



Universitatea Politehnica Timișoara

Facultatea de Construcții

Departamentul de Construcții Metalice și Mecanica Construcțiilor

# CONSTRUCȚII MIXTE OȚEL - BETON

---

- CURS 4-a -

Grinzi compuse (3)

Conf.dr.ing Adrian CIUTINA

**Notele de curs pot fi descărcate de pe pagina de web**  
<http://www.ct.upt.ro/users/AdrianCiutina/>

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

---

- Armăturile transversale ale dalei din beton trebuie să fie dimensionate la starea limită ultimă astfel încât să se prevină distrugerea (avarierea) prematură a dalei din beton a grinzii compuse. Fenomenele principale care trebuie împiedicate în acest caz sunt:
  - n forfecarea longitudinală;
  - n despicarea longitudinală.
- Eurocode 4 stipulează un procent minim de armare transversală a dalei din beton, pentru ca aceasta să fie capabilă să preia eforturile de forfecare (lunecare) produse de conectori.
- Verificarea armăturilor transversale la forfecare longitudinală se face prin următoarea formulă:

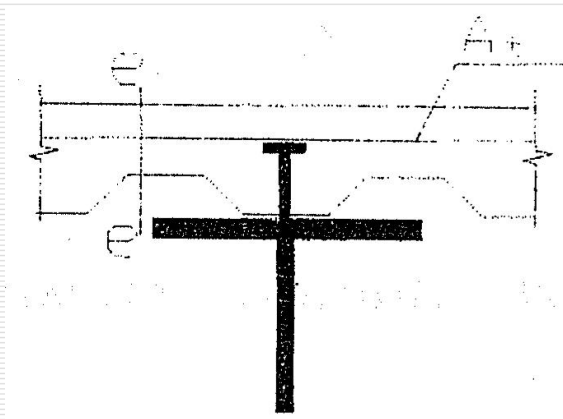
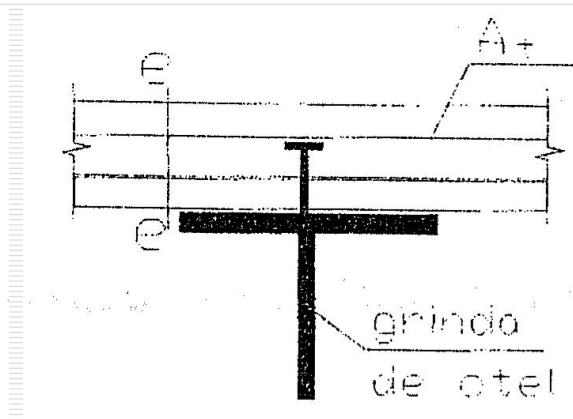
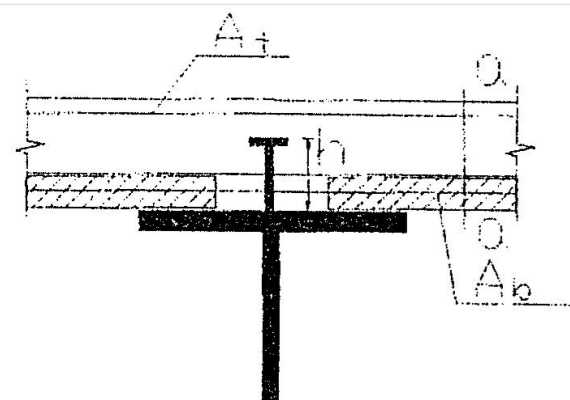
$$v_{Sd} \leq v_{Rd}$$

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

○ În formula de mai sus:

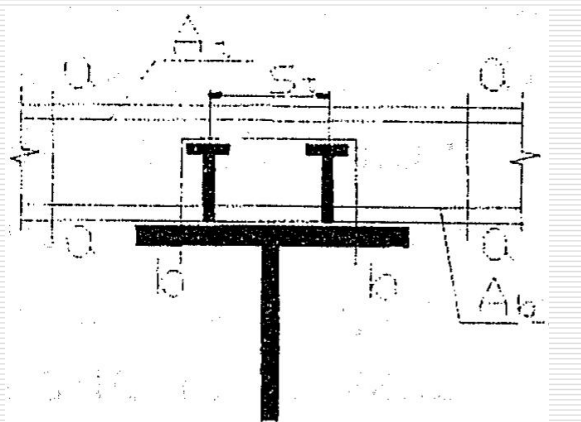
- $V_{Sd}$  – valoarea de calcul a forfecării longitudinale pe unitatea de lungime;
- $V_{Rd}$  – rezistența de calcul la forfecare longitudinală pentru suprafața considerată;

○ Suprafețele (secțiunile) potențiale tipice de distrugere prin forfecare sunt indicate în figurile de mai jos:

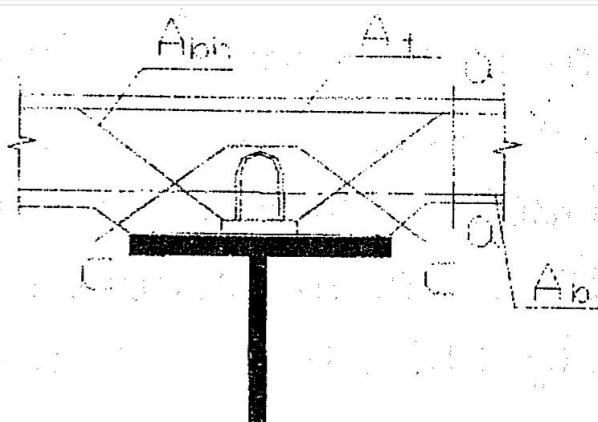


- a) Dală din beton plină      b) Dale nervurate cu nervuri perpendiculare pe grindă      c) Dale nervurate cu nervuri paralele pe grindă

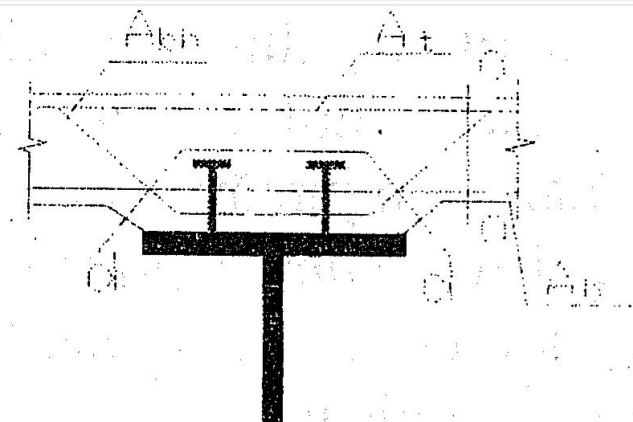
## § 2.12 Calculul armăturilor transversale



d) Dale pline cu gujoane pe 2 rânduri



e) Dale pline cu vute și conectori rigizi



f) Dale pline cu gujoane și vute

○ Valoarea suprafețelor potențiale de distrugere:

Tipul secțiunii din dală	Mărimea suprafețelor $A_e$
a-a	$(A_b + A_t)$
b-b	$2 A_b$
c-c	$2 (A_b + A_{bh})$
d-d	$2 (A_b + A_{bh})$
e-e	$A_t$

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

○ Notățiile din figurile de mai sus sunt următoarele:

- n  $A_b$  – aria armăturilor transversale de la partea inferioară a dalei de beton;
- n  $A_t$  – aria armăturilor transversale de la partea superioară a dalei din beton;
- n  $A_{bh}$  – aria armăturilor transversale înclinate ale vutelor din beton;

### VALORILE EFORTURILOR DE CALCUL

○ Efortul de calcul  $v_{Sd}$  se determină din rezistența conectorilor pe grindă  $P_{Rd}$  și se calculează ca forță pe unitatea de lungime a grinzii compuse, prin relațiile:

n Pentru secțiunea a-a, cu conectori dispuși pe un singur rând:

$$v_{Sd} = \frac{P_{Rd}}{s}$$

n Pentru secțiunea b-b, cu conectori dispuși pe două rânduri:

$$v_{Sd} = \frac{2P_{Rd}}{s}$$

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

### VALORILE EFORTURILOR DE CALCUL

---

○ În formulele de mai sus:

n  $P_{Rd}$  – rezistența de calcul a unui singur conector;

n  $s$  – distanța longitudinală dintre conectori;

### REZISTENȚA DE CALCUL LA FORFECARE

○ La stabilirea rezistenței de calcul la forfecare longitudinală, trebuie stabilite ariile  $A_e$  ale armăturilor transversale, calculate conform tabelului anterior.

Obs: 1. Lungimea suprafeței de forfecare b-b din figura d) trebuie luată egală cu ( $h$  – înălțimea,  $d$  – diametrul capului gujonului):

○  $2h + d$  în cazul unui singur rând de conectori;

○  $2h + d + 2s_t$  în cazul a două rânduri de conectori ( $s_t$  – distanța transversală dintre gujoane);

2. O tablă profilată din oțel, a căror nervuri sunt perpendiculare pe grinda din oțel contribuie la rezistența la forfecare longitudinală, dacă aceste table sunt continue la talpa superioară a grinzii metalice sau dacă ele sunt sudate de grinda din oțel prin gujoane.

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

### REZISTENȚA DE CALCUL LA FORFECARE

- Rezistența de calcul a tuturor suprafețelor potențiale de distrugere prin forfecare (în talpă sau în întăriturile cu vute) se calculează ca valoarea minimă dintre:

$$v_{Rd} = 2.5 A_{cv} \cdot \eta \cdot \tau_{Rd} + A_e \cdot \frac{f_{sk}}{\gamma_s} + v_{pd}$$

respectiv

$$v_{Rd} = 0.2 A_{cv} \cdot \eta \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{v_{pd}}{\sqrt{3}}$$

- În formulele de mai sus:

- n  $\tau_{Rd}$  este rezistența de bază la forfecare a betonului

$$\tau_{Rd} = 0.25 \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c}$$

- n  $f_{ctk0.05}$  este rezistența caracteristică la tracțiune a betonului, calculată cu un fractil de 0,05;

- n  $f_{ck}$  este rezistența caracteristică la compresiune a betonului;

- n  $f_{sk}$  este limita de curgere caracteristică a armăturii;

- n  $\eta=1$  pentru beton cu masă normală;

- n  $\eta=0,3+0,7(\rho/2400)$  pentru beton ușor ( $\rho$  – masa volumică kg/m<sup>3</sup>);

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

### REZISTENȚA DE CALCUL LA FORFECARE

- n  $A_e$  este suma ariilor secțiunilor armăturilor transversale ce traversează suprafețele de forfecare considerate a-a, b-b, c-c, d-d, e-e, presupuse perpendiculare pe grindă, evaluate pe unitatea de lungime a grinzii, incluzând armătura prevăzută pentru rezistența la încovoiere a dalei din beton armat:

- Pentru secțiunea a-a, aria  $A_e$  este:

Unde:

$$A_e = \frac{A_b + A_t}{s} = \frac{\frac{\pi d_b^2}{4} + \frac{\pi d_t^2}{4}}{s} \quad (\text{mm}^2/\text{mm})$$

- n  $A_b$  și  $A_t$  sunt ariile secțiunilor transversale ale armăturilor inferioare respectiv superioare (de diametre  $d_b$  și  $d_t$ ) din secțiunea a-a;

- n  $s$  este distanța longitudinală dintre co

- Pentru secțiunea b-b, aria  $A_e$  este:

$$A_e = \frac{2A_b}{s} = 2 \frac{\frac{\pi d_b^2}{4}}{s} \quad (\text{mm}^2/\text{mm})$$

- Pentru secțiunea c-c, aria  $A_e$  este:

$$A_e = \frac{2(A_b + A_{bh})}{s} = 2 \frac{\frac{\pi d_b^2}{4} + \frac{\pi d_{bh}^2}{4}}{s} \quad (\text{mm}^2/\text{mm})$$



## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

### REZISTENȚA DE CALCUL LA FORFECARE

Unde:

- n  $A_{bh}$  este aria secțiunii transversale a armăturii înclinate din vute;
- n  $d_{bh}$  este diametrul barelor înclinate;
- n  $A_{cv}$  este aria secțiunii transversale a betonului din dala grinzii compuse pe unitatea de lungime, în suprafața de forfecare considerată;
- n  $v_{pd}$  este efortul care ține cont de contribuția tablei profilate (în cazul dalelor cu nervuri) care se calculează cu:

$$v_{pd} = A_p \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{ap}}$$

Unde:

- n  $v_{pd}$  este exprimat în N pe unitatea de lungime a grinzii, pentru fiecare intersecție a grinzii cu tabla profilată;
- n  $A_p$  este aria secțiunii a tablei profilate, pe unitatea de lungime a grinzii;
- n  $f_{yp}$  este limita de curgere a tablei profilate;
- n  $\gamma_{ap}$  este coeficientul parțial de siguranță pentru tabla profilată.

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

### VERIFICAREA ARMĂTURILOR TRANSVERSALE

---

○ La verificarea conectorilor, se alege un diametru al acestora (între 12 și 22 mm), verificarea făcându-se cu relațiile:

n Pentru secțiunea a-a:

$$v_{Sd} = \frac{P_{Rd}}{s} \leq v_{Rd}$$

n Pentru secțiunea b-b:

$$v_{Sd} = \frac{2P_{Rd}}{s} \leq v_{Rd}$$

○ Unde:

n  $v_{Sd}$  este efortul de calcul din armături;

n  $v_{Rd}$  este rezistența de calcul a suprafețelor de forfecare.

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

### CERINȚE PENTRU ARMĂTURILE TRANSVERSALE

- În cazul dalelor pline se recomandă o arie minimă de armare transversală de 0,2% din aria betonului.
- În cazul dalelor nervurate, cu nervurile paralele sau perpendiculare pe deschiderea grinzii, este necesară dispunerea unei arii minime de armare transversală de 0,2% din aria betonului situat deasupra nivelului dalei, considerate în sens longitudinal.
- Pentru prevenirea distrugerii grinzilor compuse prin despicarea longitudinală a dalei din beton în dreptul gujoanelor, sunt aplicate unele prevederi suplimentare pentru toate grinzile compuse care prezintă o distanță mai mică de 300 mm între marginea liberă a plăcii din beton și axa cea mai apropiată a conectorilor:
  - n se dispune o armătură transversală sub formă de buclă care înconjoară conectorii;

## § 2.12 Calculul armăturilor transversale

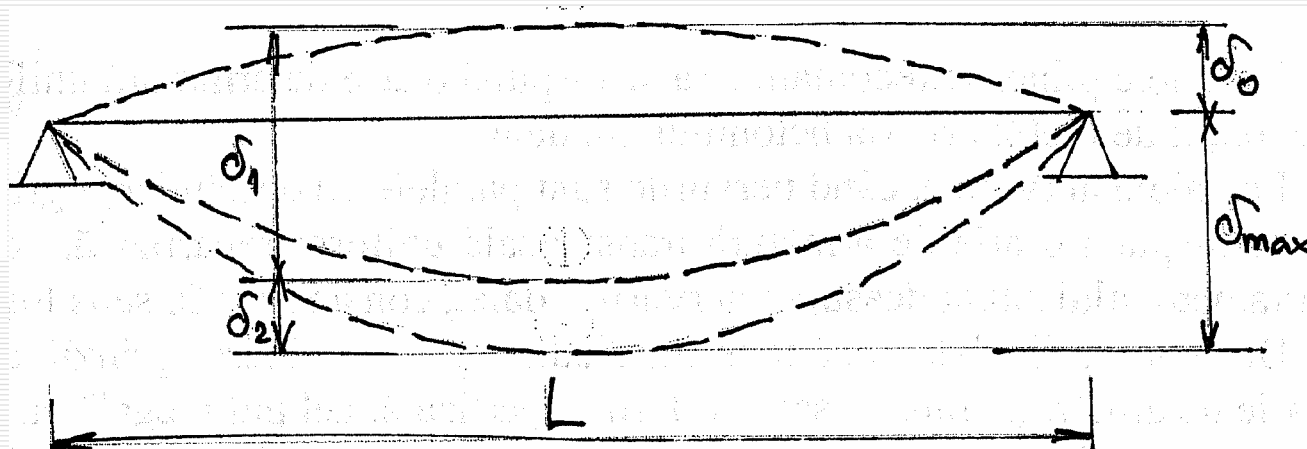
### CERINȚE PENTRU ARMĂTURILE TRANSVERSALE

- n în cazul în care se folosesc conectori de tip gujon cu cap, iar distanța de la marginea plăcii de beton la axul celui mai apropiat conector este mai mare de  $6d$ , în care  $d$  este diametrul nominal al conectorului, barele în forma de buclă vor avea un diametru de cel puțin  $0.5d$ .
- n barele de armare se vor amplasa cât mai jos cu putință asigurându-se totuși o acoperire suficientă la partea inferioară.

## § 2.13 Calculul și verificarea săgeților

- Pentru grinzile compuse, verificarea la starea limită de serviciu se face prin verificarea săgeții acesteia, în conformitate cu Eurocode 4, secțiunea 5.
- Conform acestor prevederi, săgeata totală se calculează cu relația:

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$



- Unde:
  - n  $\delta_0$  este curbura (contrasăgeata) inițială;
  - n  $\delta_1$  este variația săgeții grinzii pentru faza de turnare a betonului (faza 1);
  - n  $\delta_2$  este săgeata grinzii compuse dată de încărcările permanente din finisaje, cele variabile și tehnologice (faza 2).

## § 2.13 Calculul și verificarea săgeților

---

### CALCULUL SĂGETII $\delta_1$ (FAZA 1)

- La calculul săgeții din faza 1, trebuie considerate două situații, deplasarea  $\delta_1$  fiind:

$$\delta_1 = \delta_{11} + \delta_{12}$$

- unde:
  - n  $\delta_{11}$  este săgeata produsă de greutatea profilului metalic plus greutatea betonului neîntărit. Această săgeată se calculează cu momentul de inerție al profilului metalic singur;
  - n  $\delta_{12}$  este săgeata produsă de încărcările adiționale pentru faza 1: greutatea muncitorilor, a utilajelor folosite pentru turnare etc. În general aceste încărcări variabile pentru faza de montaj sunt dispuse în pozițiile cele mai defavorabile.

## § 2.13 Calculul și verificarea săgeților

---

### CALCULUL SĂGETII $\delta_2$ (FAZA a 2-a)

- La calculul săgeții din faza 2, trebuie considerate tot două situații, deplasarea  $\delta_2$  fiind:

$$\delta_2 = \delta_{21} + \delta_{22}$$

- unde:

- n  $\delta_{21}$  este săgeata produsă de încărcările permanente aplicate după întărirea betonului (șape, finisaje etc);
- n  $\delta_{22}$  este săgeata produsă de încărcările variabile aplicate: sarcini utile, acțiunea zăpezii, inclusiv cele tehnologice, aplicate de asemenea pe grinda compusă.

- Săgețile din faza a doua se deduc prin considerarea momentelor de inerție ale secțiunilor compuse  $I_1$  și  $I_2$ , calculate conform paragrafelor anterioare pentru zonele aferente de momente pozitive respectiv negative.

## § 2.13 Calculul și verificarea săgeților

### CONDIȚII DE VERIFICARE A SĂGETILOR

- Săgeata totală, calculată ca mai sus se verifică prin relațiile de comparație cu valorile admisibile ale săgeților. Spre exemplu, în cazul grinzilor compuse secundare:

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0 \leq \frac{L}{250}$$

Dar (verificare suplimentară)

$$\delta_2 \leq \frac{L}{300}$$

Obs: Problema principală în cazul săgeților grinzilor compuse o reprezintă săgețile din faza de turnare a betonului ( $\delta_1$ ). În acest caz, o rezemare a grinzii pentru faza de turnare poate rezolva această situație.