



Universitatea Politehnica Timișoara

Facultatea de Construcții

Departamentul de Construcții Metalice și Mecanica Construcțiilor

CONSTRUCȚII MIXTE OȚEL - BETON

- CURS 5-a -

Stâlpi cu secțiune compusă oțel-beton (2)

Conf.dr.ing Adrian CIUTINA

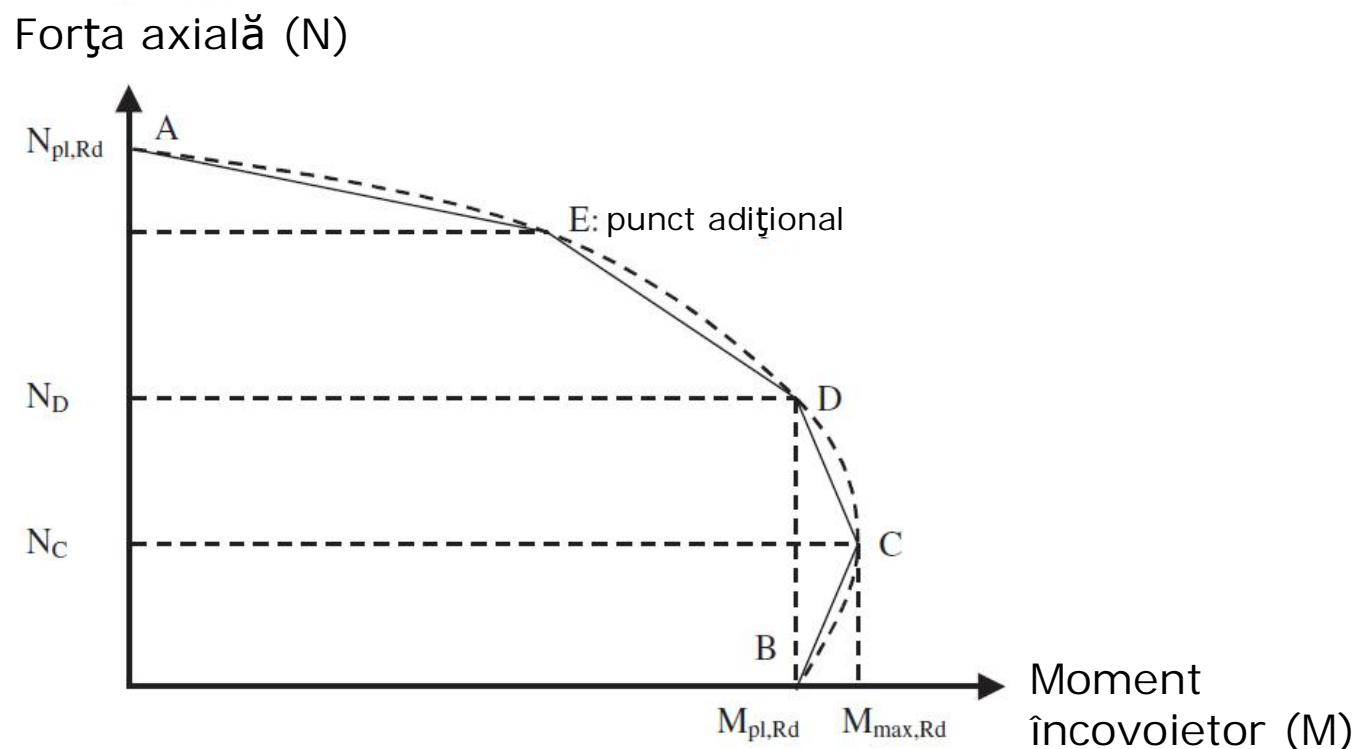
Notele de curs pot fi descărcate de pe pagina de web
<http://www.ct.upt.ro/users/AdrianCiutina/>

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N–M

○ Datorită ipotezei conform căreia betonul nu are rezistență la întindere, curba de interacțiune N – M este convexă, ca în figura de mai jos:

Diagrama de
forță axială-
moment
încovoietor
pentru o
secțiune
compusă



Obs: Procedura generală descrisă mai sus este destul de laborioasă și cel mai bine este efectuată de calculatoare. Pentru un calcul simplificat, distribuția eforturilor din beton poate fi aproximată printr-o distribuție uniformă în blocuri plastice.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N–M

- Pentru o secțiune transversală simetrică față de axa de încovoiere, Eurocode 4 prezintă o metodă simplă pentru evaluarea curbei de interacțiune $N-M$.
- Conform figurii de mai sus, în această metodă, în locul determinării continue a punctelor de pe curbă, sunt determinate doar anumite puncte cheie. Curba $N-M$ este construită apoi prin unirea punctelor cheie prin segmente de linii.
- Pentru evaluarea punctelor cheie, se consideră că materialele au un comportament rigid-plastic.
 - n Prin urmare, se consideră că oțelul poate ajunge la efortul de curgere atât în compresiune cât și la întindere.
 - n Se consideră că betonul ajunge la efortul maxim de compresiune, iar rezistența acestuia la întindere este neglijată.

Obs: Rezultatele cercetărilor recente indică faptul că pentru țevile umplute cu betoane de înaltă rezistență ($f_{ck} \geq 100 \text{ N/mm}^2$), ipoteza de comportament rigid-plastic folosită pentru calculul simplificat devine neconservativă și trebuie folosită procedura generală. În mod similar, în cazul în care este folosit oțel cu rezistență înaltă, se poate ca oțelul să nu ajungă la curgere odată cu strivirea betonului, în acest caz fiind indicată tot procedura generală.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N–M

○ Punctele cheie de pe diagrama de interacțiune N - M care trebuie evaluate sunt următoarele:

- n punctul A: Punctul de rezistență la compresiune ($N_{pl,Rd}$, 0),
- n punctul B: Punctul de încovoiere pură (0, $M_{pl,Rd}$),
- n punctul C: Punctul de moment încovoiator maxim (N_C , $M_{max,Rd}$),
- n punctul D: Punctul (N_D , $M_{pl,Rd}$) corespunzător momentului încovoiator egal cu cel de încovoiere pură,
- n punctul E: Un punct între A și D, care rafinează diagrama de interacțiune N - M .

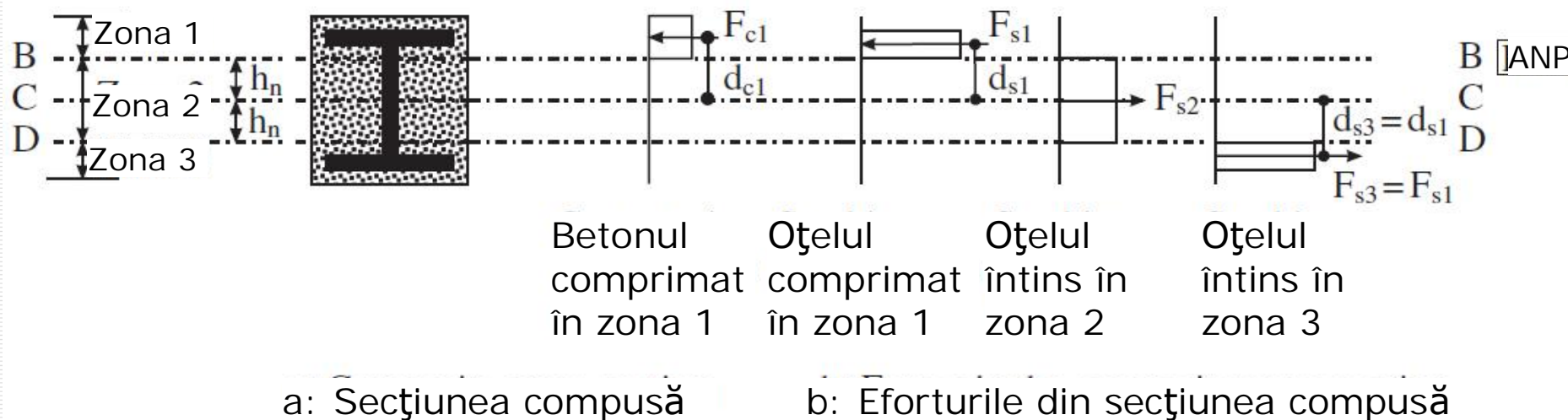
○ Punctul de rezistență la compresiune $N_{pl,Rd}$ a fost determinat în paragraful 3.2.

○ Mai jos sunt determinate valorile pentru N_D , N_C , $M_{pl,Rd}$ și $M_{max,Rd}$ care definesc punctele caracteristice ale diagramei de interacțiune M - N .

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N-M

- N_D reprezintă forța axială de compresiune pentru care momentul încovoietor al secțiunii compuse este același ca pentru secțiunea solicitată la moment încovoietor pur.
- Se consideră figura de mai jos și poziția axei neutre plastice (ANP) a secțiunii compuse solicitate la moment încovoietor pur. Se presupune că partea inferioară ANP este întinsă iar cea superioară comprimată.



§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N-M



- Datorită faptului că betonul nu preia forțe de întindere, ANP pentru încovoiere trebuie să fie deasupra axei de simetrie C–C. Se presupune că aceasta se află la distanța h_n față de axa de simetrie, în poziția B–B.
- Dacă secțiunea compusă este divizată în trei porțiuni, ca în figură, forțele din porțiunile respective sunt compuse din patru componente:
 - n betonul comprimat din zona 1, deasupra ANP (F_{c1}),
 - n oțelul comprimat din zona 1, deasupra ANP (F_{s1}),
 - n oțelul întins din zona 2 pe o înălțime h_n în ambele părți ale axei de simetrie (F_{s2}) și
 - n oțelul întins din zona 3 (F_{s3}).

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N–M



- Datorită simetriei: $F_{s1} = F_{s3}$
- Datorită faptului că rezultanta forțelor normale din secțiunea compusă este zero la încovoiere pură, avem: $F_{c1} + F_{s1} = F_{s2} + F_{s3}$
- Folosind prima ecuație vom avea: $F_{c1} = F_{s2}$
- Rezistența la încovoiere a secțiunii transversale compuse supuse la încovoiere pură este calculată față de axa de simetrie (C–C) și este dată de:

$$M_{pl,Rd} = F_{c1} * d_{c1} + 2 * F_{s1} * d_{s1}$$
- Considerând cazul în care ANP este mutată din poziția B–B la D–D, atunci forțele din zona 2 se vor modifica din întindere în compresiune.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N-M



○ Datorită faptului că centrul acestor forțe este în axa de simetrie, contribuția acestora la momentul de încovoiere este 0. În acest fel, schimbând ANP din poziția B-B în D-D, momentul de încovoiere din secțiunea compusă rămâne același, deși în acest ultim caz există o forță de compresiune netă în secțiune. Această forță N_D este dată de:

$$N_D = F_{c1} + F_{c2} + F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} = F_{c1} + F_{c2} + F_{s2}$$

○ Reamintind că $F_{c1} = F_{c3}$, atunci $F_{s2} = F_{c3}$. Prin urmare:

$$N_D = F_{c1} + F_{c2} + F_{c3} = N_{c,Rd}$$

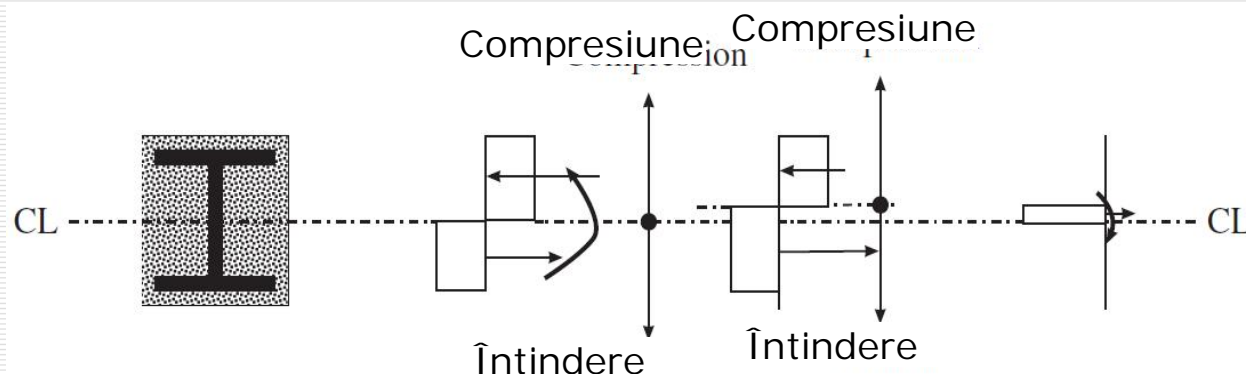
unde $N_{c,Rd}$ reprezintă rezistența la compresiune a ariei de beton din secțiunea compusă.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N-M

- $M_{max,Rd}$ Momentul încovoietor maxim al secțiunii compuse este calculat față de axa de simetrie. De aceea, momentul maxim la încovoiere se obține prin plasarea axei neutre plastice în axa de simetrie a secțiunii compuse.
- Această concluzie se poate obține și prin examinarea modificării valorii momentului încovoietor a secțiunii compuse prin efectuarea unei modificări minore în poziția ANP.

○ Pentru figura din dreapta, se presupune că momentul pozitiv este în sens invers acelor de ceasornic și produce întindere



a: secțiune compusă

b: eforturi pentru M_{max}

c: eforturi pentru modificarea ANP

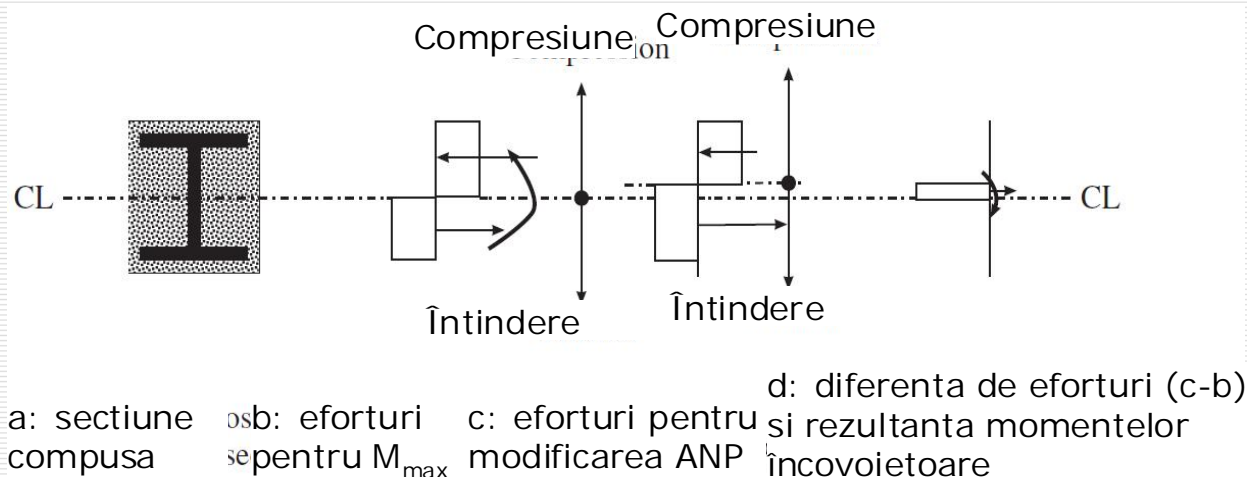
d: diferența de eforturi (c-b) și rezultanta momentelor încovoietoare

în partea inferioară, respectiv compresiune deasupra ANP.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N-M

○ Se consideră că ANP este mutată spre partea superioară față de axa de simetrie. Față de cazul în care ANP este în axa de simetrie, această



modificare va conduce la o creștere netă a forțelor de întindere.

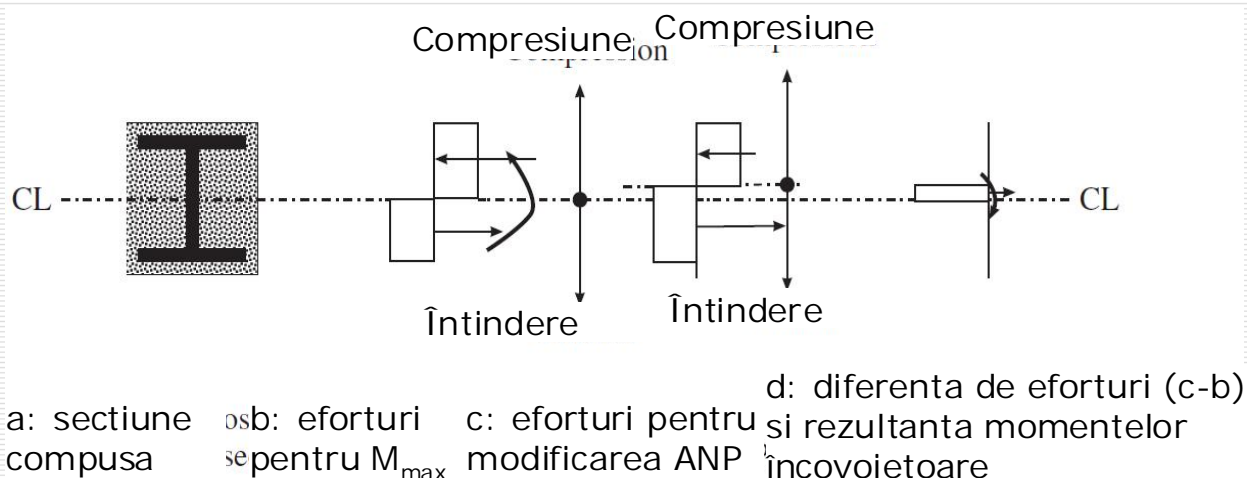
○ Această forță de întindere acționează deasupra axei de simetrie, cauzând un moment de încovoiere negativ față de această axă, care va reduce per total momentul încovoietor total al secțiunii compuse.

○ În mod similar, dacă ANP este mutată în partea inferioară a axei de simetrie, se va obține o forță netă de compresiune care acționează sub axa de compresiune. Și această forță va crea un moment negativ față de axa de simetrie și prin urmare o reducere a momentului global al secțiunii compuse.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N–M

○ În acest mod, schimbând poziția ANP a secțiunii compuse fie deasupra sau dedesubtul axei de simetrie, momentul încovoietor al secțiunii



compuse este redus, implicând faptul că momentul încovoietor este maxim dacă ANP este plasată în axa de simetrie.

○ Momentul încovoietor maxim al secțiunii compuse oțel-beton este calculat prin:

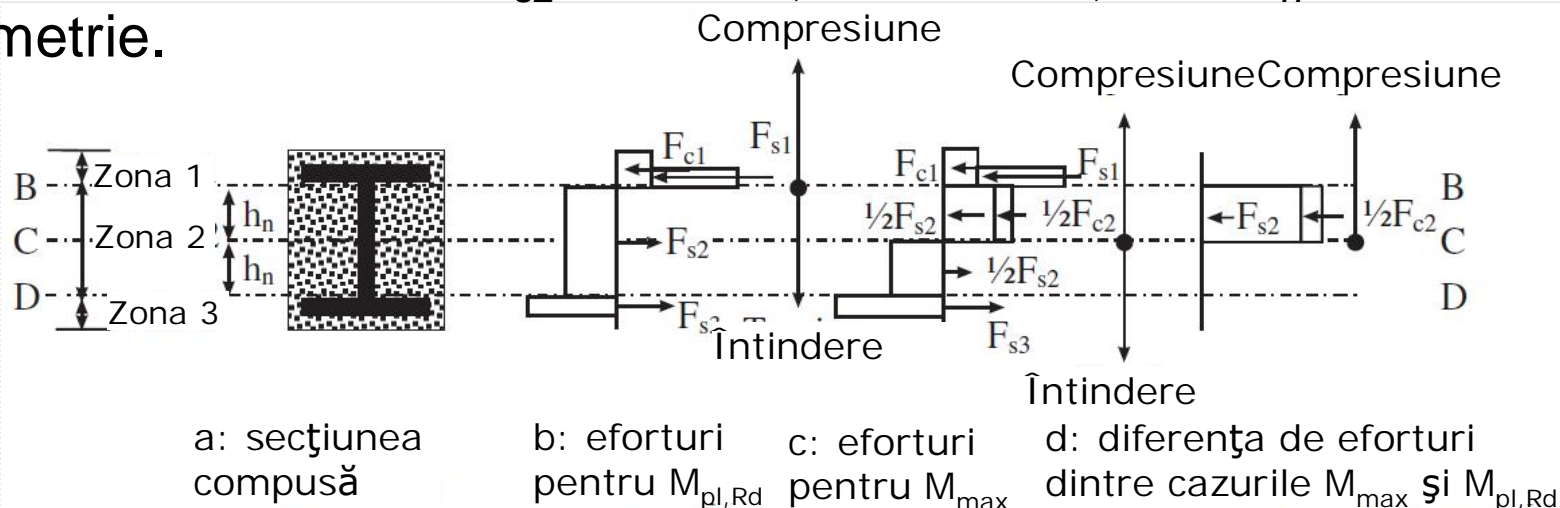
$$M_{max,Rd} = \left(W_{pa} f_y + \frac{1}{2} W_{pc} f_{ck} + W_{ps} f_{sk} \right)$$

unde W_{pa} , W_{pc} și W_{ps} sunt modulele plastice de rezistență ale oțelului, betonului și armăturii, față de axa de simetrie a secțiunii compuse.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

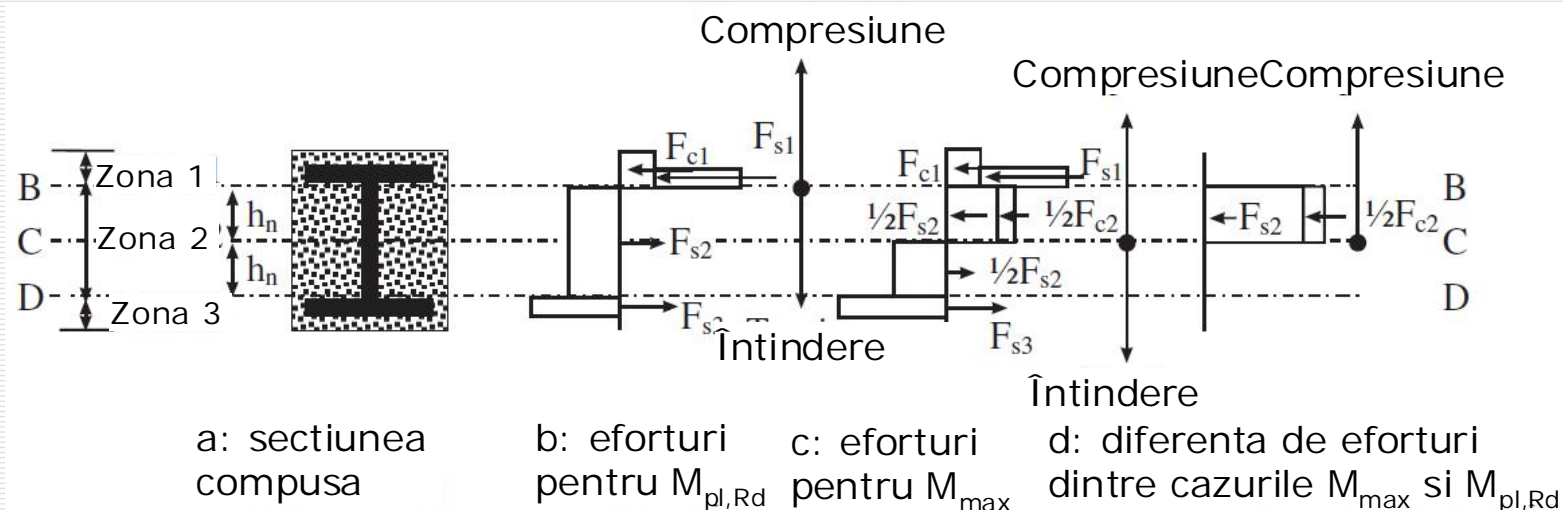
CURBA DE INTERACȚIUNE N–M

- Coeficientul “1/2” din relația de mai sus este rezultatul ipotezei conform căreia betonul nu are rezistență la întindere și doar rezistența la compresiune contribuie la momentul încovoietor maxim.
- $M_{pl,Rd}$ Comparând diagramele eforturilor pentru secțiunea compusă la moment încovoietor maxim (figura c de mai jos) cu diagrama de eforturi pentru încovoiere pură (forță axială nulă) din figura b, diagrama diferențelor de eforturi (figura d) are rezultanta eforturilor de $1/2 F_{c2}$ pentru beton, respectiv F_{s2} pentru oțelul pe înălțimea h_n deasupra axei de simetrie.



§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N-M



○ Astfel, rezistența plastică la încovoiere a secțiunii transversale compuse la încovoiere pură se evaluează prin relația:

$$M_{pl,Rd} = M_{max,Rd} - (W_{pan} f_y + \frac{1}{2} W_{pcn} f_{ck} + W_{psn} f_{sk})$$

unde W_{pan} , W_{pcn} și W_{psn} sunt modulele plastice de rezistență ale oțelului, betonului și armăturii din interiorul zonei 2. Pentru obținerea valorilor acestor mărimi, trebuie determinată întâi înălțimea h_n .

Obs: În Eurocode 4 sunt date ecuații analitice detaliate pentru calculul înălțimii h_n pentru diverse tipologii de secțiuni transversale compuse.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

CURBA DE INTERACȚIUNE N–M

○ **N_c** . Valoarea corespunzătoare a forței axiale, corespunzătoare momentului încovoiator maxim se calculează prin:

$$N_C = F_{s2} + \frac{1}{2}F_{c2} = F_{c1} + \frac{1}{2}F_{c2} = \frac{1}{2}(F_{c1} + F_{c2} + F_{c3}) = \frac{1}{2}N_{c,Rd}$$

unde toate forțele au fost descrise anterior.

○ **Punctul Adițional E.**

○ Datorită modului în care curba de interacțiune N – M este folosită pentru calculul rezistenței stâlpului, forma poligonală a curbei va supraestima în anumite cazuri rezistența stâlpului în comparație cu diagrama reală N – M . Pentru a reduce această supraestimare, este nevoie de evaluarea unui punct adițional (punctul E). În conformitate cu Eurocode 4, acest punct corespunde cazului în care ANP este situat la jumătatea distanței dintre muchia întinsă a secțiunii compuse și linia D–D (conformă cu figurile de mai sus). Ecuații analitice detaliate sunt oferite în Eurocode 4 pentru determinarea punctului E pe curba de interacțiune N – M .

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

REZISTENȚA STÂLPILOR CU SECȚIUNE COMPUSĂ LA COMPRESIUNE CU ÎNCOVOIERE UNIAXIALĂ

- **Diagrama de interacțiune $N-M$ reprezintă suprafața de cedare a unei secțiuni compuse oțel-beton** supuse compresiunii cu încovoiere pe o axă. În realitate, încărcarea de cedare la compresiune este întotdeauna mai mică decât rezistența la compresiune și aceasta se datorează momentelor secundare asociate imperfecțiunilor stâlpului.
- Figura de mai jos prezintă curba de interacțiune adimensională $N-M$ pentru o secțiune compusă, normalizată față de $N_{pl,Rd}$ respectiv $M_{pl,Rd}$. Pentru un stâlp compus supus la compresiune pură, încărcarea de cedare la compresiune este indicată prin χ .
- Aceasta implică faptul că în momentul în care stâlpul cedează, imperfecțiunile de abatere de la verticalitate vor cauza un moment de încovoiere echivalent μ_k care va cauza cedarea în secțiunea cea mai sollicitată a stâlpului cu secțiune compusă.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

COMPRESIUNE CU ÎNCOVOIERE UNIAXIALĂ

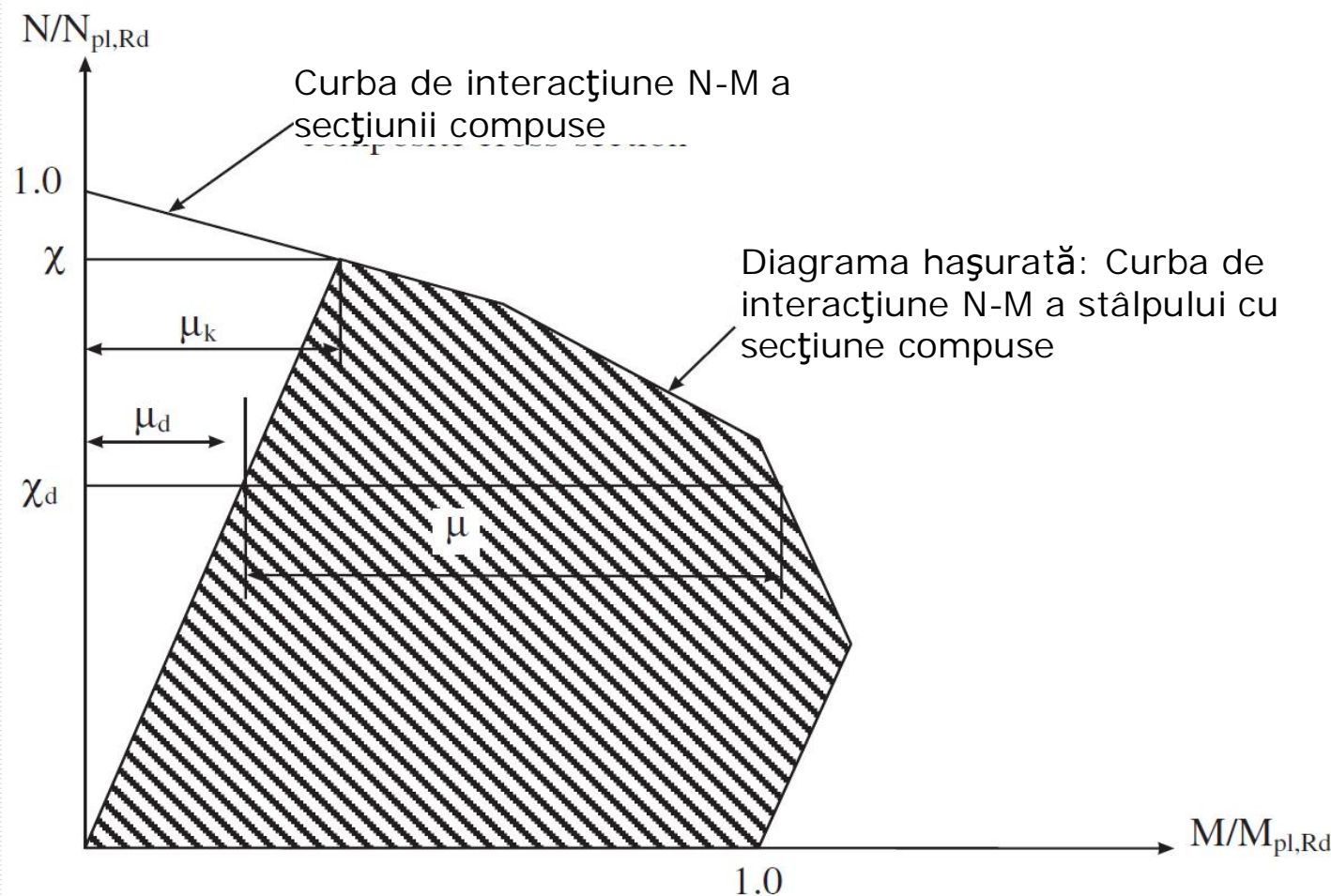


Diagrama de proiectare $N-M$ pentru un stâlp cu secțiune compusă solicitat la compresiune cu încovoiere uniaxială.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

COMPRESIUNE CU ÎNCOVOIERE UNIAXIALĂ

- Dacă stâlpului considerat îi este aplicat și un moment încovoiător, rezistența acestuia la compresiune va fi și mai mică decât rezistența la compresiune pură, chiar în condițiile în care momentele încovoiătoare secundare sunt reduse datorită imperfecțiunilor.
- Se consideră că momentele încovoiătoare secundare induse de imperfecțiuni variază liniar cu forța axială din stâlp. Pentru o anumită încărcarea aplicată χ_d , momentul de ordinul II este notat cu μ_d și prin urmare rezistența la încovoiere care poate fi utilizată este μ .
- Astfel, **curba de interacțiune a unui stâlp cu secțiune compusă** (diferită de curba de interacțiune a unei secțiuni compuse) reprezintă doar partea hașurată a secțiunii din figura de mai sus.
- Pentru calculele de verificare, trebuie satisfăcută următoarea relație:

$$M_{Sd} \leq 0.9 \mu M_{pl,Rd}$$

- Constanta 0,9 folosită în ecuația de mai sus este folosită pentru a prelua aproximările efectuate în determinarea curbei de interacțiune $N-M$ a secțiunii compuse.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

COMPRESIUNE CU ÎNCOVOIERE UNIAXIALĂ

- Pentru calculele de mai sus se presupune că nu există reduceri ale rezistenței elementului solicitat la compresiune cu încovoiere datorită flambajului prin răsucire laterală. De altfel această ipoteză este rezonabilă datorită faptului că de obicei rigiditatea la torsiune a elementelor compuse este relativ importantă.

REZISTENȚA LA COMPRESIUNE CU ÎNCOVOIERE BIAXIALĂ

- Pentru a realiza verificarea capacității unui stâlp cu secțiune compusă la compresiune cu încovoiere biaxială, curba de interacțiune $N-M$ a secțiunii compuse trebuie evaluată față de ambele axe principale.
- Din aceste două curbe de interacțiune $N-M$, sunt obținute separat rezistențele la compresiune. La calculul acestor valori se presupune faptul că momentele încovoietoare secundare corespunzătoare compresiei sunt eficace doar în planul de flambaj mai slab. În cel de-al doilea plan, deformarea stâlpului precum și momentele încovoietoare secundare sunt presupuse a fi mici.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

COMPRESIUNE CU ÎNCOVOIERE BIAXIALĂ

○ Astfel, dacă stâlpul cu secțiune compusă va flamba față de planul $z-z$, rezistențele la încovoiere μ_z respectiv μ_y sunt obținute ca în figurile de mai jos.

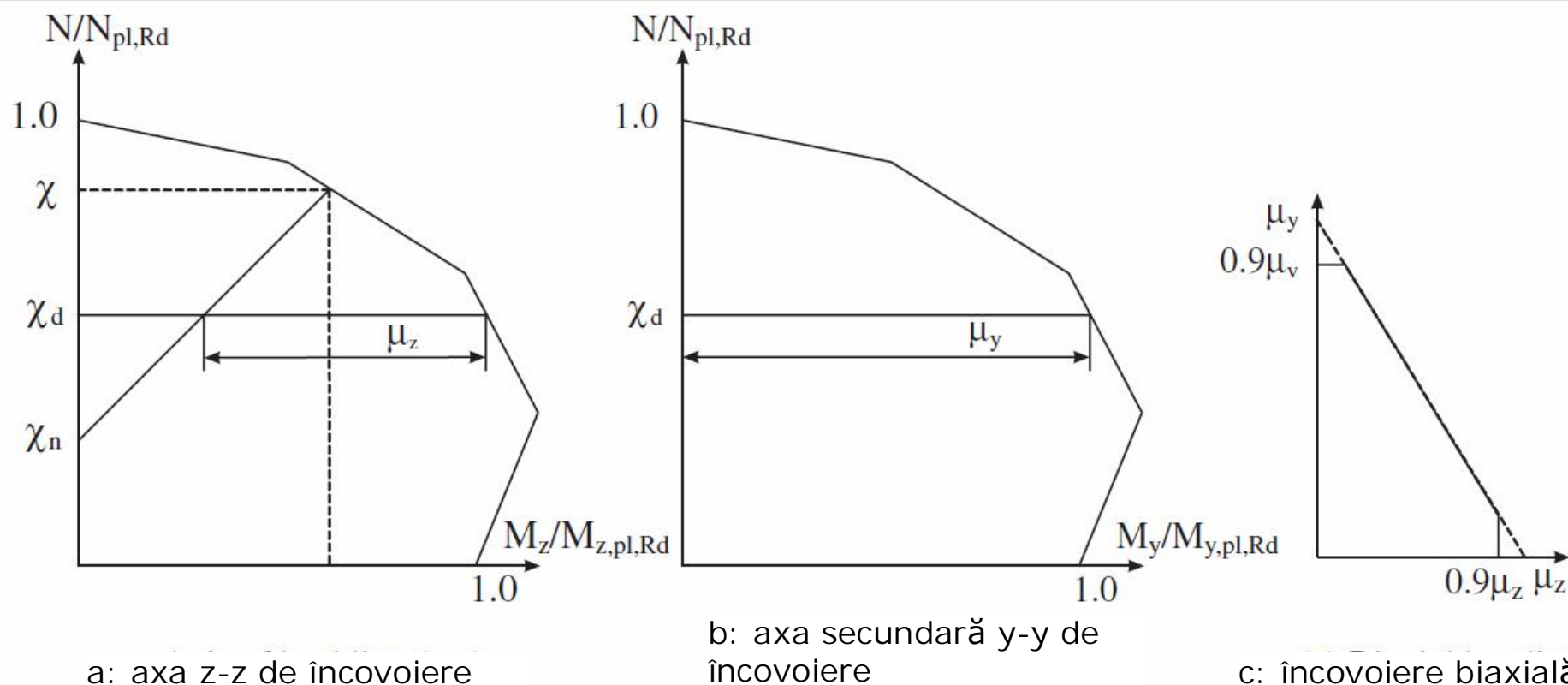


Diagrama de interacțiune $N-M$ pentru încovoiere biaxială

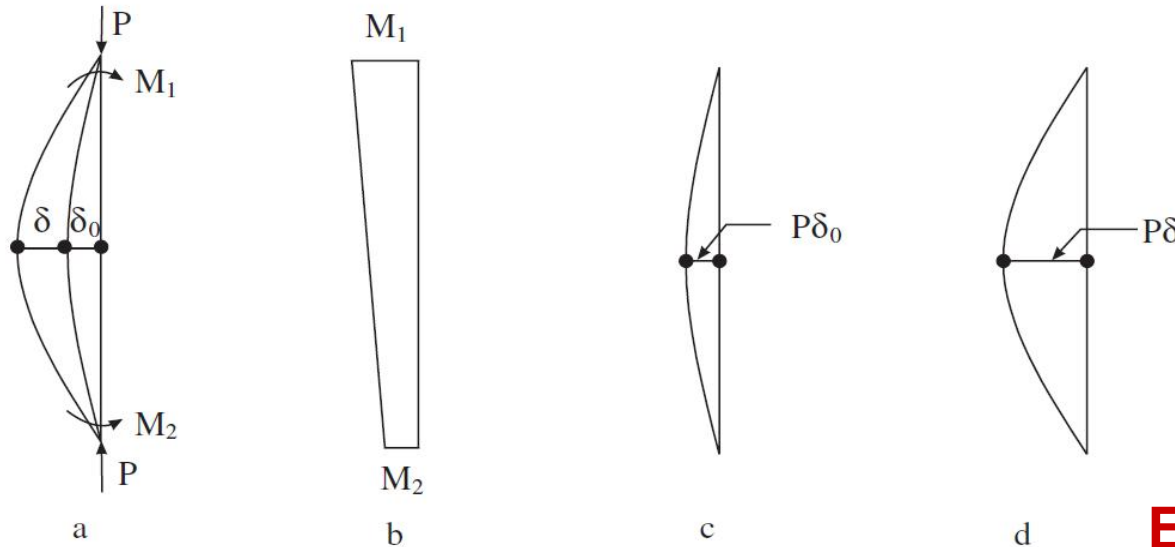
§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

MOMENTELE ÎNCOVOIETOARE ALE STÂLPILOR

- Atunci când un stâlp este supus la acțiunea compusă de compresiune cu încovoiere, momentul încovoiator poate fi considerat ca fiind format din trei componente, ca în figura de mai jos:
 - n momentul de încovoiere principal (figura b),
 - n momentul de încovoiere secundar, dat de imperfecțiunile inițiale (fig. c)
 - n și momentul de încovoiere secundar, dat de efectele $P-\delta$ (figura d).
- În calculele de proiectare trebuie considerate toate cele trei momente, pentru a evalua încărcarea maximă a stâlpului provenită din încovoiere.
- **Efectul imperfecțiunilor**
- Atunci când sunt calculate momentele de încovoiere secundare, se presupune cel mai adesea faptul că un stâlp are o formă semi-sinusoidală datorită imperfecțiunilor inițiale.
- Atunci când momentele de la capetele stâlpului sunt egale, momentul maxim secundar se adaugă direct la momentul încovoiator principal.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

MOMENTELE ÎNCOVOIETOARE ALE STÂLPILOR



- a) Încărcările stâlpilor și deformații.
- b) Distribuția momentelor încovoietoare principale
- c) Distribuția momentelor încovoietoare datorate deformațiilor inițiale
- d) Distribuția momentelor încovoietoare datorate deformațiilor

Efectul imperfecțiunilor

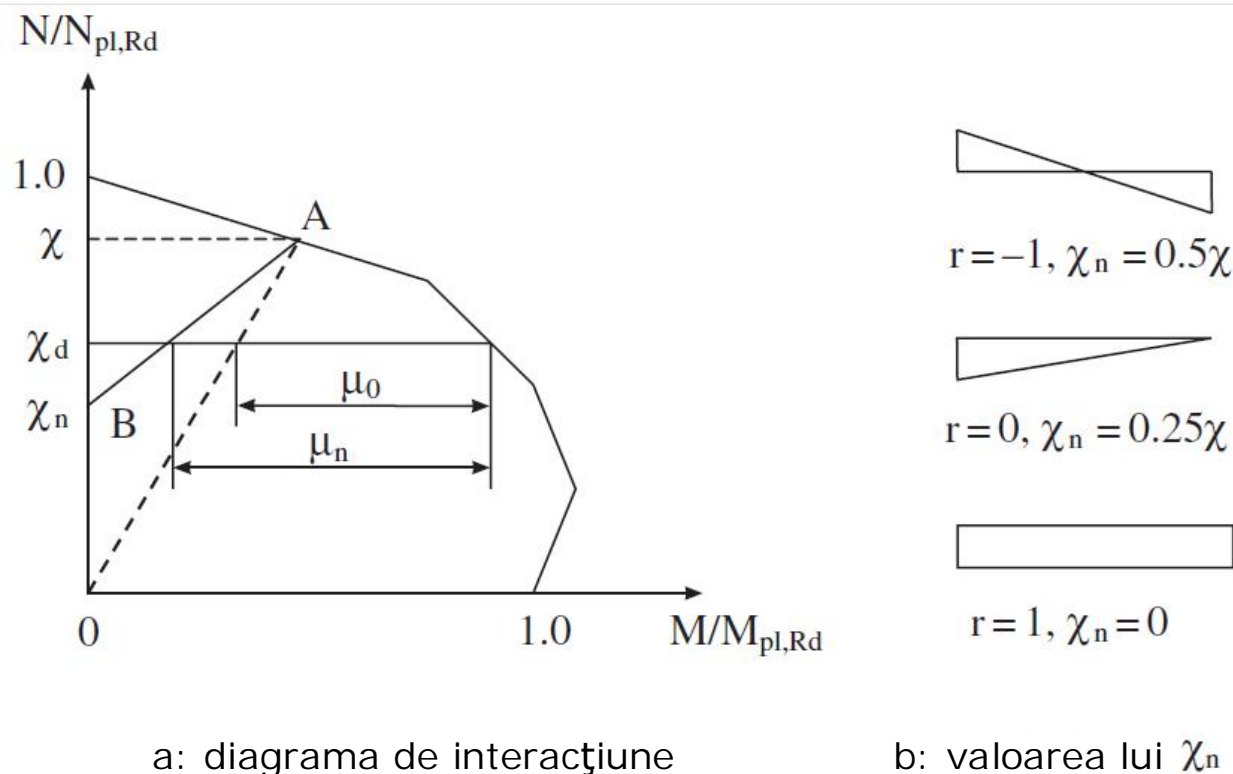
○ Pentru alte tipuri de distribuții ale momentelor încovoietoare, datorită faptului că momentul încovoietor de ordinul II maxim nu se află în aceeași poziție cu momentul maxim principal, efectul momentului încovoietor secundar este mai puțin sever. Astfel este destul de dificil de evaluat cu precizie momentul de ordinul II datorat imperfecțiunilor inițiale. În Eurocode 4, acesta este considerat printr-o forță axială suplimentară cu care este afectată diagrama de interacțiune $N-M$.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

MOMENTELE ÎNCOVOIETOARE ALE STÂLPILOR

Efectul imperfecțiunilor

Figura: efectul distribuției momentului încovoietor asupra diagramei de interacțiune $N-M$



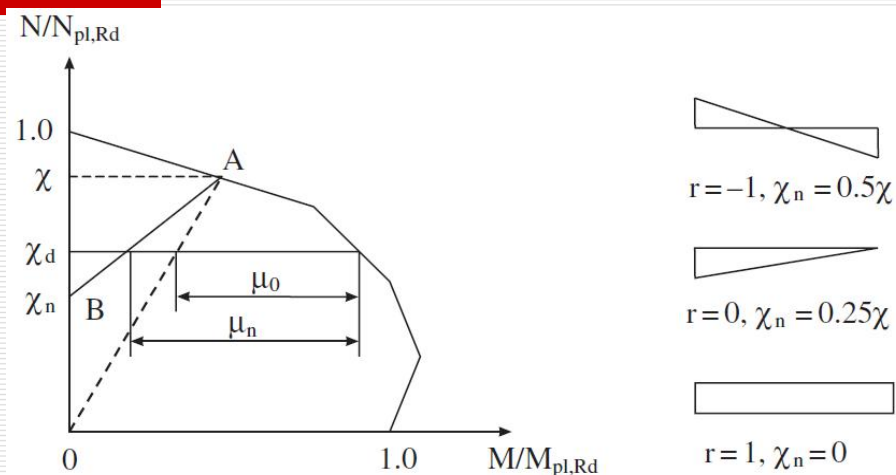
○ Pentru figura de mai sus: dacă distribuția momentului încovoietor principal este uniformă, efectul momentului încovoietor secundar este imediat, iar rezistența la încovoiere este redusă încă de la începutul încărcării, așa cum arată segmentul OA.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

MOMENTELE ÎNCOVOIETOARE ALE STÂLPILOR

Efectul imperfecțiunilor

Figura: efectul distribuției momentului încovoietor asupra diagramei de interacțiune N–M



a: diagrama de interacțiune

b: valoarea lui χ_n

○ Atunci când distribuția momentelor încovoietoare primare este neuniformă, efectul momentelor încovoietoare secundare este atenuat față de încărcarea maximă, astfel încât rezistența la încovoiere este mai mare. Aceasta este ilustrată în figura de mai sus prin segmentul BA.

○ În consecință, rezistența la moment încovoietor este μ_n , față de μ_0 . Poziția B pe axa de compresiune axială - χ_n , depinde de raportul momentelor încovoietoare de la capetele stâlpului. În Eurocode 4, χ_n este dat de:

$$\chi_n = \chi \frac{1-r}{4} \quad \text{cu} \quad -1 \leq r \leq 1$$

Adrian Cristina, Construcții mixte oțel-beton

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

MOMENTELE ÎNCOVOIETOARE ALE STÂLPILOR

unde r este raportul dintre momentele încovoietoare de la capetele stâlpilor (cel mai mic la cel mai mare).

Obs: Figura anterioară prezintă valorile χ_n pentru trei cazuri uzuale ale diagramei de momente pentru stâlpi. Evident că χ_n este mai mare pentru un unghi mai mare al distribuției de moment. Aceasta va conduce la o valoare mai mare a lui μ_n .

Efectele $P-\delta$

- Datorită efectelor de ordinul 2 ($P-\delta$), momentele în stâlpi vor fi mai mari decât cele obținute din analiza de ordinul 1. Această creștere este mai mare pentru stâlpii zvelți sau stâlpii puternic solicitați.
- În mod reciproc, aceste efecte sunt neglijate pentru stâlpi robuști sau pentru stâlpi cu forțe axiale de compresiune mici. În aceste condiții, efectele $P-\delta$ nu vor fi considerate. Eurocode 4 definește o valoare limită a zvelteții minime a stâlpilor pentru care efectele $P-\delta$ nu vor fi considerate:

$$\bar{\lambda} \leq 0.2(2 - r)$$

Obs: În cazul unui stâlp solicitat la încărcare transversală vom avea $r = 1$.

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

MOMENTELE ÎNCOVOIETOARE ALE STÂLPILOR

Efectele $P-\delta$

○ Definiția forței de compresiune mici este corespunzătoare unei forțe de compresiune care este mai mică de 10% din încărcarea critică:

$$\frac{N_{sd}}{N_{cr}} \leq 0.1$$

○ Pentru celelalte cazuri trebuie efectuată o analiza de ordinul 2, pentru a obține valoarea mărită a momentului încovoietor. În absența unei analize precise, valoarea mărită a momentului încovoietor poate fi obținut în mod aproximativ prin amplificarea momentului de ordinul 1:

$$M \text{ (momentul de calcul)} = k M \text{ (momentul de calcul de ordinul 1)}$$

În care factorul de amplificare k depinde de distribuția momentelor încovoietoare pe element, prin:

$$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{sd}}{N_{cr}}} \geq 1.0$$

În această ecuație, valorile lui β sunt date în tabelul alăturat:

Stâlpi cu încărcare transversală	$\beta=1.0$
Momente diferite la capete	$\beta=0.66+0.44r \geq 0.44$

§ 3.3 Compresiune cu încovoiere

SECȚIUNI NESIMETRICE

- În acest caz, curba de interacțiune $N-M$ a unei secțiuni nesimetrice este diferită pentru aceeași axă principală și depinde de direcția de aplicare a încovoierii.
- Astfel, atunci când este determinată curba de interacțiune $N-M$ a unei secțiuni nesimetrice, trebuie considerată direcția de acționare a momentului încovoietor. Momentul încovoietor **trebuie calculat față de centrul plastic** al secțiunii compuse nefisurate.
- În plus, curba de interacțiune $N-M$ nu poate fi obținută prin metode simplificate ci doar prin intermediul procedurii generale.
- Alte considerații de calcul, cum ar fi voalarea și rezistența la forfecare sunt evaluate în moduri similare folosite pentru secțiunile simetrice.

§ 3.4 Efectul forțelor de forfecare

- Datorită faptului că un stâlp este solicitat preponderent la compresiune, efectul forței de forfecare va fi mic și se poate neglija adesea. Pentru cazurile (rare) în care trebuie considerat efectul forțelor de forfecare, se presupune că forțele de forfecare sunt preluate de aria de forfecare a componentei din metal a secțiunii compuse.
- Aria de forfecare a unei secțiuni compuse este aceeași cu aria de forfecare a elementului metalic.

§ 3.5 Introducerea încărcărilor

- Se presupune că încărcarea aplicată este transferată atât oțelului cât și betonului pentru a obține o acțiune compusă. Aceasta se realizează prin asigurarea faptului ca în regiunea de introducere a încărcărilor rezistența la forfecare longitudinală înregistrată la interfața oțel-beton nu este depășită.
- În proiectare trebuie adoptate detalii constructive pentru eliminarea acestei probleme, dacă ea există.

§ 3.5 Introducerea încărcărilor

- La interfața între beton și oțel trebuie verificată forța de lunecare longitudinală cauzată de forțe tăietoare și/sau momente.
- În condițiile în care suprafața de oțel în contact cu betonul nu este vopsită, acoperită cu ulei, grăsime și nu este acoperită cu rugină sau cruste, se pot adopta valorile din tabelul de mai jos pentru rezistența la lunecare τ_{Rd} .

Tipul secțiunii transversale	τ_{Rd} (N / mm ²)
Secțiuni de oțel cu înglobare totală în beton	0,30
Țevi de oțel circulare umplute cu beton	0,55
Țevi de oțel rectangulare umplute cu beton	0,40
Tălpi ale secțiunilor cu înglobare parțială în beton	0,20
Inimi ale secțiunilor cu înglobare parțială în beton	0,00

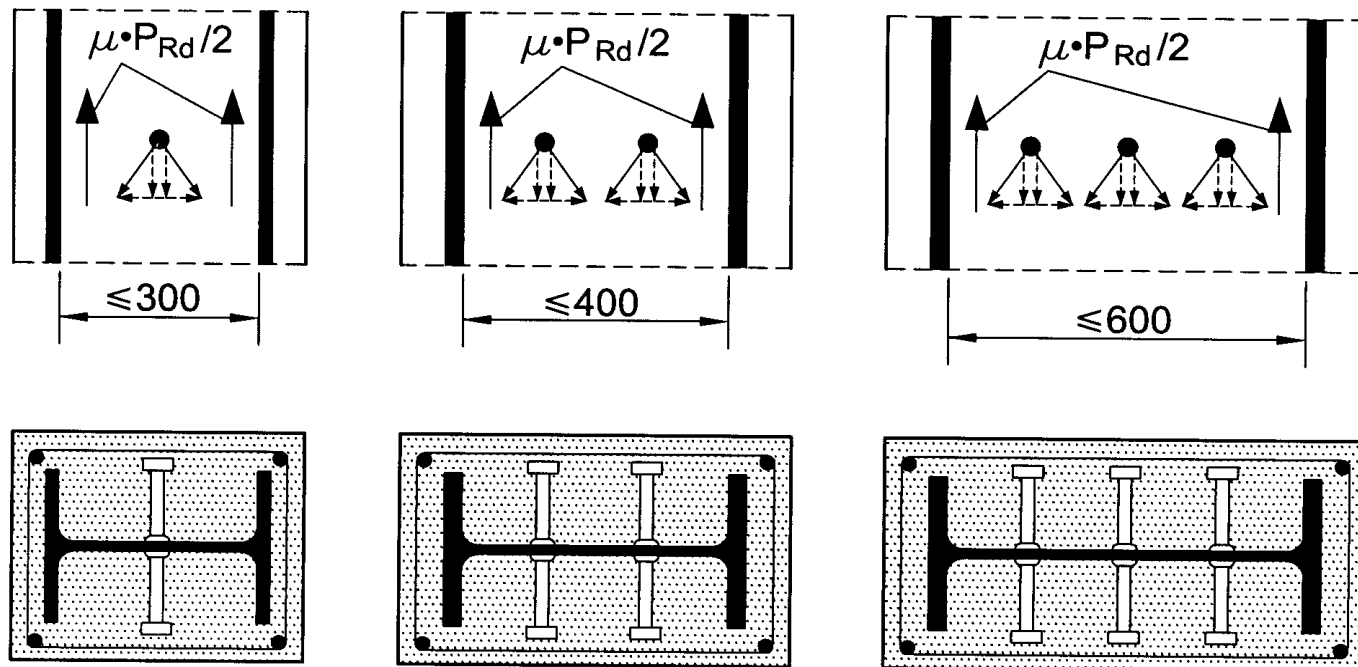
- În zonele de transfer a încărcărilor și în zonele de schimbare a secțiunii, sunt prevăzuți conectori de lunecare dacă rezistența la forfecare la interfața între oțel și beton - τ_{Rd} este depășită.

§ 3.5 Introducerea încărcărilor

- Forțele de lunecare se determină din variația rezultatelor eforturilor unitare ale secțiunii de oțel sau beton armat pe zona de transfer a încărcărilor.
- Lungimea de transfer a încărcărilor nu depășește $2d$ sau $L/3$, în care d este dimensiunea transversală minimă a secțiunii stâlpului și L este lungimea stâlpului.
- Pentru determinarea eforturilor de lunecare la interfață, se utilizează calculul elastic, considerând efectele de lungă durată și fisurarea betonului.
- În cazurile în care conectori de lunecare sunt sudați de inima secțiunii I sau a unei secțiuni similare total sau parțial înglobate în beton, se poate ține seama de forțele de frecare care se dezvoltă din împiedicarea expansiunii laterale a betonului de către tălpile adiacente ale secțiunii de oțel.

§ 3.5 Introducerea încărcărilor

- Distanța liberă dintre tăpile elementelor metalice nu trebuie să depășească valorile date în figura de mai jos:



Forțe de frecare suplimentare la stâlpii compuși,
prin folosirea conectorilor de tip gujon cu cap