

CALCULUL SECȚIUNII EFICACE PENTRU PROFILELE CU PEREȚI SUBȚIRI FORMATE LA RECE

Autori: Ecaterina IGNATIEV, Constantin GUȚUL, st.gr. IS-1201M
Conducător științific: conf. univ. Anatolie TARANENCO

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În lucrare s-au studiat tipurile de flambaj și caracteristicile geometrice de calcul pentru profile cu pereți subțiri formate la rece. Au fost enumerate particularitățile flambajului pentru acest tip de profile. S-au descris etapele și formulele de bază pentru determinarea secțiunii eficiente și anume pentru inimă, talpă și rigidizări ale tălpii. Formulele de calcul prezentate pot fi aplicate pentru profil de tip C.

Cuvinte cheie: Profile formate la rece, Eurocode, secțiune eficientă, flambaj, voalare

Construcțiile metalice în perioada actuală reprezintă un sector cu o dezvoltare intensă. O poziție aparte în acest domeniu ocupă construcțiile metalice realizate din profile de oțel cu pereți subțiri formate la rece. Utilizările acestor profile sunt foarte diverse, cu o gamă largă de produse și o variație mare de forme, mărimi și presupune rezolvarea unor probleme de proiectare specifice, care nu sunt întâlnite în proiectarea structurilor din profile de oțel obișnuite, executate prin laminarea la cald sau sudarea tablelor.

Pierderea stabilității reprezintă una din aceste probleme. Acest tip de profile sunt supuse la mai multe tipuri de flambaj: local, global, distorsional sau interacțiunea acestora. Flambajul local al pereților secțiunii transversale și distorsiunea secțiunii sunt întâlnite în special la profile cu pereți subțiri.

Termenul de flambaj global descrie flambajul prin încovoiere (Euler) la fel ca și flambajul prin încovoiere-răsucire sau flambajul lateral, prin încovoiere și răsucire a grinzilor.[1] Flambajul distorsional presupune modul de pierdere a stabilității care apare ca rezultat al distorsiunii secțiunii transversale.

Specific acestui tip de profile este flambajul secțional caracterizat printr-o comportare post-critică după pierderea stabilității locale a secțiunilor elementelor comprimate și după pierderea stabilității a secțiunii transversale. [4]

Pierderea stabilității locale a secțiunii duce la distribuția neuniformă a eforturilor, care se caracterizează prin concentrarea acestora în „colțurile”secțiunii, sau altfel spus în locurile de îmbinare a placilor subțiri din care este alcătuit profilul (secțiunea transversală este analizată prin prisma placilor plane) [4]

Astfel pentru a ține cont de cele expuse mai sus în practica de proiectare se operează cu caracteristici geometrice reduse ale secțiunii transversale a profilului, propusă pentru prima dată de von Karman încă în anul 1932.

Sensibilitatea la voalare a unui perete plan depinde de tipul de perete, natura solicitării, marca oțelului și zveltețea peretelui (raportul lățime de perete/ grosime de perete). O secțiune transversală poate fi compusă din pereți interiori rezemați pe alți doi pereți adiacenți, respectiv pereți exteriori rezemați pe un singur perete adiacent. Pereții interiori pot avea rigidizări intermediare, iar cei exteriori rigidizări intermediare și/sau marginale. [1] Valorile limitelor zvelteții pentru fiecare caz aparte pot fi găsite în tabele din EC3, la fel ca și calculul secțiunii eficiente pentru cazurile enumerate.

Mai jos este descrisă una din metodele de calcul al secțiunii eficiente pentru un profil C.

Conform normelor EUROCODE 3 secțiunea de calcul a profilelor este considerată ca fiind alcătuită din elemente plane cu colțuri rectangulare.

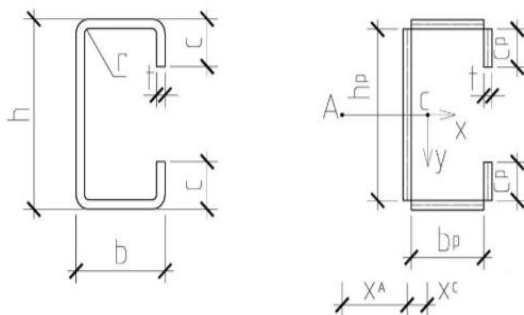


Fig. 1 Secțiunea normală și secțiunea de calcul a profilului C.

Dimensiunile normale a profilului sunt : h, b, c, r ,

Dimensiunile de calcul vor fi: $h_p = h - 2t$; $b_p = b - 2t$; $c_p = c - t$

În cazul dat secțiunile rotunjite a profilului se omit.

Profilul C este alcătuit din inima, două tălpi și rigidizări a tălpilor, fiecare din aceste elemente sub acțiunea tensiunilor normale se poate afla în perioadă de comportare post-critică adică își pot pierde stabilitatea. În acest moment o porțiune din secțiunea elementului se exclude din lucru. Porțiunile adiacente colțurilor profilului și hașurate din fig.3 alcătuiesc aria secțiunii eficace a profilului A_{eff} .

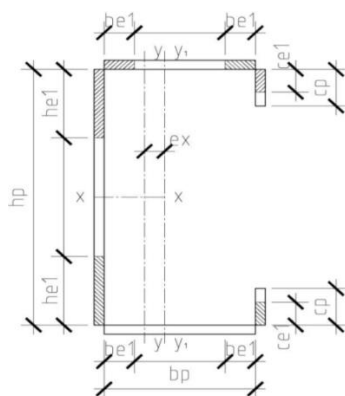


Fig.2

Pentru determinarea ariei secțiunii eficace se studiază fiecare element în parte – inima, talpa și elementul de rigidizare a tălpii.

Formula de calcul pentru determinarea zvelteții convenționale:

$$\lambda_{(w,f,c)} = \frac{h, b, c_{(p)}}{t \cdot \pi} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2) \cdot \sigma_{\tau}}{E \cdot K_{\sigma}}} \quad (1)$$

unde K_{σ} este coeficient de voalare deter. conf. Tab D.1 din SR EN 1993-1-3:2007

Formula de calcul pentru determinarea coeficientul de reducere a lățimii secțiunii:

$$\rho_{(w,f)} = \begin{cases} 1,0, & \text{dacă } \lambda_{(w,f)} \leq 0,673; \\ \frac{1}{\lambda_{(w,f)}} - \frac{0,22}{\lambda_{(w,f)}^2}, & \text{dacă } \lambda_{(w,f)} > 0,673. \end{cases} \quad \text{pt. inima și talpa secțiunii} \quad (2)$$

$$\rho_c = \begin{cases} 1,0, & \text{dacă } \lambda_c \leq 0,748; \\ \frac{1}{\lambda_c} - \frac{0,22}{\lambda_c^2}, & \text{dacă } \lambda_c > 0,748. \end{cases} \quad \text{pentru elementul de rigidizare}$$

Secțiunea eficace a inimii:

$$h_{e1} = 0,5 \cdot p_w \cdot h_p \quad (3)$$

Secțiunea eficace a tălpii:

$$b_{e1} = 0,5 \cdot p_f \cdot b_p \quad (4)$$

Secțiunea eficace a rigidizării:

$$c_{e1} = \rho_c \cdot c_p \quad (5)$$

Secțiunea eficace a întregii secțiuni:

$$A_{eff} = 2 \cdot t(h_{e1} + 2 \cdot b_{e1} + 2 \cdot c_{e1}). \quad (6)$$

Axa y-y în fig.2 corespunde întregii secțiuni a profilului. Secțiunea eficace are axa sa $y_1 - y_1$. Din acest motiv centrul de greutate al secțiunii eficace se deplasează pe o dist. e_x și tensiunile longitudinale capătă excentricitate. Bară devenind comprimată excentric.

Secțiunea eficace determinată conf.formulei (6) nu i-a în considerație pierderea stabilității a secțiunii transversale. Secțiunea eficace a tălpii b_{e1} , adiacentă rigidizării, împreună cu secțiunea eficace a rigidizării tălpii c_{e1} formează un element marginal de rigidizare. Pierderea stabilității a secțiunii elementului de rigidizare se ia în considerație prin micșorarea secțiunii eficace a acestuia.

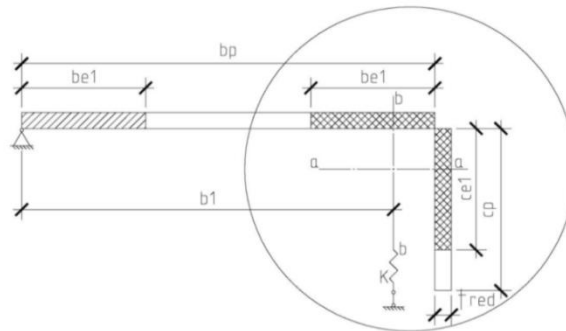


Fig.3 Schema de calcul a elementului marginal de rigidizare

$$A_{s,red} = \chi_d \cdot A_s \cdot \frac{\sigma_T}{\sigma_s} \leq A_s \quad (7)$$

unde $A_s = t \cdot (b_{e1} + c_{e1})$; χ_d - coeficient de reducere a capacității portante luînd în considerație pierderea de stabilitate a formei secțiunii transversale.

$$\chi_d = 1,0 \text{ pentru } \bar{\lambda}_d \leq 0,65$$

$$\chi_d = 1,47 - 0,723 \cdot \bar{\lambda}_d \text{ pentru } 0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38 \quad (8)$$

$$\chi_d = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d} \text{ pentru } \bar{\lambda}_d \geq 1,38$$

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{\sigma_T}{\sigma_{cr,s}}} \quad (9)$$

unde $\sigma_{cr,s}$ - efortul critic elastic de voalare al rigidizării marginale.

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K \cdot E \cdot J_s}}{A_s} \quad (10)$$

$$\text{unde } K = \frac{E \cdot t^3}{4(1 - \nu^2)(b_1^3 + 1,5b_1^2 \cdot h_p)}$$

unde J_s – momentul de inerție al rigidizării marginale în raport cu axa a-a în fig.3.

σ_s - tensiune de comprimare în lungul axei centrale a elementului de rigidizare, calculată pentru secțiunea eficace.

La determinarea caracteristicilor geometrice a secțiunii transversale eficace aria secțiunii reduse $A_{s,red}$ trebuie să fie calculată luînd în considerație grosimea micșorată pt. Toate elementele incluse în A_s .

$$t_{red} = t \cdot \chi_d \cdot \frac{\sigma_T}{\sigma_s} \text{ sau}$$

$$t_{red} = t \cdot \frac{A_{s,red}}{A_s} \tag{11}$$

Astfel aria totală a secțiunii eficiente se determină conform formulei:

$$A'_{eff} = 2 \cdot t(h_{e1} + b_{e1}) + 2 \cdot t_{red}(b_{e1} + c_{e1}). \tag{12}$$

Concluzii

În urma efectuării acestei lucrări au fost determinate caracteristicile geometrice de calcul a profilului de tip C. S-au descris cauzele necesității determinării secțiunii eficiente și etapele de calcul a acesteia. S-a observat că procesul de voalare este unul din particularitățile de care trebuie să se țină cont în procesul de proiectare a carcaselor din acest tip de profile.

Bibliografie

1. DUBINA Dan, UNGUREANU Viorel, ZAHARIA Raul, NAGY Zsolt, Calculul și proiectarea construcțiilor din profile metalice cu pereți subțiri, București 2004
2. Eurocod 3: Proiectarea structurilor din oțel. Partea 1-3: Reguli generale-Reguli suplimentare pentru elemente structurale și table formate la rece. (SR EN 1993-1-3)
3. НЕХАЕВ Г.А., Легкие металлические конструкции, Тула 2012
4. ЮРЧЕНКО В.В., Проектирование каркасов зданий из тонкостенных холодногнутох профилей в среде «SCAD Office», Magazine of civil engineering, №8,2010.