



A IV –a Sesiune Științifică

CIB 2008

21 - 22 Noiembrie 2008, Brașov

COMPORTAREA LA ACTIUNI SEISMICE A IMBINARILOR SEMI-RIGIDE

Dorin RADU

Universitatea “Transilvania” Brasov, dorin.radu@indomo.ro

Abstract: The paper presents a classification of joints in steel structure. There are underlined the characteristics of joints types depending on rigidity, ductility and strength with seismic design codes prescriptions.

Key words: Joints, Ductility, Semi-rigid frames

Introducere

În urma cutremurelor istorice, s-a dovedit comportarea nesatisfăcătoare a structurilor în cadre cu îmbinări semi-rigide amplasate în zone seismice. În același timp însă, datorită ușurinței calculului, normele de proiectare seismică au prescris îmbinări rigla-stâlp de tip articulată sau înfinit rigid. Cercetările desfășurate în programele de investigare ale efectelor cutremurelor, precum și programe de cercetare experimentală susținute de guvernele marilor state implicate în lupta contra efectelor dezastrelor naturale, au evidențiat caracteristici de rezistență și rigiditate la rotire a riglei limitate. Acest lucru a condus la două consecințe: neglijarea rigidităților îmbinărilor considerate de tip articulată și supraestimarea rigidității îmbinărilor de tip rigid. În final s-au obținut structuri cu flexibilități reale mai mari decât flexibilitățile de calcul.

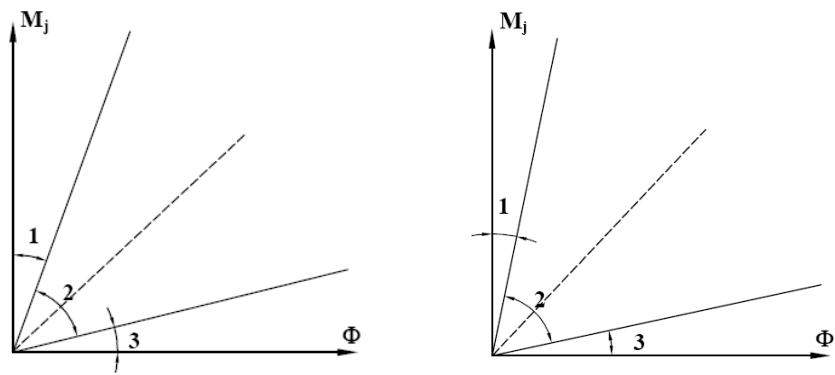
În prezent, în normativul de proiectare seismică Eurocode 8, precum și în P100-2006 se permite utilizarea îmbinărilor de rigla stâlp semirigide, sau cu rezistență parțială la structurile în cadre, dacă sunt satisfăcute condițiile:

- capacitate suficientă de rotire a îmbinării;
- efectele deformațiilor îmbinărilor asupra deplasărilor de ansamblu ale structurii sunt luate în considerare prin intermediul unei analize statice neliniare sau dinamic-neliniare (time history).

În concluzie, pentru a folosi îmbinările rigla-stâlp semirigide, trebuie ca acestea să aibă o ductilitate corespunzătoare, caracteristică ce se poate defini prin rotirea plastică ce poate fi dezvoltată într-o îmbinare, fără o reducere semnificativă a capacității portante. Astfel, pentru îmbinări sunt necesare determinarea caracteristicilor de rezistență, de rigiditate, de ductilitate.

Clasificarea îmbinărilor rigla-stâlp după rigiditate

O îmbinare rigla-stâlp poate fi considerată rigidă, articulată sau semi-rigidă din punct de vedere al rigidității, prin determinarea rigidității inițiale la rotire $S_{j,ini}$ și comparând această valoare cu cele două limite (Figura 1).



a) Cadre contravântuite

- 1 rigid, dacă $S_{j,ini} \geq 8EI_b/L_b$
- 2 semi-rigid $(I_b/L_b)/(I_c/L_c) < 0,1$
- 3 articulat, dacă $S_{j,ini} \leq 0.5EI_b/L_b$

b) Cadre necontravântuite

- 1 rigid, dacă $S_{j,ini} \geq 25EI_b/L_b$
- 2 semi-rigid dacă $(I_b/L_b)/(I_c/L_c) < 0,1$
- 3 articulat, dacă $S_{j,ini} \leq 0.5EI_b/L_b$

unde:

I_b momentul de inerție al riglei; I_c momentul de inerție al stâlpului;
 L_b deschiderea cadrului; L_c înălțimea de nivel;

Fig.1 Limitele pentru clasificarea îmbinărilor riglă-stâlp după rigiditate

Deasemenea se definește o capacitate de rotire a îmbinării de calcul Φ_{Cd} ca fiind rotirea maximă posibilă a îmbinării la acțiunea momentului de calcul (fig. 2)

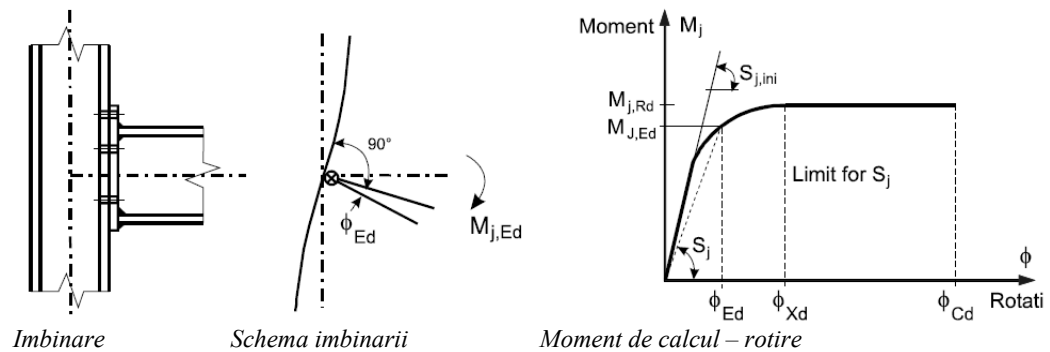


Fig.2 - Diagrama moment de calcul – rotire pentru o îmbinare

Astfel avem:

- **Îmbinări articulate** - o îmbinare articulată va fi proiectată astfel încât să nu dezvolte momente semnificative care pot afecta elementele structurii. Îmbinările articulate trebuie să fie capabile să transmită forțele de calcul și să permită producerea unor rotiri;

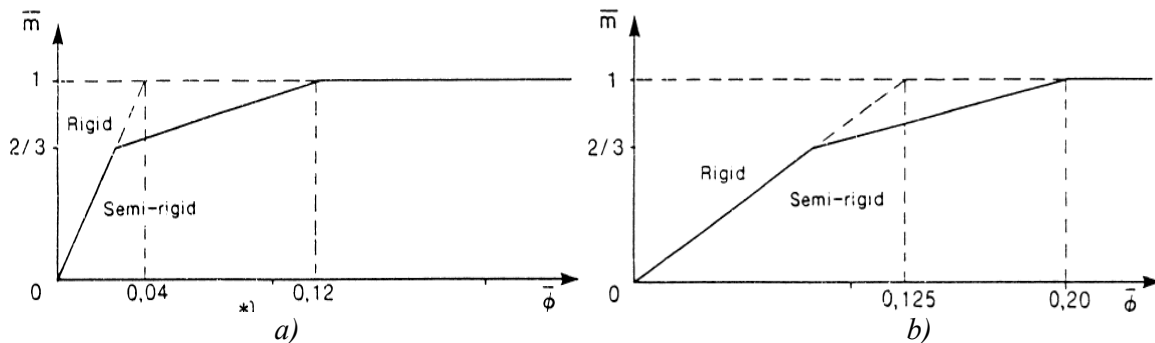


Fig. 3 - Limitele de rigiditate la rotire a îmbinării riglă-stâlp pentru îmbinări rigide și semi-rigide (Eurocode 3): a) Cadre necontravântuite; b) Cadre contravântuite

- **Îmbinări rigide** - o îmbinare rigidă trebuie proiectată astfel încât deformația ei să nu aibă o influență semnificativă asupra distribuției de eforturi în structură sau asupra deformației globale. Deformațiile îmbinărilor rigide trebuie să aibă valori astfel încât să nu reducă rezistența structurii cu

mai mult de 5%. Îmbinările rigide trebuie să fie capabile să transmită forțele și momentele de calcul.

- *Îmbinări semi-rigide* - o îmbinare care nu întrunește criteriile corespunzătoare unei îmbinări rigide sau articulate, trebuie clasificată ca semi-rigidă. Îmbinările semi-rigide trebuie să fie capabile să transmită forțele și momentele determinate prin calcul (fig. 3)

Clasificarea îmbinărilor după rezistență

O îmbinare riglă-stâlp poate fi clasificată ca îmbinare cu rezistență totală, îmbinare articulată sau cu rezistență parțială prin compararea rezistenței de calcul a îmbinării cu momentul rezistent de calcul al elementelor îmbinate.

O îmbinare semi-rigidă poate fi clasificată ca îmbinare de rezistență totală dacă întrunește următoarele criterii:

- stâlpul ultimului nivel

$$M_{j,Rd} \geq M_{b,pl,Rd}$$

sau

$$M_{j,Rd} \geq M_{c,pl,Rd}$$

- stâlp aparținând unui nivel intermediar

$$M_{j,Rd} \geq M_{b,pl,Rd}$$

sau

$$M_{j,Rd} \geq 2M_{c,pl,Rd}$$



în care: $M_{b,pl,Rd}$ - momentul plastic de calcul al grinzii;

$M_{c,pl,Rd}$ - momentul plastic de calcul al stâlpului;

O îmbinare poate fi clasificată ca articulată dacă momentul rezistent de calcul $M_{j,Rd}$ este mai mic decât 25% din momentul rezistent de calcul al unei îmbinări de rezistență totală. O îmbinare care este capabilă să preia și să transmită momente dar nu îndeplinește criteriul pentru o îmbinare de rezistență totală poate fi clasificată ca semi-rigidă.

Astfel avem:

- *Îmbinări articulate*: o îmbinare articulată trebuie să fie capabilă să transmită forțele de calcul, fără să dezvolte momente semnificative care pot afecta elementele structurii. Capacitatea de rotire a unei îmbinări articulate trebuie să fie suficientă pentru a asigura apariția articulațiilor plastice sub încărcările de calcul;

- *Îmbinări de rezistență totală*: rezistența de calcul a unei îmbinări de rezistență totală trebuie să fie mai mare decât a elementelor îmbinate. Dacă rezistența de calcul a îmbinării este cel puțin egală cu 1,2 ori rezistența plastică de calcul a elementelor îmbinate, nu este necesară verificarea capacității de rotire a îmbinării. Rigiditatea unei îmbinări de rezistență totală trebuie să asigure ca, sub încărcările de calcul, rotirile dezvoltate de articulațiile plastice să nu depășească capacitățile de rotire ale îmbinărilor;

- *Îmbinări de rezistență parțială*: rezistența de calcul a unei îmbinări de rezistență parțială trebuie să fie mai mare decât valoarea necesară pentru transmiterea momentelor și forțelor de calcul, dar poate fi mai mică decât cea a elementelor îmbinate. Capacitatea de rotire a unei îmbinări de rezistență parțială trebuie să aibă o valoare care să asigure formarea și dezvoltarea articulațiilor plastice sub încărcările de calcul. Capacitatea de rotire a unei astfel de îmbinări poate fi determinată prin încercări experimentale. Atunci când sunt utilizate îmbinări a căror comportare este cunoscută, nu este necesară determinarea capacității de rotire prin încercări experimentale. Rigiditatea îmbinărilor de rezistență parțială trebuie să aibă o valoare care să asigure nedepășirea capacității de rotire în articulațiile plastice sub încărcările de calcul

Clasificarea elementelor și îmbinărilor după ductilitate

Analiza globală a structurilor în cadre metalice se realizează pe baza unor ipoteze, atât în ceea ce privește comportarea secțiunilor și îmbinărilor (elastic/plastic) cât și a răspunsului

geometric (teoria de ordinul I/ordinul II). După efectuarea analizei, urmează verificarea prin calcul a tuturor elementelor cadrului. Pentru aceasta, secțiunile elementelor trebuie clasificate după modul de comportare la încovoiere și/sau compresiune. Astfel, în conformitate cu Eurocode 3, secțiuni transversale ale elementelor supuse preponderent la încovoiere se clasifică în funcție de raportul dintre lățimea și grosimea pereților secțiunii în 4 clase (Figura 4):

- *Clasa 1*: secțiuni transversale plastice - secțiunile care pot forma articulații plastice, având capacitatea de rotire cerută de o analiza plastică;
- *Clasa 2*: secțiuni transversale compacte - secțiunile care dezvoltă un moment încovoiător plastic capabil, dar care au limitată capacitatea de rotire;
- *Clasa 3*: secțiuni transversale semi-compacte - secțiunile în care eforturile în fibra extrema poate atinge limita de curgere dar flambajul local împiedică dezvoltarea momentului încovoiător plastic capabil;
- *Clasa 4*: secțiuni transversale zvelte - secțiunile la care trebuie luat în considerare efectul flambajului local pentru determinarea momentului încovoiător capabil sau a forțelor de compresiune capabile. În acest caz se operează cu caracteristicile geometrice ale secțiunii eficace.

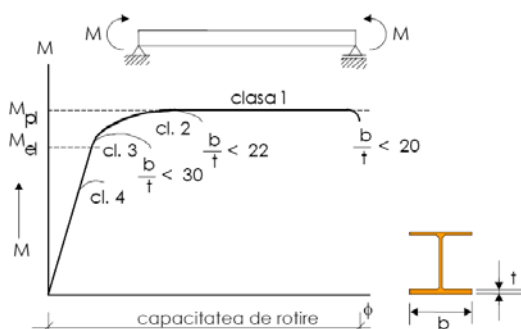


Fig.4 - Clasele de secțiuni pentru elemente

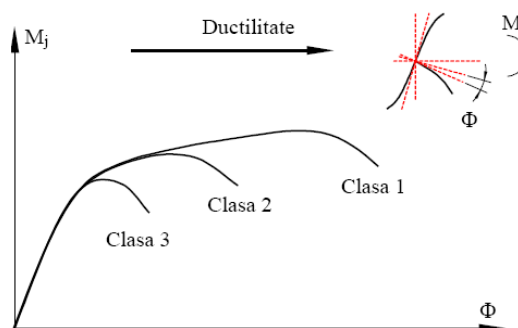


Fig.5 - Clasele de ductilitate pentru îmbinări

Din punct de vedere al îmbinărilor, există trei clase de ductilitate (Figura 5):

- *Clasa 1* : Îmbinări ductile: o îmbinare ductilă este capabilă să dezvolte momentul plastic rezistent și să prezinte o capacitate de rotire suficient de mare
- *Clasa 2* : Îmbinări cu ductilitate medie: o îmbinare cu ductilitate medie este capabilă să dezvolte momentul plastic rezistent dar prezintă o capacitate de rotire limitată după atingerea acestui moment
- *Clasa 3* : Îmbinări neductile: cedarea prematură (datorită instabilității sau ruperii casante a unei componente a îmbinării) apare în îmbinare înaintea atingerii momentului rezistent.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ballio, G., *ECCS Approach for the Design of Steel Structures against Earthquakes*, Symposium on Steel in Buildings, Luxembourg, 1985, IABSE-AICP-IVBH Report, Vol.48, pp. 373-380, 1985.
- [2] Dubina, D., Stratan, A., *Behaviour of welded connections of moment resisting frames beam to column joints*, Engineering Structures, Vol. 24, No. 11, 1431-1440, 2002.
- [3] Bârsan, George M. – *Dinamica si stabilitatea constructiilor* – Editura Didactica si Pedagogica – Bucuresti 1979;
- [4] Eurocode 3 Part 1.8 *Design of joints of steel structures*. CEN, European Committee for Standardisation, prEN 1993-1-8, 2002.
- [5] Eurocode 3 Part 1.1 *Design of steel structures, General rules and rules for buildings*. CEN, European Committee for Standardisation, prEN 1993-1-1, 1992.
- [6] Eurocode 8 - *Design provisions for earthquake resistance of structures - Part 1-1: General rules - Seismic actions and general requirements for structures*, CEN, ENV 1998-1-1, Oct 1994.
- [7] Mateescu G., Gioncu V., *Member response to strong pulse seismic loading*, in F. Mazzolani, Tremblay, R. (eds), *Behaviour of steel structures in seismic areas*, Balkema, pp. 55-62,
- [8] P100-2006, *COD DE PROIECTARE SEISMICĂ. PARTEA I - P100-1/2006 - PREVEDERI DE PROIECTARE PENTRU CLĂDIRI*