

## 2.3 Solicitarea de încovoiere simplă II

Scopul actualei prelegeri este de a demonstra și stabili modalitățile generice de abordare în ceea ce privește tratarea problemelor din Rezistența Materialelor din punctul de vedere al solicitării de încovoiere simplă a barelor drepte.

Paragraful 2.3.3 tratează particularitățile solicitării de încovoiere apărute odată cu luarea în seamă a efectelor prezentei la nivelul secțiunii transversale a forței tăietoare.

Timpul alocat pentru studiul paragrafului 2.3.3, inclusiv parcurgerea testelor de auto-evaluare este de circa 2,5 ore.

După parcurgerea paragrafului 2.3.3 al capitolului 2.3, cursantul va fi capabil:

- să identifice corect tipul de solicitare din care face parte corpul studiat;
- să efectueze operații specifice - dimensionare, verificare sau stabilire de efort corespunzătoare tipului de solicitare studiat;
- să identifice și să corecteze în timp util eventualele greșeli de calcul sau raționament tehnic.

### 2.3.3 Încovoiere cu forță tăietoare. Formula lui Juravski

Fie o secțiune transversală simetrică în raport cu axa  $y$ , solicitată de forța tăietoare  $T_y$  (fig.1); pe un element de arie  $dA$ , situat în vecinătatea conturului (vezi figura de mai jos), tensiunea tangențială  $\tau$  de direcție oarecare se descompune după direcția tangentei la contur și după normala la aceasta în componentele  $\tau_t$ , respectiv  $\tau_n$ .

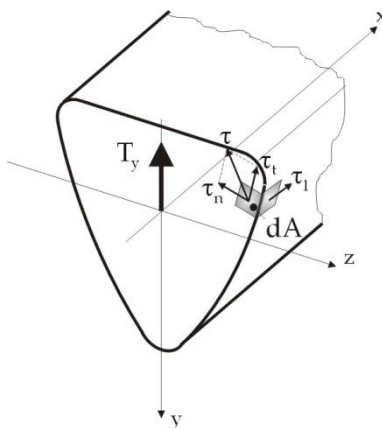


fig.1

În baza dualității tensiunilor tangențiale, pe fața laterală a grinzii ar trebui să existe o tensiune tangențială  $\tau_1 = \tau_n$ ; în absența încărcării de pe fața laterală care ar genera o astfel de tensiune,  $\tau_1 = \tau_n = 0$ , prin urmare tensiunea tangențială totală  $\tau$ , corespunzătoare elementului de arie  $dA$ , are direcția tangentei la contur.

#### *Ipotezele lui Juravski*

Secțiunea din figura de mai jos este simetrică în raport cu  $y$ ; se consideră linia  $mn$  la distanța (cota)  $y$  în raport cu axa  $z$  și de direcție paralelă cu aceasta. Dreptele-suport ale tensiunilor tangențiale din punctele de pe contur se intersectează în punctul  $A$ , punct situat, din rațiuni de simetrie, pe axa  $y$ .

#### *Ipoteze*

1. Se presupune că suportul tensiunilor tangențiale  $\tau$  din orice punct de pe linia  $mn$  trece prin  $A$ , punct de intersecție al tangențelor la contur în  $m$  și  $n$  cu axa de simetrie ( $Oy$ ) (fig.2).

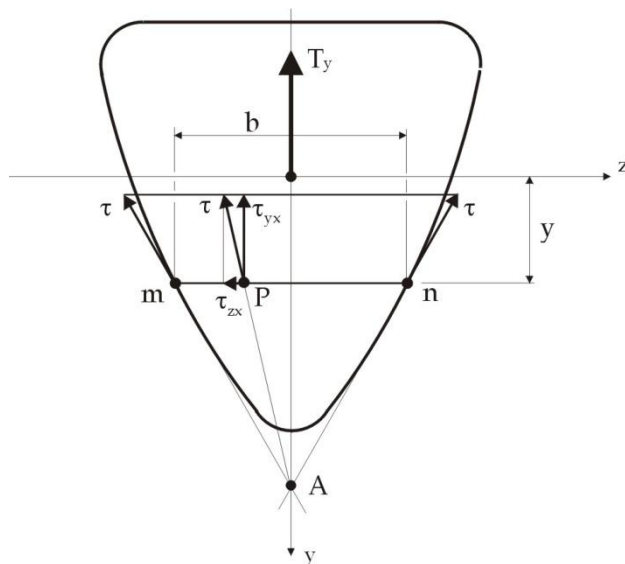


fig.2

2. Pentru un punct curent P ce aparține de segmentul mn, vectorul tensiune tangențială  $\tau$  se descompune în componentele  $\tau_{zx}$  și  $\tau_{yx}$  paralele cu axele z și y. Se admite că tensiunile  $\tau_{yx}$ , paralele cu forța tăietoare din secțiune, sunt distribuite uniform pe linia mn paralelă cu axa neutră (fig.2).

*Formula lui Juravski*

Se izolează un element de bară de lungime dx (vezi figura 3), considerat a fi limitat de linia mn;

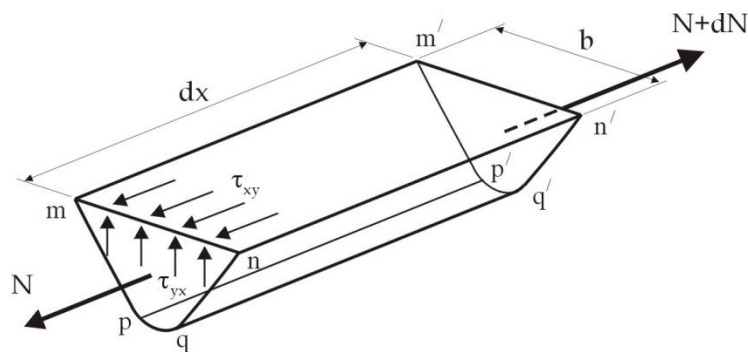


fig.3

rezultanta N a tensiunilor normale de pe porțiunea de secțiune mnpq se poate exprima în forma (vezi formula lui Navier):

$$N = \int_A \sigma_x dA = \int_A \frac{M_z}{I_z} y dA = \frac{M_z}{I_z} \int_A y dA = \frac{M_z}{I_z} S_z,$$

unde  $S_z$  reprezintă momentul static al porțiunii de secțiune mnpq în raport cu axa neutră.

Tensiunile tangențiale  $\tau_{xy}$  fiind distribuite uniform pe elementul de lungime dx, se poate scrie ecuația de echilibru static prin proiecție de forțe pe axa x, astfel:

$$\sum X = 0 \Rightarrow N - (N + dN) + \tau_{xy} \cdot b dx = 0,$$

în care b reprezintă lățimea secțiunii la nivelul liniei mn. Se ajunge la:

$$\tau_{xy} = \frac{1}{b} \frac{dN}{dx}.$$

Secțiunea barei fiind considerată constantă, momentul static  $S_z$  și momentul de inerție  $I_z$  nu depind de x, astfel, plecându-se de la:

$$N = \frac{M_z}{I_z} S_z,$$

se poate ajunge la forma:

$$\frac{dN}{dx} = \frac{S_z}{I_z} \frac{dM_z}{dx};$$

în plus (vezi relații diferențiale între eforturi și încărcări la bare drepte):

$$\frac{dM_z}{dx} = T_y.$$

Prin înlocuire în expresia tensiunii tangențiale  $\tau_{xy}$ , se obține **formula lui Juravski**, în forma:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{T_y \cdot S_z}{b \cdot I_z},$$

de unde rezultă că tensiunile tangențiale sunt proporționale cu forța tăietoare și orientate pe secțiune în sensul acesteia. Lățimea  $b$  reprezintă lățimea secțiunii în punctul de calcul al tensiunii tangențiale, valoarea acesteia obținându-se prin ducerea prin acel punct a unei drepte paralele cu axa neutră.  $S_z$  este momentul static al părții din secțiune care *tinde să lunece* în raport cu fibra neutră prin tăierea cu dreapta paralelă cu axa neutră; este vorba de oricare din cele două părți în care s-a împărțit secțiunea, de regulă alegându-se acea parte pentru care calculul este mai facil. Pentru fibrele extreme ale secțiunii  $S_z$  fiind nul, rezultă că și tensiunile tangențiale vor fi nule, situație opusă celei din cazul tensiunilor normale  $\sigma$  datorate momentului încovoiator (formula lui Navier), tensiuni a căror valoare maximă se obține, de regulă, la extremități.

### Variația tensiunilor tangențiale pe diferite secțiuni elementare

#### Aplicația 1

##### Secțiune dreptunghiulară

Pornindu-se de la formula lui Juravski și de la valorile caracteristicilor geometrice ale secțiunilor simple, se va trasa distribuția tensiunilor tangențiale  $\tau_{yx}$ ; în cazul unui dreptunghi de laturi  $h$  și  $b$  (vezi figura 4), se explicitează termenii din formula Juravski, astfel:

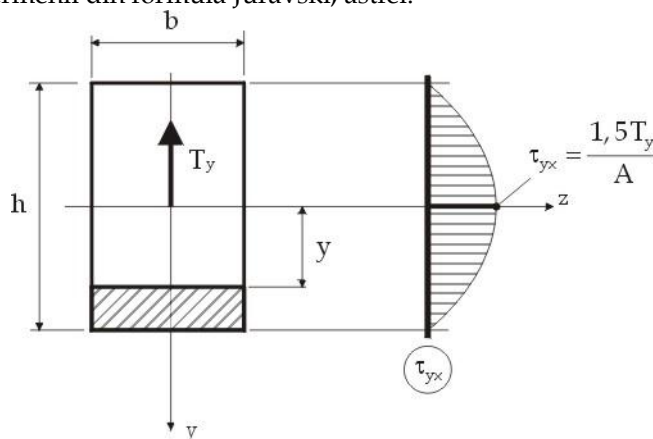


fig.4

momentul de inerție axial în raport cu axa  $z$  (axă neutră din încovoiere), este:

$$I_z = \frac{bh^3}{12},$$

iar pentru aria hașurată, situată la distanța  $y$  de axa neutră  $z$ , expresia momentului static în raport cu această axă se scrie:

$$S_z = b \left( \frac{h}{2} - y \right) \left( y + \frac{\frac{h}{2} - y}{2} \right) = \frac{b}{2} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right),$$

prin urmare, rezultă:

$$\tau_{yx} = \frac{T_y S_z}{b I_z} = \frac{T_y}{2 I_z} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right).$$

Legea de variație a tensiunilor tangențiale  $\tau_{yx}$  este, prin urmare, parabolică, cu valoarea maximă:

$$\tau_{y \times \max} = \frac{T_y h^2}{8 I_z} = \frac{3 T_y}{2 A},$$

valoare obținută pentru  $y = 0$ , ( $A = bh$ ).

## Aplicația 2

*Secțiune de formă circulară plină*

În cazul unei secțiuni circulare pline de diametru  $D$  (vezi figura 5),

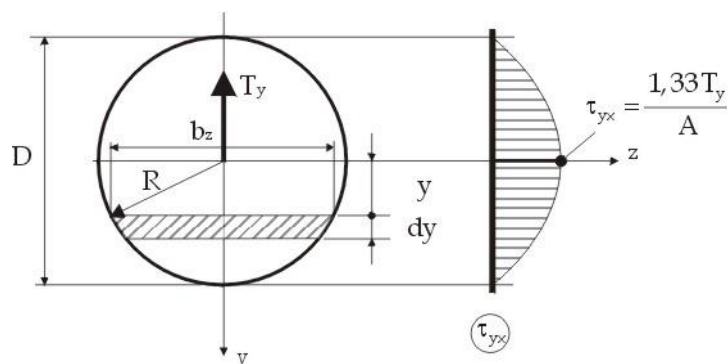


fig.5

momentul de inerție axial este:

$$I_z = I_y = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi R^4}{4};$$

fie aria elementară hașurată, situată la distanța  $y$  în raport cu axa  $z$ , arie de grosime  $dy$  (vezi figura de mai sus). Lățimea curentă a fâșiei ariei elementare,  $b_z$ , poate fi exprimată prin relația:

$$b_z = 2\sqrt{R^2 - y^2},$$

momentul static al acestei arii în raport cu axa neutră  $z$  fiind de forma:

$$S_z = \int b_z y dy = 2 \int y \sqrt{R^2 - y^2} dy = \frac{2}{3} (R^2 - y^2)^{\frac{3}{2}}.$$

Se calculează raportul:

$$\frac{S_z}{b_z} = \frac{\frac{2}{3} (R^2 - y^2)^{\frac{3}{2}}}{2\sqrt{R^2 - y^2}} = \frac{1}{3} (R^2 - y^2),$$

de unde rezultă expresia tensiunilor tangențiale, în forma:

$$\tau_{yx} = \frac{T_y S_z}{b I_z} = \frac{T_y (R^2 - y^2)}{\frac{3}{4} \pi R^4} = \frac{4 T_y}{3 A} \left( 1 - \frac{y^2}{R^2} \right), \text{ în care } A = \pi R^2. \text{ Prin urmare, tensiunea tangențială are o}$$

variație parabolică, valoarea maximă fiind obținută pentru  $y = 0$ , astfel:

$$\tau_{yx_{\max}} = \frac{4 T_y}{3 A}.$$

Aplicația 3

Secțiune în formă de I

Pentru secțiunea în formă de I (dublu T) din figura 6:

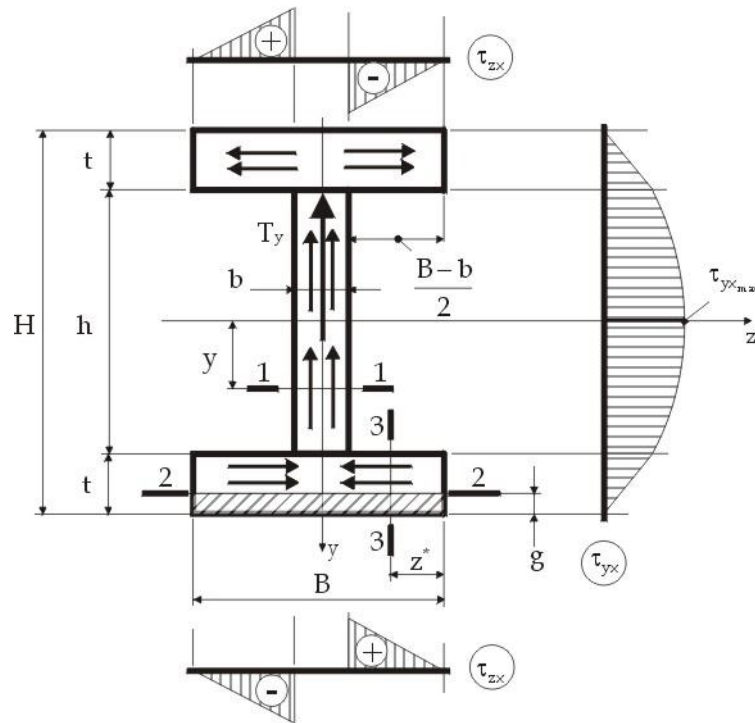


fig.6

pe inima profilului se dezvoltă tensiuni  $\tau_{yx}$ , pe talpă se dezvoltă tensiuni  $\tau_{zx}$ .

Deoarece pe inimă tensiunile  $\tau_{yx}$  au sensul forței tăietoare  $T_y$ , pe talpă tensiunile  $\tau_{zx}$  se figurează astfel încât să aibă alura vitezelor curbelor de curent din domeniul curgerii fluidelor; pe tălpi, se strâng afluenții în partea de jos, iar în partea de sus afluenții se desfac. Sensul de curgere este dat de sensul forței tăietoare în secțiune.

Tensiunile tangențiale sunt pozitive când sunt îndreptate în sens invers axelor.

**Distribuția tensiunilor  $\tau_{yx}$**

Pe linia 1-1 de pe inimă tensiunile se calculează astfel:

$$\tau_{yx}^{1-1} = \frac{T_y}{b I_z} \left[ Bt \frac{H-t}{2} + \frac{b}{2} \left( \frac{h}{2} - y \right) \left( \frac{h}{2} + y \right) \right] ; y \in \left[ -\frac{h}{2} ; \frac{h}{2} \right].$$

Rezultă o distribuție parabolică, cu valoarea maximă pe axa neutră, pentru  $y = 0$ :

$$\tau_{yx_{\max}} = \frac{T_y}{b I_z} \left( Bt \frac{H-t}{2} + \frac{bh^2}{8} \right).$$

Pe tălpi, tensiunile  $\tau_{yx}$  vor apare numai pe lățimea inimii; fie linia 2-2 la distanța g de marginea inferioară a tălpii de jos, astfel:

$$\tau_{yx}^{2-2} = \frac{T_y}{bI_z} \left( Bg \frac{H-g}{2} \right) ; g \in [0 ; t].$$

Pentru profilele laminatate, unde tălpile sunt subțiri, se poate considera:

$$\frac{H-t}{2} \cong \frac{h}{2} ;$$

astfel, rezultă:

$$\tau_{yx} = \frac{T_y}{2bI_z} Bgh ,$$

deci o distribuție liniară.

### Distribuția tensiunilor $\tau_{zx}$

Pe linia curentă 3-3 tensiunile tangențiale  $\tau_{zx}$  se consideră distribuite uniform pe grosimea  $t$ , calculându-se cu relația:

$$\tau_{zx}^{3-3} = \frac{T_y \cdot S_z^*}{t \cdot I_z} ,$$

cu  $S^*$  - momentul static al părții care tinde să lunece (figura 7).

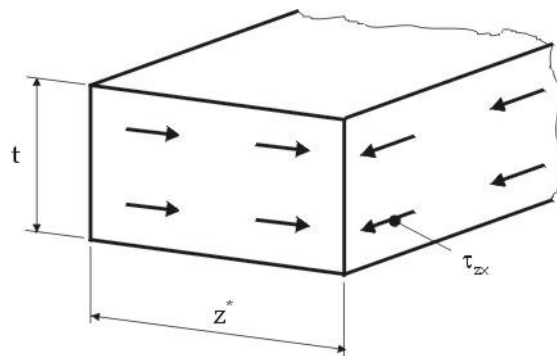


fig.7

Astfel, se obține:

$$S^* = t \cdot z^* \frac{H-t}{2} ,$$

rezultând o distribuție liniară pentru tensiunea tangențială  $\tau_{zx}$ .

Pe lățimea inimii tensiunea  $\tau_{zx}$  este nulă.

### **Bibliografie**

- Andreescu I., Mocanu Șt.,- *Compendiu de Rezistența Materialelor* (curs), Ed. MatrixRom, București, 2005, ISBN 973-685-869-3, (Cap.1, p.120÷127).
- Ungureanu I., Ispas B., Constantinescu E.,- *Rezistența Materialelor I* (curs), Universitatea Tehnică de Construcții București, 1995, (Cap.1, p.184÷194).

- Suport de curs de Rezistența Materialelor (ing.zi, ing.seral), format multimedia și site – Mocanu Șt., ediție de uz intern, Facultatea de Utilaj Tehnologic, 2006, (curs 8).

### Test de autoevaluare 2.3.3

1. La determinarea formulei lui Juravski a fost considerată valabilă legea dualității tensiunilor tangențiale (adevărat/fals).
2. La determinarea formulei lui Juravski s-a considerat valabilă ipoteza lui Bernoulli (adevărat/fals).
3. Ipoteza lui Bernoulli stipulează faptul că .....
4. Axa neutră a secțiunii se deplasează în cazul încovoierii cu forță tăietoare (adevărat/fals).
5. Distribuția tensiunilor tangențiale în cazul solicitării de încovoiere cu forță tăietoare este parabolică, având valoare maximă la nivelul axei neutre a secțiunii (adevărat/fals).
6. Formula lui Navier rămâne valabilă și în cazul solicitării de încovoiere cu forță tăietoare (adevărat/fals).
7. Legea de variație a efortului unitar tangențial pe secțiune este de formă .....

#### Sugestii privind rezolvarea testului de auto-evaluare 2.3.3

1. Adevărat.
2. Adevărat, s-a utilizat formula lui Navier în demonstrație.
3. O secțiune plană și normală la axa longitudinală a barei, înainte de deformare, rămâne plană și normală la aceasta și după deformare.
4. Fals, axa neutră se deplasează doar în cazul barelor curbe.
5. Adevărat.
6. Adevărat, diagramele de distribuție ale tensiunii normale  $\sigma_x$ , respectiv tangențială  $\tau_{yx}$  sunt complementare (acolo unde  $\sigma_x$  este maximă,  $\tau_{yx}$  are valoare nulă și invers).
7. Parabolică, vezi aplicațiile din curs.

## 2.3 Solicitarea de încovoiere simplă III

Scopul actualei prelegeri este de a demonstra și stabili modalitățile generice de abordare în ceea ce privește tratarea problemelor din Rezistența Materialelor din punctul de vedere al solicitării de încovoiere simplă a barelor drepte.

Paragraful 2.3.4 tratează modul de abordare al problemelor calculului la lunecare al grinzilor compuse supuse la solicitarea de încovoiere simplă.

Timpul alocat pentru studiul paragrafului 2.3.4, inclusiv parcurgerea testelor de auto-evaluare este de circa 2 ore.

După parcurgerea paragrafului 2.3.4 al capitolului 2.3, cursantul va fi capabil:

- să identifice corect tipul de solicitare din care face parte corpul studiat;
- să efectueze operații specifice - dimensionare, verificare sau stabilire de efort corespunzătoare tipului de solicitare studiat;
- să identifice și să corecteze în timp util eventualele greșeli de calcul sau raționament tehnic.

### 2.3.4 Lunecare longitudinală. Grinzi compuse supuse la încovoiere

Grinzile compuse sunt bare alcătuite din mai multe elemente solidarizate între ele; solidarizarea are rolul de a împiedica lunecarea între elemente, fiind astfel asigurată "conlucrarea" tuturor elementelor componente ale secțiunii la solicitarea dată.

În cazul solicitării de încovoiere simplă, în secțiunile paralele cu fâșia neutră apar tensiuni tangențiale (în baza legii dualității tensiunilor tangențiale), rezultanta acestora, pentru un element de lungime dată, reprezentând *forța de lunecare*.

Se consideră o grindă compusă dintr-un pachet de două bare cu secțiune dreptunghiulară (vezi figura 1, vederea a.), **nesolidarizate** între ele; sub efectul încărcărilor grinda se încovoie.

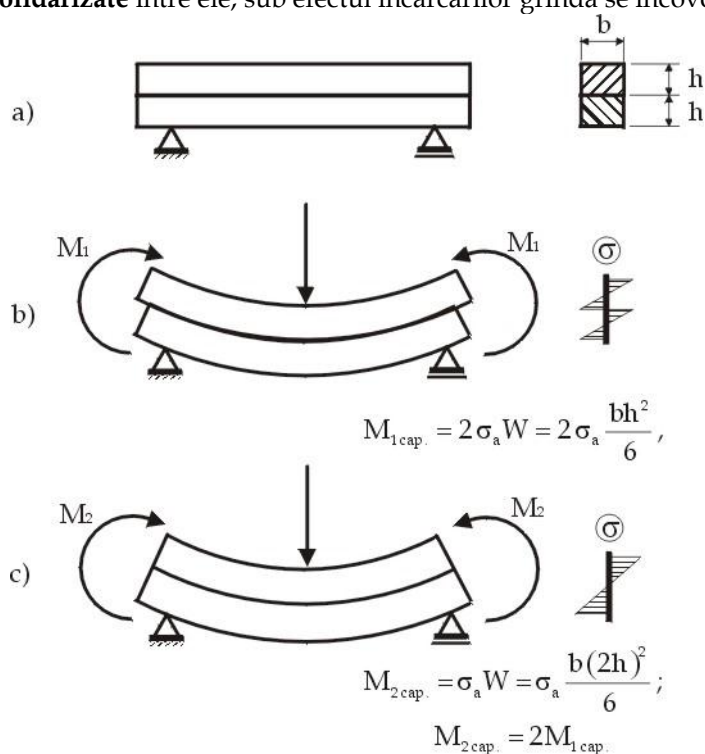




fig.1

Astfel, barele nefiind solidarizate între ele (vezi figura de mai sus, vederea b.), fiecare element lucrează independent – fibrele superioare se scurtează iar cele inferioare se lungesc ; fețele din zona de contact a elementelor vor aluneca una în raport cu cealaltă.

În situația în care elementele componente sunt **solidarizate** între ele (figura de mai sus, vederea c.), alunecarea relativă a fețelor în contact este împiedicată, grinda lucrând ca un singur element.

*Evaluarea forței de alunecare*

Se consideră elementul de grindă compusă, de lungime  $dx$ , din figura 2.

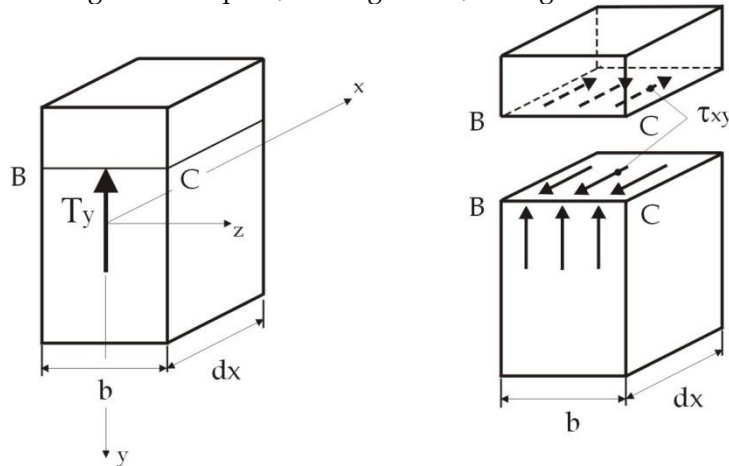


fig.2

Astfel, forța de alunecare pe linia de separație BC se poate exprima în forma:

$$dL = \tau_{xy} \cdot b dx;$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx},$$

rezultă:

$$L = \int \tau_{yx} \cdot b dx = \frac{J_{uravski} S_z}{I_z} \int T_y dx.$$

În cazul în care forța tăietoare este constantă pe un interval de lungime "e", forța de alunecare corespunzătoare este:

$$L = \frac{T_y \cdot S_z}{I_z} e.$$

Dacă elementul de lungime  $dx$  corespunde unei grinzi aflată sub acțiunea unei sarcini distribuite (cu lege de distribuție oarecare), se consideră diagramele de efort  $T_y$  și  $M_z$  de forma:

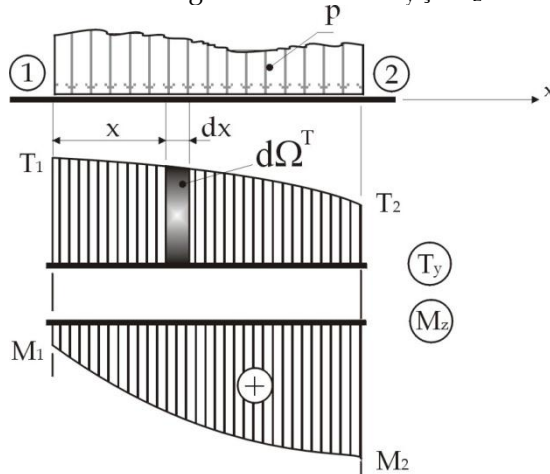


fig.3

Forța de alunecare pe intervalul 1-2 va fi (fig.3):

$$L_{1-2} = \frac{S_z}{I_z} \int_1^2 d\Omega^T,$$

în care  $d\Omega^T$  reprezintă aria elementară din diagrama de forță tăietoare  $T_y$ ; în concluzie:

$$L_{1-2} = \frac{S_z}{I_z} \Omega_{1-2}^T,$$

unde  $\Omega_{1-2}^T$  - aria din diagrama de forță tăietoare pe intervalul 1-2,  $S_z$  - momentul static al părții de secțiune care tinde să lunece iar  $I_z$  - momentul de inerție axial al întregii secțiuni ( $Oz$  - axa neutră a secțiunii).

Conform relațiilor diferențiale între eforturi și încărcări:

$$\frac{dM}{dx} = T \Rightarrow T dx = dM,$$

prin urmare, se poate evalua forța de lunecare și cu relația:

$$L_{1-2} = \frac{S_z}{I_z} \int_1^2 dM = \frac{S_z}{I_z} (M_2 - M_1),$$

cu  $M_2$  și  $M_1$  momentele încovoietoare din secțiunile 2 și 1.

În practică, pentru preluarea forțelor de lunecare, grinzile compuse sunt solidarizate prin cordoane de sudură sau nituri.

#### Calculul grinzilor compuse nituite

Fie o grindă solicitată la încovoiere a cărei secțiune este alcătuită dintr-o inimă verticală, două tălpi orizontale și patru corniere (vezi figura 4), solidarizarea elementelor componente realizându-se cu nituri.

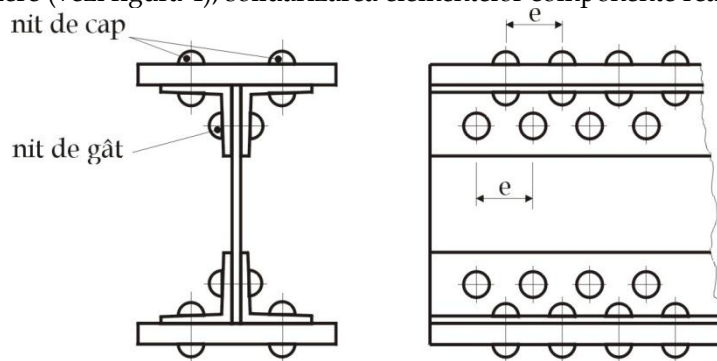


fig.4

Niturile de cap împiedică lunecarea tălpilor față de corniere, cele de gât, lunecarea inimii față de corniere.

Calculul îmbinării nituite se efectuează în mod practic **numai pentru niturile de gât**, acestea fiind mai solicitate decât cele de cap. Un singur nit va fi solicitat de o forță de lunecare  $L_{nit}$ , forță produsă pe o distanță "e" considerată între două nituri succesive (de gât). Niturile se așează la distanțe egale, pentru fiecare interval considerându-se valoarea maximă a forței tăietoare (care generează tendința de lunecare), astfel:

$$L_{nit} = \frac{T_{y,max} \cdot S_z}{I_z} \cdot e,$$

în care  $I_z$  - momentul de inerție axial, **brut**,  $S_z$  - momentul static al suprafeței **ce tinde să lunece**, în raport cu axa neutră a secțiunii. Forța de lunecare ce apare la limita dintre corniere și inimă, pentru distanța corespunzătoare pasului de așezare al unui nit (e), trebuie să îndeplinească condiția:

$$\begin{aligned} L_{nit} &\leq R, \quad \text{unde} \\ R &= \min(R_{str}, R_f); \\ R_{str} &= A_{str} \cdot \sigma_{a str}, \\ R_f &= A_f \cdot \tau_{af}, \end{aligned}$$

fiind folosite notațiile de la îmbinări nituite.

Distanța între nituri se calculează cu expresia:

$$e \leq \frac{R \cdot I_z}{S_z \cdot T_{y \max}}$$

Din punct de vedere constructiv, trebuie respectată relația:

$$3d \leq e \leq 8d,$$

în cazul în care din calcule rezultă  $e > 8d$ , se va alege  $e = 8d$ .

Pentru niturile de cap se poate parcurge o etapă similară de calcul; datorită faptului că acest tip de nituri lucrează câte două (pentru aceeași forță de lunecare), se vor obține distanțe necesare mai mari, practic, pentru niturile de cap utilizându-se același pas de așezare precum cel obținut pentru niturile de gât. Din rațiuni de alcătuire rațională (slăbiri minime) a secțiunii, niturile de cap se așează decalat în raport cu cele de gât, cu o jumătate de interval ( $e/2$ ).

La verificarea criteriului de rezistență al grinzii încovoiate (verificare la încovoiere -  $\sigma_{\max} \leq \sigma_a$ ), **se va ține seama de slăbirile produse de nituri** la calculul momentului de inerție axial  $I_z$ .

#### Calculul grinzilor compuse sudate

În cazul unei grinzi compuse sudate (vezi figura 5), solidarizarea tălpilor cu inima se poate realiza prin cordoane continue sau întrerupte de sudură; în calcule se va utiliza forța tăietoare maximă.

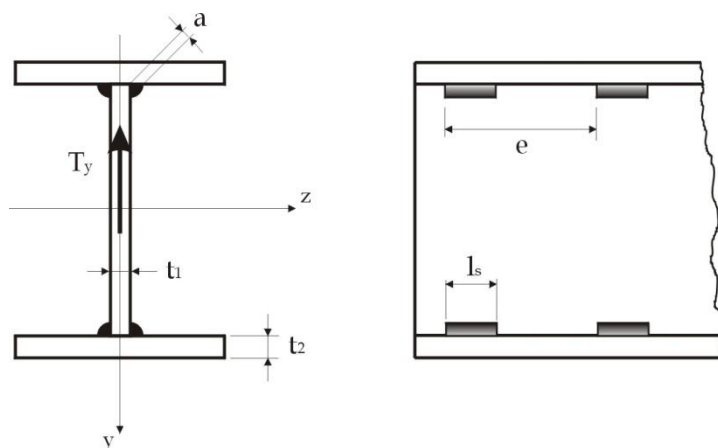


fig.5

Pentru un interval de lungime egală cu unitatea (în cazul cordoanelor de sudură **continue**), forța de lunecare va trebui preluată de îmbinarea sudată; în consecință, condiția de îndeplinit este de forma:

$$L_1 \leq \frac{T_{y \max} \cdot S_z}{I_z} \cdot 1, \text{ unde}$$

$$L_1 = A_s \cdot \tau_{as} = 2a \cdot 1 \cdot 0,65 \sigma_a,$$

cu aceleași notații de la îmbinări sudate și ținându-se seama de prezența a două cordoane de sudură ce formează îmbinarea (care împiedică lunecarea, de exemplu, între talpa superioară și inimă).

Astfel, rezultă grosimea necesară a cordonului continuu de sudură:

$$a \geq \frac{S_z \cdot T_{y \max}}{2I_z \cdot \tau_{as}},$$

cu  $S_z$  - momentul static, în raport cu axa neutră a secțiunii, al suprafeței ce tinde să lunece;  $a_{\min} = 3 \div 4 \text{ mm}$ .

În cazul în care  $a < a_{\min}$ , se realizează solidarizarea prin cordoane întrerupte de sudură; astfel, forța de lunecare de pe lungimea "e" trebuie preluată de îmbinarea formată din cele două cordoane de sudură de lungime  $l_s$  și grosime a. Condiția de îndeplinit se exprimă în forma:

$$L_e \leq 2a \cdot l_s \cdot \tau_{as}, \text{ unde}$$

$$L_e = \frac{T_{y \max} \cdot S_z}{I_z} \cdot e,$$

de unde rezultă:

$$\frac{e}{l} \leq \frac{2a \cdot I_z \cdot \tau_{as}}{T_{y \max} \cdot S_z},$$

în care  $l = l_s - 2a$ , (vezi îmbinări sudate).

### Bibliografie

- Andreescu I., Mocanu Șt.,- *Compendiu de Rezistența Materialelor* (curs), Ed. MatrixRom, București, 2005, ISBN 973-685-869-3, (Cap.1, p.129÷133).
- Ungureanu I., Ispas B., Constantinescu E.,- *Rezistența Materialelor I* (curs), Universitatea Tehnică de Construcții București, 1995, (Cap.1, p.196÷199).
- Suport de curs de Rezistența Materialelor (ing.zi, ing.seral), format multimedia și site – Mocanu Șt., ediție de uz intern, Facultatea de Utilaj Tehnologic, 2006, (curs 9).

### Test de autoevaluare 2.3.4

8. Tendința de lunecare dintre elementele componente ale unei grinzi compuse apare în cazul solicitărilor de încovoiere simplă și întindere-compresiune simplă (adevărat/fals).

9. Tendința de lunecare este ..... proporțională cu forța tăietoare de la nivelul secțiunii transversale a tronsonului.

10. Tendința de lunecare este invers proporțională cu momentul încovoiitor de la nivelul secțiunii transversale a tronsonului (adevărat/fals).

11. Niturile unei solidarizări dintre două elemente compuse solicitate la încovoiere, sunt solicitate simultan la strivire și forfecare (adevărat/fals).

12. Forța capabilă a unei solidarizări între două elemente ale unei secțiuni supusă la forțe de lunecare, crește direct proporțional cu distanța dintre nituri (cordoane de sudură) (adevărat/fals).

13. Odată cu creșterea forței tăietoare de la nivelul secțiunii transversale, distanța dintre elementele ce asigură solidarizarea componentelor secțiunii trebuie să ..... .

### Sugestii privind rezolvarea testului de auto-evaluare 2.3.4

8. Fals, tendința apare doar la încovoiere simplă.
9. Direct proporțională.
10. Fals.
11. Adevărat.
12. Fals.
13. Scadă, vezi relațiile de calcul.