MINISTERUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCȚIILOR ŞI TURISMULUI

ORDINUL Nr. 301
din 16.09.2003

pentru aprobarea reglementării tehnice „Ghid privind proiectarea îmbinărilor ductile la structuri metalice în zone seismice", indicativ GP 082-03

În conformitate cu prevederile art. 38 alin. 2 din Legea nr. 10/1995, privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare,

În temeiul prevederilor art 2 pct. 45 şi ale art. 5 alin (4) din Hotărârea Guvernului nr 740 / 2003 privind organizarea şi funcționarea Ministerului Transporturilor, Construcțiilor şi Turismului,

Având în vedere avizul nr 38/08.072003 al Comitetului Tehnic de Specialitate.

Ministrul transporturilor, construcțiilor şi turismului emite următorul

ORDIN:

Art. 1.-Se aprobă reglementarea tehnică **„Ghid privind proiectarea îmbinărilor ductile la structuri metalice în zone seismice",** indicativ GP 082-03, elaborată de INCERC, filiala Timişoara şi prevăzută în anexa[1] care face parte integrantă din prezentul ordin

Art. 2. - Prezentul ordin va fi publicat în *Monitorul Oficial al României,* Partea I

Art. 3. - Direcția Generală Tehnică va aduce la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

MINISTRU,

MIRON TUDOR MITREA

Anexa se publica în *Buletinul Construcțiilor* editat de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții şi Economia Construcțiilor – I NCERC Bucureşti

MINISTERUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCȚIILOR ŞI TURISMULUI

GHID PRIVIND PROIECTAREA ÎMBINĂRILOR DUCTILE LA STRUCTURI METALICE ÎN ZONE SEISMICE

INDICATIV GP 082-03

Elaborat de:

INCERC - Filiala Timişoara

Director: prof. dr. ing Corneliu BOB

Responsabil temă: dr mg. Graziella Mateescu

Colectiv de elaborare: ing. Adriana MOLDOVAN

Universitatea Politehnică Timişoara:

prof dr. ing. Dan DUBINĂ
conf dr ing. Daniel GRECEA
prof. dr. ing. Victor GIONCU
as ing. Aurel STRATAN
ing. Florin DINU

Avizat de:

DIRECȚIA GENERALĂ TEHNICĂ - M T C T

Director general: ing. Ion STĂNESCU

Responsabil de temă: ing. Octavian MĂNOIU

CUPRINS

1. Prevederi generale 9

1.1. Obiect şi domeniu de aplicare 9

1.2. Definiții 10

1.3. Prescripții tehnice complementare 10

1.3.1. Standarde 10

l .3.1.1. Prescripții generale 10

1.3.1.2. Încărcări ..... 1 l

1.3.1.3. Prescripții de proiectare specifice construcțiilor din oțel 11

l .3.1.4. Oțeluri pentru construcții metalice 12

1.3.1.5. Îmbinări 13

l .3.2. Alte categorii de prescripții tehnice 13

2. Tipuri de îmbinări grindă-stâlp 14

2. l. Clasificarea după modul de realizare 14

2.1.1. Îmbinări sudate 14

2.1.2. Îmbinări cu şuruburi 15

2.2. Caracterizarea îmbinărilor grindă-stâlp din punct de vedere al comportării 17

2.2.1. Condiții generale 17

2.2.2. Clasificarea după rigiditate 17
2.2.2. l. Îmbinări rigide 17
2.2.2.2. Îmbinări nominal articulate ..... ÎS
2.2.2.3. Îmbinări semirigide 18
2.2.2.4. Criterii limită de clasificare 18
2.2.3. Clasificarea după rezistență 20
2.2.3.1. Îmbinări cu rezistență totală 20
2.2.3.2. Îmbinări articulate 20
2.2.3.3. Îmbinări eu rezistență parțială 21
2.2.4. Criterii de ductilitate 21
2.2.4. l. Cerințe generale 21
2.2.4.2. Cerințe priviul materialele 2l

2.3. Modelarea îmbinărilor grindă-stâlp 22
2.3.1. Modelarea funcției de rigiditate s. i rezistență 22
2.3.2. Modelarea în funcție de ductilitate 24

3. Capacitatea de rotire a îmbinărilor grindă-stâlp 26
3.1. Caracteristicile moment rotire 26
3.2. Parametrii de comportare recomandări CIX'M 27

4. Soluții constructive pentru îmbinarea grindă-stâlp 3l
4. l. l'redimensionarea îmbinării ..... 3 l
4.1.1. l.ocalizarea articulației plastice în grindă 31
4.1.2. Momentul plastic în articulația plastică 32
4.1.3. forța tăietoare în articulația plastică 32
4. l .4. Cerințe de rezistență în secțiunile critice 32

4.2. Criterii generale pentru configurarea îmbinărilor 34
4.2.1. Grinzile cadrului 34
4.2.2. Îmbinări sudate 35
4.2.3. Plăci de continuitate 36
4.2.4. Rezistența panoului de îmbinare 38

4.3. Tipuri de îmbinări grindă-stâlp curente 39
4.3.1. Îmbinări sudate cu rezistență totală 39
4.3.1 . 1 . Îmbinare la care prinderea tălpilor grinzii se face prin sudare de talpa stâlpului: inima este prinsă cu şuruburi prin intermediul unei plăci de inimă 39
4.3 l .2. Îmbinare la care prinderea tălpilor grinzii se tace prin sudare de talpa stâlpului; inima este prinsă cu sudură prin intermediul unei plăci de inimă 41
4 . 3 . 1 .3. Îmbinare la care grinda este întărită în zona nodului 43
4.3. l .4. Îmbinare la care se reduce secțiunea grinzii pentru formarea articulației plastice în acea zonă 44
4.3.2. Îmbinări cu rezistență totală realizate cu şuruburi 46
4.3.2.1. Îmbinare realizată cu placă de capăt extinsă nerigidizată 47
4.3.2.2. Îmbinare realizată cu placă de capăt extinsă rigidizată 49

4.3.2.3. Îmbinare realizată cu plăci de prindere
a tălpilor grinzii 50
4.3.3. Îmbinări cu rezistență parțială 52
4.3.3. l. Îmbinare la care tălpile grinzii sunt
prinse de talpa stâlpului prin
intermediul unor profile *T* 52

Anexa l 55

Anexa 2 56

Anexa 3 57

Cap. 1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect şi domeniu de aplicare

Prezentul ghid se aplică la proiectarea îmbinărilor grindă-stâlp ale structurilor din oțel în cadre necontravântuite, din domeniul construcțiilor civile, industriale şi agricole. Se prezintă criterii generale de alcătuire ale nodurilor structurilor metalice, în concordanță cu normele actuale de proiectare antiseismică din România. Cu titlu informativ se prezintă unele criterii preluate din Eurocode 3. Eurocode 8 (având în vedere racordarea STAS 10108/0-78 si P 100-92 la normele europene) şi norma americană AISC 2002.

Propunerile de tipuri de îmbinări din paragraful 4.3 se bazează pe următoarele observații:

- există suficiente date teoretice şi experimentale asupra performanțelor tipurilor de îmbinări ca de exemplu mecanismul de curgere şi modul de cedare al îmbinării;
- s-au dezvoltat modele raționale pentru determinarea rezistenței asociată cu fiecare mecanism şi mod de cedare;
- fiind date proprietățile materialului şi geometria nodului se poate folosi un procedeu rațional pentru estimarea modului şi mecanismului de cedare, care controlează comportarea şi capacitatea de deformare.

Elaborat de:
INCERC- Filiala Timişoara

Aprobat de: MINISTRUL TRANSPORTURILOR. CONSTRUCȚIILOR Şl TURISMULUI,cu ordinul nr. 301 din 16.09.2001

1.2. Definiții

Prin structuri în cadre din oțel se înțeleg structurile ale căror elemente structurale sunt alcătuite din stâlpi şi grinzi din oțel, cu noduri îmbinate prin sudură sau cu şuruburi.

Prin element structural se înțelege o bară componentă a structurii (stâlp, grindă, contravântuire) realizată din profile laminate la cald cu secțiuni /sau // laminate la cald sau sudate.

Prin nod se înțelege legătura dintre două sau mai multe elemente (sau bare ale elementelor) concurente într-un punct.

Prin îmbinare se înțelege ansamblul componentelor de bază ale nodului şi mijloacele de îmbinare corespunzătoare (sudură, şuruburi).

La caracteristicile structurale, rezistență. rigiditate, ductilitate concurează toate componentele care intră în nod.

Prin ductilitate se înțelege capacitatea elementelor structurale localizate în zone disipative de a disipa energia seismică prin deformații plastice.

Prin zone disipative se înțeleg părțile unei structuri în care prin proiectare este localizată în principal capacitatea de disipare.

Prin disipare se înțelege capacitatea unei structuri sau a elementelor structurale de a prelua încărcarea seisismică prin comportare histeretică şi/sau prin alte mecanisme.

1.3. Prescripții tehnice complementare

Prezentul ghid de proiectare se va utiliza împreună cu următoarele prescripții tehnice complementare (a căror listă nu este limitativă).

1.3.1. Standarde

1.3. l. l. Prescripții generale

S'I'AS 101000-75. Principii generale de verificare a siguranței construcțiilor:

P100/2003. Cod de proiectare seismică a construcțiilor (revizuire P 100-92).

1.3.1.2. Încărcări

STAS 10101/0-75. Acțiuni în construcții. Clasificarea şi gruparea acțiunilor;

STAS 10101/OA-77. Idem. Clasificarea şi gruparea acțiunilor pentru construcții civile şi industriale:

STAS 10101/1-78. Idem. Greutăți tehnice şi încărcări permanente:

STAS 10101/2-75. Idem. Încărcări datorate procesului de exploatare:

SI AS 10101/20-90. Idem. încărcări date de vânt:

STAS 10101/21-92. Idem. încărcări date de zăpadă;

STAS 10101/2Al-87. Idem. Încărcări tehnologice din exploatare pentru construcții civile, industriale şi agrozootehnice:

STAS 10101/2A2-78. Idem. Acțiuni datorate procesului de exploatare, încărcări datorate podurilor rulante.

1.3.1.3. Prescripții de proiectare specifice construcțiilor din oțel

STAS 10103-76. Construcții din oțel. Prescripții fundamentale de calcul:

STAS l0108/0-78. Construcții civile, industriale şi agricole. Calculul elementelor din oțel:

STAS 767/0-88. Construcții civile, industriale şi agro-zootehnice. Construcții din oțel. Condiții tehnice generale de calitate.

1.3.1.4. Oţeluri pentru construcţii metalice

STAS 500/1-89. Oţeluri de uz general pentru construcţii. Condiţii tehnice generale de calitate:

STAS 500/2-80. Idem. Mărci:

STAS 500/3-80. Rezistenţe la coroziune atmosferică. Mărci;

SR EN 10027-2: 1996. Sisteme de simbolizare pentru oţeluri. Partea 1: Simbolizarea alfanumerică, simboluri principale:

SR EN 10021: 1995. Oţeluri si produse siderurgice. Condiţii tehnice generale de livrare:

SR EN 10025+A1: 1994. Produse laminate la cald din oţeluri de construcţie nealiate. Condiţii tehnice de livrare:

SR EN 10.113-1:1995. Produse laminate la cald din oţeluri de construcţie sudabile. cu granulaţie fină. Partea I: condiţii generale de livrare:

SR EN 10113-2:1995. Idem. Partea 2: Condiţii de livrare pentru oţeluri în stare normalizată/laminare normalizat:

SR EN 10113-3:1995. Idem. Partea 3:Condiţii de livrare pentru oţeluri laminate termomecanic;

SR EN 10155:1995. Oţeluri de construcţii cu rezistenţă îmbunătăţită la coroziune atmosferică. Condiţii tehnice de livrare:

SR HN 10164: 1995. Oţeluri de construcţii cu caracteristici îmbunătăţite de deformare pe direcţie perpendiculară pe suprafaţa produsului;

STAS 7194-79. Sudabilitatea oţelurilor. Elemente de bază;

SR EN 10034:1995. Profile l şi H din oţel pentru construcţii. Toleranţe de formă şi la dimensiuni:

SR EN 10051+A1: 2000. Table, benzi late şi benzi late fâşiate laminate continuu la cald. din oţeluri aliate şi nealiate. Toleranţe la dimensiuni şi de formă:

SR EN 10056-2: 1996. Corniere cu aripi egale şi cu aripi neegale de oţel pentru construcţii. Partea 2: Toleranţe de formă şi la dimensiuni;

SR EN 10002-1:1995. Materiale metalice, încercarea la tracţiune. Partea l: metodă de încercare la temperatura ambiantă;

SR EN 10045-1: 1993. Materiale metalice, încercarea la încovoiere prin şoc pe epruvete Charpy.

1.3.1.5. Îmbinări

STAS 767/2-78. Construcţii civile industriale şi agricole, îmbinări nituite şi îmbinări cu şuruburi la construcţii din oţel. Prescripţii d execuţie;

STAS 8796/4-89. Organe de asamblare de înaltă rezistenţă folosite cu pretensionare la îmbinarea structurilor din oţel;

SR EN 288-1 + Al : 1999. Specificaţia şi calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Partea I: Reguli generale pentru sudarea prin topire:

SR EN 288-2 + A1: 1999. Idem. Partea 2: Specificaţia procedurilor de sudare prin sudarea cu arc electric.

1.3.2. Alte categorii de prescripţii tehnice

GP 035 - 98. Ghid de proiectare, execuţie şi exploatare (urmărire. intervenţie) privind protecţia împotriva coroziunii a construcţiilor din oţel;

P118 - 99. Norme tehnice de proiectare şi realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului:

C133-82. Instrucțiuni tehnice prinvind îmbinarea elementelor de construcții metalice cu şuruburi de înaltă rezistență pretensionate:

C 1 5 0 - 99. Normativ privind calitatea îmbinărilor sudate din oțel ale construcțiilor civile, industriale şi agricole;

NP 042-2000. Normativ privind prescripțiile generale de proiectare. Verificarea prin calcul a elementelor de construcții metalice şi a îmbinărilor acestora.

Cap. *2.* TIPURI DE ÎMBINĂRI GRINDĂ-STÂLP

2.1. Clasificarea după modul de realizare

1l) îmbinările grindă stâlp ale structurilor în cadre metalice se realizează ca îmbinări sudate sau îmbinări cu şuruburi.

(2) În cazul în care se realizează conlucrarea cu placa planşeului, rolul conectorilor (conifere, profile T sau placă de capăt extinsă) este preluat de armătura din grindă.

2.1.1. Îmbinări sudate

Îmbinările sudate se clasifică în funcție de modul de realizare a panoului de inimă în următoarele tipuri principale (flg. 2.1):

a) nerigidizat:

b) rigidizat cu plăci de continuitate la nivelul tălpilor grinzii;

c) rigidizat cu plăci de continuitate orizontale şi pe diagonală.

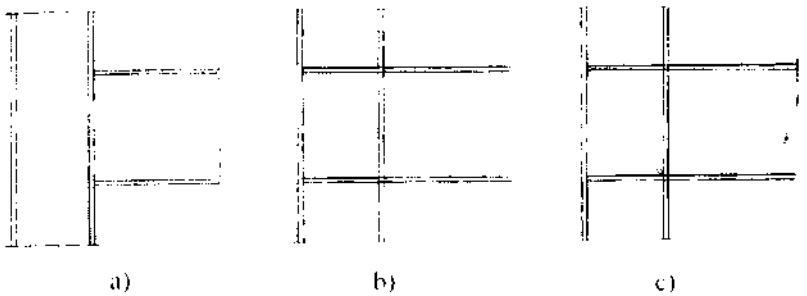


Fig. 2.1.

2.1.2. Îmbinări cu şuruburi

Îmbinările cu şuruburi se clasifică în funcție de modul de realizare a nodului în următoarele tipuri principale (fig. 2.2):

a) cu corniere, prinse cu şuruburi de tălpile grinzii;

b) cu corniere, sudate de tălpile grinzii:

c) cu profile T, prinse cu şuruburi de tălpile grinzii:

d) cu placă de capăt sudată pe grindă şi prinsă cu şuruburi de talpa stâlpului;

e) cu corniere de tălpi şi inimă, prinse cu şuruburi;

f) idem, sudate pe tălpile şi inima grinzii:

g) cu profile T prinse de tălpi şi cu corniere de inimă:

h) cu placă de capăt extinsă ;

i) cu plăci prinse cu şuruburi de tălpi şi cu corniere de inimă;

j) cu plăci sudate de tălpi şi cu corniere de inimă.

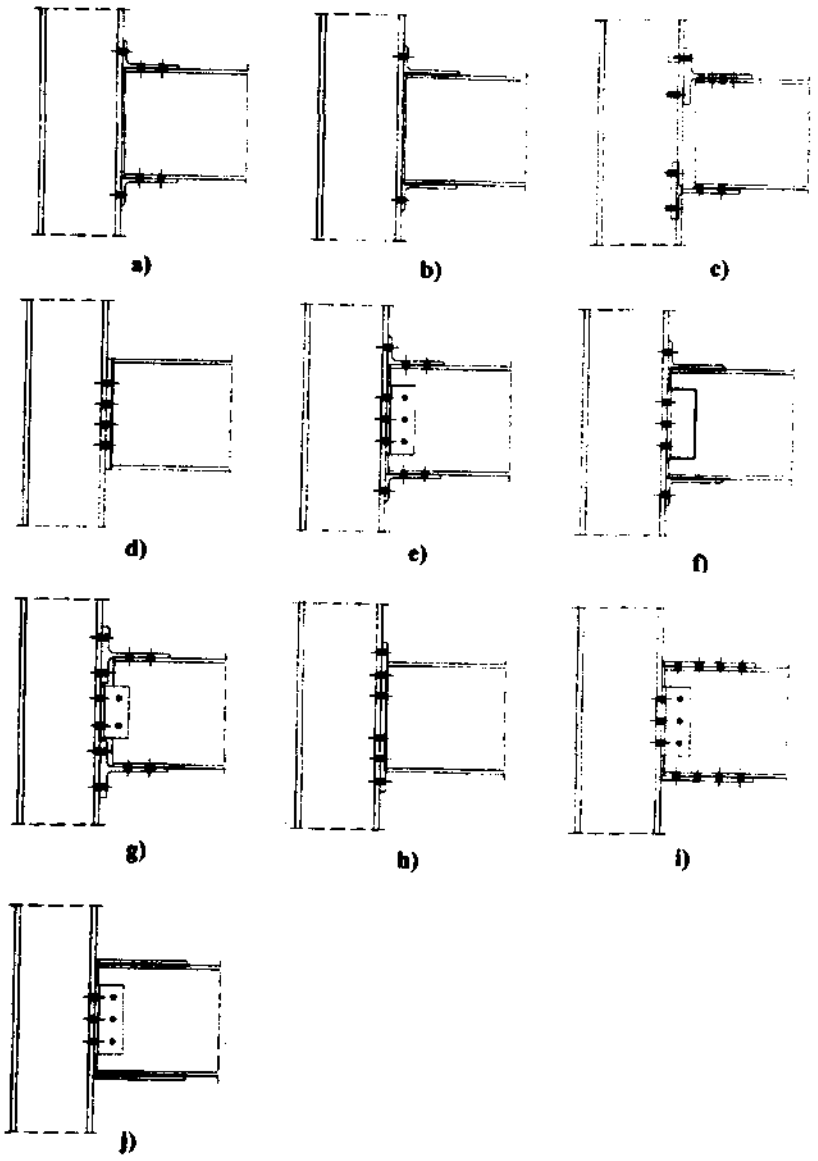


Fig. 2.2.

2.2. Caracterizarea îmbinărilor grindă-stâlp din punct de vedere al comportării

2.2.1. Condiții generale

(1) Proprietățile structurale ale tuturor îmbinărilor trebuie realizate astfel încât să fie îndeplinite ipotezele considerate în calculul structurii şi la dimensionarea elementelor.

(2) Îmbinările se caracterizează prin rigiditate, rezistență şi ductilitate.

(3) În funcție de rigiditatea inițială la rotire $S_{j\,ini}$ o îmbinare poate fi realizată rigidă, articulată sau semirigidă.

(4) În funcție de capacitatea de rezistență a unei îmbinări M_{Rd} în raport cu capacitatea de rezistență a elementelor îmbinate, o îmbi nare poate fi cu rezistență totală, articulată sau cu rezistență parțială.

(5) O îmbinare poate fi ductilă, dacă prezintă capacitate de rotire suficientă, astfel încât deformațiile structurii să nu conducă la cedarea îmbinării.

(6) Clasificarea tipurilor de îmbinări se face fie pe baza rezultatelor obținute experimental pe îmbinarea considerată, fie pe baza rezultatelor existente, pentru o îmbinare similară.

2.2.2. Clasificarea după rigiditate

2.2.2.1.Îîmbinări rigide

(1) Îmbinările considerate rigide nu au influență semnificativă asupra distribuției eforturilor din structură şi nici asupra deformațiilor generale.

(2) Denumirea „rigid" presupune că nu se produce nici o rotire relativă între elementele îmbinate, oricare ar fi nivelul solicitării.

2.2.2.2.Îmbinări nominal articulate

(1) Îmbinările considerate nominal articulate trebuie să fie capabile să transmită eforturile fără să dezvolte momente semnificative care să afecteze elementele structurii.

(2) Îmbinările nominal articulate trebuie să aibă capacitate de rotire suficientă la solicitările de calcul.

2.2.2.3. Îmbinări semirigide

(1) Îmbinări semirigide se consideră acele îmbinări care nu îndeplinesc nici criteriile pentru îmbinările rigide nici cele pentru îmbinările nominal articulate.

(2) Îmbinările semirigide trebuie să fie capabile să transmită eforturile de calcul.

2.2.2.4. Criteriile limită de clasificare

(l) Criteriile limită de clasificare ale îmbinărilor sunt prezentate în figura 2.3, în care se disting următoarele zone:

Zona I: rigid, dacă $S_{j\,ini} \geq k_h E I_h / L_h$ în care:

k_h - 8 pentru cadrele la care sistemul de contravântuiri reduce deplasarea orizontală cu cel puțin 80 %;
k_h = 25 pentru alte cadre, cu condiția ca la fiecare nivel $K_h / K_c \geq 0,1$ [1].

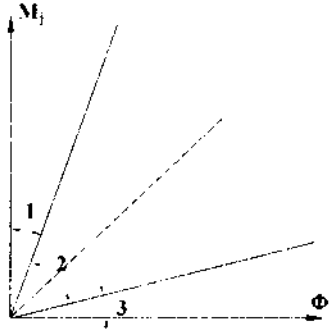
Zona 2: semirigid

Zona 3: nominal articulat, dacă $S_{lini} \leq 0,5\ EI_h / L_h$

K_h, este valoarea medie a raportului I_h / L_h pentru toate grinzile deasupra nivelului considerat;

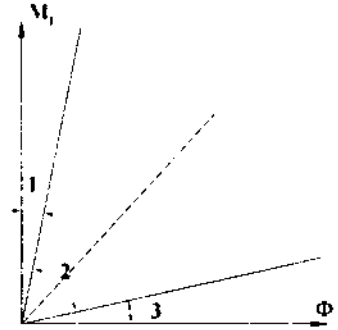
[1] Pentru cadrele la care K_h, K_i <0,1l. îmbinarea trebuie considerată semirigidă.

K_c este valoarea medie a raportului I_c / L_c pentru toți stâlpii nivelului considerat;
I_h, I_c sunt momentele de inerție ale grinzii, respectiv stâlpului;
L_h este deschiderea grinzii (între axele stâlpilor);
L_c este înălțimea de etaj a unui stâlp.



1 rigid, daca $S_{j,ini} \geq 8EI_b/L_b$
2 semirigid[1]
3 nominal articulat, dacă $S_{j,ini} \leq 0,5EI_b/L_b$

a) Cadre contravântuite



1 rigid, dacă $S_{j,ini} \geq 25EI_b/L_b$
2 semirigid[1]
3 nominal articulat, dacă $S_{j,ini} \leq 0,5EI_b/L_b$

b) Cadre necontravântuite (cu condiția ca la fiecare nivel $K_b/K_c \geq 0.1$)

K_b valoarea medie a raportului I_b/L_b pentru toate riglele de la ultimul nivel;
K_c valoarea medie a raportului I_c/L_c pentru toți stâlpii de la ultimul nivel;
I_b momentul de inerție al riglei;
I_c momentul de inerție al stâlpului;
L_b deschiderea cadrului;
L_c înaltimea de nivel.

Fig. 2.3.

[1] Toate îmbinările din zona 2 trebuie considerate ca semirigide. Îmbinările din zonele 1 și 3 pot fi considerate semirigide dacă este avantajos.

2.2.3. Clasificarea după rezistență

2.2.3.1. Îmbinări cu rezistență totală

(1) Îmbinări cu rezistență totală se consideră îmbinările ale căror moment capabil nu este mai mic decât momentul elementelor îmbinate.

(2) O îmbinare poate fi considerată cu rezistență totală dacă îndeplineşte criteriile date în figura 2.4.

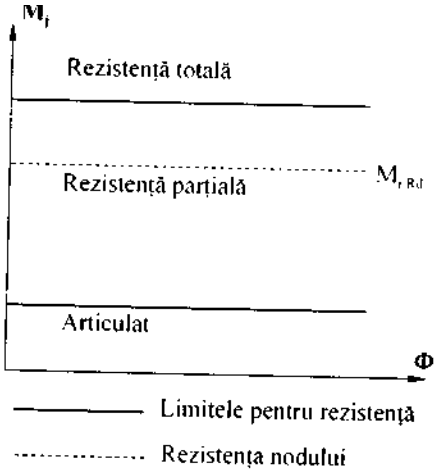


Fig. 2.4

2.2.3.2.Îmbinări articulate

(\) Îmbinări articulate se consideră îmbinările care sunt capabile să transmită eforturile fără să dezvolte momente semnificative care să afecteze elementele structurii.

(2) Capacitatea de rotire a îmbinării trebuie să fie suficientă pentru dezvoltarea articulațiilor plastice sub efectul încărcărilor de calcul.

(3) O îmbinare poate fi considerată articulată, dacă momentul capabil M_{Rd} este mai mic decât 0.25 din momentul necesar pentru îmbinarea cu rezistență totală, dar dovedeşte capacitate de rotire suficientă.

2.2.3.3.Îmbinări cu rezistență parțială

(1) Îmbinări cu rezistență parțială se consideră acele îmbinări care nu îndeplinesc criteriile pentru îmbinările cu rezistență totală sau pentru îmbinările articulate.

(2) Capacitatea de rotire a îmbinării nu trebuie să fie mai mică decât cea necesară pentru a permite formarea articulațiilor plastice sub încărcările de calcul.

2.2.4. Criteriile de ductilitate

2.2.4.1. Cerințe generale

(1) Pentru realizarea unei structuri ductile, proiectantul poate alege între două alternative:

a) fie ca zonele disipative să fie situate în afara îmbinărilor, iar acestea din urmă să fie supradimensionate într-o măsură suficientă pentru ca ele să rămână în domeniul elastic;

b) fie ca zonele disipative să fie chiar în îmbinări, a căror capacitate de rotire să fie verificată experimental sau confirmată de rezultatele din literatura de specialitate.

(2) Similar cu structurile ductile, îmbinările se clasifică în clasele de ductilitate H, M şi L (conform P100/2003).

2.2.4.2. Cerințe privind materialele

(1) Se vor respecta condițiile privind materialele din P100/2003 pct. 6.2 şi 6.5.5(4).

2.3. Modelarea îmbinărilor grindă-stâlp

2.3.1. Modelarea funcție de rigiditate şi rezistență

Luând în considerare proprietățile de rigiditate la rotire şi de rezistență există trei modele semnificative de nod:

- rigid / cu rezistență totală;
- rigid / cu rezistență parțială;
- articulat.

Ținând seama de dimensionarea economică, pentru nodurile semirigide există două modele posibile:

- semirigid / cu rezistență totală;
- semirigid / cu rezistență parțială.

În scopul simplificării modelării nodurilor se recomandă trei modele posibile pentru nodurile grindă-stâlp (tabel 2.1):

- continuu: rigid / cu rezistență totală;
- semi-continuu: rigid / cu rezistență parțială;
  semirigid /cu rezistență totală;
  semirigid / cu rezistență parțială;
- simplu: articulat.

Tabel 2.1.

Tipuri de modelare a nodurilor

Rigiditate	Rezistență		
	Rezistență totală	Rezistență parțială	Articulat
Rigid	continuu	semi-continuu	–
Semirigid	semi-continuu	semi-continuu	–
Nominal articulat	–	–	simplu

Nod continuu este nodul care asigură continuitate totală la rotire între elementele îmbinate în nod.

Nod semi-continuu se consideră nodul care asigură continuitate parțială la rotire între elementele îmbinate.

Nod simplu se consideră nodul la care nu există continuitate la rotire între elementele îmbinate.

Interpretarea care trebuie dată acestor denumiri depinde de tipul analizei structurii (tabel 2.2):

- în cazul analizei globale elastice, pentru modelare sunt relevante numai proprietățile de rigiditate ale nodului;
- în cazul analizei rigid-plastice, rolul important al nodului este de rezistență;
- în toate celelalte cazuri, modelarea depinde atât de proprietățile de rigiditate cât şi de cele de rezistență.

Tabel 2.2.

Modelarea nodului si analiza structurii

Modelare nod	Analiza structurii		
	Elastic	Rigid-plastic	Elastic-perfect plastic Elastic plastic
Continuu	rigid	rezistență totală	rigid/rezistență totală
Semi-continuu	semirigid	rezistență parțială	rigid/rezistență totală semirigid/rezistență totală semirigid/rezistență parțială
Simplu	nominal articulat	articulat	articulat

Pentru analiza structurilor sunt relevante următoarele situații (fig. 2.5):

Pentru analiza elastică globală:

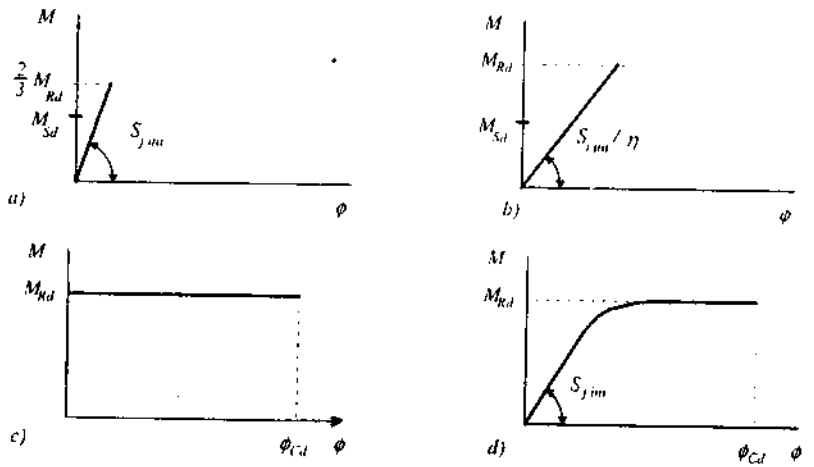
– rigiditatea inițială pentru starea limită de exploatare şi pentru verificarea de stabilitate;

– rigiditatea secantă pentru starea limită ultimă.

Pentru analiza rigid-plastică:

– dimensionarea se face pentru rezistență;

– capacitatea de rotire se verifică numai.



a) analiza elastică – starea limită de exploatare: rigiditatea inițială $S_{j,ini}$ și momentul capabil $M_{j,Rd}$;

b) analiza elastică – starea limită ultimă: rigiditatea inițială modificată $S_{j,ini}$ și momentul capabil $M_{j,Rd}$;

c) analiza rigid-plastică: momentul capabil $M_{j,Rd}$ și capacitatea de rotire ϕ_{Cd};

d) analiza elastic-plastică: curba de deformare totală.

Fig. 2.5.

Caracteristicile moment-rotire sunt detaliate în capitolul 3.

2.3.2. Modelarea în funcție de ductilitate

Luând în considerare condițiile de ductilitate impuse cadrelor metalice amplasate în zone seismice se face diferențierea între următoarele tipuri de structuri:

• *Cadre metalice speciale*, care trebuie să reziste la deformații inelastice importante din solicitarea seismică. Dimensionarea tuturor îmbinărilor grindă-stâlp trebuie să se bazeze pe rezultatele unor încercări ciclice calificate, care să demonstreze capacitatea de rotire a acestora. Încercările ciclice trebuie să cuprindă cel puțin două cicluri și să fie justificate prin:

– încercări experimentale pe noduri specifice unui anumit proiect, în concordanță cu dimensiunile elementelor, caracteristicile mecanice ale materialului, tipul de îmbinare considerat și detaliile de execuție;

– rezultatele unor încercări raportate în documente de cercetare sau teste calificate, care pot fi preluate ca atare pentru alte condiții similare.

Îmbinările grindă-stâlp testate trebuie să demonstreze că momentul capabil al îmbinării este cel puțin egal cu momentul plastic al grinzii, corespunzătoare rotirii inelastice necesare (cel puțin 0,03 radiani).

• *Cadre metalice intermediare*, care trebuie să reziste la deformații inelastice moderate din solicitarea seismică. Aceste cadre se proiectează astfel încât deformațiile inelastice induse de seism să se producă fie prin intrarea în curgere a elementelor în cazul în care îmbinările au rezistență totală, fie prin intrarea în curgere a elementelor îmbinării, la îmbinările cu rezistență parțială.

Proiectarea îmbinărilor trebuie să se bazeze pe încercări ciclice calificate. Îmbinările grindă-stâlp testate trebuie să demonstreze că momentul capabil al îmbinării este cel puțin egal cu momentul plastic al grinzii, corespunzător rotirii inelastice necesare (cel puțin 0,02 radiani).

• Cadre metalice obișnuite, care trebuie să reziste la deformații inelastice limitate din solicitarea seismică.

Îmbinările grindă-stâlp se realizează cu şuruburi sau prin sudare şi pot fi cu rezistență totală sau parțială.

Îmbinările grindă-stâlp testate trebuie să demonstreze o capacitate de rotire de cel puțin 0,01 radiani.

3. CAPACITATE DE ROTIRE A ÎMBINĂRILOR GRINDĂ-STÂLP

3.1. Caracteristicile moment- rotire

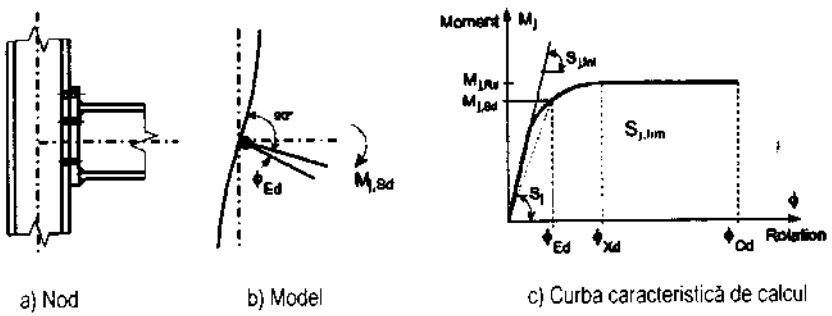
(1) Caracteristicile moment - rotire ale îmbinărilor grindă-stâlp trebuie să fie compatibile cu ipotezele considerate în analiza globală a structurii şi cu ipotezele considerate la dimensionarea elementelor.

(2) Îmbinarea poate fi reprezentată printr-un resort de rotire care uneşte axele de simetrie ale elementelor îmbinate într-un punct de intersecție (fig. 3.1a,b) pentru îmbinarea caracteristică unui stâlp marginal. Acest resort evidențiază relația de legătură dintre momentul aplicat în nod, $M_{j\,Ed}$ şi rotirea corespunzătoare $Ø_{Ed}$ dintre elementele îmbinate.

În general caracteristicile moment-rotire sunt neliniare, aşa cum se indică în figura 3. l c.

(3) Caracteristicile moment-rotire prin trei proprietăți structurale de bază:

- momentul capabil $M_{l\,Rd}$, care reprezintă valoarea maximă din curba moment-rotire;
- rigiditatea la rotire S_l, considerată în general ca rigiditate secantă;
- capacitatea de rotire $Ø_{Cd}$, care poate fi considerată rotirea maximă atinsă la valoarea momentului capabil.



a) Nod b) Model c) Curba caracteristică de calcul

Fig. 3.1.

(4) Determinarea caracteristicilor moment-rotire ale îmbinărilor grindă-stâlp trebuie să se bazeze pe metode teoretice, verificate prin încercări experimentale.

În cele ce urmează se prezintă procedeul de experimentare conform căruia trebuie efectuate determinările experimentale asupra elementelor structurilor metalice, conform Comisiei Europene de Construcții Metalice (CECM).

3.2. Parametrii de comportare - recomandări CECM

Alegerea parametrilor de comportare este importantă pentru interpretarea capacității elementului ca şi pentru compararea diferitelor încercări, în particular aceştia trebuie să permită caracterizarea evoluției ductilității, a nivelului de energie absorbit, ca şi degradarea rezistenței elementului. În acest scop Comitetul 13 ECCS a publicat recomandările de încercare pentru caracterizarea comportării elementelor metalice, sub acțiuni ciclice, cu deplasări controlate.

S-au introdus parametri adimensionali, definiți în raport cu caracteristicile elastice ale comportării statice (fig. 3.2a) permițând compararea unui ciclu de comportare reală (fig. 3.2b) cu ciclul ideal elasto-plastic de aceeaşi amplitudine (fig. 3.2c). *F* şi v din figurile

menționate reprezintă forța și deplasarea înregistrate pe parcursul încercării.

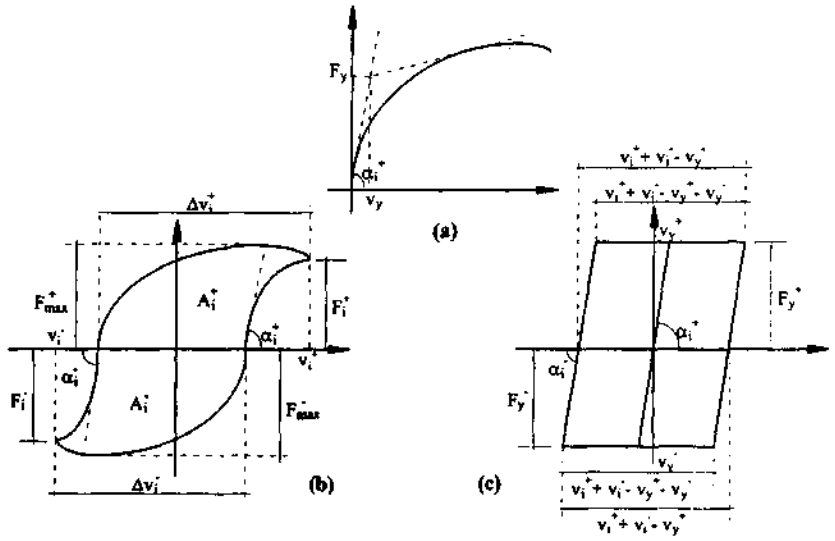


Fig. 3.2.

Încercarea se conduce pe grupuri succesive de cicluri cu valori impuse pentru deplasare, definită ca multiplu a deplasării limită elastice. Fiecare grup de cicluri cuprinde 3 cicluri de aceeași amplitudine a deplasării (fig. 3.3).

Considerând un grup *i* de cicluri se recomandă folosirea următorilor parametri:

a) *ductilitatea parțială:*

$$\mu_i^+ = \frac{v_i^+}{v_y^+}; \quad \mu_i^- = \frac{v_i^-}{v_y^-} \tag{3.1}$$

care reprezintă raportul dintre deplasarea maximă pozitivă sau negativă (în valoare absolută) și valoarea limitei elastice. Cu cât ductilitatea este mai mare, cu atât elementul este capabil să suporte deplasări care depășesc domeniul elastic.

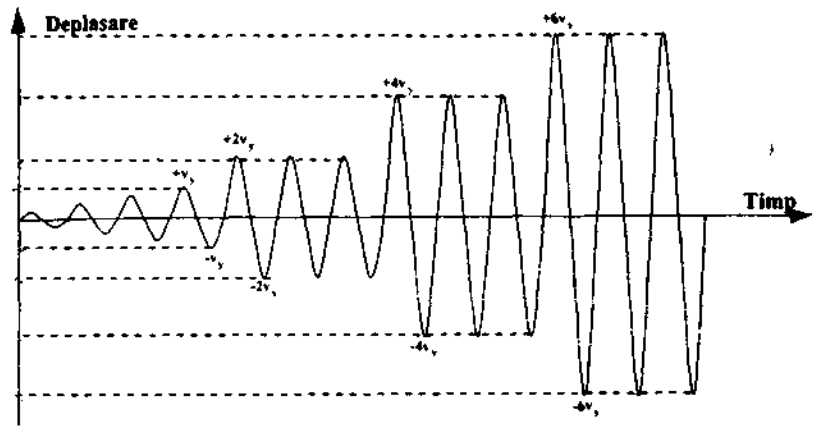


Fig. 3.3.

b) *ductilitatea totală* (ductilitatea ciclică):

$$\mu_{ct}^+ = \frac{\Delta v_i^+}{v_y^+}; \quad \mu_{ct}^- = \frac{\Delta v_i^-}{v_y^-} \tag{3.2}$$

Acest parametru reprezintă raportul între amplitudinea totală a deplasării pe parcursul fiecărui semiciclu și valoarea elastică limită. Comportarea ciclică este mai bine descrisă de acest parametru.

c) *raportul ductilităților totale:*

$$\Psi_i^+ = \frac{\Delta v_i^+}{v_i^+ - v_i^- - v_y^-}; \quad \Psi_i^- = \frac{\Delta v_i^-}{v_i^+ + v_i^- - v_y^+} \tag{3.3}$$

Acest parametru reprezintă raportul între amplitudinea totală a deplasării și valoarea corespunzătoare a deplasării pentru comportarea perfect elasto-plastică. Creșterea acestui parametru arată degradarea elementului încercat.

d) *raportul rezistențelor* (degradarea rezistenței):

$$\varepsilon_i^+ = \frac{F_i^+}{F_1^+}; \quad \varepsilon_i^- = \frac{F_i^-}{F_1^-} \tag{3.4}$$

Acest parametru reprezintă raportul dintre forța corespunzătoare deplasării maxime și forța limită elastică.

e) *raportul energiei absorbite:*

$$\eta_i^+ = \frac{A_i^+}{F_y^+ (v_i^+ + v_i^- - v_1^+ - v_1^-)}; \tag{3.5}$$

$$\eta_i^- = \frac{A_i^+}{F_1^- (v_i^+ + v_i^- - v_1^+ - v_1^-)}$$

Parametrul reprezintă raportul dintre energia absorbită într-un semiciclu real și energia corespunzătoare comportării perfect elasto-plastice.

Toți acești parametri pot fi utilizați pentru definirea stării ultime care corespunde sfârșitului încercării, marcată fie prin o degradare avansată a rezistenței, fie printr-o diminuare importantă a disipării de energie.

4. SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU ÎMBINAREA GRINDĂ-STÂLP

4.1. Predimensionarea îmbinării

4.1.1. Localizarea articulației plastice în grinda

Configurarea îmbinării trebuie să fie compatibilă cu sistemul structural ales și cu dimensiunile elementelor structurale.

Pe baza datelor prezentate în tabelele 4.2 - 4.5; 4.7 - 4.9 și 4.11 sau din datele obținute dintr-un program experimental asupra tipului de îmbinare considerat, trebuie localizată articulația plastică preconizată a se forma în grindă (fig. 4. l).

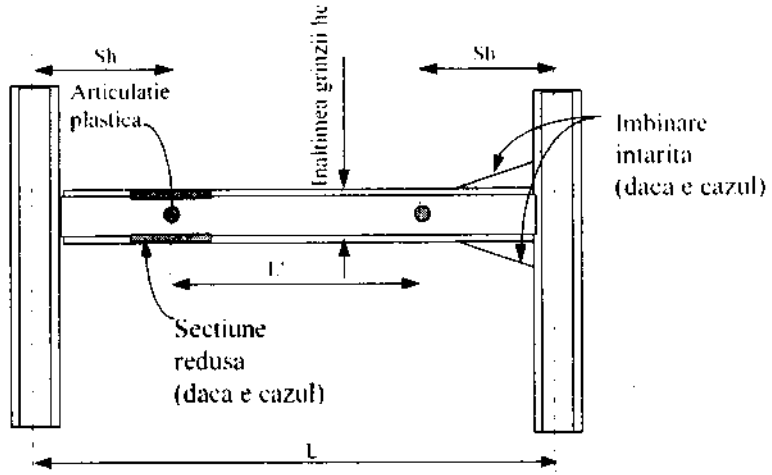


Fig. 4.1.

Localizarea articulației plastice, indicată prin distanța S_h este valabilă numai pentru cadrele la care încărcarea verticală pe grinzi este limitată, și anume dacă momentul din încărcarea verticală este mai mic decât 30 % din momentul capabil al grinzii. La încărcări mai

mari, poziția articulației plastice se schimbă și trebuie determinată printr-un calcul plastic.

4.1.2. Momentul plastic din articulația plastică

În cazul îmbinării cu rezistență totală momentul plastic maxim probabil din articulația plastică, M_{pr} este:

$$M_{pr} = C_{pr} W_{pl} f_y \qquad (4.1)$$

în care:

C_{pr} = coeficient care ține seama de rezistența îmbinării, incluzând ecruisarea și consolidarea locală:

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2 f_y} \qquad (4.2)$$

W_{pl} = modulul de rezistență plastic al secțiunii (sau îmbinării) în zona articulației plastice;

f_y = limita de curgere minimă a elementului în care este localizată articulația plastică;

f_u = rezistența la tracțiune minimă a elementului în care este localizată articulația plastică.

4.1.3. Forța tăietoare în articulația plastică

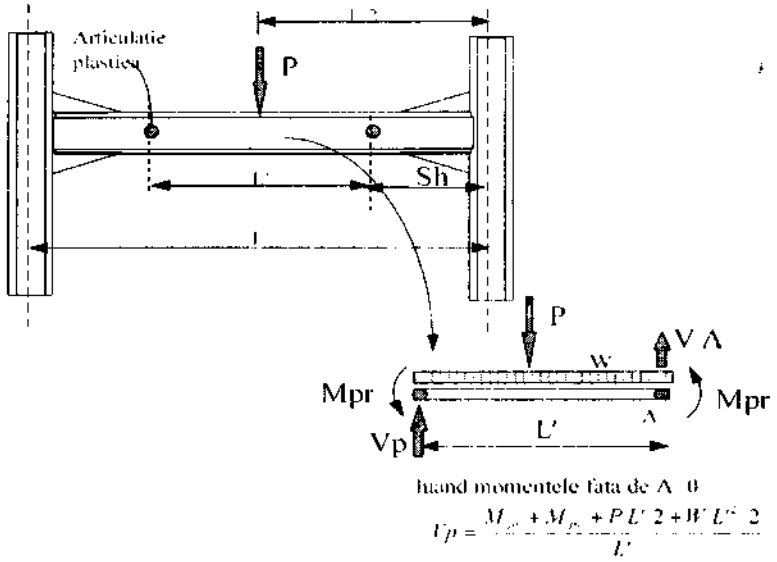
Determinarea forței tăietoare în articulația plastică se face conform figurii 4.2.

4.1.4. Cerințe de rezistență în secțiunile critice

Pentru dimensionarea îmbinărilor se definesc următoarele secțiuni critice (fig. 4.3):

– secțiunea critică de la fața stâlpului, în care se determină momentul plastic la care se dimensionează îmbinarea tălpilor grinzii de stâlp;

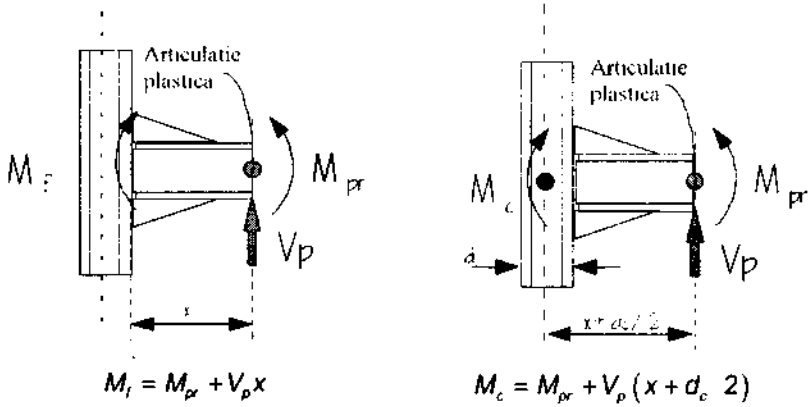
– secțiunea critică din axul stâlpului, în care se determină momentul plastic la care se verifică panoul de inimă.



luând momentele față de A: 0

$$Vp = \frac{M_{pr} + M_{pr} + P L' 2 + W L' 2}{L'}$$

Fig. 4.2.



$M_f = M_{pr} + V_p x$

Sectiune critica la fata stalpului

$M_c = M_{pr} + V_p (x + d_c\ 2)$

Sectiune critica in axul stalpului

Fig. 4.3.

Momentul plastic de la faţa stâlpului se determină cu relaţia:

$$M_{sf} = C_1 M_f \qquad (4.3)$$

în care:

$$C_1 = \frac{1}{C_{pr}\frac{W_{pl}}{W_{el}}} \qquad (4.4)$$

C_{pr} – rezultă din relaţia 4.2;

W_{el}, W_{pl} – modulul de rezistenţă elastic, respectiv plastic al secţiunii grinzii în zona articulaţiei plastice.

42. Criterii generale pentru configurarea îmbinărilor

Proiectantul poate folosi aceste criterii generale pentru tipurile de îmbinări preconizate, exceptând cazurile în care există rezultate experimentale asupra comportării îmbinării în anumite condiţii specifice.

4.2.1. Grinzile cadrului

(1) Pentru asigurarea stabilităţii în plan a grinzii se recomandă încadrarea coeficientului de zveltеţe pentru tălpile (b_f / t_f) şi inima grinzii (h_c / t_w) în limitele normei de proiectare în vigoare.

(2) Configuraţiile de îmbinări propuse la pct. 4.3 corespund la anumite valori limită ale înălţimilor de grindă şi raportului deschidere/înălţime şi grosimi ale tălpilor grinzii.

(3) La grinzile la care nu se ia în considerare efectul de diafragmă (conlucrare cu placa) sunt necesare contravântuiri suplimentare.

4.2.2. Îmbinări sudate

(1) Pentru elementele realizate din profile laminate cu grosimi de talpă între 12 -25 mm sau mai mari şi secţiuni alcătuite prin sudare cu grosime de placă 40 mm sau mai mari trebuie respectată valoarea minimă a rezilienţei pentru materialul de bază.

(2) Nu se admite utilizarea materialelor de sudare a căror rezistenţă la tracţiune este mai mică de cât cea a materialului de bază.

(3) Respectarea rezilienţei minime este obligatorie şi pentru materialele de adaos, pentru a se preveni riscul de rupere fragilă.

(4) Pentru realizarea găurilor de acces la sudare se recomandă detaliul de execuţie din figura 4.4.

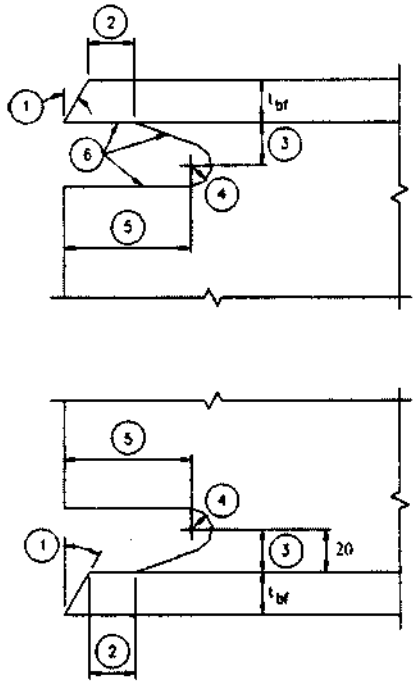


Fig. 4.4.

Observaţii:

1. prelucrarea tălpii pentru executarea sudurii
2. mai mare decât t_{ht} sau 12 mm
3. 3/4 t_{hf} până la t_{hf}, minim 20 mm
4. rază minimă 10 mm
5. 3 t_{hf}
6. vezi detaliile de execuţie privind metodele de tăiere, prevăzute de norme

(5) Pentru controlul calităţii sudurilor la cadrele metalice şi îmbinările acestora se recomandă examinarea vizuală şi încercări nedistructive, efectuate conform prescripţiilor în vigoare.

4.2.3. Plăci de continuitate

(I)În absenţa unor rezultate experimentale care să demonstreze că introducerea plăcilor de continuitate nu este necesară, nodurile cadrelor metalice sunt prevăzute cu plăci de continuitate ale tălpilor grinzii pe inima stâlpului (fig. 4.5), dacă grosimea tălpii stâlpului este mai mică decât una din valorile din următoarele relaţii:

Observaţii:

1. placă de inimă a stâlpului, dacă este necesară
2. placă de continuitate
3. sudura plăcii de continuitate pe inimă
4. sudura plăcii de continuitate pe talpa stâlpului
5. scaun
6. placă de inimă pentru prinderea inimii grinzii de stâlp
7. prindere provizorie
8. îmbinarea grinzii, vezi fig. 4.6 -4.13

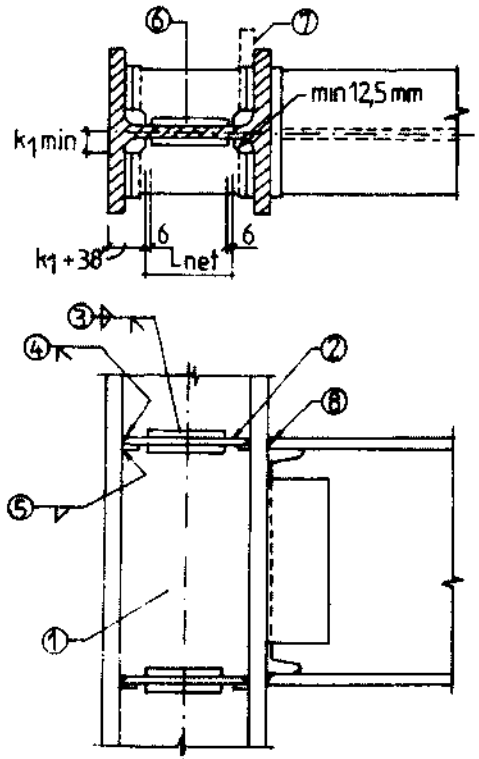


Fig. 4.5 .

$$t_{cf} < 0.4\sqrt{1.8 b_f t_{bf} \frac{f_{yb}\varepsilon_b}{f_y \varepsilon_c}} \qquad (4.5)$$

$$t_{cf} < \frac{b_f}{6} \qquad (4.6)$$

în care:

t_{cf} = grosimea minimă necesară pentru talpa stâlpului, în mm;
b_f = lăţimea tălpii grinzii, în mm;
t_{bf} = grosimea tălpii grinzii, în mm;

f_{yh}. f_{yc} = valoarea minimă a limitei de curgere pentru grindă, respectiv stâlp, în N/mm^2;

ε_B,, ε_c = raportul dintre limita de curgere reală a grinzii (stâlpului) şi valoarea minimă a acesteia.

(2) Grosimea plăcilor de continuitate se stabileşte din următoa rele condiţii:

- pentru stâlpii marginali, grosimea plăcii de continuitate trebuie să fie cel puţin 1/2 din grosimea tălpilor grinzii;
- pentru stâlpii centrali, grosimea plăcii *de* continuitate trebuie să fie egală cu cea mai mare grosime de talpă.

(3) Plăcile de continuitate se sudează atât de tălpile stâlpului cât şi de inima acestuia.

4.2.4. Rezistenţa panoului de îmbinare

Dimensionarea îmbinărilor trebuie să se facă astfel încât atingerea limitei de curgere prin forfecarea panoului să se producă în acelaşi timp cu cea din încovoierea grinzii (relaţie 4.7) sau ca articulaţiile plastice să se formeze numai în grindă.

Se recomandă următorul procedeu:

Determinarea grosimii necesare. t, a panoului de îmbinare pentru ca intrarea în curgere să se facă simultan:

$$t = \frac{C_1 M_c \frac{h - h_b}{h}}{0{,}6 f_{yc} \varepsilon_{yc} h_c (h_b - t_{fb})} \qquad (4.7)$$

în care (vezi şi rel.4.5):

h = înălţimea medie de etaj, deasupra şi sub panoul de îmbinare considerat;

h_b, h_c = înălţimea grinzii, respectiv a stâlpului.

Dacă grosimea t rezultă mai mare decât grosimea inimii stâlpului, se vor prevedea plăci de inimă, sau grosimea inimii stâlpului se va mări corespunzător.

4.3. Tipuri de îmbinări grindă-stâlp curente

4.3.1. Îmbinări sudate cu rezistenţă totală

Alegerea unui anumit tip de îmbinare grindă-stâlp pentru cadrele metalice fără contravântuiri este determinată de cerinţele de ductilitate pentru structură (vezi pct. 2.2.4.1).

În tabelul 4.1 se indică câteva tipuri de îmbinări sudate cu rezistenţă totală precum şi nivelul de ductilitate care poate fi atins de structură. Tipul de îmbinare se referă la prinderea grinzii de stâlp.

Tabel 4.1.

Îmbinări sudate cu rezistenţă totală

Tipul îmbinării	Ductilitate necesară
Tălpi sudate – inima prinsă cu şuruburi	L
Tălpi sudate – inima sudată	L, M
Secţiune întărită în zona nodului	L,M, H
Secţiune redusă de grindă	L, M, H

4.3.1.1. Îmbinare la care prinderea tălpilor grinzii se face prin sudare de talpa stâlpului; inima este prinsă cu şuruburi prin intermediul unei plăci de inimă.

Tabel 4.2

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.6)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + h_b / 2$
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	900
Raport minim deschidere/ înălțime	7
Grosimea maximă a tălpii, în mm	25
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	200, 250, 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Rezistența panoului de îmbinare	Pct. 4.2.4 și Anexa 1

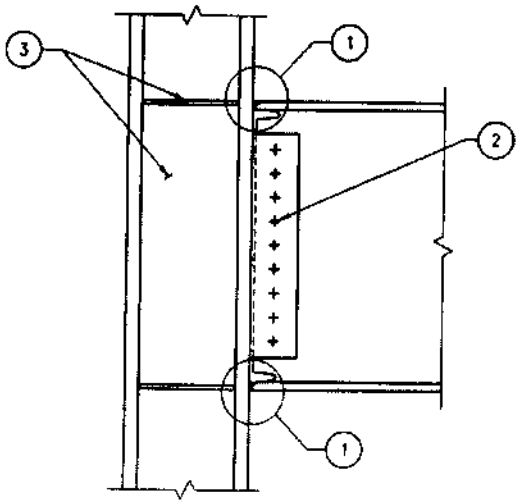


Fig. 4.6.

Observații:

1. Gaura de acces pentru sudare, vezi fig. 4.3.
2. Placă de inimă, prinsă cu șuruburi 8.8. sau 10.9; sudată de talpa stâlpului.
3. Plăci de continuitate și placă de inimă (dacă este necesară).

4.3.1.2. Îmbinare la care prinderea tălpilor grinzii se face prin sudare de talpa stâlpului; inima este prinsă cu sudură prin intermediul unei plăci de inimă

Tabel 4.3.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.7)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + h_b / 2$
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	900
Raport minim deschidere/ înălțime	*L*: 5 *M*: 7
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L*: fără limită *M*: 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Găuri de acces pentru sudare	Pct. 4.2.2
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Rezistența panoului de îmbinare	Pct. 4.2.4 și Anexa 1

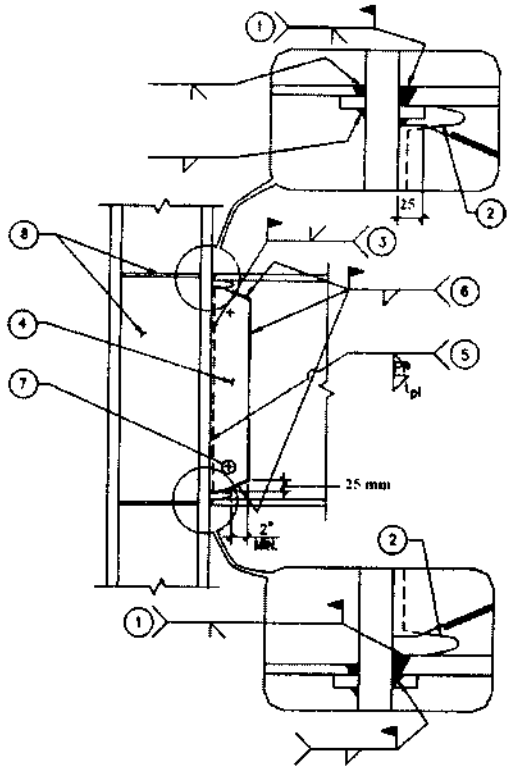


Fig. 4.7.

Observații:

1. detaliu se sudare a tălpii grinzii de stâlp
2. gaura de acces pentru sudare
3. sudura plăcii de inimă
4. placa de inimă (grosime egală cu cea a inimii)
5. sudura plăcii de inimă
6. sudura plăcii de inimă
7. șurub de montaj
8. plăci de continuitate și placă de inimă (pentru întărirea panoului)

4.3.1.3. Îmbinare la care grinda este întărită în zona nodului

Tabel 4.4.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.8)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M, H*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + h_b / 2$
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	900
Raport minim deschidere/ înălțime	*L*: 5 *M*: 7
Grosimea tălpii, mm	*L*: 12 – 25 *M*: max. 25
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L*: fără limită *M*: 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Rezistența panoului de îmbinare	Pct. 4.2.4 și Anexa 2

Observații:

1. placa de talpă
2. sudura plăcii de talpa stâlpului
3. sudura plăcii pe talpa grinzii
4. sudura frontală a plăcii pe talpa grinzii
5. placă de inimă
6. șurub de montaj
7. sudura cu penetrare parțială a plăcii de inimă pe stâlp
8. suduri de colț pe ambele fețe ale plăcii de inimă
9. sudura plăcii pe inima grinzii
10. plăci de continuitate și placă de inimă, pentru întărirea panoului

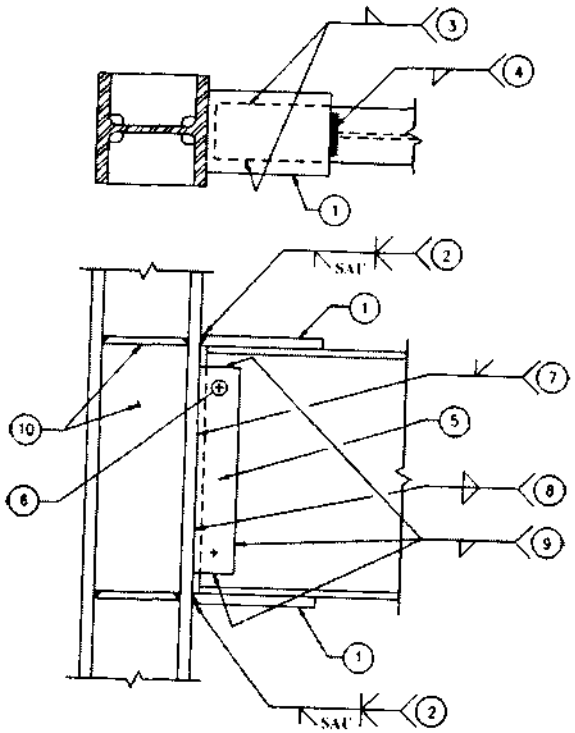


Fig. 4.8.

4.3.1.4. Îmbinare la care se reduce secțiunea grinzii pentru formarea articulației plastice în acea zonă

Tabel 4.5.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.9)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M, H*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + a + b / 2$ $a \approx (0{,}5 - 0{,}75)\ b_f$ $b \approx (0{,}65 - 0{,}85)\ h_b$ pentru *a* și *b* din figura 4.9
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	900
Raport minim deschidere/înălțime	*L*: 5 *M*: 7
Raport de zveltețe b / t	Profile laminate: $< 10\varepsilon$ Secțiune sudată: $< 9\varepsilon$ $\varepsilon = \sqrt{\frac{240}{f_y}}$
Grosimea tălpii, mm	25 – 20
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L*: fără limită *M*: 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Găuri de acces pentru sudare	Pct. 4.2.2
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Rezistența panoului de îmbinare	Pct. 4.2.4

Observații:

1. secțiune redusă a grinzii (vezi tabel 4.5)
2. detaliu gaură de acces pentru sudare (vezi figura 4.7, observația 2)
3. placa de inimă și șuruburi e montaj
4. plăci de continuitate și placă de inimă (pentru întărirea panoului)

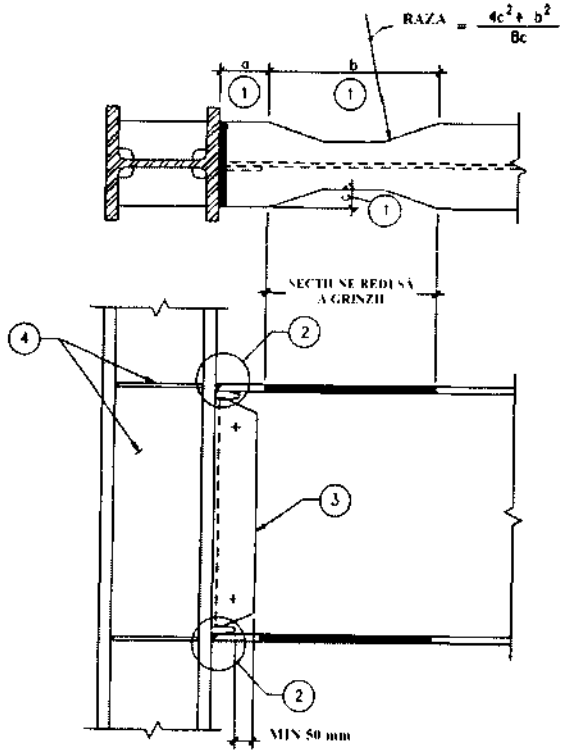


Fig. 4.9.

4.3.2. Îmbinări cu rezistență totală realizate cu șuruburi

În tabelul 4.6 se indică câteva tipuri de îmbinări cu rezistență totală realizate cu șuruburi precum și nivelul de ductilitate care poate fi atins de structură. Tipul de îmbinare se referă la prinderea grinzii de stâlp.

Tabel 4.6.

Îmbinări cu șuruburi cu rezistență totală

Tipul îmbinării	Ductilitate necesară
Placă de capăt extinsă nerigidizată	L, M
Placă de capăt extinsă rigidizată	L, M, H
Prinderea cu plăci a tălpilor grinzii	L,M, H

4.3.2.1. Îmbinare realizată cu placă de capăt extinsă nerigidizată

Tabel 4.7.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.10)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + h_b / 3 + t_p$ t_p este grosimea plăcii de capăt
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	*L:* 750 și mai mic *M:* 600 și mai mic
Raport minim deschidere / înălțime	*L:* 5 *M:* 7
Grosimea tălpii, mm	Mai mare ca 20
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L:* fără limită *M:* 200, 250, 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Rezistența panoului de îmbinare	Pct. 4.2.4
Dimensionarea plăcii de capăt	Anexa 3

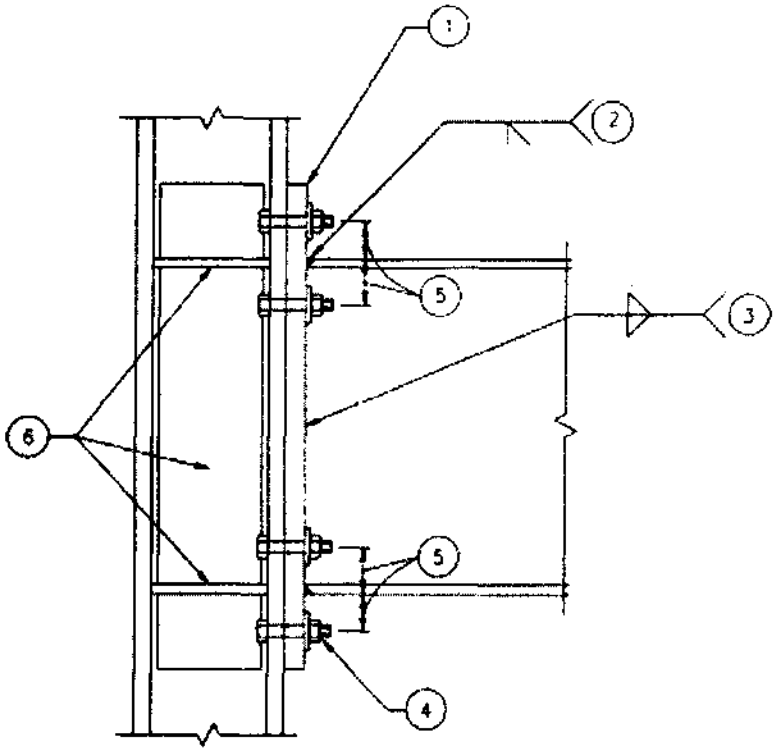


Fig. 4.10.

Observații:

1. **placa de capăt**
2. **sudura tălpii grinzii pe placa de capăt**
3. **suduri de colț ale inimii grinzii pe placa de capăt**
4. **șuruburi pretensionate**
5. **poziția șuruburilor (Anexa 2)**
6. **plăci de continuitate și placă de inimă (pentru întărirea inimii)**

4.3.2.2. Îmbinare realizată cu placă de capăt extinsă rigidizată

Tabel 4.8.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.11)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M, H*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + h_b / 3 + t_p$ t_p este grosimea plăcii de capăt
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	900
Raport minim deschidere/ înălțime	*L:* 5 *M, H:* 7
Grosimea tălpii, mm	Mai mare ca 20
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L:* fără limită *M, H:* 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Rezistența panoului de îmbinare	Pct. 4.2.4
Dimensionarea plăcii de capăt	Anexa 3

Observații:

*1.p*laca de capăt
2. sudura tălpii grinzii pe placa de capăt
3. suduri de colț ale inimii grinzii pe placa de capăt
4. șuruburi pretensionate
5. poziția șuruburilor (vezi Anexa 2)
6. plăci de continuitate și plăci de inimă
7. rigidizare (grosime egală cu grosimea inimii grinzii)
8. sudurile rigidizării

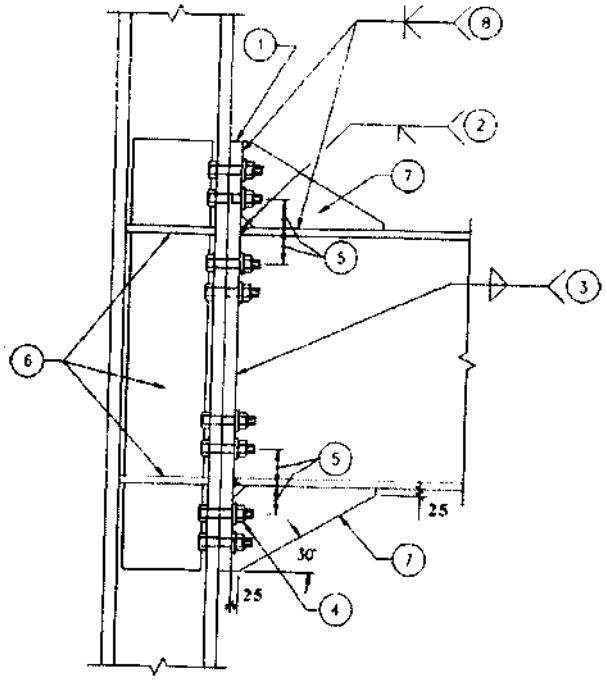


Fig. 4.11.

4.3.2.3. Îmbinare realizată cu plăci de prindere pe tălpile grinzii

Tabel 4.9.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.12)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M, H*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c / 2 + L_p$ L_p este lungimea plăcii
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	*L:* > 900; *M, H:* > 750
Raport minim deschidere / înălțime	*L:* 5; *M, H:* 8
Grosimea tălpii, *mm*	*L:* 6 – 25; *M, H:* > 20
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L:* fără limită *M, H:* 300, 360
Detaliu de îmbinare:	
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Dimensionarea șuruburilor	Rezultă din calcul

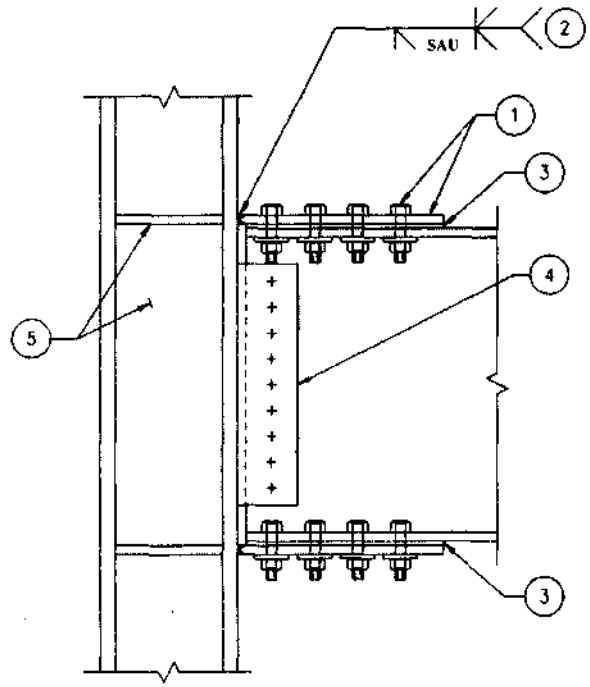


Fig. 4.12.

Observații:

1. placa de prindere pentru talpă și șuruburile pretensionate
2. sudura plăcii de talpa stâlpului
3. lumină permisă între talpa grinzii și placă
4. placă de inimă
5. plăci de continuitate și placă de inimă (pentru întărirea panoului

4.3.3. Îmbinări cu rezistență parțială

În tabelul 4.10 se indică un tip de îmbinare cu rezistență parțială precum și ductilitatea corespunzătoare. Tipul îmbinării se referă la prinderea grinzii de stâlp.

Tabel 4.10.

Îmbinări cu rezistență parțială

Tipul îmbinării	Ductilitate necesară
Îmbinare cu șuruburi, realizată cu profile T	L, M

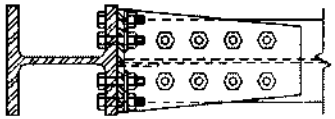
4.3.3.1. Îmbinare la care tălpile grinzii sunt prinse de talpa stâlpului prin intermediul unor profile T

Tabel 4.11.

Detalii de alcătuire a îmbinării (fig. 4.13)

Cerințe generale:	
Sistem constructiv	*L, M*
Poziția articulației plastice în grindă	$h_c/2 + L_p$ L_p este lungimea plăcii
Caracteristicile secțiunii grinzii:	
Înălțime maximă, în mm	*L:* > 900; *M, H:* > 750

Raport minim deschidere/ înălțime	*L:* 5; *M, H:* 8
Grosimea tălpii, mm	*L:* > 25 – 6; *M, H:* > 20
Caracteristicile secțiunii stâlpului:	
Înălțime, în mm	*L:* fără limită *M, H:* 300, 360
Grosimea tălpii	Determinată de dimensiunile tălpii profilului T
Detaliu de îmbinare:	
Grosimea plăcii de prindere a inimii grinzii, mm	12 – 20
Plăci de continuitate	Pct. 4.2.3
Dimensionarea șuruburilor	Rezultă din calcul
Distanța dintre șuruburi	3 x diametrul minim



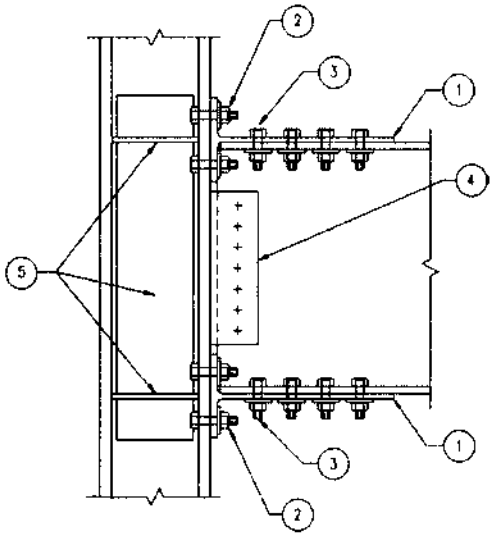


Fig. 4.13.

Observații:

1. profil T
2. șuruburi pretensionate
3. șuruburi pretensionate
4. placa de inimă
5. plăci de continuitate și placă de inimă (pentru întărirea panoului)

ANEXA 1.

Procedeu de dimensionare a îmbinării grindă-stâlp sudată

1: Calculul momentului în articulația plastică, M_{pr} (pct. 4.1.2)

2: Calculul forței tăietoare în articulația plastică, V_p (pct. 4.1.3)

3: Calculul momentelor M_c, M_f (pct. 4.1.4)

4: Calculul grosimii necesare a panoului de îmbinare, t (pct. 4.2.4)

5: Calculul forței tăietoare în îmbinare, V_f

$$V_f = \frac{2M_f}{L_b - h_c} + V_g \qquad \text{(A.1.1)}$$

în care:

V_f = forța tăietoare maximă la fața stâlpului, în N
V_g = forța tăietoare din încărcarea gravitațională, în N
L_b = deschiderea grinzii, în mm
h_c = înălțimea secțiunii stâlpului, în mm

6: Dimensionarea șuruburilor pretensionate și a plăcii de inimă la forța tăietoare V_f

7: Verificarea cerințelor pentru placa de continuitate (pct. 4.2.3)

8: Detalierea îmbinării (fig. 4.6 – 4.7)

ANEXA 2.

Procedeu de dimensionare a îmbinării grindă-stâlp sudată, cu talpa grinzii întărită prin intermediul unei plăci de talpă

1: Alegerea lungimii plăcii de talpă, L_p

2: Alegerea lățimii tălpii grinzii, b_f în funcție de grosime, pentru respectarea zvelteții limită

3: Calculul momentelor M_{pr}, M_c și M_{sf} (pct. 4.1.4)

4: Calculul grosimii plăcii de prindere, t_p

$$t_p \frac{M_{sf}}{f_{yp} b_p \left(h_b + \frac{t_{ph} + t_{pl}}{2} \right)} \qquad \text{(A.2.1)}$$

în care: f_{yp} = limita de curgere a materialului plăcii de prindere, în N/mm^2

b_p = lățimea plăcii de talpă, în mm

t_{ph}, t_{pl} = grosimi ale plăcilor de talpă, sus și jos (dacă sunt diferite), în mm

h_b = înălțimea grinzii

5: Calculul cordonului de sudură al plăcii pe talpa grinzii:

$$l_w t_w = \frac{M_f}{0.707 f_w} \qquad \text{(A.2.2)}$$

în care: l_w = lungimea totală a cordonului de sudură (fig. 4.8), în mm

t_w (max) = $(t_p - 0.4)$, în mm

f_w = rezistența de calcul a sudurii, în N/mm^2

Dacă dimensiunile pentru sudură nu sunt suficiente se revine la pasul 1.

6: Dimensionarea panoului de îmbinare (pct. 4.2.4)

7: Detalierea îmbinării (fig. 4.8)

ANEXA 3.

Procedeu de dimensionare a îmbinării grindă-stâlp cu placă de capăt și șuruburi

1: Calculul momentelor M_f și M_c (pct.4.1.4)

2: Alegerea șuruburilor, prin respectarea relației:

$$M_f < 2T_{ub} (d_0 + d_1) \qquad \text{(A.3.1)}$$

în care:

T_{ub} = forța capabilă a șurubului

d_0 și d_1 sunt definite în figura A.3.1

3: Verificarea șuruburilor pentru preluarea forței tăietoare

4: Determinarea grosimii minime a plăcii de capăt pentru a împiedica cedarea prin încovoiere:

$$t_p = \sqrt{\frac{M_f}{0.8 f_{yp} \left\{ (h_b - p_f) \left[\frac{b_p}{2} \left(\frac{1}{p_f} + \frac{1}{s} \right) + (p_f + s) \frac{2}{g} \right] + \frac{b_p}{2} \left(\frac{h_b}{p_f} + \frac{1}{2} \right) \right\}}} \qquad \text{(A.3.2)}$$

în care:

$$s = (b_p g)^{1/2}, \qquad \text{(A.3.3)}$$

g este diametrul găurii de șurub (fig. A.3.1)

5: Determinarea grosimii minime a plăcii de capăt pentru a împiedica cedarea prin forfecare:

$$t_p = \frac{M_f}{1.1 f_{yp} b_p (h_b - t_{bf})} \qquad \text{(A.3.4)}$$

6: Verificarea grosimii minime a tălpii stâlpului:

$$t_k = \sqrt{\frac{M_f}{\frac{h_b - t_{fb}}{2}} \frac{C_1}{f_{yc}}} \qquad \text{(A.3.5)}$$

în care:

$$C_1 = \frac{g}{2} - k_f \qquad \text{(A.3.6)}$$

k_f = distanța din axul stâlpului la extremitatea tălpii grinzii

7: Dimensionarea plăcilor de continuitate (pct. 4.2.3):

8: Verificarea capacității de rezistență a panoului de inimă (pct. 4.2.4)

9: Verificarea tălpii stâlpului

10: Detalierea îmbinării (fig.4.10 – 4.11)

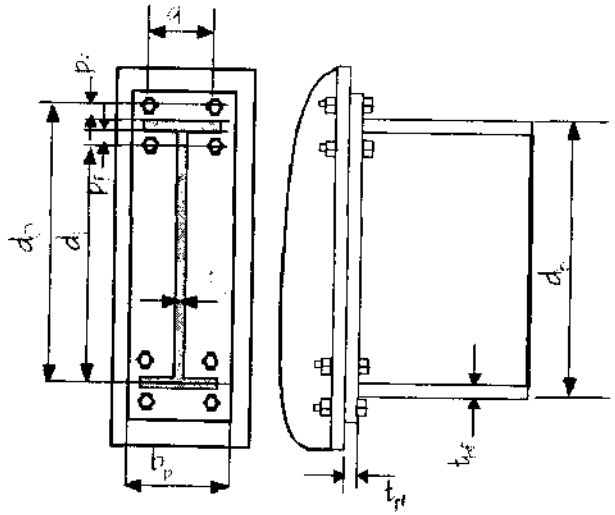


Fig. A.3.1.