

(325) Pereții interiori cu înălțime parțială nu se fixează lateral prin aportul tavanului suspendat.

Notă: În cazul în care eforturile unitare normale din încovoiere perpendicular pe planul peretelui au valori mai mari decât valorile de proiectare ale rezistențelor se adoptă una sau mai multe dintre următoarele soluții:

- peretele se armează în rosturile orizontale dacă, din calcul, rezultă că ruperea se produce în plan perpendicular pe rosturile orizontale în câmpul peretelui și la reazeme;
- dimensiunile panoului de zidărie se reduc prin introducerea de centuri și stâlpișori intermediari; centurile și stâlpișorii sunt ancorate de structură și sunt dimensionați pentru a prelua încărcările orizontale ce le revin.

10.6.1.2 Atice, parapete, coșuri de fum

(326) Acest paragraf conține prevederi suplimentare minimale pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică pentru atice, parapete și coșuri de fum din zidărie.

(327) Stabilitatea aticelor și parapetelor sub acțiunea seismică orizontală perpendiculară pe plan este asigurată prin una dintre următoarele măsuri sau o combinație a acestora:

(uuuuuuuuuuuuuuuuuuuu) utilizarea de stâlpișori intermediari din beton armat și centuri de beton armat la partea superioară, conectate de componentele structurale principale;

Notă: Stâlpișorii de beton armat au capacitatea de rezistență la încovoiere mai mare decât momentele încovoietoare cauzate de răsturnarea elementelor de zidărie, fără aportul zidăriei.

(vvvvvvvvvvvvvvvvvvvv) armarea continuă în rosturile orizontale, cu ancorarea armăturilor în componentele structurale principale.

(328) Stabilitatea coșurilor de fum sau de ventilație realizate din zidărie sub acțiunea seismică orizontală este asigurată prin una dintre următoarele măsuri sau o combinație a acestora:

- acoperirea zidăriei cu tencuieli armate cu plase, la care barele verticale sunt ancorate în componentele structurale principale;
- bordarea exterioară cu profile laminate ancorate în componentele structurale principale, acoperite cu tencuială;

- ancorarea coșurilor cu tiranți fixați în structura principală.

(329) Cornișele și brâiele, care depășesc planul zidăriei cu cel mult jumătate din grosimea peretelui sunt realizate cu elemente de tip HD, prin scoaterea în consolă a cărămizilor, în trepte de cel mult 1/4 din cărămidă la fiecare rând. La proiectarea cornișelor se ține seama de efectul de răsturnare cauzat de acțiunea gravitațională asupra părții de cornișă care depășește planul zidăriei. Stabilitatea cornișelor este asigurată prin prevederea de stâlpișori și centuri de beton armat.

(330) Cornișele care depășesc fața peretelui exterior cu mai mult de jumătate din grosimea acestuia sunt realizate din elemente de beton armat.

10.6.2 Pereți exteriori prefabricați din beton

(331) Acest paragraf conține prevederi suplimentare minimale pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică pereți prefabricați de beton.

(332) Pereții exteriori realizați din panouri prefabricate din beton, montate după executarea structurii, sunt rezemate direct pe elementele structurii principale sau sunt legate de aceasta cu ancore sau cu alte dispozitive mecanice.

(333) Legăturile și rosturile între panouri permit deplasări relative de nivel cel puțin egale cu deplasarea relativă de nivel corespunzătoare stării limită ultime, dar nu mai puțin de 15 mm.

10.6.3 Pereți exteriori din sticlă

(334) Acest paragraf conține prevederi suplimentare minimale pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică pentru fațade vitrate.

(335) În cazul fațadelor amplasate către spații publice sau cu aglomerări de persoane, indiferent de clasa de importanță și de expunere a clădirii, sticla ferestrelor cu suprafață mai mare de 2,00 m², și care sunt situate la înălțime $\geq 2,00$ m peste nivelul trotuarului, se alege de tip "securizat".

10.6.4 Tavane suspendate

(336) Tavanele suspendate ale construcțiilor din clasele de importanță și expunere la cutremur I, a II-a sau a III-a, situate în zone cu seismicitate moderată sau mare, îndeplinesc următoarele condiții:

- în fiecare din cele două direcții orizontale ortogonale, un capăt al rețelei de susținere a tavanului este fixat de elementul structural de margine iar celălalt capăt are posibilitatea de deplasare liberă pe cel puțin 20 mm;
- tavanele cu suprafață ≥ 100 m² sunt prinse în direcție orizontală de structura principală;
- tavanele cu suprafață > 250 m² vor fi divizate în zone cu suprafață ≤ 250 m² prin rosturi de separare sau prin pereți dezvoltati pe toată înălțimea etajului; se poate renunța la această măsură dacă se demonstrează prin calcul că sistemul de fixare poate prelua integral deplasările laterale ale tavanului;
- sunt prevăzute măsuri pentru a permite deplasarea orizontală liberă a tavanului în vecinătatea capetelor de sprinklere sau a altor piese care traversează tavanul;

- în cazul tavanelor care se dezvoltă în zone situate la cote de nivel diferite, stabilitatea laterală a fiecărei zone este asigurată printr-un sistem propriu de limitare a deplasărilor orizontale (contravântuire);
- conductele, canalele de ventilație, cablurile electrice și alte elemente de instalații sunt fixate de tavanul suspendat.

10.6.5 Pardoseli înălțate

(337) Pardoseala îndeplinește condițiile de performanță seismică cu considerarea încărcărilor stabilite conform SR EN 1991-1.

(338) Pentru determinarea cerinței seismice reprezentată prin forței seismice statice echivalentă, masa pardoselii înălțate este stabilită considerând masa proprie a pardoselii, masa totală a echipamentelor fixe și 1/4 din masa echipamentelor mobile rezemate pe pardoseală.

(339) Pardoseala îndeplinește condițiile de performanță seismică cu considerarea și a eforturilor cauzate efectul de răsturnare a echipamentelor fixate rigid de pardoseală.

(340) Dacă pe pardoseală urmează a se monta echipamente grele (orientativ, cu greutatea mai mare de 5,0 kN) panourile vor fi verificate pentru o sarcină concentrată corespunzătoare unui utilaj de mici dimensiuni (orientativ, o încărcare concentrată de 10 kN).

(341) Legăturile care transmit forțele seismice la planșeu vor fi realizate prin piese fixate de planșeu.

10.6.6 Componente nestructurale amplasate pe căile de evacuare

(342) Pentru evacuarea în siguranță, în cazul acțiunii seismice de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, a clădirilor situate în zone cu seismicitate moderată sau mare se recomandă aplicarea următoarelor măsuri privind elementele de construcție și finisajele aflate pe căile de evacuare:

- ușile garajelor stațiilor de salvare, ale unităților de pompieri și similare permit trecerea autovehiculelor la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, pentru deplasări relative egale cu deplasările relative de nivel asociate stării limită ultime multiplicare cu 1,50;
- ușile de evacuare ale clădirilor care pot adăposti un număr mare persoane (orientativ, peste 250 de persoane) vor fi proiectate astfel încât să nu se blocheze pentru deplasări relative de nivel egale cu $1,50 d_{r,CNS}$ unde $d_{r,CNS}$ este valoarea calculată pentru starea limită ultimă;
- ușile încăperilor principale ale clădirilor din clasele de importanță I și II (săli de clasă, de exemplu) și ușile de evacuare ale construcțiilor din clasele de importanță I ÷ III vor fi proiectate astfel încât să nu se blocheze pentru deplasări relative de nivel egale cu $1,25 d_{r,CNS}$ unde $d_{r,CNS}$ este valoarea calculată pentru starea limită ultimă;
- copertinele peste ușile de evacuare din clădire îndeplinesc criteriile de performanță seismică pentru o forță seismică verticală mai mare cu 50% decât cea din relația (10.1) pentru clădirile din clasele de importanță I și II și cu 25% pentru clădirile din clasa de importanță III;

- pardoselile, tavanele suspendate și celelalte finisaje de pe căile de evacuare sunt realizate astfel încât dislocarea, căderea și/sau avarierea lor să nu împiedice sau restricționeze circulația persoanelor;
- în clădirile din clasele de importanță I și II piesele de mobilier de pe căile de evacuare vor fi fixate de structură sau de pereții nestructurali conform art.10.4.1.

10.6.7 Instalații

10.6.7.1 Componente liniare

(343) Deplasările conductelor, canalelor, tubulaturilor care sunt așezate în direcție orizontală, verticală sau înclinată sunt restricționate pe verticală și pentru două direcții orizontale ortogonale prin instalarea de tiranți și contravântuiri, după caz.

(344) Conductele așezate în direcție verticală, care sunt amplasate la distanță mai mare de 1,0 m față de un stâlp sau un perete structural, permit deplasarea verticală diferită a planșelor, cu respectarea criteriilor de performanță date la [10.2](#).

(345) Conductele amplasate vertical permit deplasarea relativă dintre planșeele pe care le traversează sau dintre punctele lor de prindere, cu respectarea criteriilor de performanță date la [10.2](#).

(346) Conductele de apă au rol esențial pentru asigurarea funcționării clădirii.

(347) Conductele de apă care trec din teren în clădire și golurile de trecere prin anvelopa clădirii sau fundații se proiectează astfel încât conductele să-și mențină etanșeitățile la cea mai mare valoare credibilă a deplasării orizontale a clădirii în raport cu terenul. În dreptul golurilor de trecere se prevede un rost de minim 25 mm între conductă și marginea golului, pe tot perimetrul.

(348) Conductele de gaz care trec din teren în clădire și golurile de trecere prin anvelopa clădirii sau prin fundații se proiectează astfel încât conductele să-și mențină etanșeitățile la cea mai mare valoare credibilă a deplasării orizontale a clădirii în raport cu terenul.

(349) Conductele care traversează rosturile dintre două corpuri de clădire adiacente și golurile de trecere sunt realizate astfel încât permit deplasarea orizontală relativă a corpurilor de clădire, cu respectarea criteriilor de performanță date la [10.2](#).

(350) Componentele suspendate care sunt instalate în lungul traseelor tubulaturilor și au greutate mai mare de 10 kg au deplasările orizontale restricționate prin instalarea de contravântuiri, independent de cele utilizate pentru fixarea tubulaturii.

(351) Instalațiile automate pentru stingerea incendiilor cu sprinklere se proiectează la acțiuni seismice, în acord cu criteriile de performanță date în această reglementare tehnică, conform prevederilor SR EN 12845-3.

10.6.8 Ascensoare

(352) Ascensoarele cu viteză de deplasare ridicată (orientativ peste 45 m/minut) se prevăd cu dispozitive de decuplare calibrate pentru o valoare a accelerației terenului de 50% din accelerația seismică de proiectare pentru SLS.

(353) Contragreutățile ascensoarelor se prevăd cu dispozitive pentru a se evita ieșirea de pe șinele de ghidaj și impactul lor cu cabina.

(354) La partea inferioară și superioară a cabinei și la contragreutate se prevăd dispozitive de blocare.

10.6.9 Scări rulante

(355) Scările rulante din spațiile aglomerate (centre comerciale, săli de expoziție, aeroporturi și similare) se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică pentru deplasări relative între punctele de reazem cu 25% mai mari decât cele corespunzătoare stării limită considerate.

10.6.10 Rafturi din oțel

(356) Rafturile din oțel cu ultimul nivel de depozitare situat la o înălțime mai mare sau egală cu 3,00 m față de bază se proiectează seismic conform reglementării tehnice GP 128, cu respectarea prevederilor suplimentare date în această reglementare tehnică.

(357) Rafturile se realizează astfel încât să îndeplinească criteriile de performanță seismică date la [10.2](#) în P 100-1 pentru componente nestructurale.

(358) Valorile ordonatelor spectrului redus al accelerațiilor se stabilesc conform prevederilor capitolelor [3](#) și [4](#) din P 100-1. Valoarea maximă a factorului de comportare, q , se consideră:

([www](#)) conform prevederilor reglementării tehnice GP 128, pentru verificări la starea limită ultimă;

([xxxxxx](#)) egală cu 1,00 pentru verificări la starea limită de serviciu.

(359) Coeficientul parțial de siguranță pentru acțiunea seismică se consideră:

([yyyyyy](#)) conform prevederilor reglementării tehnice GP 128, pentru verificări la starea limită ultimă;

([zzzzzz](#)) egal cu 1,00, pentru verificări la starea limită de serviciu.

(360) Pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică la starea limită de serviciu date la [10.2](#), ([265](#)), ([vvvvvvvvvvvvvvvvvv](#)) sau ([www](#)), după caz, elementele componente ale rafturilor, îmbinările dintre acestea și prinderile acestora de structură sau elementele de fundare se realizează astfel încât să răspundă elastic având capacitatea de rezistență mai mare sau egală cu efectul acțiunii seismice de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu stabilit conform prevederilor [10.3](#).

(361) Rafturile se realizează astfel încât să-și păstreze stabilitatea locală și generală la acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultimă.

(362) Componentele structurale de care sunt prinse sau pe care reazemă rafturile pentru depozitare îndeplinesc condițiile de rezistență date în reglementarea tehnică P 100-1 pentru componente structurale principale, sub acțiunea forțelor de legătură stabilite conform prevederilor [10.3](#).

10.6.11 Rezistența panourilor de zidărie înrămate

(363) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forfecare în plan a panourilor din zidărie înrămate în cadre F_{Rd} se determină cu relația:

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad F_{Rd} = \min(F_{Rd1}, F_{Rd2}, F_{Rd3}) \quad (10.1)$$

unde

F_{Rd1} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la rupere prin lunecare din forța tăietoare în rosturile orizontale;

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad F_{Rd1} = f_{vd0} A_{pan} k_{1,pan} \quad (10.2)$$

F_{Rd2} valoarea de proiectare a capacității de rezistență corespunzătoare fisurării în lungul diagonalei comprimate;

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad F_{Rd2} = f_{vd0} A_{pan} k_{2,pan} \quad (10.3)$$

F_{Rd3} valoarea de proiectare a capacității de rezistență corespunzătoare strivirii diagonalei comprimate la colțul cadrului.

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad F_{Rd3} = \min(f_d b_{st,ech} t_p k_{3,pan} k_{5,pan}, f_{dh} A_{pan} k_{4,pan}) \quad (10.4)$$

A_{pan} aria secțiunii orizontale a panoului;

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad A_{pan} = t_p l_p \quad (10.5)$$

t_p grosimea panoului de zidărie;

l_p lungimea panoului de zidărie;

E_c, E_z moduli de elasticitate al betonului din cadru și al zidăriei (valorile de scurtă durată);

f_d valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune a zidăriei perpendicular pe rostul de așezare;

f_{dh} valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune a zidăriei paralel cu rostul de așezare;

f_{vd0} valoarea de proiectare a rezistenței la forfecare sub efort de compresiune zero a zidăriei;

$b_{st,ech}$ latura stâlpului cadrului echivalent care se determină cu relația

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad b_{st,ech} = \sqrt[4]{6(I_1 + I_2)}$$

I_1, I_2 momentele de inerție în planul cadrului ale stâlpilor

Tabelul 10.1 Valorile factorilor $k_{1,pan}$, $k_{2,pan}$, $k_{3,pan}$, $k_{4,pan}$

$\lambda_p = h_p/l_p$	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
$k_{1,pan}$	1,20	1,45	1,70	2,50	3,30
$k_{2,pan}$	1,90	2,15	2,40	3,05	3,70

$k_{3,pan}$	0,640	0,512	0,400	0,245	0,160
$k_{4,pan}$	0,111	0,125	0,141	0,180	0,224

Tabelul 10.2 Valorile factorului $k_{5,pan}$

E_c/E_z	h_p/t_p				
	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
4,0	1,20	1,28	1,35	1,41	1,47
6,0	1,32	1,41	1,50	1,57	1,63
8,0	1,41	1,52	1,61	1,68	1,75
10,0	1,50	1,61	1,70	1,78	1,85
12,0	1,60	1,72	1,81	1,90	1,97
14,0	1,70	1,83	1,92	2,02	2,09

λ_p factorul de formă al panoului;

$$z = \frac{z_c + z_{inf}}{2} \quad \lambda_p = \frac{h_p}{l_p} \quad (10.6)$$

h_p înălțimea panoului de zidărie;

θ unghiul cu orizontala al diagonalei panoului din zidărie înrămată.

10.6.12 Alte prevederi

(364) În cazul componentelor nestructurale ale clădirilor amplasate în zone cu seismicitate moderată sau mare prinse de structură cu ancore post-instalate, capacitatea de rezistență a ancorelor post-instalate este verificată prin teste in-situ pe baza unui program de control inclus în proiect.

(365) Bolțurile montate prin împușcare nu se utilizează ca ancore solicitate la întindere pentru componentele nestructurale.

(366) Fixarea componentelor nestructurale cu adezivi nu este luată în considerare la verificarea criteriilor de performanță seismică prevăzute la [10.2](#). Fac excepție, elementele de suprafață ușoare fixate cu adezivi pe toată suprafața lor de componente structurale sau componente nestructurale de suprafață.

11 Dispozitive seismice

11.1 Definiții

(367) Termenii utilizați în acest capitol au următoarele semnificații:

Sistemul de izolare: totalitatea componentelor folosite pentru izolarea seismică;

Interfața de izolare: interfața continuă care separă complet infrastructura de suprastructură, unde se poziționează sistemul de izolare;

Dispozitive izolatoare: elementele care alcătuiesc sistemul de izolare care îndeplinesc condițiile de la [11.2.1](#), (371).

Infrastructura: partea structurii situată sub interfața de izolare, incluzând fundațiile. Flexibilitatea laterală a infrastructurii este neglijabilă în raport cu cea a sistemului de izolare;

Suprastructura: partea structurii care se izolează și este situată deasupra interfeței de izolare;

Izolarea completă: izolarea care asigură suprastructurii o comportare în domeniul elastic la acțiuni seismice orizontale corespunzătoare stării limită ultime.

Izolare parțială: izolarea care nu asigură suprastructurii o comportare în domeniul elastic la acțiuni seismice orizontale corespunzătoare stării limită ultime.

Centrul de rigiditate efectiv: centrul de rigiditate la acțiuni orizontale al interfeței de izolare.

Nota: La clădiri, rigiditatea suprastructurii poate fi neglijată la determinarea poziției centrului de rigiditate efectiv.

Centrul de amortizare: centrul de amortizare la acțiuni orizontale al interfeței de izolare.

Valoarea de proiectare a deplasării orizontale a sistemului de izolare este deplasarea orizontală maximă a centrului de rigiditate efectiv, înregistrată sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultimă, între fața superioară a infrastructurii și partea inferioară a suprastructurii, pe o anumită direcție orizontală.

Valoarea de proiectare a deplasării orizontale totale a unui dispozitiv de izolare este deplasarea orizontală maximă a dispozitivului, pe o anumită direcție orizontală, considerând și efectul de rotire de ansamblu a suprastructurii în jurul axei verticale.

Rigiditatea efectivă a sistemului de izolare este raportul dintre valoarea forței orizontale totale transmisă prin interfața de izolare și valoarea de proiectare absolută a deplasării orizontale.

Perioada efectivă este perioada de vibrație unui sistem cu un singur grad de libertate dinamică având masa și rigiditatea egale cu masa suprastructurii și cu rigiditatea efectivă a sistemului de izolare.

Amortizarea efectivă a sistemului de izolare este valoarea amortizării vâscoase echivalente care corespunde energiei disipate prin sistemul de izolare pentru un răspuns ciclic având amplitudinea egală cu valoarea de proiectare a deplasării orizontale.

Dispozitiv de disipare a energiei, dependent de deplasări: dispozitiv care conectează două elemente structurale fără a transmite încărcări verticale. Comportarea lor este dependentă prioritar de deplasări și secundar de viteză. Sunt incluse în această categorie dispozitive cu comportare liniară sau neliniară;

Dispozitiv de disipare a energiei, dependent de viteză: dispozitiv care conectează două elemente structurale fără a transmite încărcări verticale. Comportarea lor este dependentă prioritar de viteză și secundar de deplasări. Sunt incluse dispozitive de tip amortizori cu fluid vâscos și amortizori vâscoelastici;

Dispozitive rigide: dispozitive care conectează două elemente structurale fără a transmite momente încovoietoare sau încărcări verticale. Sunt incluse în această categorie: dispozitive de conectare permanentă, dispozitive cu rol de siguranță fuzibilă, dispozitive de conectare temporară;

11.2 Izolarea bazei

11.2.1 Obiect și domeniu de aplicare

(368) Capitolul conține prevederi privind proiectarea structurilor izolate seismic complet, la care sistemul de izolare este dispus sub masa principală a suprastructurii și are drept scop reducerea răspunsului seismic al structurii principale la acțiuni seismice.

(369) Reducerea răspunsului seismic a structurii principale la acțiuni seismice poate fi obținută prin creșterea perioadei fundamentale de vibrație a structurii, prin creșterea amortizării sau prin combinarea acestor efecte. Sistemul de izolare poate fi realizat din izolatori sau izolatori și amortizoare liniare sau neliniare.

(370) Capitolul se referă la sistemele pasive de disipare a energiei care sunt dispuse la o singură interfață. Sistemele pasive de disipare a energiei care sunt distribuite la mai multe niveluri ale structurii sunt tratate în capitolul [11.3](#)

(371) Dispozitivele de izolare care pot fi utilizate în acord cu prevederile acestui capitol sunt: reazeme laminate din elastomeri, dispozitive elastoplastice cu amortizare vâscoasă sau cu frecare, penduli și alte dispozitive a căror comportare este conformă cu prevederea de la [\(369\)](#). Fiecare dispozitiv are una sau mai multe din următoarele proprietăți:

(aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa) rigiditate și rezistență verticale mari, în condițiile unei flexibilități mari în direcție orizontală;

(bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb) capacitate mare de disipare a energiei, prin amortizare vâscoasă sau histeretică;

(cccccccccccccccccccc) capacitate de revenire la poziția orizontală inițială după încetarea acțiunii seismice;

(dddddddddddddddddddd) rigiditate suficientă la încărcări orizontale, altele decât cele seismice, pentru îndeplinirea cerințelor la stări limită de serviciu.

11.2.2 Cerințe fundamentale

(372) La proiectarea structurilor izolate seismic se îndeplinesc cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în capitolul [2](#).

(373) Dispozitivele de izolare și prinderile lor de structură se proiectează pentru un grad de siguranță superior celui utilizat la proiectarea structurii prin amplificarea acțiunii seismice aplicată fiecărui dispozitiv cu un coeficient de siguranță $\gamma_x = 1,50$.

(374) Componentele nestructurale care traversează interfața de izolare se proiectează pentru îndeplinirea criteriilor de performanță seismică date în capitolul 10, ținând seama de deplasările relative dintre infrastructură/teren și suprastructură.

11.2.3 Criterii de îndeplinire a cerințelor

(375) În scopul satisfacerii cerințelor fundamentale ale proiectării seismice, clădirea se verifică la cerințele stărilor limită definite la 2.3.

(376) Rețelele utilitare care conectează suprastructura trebuie să își păstreze funcțiunea în acord cu clasa de importanță și expunere la cutremur a clădirii, conform prevederilor capitolului 10.2, (265).

Notă: În acest scop se recomandă ca piesele de conectare ale rețelelor de suprastructură să fie proiectate astfel încât să permită deplasările relative mari prin răspuns elastic la acțiunea seismică.

(377) Deplasările relative de nivel ale suprastructurii și infrastructurii se limitează în conformitate cu prevederile capitolul 4.

(378) Capacitatea de rezistență și capacitatea de deformare a dispozitivelor de izolare este mai mare decât cerința seismică corespunzătoare stării limită ultime, amplificată considerând coeficientul de siguranță stabilit conform prevederii de la 11.2.2, (373).

(379) Infrastructura se proiectează pentru a răspunde elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(380) Suprastructura se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL, conform prevederilor din capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale, considerând forțele de legătură cu interfața de izolare.

(381) Infrastructura se proiectează pentru clasa de ductilitate DCL, conform prevederilor din capitolele 5-9, specifice structurilor realizate din diferite materiale, considerând forțele de legătură cu interfața de izolare și forțele seismice inerțiale care acționează direct masa infrastructurii.

Notă: La proiectarea infrastructurii și suprastructurii nu este necesară aplicarea metodei de proiectare la capacitate.

(382) La starea limită ultimă, rețelele de gaz și celelalte rețele care pot provoca efecte dezastruoase, care traversează suprafețele de separare ale suprastructurii de terenul înconjurător sau de alte construcții, se proiectează astfel încât să suporte deplasările relative între suprastructura izolată și terenul sau construcțiile înconjurătoare, considerând un coeficient de siguranță γ_x , definit la 11.2.2, (373).

(383) Dispozitivele de izolare se selectează sau proiectează cu respectarea prevederilor SR EN 15129 și conform prevederilor Certificatului Tehnic European (CE).

11.2.4 Prevederi generale de proiectare

11.2.4.1 Prevederi generale referitoare la dispozitivele de izolare

(384) Instalarea, inspecția, întreținerea și înlocuirea dispozitivelor de izolare se realizează în acord cu prevederile SR EN 15129. În acest scop se prevede un spațiu suficient între suprastructură și infrastructură.

(385) În cazul dispozitivelor protejate față de efectele potențiale ale unor surse de hazard ca incendiul, atacul chimic sau biologic, protecția nu trebuie să afecteze funcționarea dispozitivelor în timpul cutremurului.

(386) Protecția la incendiu a dispozitivelor de izolare se proiectează în acord cerințele de protecție la incendiu ale clădirii. Această protecție nu trebuie să afecteze funcționarea dispozitivelor de izolare în timpul cutremurului.

Notă: Proiectarea dispozitivelor trebuie realizată în acord cu factorii de mediu, inclusiv vânt, efecte de îmbătrânire, temperatură ambientală, temperatură de operare, expunere la umiditate sau alte substanțe dăunătoare.

(387) Dispozitive de izolare sensibile la cedare din oboseală la cicluri de solicitare de amplitudine mică, vor avea un răspuns liniar-elastic la acțiunea vântului.

(388) Dispozitivele de izolare cu rol de transmitere a încărcării verticale vor respecta o lungime de suprapunere minimă care să asigure funcționarea reazemului la deplasări seismice amplificate cu coeficientul de siguranță, γ_x , stabilit conform prevederii de la [11.2.2, \(373\)](#).

(389) Dispozitivele de izolare care transmit încărcări verticale vor fi suficient de rigide pe direcție verticală.

11.2.4.2 Controlul mișcărilor nedorite

(390) Centrul de rigiditate efectiv și centrul de amortizare al interfeței de izolare trebuie să fie cât mai apropiat de proiecția centrului maselor pe interfața de izolare.

Notă: Astfel, se reduc efectele de torsiune în jurul axei verticale la nivelul interfeței de izolare.

(391) Eforturile de compresiune rezultate din acțiunile permanente trebuie să fie cât mai uniform distribuite între dispozitivele de izolare.

(392) Sistemul de izolare se proiectează astfel încât să nu producă șocuri sau, dacă acestea se produc, se controlează prin prevederea de dispozitive adecvate pentru atenuare.

(393) Rotirea capetelor dispozitivelor de izolare în jurul oricărei axe orizontale se limitează superior la 0,005 rad.

11.2.4.3 Controlul mișcărilor diferențiale ale terenului

(394) Imediat deasupra și dedesubtul interfeței de izolare se dispun diafragme orizontale rigide și rezistente.

(395) Prin excepție de la [\(394\)](#), dispozitivele de izolare pot amplasate pe înălțimea componentelor structurale principale verticale, stâlpi sau pereți, dacă deplasările orizontale relative ale elementelor verticale sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, sunt mai mici decât 1/20 din deplasarea relativă a dispozitivelor de izolare, stabilită fără considerarea coeficientului de siguranță γ_x .

11.2.4.4 Controlul deplasărilor relative față de terenul și construcțiile înconjurătoare

(396) Distanța dintre suprastructură și terenul sau construcțiile din vecinătate este mai mare decât deplasarea maximă cauzată de acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, amplificată cu coeficientul de siguranță γ_x , definit la 11.2.2, (373).

11.2.4.5 Capacitatea de recentrare a sistemului de izolare

(397) Sistemul de izolare are capacitate de recentrare pe ambele direcții principale orizontale. Această cerință este îndeplinită atunci când sistemul are deplasări reziduale mici în raport cu capacitatea sa de deplasare.

(398) Sistemul de izolare îndeplinește condiția:

$$E_s \geq 0,25 E_D \quad (11.1)$$

unde

E_s este energia reversibilă acumulată (energie elastică de deformare și energie potențială) a structurii, inclusiv a sistemului de izolare;

E_D este energia disipată de dispozitivele seismice

pentru deplasări cuprinse între 0 și deplasarea maximă cauzată de acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, d_{Ed}^{SLU} .

(399) Prin excepție de la (398), se pot utiliza sisteme cu comportare bilinară în direcție orizontală și care respectă prevederea (400), dacă este îndeplinită relația:

$$\frac{d_{Ed}^{SLU} K_p}{F_0} \geq 0,5 \quad (11.2)$$

unde:

d_{Ed}^{SLU} deplasarea seismică a sistemului de izolare pe direcția considerată;

K_p rigiditatea post-elastică (tangentă);

F_0 forța corespunzătoare deplasării zero a sistemului de izolare la acțiuni ciclice, fără a include contribuția dispozitivelor dependente de viteză (Figura 11.2);

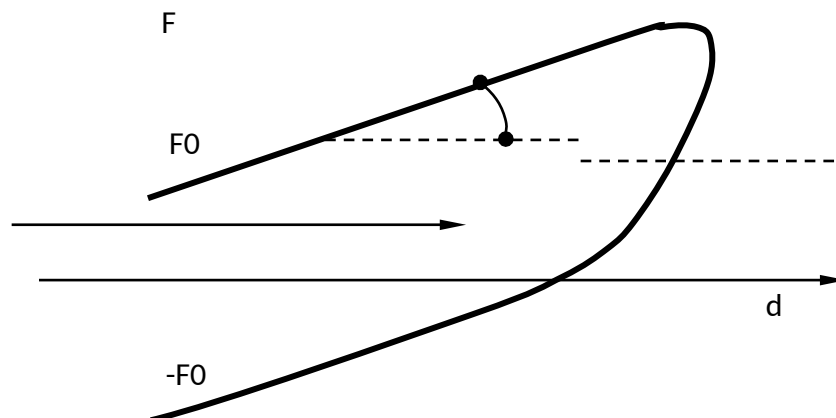


Figura 11.2 Definirea modelului biliniar echivalent pentru evaluarea capacității de recentrare

(400) Abaterea relației forță-deplasare a sistemului de izolare de la forma biliniară cea mai apropiată, nu depășește $\pm 15\%$ pentru nici o deplasare în intervalul $0,3d_{Ed}^{SLU}$ - $1,0d_{Ed}^{SLU}$ pe segmentele de încărcare. La aplicarea acestui criteriu pentru sistemele cu frecare, efectul variației încărcării verticale asupra relației forță-deplasare a sistemului de izolare poate fi neglijat.

(401) Metoda alternativă definită la (399) poate fi aplicată ignorând contribuția elastică favorabilă a infrastructurii.

(402) Se poate considera că sistemele care nu satisfac (398) sau (399) respectă prevederea de la (397) dacă sistemul de izolare se proiectează considerând deplasările amplificate cu coeficientul de siguranță, γ_x , stabilit conform prevederii de la 11.2.2, (373), și factorul ρ_d stabilit cu relația:

$$\rho_d = 1 + 1,50 \left(1 - 2 \frac{d_{Ed}^{SLU} K_P}{F_0} \right) \geq 1,0 \quad (11.1)$$

unde d_{Ed} , K_P , F_0 sunt definite la (399).

Deplasarea reziduală majorată cu factorul $2(\rho_d - 1)d_{Ed}^{SLU}/3$ trebuie să fie compatibilă cu funcțiunea clădirii.

11.2.4.6 Limitarea deplasării sistemului de izolare

(403) Sistemul de izolare dispune de suficientă constrângere laterală astfel încât să îndeplinească toate cerințele relevante din reglementările tehnice aplicabile referitoare la îndeplinirea cerințelor la stări limită de serviciu.

Notă: De exemplu, acesta este cazul încărcărilor din vânt la clădiri.

(404) Atunci când sunt prevăzute dispozitive de constrângere de tip siguranțe, limita lor de curgere se limitează superior la 40% din valoarea de proiectare a forței orizontale corespunzătoare răspunsului elastic al dispozitivului la starea limită ultimă.

(405) Atunci când se utilizează dispozitive de conectare temporară, pentru aplicarea (1) acestea trebuie incluse în model.

11.2.4.7 Acțiunea seismică

(406) La proiectarea seismică se consideră acțiunea simultană a celor trei componente ale acțiunii seismice, conform definirii din capitolul 3.

(407) Combinarea efectelor acțiunii seismice se realizează conform prevederilor capitolului 3.

(408) În cazul aplicării calculului dinamic, se utilizează cel puțin șapte seturi de accelerograme care îndeplinesc prevederile 3.2.

(409) La structuri izolate complet, prevederile de la 4.5 se aplică cu T_{eff} în loc de T_1 , conform 11.2.5.2.

11.2.4.8 Modelare

(410) Modelarea structurii va reflecta cu suficientă acuratețe distribuția spațială a dispozitivelor seismice, astfel încât să se considere în mod adecvat translația pe cele două direcții orizontale, momentele de răsturnare corespunzătoare și rotirea în jurul axei verticale. De asemenea modelul va reflecta adecvat proprietățile diferitelor tipuri de dispozitive seismice.

(411) Proprietățile dispozitivelor seismice vor fi cele mai defavorabile pe durata de exploatare a construcției, reflectând atunci când este relevant, influența a) până la e):

(eeeeeeeeeeeeeeee) pasului de încărcare;

(ffffffffffffffff) mărimii încărcărilor verticale;

(gggggggggggggggggg) mărimii încărcărilor orizontale simultane;

(hhhhhhhhhhhhhhhhhh) temperaturii;

(iiiiiiiiiiiiiiii) modificării proprietăților pe durata de exploatare a construcției.

(412) În vederea surprinderii variației proprietăților sistemelor seismice, se vor parcurge analize multiple. Limite superioare și inferioare ale proprietăților fiecărui dispozitiv seismic vor fi determinate pentru fiecare parametru de modelare.

(413) se va lua în considerare flexibilitatea orizontală a infrastructurii, incluzând atunci când este relevant, interacțiunea teren-structură;

(414) cel puțin două analize trebuie parcurse, indiferent de metoda de calcul aleasă:

(jjjjjjjjjjjjjjjjjj) accelerațiile și forțele de inerție induse de cutremur trebuie evaluate considerând valoarea maximă a rigidităților și valorile minime ale coeficienților de amortizare și frecare;

(kkkkkkkkkkkkkkkkkk) deplasările vor fi determinate pe baza valorilor minime ale rigidității și coeficienților de amortizare și frecare.

(415) Atunci când se aplică calculul dinamic neliniar, se aplică următoarele condiții:

(llllllllllllllllll) modelul include caracteristicile neliniare forță-viteză-deplasare ale dispozitivelor de disipare de energie pentru a ține cont în mod explicit de dependența dispozitivului de amplitudinea, frecvența și durata mișcării seismice;

(mmmmmmmmmmmmmmmmmm) modelul dispozitivelor dependente de deplasare include comportarea lor histeretică, în acord cu rezultatele experimentale și ținând seama de toate modificările semnificative de rezistență, rigiditate și formă a curbei histeretice;

(nnnnnnnnnnnnnnnnnn) modelul dispozitivelor disipatoare de energie, dependente de viteză, include un coeficient de viteză, în acord cu rezultatele experimentale; caracteristicile de amortizare care se modifică în timp și/sau datorită temperaturii, trebuie modelate explicit;

(oooooooooooooooooooo) dacă proprietățile dispozitivelor de disipare de energie se modifică în domeniul efectelor acțiunii seismice determinate prin analiză, răspunsul dinamic poate fi surprins pe baza caracteristicilor de proiectare minime și maxime ale dispozitivelor, pentru domeniul analizat, determinate în acord cu SR EN 15129;

(pppppppppppppppppp) situația maximă prevede în funcție de relevanță, concomitent valori maxime ale coeficientului de viteză, rigidității, disipării de energie

și rezistenței. Situația minimă pentru analiză și proiectare prevede în funcție de relevanță, concomitent valori minime ale coeficientului de viteză, rigidității, disipării de energie și rezistenței.

Notă: Valori minime ale coeficienților de viteză și ale disipării de energie produc de regulă forțe de proiectare maxime.

(416) Valoarea maximă a factorului de comportare, q , este egală cu 1,50.

11.2.5 Calculul structurii

11.2.5.1 Generalități

(417) Răspunsul dinamic al structurii se caracterizează în termeni de accelerații, forțe de inerție și deplasări.

(418) Efectele acțiunii seismice se evaluează prin calcul structural cel puțin prin următoarele metode:

(qqqqqqqqqqqqqqqqqqqq) calcul dinamic liniar, conform prevederilor de la [11.2.5.4](#);

și

(rrrrrrrrrrrrrrrrrrrr) calcul liniar simplificat, în acord cu limitările menționate la [11.2.5.3](#).

(419) La proiectarea clădirii se utilizează cele mai defavorabile valori ale efectelor acțiunii seismice determinate prin cele două metode de calcul structural. Efectele acțiunii seismice determinate prin calcul dinamic liniar se limitează inferior la valorile stabilite prin calcul liniar simplificat, echivalent modului de vibrație fundamental.

(420) Suprastructurile izolate se proiectează pentru un răspuns elastic la acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime. În cazul în care, la proiectarea structurilor izolate, există suspiciuni privind comportarea în domeniul elastic al suprastructurii, demonstrarea răspunsului elastic al suprastructurii se face prin calcul dinamic neliniar.

(421) La determinarea efectelor acțiunii seismice, se ține seama de efectele de torsiune de ansamblu a clădirii, inclusiv de cele datorate excentricității accidentale, și de efectele de ordin II.

(422) La structurile izolate echipate cu izolatori seismici și/sau dispozitive dependente de deplasare și dispozitive dependente de viteză, diferența de fază între deplasarea maximă și viteza maximă poate fi considerată la determinarea efectelor acțiunii seismice. Astfel forța orizontală totală a sistemului de izolare pe direcția considerată corespunde unor valori simultane ale vitezelor și deplasărilor majorate pentru a ține seama de efectul utilizării combinate a dispozitivelor.

(423) Pentru determinarea efectelor acțiunii seismice se utilizează valorile caracteristicilor fizice și mecanice ale izolatoarelor care determină cele mai defavorabile efecte. În acest scop, se pot utiliza mai multe scenarii de combinare a valorilor acestor caracteristici. Valorile caracteristicilor fizice și mecanice se stabilesc conform specificațiilor tehnice ale dispozitivelor seismice.

(424) Prin excepție de la [\(423\)](#), pentru clădirile încadrate în clasa de importanță și expunere la cutremur a III-a sau a IV-a se pot utiliza valorile medii ale caracteristicilor

fizice și mecanice ale izolatoarelor, atunci când valorile minime și maxime ale acestor caracteristici nu diferă cu mai mult de 15% de valorile medii.

11.2.5.2 Modelarea comportării dinamice a sistemului izolator

(425) Prevederile acestui paragraf se utilizează la modelarea simplificată a comportării dinamice a sistemului izolator printr-un model cu comportare vâsco-elastică lineară, în situația când acesta este alcătuit din reazeme elastomerice laminate, sau un model biliniar histeretic, în situația în care sistemul este alcătuit din dispozitive de tip elasto-plastic.

(426) Modelarea simplificată a comportării dinamice se utilizează dacă rigiditatea efectivă a sistemului izolator, este mai mare sau egală cu 1/3 din rigiditatea secantă a sistemului izolator corespunzătoare unei deplasări $0,2d_{Ed}$.

(427) În cazul utilizării modelului liniar echivalent rigiditatea efectivă K_{eff} a sistemului izolator este suma rigidităților efective a izolatoarelor. Rigiditatea efectivă a fiecărui izolator este valoarea rigidității secante la deplasarea totală de proiectare, d_{Ed} .

(428) În cazul utilizării modelului biliniar histeretic se utilizează rigiditatea corespunzătoare răspunsului elastic al sistemului de izolare care se determină ca suma rigidităților izolatoarelor.

(429) În cazul utilizării modelului liniar echivalent, disiparea de energie a sistemului izolator poate fi exprimată prin amortizarea efectivă, ξ_{eff} , care exprimă amortizarea vâscoasă echivalentă:

$$\xi_{eff} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\sum E_{D,i}}{K_{eff} d_{Ed}^2} \right] \quad (11.1)$$

unde

d_{Ed} valoarea de proiectare a deplasării orizontale a sistemului echivalent cu un singur grad de libertate sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

$E_{D,i}$ energia disipată de dispozitivele seismice.

(430) Energia disipată de dispozitivele seismice se stabilește pentru cicluri de solicitare în domeniul frecvențelor modurilor de vibrație relevante.

(431) Pentru moduri de vibrație superioare, cu frecvențe situate în afara acestui domeniu, factorul amortizării modale a structurii în ansamblu trebuie să fie cel al suprastructurii considerate încastrată la bază.

(432) Dacă valorile rigidității efective sau a amortizării efective ale amortizorilor depind de deplasarea, d_{Ed} , determinarea acestora se face prin calcul iterativ, până când diferența dintre valoarea selectată și cea calculată nu depășește 5% din valoarea selectată.

(433) În cazul utilizării modelului liniar echivalent, acțiunea seismică de proiectare se determină pe baza unei valori a amortizării care corespunde perioadei efective de vibrație, T_{eff} , stabilită cu relația:

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{m_d}{K_{eff}}} \quad (11.2)$$

unde

m_d valoarea de proiectare a masei suprastructurii;

K_{eff} rigiditatea efectivă a sistemului de izolare, definită la (428).

11.2.5.3 Calculul liniar simplificat

(434) Calculul liniar simplificat este echivalent modului de vibrație fundamental și se aplică structurilor complet izolate, care răspund predominant ca sisteme cu un singur grad de libertate pe fiecare direcție orizontală.

(435) În această metodă de calcul se consideră două translații dinamice orizontale și efectele torsiunii de ansamblu se suprapun static. Suprastructura se modelează ca un solid rigid care se translatează deasupra sistemului izolator, cu condiționările de la (437) și (5).

(436) La calculul structurilor prin metoda de calcul liniar simplificat se consideră o valoare maximă a deplasării orizontale, d_{db} , stabilită cu relația:

$$d_{db} = \gamma_x d_{Ed} \quad (11.1)$$

unde

d_{Ed} valoarea de proiectare a deplasării orizontale a sistemului echivalent cu un singur grad de libertate sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime;

γ_x coeficient de siguranță, stabilit conform 11.2.2, (373).

(437) Comportarea unei structuri izolate poate fi modelată ca un sistem cu un singur grad de libertate dinamică pentru aplicarea metodei de calcul liniar simplificat dacă sunt îndeplinite cumulativ condițiile:

(ssssssssssssssss) sistemul de izolare poate fi considerat liniar echivalent, conform 11.2.5.2, (426);

(tttttttttttttttt) contribuția modurilor superioare de vibrație ale suprastructurii și infrastructurii poate fi neglijată; această condiție se consideră îndeplinită dacă masa modală efectivă antrenată în modul fundamental de vibrație este de cel puțin 90% din masa totală a clădirii;

(uuuuuuuuuuuuuuuuu) perioada efectivă a structurii complet izolate este de cel puțin trei ori mai mare decât perioada suprastructurii încastrate la bază, T_f ;

(vvvvvvvvvvvvvvvvvvv) amortizarea vâscoasă echivalentă definită la 11.2.5.2, (429), este mai mică sau egală cu 40%, pentru izolatori cu suprafață curbă de glisare, și cu 30%, pentru toate celelalte tipuri de dispozitive seismice;

(wwwwwwwwwwwwwwwww) creșterea forței de recentrare pentru sistemul de izolare pentru deplasări cuprinse între $0,5d_{db}$ și d_{db} este mai mare decât 2,50% din încărcarea gravitațională totală situată deasupra sistemului de izolare, unde d_{db} este stabilit conform (436).

(438) Metoda de calcul liniar simplificat poate fi aplicată la sistemele de izolare cu comportare liniară amortizată echivalentă, dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx) dimensiunea cea mai mare în plan orizontal a suprastructurii este 50 m;

(yyyyyyyyyyyyyyyyyyyy) dispozitivele izolatoare asigură transmiterea directă a forțelor de legătură verticale de la suprastructură la infrastructură;

(zzzzzzzzzzzzzzzzzzzz) perioada efectivă satisface relația:

$$3 T_f \leq T_{eff} \leq 3 s \quad (11.2)$$

unde

T_{eff} perioada efectivă, definită conform [11.2.5.2, \(433\)](#);

T_f perioada suprastructurii considerată încastrată la bază, imediat deasupra sistemului de izolare;

(aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa) raportul între rigiditățile verticale și orizontale ale sistemului izolator satisface condiția:

$$\frac{K_v}{K_{eff}} \geq 150 \quad (11.3)$$

unde

K_{eff} rigiditatea efectivă a sistemului de izolare, definită la [11.2.5.2, \(427\)](#);

K_v rigiditatea verticală a sistemului de izolare care se calculează ca sumă a rigidităților verticale ale izolatorilor, stabilite conform specificațiilor tehnice;

(bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb) perioada fundamentală în direcție verticală îndeplinește condiția:

$$T_v = 2 \pi \sqrt{\frac{m_d}{K_v}} \leq 0,10 s \quad (11.4)$$

unde

m_d valoarea de proiectare a masei suprastructurii;

K_v rigiditatea verticală a sistemului de izolare.

(439) La determinarea efectelor acțiunii seismice, se consideră influența excentricității între centrul de rigiditate efectiv al sistemului de izolare și centrul maselor suprastructurii.

11.2.5.4 Calculul dinamic

(440) Acest paragraf conține prevederi specifice structurilor izolate pentru calculul dinamic, liniar sau neliniar.

(441) Calculul dinamic se realizează pe modele tridimensionale.

(442) Comportarea izolatorilor se modelează prin legi de răspuns forță-deplasare care reproduc comportarea sistemului în domeniul deformațiilor și vitezelor anticipate pentru gruparea seismică.

(443) Frațiunea de amortizare inerentă, corespunzătoare amortizării asociate cu deformațiile componentelor structurale principale și cu deformația componentelor

nestructurale, la inițierea curgerii în componentele structurale principale, se ia mai mică sau egală cu 3% din valoarea critică.

(444) Pentru un set de accelerograme, valoarea maximă a unui efect al acțiunii seismice se determină ca valoarea maximă a acestui efect determinată prin calcul la fiecare pas de timp al analizei.

11.2.6 Verificarea dispozitivelor seismice la stări limită

11.2.6.1 Generalități

(445) Pentru situații de solicitare neseismice, reazemele și dispozitivele seismice se verifică în acord cu cerințele standardelor românești din seria EN corespunzătoare și, atunci când este relevant, cu SR EN 1337-1.

11.2.6.2 Verificări la starea limită ultimă

(446) Pentru verificări la starea limită ultimă, deplasarea și/sau rotirea dispozitivelor seismice se determină prin multiplicarea deplasării și/sau rotirii corespunzătoare acțiunii seismice de proiectare, corespunzătoare stării limită ultimă, cu coeficientul de siguranță, stabilit conform [11.2.2](#), [\(373\)](#).

(447) Pentru verificări la starea limită ultimă, la calculul deplasării se consideră și deplasările cauzate de deformațiile de lungă durată, variațiile de temperatură și încărcările verticale.

(448) Deplasarea orizontală a dispozitivelor seismice cauzată de acțiunea seismică de proiectare este mai mică decât capacitatea de deplasare a dispozitivului seismic, stabilită conform specificațiilor de produs.

(449) Rotirea în jurul axei orizontale a izolatorilor cauzată de acțiunea seismică de proiectare este mai mică decât capacitatea de rotire a izolatorilor, stabilită conform specificațiilor de produs. La evaluarea rotirii așteptate se ține cont și de influența abaterilor constructive, conform specificațiilor de produs. În lipsa acestei informații, cerința de rotire datorată abaterilor constructive se consideră egală cu 0,005 rad.

(450) Verificarea infrastructurii se face considerând forțele seismice inerțiale care acționează direct asupra acesteia și forțele de legătură cu sistemul de izolare.

(451) În funcție de tipul dispozitivului seismic, rezistența izolatorilor și prinderilor acestora de infrastructură și suprastructură trebuie verificată la starea limită ultimă astfel:

(cccccccccccccccc) în termeni de forțe, luând în considerare forțele verticale maxime și minime cauzate de acțiunile neseismice și forțele maxime verticale și orizontale cauzate de acțiunea seismică de proiectare, incluzând efectele momentului de răsturnare;

(dddddddddddddddd) în termeni de deplasări relative totale orizontale, între fața inferioară și cea superioară a izolatorului. Deplasarea totală orizontală include deformația cauzată de acțiunea seismică de proiectare și deformația cauzată de contracție, curgere lentă, variații de temperatură și/sau post-tensionare.

Notă: Coeficientul de siguranță, stabilit conform [11.2.2](#), [\(373\)](#), se aplică forțelor și deplasărilor.

(452) Componentele nestructurale ale clădiri se proiectează în acord cu prevederile capitolului [10](#), luând în considerare efectele dinamice datorate izolării.

11.3 Clădiri echipate cu dispozitive seismice pasive

11.3.1 Obiect și domeniu de aplicare

(453) Acest capitol conține prevederi privind proiectarea structurilor echipate cu dispozitive de control energetic pasiv, care pot fi dependente de deplasări sau dependente de viteză sau rigide.

(454) Răspunsul dispozitivelor de disipare a energiei dependente de deplasări este independent de viteză sau de frecvența excitației.

11.3.2 Cerințe fundamentale

(455) La proiectarea structurilor echipate cu dispozitive seismice se îndeplinesc cerințele fundamentale ale proiectării seismice date în capitolul 2.

(456) Dispozitivele seismice și prinderile lor de structură se proiectează pentru un grad de siguranță superior celui utilizat la proiectarea structurii prin amplificarea acțiunii seismice aplicată fiecărui dispozitiv cu un coeficient de siguranță $\gamma_x = 1,50$.

(457) Structurile echipate cu dispozitive de disipare a energiei îndeplinesc prevederile de la 4.3.

(458) În scopul satisfacerii cerințelor fundamentale, se vor verifica stările limită definite la 2.3.

(459) Dispozitivele seismice se selectează conform prevederilor SR EN 15129 și conform prevederilor Certificatului Tehnic European (CE).

(460) Prin excepție de la (459), în cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCL, dispozitivele de conectare rigidă și reazemele se selectează conform SR EN 1337 și conform prevederilor Certificatului Tehnic European (CE).

(461) Structurile clădirilor echipate cu dispozitive seismice pasive se încadrează în tipurile structurale definite în capitolele 5-9.

11.3.3 Prevederi generale de proiectare

11.3.3.1 Prevederi generale referitoare la dispozitivele seismice

(462) Instalarea, inspecția, întreținerea și înlocuirea dispozitivelor seismice se face conform prevederilor SR EN 15129.

(463) Protecția la incendiu a dispozitivelor se realizează în acord cu cerințele de protecție la incendiu pentru structură, stabilite conform reglementărilor tehnice specifice. Dacă se utilizează un dispozitiv de protecție la incendiu, acesta se realizează astfel încât să nu să afecteze funcționarea dispozitivului seismic în timpul cutremurului.

(464) Dispozitivele seismice se protejează pentru efectele potențiale al unor surse de hazard cum ar fi atacul chimic sau biologic, în acord cu prevederile reglementărilor tehnice specifice. Dispozitivul de protecție nu trebuie să afecteze funcționarea dispozitivului seismic în timpul cutremurului.

(465) Selectarea dispozitivelor se realizează în acord cu factorii de mediu, inclusiv vânt, efecte de îmbătrânire, temperatură ambientală, temperatură de operare, expunere la umiditate sau alte substanțe dăunătoare.

(466) Durata de funcționare a dispozitivelor, pentru care efectele oboselii sunt ne semnificative, se stabilește în funcție de durata maximă de exploatare a dispozitivelor, stabilită conform specificațiilor de produs.

(467) Dispozitive seismice sensibile la cedare din oboseală la cicluri de solicitare cu amplitudine redusă, se selectează pentru un răspuns liniar-elastic la acțiunea vântului.

(468) În cazul dispozitivelor de disipare a energiei dependente de deplasări, la fiecare nivel unde acestea sunt instalate, intrarea în curgere a dispozitivelor seismice se produce la o valoare a deplasării orizontale a structurii mai mică sau egală cu 0,40 din valoarea corespunzătoare intrării în curgere a componentelor structurale principale la nivelul respectiv.

(469) În cazul dispozitivelor de disipare a energiei dependente de deplasări, la fiecare nivel unde acestea sunt instalate, capacitatea de rezistență la acțiuni orizontale asigurată de dispozitivele seismice este mai mică decât capacitatea de rezistență la acțiuni orizontale a componentelor structurale principale, altele decât dispozitivele seismice, la nivelul respectiv.

(470) Toate componentele sistemului de disipare a energiei, excluzând elementele comune cu sistemul structural principal și dispozitivele de disipare de energie, se proiectează astfel încât să rămână în domeniul elastic de comportare pentru efectele acțiunii seismice multiplicat cu 1,50.

11.3.3.2 Controlul efectelor de torsiune

(471) Distribuția în plan a dispozitivelor de disipare de energie trebuie să asigure clădirii rezistență și rigiditate la torsiune.

11.3.3.3 Acțiunea seismică

(472) Se aplică prevederile [11.2.4.7](#).

(473) Componente flexibile ale dispozitivelor de disipare a energiei, care le conectează cu structura principală, se includ în model.

11.3.4 Calculul structurii

11.3.4.1 Generalități

(474) Se aplică prevederile [11.2.5.1](#) paragraful [\(417\)](#) și [\(421\)](#).

(475) Modelarea sistemului structural se realizează în acord cu prevederile [4.5.1.2](#).

11.3.4.2 Calculul dinamic

(476) Se aplică prevederile capitolului [4](#) și prevederile specifice de la [11.2.5.4 \(441\)](#), [\(443\)](#) și [\(444\)](#).

11.3.5 Verificarea la stări limită

11.3.5.1 Generalități

(477) Elemente structurale comune sistemului structural principal și sistemului de disipare de energie se consideră componente structurale principale.

(478) Se aplică [11.2.6.1](#), [\(445\)](#).

11.3.5.2 Verificări la starea limită ultimă

(479) Componentele structurale principale se verifică conform prevederilor capitolului 4.

(480) La structurile echipate cu dispozitive de disipare de energie dependente de viteză, verificările se realizează pentru nivelul de deplasare maximă, viteză maximă și accelerație maximă.

(481) La structurile echipate cu dispozitive de disipare de energie dependente de deplasări, verificările se realizează pentru nivelul de deplasare maximă.

(482) Toate componentele sistemului de disipare de energie se verifică în acord cu prevederile specifice din această reglementare tehnică. Verificările se efectuează în termeni de:

(eeeeeeeeeeeeeeee) forțe, pentru dispozitive de disipare de energie dependente de viteză;

(ffffffffffffffff) deplasări, pentru dispozitive de disipare de energie dependente de deplasări;

(gggggggggggggggggggg) forțe, pentru toate celelalte componente ale sistemelor de disipare de energie.

11.3.5.3 Verificări la starea limită de serviciu

(483) La starea limită de serviciu se aplică prevederile [4.3.2](#).