

Cod de proiectare pentru structuri în cadre din beton armat

Indicativ NP 007/2025

Beneficiar:

**Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și
Administrației**

Martie 2024

Cod de proiectare pentru structuri în cadre din beton armat

Indicativ NP 007/2025

Redactarea I

Revizuire parțială

Contract nr. M.D.L.P.A 75/2023
Beneficiar: Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și
Administrației

Rector: Prof. univ. dr. ing. Radu Văcăreanu
Manager de contract: Conf. dr. ing. Viorel Popa

Martie 2024

Acest document constituie o primă redactare a proiectului de reglementare tehnică NP 007, avizată în Comitetele tehnice de specialitate ale autorității contractante.

Pentru elaborarea redactării a II-a, lucrarea va fi revizuită ca urmare a observațiilor făcute de către factorii interesați în domeniul de reglementare, în cadrul procesului de anchetă publică, pe care elaboratorul și le însușește. Redactarea a II-a avizată de către Comitetele tehnice de specialitate ale MDLPA va fi supusă, dacă este cazul, 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	3
1.1. <i>Obiect și domeniu de aplicare</i>	3
1.2. <i>Structura reglementării tehnice</i>	3
1.3. <i>Definiții</i>	4
1.4. <i>Unități de măsură</i>	6
1.5. <i>Simboluri</i>	6
1.6. <i>Documente normative de referință</i>	8
2. Cerințe fundamentale	9
3. Proiectarea seismică	10
3.1. <i>Generalități</i>	10
3.1.1. Componente ale clădirilor	10
3.1.2. Clase de ductilitate	11
3.2. <i>Criterii privind alcătuirea structurilor</i>	11
3.2.1. Configurația structurii principale	11
3.2.2. Regularitatea structurii	12
3.2.2.1. Regularitatea în plan orizontal	13
3.2.2.2. Regularitatea în plan vertical	13
3.2.3. Rigiditatea la torsiune de ansamblu	13
3.2.4. Redundanța structurală	13
3.2.5. Distanțe între clădiri	13
3.2.6. Diafragme orizontale	13
3.2.7. Secțiunea de încastrare convențională	14
3.2.8. Mecanismul plastic optim	16
3.2.9. Componente structurale secundare	18
3.2.10. Componente nestructurale	19
3.3. <i>Criterii de performanță seismică pentru structura principală</i>	19
3.3.1. Starea limită ultimă	19
3.3.1.1. Rezistență	19
3.3.1.2. Limitarea deplasărilor relative de nivel	23
3.3.1.3. Limitarea deformațiilor componentelor structurale principale	25
3.3.1.4. Stabilitate	26
3.3.2. Starea limită de serviciu: limitarea deplasărilor relative de nivel	27
3.4. <i>Calculul structurii</i>	28
3.4.1. Metode de calcul	28
3.4.2. Modelarea pentru calcul	29
3.4.2.1. Calcul static liniar	29
3.4.2.2. Calcul static neliniar	30
4. Valori de proiectare ale eforturilor	32
4.1. <i>Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM</i>	32
4.1.1. Grinzi	32
4.1.1.1. Momente încovoietoare	32
4.1.1.2. Forțe tăietoare	33
4.1.2. Stâlpi.	35
4.1.2.1. Forțe axiale	35
4.1.2.2. Momente încovoietoare	36
4.1.2.3. Forțe tăietoare	36

4.1.3. Noduri	40
4.1.4. Diafragme	41
4.1.5. Infrastructuri și fundații	41
4.1.6. Redistribuirea eforturilor	41
4.1.7. Metoda de calcul static neliniar	42
4.2. Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL	42
5. Capacitate de rezistență	44
5.1. Grinzi	44
5.1.1. Moment încovoietor	44
5.1.1.2. Forță tăietoare	45
5.1.2. Stâlpi	45
5.1.2.1. Moment încovoietor și forță axială	45
5.1.2.2. Forță tăietoare	45
5.1.3. Noduri grindă-stâlp	46
6. Alcătuire și armare	49
6.1. Calitatea materialelor	49
6.1.1. Beton	49
6.1.2. Oțel	49
6.2. Secțiunea de beton	50
6.2.1. Grinzi	50
6.2.2. Stâlpi	51
6.2.3. Noduri grindă-stâlp	53
6.2.4. Diafragme	53
6.2.5. Infrastructuri și fundații	53
6.3. Armarea	54
6.3.1. Grinzi	54
6.3.1.2. Armarea longitudinală	54
6.3.1.3. Armarea transversală	55
6.3.2. Stâlpi	56
6.3.2.2. Armarea longitudinală	57
6.3.2.3. Armarea transversală	58
6.3.3. Noduri grindă-stâlp	60
6.3.4. Ancorarea și înnădirea armăturilor	62
6.3.5. Infrastructuri și fundații	66
6.3.5.1. Fundații	66
6.3.5.2. Pereți de subsol	67
6.3.5.3. Planșeele din infrastructură	67
6.3.6. Alte prevederi	67
7. Structuri prefabricate	68

1. Generalități

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

- (1) Această reglementare tehnică cuprinde prevederi referitoare la proiectarea clădirilor cu structura în cadre de beton armat, specifice cerinței de calitate „rezistență, mecanică și stabilitate”, stabilită prin Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare.
- (2) Prevederile acestei reglementări tehnice se aplică la proiectarea structurilor în cadre de beton armat pentru clădiri noi.
- (3) Prevederile acestei reglementări tehnice se aplică și la proiectarea lucrărilor de intervenție asupra construcțiilor existente, efectuate pentru reducerea susceptibilității de avariere la diferite tipuri de acțiuni, care includ utilizarea cadrelor de beton armat.
- (4) Regulile de proiectare date în această reglementare tehnică se aplică la proiectarea grinzilor, stâlpilor, nodurilor grindă-stâlp, infrastructurilor și planșeelor cu rol de diafragmă orizontală din componența structurilor în cadre de beton, care nu sunt echipate cu dispozitive seismice, în sensul prevăzut de reglementarea tehnică P 100-1.
- (5) Prevederile acestei reglementări tehnice pot fi aplicate în cazul clădirilor monument istoric numai dacă acestea nu contravin conceptelor, abordărilor și procedurilor cuprinse în documentele normative specifice acestei categorii de clădiri.
- (6) Cerințele de calitate minime pentru construcții stabilite prin această reglementare tehnică se asigură pe întreaga durată de existență a clădirii.
- (7) Prevederile acestei reglementări tehnice au caracter minimal. Proiectantul poate decide realizarea unui nivel de calitate superior cerințelor minime impuse prin această reglementare tehnică.
- (8) Prevederile acestei reglementări tehnice se adresează specialiștilor cu activitate în construcții (experți tehnici, verificatori de proiecte, diriginți de șantier, responsabili tehnici cu execuția, auditori energetici pentru clădiri, arhitecți, urbanisti, ingineri), beneficiarilor, investitorilor sau proprietarilor construcțiilor, consultanților, autorităților locale și autorităților de control în construcții.
- (9) 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 clădirile și produsele pentru construcții utilizate.
- (10) Această reglementare tehnică se utilizează împreună cu celelalte reglementări tehnice în construcții.

1.2. Structura reglementării tehnice

- (1) Această reglementare tehnică cuprinde cerințe fundamentale, cerințe de performanță și cerințe prescriptive pentru proiectarea structurilor în cadre de beton.
- (2) Structurile realizate în acord cu această reglementare tehnică îndeplinesc toate prevederile din capitolele acesteia. Cerințele pe care structurile trebuie să le îndeplinească sunt redactate la timpul prezent.
- (3) Prin excepție de la (2), 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 inginerească diferită, cu respectarea tuturor celorlalte prevederi cu caracter obligatoriu.

(4) În interpretarea prevederilor, utilizarea conjuncției „și” indică faptul că toate condițiile, cerințele, articolele, obiectele sau evenimentele se aplică. 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.

(5) 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.

(6) Structura reglementării tehnice NP 007 este următoarea:

1. Generalități
2. Cerințe fundamentale
3. Proiectarea seismică
4. Valori de proiectare ale eforturilor
5. Capacitate de rezistență
6. Capacitate de deformare
7. Alcătuire și armare
8. Structuri prefabricate

(7) Capitolele 1-8 au caracter normativ.

1.3. Definiții

(1) Definițiile termenilor specifici structurilor în cadre de beton armat, utilizați în această reglementare tehnică, sunt:

Cadru: ansamblu 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.

Clădire: construcție supraterană și, după caz, subterană, având încăperi care servesc la adăpostirea oamenilor, materialelor 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, cu 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.

Diafragma orizontală: element structural care asigură angajarea solidară, coordonată, a elementelor verticale în preluarea forțelor seismice orizontale.

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.

Grindă: componentă structurală din beton armat, solicitată 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.

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

Nod: zona de legătura dintre stâlpi și grinzi, inclusă între secțiunile transversale de la capetele acestor elemente.

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

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.

Sistem structural tip cadru: sistem structural la care încărcările verticale cât și cele orizontale sunt preluate în principal de cadre spațiale, contribuția stâlpilor la preluarea forței tăietoare la nivelul cotei de încastrare convențională depășind 65% din forța tăietoare de bază.

Stâlp: componentă structurală verticală sau aproximativ verticală cu raportul dimensiunilor laturilor secțiunii transversale $h_c/b_c < 4$ care susține încărcări gravitaționale preponderent prin compresiune axială, la care efortul axial de compresiune mediu normalizat, v_d , este mai mare decât 0,10.

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. Unități de măsură

- (1) Se utilizează unitățile din Sistemul Internațional.
- (2) Pentru calcule sunt recomandate următoarele unități de măsură:
 - dimensiuni, distanțe: m, mm;
 - eforturi și încărcări: 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.

1.5. Simboluri

- (1) Se utilizează următoarele simboluri:
 - b_0 lățimea carcasei zonei de capăt măsurată între axele armăturilor longitudinale, la extremitatea secțiunii transversale (lățimea miezului de beton confinat)
 - b_w lățimea inimii unei grinzi
 - c factor de amplificare a valorilor deplasărilor
 - d înălțimea utilă a secțiunii elementului
 - d_{bL} diametrul armăturilor longitudinale
 - d_{bw} diametrul etrierilor sau al fretei
 - $d_{Ed,r}^{SLS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel în direcție orizontală la starea limită de serviciu
 - $d_{Rd,r}^{SLS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de serviciu
 - $d_{Ed,r}^{ULS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative orizontale la starea limită ultimă
 - $d_{Rd,r}^{ULS}$ valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel admisă pentru verificări la starea limită de ultimă
 - d_y valoarea convențională a deplasării de curgere
 - d_V deplasarea la nivelul punctului de inflexiune măsurată în raport cu capătul considerat al elementului
 - f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune a betonului
 - f_{ck} valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului
 - f_{ctd} valoarea de proiectare a rezistenței la întindere a betonului

f_{ctm}	valoarea medie a rezistenței la întindere a betonului
f_{yd}	valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului
f_{yk}	valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului
g	acelerația gravitațională
h	înălțimea secțiunii transversale a unei grinzi
h_f	grosimea plăcii
h_w	înălțimea secțiunii transversale a unei grinzi
h_s	înălțimea liberă a unui etaj
l_{bd}	lungimea de ancorare
l_{cl}	lungimea (deschiderea) liberă
s	distanța între armăturile transversale
A_c	aria secțiunii brute de beton
E_c	valoarea modulului de elasticitate al betonului
E_d	valoarea de proiectare a efortului în combinația seismică de proiectare, ținând seama și de efectele de ordinul 2, atunci când acestea sunt semnificative
E_{Fd}	valoarea de proiectare a efortului secțional
$E_{F,E}$	efortul secțional rezultat din calculul la acțiunea seismică de proiectare
$E_{F,G}$	efortul secțional produs de alte acțiuni decât acțiunea seismică care sunt incluse în combinația seismică de proiectare
F_b	valoarea convențională a forței seismice de proiectare
F_u	valoarea convențională a forței orizontale ultime
F_y	valoarea convențională a forței de curgere
L_V	distanța de la baza zonei critice a stâlpului la punctul de inflexiune al deformatiei (punctul de moment nul)
M_{Ed}	valoarea de proiectare a momentului încovoietor
M'_{Ed}	momentele încovoietoare rezultate din calculul structural în combinația seismică de proiectare
M_{Rd}	valoarea de proiectare a capacității de rezistență la moment încovoietor
$M_{Rd,b}$	valoarea momentului capabil în grindă
N_{Ed}	valoarea de proiectare a forței axiale în combinația seismică de încărcări
R_d	valoarea corespunzătoare a efortului capabil, calculată cu valorile de proiectare ale rezistențelor materialelor, pe baza modelelor mecanice specifice tipului de element structural
V_{Ed}	valoarea de proiectare a forței tăietoare
$V_{Ed,b}$	forța tăietoare dintr-o grindă, asociată atingerii capacității de rezistență la încovoiere a acesteia
V_{Rd}	valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare

- $V_{Rd,max}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare care corespunde capacității de rezistență la compresiune diagonală
- $V_{Rd,s}$ valoarea de proiectare a forței tăietoare care corespunde capacității de rezistență a armăturilor transversale (orizontale) la întindere/valoarea de proiectare a forței tăietoare care corespunde capacității de rezistență la lunecare în rosturi orizontale pre-fisurate
- V'_{Ed} valoarea forței tăietoare rezultată din calculul structural în combinația seismică de proiectare
- $V'_{Ed,b}$ forța tăietoare din grindă rezultată din calcul structural sub încărcările seismice de proiectare
- γ_{Rd} factor ce ține seama de efectul incertitudinilor legate de model în ceea ce privește valorile de proiectare ale eforturilor capabile utilizate la estimarea eforturilor de calcul, în acord cu principiul proiectării capacității de rezistență; ține seama de diferitele surse de supra-rezistență
- v_d efortul axial mediu normalizat în stâlp
- ρ coeficientul de armare
- ω_l coeficient mecanic de armare longitudinală

1.6. Documente normative de referință

- (1) 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.	Se actualizează la redactarea a II-a.

Tabelul 1.2 Standarde române de referință:

Nr. crt.	Standard	Denumire
1.	Se actualizează la redactarea a II-a.	

- (2) 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.

- (3) 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.

- (4) 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

- (1) Această reglementare tehnică conține prevederi pentru proiectarea structurilor în cadre de beton armat în vederea îndeplinirii cerinței fundamentale „rezistență mecanică și stabilitate”.
- (2) Pentru îndeplinirea cerinței fundamentale „rezistență mecanică și stabilitate” se aplică reglementările tehnice specifice împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.
- (3) Structurile în cadre de beton armat se proiectează astfel încât să preia toate acțiunile din timpul execuției și exploataării, pentru stări limită ultime și stări limită de serviciu, în acord cu prevederile codului de proiectare CR 0.
- (4) Greutățile specifice ale materialelor de construcție și ale materialelor depozitate, greutatea proprii ale elementelor de construcție și încărcările utile pentru clădiri se stabilesc conform SR EN 1991-1-1.
- (5) Încărcările din zăpadă se stabilesc conform prevederilor codului de proiectare CR 1-1-3.
- (6) Încărcările din vânt se stabilesc conform prevederilor codului de proiectare CR 1-1-4.
- (7) Proiectarea structurilor de beton armat la efectele acțiunilor gravitaționale și acțiunii vântului se realizează în acord cu prevederile SR EN 1992-1-1.
- (8) Proiectarea la acțiunea seismică a componentelor structurale se realizează conform prevederilor din reglementarea tehnică P 100-1 și din reglementarea tehnică NP 007. Proiectarea la acțiunea seismică a componentelor structurale se realizează conform prevederilor din reglementarea tehnică P 100-1.
- (9) La proiectarea infrastructurilor și fundațiilor se aplică prevederile reglementărilor tehnice NP 112 și P 100-1 împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.
- (10) Cerințele fundamentale pentru proiectarea seismică a clădirilor cu structura în cadre de beton și stările limită asociate sunt cele definite în codul de proiectare P 100-1.
- (11) Acțiunea seismică de proiectare se determină conform prevederilor reglementării tehnice P100-1.
- (12) Pentru îndeplinirea cerințelor fundamentale ale proiectării seismice a clădirilor în cadre de beton armat se îndeplinesc cerințele specifice de calitate, conform prevederilor capitolelor [3](#) - [7](#).

3. Proiectarea seismică

3.1. Generalități

(1) Criteriile de performanță seismică pentru clădiri cu structura în cadre de beton se stabilesc conform prevederilor P100-1, împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.

3.1.1. Componente ale clădirilor

(1) Componentele structurale principale ale unei structuri în cadre de beton sunt:

(a) grinzile, stâlpii și nodurile grindă-stâlp precum și plăcile diafragmelor orizontale, care alcătuiesc suprastructura, fiind situate deasupra secțiunii de încastrare convențională;

(b) grinzile, stâlpii, nodurile grindă-stâlp, pereții și fundațiile de beton, care alcătuiesc infrastructura, fiind situate dedesubtul secțiunii de încastrare convențională.

(2) Componentele structurale secundare ale unei structuri în cadre de beton pot fi plăci, stâlpi, grinzi și noduri grindă-stâlp sau alte tipuri de componente structurale care au rolul de a transmite la teren alte încărcări decât cea seismică, nefiind parte a structurii principale.

(3) Ținând seama de rigiditatea mică la acțiuni orizontale a structurilor în cadre, care poate fi modificată substanțial prin interacțiunea cu componentele structurale secundare, se recomandă ca numărul componentelor secundare să fie mic. La structuri în cadre, componentele structurale secundare se utilizează în principal sub forma de grinzi secundare, cu rezemare de ordinul al II-lea, având rolul de a reduce deschiderile plăcilor pentru asigurarea rigidității și rezistenței sub acțiuni gravitaționale.

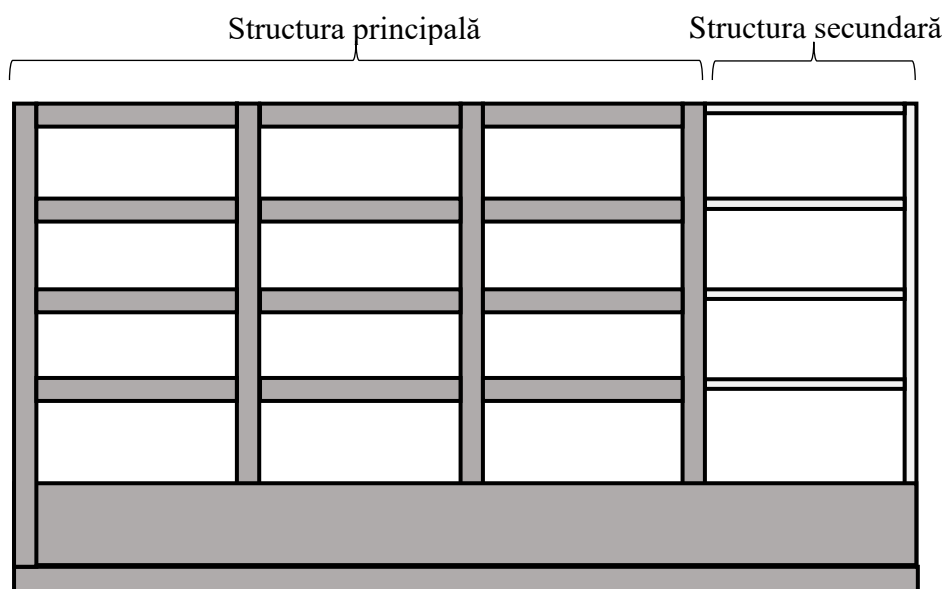


Figura 3.1 Reprezentare exemplificativă privind distribuția componentelor structurale principale și secundare.

3.1.2. Clase de ductilitate

- (1) La stabilirea clasei de ductilitate se aplică prevederile din codul de proiectare P 100-1 împreună cu prevederile suplimentare prezentate în acest paragraf.
- (2) Clădirile cu structura în cadre de beton armat se pot proiecta pentru oricare dintre clasele de ductilitate prevăzute de reglementarea tehnică P 100-1, conform prevederilor specifice.
- (3) Ținând seama de proporțiile geometrice ale stâlpilor și grinzilor și de starea predominantă de solicitare din încovoiere, cu sau fără forță axială, structurile în cadre de beton au o capacitate mare de deformare plastică și de disipare a energiei seismice.
- (4) Se recomandă proiectarea clădirilor cu structura în cadre de beton pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, indiferent de amplasament.

3.2. Criterii privind alcătuirea structurilor

3.2.1. Configurația structurii principale

- (1) La stabilirea configurației structurii se aplică prevederile din codul de proiectare P 100-1 împreună cu prevederile suplimentare prezentate în acest paragraf.
- (2) Sistemele structurale de tip cadru pot fi utilizate în alcătuire:
 - (a) plană, în care numai pe o direcție principală a clădirii se utilizează sistemul structural de tip cadru,
sau
 - (b) spațială, în care pe ambele direcții principale ale clădirii se utilizează sistemul structural tip cadru.
- (3) La clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH cu sistem structural de tip cadru spațial, planurile verticale ale cadrelor se dispun paralel cu două direcții orizontale ortogonale principale.
- (4) La clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM cu sistem structural de tip cadru spațial, se recomandă ca planurile verticale ale cadrelor să fie paralele cu două direcții orizontale ortogonale principale.
- (5) La clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, așezarea în plan orizontal a stâlpilor proiectați ca componente structurale principale este aceeași la toate nivelurile astfel încât aceștia se suprapun pe verticală.
- (6) În cazul structurilor în cadre proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, grinzile proiectate ca componente structurale principale reazemă direct pe stâlpi. Rezemarea grinzilor proiectate ca componente structurale principale pe grinzi sau console, la unul sau ambele capete nu este permisă.
- (7) În cazul structurilor în cadre proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se recomandă să se evite rezemarea unor stâlpi, proiectați ca componente structurale secundare, pe grinzile de cadru care constituie componente structurale principale. Dacă nu poate fi evitată, această rezemare se va realiza în afara zonelor critice ale grinzilor și la o distanță mai mare sau egală cu $1,50h_w$ de capetele acesteia, unde h_w este înălțimea secțiunii transversale a grinzii.

(8) Nu este permisă realizarea de clădiri la care, pe una sau pe ambele direcții principale, structura este realizată numai din stâlpi și plăci, fără grinzi. La proiectare, nu se poate considera că placa de beton a planșeului substituie grinziile cadrelor.

(9) La clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH cu sistem structural de tip cadru spațial, stâlpii cadrelor de beton se dispun în șiruri drepte, orientate după direcțiile ortogonale principale. Grinzile de cadru se dispun paralel cu direcțiile ortogonale principale. Grinzile conectează toate capetele stâlpilor de la fiecare nivel, pe fiecare direcție principală. În zonele de intersecție ale cadrelor perimetrice de pe cele două direcții se dispun stâlpi.

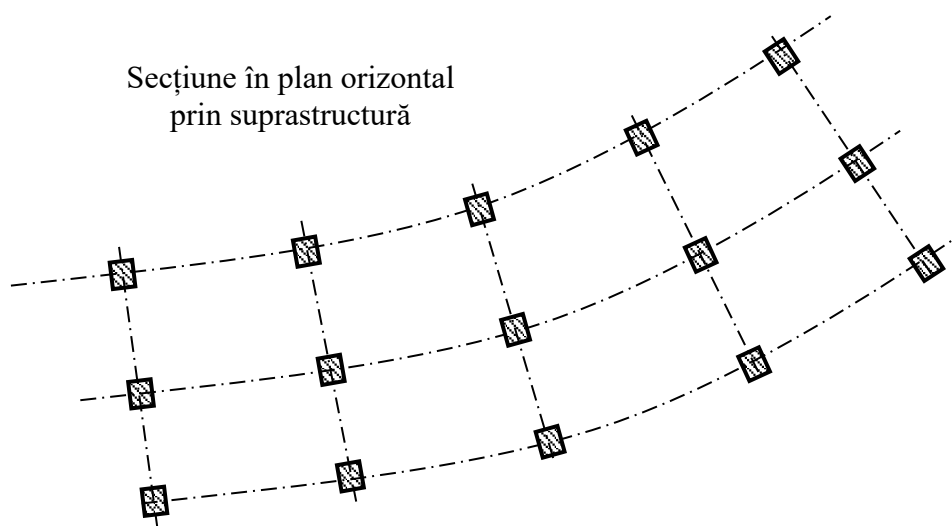


Figura 3.2 Reprezentare exemplificativă privind neîncadrarea în prevederile de la [\(9\)](#)

(10) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, cu sistem structural de tip cadru plan, în care cadrele sunt așezate paralel cu numai una dintre direcțiile principale ortogonale, pe direcția perpendiculară pot fi utilizate următoarele tipuri de sisteme structurale;

- (a) sistem structural de tip pereți, cu pereți izolați;
- (b) sistem structural de tip pereți, cu pereți cuplați;
- (c) sistem structural de tip dual cu pereți predominanți;
- (d) sistem structural de tip dual cu cadre predominante;
- (e) sistem structural cu stâlpi în consolă.

(11) În aplicarea prevederilor de la [\(10\)](#), în cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH, pereții se realizează astfel încât pentru toți pereții raportul dintre înălțimea pereților și lungimea inimii acestora să fie mai mare sau egal cu 3,0.

(12) Se recomandă utilizarea grinzilor cu forma dreptunghiulară a secțiunii transversale a inimii.

(13) Se recomandă utilizarea stâlpilor cu secțiunii transversale de formă dreptunghiulară sau circulară.

3.2.2. Regularitatea structurii

3.2.2.1. Regularitatea în plan orizontal

- (1) Regularitatea clădirilor în plan orizontal se stabilește conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1, împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.
- (2) Clădirile cu sistem structural de tip cadru spațial la care nu sunt dispuși stâlpi la toate intersecțiile cadrelor perimetrice de la colțurile clădirii, comuni pentru fiecare pereche de cadre, sunt neregulate în plan orizontal.
- (3) În cazul sistemului structural tip cadru spațial se recomandă ca rigiditățile de nivel ale structurii, pe fiecare direcție ortogonală principală, să fie cât mai apropiate ca valoare.

3.2.2.2. Regularitatea în plan vertical

- (1) Regularitatea clădirilor în plan vertical se stabilește conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1, împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.
- (2) În completarea prevederilor din reglementarea tehnică P 100-1, sunt considerate neregulate în plan vertical următoarele tipuri de clădiri cu structura în cadre de beton:
 - (a) clădirile 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 parcări;
 - (b) clădirile care au stâlpi întrerupți și rezemați pe grinzi.

3.2.3. Rigiditatea la torsiune de ansamblu

- (1) Se aplică prevederile din reglementarea tehnică P 100-1.

3.2.4. Redundanța structurală

- (1) Se aplică prevederile din reglementarea tehnică P 100-1.

3.2.5. Distanțe între clădiri

- (1) Se aplică prevederile din reglementarea tehnică P 100-1.
- (2) În cazul structurilor în cadre de beton, care au planșee situate la cote diferite, ciocnirile dintre clădiri și/sau tronsoane de clădire pot determina ruperea stâlpilor din cauza forței tăietoare care crește ca urmare a încărcării stâlpilor cu forțele de reacțiune. Prevenirea acestui mod de cedare se face prin asigurarea distanței minime dintre clădiri și/sau tronsoane, conform prevederilor P 100-1. Compensarea deficitului de distanță dintre clădiri și/sau tronsoane prin creșterea capacității de rezistență la forță tăietoare a stâlpilor nu este permisă.

3.2.6. Diafragme orizontale

- (1) Modul de considerare a rigidității diafragmelor în răspunsul de ansamblu al structurilor în cadre de beton la acțiuni seismice se face conform prevederilor reglementării tehnice P100-1.
- (2) Se recomandă ca planșeele să se realizeze cu plăci executate în sistem monolit sau mixt, dale prefabricate cu strat de beton monolit.

(3) În cazul planșelor realizate din plăci prefabricate, fără suprabetonare, se iau măsuri care să asigure integritatea rezemării și stabilitatea plăcilor în cazul alungirii grinzilor ca urmare a acumulării deformațiilor plastice din încovoiere. Se dispun sisteme mecanice de conectare a plăcilor de grinzile de reazem care se dimensionează la capacitatea de întindere a plăcii în planul său. Rezemarea plăcilor prefabricate pe grinzi, fără conectare prin sisteme mecanice, nu este permisă.

(4) Se recomandă ca, la fiecare nivel, planșul să fie realizat cu continuitate astfel încât placa să fie continuă în plan orizontal, la aceeași cotă.

(5) La structuri în cadre de beton, se recomandă ca prin configurarea structurii, încărcările verticale aplicate pe plăcile planșelor să fie transmise pe două direcții către grinzile de cadru, în proporții apropiate.

(6) Golurile din planșee se dispun astfel încât, coroborat cu măsurile de alcătuire a planșelor, să nu afecteze comportarea de diafragmă orizontală rigidă și rezistentă.

3.2.7. Secțiunea de încastrare convențională

(1) Poziția secțiunii de încastrare convențională se stabilește conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1, împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.

(2) În cazul structurilor în cadre, se recomandă ca secțiunea de încastrare convențională să se stabilească astfel:

(a) în cazul clădirilor fără niveluri subterane, la care fundațiile se dezvoltă imediat sub pardoseala de cotă 0,00, secțiunea de încastrare convențională se consideră la nivelul acestei pardoseli;

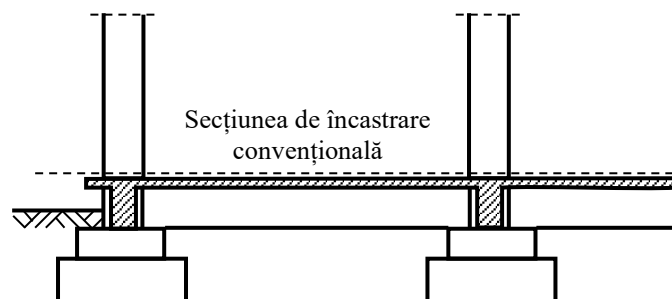


Figura 3.3 Reprezentare exemplificativă privind poziționarea secțiunii de încastrare convențională la clădiri fără niveluri subterane, la care fundațiile se dezvoltă imediat sub pardoseala de cotă 0,00

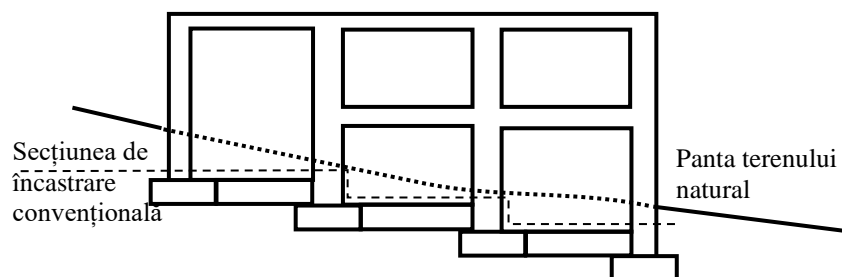


Figura 3.4 Reprezentare exemplificativă privind poziționarea secțiunii de încastrare convențională pentru o clădire în cadre de beton armat amplasată pe teren în pantă, cu cota de fundare variabilă

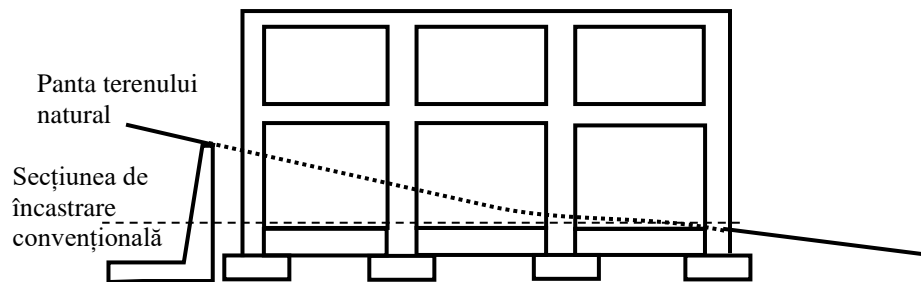


Figura 3.5 Reprezentare exemplificativă privind poziționarea secțiunii de încastrare convențională pentru o clădire în cadre de beton armat amplasată pe teren în pantă, cu cotă unică de fundare

(b) în cazul clădirilor fără niveluri subterane, la care fundațiile se dezvoltă distanțat de fața inferioară a pardoselii de cotă 0,00, secțiunea de încastrare convenționale se consideră la nivelul superior al sistemului de fundare;

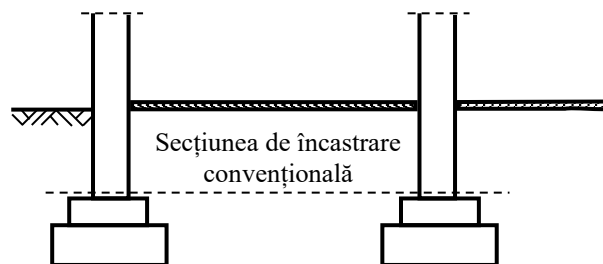


Figura 3.6 Reprezentare exemplificativă privind poziționarea secțiunii de încastrare convențională la clădiri fără niveluri subterane, la care fundațiile se dezvoltă distanțat de fața inferioară a pardoselii de cotă 0,00

(c) în cazul clădirilor cu subsol, secțiunea de încastrare convențională se poate considera poziționată la partea superioară a subsolului, dacă acesta este realizat minimal cu pereți de beton armat perimetrali, continui.

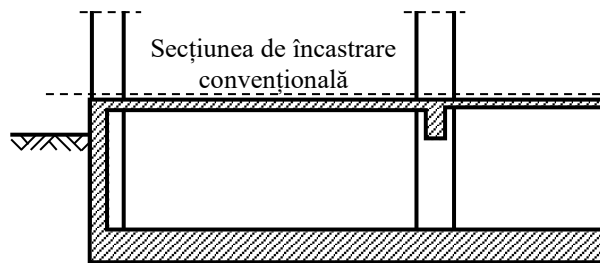


Figura 3.7 Reprezentare exemplificativă privind poziționarea secțiunii de încastrare convențională la clădiri cu subsol, cu perete perimetral de beton continuu

3.2.8. Mecanismul plastic optim

(1) Mecanismul plastic optim se stabilește conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1, împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.

(2) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCM sau DCH structurile se proiectează astfel încât să poată dezvolta un mecanism plastic optim sub acțiunea seismică orizontală, conform prevederilor din P 100-1.

(3) Mecanismul plastic optim în cazul structurilor în cadre de beton, având capacitate optimă de disipare a energiei indusă de acțiunea seismică orizontală, are următoarele caracteristici:

(a) deformațiile plastice sunt produse din încovoierea elementelor structurale, la baza stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, și la capetele tuturor grinzilor, în fiecare deschidere;

(b) deformațiile plastice ale elementelor structurale sunt moderate și distribuite uniform în ansamblul structurii principale;

(c) elementele structurale au capacitate de deformare plastică suficientă în raport cu deformațiile plastice așteptate la incidența cutremurului de proiectare, corespunzător stării limită ultime, în condițiile unei comportări histeretice stabile;

(d) deformațiile plastice sunt reversibile;

(e) elementele structurale sunt alcătuite astfel încât se evită orice tip de rupere fragilă.

(4) Capacitățile de rezistență la încovoiere la grinzilor și stâlpilor se ierarhizează astfel încât să se mobilizeze un număr maxim posibil de zone plastice în grinzi, sub acțiunea forțelor seismice orizontale, până la formarea mecanismului plastic de ansamblu.

(5) Starea deformații specifice corespunzătoare deformării plastice din încovoiere a grinzilor și stâlpilor este caracterizată prin:

(a) deformația specifică a armăturilor longitudinale întinse îndeplinește condiția:

$$\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s < \varepsilon_{su} \quad (3.1)$$

(b) deformația specifică de compresiune în beton îndeplinește condiția:

$$\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \quad (3.2)$$

unde

ε_c deformația specifică a betonului comprimat;

ε_{cu} deformația specifică ultimă a betonului la compresiune;

ε_s deformația specifică a armăturilor longitudinale întinse;

ε_{sy} deformația specifică de curgere a oțelului;

ε_{su} deformația specifică ultimă a oțelului.

Fisurarea betonului ca urmare a eforturilor de întindere este permisă în acest stadiu de comportare.

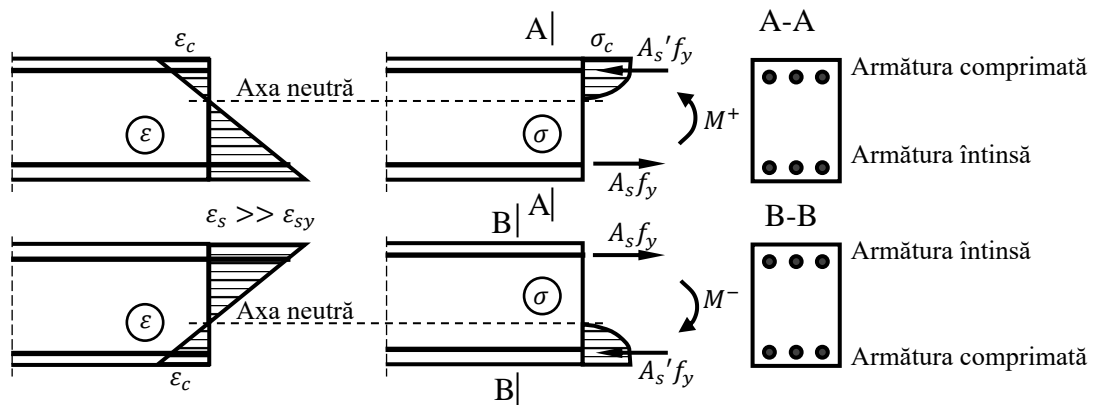


Figura 3.8 Reprezentare exemplificativă: starea de eforturi unitare și de deformații specifice pe secțiune corespunzătoare curgerii din încovoiere

(6) Starea deformații specifice corespunzătoare deformării elastice din încovoiere a grinzilor și stâlpilor este caracterizată prin:

(a) deformația specifică a armăturilor longitudinale întinse îndeplinește condiția:

$$\epsilon_s < \epsilon_{sy} \quad (3.3)$$

unde:

ϵ_s deformația specifică a armăturilor longitudinale întinse;

ϵ_{sy} deformația specifică de curgere a oțelului;

(b) deformația specifică de compresiune în beton îndeplinește condiția (3.2).

Fisurarea betonului ca urmare a eforturilor de întindere este permisă în acest stadiu de comportare.

(7) Pentru cele două sensuri de acțiune seismică pe o anumită direcție orizontală, zonele plastice se dirijează în aceleași poziții pentru a se asigura reversibilitatea deformațiilor plastice din întindere ale armăturilor longitudinale.

(8) Dirijarea pozițiilor zonelor plastice pe deschiderea unei grinzi sau pe înălțimea liberă a unui stâlp se face prin controlul capacităților de rezistență la încovoiere în raport cu valorile eforturilor rezultate din calculul structural sub acțiunea seismică de proiectare. În acest sens, armarea longitudinală poate fi suplimentată local, pentru creșterea capacității de rezistență la încovoiere, cu condiția ca acestea să nu pătrundă în zonele critice ale grinzilor și/sau stâlpilor.

(9) În cazul grinzilor la care, prin situația particulară de alcătuire și încărcare, nu se pot dirija zonele plastice către capete, se admite formarea zonelor plastice la distanță față de capetele grinzii, dacă rotirea corespunzătoare deplasării așteptate la starea limită ultimă în aceste zone plastice este mai mică sau egală cu 0,01 radiani.

(10) Prin excepție de la (3), la structurile cu un singur nivel, în situația în care prin situația particulară de alcătuire și încărcare a cadrului nu se poate dirija articulația plastică către capătul uneia sau mai multor grinzi, se admite formarea articulațiilor plastice la ambele capetele ale stâlpilor de reazem corespunzători.

(11) Prin excepție de la (3), la ultimul nivel al structurilor multietajate, dacă prin situația particulară de alcătuire și încărcare a cadrului nu se poate dirija articulația plastică către capătul uneia sau mai multor grinzi, se admite formarea articulațiilor plastice la capetele de sus ale stâlpilor de reazem corespunzători.

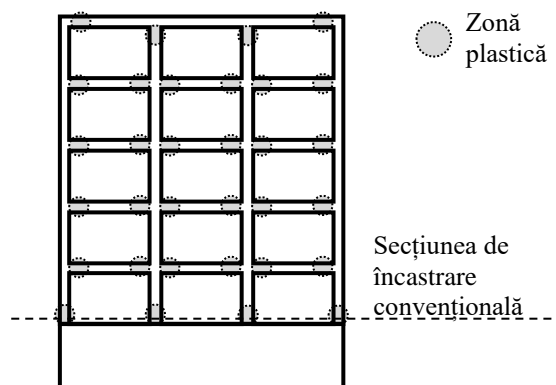


Figura 3.9 Reprezentare exemplificativă a unui mecanism plastic optim: poziționarea zonelor plastice pentru o structură în cadre multietajată

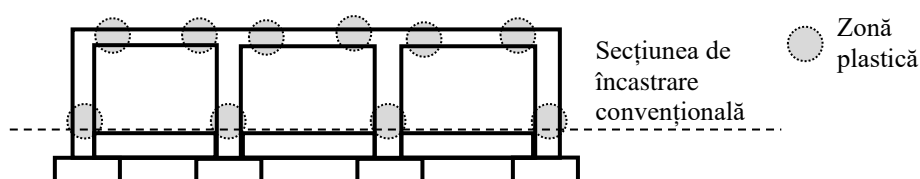


Figura 3.10 Reprezentare exemplificativă a unui mecanism plastic optim: poziționarea zonelor plastice pentru o structură în cadre cu un singur nivel, cu deschideri mici

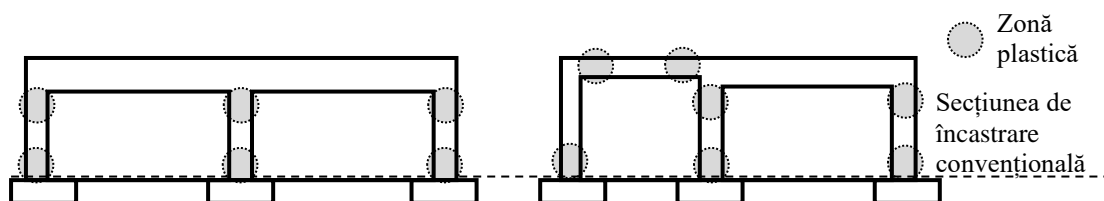


Figura 3.11 Reprezentare exemplificativă a unui mecanism plastic optim: poziționarea zonelor plastice pentru o structură în cadre cu un singur nivel, cu deschideri mari

(12) Nodurile grindă-stâlp ale cadrului se realizează astfel încât să răspundă exclusiv în domeniul elastic sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime.

(13) Planșeele se realizează astfel încât să se comporte exclusiv elastic la încărcări paralele cu planul median al acestora sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime.

(14) Infrastructura și fundațiile se proiectează pentru răspuns exclusiv elastic la acțiunea cutremurului de proiectare asociat stării limită ultime.

3.2.9. Componente structurale secundare

(1) Componentele structurale secundare se reazemă pe stâlpi sau grinzi.

(2) În cazul în care grinzile secundare reazemă pe stâlpii principali, pe înălțimea liberă a acestora, zona de intersecție se situează în afara zonelor critice ale stâlpilor de pe cele două direcții orizontale.

(3) În cazul în care grinzile secundare reazemă pe grinzi principale, aria de intersecție dintre acestea se situează în afara zonelor critice ale grinzii principale și la

o distanță mai mare de $1,50h_w$ față de capetele acestora, unde h_w reprezintă înălțimea secțiunii transversale a grinzii principale.

(4) În cazul în care din stâlpii principali se dezvoltă console, aria de intersecție dintre aceste elemente este situată în afara zonelor critice ale stâlpilor de pe cele două direcții orizontale.

(5) La clădiri etajate proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, componentele structurale secundare ale scărilor se realizează astfel încât nu reduc înălțimea liberă a stâlpilor principali și nu constituie reazeme orizontale pentru aceștia la incidența cutremurului de proiectare, corespunzător stării limită ultime.

(6) La clădiri etajate proiectate pentru clasa de ductilitate DCM, se poate permite interacțiunea dintre componentele structurale secundare ale scărilor și stâlpii principali, pe înălțimea liberă unui nivel, dacă:

(a) valorile de proiectare ale forțelor tăietoare din stâlpul principal sunt calculate considerând potențialul reazem orizontal constituit de componentele structurale secundare ale scărilor prin reducerea înălțimii libere a stâlpului;

(b) pe întreaga înălțime liberă a stâlpului de la fiecare nivel unde se produce interacțiunea modul de dispunere a armăturii transversale este stabilit în acord cu prevederile aplicabile pentru zona critică.

(7) La structuri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, dacă stâlpii sunt în contact direct cu parapete rigide de beton sau zidărie, înălțimea liberă a acestora măsurată deasupra parapetelor îndeplinește condiția dată la [6.2.2, \(2\)](#).

3.2.10. Componente nestructurale

(1) În cazul clădirilor cu structura în cadre proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, componentele nestructurale de închidere și compartimentare plane se recomandă să fie realizate din materiale ușoare, cu rigiditate mică la acțiuni paralele cu planul lor median, și cu capacitate adecvată de deformare.

(2) În cazul pereților de închidere și compartimentare executați din materiale rigide și rezistente (de exemplu, din zidărie), se urmărește ca prin alcătuire (dimensiuni, poziție și dimensiunea golurilor) și modul de prindere de elementele structurale să se evite realizarea unor interacțiuni nefavorabile și să se asigure limitarea degradărilor în acești pereți, în conformitate cu prevederile din codul de proiectare P 100-1.

(3) Componentele de instalații și echipamentele cu diferite destinații, precum și prinderile lor de structură, sunt alcătuite astfel încât se asigură stabilitatea lor și se controlează efectele nefavorabile cauzate de interacțiunea dintre acestea și celelalte componente ale clădirii.

3.3. Criterii de performanță seismică pentru structura principală

3.3.1. Starea limită ultimă

3.3.1.1. Rezistență

(1) Structura se proiectează astfel încât capacitatea de rezistență a clădirii în ansamblu la acțiuni orizontale, pe fiecare direcție orizontală, să fie mai mare sau egală cu forța tăietoare de bază stabilită conform reglementării tehnice P 100-1. Pentru această verificare, capacitatea de rezistență a construcției în ansamblu la acțiuni orizontale corespunde valorilor de proiectare ale rezistențelor materialelor și acțiunii

unor forțe horizontale aplicate static, distribuite conform rezultatelor analizei modale pentru modul fundamental de vibrație, pe fiecare direcție considerată.

(2) Componentele structurale principale se realizează astfel încât să îndeplinească condiția:

$$E_d \leq R_d \quad (3.4)$$

exprimată în termeni de rezistență, unde:

E_d valoarea de proiectare a efortului în combinația seismică de proiectare, ținând seama și de efectele de ordinul doi, atunci când acestea sunt semnificative;

R_d valoarea corespunzătoare a efortului capabil, calculată cu valorile de proiectare ale rezistențelor materialelor, pe baza modelelor mecanice specifice tipului de element structural.

(3) Condiția de la (2) se îndeplinește pentru toate elementele structurale, pe toată lungimea acestora.

(4) În cazul stâlpilor și grinzilor structurilor în cadre de beton armat condiția (3.4) se consideră îndeplinită dacă:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \quad (3.5)$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (3.6)$$

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 forța tăietoare;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare.

(5) Grinzile cadrelor se alcătuiesc astfel încât cedarea secțiunii lor din încovoiere, să nu se producă prin zdrobirea betonului comprimat înainte de curgerea armăturii longitudinale.

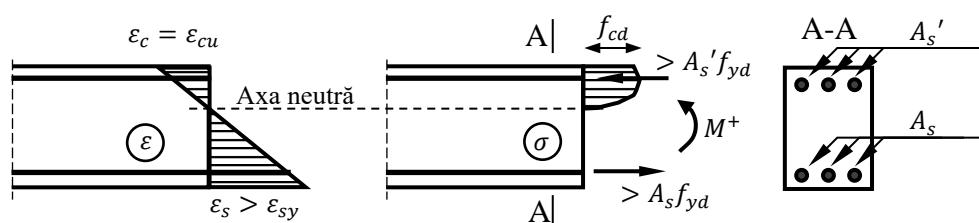


Figura 3.12 Reprezentare exemplificativă: starea de eforturi unitare și de deformații specifice pe secțiune corespunzătoare cedării din încovoiere pentru o grindă

(6) În cazul stâlpilor 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.

(7) Sistemele structurale tip cadru la clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se realizează astfel încât stâlpii de la nivelul situat imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională să fie solicitați la compresiune excentrică în situația formării mecanismului plastic optim.

(8) Stâlpii se alcătuiesc astfel încât cedarea secțiunilor la compresiune excentrică să nu se producă prin zdrobirea betonului comprimat înainte de curgerea armăturilor longitudinale întinse de la extremitatea secțiunii transversale.

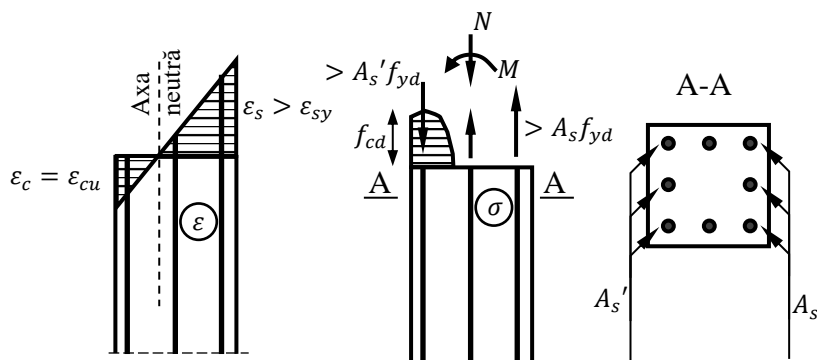


Figura 3.13 Reprezentare exemplificativă: starea de eforturi unitare și de deformații specifice pe secțiune corespunzătoare cedării din încovoiere pentru un stâlp

(9) Stâlpii comprimați se comportă în condițiile cazului I de compresiune excentrică, conform reprezentării din [Figura 3.14](#). În această reprezentare, situația limită „B” corespunde cazului în care deformația specifică a armăturii întinse ajunge să fie egală cu deformația specifică de curgere a oțelului simultan cu cedarea betonului comprimat.

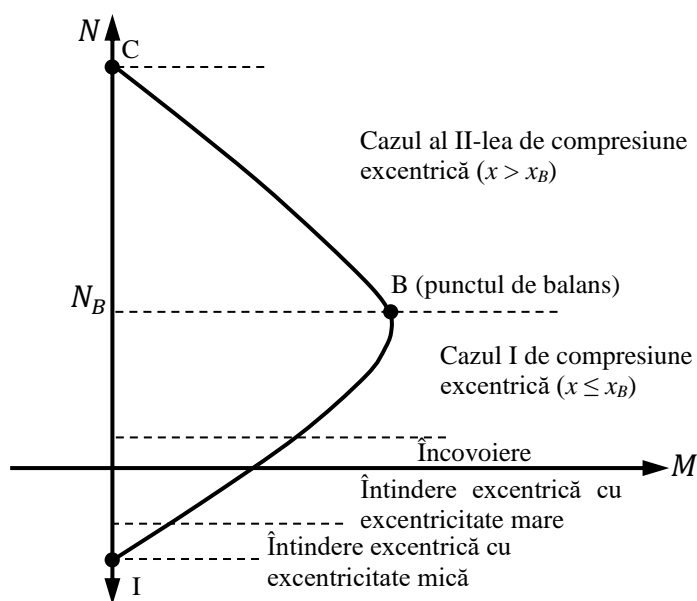


Figura 3.14 Curba limită de interacțiune M-N

(10) În cazul nodurilor grindă-stâlp al structurilor în cadre condiția [\(3.4\)](#) se consideră îndeplinită dacă:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (3.7)$$

unde:

V_{Rd} valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forța tăietoare;

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare.

(11) Structura principală se realizează astfel încât stabilitatea, rezistența și rigiditatea la acțiuni seismice orizontale ale clădirii să nu fie asigurate prin răspunsul la torsiune al componentelor structurale. Rezistența și rigiditatea la torsiune ale componentelor structurale se neglijează în proiectarea seismică.

(12) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, la fiecare nod grindă – stâlp al structurilor în cadre de beton se îndeplinește condiția:

$$\sum M_{Rd,c} \geq \gamma_{Rd} \sum M_{Rd,b} \quad (3.8)$$

unde:

$\sum M_{Rd,c}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere cu forță axială ale stâlpilor care intră în nod, în secțiunile învecinate nodului, stabilite pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

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 combinația seismică de proiectare.

$\sum M_{Rd,b}$ suma valorilor de proiectare ale capacităților de rezistență la încovoiere ale grinzilor care intră în nod pe direcția considerată, în secțiunile învecinate nodului, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

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:

$$\begin{aligned} \gamma_{Rd} &= 1,35 \text{ pentru DCH} \\ \gamma_{Rd} &= 1,25 \text{ pentru DCM} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Notă: Stâlpii la care prevederea de la (10) nu este îndeplinită se consideră în proiectare componente structurale secundare.

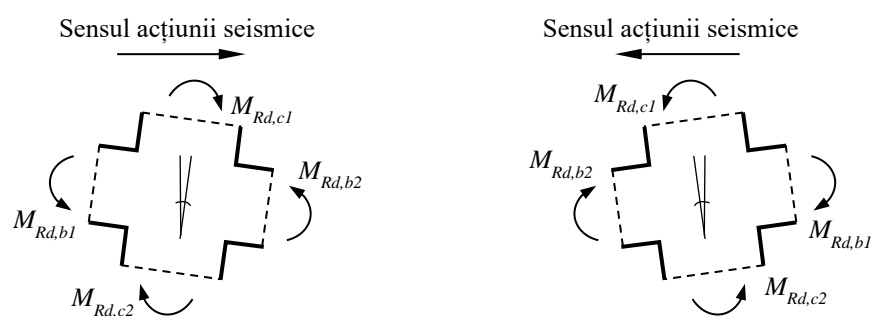


Figura 3.15 Sensul considerat al momentelor în verificarea condiției de la (3.8) pentru un nod grindă-stâlp

(13) Prin excepție de la (10), la clădirile cu un singur nivel și la capătul de la partea de sus al stâlpilor de la ultimul nivel al clădirilor etajate condiția (3.8) poate să nu fie îndeplinită.

(14) În cazul structurilor cu grinzi dispuse paralel cu cele două direcții principale ortogonale condiția (3.8) se îndeplinește distinct pe fiecare direcție ortogonală principală și pentru fiecare dintre cele două sensuri de acțiune seismică.

3.3.1.2. Limitarea deplasărilor relative de nivel

(1) Pentru structura seismică principală, se îndeplinește la fiecare nivel condiția:

$$d_{Ed,r}^{SLU} \leq d_{Rd,r}^{SLU} \quad (3.10)$$

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.

(2) Deplasarea relativă de nivel reprezintă diferența 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 punctului la intersecția unei drepte verticale cu diafragma orizontală care mărginește superior nivelul.

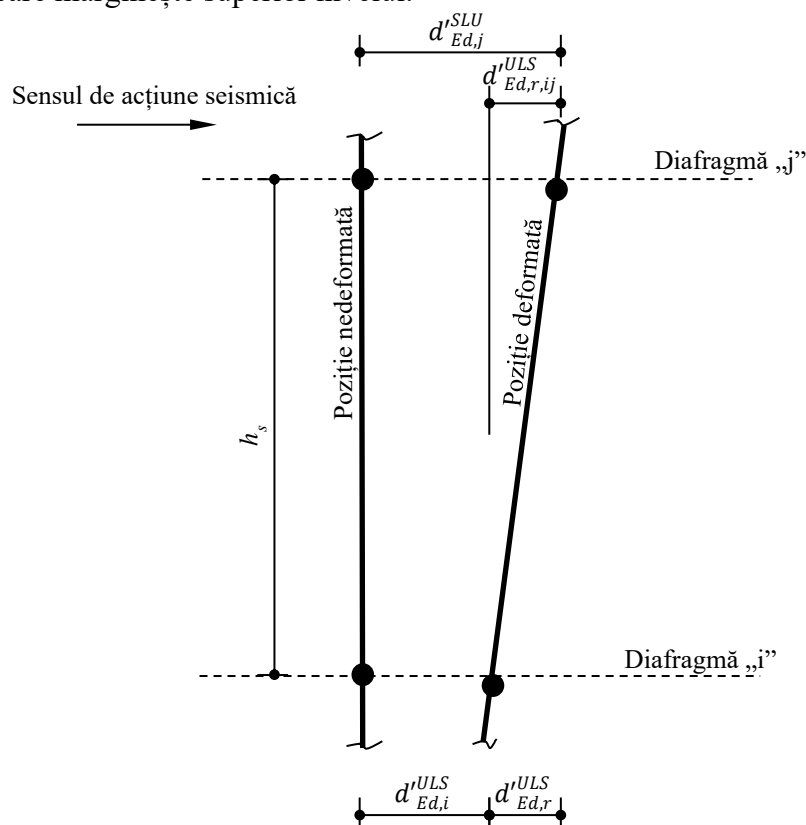


Figura 3.16 Reprezentare exemplificativă: calculul deplasării relative de nivel pentru o structură etajată

(3) 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:

$$d_{Ed}^{SLU} = cq d'_{Ed}^{SLU} \quad (3.11)$$

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 sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime;

q factorul de comportare pentru verificări la starea limită ultimă;

c factor de amplificare al deplasărilor pentru starea limită ultimă.

Factorul de amplificare a deplasărilor pentru starea limită ultimă se determină cu relația:

$$c = 1 - 2,30 \frac{T_1}{T_C^{SLU}} \quad (3.12)$$

unde:

T_1 perioada de vibrație a clădirii în primul mod de vibrație, pe direcția considerată a acțiunii seismice;

T_C^{SLU} perioada de colț (control) a spectrului de accelerații de proiectare la starea limită ultimă;

Factorul de amplificare a deplasărilor, c , se limitează superior și inferior, conform relației:

$$1 \leq c \leq \frac{\sqrt{qT_C^{SLU}}}{1,70} \quad (3.13)$$

unde:

q factorul de comportare pentru verificări la starea limită ultimă.

Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel pentru verificări la starea limită ultimă, dintre două diafragme consecutive „ i ” și „ j ”, $d_{Ed,r,ij}^{SLU}$, se determină cu relația:

$$d_{Ed,r,ij}^{SLU} = cq d'_{Ed,r,ij}^{SLU} = cq (d'_{Ed,j}^{SLU} - d'_{Ed,i}^{SLU}) \quad (3.14)$$

unde:

$d'_{Ed,j}^{SLU}$ și $d'_{Ed,i}^{SLU}$ deplasările rezultate din calculul structurii sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime la nivelul diaframelor „ j ” și „ i ”.

(4) 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 aceluși punct determinată prin calcul sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime, multiplicată cu factorul c stabilit conform (3).

(5) 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 aceluși punct determinată prin calcul sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită ultime.

(6) 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 aceluși punct asociată deplasării așteptate a clădirii sub acțiunea seismică de proiectare, corespunzătoare stării limită de ultime.

(7) 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 (3), (4), (5) sau (6). Valorile de proiectare ale deplasărilor orizontale astfel stabilite constituie date de temă pentru proiectantul sistemului de fațadă.

(8) 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.

3.3.1.3. Limitarea deformațiilor componentelor structurale principale

(1) Pentru structura seismică principală, se îndeplinește la fiecare nivel condiția:

$$\theta_{Ed}^{SLU} \leq \theta_{Rd}^{SLU} \quad (3.15)$$

(2) În cazul în care 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:

$$\theta_{Ed}^{SLU} = cq\theta'_{Ed}^{SLU} \quad (3.16)$$

unde:

c factorul de amplificare al deplasărilor stabilit conform 3.3.1.2, (3)

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 sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită ultime:

$$\theta'_{Ed}^{SLU} = \frac{d_V}{L_V} \quad (3.17)$$

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 :

$$\theta'_{Ed}^{SLU} = \frac{d'_{Ed,r}^{SLU}}{h_s} \quad (3.18)$$

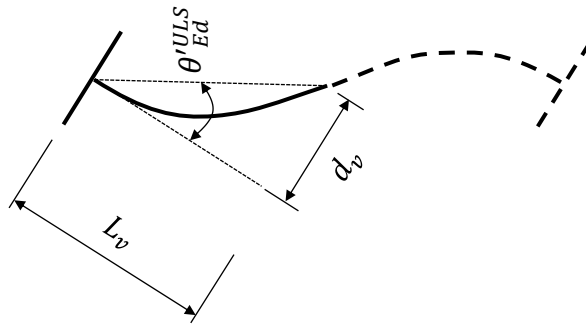


Figura 3.17 Rotirea de bară determinată prin calcul static liniar în gruparea seismică

- (3) 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.
- (4) Prin excepție de la (3), în cazul în care rotirile așteptate la incidența cutremurului 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 3.1](#).

Tabelul 3.1 Valori admisibile ale rotirilor, θ_{Rd}^{SLU}

Componenta structurală principală	Valori admisibile ale rotirilor θ_{Rd}^{SLU} (rad)	
	Clasa de ductilitate	
	DCH	DCM
Grindă de cadru	3,50%	3,00%
Stâlp	3,00%	2,50%

3.3.1.4. Stabilitate

- (1) Structura în ansamblu, diferitele subansamble și elementele structurale se realizează astfel încât să fie stabile geometric. În acest scop elementele și structurile se realizează cu forme și dimensiuni potrivite, în acord cu valorile de proiectare ale acțiunilor.
- (2) Stabilitatea la răsturnare și la lunecare a structurii se asigură prin utilizarea unui sistem de fundare adecvat caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului de fundare.
- (3) Stabilitatea la torsiune de ansamblu a structurii se asigură prin așezarea potrivită în plan orizontal a cadrelor.
- (4) Stabilitatea locală a stâlpilor și grinzilor se asigură prin:
- alegerea unor forme potrivite ale secțiunilor transversale;
 - limitarea superioară a deschiderii libere a elementului, măsurată între punctele de legătură care constituie reazeme, restricționând deplasările în direcție perpendiculară pe axul acestuia;

- (c) limitarea superioară a forței axiale.
- (5) Stabilitatea locală a plăcilor de beton, parte a planșeelor cu rol de diafragmă orizontală, solicitate la eforturi de compresiune paralele cu planul median, este asigurată prin:
- (a) limitarea inferioară a grosimii plăcii;
- (b) limitarea superioară a deschiderii libere a plăcii pe direcția de încărcare la compresiune, măsurată între punctele de legătură care constituie reazeme pentru placă, restricționând deplasările în direcție perpendiculară pe planul acesteia.

3.3.2. Starea limită de serviciu: limitarea deplasărilor relative de nivel

- (1) Structura se realizează cu rigiditatea la acțiuni seismice orizontale suficient de mare pentru limitarea deplasărilor orizontale ale structurii principale corespunzătoare răspunsului elastic sau cvasi-elastic, prin îndeplinirea condiției:

$$d_{Ed,r}^{SLS} \leq d_{Rd,r}^{SLS} \quad (3.19)$$

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 elementelor nestructurale sunt limitate. Totuși, pot apărea local degradări mai mari ale elementelor nestructurale din cauza distribuției neuniforme a deformațiilor la fiecare nivel.

- (2) Deplasarea relativă de nivel pentru verificări la starea limită de serviciu se determină conform prevederii de la [3.3.1.2, \(2\)](#)

- (3) 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:

$$d_{Ed}^{SLS} = q d'_{Ed}^{SLS} \quad (3.20)$$

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 sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu;

q factorul de comportare pentru verificări la starea limită de serviciu.

Valoarea de proiectare a deplasării relative de nivel pentru verificări la starea limită de serviciu, dintre două diafragme consecutive „i” și „j”, $d_{Ed,r,ij}^{SLS}$, se determină cu relația:

$$d_{Ed,r,ij}^{SLS} = q d'_{Ed,r,ij}^{SLS} = q (d'_{Ed,j}^{SLS} - d'_{Ed,i}^{SLS}) \quad (3.21)$$

unde:

$d'_{Ed,j}{}^{SLS}$ și $d'_{Ed,i}{}^{SLS}$ deplasările rezultate din calculul structurii sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu la nivelul diaframelor „j” și „i”.

(4) 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 sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu.

(5) 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 deplasării așteptate a clădirii sub acțiunea seismică de proiectare corespunzătoare stării limită de serviciu.

(6) 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 (3), (4) sau (5). Valorile de proiectare a le deplasărilor orizontale astfel stabilite constituie date de temă pentru proiectantul sistemului de fațadă.

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

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

(b) $0,0075h_s$ pentru clădiri care nu sunt de tipul (a).

unde

h_s înălțimea totală de nivel.

Nota 1: Pentru clădirile cu pereți nestructurali de zidărie valoarea admisibilă a deplasării relative de nivel este $0,005h_s$. Se exclud din această categorie clădirile la care pereții nestructurali de zidărie sunt în contact direct pe o singură latură cu elementele structurale și sunt separați de restul elementelor structurale adiacente prin rosturi suficient de mari pentru a preveni contactul la incidența cutremurului asociat SLS.

Nota 2: Pentru clădirile cu fațade cortină, agățate de structură, și alte componente nestructurale care, prin natura sistemului constructiv propriu, inclusiv a prinderilor de structură, pot urmări deformațiile orizontale ale structurii fără a suferi degradări semnificative, valoarea admisibilă a deplasării relative de nivel este $0,0075h_s$.

Nota 3: În interpretarea prevederilor de la (2), prinderile sunt parte a componentelor nestructurale.

3.4. Calculul structurii

3.4.1. Metode de calcul

(1) Stabilirea eforturilor și deformațiilor din elementele structurale pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se realizează prin calculul structurii, utilizând una sau mai multe dintre următoarele metode de calcul:

(a) metoda de calcul static liniar: metoda forțelor laterale statice echivalente și/sau metoda calculului modal cu spectre de răspuns;

(b) metoda de calcul dinamic liniar;

(c) metoda de calcul static neliniar;

(d) metoda de calcul dinamic neliniar.

în condițiile prevăzute în reglementarea tehnică P 100-1.

(2) În cazul structurilor spațiale la care cadrele nu sunt aliniat după două direcții principale ortogonale se realizează verificarea structurii prin metoda de calcul static neliniar.

3.4.2. Modelarea pentru calcul

(1) Modelarea pentru calcul se face în acord cu prevederile reglementării tehnice P 100-1 și a prevederilor suplimentare, specifice structurilor în cadre de beton, date în acest paragraf.

3.4.2.1. Calcul static liniar

(1) Structura se modelează tridimensional și cuprinde toate componentele structurii și componentele nestructurale care pot afecta răspunsul elasto-plastic al structurii la acțiunea cutremurului de proiectare, în poziția din proiect.

Nota: Componentele nestructurale care pot afecta răspunsul elasto-plastic al structurii sunt, de exemplu, pereții masivi de zidărie închiși în ochiurile cadrelor. Modelarea acestor pereți nu este necesară dacă, la fiecare nivel al clădirii, rigiditatea și rezistența lor la acțiuni orizontale este redusă în comparație cu rigiditatea și rezistența ansamblului structural sau dacă aceștia sunt izolați de structură prin rosturi pe trei laturi.

(2) Modelul de calcul de complexitate minimală cuprinde toate elementele structurale și legăturile dintre acestea și este rezemat prin blocarea deplasărilor verticale și orizontale la partea inferioară a infrastructurii.

(3) Prin excepție de la (2), modelul de calcul de complexitate minimală poate fi rezemat prin încastrarea bazei stâlpilor la nivelul secțiunii de încastrare convențională pentru:

(a) clădirile care nu au în componență niveluri situate sub secțiunea de încastrare convențională;

(b) clădiri care au în componență și unul sau mai multe niveluri situate sub secțiunea de încastrare convențională, dacă prin modul de realizare a structurii acestora este restricționată eficient rotirea stâlpilor de cadru în vecinătatea secțiunii de încastrarea convențională a clădirii.

Rotirea stâlpilor poate fi restricționată eficient dacă aceștia sunt intersectați, sub secțiunea de încastrare convențională, de pereți de subsol cele puțin pe două direcții ortogonale.

(4) Pentru calculul eforturilor în elementele infrastructurii și a presiunilor pe teren, modelul de calcul de complexitate minimală este rezemat în direcție verticală pe resorturi unidirecționale, cu comportare elastică doar la compresiune, și având blocate deplasările orizontale la partea inferioară a infrastructurii.

(5) Prin excepție de la (4), în cazul clădiri care nu au niveluri situate sub secțiunea de încastrare convențională, se admite calculul eforturilor în fundații și infrastructură pe baza unor modele ingineresti simple, cu respectarea condițiilor de echilibru.

(6) Modelarea rezemării pe teren indicată la (4) este recomandată și pentru calculul eforturilor și deformațiilor din suprastructură.

- (7) Modelarea stâlpilor și grinzilor se realizează minimal prin elemente de tip bară solicitate la forță axială, moment încovoietor și forță tăietoare pe două direcții și torsiune.
- (8) Modelarea pereților nivelurilor situate sub cota de încastrare convențională se realizează minimal prin elemente de suprafață cu comportare de membrană, poziționate în planul inimii peretelui.
- (9) Modelarea plăcilor componente ale planșeelor se realizează minimal prin elemente de suprafață cu comportare de membrană.
- (10) În calcul eforturilor și deformațiilor se consideră deformabilitatea planșeelor la acțiuni paralele cu planul median al plăcilor. Se consideră cu caracter minimal răspunsul în domeniul elastic.
- (11) Prin excepție de la (10), se pot modela ca nedeformabile la acțiuni paralele cu planul median al plăcilor, planșeele din suprastructură în cazul structurilor care îndeplinesc condițiile privind regularitatea în plan orizontal și în plan vertical date în codul de proiectare P 100-1, cu excepția planșeului situat imediat sub secțiunea de încastrare convențională.
- (12) La modelarea rigidității componentelor structurii se consideră efectele fisurării betonului.
- (13) Rigiditatea la încovoiere pentru componentelor structurii în cadre de beton se consideră egală cu jumătate din valoarea corespunzătoare secțiunii brute, nefisurată.
- (14) Rigiditatea la forță axială în planul lor a plăcilor componente ale planșeelor este considerată egală cu 0,70 din valoarea corespunzătoare secțiunii brute, nefisurate.
- (15) Prin excepție de la (13) și (14), la calculul eforturilor în structuri în cadre de beton armat, se pot alege valori diferite ale factorului de reducere a rigidității la încovoiere și, respectiv, 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.
- (16) Prin excepție de la (13), la calculul eforturilor se pot utiliza următorii factori de reducere a rigidității la încovoiere:
- (a) pentru stâlpi comprimați: 0,80;
 - (b) pentru stâlpi întinși: 0,20;
 - (c) pentru grinzi: 0,60.
- (17) Rigiditatea la torsiune a stâlpilor, grinzilor și pereților de beton se neglijează în calcul cu excepția situației în care stabilitatea unei părți de structură nu poate fi asigurată în lipsa răspunsului la torsiune a componentelor structurale care constituie reazem pentru aceasta.
- (18) Valorile modului de elasticitate mediu al betonului, E_{cm} , pentru utilizare la modelarea structurii pentru verificarea deplasărilor orizontale se stabilesc conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1.
- (19) Frațiunea din amortizarea critică se stabilește conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1.

3.4.2.2. Calcul static neliniar

- (1) În cazul utilizării metodei de calcul static neliniar, la realizarea modelului pentru calcul structural se aplică prevederile de la [3.4.2.1](#) împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.
- (2) Modelarea răspunsului neliniar al elementelor structurale se realizează astfel încât să se poată identifica mecanismul plastic al structurii sub acțiuni seismice.
- (3) Modelarea grinzilor lungi și a stâlpilor se realizează minimal prin elemente de tip bară, solicitate la încovoiere, forță tăietoare pe două direcții și torsiune, cu neliniaritate fizică, având plasticitate concentrată sau distribuită.
- (4) Pentru modelarea capacității de rezistență la încovoiere a elementelor structurale se utilizează valorile caracteristice ale rezistențelor oțelului și betonului. Legile constitutive ale oțelului și betonului, σ - ϵ , se stabilesc conform prevederilor SR EN 1992-1-1. Se poate utiliza modelul de confinare prevăzut de SR EN 1992-1-1 pentru modelarea comportării miezului de beton confinat, la decizia proiectantului. Rezistența betonului la întindere se neglijează. Legea constitutivă de comportare a oțelului evidențiază consolidare post-elastică (creșterea efortului unitar de întindere sau compresiune, după curgere).
- (5) Capacitatea de rotire a elementelor cu răspuns neliniar la încovoiere se stabilește conform prevederilor [3.3.1.3](#), [\(3\)](#)
- (6) Acțiunea seismică se modelează utilizând două moduri de distribuție a forțelor seismice orizontale pe înălțimea clădirii, astfel:
 - (a) un mod de distribuție în care forțele laterale sunt proporționale cu masele de nivel;
 - (b) un mod de distribuție rezultat din analiza modală pentru modul predominant de vibrație.
- (7) Alternativ prevederii de la [\(6\)](#), [\(b\)](#), în cazul clădirilor având masele de nivel aproximativ egale pe înălțime, se poate utiliza o distribuție simplificată considerând o formă liniară a modului fundamental de vibrație (distribuție triunghiulară).

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.

4.1. Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM

(1) Valoarea de proiectare a unui efort cauzat de acțiunea seismică reprezintă valoarea maximă a acelui efort care se dezvoltă ca urmare a incidenței cutremurului 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 încovoietor este valoarea corespunzătoare încărcării structurii cu acțiunea seismică de proiectare.

(2) La stabilirea valorilor de proiectare ale eforturilor, momentele încovoietoare 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 supraunitar care evaluează incertitudinile din modelul de calcul al capacității de rezistență, cauzate în principal de efectul de consolidare post-elastică a oțelului, γ_{Rd} .

(3) Valorile de proiectare ale eforturilor se determină prin:

(a) transformarea eforturilor rezultate din calculul structural efectuat printr-o metodă de calcul static liniar, pentru a cuantifica neliniaritatea răspunsului structural așteptat la incidența cutremurului de proiectare, în acord cu principiile metodei de ierarhizare a capacităților de rezistență;

sau,

(b) direct, prin calcul neliniar.

(4) Determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor din componentele structurale principale, pe baza eforturilor rezultate din calculul structural static liniar, se realizează conform prevederilor de la [4.1.1](#), [4.1.2](#), [4.1.3](#), [4.1.4](#) și [4.1](#)

(5) În cazul clădirilor la care calculul structural este efectuat printr-o metodă de calcul static liniar, la determinarea valorilor de proiectare sunt admise redistribuiri ale eforturilor între elementelor structurale conform prevederilor de la [4.1.6](#).

(6) Determinarea valorilor de proiectare ale eforturilor pe baza eforturilor rezultate din calcul structural static neliniar se realizează conform prevederilor de la [4.1.7](#).

4.1.1. Grinzi

4.1.1.1. Momente încovoietoare

(1) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare în zonele plastice ale grinzilor se consideră egale cu cele obținute din calculul structural în gruparea seismică.

$$M_{Ed,b} = M'_{Ed,b} \quad (4.1)$$

unde:

$M_{Ed,b}$ valoarea de proiectare a momentului încovoietor;

$M'_{Ed,b}$ valoarea momentului încovoietor rezultat din calculul structural în combinația seismică de proiectare.

(2) 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.

4.1.1.2. Forțe tăietoare

(1) 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 combinația seismică de proiectare.

(2) Calculul valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare se face distinct pentru fiecare deschidere a grinzii și pentru fiecare sens de acțiune seismică.

(3) Valoarea momentului încovoietor maxim care încarcă grinda în zona plastică, în situația formării mecanismului plastic, $M_{d,b}$, se calculează cu relația:

$$M_{d,b} = \gamma_{Rd} M_{Rd,b} \quad (4.2)$$

unde:

$M_{Rd,b}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a grinzii în zona plastică, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale, conform reprezentării din [Figura 3.15](#);

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației [\(3.9\)](#).

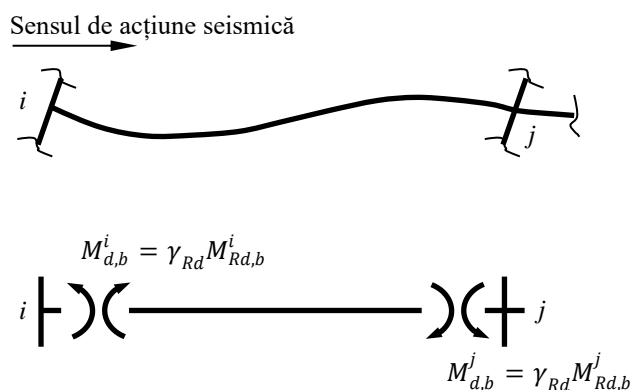


Figura 4.1 Determinarea valorilor momentelor încovoietoare maxime care încarcă grinda la capete în situația formării articulațiilor plastice la ambele capete ale grinzii

(4) Prin excepție de la [\(3\)](#), în situația nodurilor de la partea superioară a stâlpilor unde zona plastică se dezvoltă în stâlpi, valoarea momentului încovoietor maxim care încarcă grinda în vecinătatea nodului, în situația formării mecanismului plastic, $M_{d,b}$, se poate calcula cu relația:

(a) pentru nodurile situate la colțurile cadrului:

$$M_{d,b} = \gamma_{Rd} M_{Rd,c} \quad (4.3)$$

unde:

$M_{Rd,c}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la compresiune excentrică a stâlpului în vecinătatea nodului, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale.

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației [\(3.9\)](#).

(b) pentru nodurile intermediare:

$$M_{d,b} = \gamma_{Rd} M_{Rd,b} \frac{M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}} \quad (4.4)$$

unde:

$M_{Rd,b}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a grinzii la capătul considerat, 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 nod pe direcția de acțiune seismică, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale;

$M_{Rd,c}$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la compresiune excentrică a stâlpului în vecinătatea nodului, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale.

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației (3.9).

(5) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare se limitează inferior la valorile rezultate din calculul structural în gruparea seismică, la care partea cauzată de acțiunea seismică este multiplicată cu γ_{Rd} .

(6) Pentru fiecare deschidere a unei grinzii, valorile de proiectare ale forțelor tăietoare la un capăt se determină cu relațiile:

$$V_{Ed,b} = V_t \pm \frac{M_{d,b}^1 + M_{d,b}^2}{l_{cl}} \quad (4.5)$$

unde:

V_t forța tăietoare din grindă cauzată de încărcărilor aplicate transversal pe axa grinzii, la capătul considerat;

$M_{d,b}^1$ și $M_{d,b}^2$ valorile maxime a momentului încovoietor, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale, considerând că zonele plastice se formează la capetele grinzii, determinate conform (3).

l_{cl} deschiderea liberă a grinzii.

(7) În situația particulară în care, pentru un sens de acțiune seismică, într-o deschidere a unei grinzii se formează două zone plastice din care una este depărtată de capătul grinzii de capătul grinzii, în aplicarea relației (4.5) valoarea l_{cl} se înlocuiește cu distanța minimă dintre cele două zone plastice.

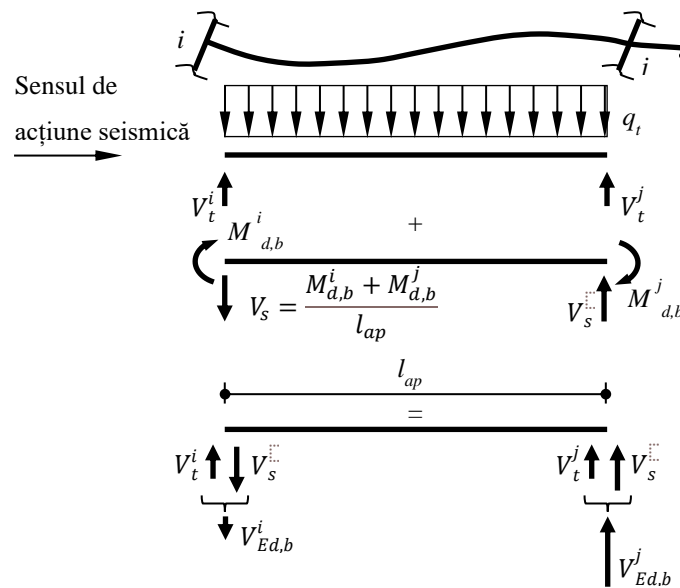


Figura 4.2 Schema de calcul a valorii de proiectare a forței tăietoare din grindă, când zonele plastice se formează la capetele acesteia

4.1.2. Stâlpi.

4.1.2.1. Forțe axiale

(1) Valoarea de proiectare a forței axiale din stâlpi se stabilește din echilibrul stâlpului în situația formării mecanismului plastic considerând:

- forțele tăietoare din grinzi asociate încărcării acestora cu momentele încovoietoare maxime cauzate de acțiunea seismică orizontală;
- forțele tăietoare din grinzi sau plăci din acțiuni gravitaționale;
- greutatea proprie a stâlpului;
- alte forțe din combinația seismică de proiectare care încarcă direct stâlpul.

(2) În cazul structurilor în cadre în care cadrele verticale sunt aliniate după două direcții ortogonale, valoarea de proiectare a forței axiale determinată pentru acțiunea seismică acționând într-una dintre aceste direcții, se determină cu relația:

$$N_{Ed,c} = N_g + \sum_{i=1}^n V_{Ed,b}^i + \sum_{j=1}^m V_t^j \quad (4.6)$$

unde:

N_g forța axială din stâlp cauzată de greutatea proprie a acestuia;

$\sum_{i=1}^n V_{Ed,b}^i$ suma valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare din grinzile care intersectează stâlpul, dispuse paralel cu direcția de acțiune a forței seismice;

$\sum_{j=1}^m V_t^j$ suma forțelor tăietoare cauzate de încărcări aplicate transversal pe axă din grinzile care intersectează stâlpul, dispuse perpendicular pe direcția de acțiune seismică.

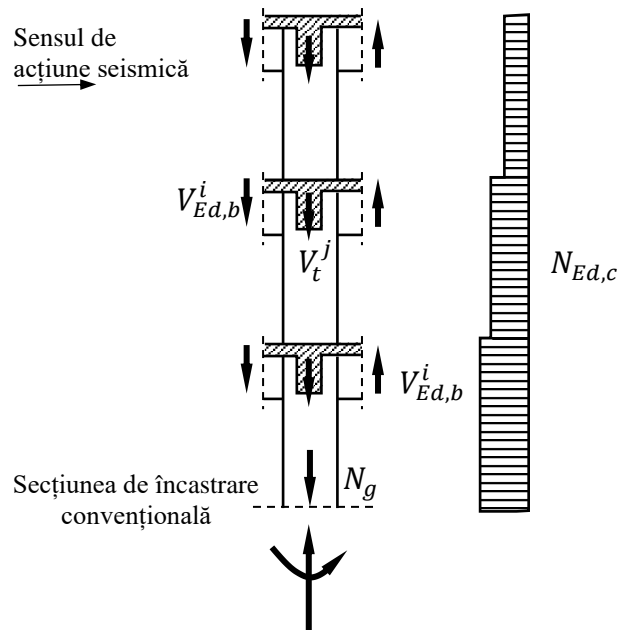


Figura 4.3 Calculul valorilor de proiectare ale forței axiale în stâlpi

(3) Valoarea de proiectare a forței axiale a stâlpilor se poate considera egală cu valoarea forței axiale rezultată din calculul structural în gruparea seismică dacă sunt îndeplinite cumulativ condițiile:

- (a) se dezvoltă zone plastice la ambele capete ale grinzilor, în fiecare deschidere;
- (b) valorile de proiectare ale momentelor capabile din grinzi nu depășesc cu mai mult de 10% valorile momentelor încovoietoare rezultate din calculul structural, în fiecare zonă plastică.

4.1.2.2. Momente încovoietoare

(4) 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 structural în combinația seismică de proiectare.

$$M_{Ed,c} = M'_{Ed,c} \quad (4.7)$$

unde:

$M_{Ed,c}$ valoarea de proiectare a momentului încovoietor;

$M'_{Ed,c}$ valoarea momentului încovoietor rezultat din calculul structural în combinația seismică de proiectare.

(5) 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 combinația seismică de proiectare, dacă există.

4.1.2.3. Forțe tăietoare

- (1) 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 combinația seismică de proiectare, dacă există.
- (2) 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.
- (3) Valorile momentelor încovoietoare maxime care încarcă stâlpul la capete în situația formării mecanismului plastic, $M_{d,c}^i$, se calculează cu relația:

$$M_{d,c}^i = \gamma_{Rd} M_{Rd,c}^i \min \left(1, \frac{\sum M_{Rd,b}}{\sum M_{Rd,c}} \right) \quad (4.8)$$

în care:

$M_{Rd,c}^i$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a stâlpului la capătul i , pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor horizontale;

$\sum M_{Rd,c}$ 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 horizontale, 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 horizontale.

γ_{Rd} coeficient parțial de siguranță stabilit conform relației (3.9).

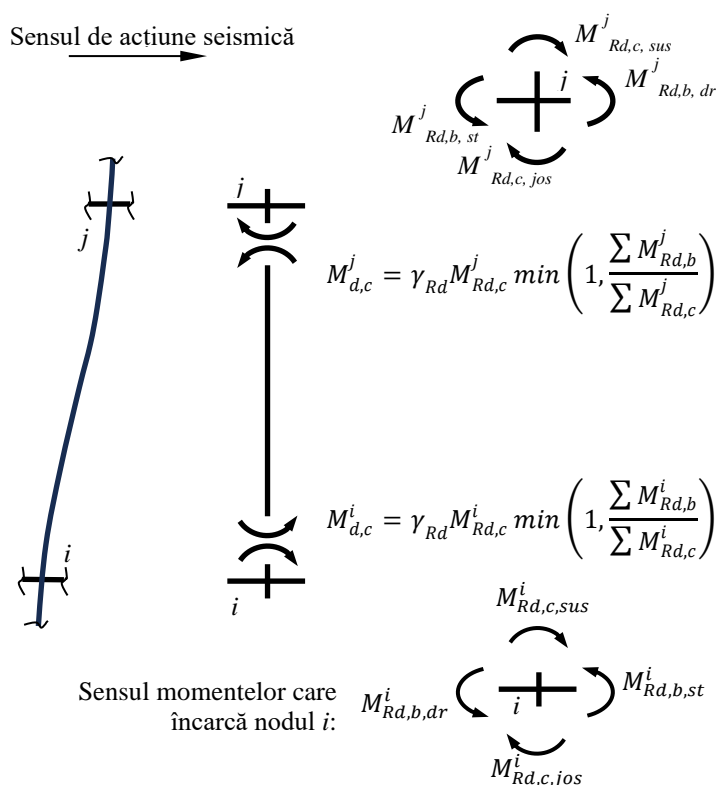


Figura 4.4 Determinarea valorilor momentelor încovoietoare maxime care încarcă stâlpul la capete, etaj curent

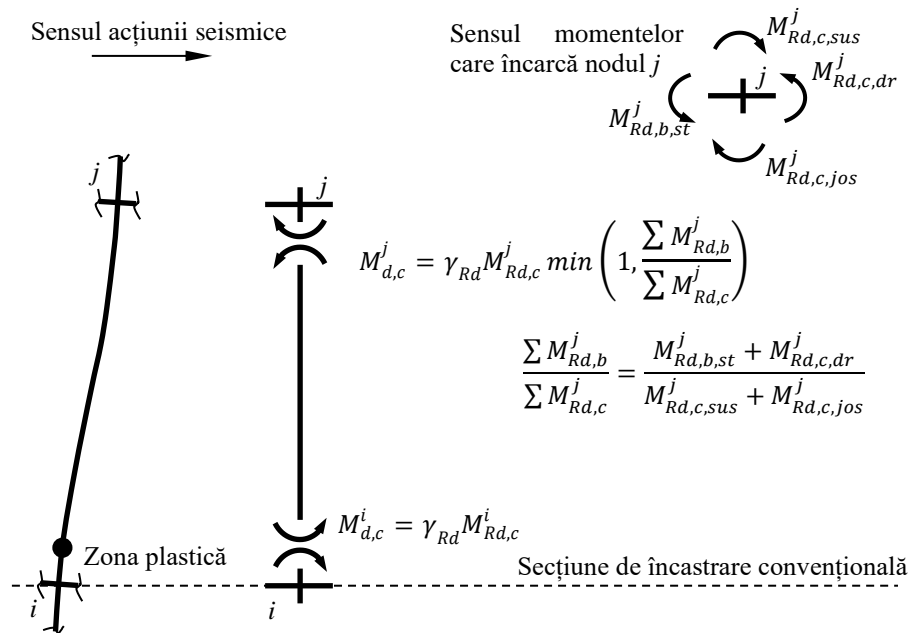


Figura 4.5 Determinarea valorilor momentelor încovoietoare maxime care încarcă stâlpul la capete, deasupra secțiunii de încastrare convențională

- (4) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare se limitează inferior la valorile corespunzătoare celor rezultate din calculul structural în combinația seismică de proiectare, la care partea cauzată de acțiunea seismică este multiplicată cu γ_{Rd} .
- (5) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare din stâlpii care nu sunt solicitați la încărcări transversale pe axul lor se determină cu relația:

$$V_{Ed,c} = \frac{M_{d,c}^i + M_{d,c}^j}{h_{cl}} \quad (4.9)$$

unde

$M_{d,c}^i$ și $M_{d,c}^j$ valorile maxime ale momentelor încovoietoare care încarcă stâlpul la capete, la nivelul considerat, în situația formării mecanismului plastic,

h_{cl} înălțimea liberă a stâlpului la nivelul considerat.

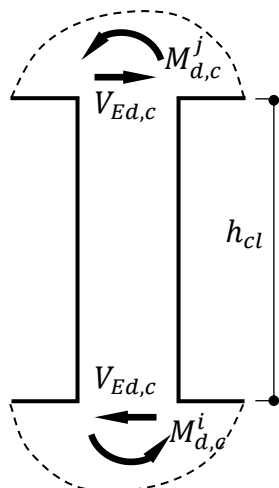


Figura 4.6 Schema de calcul a valorii de proiectare a forței tăietoare din stâlp

(6) În cazul stâlpilor aflați în contact direct cu componente nestructurale rigide și rezistente, de tipul pereților de zidărie, dacă înălțimea panoului este mai mică decât înălțimea liberă de nivel, valoarea de proiectare a forței tăietoare din stâlp este determinată considerând un model de calcul cu zone plastice dezvoltate la cele două extremități ale golului.

$$V_{Ed,c} = \frac{\gamma_{Rd} M_{Rd,c}^p + M_{d,c}^j}{h_{cl} - h_p} \quad (4.10)$$

unde

$M_{Rd,c}^p$ valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere cu forță axială a stâlpului, pentru sensul de rotire corespunzător sensului de acțiune a forțelor orizontale, calculate considerând valorile de proiectare ale forței axiale din stâlp, în secțiunea de la fața de sus a panoului;

$M_{d,c}^j$ valoarea maximă a momentului încovoiitor care încarcă stâlpul la capătul de sus, în situația formării mecanismului plastic;

h_p înălțimea panoului.

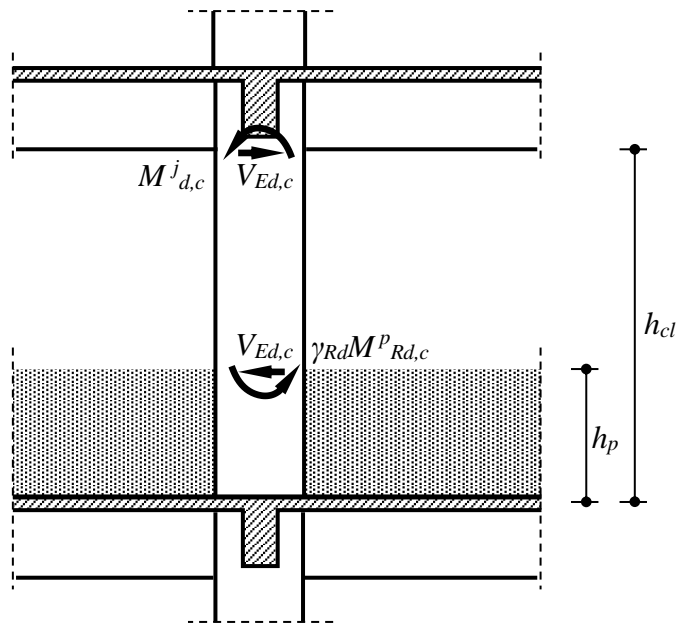


Figura 4.7 Interacțiunea cu panou rigid și rezistent

4.1.3. Noduri

- (1) Acest paragraf conține prevederi privind calcul valorilor de proiectare ale forțelor tăietoare care încarcă nodurile grindă – stâlp.
- (2) 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.
- (3) Valoarea de proiectare a forței tăietoare în nod, $V_{Ed,j}$, poate fi stabilită cu următoarele expresii simplificate:

- (a) pentru toate nodurile, cu excepția celor de capăt:

$$V_{Ed,j} = \gamma_{Rd}(A_{s1} + A_{s2})f_{yd} - V_{Ed,c} \quad (4.11)$$

- (b) pentru noduri de capăt:

$$V_{Ed,j} = \gamma_{Rd}A_{s1}f_{yd} - V_{Ed,c} \quad (4.12)$$

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 (3.9).

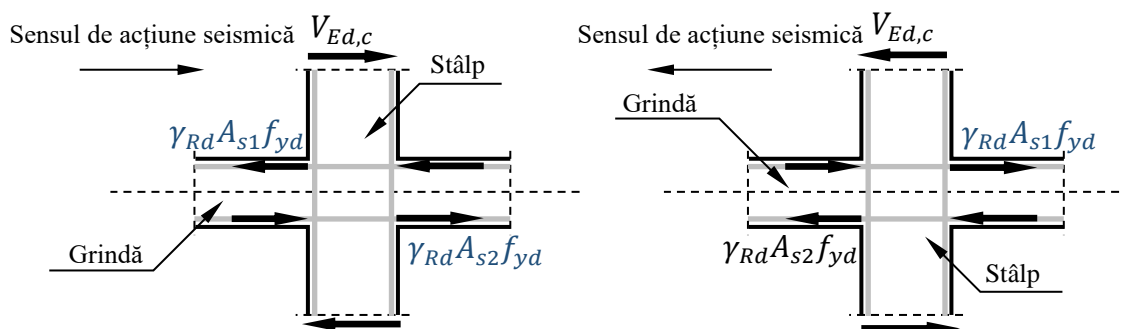


Figura 4.8 Schema de calcul pentru determinarea valorilor de proiectare ale forței tăietoare în nodul grindă-stâlp

4.1.4. Diafragme

(1) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme se stabilesc conform prevederilor reglementării tehnice P 100-1.

4.1.5. Infrastructuri și fundații

(1) 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, în acord cu prevederile codului de proiectare P 100-1 și cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

(2) La proiectarea infrastructurii și fundațiilor sunt considerate valorile maxime ale eforturilor de legătură cu suprastructura, corespunzătoare situației formării mecanismului plastic, și încărcările care acționează direct asupra acestora.

(3) În cazul structurilor în cadre de beton, valorile maxime ale eforturilor care dezvoltă într-un stâlp al cadrului, la nivelul secțiunii teoretice de încastrare, într-o combinație seismică de proiectare sunt:

(a) valoarea de proiectare a capacității de rezistență la încovoiere a stâlpului, $M_{Rd,c}$, pentru direcția și sensul considerat al acțiunii seismice, multiplicată cu γ_{Rd} stabilit conform relației (3.9).

(b) valoarea de proiectare a forței axiale din stâlp, $N_{Ed,c}$;

(c) valoarea de proiectare a forței tăietoare din stâlp, $V_{Ed,c}$.

(4) Valorile de proiectare ale eforturilor și deformațiilor în elementele infrastructurii sunt obținute considerând interacțiunea teren-structură.

4.1.6. Redistribuirea eforturilor

(1) Redistribuirea eforturilor rezultate din calculul structural efectuat printr-o metodă de calcul static liniar este aplicată numai dacă la modelarea structurii pentru calcul s-au considerat valorile factorilor de reducere a rigidității conform 3.4.2.1, (13)

(2) Redistribuirea este realizată numai pentru elementele structurale cu răspuns ductil la acțiunea seismică, pentru clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM. Redistribuirea se referă la partea de efort care este cauzată de acțiunea seismică și este aplicată exclusiv pentru partea structurii în care se formează mecanismul plastic de ansamblu situată deasupra secțiunii convenționale de încastrare.

- (3) Redistribuirea eforturilor este realizată pentru:
- (a) considerarea impactului modificării proprietăților de rigiditate ale elementelor structurale de beton după fisurare asupra stării de eforturi în structură;
 - (b) uniformizarea soluțiilor de alcătuire și armare;
 - (c) realizarea unei stări de eforturi asociată mobilizării mecanismului plastic care favorizează răspunsul ductil al structurii și evitarea ruperilor cu caracter fragil.
- (4) Redistribuirea este realizată cu respectarea condițiilor de echilibru de ansamblu și local. Momentul global de răsturnare al structurii la acțiuni orizontale rămâne neschimbat după redistribuire.

4.1.7. Metoda de calcul static neliniar

- (1) Valorile de proiectare ale eforturilor sunt stabilite pe baza eforturilor corespunzătoare rezultate din calculul static neliniar al structurii în ansamblu, pentru două moduri de distribuție a forțelor seismice în acord cu prevederile codului de proiectare P 100-1.
- (2) Verificarea capacității de rezistență a elementelor conform [3.3.1.1 \(2\)](#) est e realizată distinct pentru fiecare mod de distribuție a forței seismice.
- (3) Prin excepție de la [\(2\)](#), verificarea capacității de rezistență la încovoiere a elementelor structurale în zonele critice 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 [3.3.1.1 \(1\)](#)

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 din P 100-1. Pentru această verificare, forța F_y se determină utilizând valorile de proiectare ale rezistențelor materialelor.

- (4) 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).

- (5) 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. Toate celelalte moduri de rupere trebuie să fie considerate fragile în proiectare.

- (6) 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.

4.2. Clădiri proiectate pentru clasa de ductilitate DCL

- (1) Valorile de proiectare ale eforturilor sunt stabilite prin transformarea eforturilor rezultate din calculul structural liniar.

(2) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare și forțelor tăietoare din grinzi sunt egale cu cele rezultate din calculul structural liniar.

(3) Valorile de proiectare ale momentelor încovoietoare și forțelor axiale din stâlpi sunt egale cu cele rezultate din calculul structural liniar.

$$M_{Ed} = M'_{Ed} \quad (4.13)$$

$$N_{Ed} = N'_{Ed} \quad (4.14)$$

(4) Valorile de proiectare ale forțelor tăietoare din stâlpi și noduri sunt egale cu forțele tăietoare din calculul structural liniar în combinația seismică de proiectare, multiplicare cu 1,20:

$$V_{Ed} = 1,20V'_{Ed} \quad (4.15)$$

unde:

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare;

V'_{Ed} valoarea forței tăietoare rezultată din calculul structural în combinația seismică de proiectare.

(5) Valorile de proiectare ale eforturilor în diafragme, constituite de planșeele sollicitate la încărcări paralele cu planul lor median, sunt egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar al structurii, multiplicare cu 1,20.

(6) Valorile de proiectare ale eforturilor în infrastructură și fundații sunt egale cu eforturile rezultate din calculul static liniar, multiplicare cu 1,20.

5. Capacitate de rezistență

5.1. Grinzi

(1) Calculul capacităților de rezistență la încovoiere și forță tăietoare a grinzilor se face pe baza prevederilor specifice din SR EN 1992-1-1, împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

5.1.1. Moment încovoiator

(1) La calculul capacității de rezistență la moment încovoiator 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.

(2) Lățimea activă de placă a grinzilor care conlucrează cu placa, în stânga și dreapta inimii, b_{eff} , se determină cu relația:

$$b_{eff} = b_w + \min(8h_f, d_0, 0,125l_{cl}) \quad (5.1)$$

unde:

b_w lățimea inimii grinzii;

b_{eff} lățimea activă de placă;

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.

(3) Lățimea activă de placă a grinzilor care conlucrează cu placa, pe o singură parte a inimii, b_{eff} , se determină cu relația:

$$b_{eff} = b_w + \min(4h_f, d_0, 0,08l_{cl}) \quad (5.2)$$

unde:

b_w lățimea inimii grinzii;

b_{eff} lățimea activă de placă;

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.

(4) La calculul capacității de rezistență la moment încovoiator 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.

(5) La calculul capacității de rezistență la moment încovoiator a grinzilor care conlucrează cu plăci precomprimate se ține seama de efortul de compresiune transmis grinzilor prin precomprimarea plăcilor.

5.1.1.2. Forță tăietoare

(1) În zonele critice ale grinzilor, înclinarea diagonalelor comprimate în modelul de grindă cu zăbrele este considerată egală cu 45°.

(2) În acord cu prevederea de la (1), capacitatea de rezistență la forță tăietoare a grinzilor este determinată cu relația:

$$V_{Rd} = \text{minim} (V_{Rd,max}, V_{Rd,s}) \quad (5.3)$$

unde

$V_{Rd,max}$ forța tăietoare din grindă care corespunde cedării diagonalei comprimate de beton

$$V_{Rd,max} = 0,75b_w d \sqrt{f_{cd}} \quad (5.4)$$

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;

$$V_{Rd,s} = 0,9A_{sw}^{tot} f_{yd} \quad (5.5)$$

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.

5.1.2. Stâlpi

5.1.2.1. Moment încovoietor și forță axială

(1) Se consideră acțiunea simultană a forței axiale și momentului încovoietor pentru fiecare combinație seismică de proiectare.

5.1.2.2. Forță tăietoare

(1) În zonele critice ale stâlpilor, înclinarea diagonalelor comprimate în modelul de grindă cu zăbrele este considerată egală cu 45°.

(2) În acord cu prevederea de la (1) capacitatea de rezistență la forță tăietoare a stâlpilor se determină cu relația:

$$V_{Rd} = \text{minim} (V_{Rd,max}, V_{Rd,s}) \quad (5.6)$$

unde

$V_{Rd,max}$ forța tăietoare din stâlp care corespunde cedării diagonalei comprimate de beton;

$$V_{Rd,max} = 0,83b_w d \sqrt{f_{cd}} \quad (5.7)$$

b_c lățimea secțiunii transversale a stâlpului;

d înălțimea utilă a secțiunii transversale a stâlpului;

- f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței betonului la compresiune, în N/mm²;
- $V_{Rd,s}$ forța tăietoare din stâlp care poate fi suspendată prin intermediul armăturii transversale;
- $$V_{Rd,s} = 0,9A_{sw}^{tot} f_{yd} \quad (5.8)$$
- A_{sw}^{tot} aria totală a brațelor armăturii transversale a grinzii paralele cu direcția de calcul, intersectate de o fisură înclinată la 45°;
- f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului din care sunt confecționate armăturile transversale.

5.1.3. Noduri grindă-stâlp

(1) Un nod grindă stâlp se consideră confinat prin efectul grinzilor transversale care intră în nod pe direcție perpendiculară pe direcția de acțiune seismică dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

- de la ambele fețe ale nodului, grinzile transversale se dezvoltă pe o lungime mai mare decât înălțimea secțiunii transversale a lor;
- lățimea grinzilor este mai mare decât $\frac{3}{4}$ din dimensiunea secțiunii transversale a stâlpului perpendiculară pe direcția de acțiune seismică;
- grinzile îndeplinesc condițiile minime de armare pentru zona critică a componentelor seismice principale date în acest capitol.

La confinarea nodului participă și grinzile transversale cu schema statică de consolă.

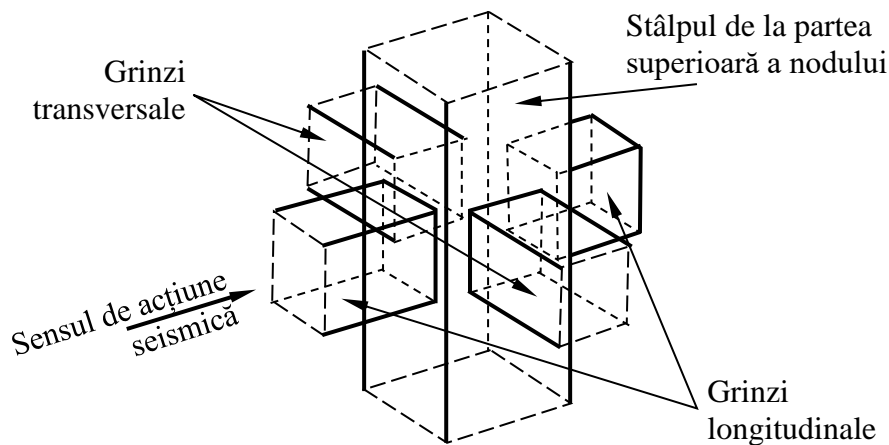


Figura 5.1 Notății pentru interpretarea prevederilor de la [5.1.3](#)

(2) Un nod grindă stâlp se consideră confinat prin efectul stâlpilor care intră în nod dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

- de la fața superioară a nodului, stâlpul se dezvoltă pe o lungime mai mare decât înălțimea secțiunii sale transversale;
- stâlpul de la partea superioară îndeplinește condițiile minime pentru zona critică a componentelor seismice principale date în acest capitol;
- secțiunea transversală a stâlpului de deasupra nodului îndeplinește condițiile din această reglementare tehnică privind reducerea secțiunilor de la un nivel la altul.

La confinarea nodului participă și extensiile stâlpilor de deasupra nodurilor.

(3) Un nod grindă stâlp se consideră confinat prin efectul grinzilor longitudinale care intră în nod pe direcția de acțiune seismică dacă sunt îndeplinite cumulativ următoarele condiții:

(a) de la ambele fețe ale nodului, grinzile longitudinale se dezvoltă pe o lungime mai mare decât înălțimea secțiunii transversale a lor;

(b) 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.

(4) Valoarea de proiectare a capacității de rezistență la forță tăietoare corespunzătoare zdrobiri betonului din diagonala comprimată se determină cu relațiile:

(a) Pentru noduri confinate prin efectul stâlpilor, al grinzilor longitudinale și transversale care intră în nod:

$$V_{Rd} = 1,75b_jh_j\sqrt{f_{cd}} \quad (5.9)$$

(b) 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:

$$V_{Rd} = 1,25b_jh_j\sqrt{f_{cd}} \quad (5.10)$$

(c) Pentru noduri confinate numai prin efectul stâlpilor, grinzilor longitudinale sau grinzilor transversale care intră în nod:

$$V_{Rd} = 1,00b_jh_j\sqrt{f_{cd}} \quad (5.11)$$

(d) Pentru noduri neconfinate prin efectul stâlpilor și grinzilor care intră în nod:

$$V_{Rd} = 0,75b_jh_j\sqrt{f_{cd}} \quad (5.12)$$

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:

$$b_j = \min(b_c; b_w + 0,5h_j; b_w + 2x) \quad (5.13)$$

b_w lățimea minimă a inimii grinzilor aliniată cu direcția de acțiune seismică;

b_c dimensiunea secțiunii transversale a stâlpului măsurată perpendicular pe axul grinzii;

x 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.

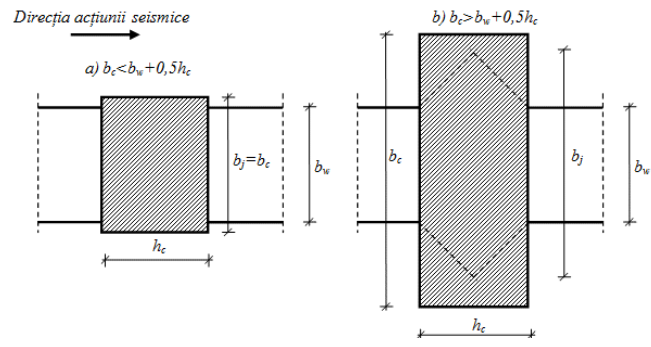


Figura 5.2 Stabilirea lățimii de proiectare a nodului

6. Alcătuire și armare

- (1) Componentele structurale principale se realizează astfel încât să îndeplinească condițiile alcătuirii și armării date în acest paragraf.
- (2) 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 și stâlpi, indiferent de clasa de ductilitate.
- (3) Prevederile privind calitatea materialelor, alcătuirea și armarea componentelor structurale principale se stabilesc diferențiat pentru:
 - (a) zone critice;
 - (b) zone curențe.
- (4) 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.

6.1. Calitatea materialelor

6.1.1. Beton

- (1) Valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului din componentele structurale principale îndeplinește condiția:

$$25 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCH} \quad (6.1)$$

$$20 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCM} \quad (6.2)$$

$$20 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \text{ pentru DCL} \quad (6.3)$$

- (2) La alegerea calității betonului se iau în considerare și cerințele specifice privind durabilitatea date în reglementările tehnice specifice.
- (3) Elementele de beton se realizează cu îndeplinirea prevederilor din reglementările tehnice NE012/1 și NE012/2.

6.1.2. Oțel

- (1) Componentele structurale se armează cu bare de oțel de clasă B sau C, conform clasificării date în SR EN 1992-1-1, astfel:
 - (a) în zonele critice ale componentelor structurale principale proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM se utilizează exclusiv oțeluri de clasă C.
 - (b) în zonele curențe ale componentelor structurale principale proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, în componentele structurale principale proiectate pentru clasa de ductilitate DCL și în componentele structurale secundare se utilizează oțel din clasa B sau C.
- (2) Valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului din componentele structurale principale îndeplinește condiția:

$$400 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yk} \leq 500 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCH și DCM} \quad (6.4)$$

$$400 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yk} \leq 600 \text{ N/mm}^2 \text{ pentru DCL} \quad (6.5)$$

(3) 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:

$$1,00 \leq f_{yk,act}/f_{yk} \leq 1,10 \quad (6.6)$$

unde valoarea caracteristică efectivă a limitei de curgere a oțelului este determinată prin încercări pe șarjele de la turnare.

(4) Componentele structurale principale se armează numai cu bare din oțel profilat.

6.2. Secțiunea de beton

6.2.1. Grinzi

(1) Înălțimea secțiunii transversale a grinzilor, h_w , îndeplinește condițiile:

$$l_{cl}/16 \leq h_w \leq l_{cl}/4 \text{ pentru DCH} \quad (6.7)$$

$$l_{cl}/16 \leq h_w \leq l_{cl}/3 \text{ pentru DCM} \quad (6.8)$$

unde l_{cl} este deschiderea liberă a grinzii.

(2) Lățimea secțiunii transversale a grinzii îndeplinește condițiile:

$$b_w \geq h_w/3 \text{ și } b_w \geq 250 \text{ mm pentru DCH} \quad (6.9)$$

$$b_w \geq h_w/4 \text{ și } b_w \geq 200 \text{ mm pentru DCM} \quad (6.10)$$

unde h_w este înălțimea secțiunii transversale a grinzii.

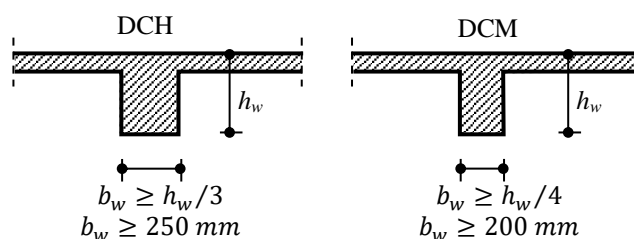


Figura 6.1 Lățimea minimă a secțiunii transversale a grinzilor

(3) În cazul nodurilor grindă-stâlp, raportul dintre 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:

(a) 1/4 pentru DCH,

(b) 1/3 pentru DCM.

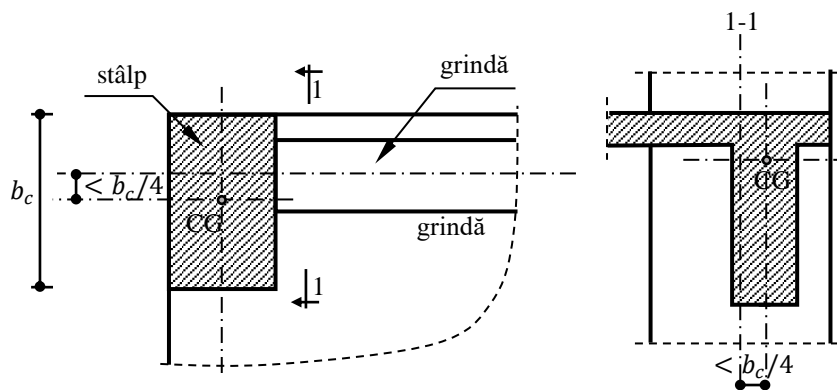


Figura 6.2 Reprezentare exemplificativă privind limitarea excentricității orizontale grindă-stâlp pentru clasa de ductilitate DCH

(4) Dacă se realizează o extensie a grinzii dincolo de fața exterioară a stâlpului, pentru a îmbunătăți condițiile de ancoraj ale barelor longitudinale ale grinzii într-un nod de capăt și pentru a crește capacitatea de rezistență a nodului la forță tăietoare, lungimea acesteia este mai mare sau egală cu h_w . Secțiunea transversală a extensiei este congruentă cu secțiunea transversală a grinzii, cu sau fără considerarea plăcii, și se va arma pe toată lungimea.

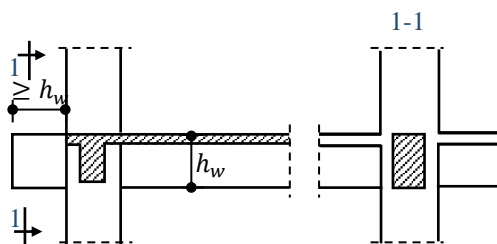


Figura 6.3 Extensia grinzilor la nodurile de capăt

6.2.2. Stâlpi

- (1) Dimensiunile secțiunii transversale ale stâlpului sunt mai mari sau egale cu 300 mm.
- (2) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH și DCM, pe fiecare direcție orizontală ortogonală, este îndeplinită condiția:

$$\frac{l_{cl}}{h_c} \geq 2,5 \quad (6.11)$$

unde:

l_{cl} înălțimea liberă a stâlpului;

h_c înălțimea secțiunii transversale a stâlpului, care reprezintă dimensiunea secțiunii transversale măsurată în direcția de calcul.

- (3) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, stâlpii au secțiunea transversală de formă dreptunghiulară, circulară sau poligon regulat cu numărul laturilor mai mare sau egal cu 4.
- (4) Raportul dintre cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale a stâlpului și dimensiunea măsurată pe direcție perpendiculară este mai mic sau egal cu:

- (a) 2,5 pentru DCH;
- (b) 4,0 pentru DCM și DCL.

Pentru aplicarea acestei prevederi, în cazul secțiunilor transversale de formă concavă, cea mai mare și cea mai mică dimensiune ale secțiunii transversale se stabilesc pe baza formei înfășurătorii poligonale convexe a secțiunii.

(5) Pentru fiecare latură a secțiunii transversale, raportul dintre dimensiunea totală a secțiunii transversale măsurată perpendicular pe această latură și lungimea laturii este mai mic sau egal cu 4.

(6) Efortul axial mediu normalizat în oricare combinație seismică de proiectare, v_d , îndeplinește condiția:

$$v_d \leq 0,45 \text{ pentru DCH} \quad (6.12)$$

$$v_d \leq 0,50 \text{ pentru DCM} \quad (6.13)$$

(7) În cazul clădirilor etajate, la care secțiunea transversală a unui stâlp variază de la un etaj la altul, proiecția în plan orizontal a secțiunii transversale a stâlpului de la nivelul superior este interioară, la limită tangență, secțiunii transversale a stâlpului de la nivelul inferior.

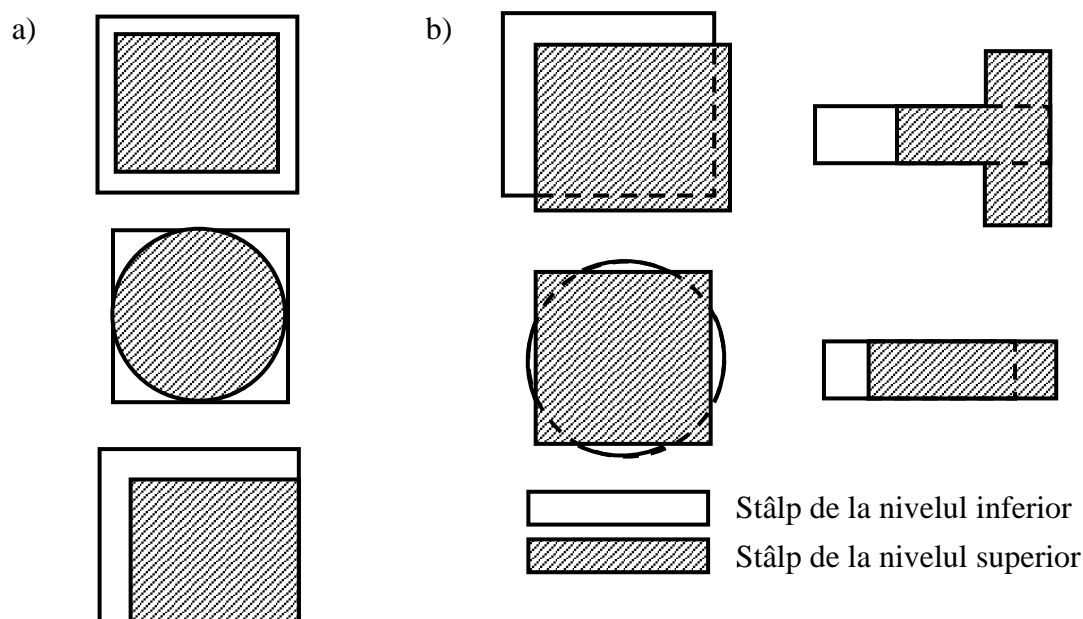


Figura 6.4 Reprezentare exemplificativă: poziționări permise (a) și nepermise (b) ale secțiunii transversale a stâlpului de la nivelul superior față de cea de la nivelul inferior

(8) Dacă se realizează o extensie a stâlpului peste cota feței superioare a grinzilor care intră în nod, pentru a îmbunătăți condițiile de ancoraj ale barelor longitudinale ale stâlpului în nodul de la partea de sus a structurii și a crește capacitatea de rezistență a nodului la forță tăietoare, lungimea acestuia este mai mare sau egală cu h_c . Secțiunea transversală a extensiei este congruentă cu secțiunea transversală a stâlpului și se armează pe toată înălțimea.

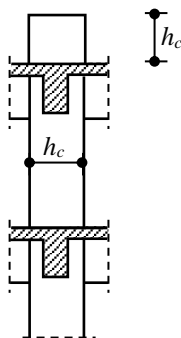


Figura 6.5 Extensia stâlpilor la ultimul nivel

6.2.3. Noduri grindă-stâlp

(1) Proiecțiile 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.

6.2.4. Diafragme

(1) Se aplică prevederile P 100-1.

6.2.5. Infrastructuri și fundații

(1) Fundațiile de suprafață se realizează conform prevederilor reglementării tehnice NP 112 și prevederilor suplimentare date în acest paragraf.

(2) Fundațiile stâlpilor de tip bloc și cuzinet sau talpă se leagă între ele prin grinzi de echilibrare. Grinzile de echilibrare respectă condițiile de alcătuire și armare pentru grinzi date în această reglementare tehnică. Fac excepție, fundațiile stâlpilor halelor parter alcătuită din elemente prefabricate care se pot realiza ca fundații izolate.

(3) Grinzile de echilibrare și/sau grinzi de fundare se dispun astfel încât asigură conectarea părții de jos a stâlpilor și/sau pereților pe două direcții orizontale ortogonale.

(4) 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 acestuia pe stratul suport.

(5) Elementele structurale așezate în plan orizontal de la partea de jos a stâlpilor, situate sub secțiunea de încastrare convențională, sunt amplasate astfel încât se evită formarea de stâlpi scurți, care nu respectă condiția dată la [6.2.2 \(2\)](#).

(6) În cazul clădirilor cu niveluri subterane, grosimea plăcii planșeului de transfer, situat imediat sub secțiunea de încastrare convențională, este mai mare sau egală cu 150 mm.

(7) În cazul nivelurilor subterane, pereții de subsol perimetrali din beton armat au grosimea inimii mai mare sau egală cu 200 mm.

(8) Grinzile de fundare și tălpile de legătură între fundații au secțiunea mai mare sau egală cu decât de 0,25 x 0,50 m, pentru clădiri cu până la 5 etaje, și 0,30 x 0,60 m, pentru clădiri cu mai mult de cinci etaje.

(9) Radierul are grosimea mai mare sau egală cu 40 cm.

6.3. Armarea

6.3.1. Grinzi

- (1) Armarea grinzilor îndeplinește condițiile date la 6.3.1.2 și 6.3.1.3 pentru zone critice și zone curente.
- (2) Zonele de la extremitățile grinzilor cu lungimea $l_{cr}=1,50h_w$, 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 cazul combinației seismice de proiectare, sunt zone critice.

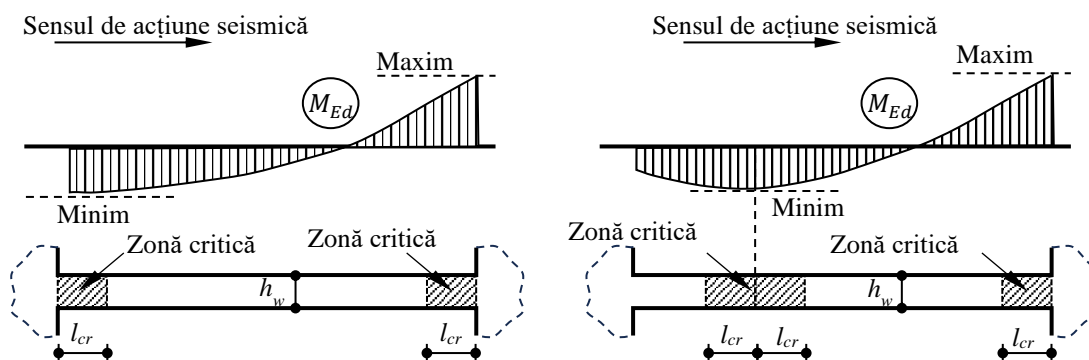


Figura 6.6 Stabilirea zonelor critice pentru două forme ale diagramei de moment încovoietor în grindă

6.3.1.2. Armarea longitudinală

- (1) Armătura longitudinală din grinzi se dispune astfel încât să se asigure îndeplinirea condiției de rezistență la moment încovoietor și forță tăietoare, conform 3.3.1.1.
- (2) Armătura longitudinală stabilită conform prevederilor acestui paragraf este dispusă în inima grinzii.
- (3) Coeficientul de armare longitudinală din zona întinsă, ρ , pe toată deschiderea grinzii, îndeplinește condiția:

$$0,5(f_{ctm}/f_{yk}) \leq \rho \leq 0,02 \quad (6.14)$$

unde:

f_{ctm} valoarea medie a rezistenței la întindere a betonului;

f_{yk} valoarea caracteristică a limitei de curgere a oțelului;

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (6.15)$$

A_s aria de armătură longitudinală întinsă a grinzii;

b lățimea inimii grinzii;

d înălțimea utilă a secțiunii transversale a grinzii.

- (4) Armăturile longitudinale întinse și comprimate sunt dimensionate astfel încât înălțimea zonei comprimate cauzată de încovoiere în stadiul ultim, x_u , îndeplinește condiția:

$$x_u \leq 0,25d \quad (6.16)$$

La calculul lui x_u se poate ține seama și de contribuția armăturilor din zona comprimată.

- (5) Grinzile sunt armate longitudinal continuu, pe toată deschiderea, astfel:
 - (a) la partea de sus și de jos a grinzilor sunt prevăzute cel puțin câte două bare cu diametrul mai mare sau egal cu 14 mm;
 - (b) cel puțin un sfert din armătura din zona întinsă a grinzilor din secțiunea de moment maxim se prevede continuă pe toată lungimea grinzii.
- (6) Pe toată lungimea grinzii, se dispune armătură în zona comprimată cu o arie cel puțin egală cu jumătate din aria de armătură din zona întinsă.
- (7) În cazul armării grinzii la partea întinsă cu bare de diametre diferite, la colțurile secțiunii transversale a inimii grinzii se dispun barele cu diametrul cel mai mare.

6.3.1.3. Armarea transversală

- (1) Armătura transversală din grinzi asigură îndeplinirea condiției de rezistență la forță tăietoare, conform [3.3.1.1.](#)
- (2) Pentru armarea transversală se utilizează etrieri închiși, realizați din bare de oțel cu diametrul mai mare sau egal cu 8 mm.
- (3) Armăturile transversale din zonele critice ale grinzilor sunt prevăzute cu cârlige cu lungimea $10d_{bw}$ îndoite la un unghi de 135° , unde d_{bw} este diametrul armăturilor.
- (4) Distanța dintre capătul grinzii și primul etrier este mai mică sau egală cu 50 mm.
- (5) Distanța dintre etrieri, în zona critică, îndeplinește condiția:

$$s \leq \min \{h_w/4; 150 \text{ mm}; 7d_{bL}\} \text{ pentru DCH și DCM} \quad (6.17)$$

unde d_{bL} este diametrul minim al armăturilor longitudinale.

- (6) La capătul unei grinzi, se dispun armături înclinate pe două direcții, care fac un unghi de 45° cu axul longitudinal al grinzii, în situațiile în care sunt îndeplinite cumulativ condițiile:

$$\zeta = \frac{V_{Ed,min}}{V_{Ed,max}} \leq -0,5 \quad (6.18)$$

și

$$\frac{\max(|V_{Ed,min}|, |V_{Ed,max}|)}{b_w d f_{ctd}} \geq 2 + \zeta \quad (6.19)$$

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.

(7) Armăturile înclinate dispuse conform (6) îndeplinesc condiția:

$$2A_{si}f_{yd}\sin\alpha \geq \max(|V_{Ed,min}|, |V_{Ed,max}|) \quad (6.20)$$

unde

A_{si} aria armăturii înclinate dispuse pe una din cele două direcții;

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.

(8) Armăturile înclinate stabilite conform (6) se dispun suplimentar față de armăturile transversale stabilite conform 4.1.2.3 (2) și 5.1.1.2.

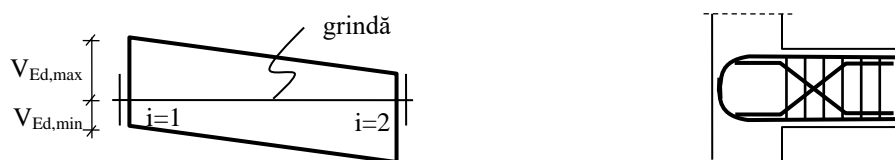


Figura 6.7 Reprezentare informativă privind semnificația mărimilor $V_{Ed,max}$ și $V_{Ed,min}$ și modul de dispunere a armăturii înclinate în zona critică a grinzilor

(9) În zonele critice ale grinzilor, la fața superioară și la fața inferioară, distanța dintre armăturile longitudinale consecutive legate la colțul unui etrier sau unei agrafe este mai mică sau egală cu 200 mm pentru DCH.

(10) În zonele curente este dispusă o cantitate de etrieri cel puțin egală cu jumătate din cea din zona critică.

6.3.2. Stâlpi

(1) Armarea stâlpilor îndeplinește condițiile date la 6.3.2.2 și 6.3.2.3 pentru zone critice și zone curente.

(2) 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.

(3) Lungimea fiecărei zone critice, l_{cr} , îndeplinește condițiile:

(a) pentru zonele critice de la partea de jos a stâlpilor de la fiecare nivel:

$$l_{cr} \geq \max \{1,5h_c; l_{cl}/6; 600 \text{ mm}\} \text{ pentru DCH} \quad (6.21)$$

$$l_{cr} \geq \max \{h_c; l_{cl}/6; 450 \text{ mm}\} \text{ pentru DCM} \quad (6.22)$$

(b) pentru zonele critice de la partea de sus a stâlpilor de la fiecare nivel:

$$l_{cr} \geq \max \{h_c; l_{cl}/6; 600 \text{ mm}\} \text{ pentru DCH} \quad (6.23)$$

$$l_{cr} \geq \max \{h_c; l_{cl}/6; 450 \text{ mm}\} \text{ pentru DCM} \quad (6.24)$$

unde

h_c cea mai mare dimensiune a secțiunii transversale a stâlpului;

l_{cl} înălțimea liberă a stâlpului la nivelul considerat.

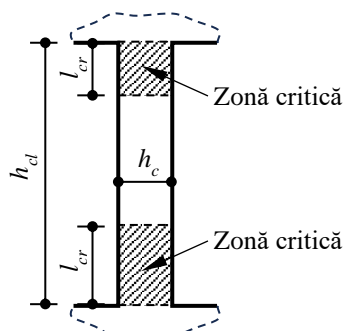


Figura 6.8 Stabilirea zonelor critice la stâlpi

(4) Dacă la un anumit nivel $l_{cl}/h_c \leq 3$, întreaga lungime a stâlpului se consideră zonă critică.

(5) În plus față de zonele critice stabilite conform prevederilor de la (2), (3) și (4), în cazul stâlpilor care mărginesc componente nestructurale de tipul pereților de zidărie se consideră zonă critică întreaga lungime a stâlpilor dacă:

- (a) peretele de zidărie este prevăzut cu un gol care este adiacent stâlpului;
- (b) pereții de zidărie sunt adiacenți numai pe una sau două laturi alăturate ale stâlpului.

(6) 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.

(7) În interiorul zonelor critice sunt prevăzuți 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 [6.3.2.2](#) și [6.3.2.3](#).

6.3.2.2. Armarea longitudinală

(1) Armătura longitudinală din stâlpi asigură îndeplinirea condiției de rezistență la moment încovoietor și forță tăietoare, conform [3.3.1.1](#).

(2) Coeficientul de armare longitudinală totală, ρ_t , pe toată lungimea stâlpului, îndeplinește condiția:

$$0,01 \leq \rho_t \leq 0,04 \text{ pentru DCH și DCM} \quad (6.25)$$

unde

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c} \quad (6.26)$$

A_{st} aria de armătură longitudinală totală din secțiunea transversală a stâlpului;

A_c aria secțiunii transversale a stâlpului.

- (3) Între armăturile longitudinale din colțurile secțiunii transversale este prevăzută, pe fiecare latură, cel puțin o bară longitudinală intermediară.

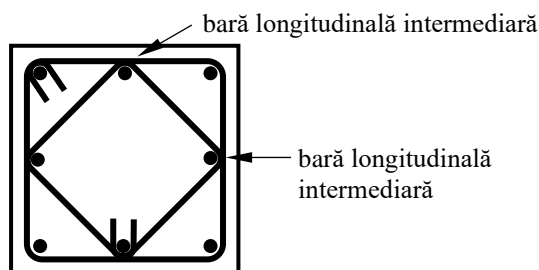


Figura 6.9

- (4) În cazul stâlpilor armați transversal cu fretă sau etrieri circulari se dispun minim șase bare longitudinale pe perimetru.

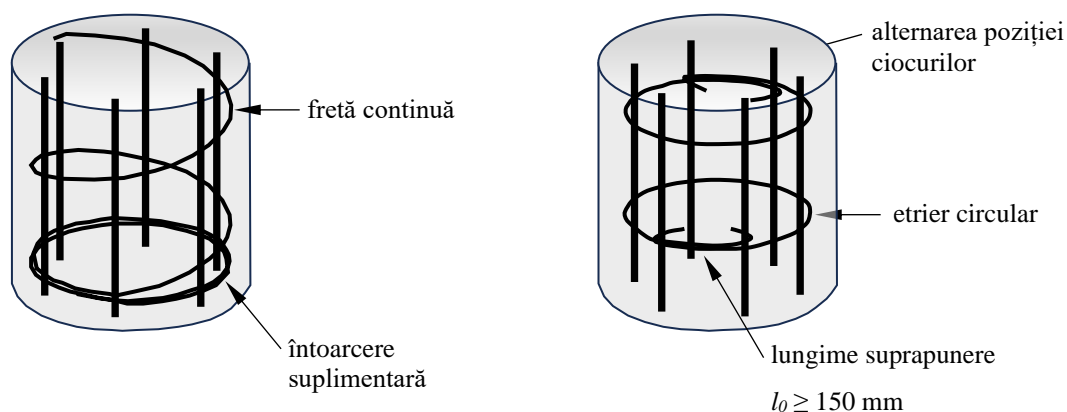


Figura 6.10

- (5) În cazul clădirilor proiectate pentru clasa de ductilitate DCH, diametrul barelor de armătură se stabilește astfel încât lungimea de suprapunere a armăturilor longitudinale să fie mai mică decât $h_s/2$.

6.3.2.3. Armarea transversală

- (1) Armătura transversală din stâlpi asigură îndeplinirea condiției de rezistență la forță tăietoare, conform [3.3.1.1](#).
- (2) Pentru armarea transversală se utilizează etrieri închiși și agrafe, realizați din bare de oțel cu diametrul mai mare sau egal cu 8 mm.
- (3) Armăturile transversale din zonele critice ale stâlpilor sunt prevăzute cu cârlige cu lungimea $10d_{bw}$ îndoite la un unghi de 135° .
- (4) În zonele critice de la baza stâlpilor, imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională, pe ambele direcții orizontale principale, armătura transversală îndeplinește condițiile:

$$\rho_w \geq 0,005 \text{ pentru DCH} \quad (6.27)$$

$$\rho_w \geq 0,0035 \text{ pentru DCM} \quad (6.28)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,12 \text{ pentru DCH} \quad (6.29)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,08 \text{ pentru DCM} \quad (6.30)$$

unde:

ρ_w coeficientul de armare transversală;

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} \quad (6.31)$$

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.

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumul etrierilor de confinare } f_{yd}}{\text{volumul miezului de beton confinat } f_{cd}} \quad (6.32)$$

f_{yd} valoarea de proiectare a limitei de curgere a oțelului;

f_{cd} valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune a betonului.

(5) În toate zonele critice cu excepția celor menționate la (4), pe ambele direcții horizontale principale, armătura transversală îndeplinește condițiile:

$$\rho_w \geq 0,0035 \text{ pentru DCH} \quad (6.33)$$

$$\rho_w \geq 0,0025 \text{ pentru DCM} \quad (6.34)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,08 \text{ pentru DCH} \quad (6.35)$$

$$\omega_{wd} \geq 0,06 \text{ pentru DCM} \quad (6.36)$$

(6) Distanța dintre etrieri în zonele critice ale stâlpului îndeplinește condițiile:

$$s \leq \min (b_0/3; 125 \text{ mm}; 7d_{bL}) \text{ pentru DCH} \quad (6.37)$$

$$s \leq \min (b_0/2; 175 \text{ mm}; 8d_{bL}) \text{ pentru DCM} \quad (6.38)$$

unde

b_0 latura minimă a secțiunii utile (situată la interiorul etrierului perimetral)

d_{bL} diametrul minim al barelor longitudinale.

(7) Distanța dintre etrieri în zona critică situată imediat deasupra secțiunii de încastrare convențională îndeplinește condiția:

$$s \leq \min (b_0/3; 125 \text{ mm}; 6d_{bL}) \text{ pentru DCH} \quad (6.39)$$

(8) Distanța în secțiunea transversală dintre barele longitudinale consecutive aflate la colțul unui etrier sau prinse cu agrafe este mai mică de 200 mm pentru DCH și 250 mm pentru DCM.

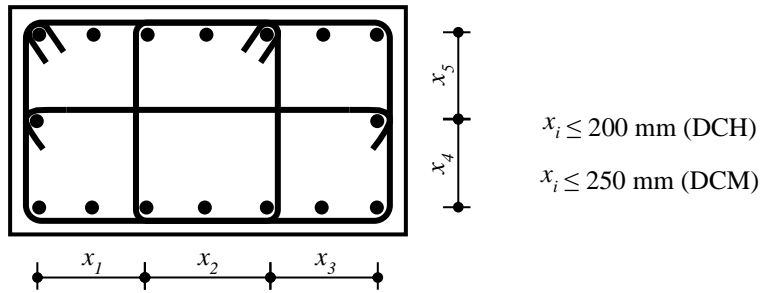


Figura 6.11

(9) Dacă, în vederea îndeplinirii condiției de la (1), (4) și (5) se utilizează mai multe tipuri de armături transversale, cum sunt etrieri sau agrafe cu diferite configurații geometrice, condițiile de la (6) și (7) se aplică distinct pentru fiecare tip de armătură transversală în parte.

(10) 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 și pe o distanță egală cu jumătate din lungimea acesteia.

(11) 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.

(12) În zonele curente este prevăzută o cantitate de armătură transversală cel puțin egală cu jumătate din cea din zona critică.

(13) 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 $1,5h_c$, se dispun armături înclinate la $\pm 45^\circ$ față de axul longitudinal stâlpului, care îndeplinesc condiția:

$$2A_{si}f_{yd}\sin\alpha \geq \max(|V_{Ed,min}|, |V_{Ed,max}|) \quad (6.40)$$

unde

A_{si} aria armăturii înclinate dispuse pe una din cele două direcții;

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.

$V_{Ed,min}, V_{Ed,max}$ valorile de proiectare ale forțelor tăietoare minime și maxime care se mobilizează în stâlp;

Armăturile înclinate se dispun suplimentar față de armăturile transversale dispuse conform prevederilor (2)..(12)

6.3.3. Noduri grindă-stâlp

(1) Armătura verticală și orizontală din nodurile grindă stâlp ale componentelor seismice principale îndeplinește prevederile date în acest paragraf.

(2) Armătura orizontală în noduri se dispune sub formă de etrieri sau agrafe așezate în plan orizontal.

(3) 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.

(4) Aria totală de armătură orizontală din nod, A_{sh} , îndeplinește condițiile:

(a) la toate nodurile cu excepția celor de capăt:

$$A_{sh} \geq 0,8(A_{s1} + A_{s2})(1 - 0,8v_d) \quad (6.41)$$

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 funcție de sensul acțiunii seismice;

v_d valoarea de proiectare a efortului axial mediu normalizat din stâlpul de la partea de jos a nodului;

(b) la noduri de capăt:

$$A_{sh} \geq 0,8A_{s2}(1 - 0,8v_d) \quad (6.42)$$

unde

A_{s2} aria armăturilor întinse ale grinzii care intră în nod în direcția considerată a acțiunii seismice, stabilite funcție de sensul acțiunii seismice.

(5) În cazul în care pentru armarea orizontală și verticală a nodului se utilizează oțeluri de calitate diferită, cantitatea de armătură determinată conform (6.41) sau (6.42) 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.

(6) Aria totală de armătură orizontală din nod, A_{sh} , rezultată prin aplicarea relației (6.41) sau (6.42) este dispusă sub formă de etrieri închiși distribuiți uniform pe înălțimea nodului.

(7) În cazul nodurilor exterioare armătura, A_{sh} , rezultată prin aplicarea relației (6.41) sau (6.42), este majorată cu 20%.

(8) 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, la o distanță de maxim 50 mm față de etrierul perimetral.

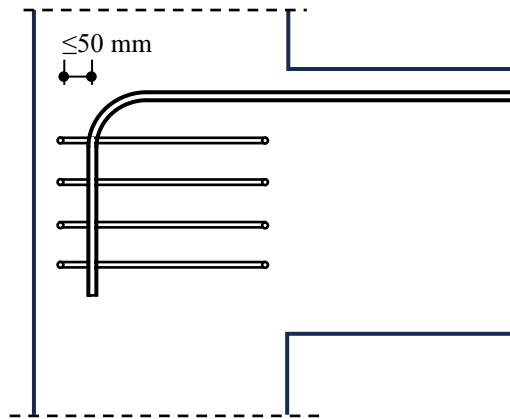


Figura 6.12 Amplasarea ciocului barelor longitudinale din grindă în raport cu etrierul nodului

(9) 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.

6.3.4. Ancorarea și înnădirea armăturilor

(1) La proiectarea ancorajelor și înnădirilor armăturilor se aplică prevederile SR EN 1992-1-1 împreună cu prevederile suplimentare date în acest paragraf.

(2) La structurile proiectate pentru DCM și DCH, armăturile sunt ancorate în afara zonelor critice. Înnădirea armăturilor se recomandă să se realizeze în afara zonelor critice.

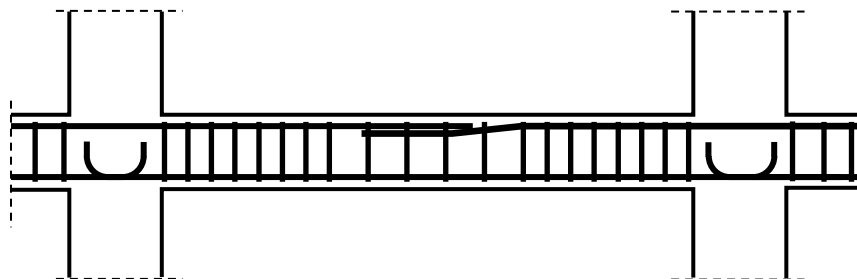


Figura 6.13 Detaliu de principiu cu ancorarea și suprapunerea armăturilor într-o grindă

(3) Înnădirile prin suprapunere ale armăturilor longitudinale ale grinzilor sunt realizate 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.

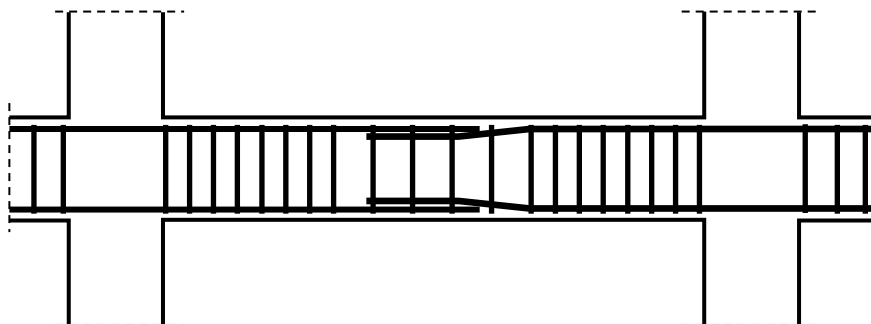


Figura 6.14 Detaliu de principiu cu suprapunerea armăturilor într-o grindă

- (4) Lungimile de ancorare sau înnădire prin suprapunere se stabilesc în acord cu prevederile SR EN 1992-1-1 în funcție de valoarea efortului care se dezvoltă în bară în situația formării mecanismului plastic de ansamblu al structurii.
- (5) 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 $1,20f_{yd}$.
- (6) Lungimea de ancorare determinată conform (4), se limitează inferior conform relației:

$$l_{bd} \geq 40\varphi \quad (6.43)$$

unde φ este diametrul barei care se ancorează.

- (7) Lungimea de înnădire determinată conform (4), se limitează inferior la valorile indicate în **Tabelul 6.1**, unde φ este diametrul barei care se înnădește. Pentru valori intermediare ale raportului dintre aria armăturilor înnădite în secțiune și aria tuturor armăturilor se realizează interpolare liniară.

Tabelul 6.1 Valori minime ale lungimii de înnădire prin suprapunere

Raportul dintre aria armăturilor înnădite în secțiune și aria tuturor armăturilor	<0,25	33%	50%	>50%
Lungimea minimă de înnădire 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 înnădește.

- (8) Dacă într-o combinație seismică de proiectare, valoarea de proiectare a forței axiale dintr-un stâlp este de întindere, lungimea de ancoraj sau înnădire prin suprapunere a armăturilor longitudinale stabilită conform SR EN 1992-1-1 se mărește cu 50%.
- (9) Forma unei bare de armătură longitudinală ancorată într-un nod grindă-stâlp este stabilită 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.

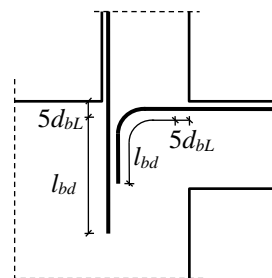


Figura 6.15 Reprezentare exemplificativă privind ancorarea armăturilor din zonele critice ale grinzilor și stâlpilor

- (10) Barele longitudinale din grinzi care sunt ancorate în nodurile grindă-stâlp sunt îndoite în interiorul carcusei stâlpului, în partea opusă față de secțiunea grinzii de la care se realizează ancorarea, pe o lungime minimă de $12d_{bL}$, unde d_{bL} este diametrul barei care ancorează.

(11) Lungimea de ancorare a armăturilor care se opresc în noduri este asigurată prin maxim o îndoire a acestora în interiorul nodului.

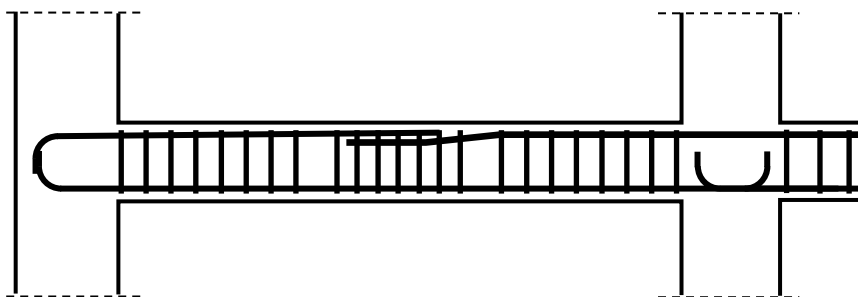


Figura 6.16 Detaliu de principiu cu ancorarea barelor longitudinale ale grinziilor în nod

(12) Armăturile longitudinale din zona critică a stâlpilor care continuă de la un nivel la altul, se duc continuu, fără întrerupere, prin nodurile grindă-stâlp.

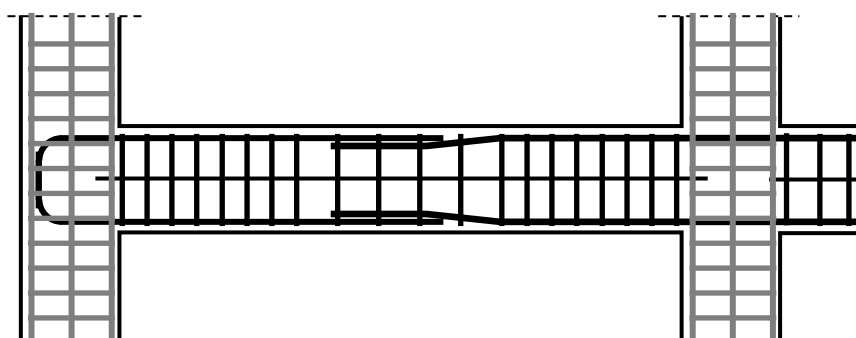


Figura 6.17 Detaliu de principiu cu armarea longitudinală a stâlpului care traversează nodul

(13) Diametrul armăturilor longitudinale ale grinziilor care trec prin nodurile grindă – stâlp îndeplinește condițiile:

(a) în cazul nodurilor interioare:

$$d_{bL} \leq 10 \frac{1 + 0,8v_d}{1 + 0,75A_{s2}/A_{s1}} \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} h_c \quad (6.44)$$

(b) în cazul nodurilor de capăt:

$$d_{bL} \leq 10(1 + 0,8v_d) \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} h_c \quad (6.45)$$

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.

- (14) În zonele critice ale stâlpilor unde se așteaptă deformații plastice semnificative, conform configurației mecanismului plastic, nu sunt realizate înnădiri prin suprapunere. În restul zonelor critice înnădirea prin suprapunere se recomandă să fie evitată.
- (15) În cazul stâlpilor proiectați pentru DCH, înnădirea prin suprapunere a barelor longitudinale ale stâlpilor se realizează în zona de mijloc a acestora, la jumătatea înălțimii libere.

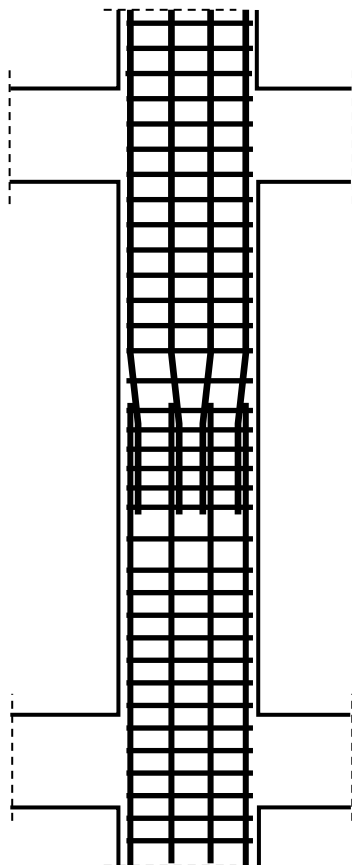


Figura 6.18 Detaliu de principiu cu ancorarea și suprapunerea armăturilor la jumătatea înălțimii libere a stâlpului

- (16) Armăturile stâlpilor și grinzilor nu sunt înnădite prin sudură pe lungimea zonelor critice ale acestor elemente.
- (17) Înnădirile prin sudură sunt proiectate la o valoare a efortului mediu unitar din bara de oțel egală cu $1,25f_{yd}$.
- (18) Dispozitivele de cuplare mecanice cap-la-cap utilizate pentru înnădirea armăturilor au agrement tehnic pentru domenii de utilizare compatibile cu clasa de ductilitate selectată, pentru solicitări seismice. Pentru clădirile proiectate pentru clasele de ductilitate DCH și DCM, dispozitivele de cuplare mecanice asigură curgerea barelor de armătură până la epuizarea capacității lor de deformare la solicitări ciclic alternante, fără cedarea îmbinării. Nu este permisă cedarea îmbinării.
- (19) La clădiri etajate, în cazul în care la armarea stâlpilor 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:

$$l_0 = 2\sqrt{A'_s/A_s} l_{bd} \leq 1,5l_{bd} \quad (6.46)$$

unde

A'_s/A_s raportul dintre aria armăturilor longitudinale care se înădlesc în secțiune și aria totală de armătură longitudinală;

l_{bd} lungimea de ancorare de bază calculată conform SR EN 1992-1-1.

(20) Distanța dintre armăturile transversale ale grinzilor sau stâlpilor în zonele de suprapunere a armăturilor longitudinale îndeplinește condiția:

$$s \leq \min\left(\frac{h}{4}, 100 \text{ mm}\right) \quad (6.47)$$

unde

h înălțimea secțiunii transversale a acestora.

(21) Aria A_{st} a secțiunii unei ramuri a armăturii transversale în zona de înădire îndeplinește condiția:

$$A_{st} \geq s \frac{d_{bL}}{50} \frac{f_{yd}}{f_{ywd}} \quad (6.48)$$

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.

6.3.5. Infrastructuri și fundații

6.3.5.1. Fundații

(1) La partea de sus și la partea de jos a grinzilor de fundare și tălpilor de legătură dintre fundații sunt prevăzute armături continue pe toată lungimea acestora.

(2) Zonele de intersecție dintre componentele structurale verticale și grinzile de fundare sau echilibrare sunt armate ca noduri grindă – stâlp.

(3) Radierul este armat cu cel puțin câte o plasă de armături de oțel la partea de sus și la partea de jos. Coeficientul minim de armare pentru fiecare dintre aceste două plase este mai mare sau egal cu 0,002.

(4) Pentru clădirile proiectate pentru clasa de ductilitate DCH sau DCM, armarea transversală a piloților în zonele critice ale acestora îndeplinește prevederile date pentru stâlpi din clasa de ductilitate DCM date în această reglementare tehnică.

(5) Lungimea zonei critice a piloților îndeplinește condiția:

$$l_{cr} \geq 2d \quad (6.49)$$

unde:

d diametrul pilotului.

Zona critică este măsurată de la capătul superior al pilotului, în jos.

În cazul în care pilotul traversează interfața a 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.

6.3.5.2. Pereți de subsol

- (1) Pereții perimetrali și interiori ai nivelurilor subterane sunt armați în direcție orizontală și verticală. Prin modul de realizare și dispunere este asigurată continuitatea armăturilor orizontale și verticale pe toată suprafața pereților.
- (2) Armătura orizontală totală distribuită în inima pereților din infrastructură corespunde unui procent de armare mai mare sau egal cu 0,30%.
- (3) Distanța dintre barele orizontale distribuite în inima pereților este mai mică sau egală cu 250 mm.
- (4) Armătura verticală totală distribuită în inima pereților din infrastructură corespunde unui procent de armare mai mare sau egal cu 0,30%.
- (5) Distanța dintre barele verticale distribuite în inima pereților este mai mică sau egală cu 350 mm.

6.3.5.3. Planșeele din infrastructură

- (1) La clădiri multietajate având unul sau mai multe niveluri subterane, plăcile de peste subsoluri sunt armate longitudinal la ambele fețe cu plase continue.
- (2) 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 $300 \text{ mm}^2/\text{m}$.

6.3.6. Alte prevederi

- (1) 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.

7. Structuri prefabricate

- (1) La proiectarea structurilor prefabricate se utilizează prevederile reglementărilor tehnice specifice împreună cu prevederile suplimentare date în această reglementare tehnică.
- (2) Prin măsurile de alcătuire a elementelor prefabricate și a îmbinărilor este realizată o comportare structurală similară cu cea a structurilor realizate monolit.
- (3) Structurile prefabricate respectă cerințele generale privind proiectarea seismică prevăzute în P 100-1, capitolul 4.
- (4) În cazul clădirilor proiectate pentru clasele de ductilitate DCH sau DCM, continuitatea elementelor prefabricate este realizată numai prin îmbinări umede de beton armat.
- (5) Armătura dispusă în zonele de îmbinare răspunde elastic la incidența cutremurului de proiectare corespunzător stării limită ultime. Pot face excepție:
 - (a) armăturile verticale ale stâlpilor care se deformează plastic ca urmare a încovoierii acestora, conform configurației mecanismului plastic, dacă este asigurată transmiterea integrală a eforturilor la incidența cutremurului de proiectare, fără degradarea îmbinării;
 - (b) armăturile orizontale ale grinzilor care se deformează plastic ca urmare a încovoierii acestora, conform configurației mecanismului plastic, dacă este asigurată transmiterea integrală a eforturilor la incidența cutremurului de proiectare, fără degradarea îmbinării.
- (6) Planșeul realizat parțial sau integral din panouri prefabricate, este conceput astfel încât să se asigure comportarea lui ca diafragmă practic infinit rigidă și rezistentă în planul ei.