



Universitatea Politehnica Timișoara

Facultatea de Construcții

Departamentul de Construcții Metalice și Mecanica Construcțiilor

CONSTRUCȚII MIXTE OȚEL - BETON

- CURS 1b -

Introducere

Conf.dr.ing Adrian CIUTINA

INTRODUCERE

□ **Structurile Compuse Oțel-Beton** au avut o dezvoltare semnificativă încă de la conceperea acestora, cu mai bine de 100 de ani în urmă. Atunci s-a realizat faptul că betonul care împrejmuiește profilele metalice și care servește pentru protecția la foc poate avea și anumite beneficii structurale, sau faptul că dala din beton a podurilor metalice poate fi folosită în avantajul structurilor dacă se realizează o conlucrare a acesteia cu grinda metalică. Aplicarea în practică a sistemelor compuse a început după sfârșitul celui de-al doilea război mondial, iar sistemul a avut o răspândire rapidă în ultimii 25 de ani.

□ În prezent, folosirea pe scară largă a structurilor compuse, spre exemplu în cazul structurilor înalte, este larg răspândită, în special în țările în care structurile metalice au o largă utilizare.

INTRODUCERE

- Abordările timpurii ale proiectării structurilor compuse, în general înseamnă un pic mai mult decât aplicarea principiilor de bază ale mecanicii noului sistem. În scurt timp s-a realizat faptul că tipologia structurilor compuse conține caracteristici și subtilități particulare, pentru care o utilizare eficientă are nevoie de o înțelegere adecvată și de luarea în considerare a acestor fenomene.
- În momentul actual, structurile compuse sunt privite ca un sistem structural distinct, cu documente normative și ghiduri de proiectare proprii.
- Cel mai cuprinzător și actualizat dintre acestea este setul normativelor EUROCODE. Normativul **EUROCODE 4** tratează în mod exclusiv structurile compuse oțel-beton.

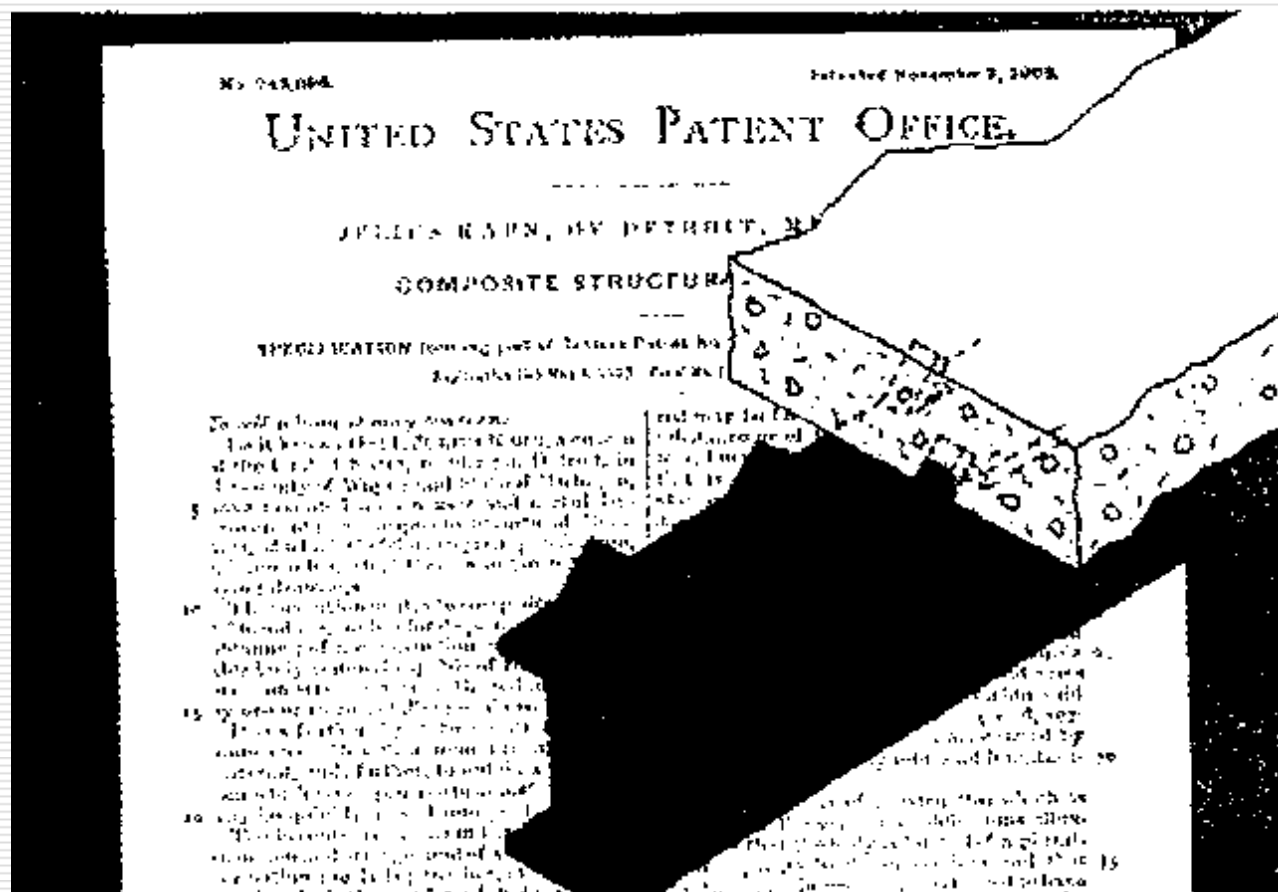
CAPITOLUL I – PRINCIPII DE BAZĂ

- Termenul de **“construcții compuse oțel-beton”** trebuie înțeles în contextul construcțiilor și a structurilor civile ca implicând folosirea laolaltă a oțelului și a betonului într-o singură componentă, astfel încât elementele structurale rezultate să funcționeze unitar.
- Scopul este acela de a obține un nivel sporit al performanței structurale față de situația în care cele două materiale ar fi funcționat separat. În acest mod, pentru o proiectare judicioasă trebuie cunoscute diferențele intrinseci ale proprietăților materialelor componente și asigurat faptul că sistemul structural ales consideră aceste diferențe. În mod evident trebuie asigurată conexiunea dintre cele două materiale.
- Încă de la introducerea acestui sistem, folosirea acțiunii compuse a fost recunoscută ca fiind un mod eficient de a spori performanța structurală. De aceea, o mare proporție din structurile gândite inițial ca metalice sunt în final proiectate ca structuri compuse oțel-beton.

§ 1.1 Scurt istoric

- ❑ Anul 1894 reprezintă anul în care au fost folosite pentru prima dată grinzile înglobate în beton, pentru un pod din Iowa și o clădire din Pittsburgh. Primele teste de laborator efectuate pe stâlpi înglobați în beton s-au efectuat la Universitatea din Columbia, în anul 1908, iar primele teste efectuate pe grinzi compuse au fost efectuate la Dominion Bridge Works în Canada, în anul 1922.
- ❑ În 1930 codul de proiectare al New York City recunoștea anumite beneficii ale înglobării profilelor metalice în beton, permițând eforturi sporite în fibrele extreme ale secțiunii metalice înglobate. Conectorii de tip gujon cu cap sudați au fost testați pentru prima dată la Universitatea din Illinois, în anul 1954, conducând la o formulă de proiectare în anul 1956, precum și la folosirea acesteia în același an la realizarea unor proiecte pentru anumite poduri și structuri.
- ❑ În anul 1926, tehnica conectării grinzii din oțel cu dala din beton a fost patentată de inginerul Kahn în SUA, și în scurt timp după aceea apar primele cărți scrise doar pentru utilizarea structurilor compuse.

§ 1.1 Scurt istoric



Patentul inginerului Kahn din 1926

§ 1.1 Scurt istoric

□ În Japonia, primele utilizări ale elementelor compuse au fost efectuate de către inginerul Wakabayashi, în anul 1910, care a folosit înglobarea stâlpilor în beton pentru a îmbunătăți rezistența la foc și seismică. Denumite ca “structuri cu armătură rigidă” (steel-reinforced concrete - SRC) aceste metode de construcție au fost utilizate cu succes pentru structurile cu mai mult de 6 nivele. Integritatea noului tip structural a fost demonstrată prin buna performanță înregistrată în “marele cutremur Kanto” din 1923.

§ 1.1 Scurt istoric

- Primul set de reglementări care acoperă proiectarea grinzilor compuse a fost furnizat de Institutul American de Construcții Metalice (AISC) – Specificații pentru clădiri, în anul 1961.
- Dezvoltări paralele ale normativelor au avut loc și în Europa, în special ca parte a programului de reconstrucție a Germaniei după cel de-al doilea război mondial. În raportul făcut în anul 1957 de către inginerul Godfrey, se face referire la “cercetările din Germania, Elveția și alte zone”, raport care a oferit baza pentru “Regulile provizorii pentru proiectarea grinzilor în construcțiile compuse”, publicate în iulie 1958. Patru ani mai târziu, topica a fost normalizată formal în normativul DIN 1078.

§ 1.1 Scurt istoric

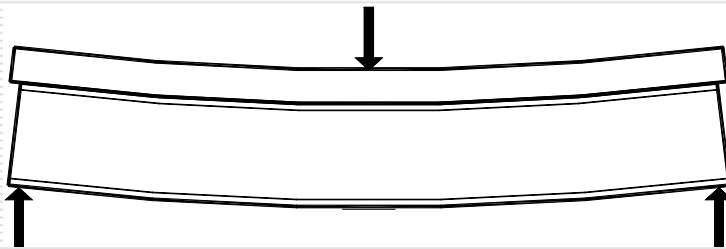
□ La mijlocul anilor 60, comunitatea inginerilor de structuri din Marea Britanie a avut opinii apreciative asupra meritelor structurilor compuse. Spre exemplu, structurile compuse au fost alese pentru proiectarea unui număr de structuri guvernamentale, în general sub forma grinzilor compuse, dar cu noi caracteristici, cum ar fi utilizarea panourilor prefabricate din beton cu agregate ușoare.

□ Cercetările britanice au fost cuprinse în primul normativ pentru structuri compuse, denumit CP 117 și publicat în trei părți care se refereau la:

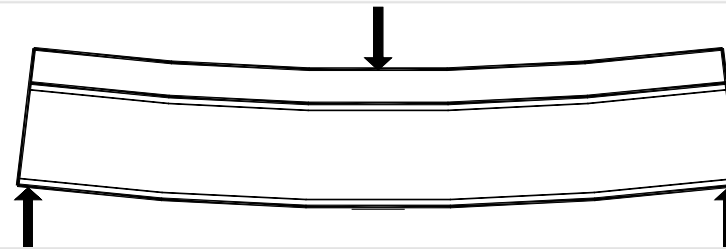
- grinzile compuse simplu rezemate
- grinzile de poduri respectiv
- stâlpii compuși oțel-beton.

§ 1.2 Concepte de bază

□ Esența elementelor compuse se poate înțelege foarte ușor prin considerarea unei aplicații simple, și anume aceea a grinzii compuse.

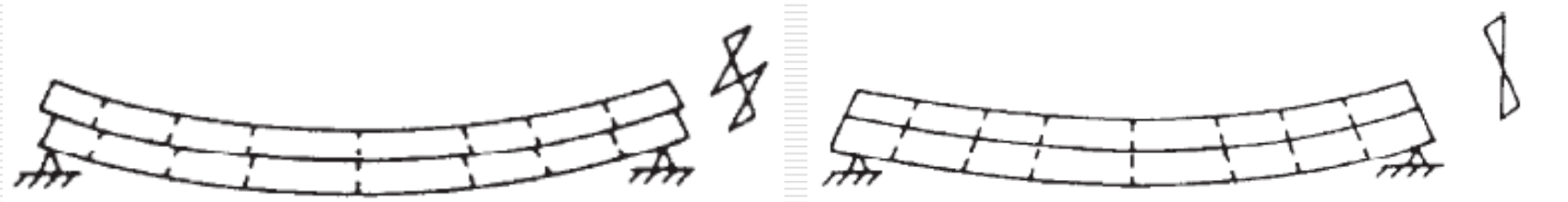


□ acțiune independentă (a)



□ acțiune compusă (b)

□ Pentru înțelegerea acestui exemplu, se consideră grinda care este formată din două elemente identice prezentate în figura de mai jos.



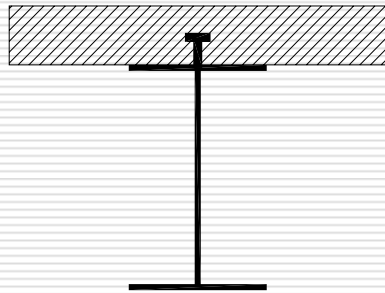
§ 1.2 Concepte de bază

□ În cazul figurii a), elementele vor avea un comportament separat, și se vor deplasa relativ unul față de celălalt la interfața acestora, în timp ce în cazul figurii b), cele două elemente sunt constrânse să acționeze împreună.

□ În consecință, în cazul a) se va produce o deplasare relativă de alunecare, indicată de mișcarea capetelor grinzii, în timp ce în cazul b) întreaga secțiune va rămâne plană. Se poate foarte ușor demonstra faptul că, folosind teoria elasticității, grinda din cazul b) este de două ori mai rezistentă și de patru ori mai rigidă decât cea din cazul a).

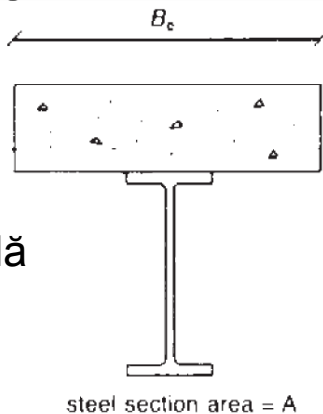
§ 1.2 Concepte de bază

□ Prin analogie, se poate considera ansamblul oțel-beton de mai jos:

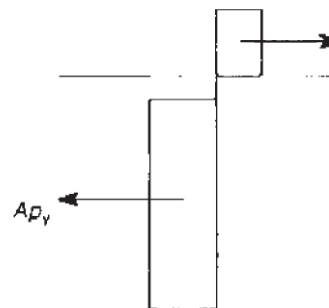


□ Cele două componente sunt acum de dimensiuni diferite și posedă diferite caracteristici de material. Considerând (ca exemplu) faptul că axa neutră a secțiunii compuse nu este localizată la interfața oțel/beton și că există o conexiune totală între aceste două materiale, astfel încât nu există alunecări relative, distribuția deformațiilor și a blocurilor corespunzătoare de eforturi la starea limită ultimă considerată va fi ca în figurile prezentate mai jos:

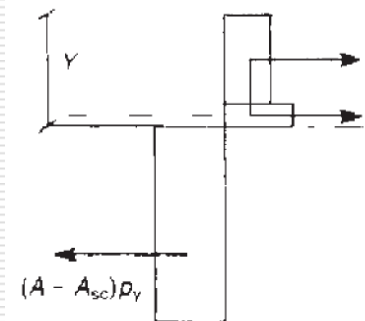
a)
Secțiunea transversală



b) Axa neutră se află în placa din beton armat



c) Axa neutră se află în profilul metalic



§ 1.2 Concepte de bază

- ❑ Considerațiile asupra echilibrului secțiunii transversale permit calculul momentului capabil. Cu toate că în mod evident, în cele mai multe cazuri axa neutră nu se regăsește la interfața oțelului și a betonului, momentul capabil al secțiunii poate fi calculat. O proiectare judicioasă însă va încerca localizarea axei neutre la interfață, după cum acest caz reprezintă cazul ideal de folosire judicioasă a celor două materiale (betonul acționând la compresiune iar oțelul la întindere).
- ❑ Pentru cazurile generale de proiectare, calculele de echilibru ale secțiunii se bazează pe cazul ideal, cu modificări minore.

Obs: Metodele plastice de determinare a rezistenței, așa cum sunt prezentate în figurile de mai sus sunt folosite în prezent în mod curent la proiectarea elementelor compuse.

Cu toate că există numeroase abordări în domeniul elastic, s-a demonstrat că, prin aplicarea anumitor reguli (spre exemplu relative la instabilitatea anumitor elemente metalice la compresiune sau abilitatea conexiunii de a preveni alunecarea relativă dintre cele două materiale), o abordare în domeniul plastic este mai simplă și conduce la rezistențe mai mari ale elementului compus.

§ 1.3 Proprietățile materialelor

□ La proiectarea elementelor compuse trebuie adoptate proprietățile oțelului și ale betonului ca și condițiile în care proiectarea s-ar face în structură simplă din beton/oțel. Din acest punct de vedere, normativele referitoare la construcțiile compuse, cum e cazul Eurocode 4, fac referire la materialele folosite în normativele caracteristice materialelor individuale (EC2 și EC3).

BETONUL

□ Caracteristicile betonului sunt specificate prin intermediul rezistenței acestuia la compresiune măsurate pe specimene cilindrice, f_{ck} . Sunt permise clase ale betonului între 20/25 și 50/60. Celelalte caracteristici ale betonului sunt oferite tabelar (vezi EC2). Pentru betonul ușor, caracteristicile sunt în general modificate prin intermediul anumitor parametri (vezi EC2 pentru detalii).

§ 1.3 Proprietățile materialelor

BETONUL

| Clasa betonului | f_{ck} N/mm ² | f_{ctm} N/mm ² | $f_{ctk\ 0,05}$ N/mm ² | $f_{ctk\ 0,95}$ N/mm ² | E_{cm} kN/mm ² |
|---|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| C20/25 | 20 | 2,2 | 1,5 | 2,9 | 29,0 |
| C25/30 | 25 | 2,6 | 1,8 | 3,3 | 30,5 |
| C30/37 | 30 | 2,9 | 2,0 | 3,8 | 32,0 |
| C35/45 | 35 | 3,2 | 2,2 | 4,2 | 33,5 |
| C40/50 | 40 | 3,5 | 2,5 | 4,6 | 35,0 |
| C45/55 | 45 | 3,8 | 2,7 | 4,9 | 36,0 |
| C50/60 | 50 | 4,1 | 2,9 | 5,3 | 37,0 |
| <p><u>Notations :</u> f_{ck} is the characteristic compressive cylinder strength measured at age 28 days,</p> <p>f_{ctm} is the mean tensile strength,</p> <p>$f_{ctk\ 0,05}$ is the lower value of the characteristic tensile strength (fractile 5%),</p> <p>$f_{ctk\ 0,95}$ is the upper value of the characteristic tensile strength (fractile 95%),</p> <p>E_{cm} is the mean secant modulus of elasticity for short term loading.</p> | | | | | |

§ 1.3 Proprietățile materialelor

OȚELUL STRUCTURAL

□ Valorile nominale ale rezistenței la curgere f_y pentru profilele laminate sunt date în tabelul de mai jos pentru oțelurile de clasă S235, S275 și S355, în concordanță cu EN 10025, respectiv pentru oțelurile S235, S275, S420 și S460, în concordanță cu normativul EN 10113. Aceste valori **nominale** pot fi adoptate ca valori caracteristice (nefactorizate) pentru calculele de proiectare.

§ 1.3 Proprietățile materialelor

OȚELUL STRUCTURAL

| Clasa oțelului | | Valori nominale f_y (N/ mm ²) | | | | | |
|---------------------------|----------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| EN 10027-1 Designation | EN 10025 Standard | grosimi nominale t (mm)*) | | | | | |
| | | ≤ 16 | > 16 ≤ 40 | > 40 ≤ 63 | > 63 ≤ 80 | > 80 ≤ 100 | > 100 ≤ 150 |
| <i>S 235</i> | <i>S 235</i> | 235 | 225 | 215 | 215 | 215 | 195 |
| <i>S 275</i> | <i>S 275</i> | 275 | 265 | 255 | 245 | 235 | 225 |
| <i>S 355</i> | <i>S 355</i> | 355 | 345 | 335 | 325 | 315 | 295 |
| | EN 10113 Standard | | | | | | |
| <i>S 275</i> | <i>S 275</i> | 275 | 265 | 255 | 245 | 235 | 225 |
| <i>S 355</i> | <i>S 355</i> | 355 | 345 | 335 | 325 | 315 | 295 |
| <i>S 420</i> | <i>S 420</i> | 420 | 400 | 390 | 370 | 360 | 340 |
| <i>S 460</i> | <i>S 460</i> | 460 | 440 | 430 | 410 | 400 | - |

Notes:

*) t is the nominal thickness of the element :
 - of the flange of rolled sections ($t = t_f$)
 - of the particular elements of the welded sections

Pentru alte caracteristici ale oțelului, vezi Eurocode 3-1

§ 1.3 Proprietățile materialelor

OȚELUL DE ARMĂTURĂ

□ În concordanță cu specificațiile normativului EN 10080, Eurocode 4 consideră mai multe tipuri de armătură diferențiind:

- în conformitate cu caracteristicile de ductilitate: clasa de ductilitate înaltă (H) și clasă de ductilitate normală (N);
- în conformitate cu caracteristicile de suprafață: bare cu suprafață plană respectiv bare amprentate (inclusiv pentru plasele de armare sudate).

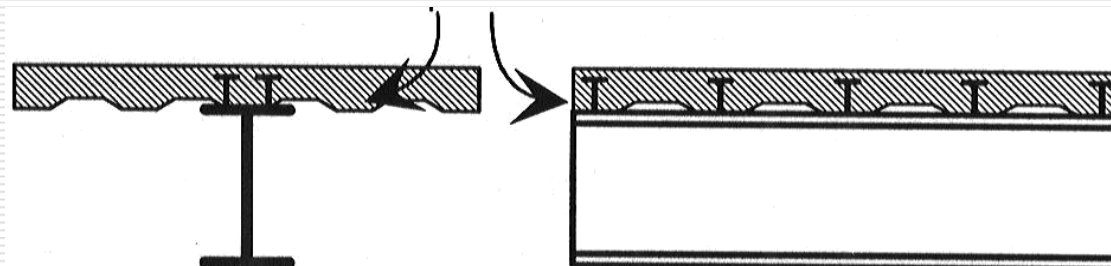
Rezistența la curgere f_{sk} pentru oțelul de armătură:

| Clasa oțelului din bare | S 220 | S 420 | S 500 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| f_{sk} [N/mm ²] | 220 | 420 | 500 |

Coeficienții materialului (E_s , G_s , α_T , ρ_s , v_s) adoptați în calculul barelor de armare sunt similare cu cele ale oțelului structural.

§ 1.3 Proprietățile materialelor

TABLA PROFILATĂ PENTRU DALELE COMPUSE



□ Valorile nominale ale rezistențelor la curgere f_{yb} ale tablei profilate sunt date în următorul tabel:

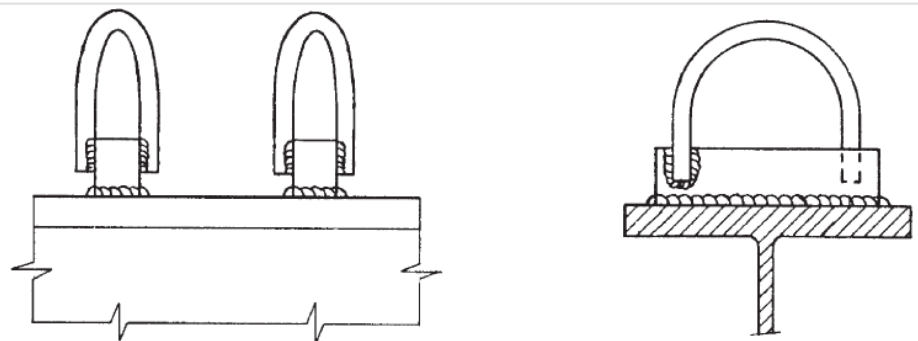
| Standard | Clasa | $f_{yb} (= f_{yp})$ [N/mm ²] |
|-----------|-----------|---|
| EN 10 147 | FeE 220 G | 220 |
| | FeE 250 G | 250 |
| | FeE 280 G | 280 |
| | FeE 320 G | 320 |
| | FeE 350 G | 350 |

Coeficienții materialului (E_s , G_s , α_T , ρ_s , v_s) adoptați în calculul tablelor profilate sunt similari cu cei ai oțelului structural.

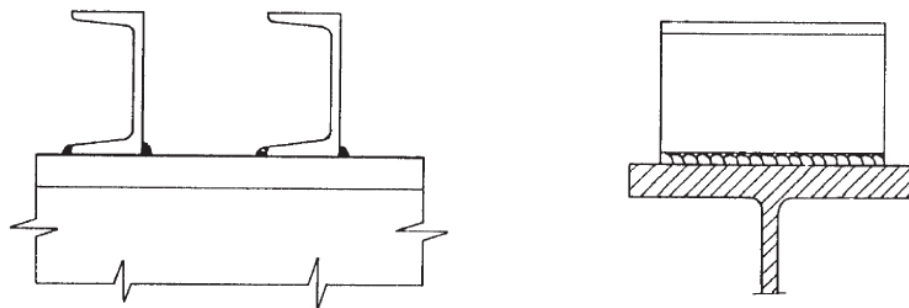
§ 1.3 Proprietățile materialelor

CONECTORII DE FORFECARE (ELEMENTELE DE CONECTARE)

□ Câteva forme folosite inițial pentru conectorii de forfecare, folosiți în principal pentru poduri, sunt ilustrați în figura alăturată:



Conectori tip rigid

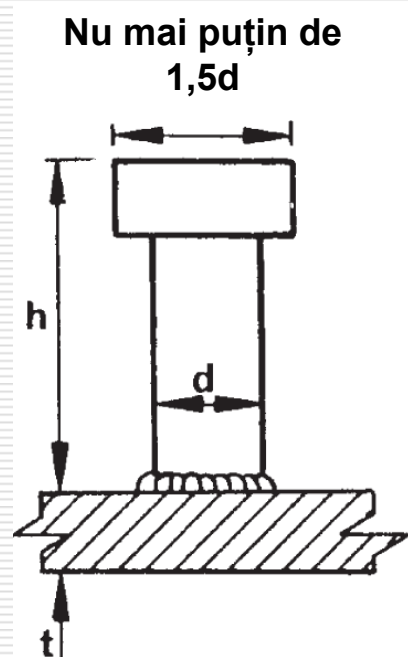


Conectori profil U

§ 1.3 Proprietățile materialelor

Conectorii de forfecare (elementele de conectare)

□ În prezent, majoritatea conectorilor folosiți pentru realizarea conexiunii sunt de tip gujon cu cap, sudați prin arc electric direct (vezi figura de mai jos). Folosirea acestora impune condiții speciale care sunt relativ scumpe, însă ei conduc la rezistențe excelente.



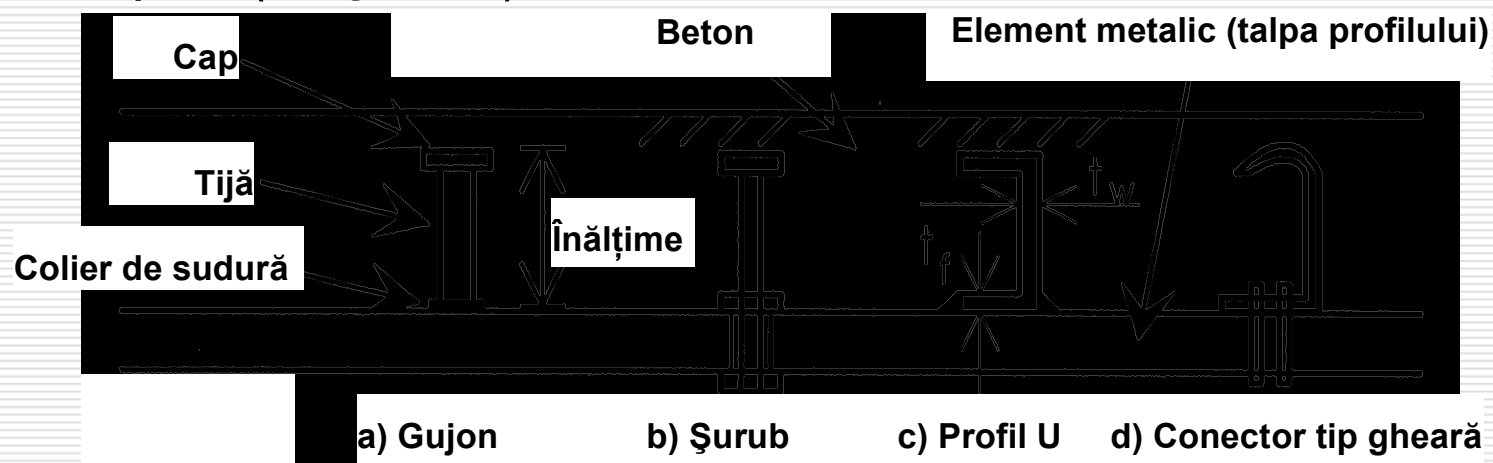
□ Conectorii de tip gujon au în general diametre între 13 și 25 mm. Cu toate că devin mai scumpi odată cu creșterea diametrului, conectorii de 19 mm sunt de departe cei mai folosiți în construcții.

□ Datorită faptului că rezistența dezvoltată de un conector depinde (printre altele) de grosimea t a tălpii pe care aceștia sunt sudați, o limită a raportului de d/t de 2,5 este specificată în Eurocode 4.

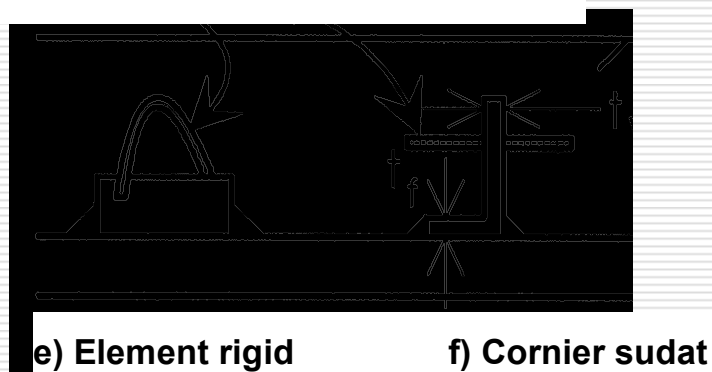
§ 1.3 Proprietățile materialelor

Conectorii de forfecare (elementele de conectare)

□ alte tipuri (obișnuite) de elemente de conectare:



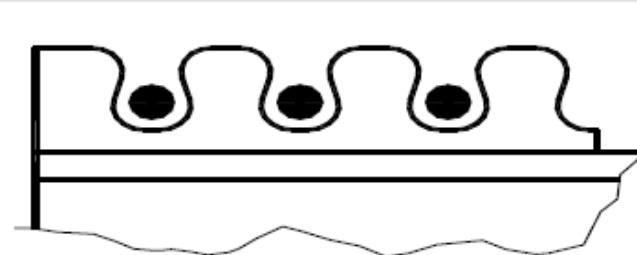
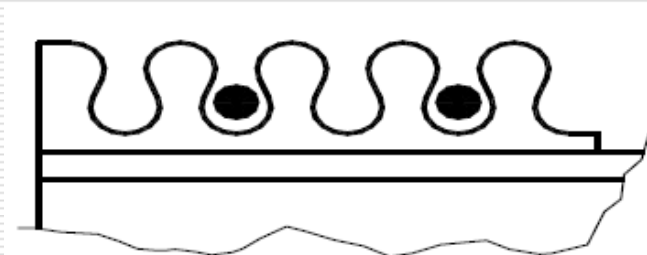
Armătură sudată Armătură filantă



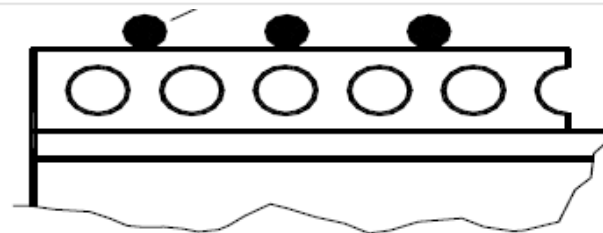
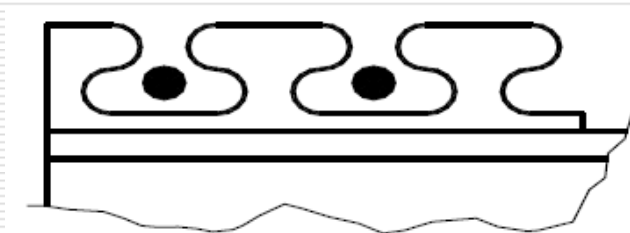
§ 1.3 Proprietățile materialelor

Conectorii de forfecare (elementele de conectare)

□ alte tipuri (noi) de elemente de conectare :



conectori de tip comb-shaped

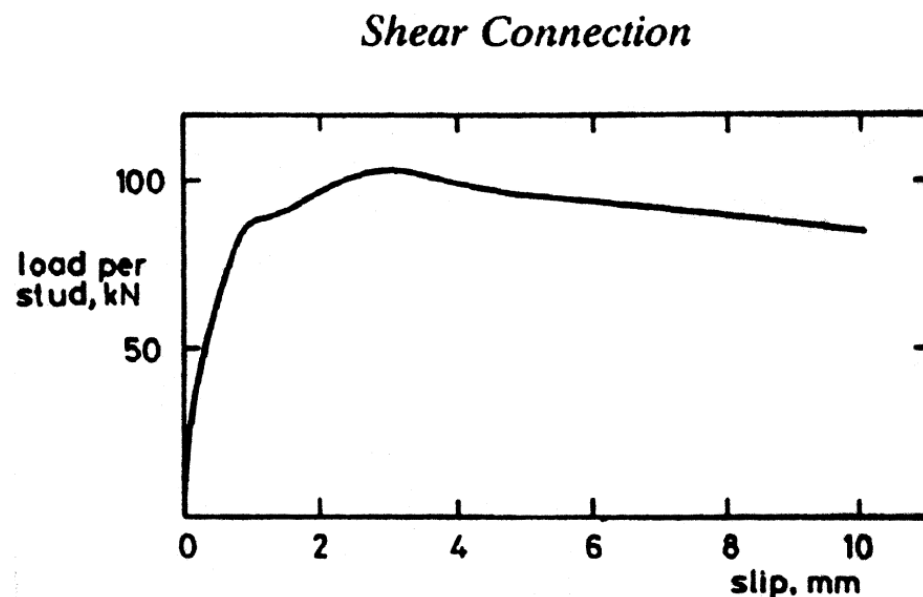
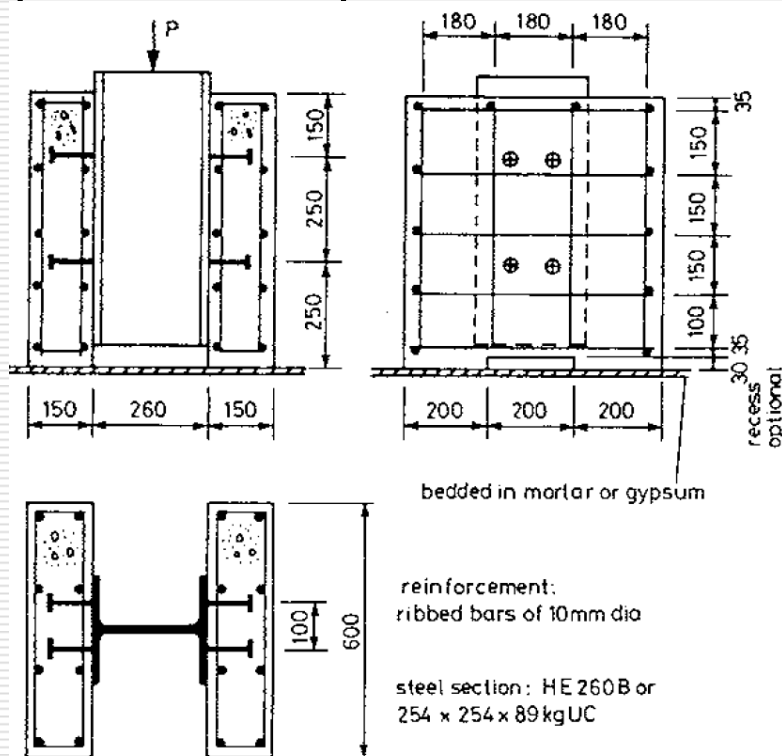


conectori de tip prefobond

§ 1.3 Proprietățile materialelor

Conectorii de forfecare (elementele de conectare)

□ Rezistențele conectorilor (neomologate) sunt obținute din teste de tip push-out, prin care se determină curba forță-deplasare, folosind un procedeu experimental standard (descriș în anexa B a EC4).



Curbe tipice încărcare-alunecare

Specimene standard cf. EC 4

§ 1.3 Proprietățile materialelor

Conectorii de forfecare (elementele de conectare)

- ❑ Oțelul folosit pentru realizarea conectorilor au o rezistență ultimă la întindere de cel puțin 450N/mm^2 și o alungire de cel puțin de 15%.
- ❑ Rezistențele conectorilor de tip gujon cu cap, în funcție de dimensiuni și alți factori, până la valori de aproximativ de 150 kN sunt realizabile prin proceduri simple de sudare.
- ❑ Conectorii de tip gujon cu cap au rezistențe identice în toate direcțiile și au interferență relativ scăzută cu diferitele poziționări ale armăturii.
- ❑ Pentru gujoanele cu cap cu $h/d > 4$, EC4 recomandă ca rezistența conectorilor P_{Rd} să fie calculată ca valoarea minimă dintre:

$$P_{Rd} = \frac{0.8 f_u (\pi d^2 / 4)}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd} = \frac{0.29 d^2 (f_{ck} E_{cm})^{1/2}}{\gamma_v}$$

§ 1.4 Influența tipului de planșeu

□ În cazul structurilor compuse o importanță particulară este dată tipul de planșeu ilustrat mai jos, în care betonul este turnat direct pe **tabla profilată** de susținere a planșeului.

Aceasta se mai numește și tablă cutată.

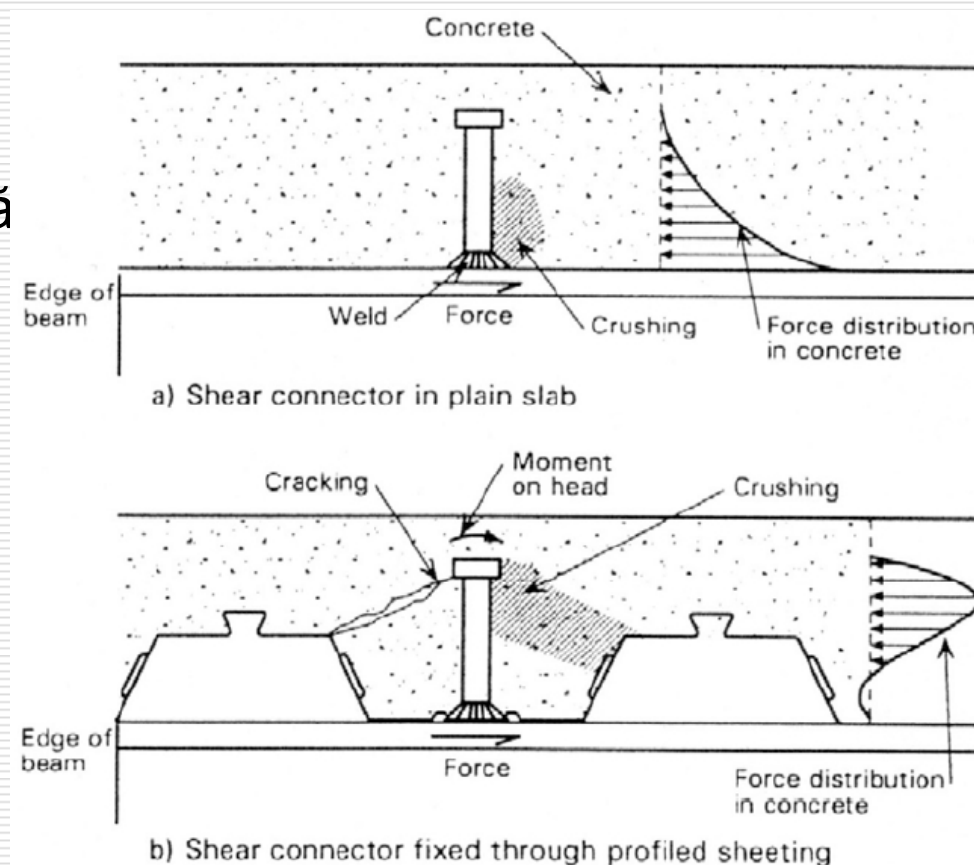
Tabla profilată oferă un cofraj permanent pentru operația de turnare și întărire a betonului, după care poate acționa ca armătură inferioară pentru placa din beton.



§ 1.4 Influența tipului de planșeu

□ Prezența tablei profilate conduce însă la un sistem de forțe la care un conector, sudat de talpa grinzii prin tabla profilată (cazul se numește **planșeu compus**), este supus în mod diferit față de cazul conectorului dispus în placa din beton plină. Figurile alăturate ilustrează aceste cazuri. Diferența principală derivă din faptul că în cazul dalei pline, o mare parte din rezistența gujonului este preluată de gulerul de sudură.

□ EC 4 rezolvă acest aspect prin intermediul unor factori de reducere k_l și k_t folosiți pentru table profilate cu cutele paralele sau perpendiculare pe grinzile de susținere.



§ 1.5 Proiectarea la Starea Limită Ultimă

- În concordanță cu proiectarea uzuală a normativelor Eurocode, structurile compuse trebuie verificate la ULS împotriva:
 - **Pierderii echilibrului** structurii sau a oricărei componente, considerate ca fiind un corp rigid.
 - **Cedarea** prin deformații excesive, cedări sau pierderea stabilității structurii sau a oricărei componente a acesteia, incluzând conexiunea la forfecare, reazemele sau fundațiile.
- Prima dintre condiții impune comparația directă dintre efectele de calcul ale acțiunilor stabilizante respectiv destabilizante și reprezintă o cerință generală pentru toate tipurile de structuri.
- A doua condiție impune determinarea valorilor de calcul ale eforturilor interne, combinarea acestora etc, pentru compararea acestora cu rezistențele de proiectare corespunzătoare.

§ 1.6 Proiectarea la Starea Limită de Serviciu

□ Adoptarea filozofiei de proiectare pe baza stărilor limită a scos în evidență nevoia de a acorda o atenție sporită pentru asigurarea condițiilor de serviciu a structurilor. Pentru aceasta trebuie considerate în mod explicit condițiile pentru care structura devine necorespunzătoare utilizării. Eurocode 4 ia în considerare 5 condiții:

- **Deformații și săgeți** care afectează aspectul exterior sau utilizarea efectivă a structurii, sau pot cauza deteriorări ale finisajelor sau ale elementelor nestructurale.

- **Vibrații** care pot cauza disconfort locatarilor sau care limitează eficacitatea funcționării structurii.

- **Fisuri** ale betonului, care pot afecta aparența, durabilitatea structurii sau etanșeitatea la apă a pardoselilor.

- **Deteriorări ale betonului** datorate compresiunii excesive, care pot conduce la pierderea durabilității acestuia.

- **Alunecarea la interfața dintre oțel și beton**, atunci când aceasta devine atât de mare încât să conducă la invalidarea calculelor de proiectare sau a altor condiții de serviciu, în care efectele alunecării sunt neglijate.

§ 1.6 Proiectarea la Starea Limită de Serviciu

□ Experiența dobândită la nivel internațional a demonstrat faptul că riscul unei cedări structurale în cazul structurilor compuse este mai mare în timpul fazei de construcție, datorită combinației următorilor factori:

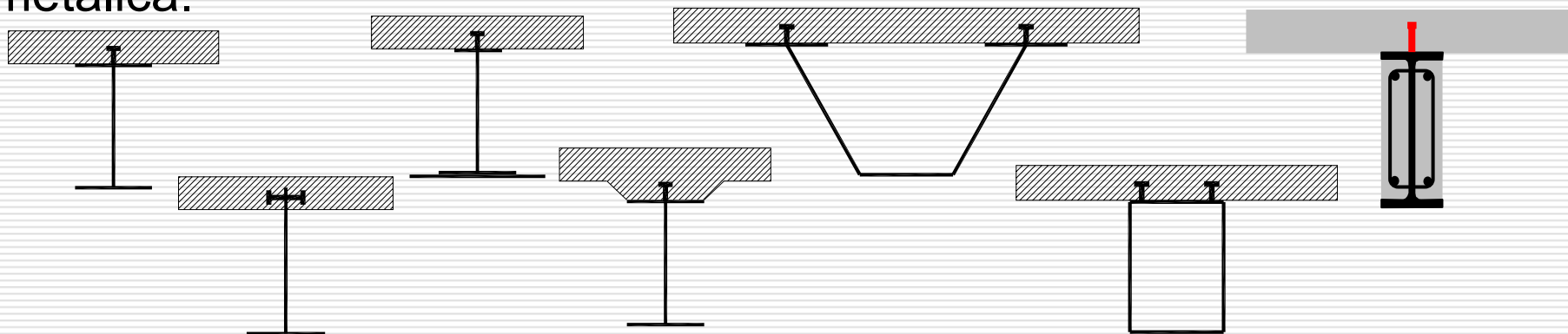
- absența componentelor nestructurale care sunt prezente în faza finală și care rigidizează elementele structurale
- inabilitatea majorității proiectanților de a prevedea pașii de montaj a structurii
- tendința de a diminua atenția acordată verificărilor structurale.

§ 1.7 Utilizarea curentă

□ Acțiunea compusă dintre oțel și beton este cel mai adesea întâlnită între grinzile metalice și plăcile din beton armat – sub forma planșeelor de clădiri sau a tablierelor de poduri – și în cazul stâlpilor, în special în cazul structurilor înalte unde trebuie preluate forțe mari de compresiune.

GRINZI

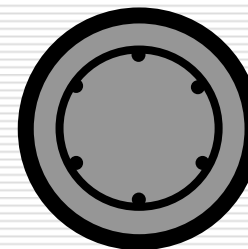
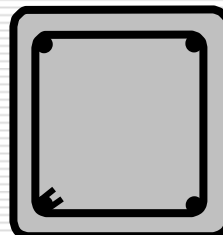
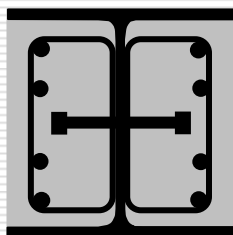
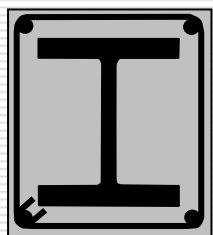
□ În mod aproape sigur, cele mai frecvente cazuri de folosire a structurilor compuse este pentru grinzi, în care o porțiune a plăcii din beton acționează împreună cu secțiunea din oțel pentru a conferi elementului structural o rezistență și o rigiditate sporită față de grinda metalică.



§ 1.7 Utilizarea curentă

STÂLPI

- Stâlpii cu secțiune compusă oțel-beton sunt folosiți de obicei atunci când secțiunile din oțel nu sunt capabile să dezvolte o rezistență suficientă pentru a susține încărcările de proiectare sau, în cazul aplicațiilor mai specializate, în cazul în care combinația inteligentă a celor două materiale poate conduce la imaginarea unor soluții economice de proiectare.
- O caracteristică importantă a folosirii stâlpilor compuși este aceea ca betonul să preia o parte a încărcării. Aceasta reprezintă o problemă care cere adesea o atenție sporită, în special asupra introducerii încărcării în structurile cu stâlpi cu secțiune compusă.

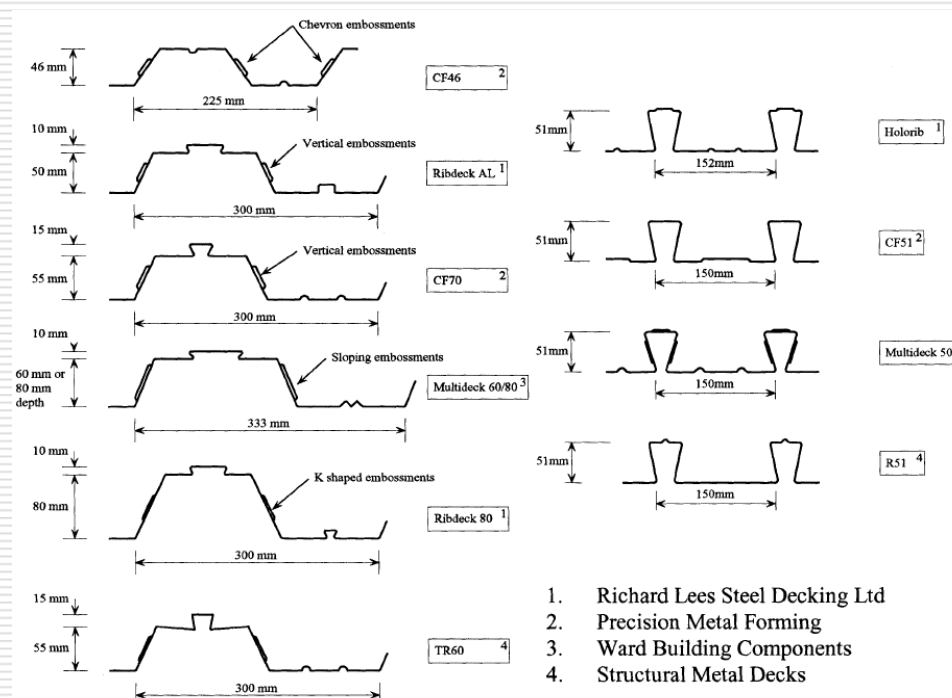
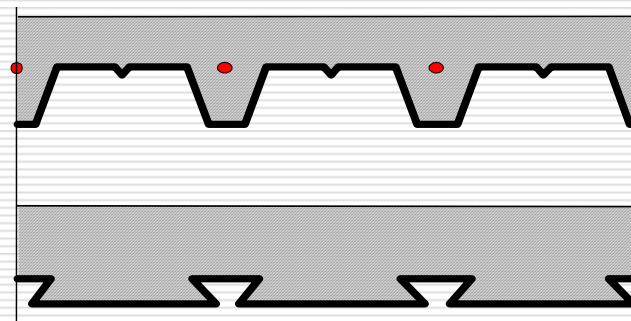


§ 1.7 Utilizarea curentă

PLANŞEE

□ În structuri, grinzile compuse sunt formate din elemente metalice longitudinale care conlucrează cu o parte a planşei din beton.

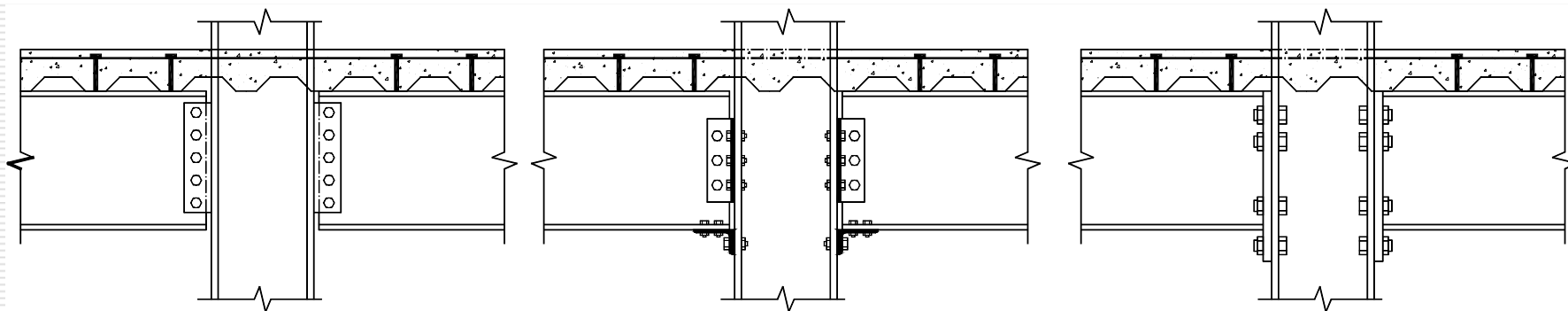
În cazul în care planşelul din beton conlucrează cu tabla profilată (care poate fi folosită ca şi cofraj în timpul turnării betonului), se poate vorbi de **planşee compuse**. În anumite cazuri, tabla profilată din oţel poate acţiona ca armătură inferioară (total sau parţial).



§ 1.7 Utilizarea curentă

ÎMBINĂRI

□ Cu toate că în practica curentă de proiectare îmbinările grindă-stâlp sunt calculate ca și îmbinări metalice simple, se pot obține beneficii importante (în termeni de rezistență și rigiditate) prin considerarea caracterului compus al acesteia. Și în acest caz, placa din beton (considerată ca acționând solidar cu grinda metalică) poate contribui pozitiv la rezistența globală a îmbinării.



Text și figuri adaptate după “Composite Construction”, Spon Press, 2004 editor David A. Nethercot.

§ 1.8 Factorii parțiali de siguranță

□ Rezistența este calculată folosind diferite materiale și componente X_d , și ia în considerare incertitudinile la SLU prin factori parțiali de siguranță γ_M , factori care sunt introduși în mod explicit în formulele de calcul.

□ Factorii parțiali de siguranță γ_M pentru rezistențe și proprietățile materialelor la ULS.

Rezistența oțelului structural

$$\gamma_a = 1.0$$

Rezistența betonului

$$\gamma_c = 1,50$$

Rezistența armăturii

$$\gamma_s = 1,15$$

Rezistența tablei profilate

$$\gamma_{ap} = 1,10$$

Rezistența conectorilor

$$\gamma_v = 1,25$$