



EURÓPAI UNIÓ
STRUKTURÁLIS ALAPOK



V
A
S
B
E
T
O
N
S
Z
E
R
K
E
Z
E
T
E
K

STNA211, STNB610 segédlet a PTE PMMK építész és építészmérnök
hallgatói részére

„Az építész- és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése”

VASBETONSZERKEZETEK

Verzió: 2007. december

OKTATÁSI SEGÉDLET

SZERKESZTETTE:

ORBÁN ZOLTÁN

SZILÁRDSÁGTAN ÉS TARTÓSZERKEZETEK TANSZÉK

<orbanz@witch.pmmf.hu>

BALOGH TAMÁS

ANYAGTAN, GEOTECHNIKA ÉS KÖZLEKEDÉSEPÍTÉSI TANSZÉK

<baloghtamas@witch.pmmf.hu>

2007

Részletes tantárgyprogram:		
Hét	Ea/Gyak./Lab.	Témakör
1.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	A tartószerkezetek méretezésének alapjai. Legfontosabb terhek, tehercsoportosítások és biztonsági tényezők. Tartók mértékadó leterhelése.
2.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	A vasbeton feszültségi állapotairól. Hajlított keresztmetszetek ellenőrzése I.
3.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	A vasbeton feszültségi állapotairól. Hajlított keresztmetszetek ellenőrzése II.
4.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Hajlított keresztmetszetek méretezése I.
5.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Hajlított keresztmetszetek méretezése II.
6.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Hajlított keresztmetszetek méretezése III.
7.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	1. ZÁRTHELYI DOLGOZAT TERVFELADAT KIADÁSA
8.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Ellenőrzés és méretezés nyírásra I.
9.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Ellenőrzés és méretezés nyírásra II.
10.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Nyomott elemek vizsgálata. Tervfeladat ismertetése
11.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Összetett igénybevételek Tervfeladat ismertetése
12.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Szerkesztési szabályok, vasalás tervezés Tervfeladat ismertetése
13.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	2. ZÁRTHELYI DOLGOZAT Tervfeladat ismertetése, konzultáció
14.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	PÓTLÁSOK Tervfeladat beadása, konzultáció

Tartalom

Az oktatási segédlet célja	4
1. Általános ismertetés	4
1.1. A tartószerkezetek méretezésének alapjai	4
1.2. Az EC szerinti legfontosabb tehercsoportosítások és biztonsági tényezők	5
2. Hajlított keresztmetszetek méretezése, ellenőrzése	6
2.1. I. feszültségi állapot	6
1. Példa: Vasbeton keresztmetszet ellenőrzése I. feszültségi állapotban	
2.2. II. feszültségi állapot	8
2. Példa: Vasbeton keresztmetszet ellenőrzése II. feszültségi állapotban	
2.3. III. feszültségi állapot	10
2.3.1. Ellenőrzés	
2.3.2. Szabad méretezés	
2.3.3. Kötött méretezés	
3. Példa: Vasbeton gerenda ellenőrzése hajlításra	
4. Példa: Határozzuk meg az alábbi keresztmetszet határnyomatékát	
5. Példa: Hajlított keresztmetszet szabad tervezése	
6. Példa: Ellenőrizzük az adott "T" keresztmetszetet	
7. Példa: T keresztmetszetű tartó szabad tervezése	
8. Példa: Lemez szabad tervezése	
9. Példa: Vasbeton keresztmetszet kötött tervezése I.	
10. Példa: Vasbeton keresztmetszet kötött tervezése II.	
3. Vasbeton tartók nyírásvizsgálata	25
11. Példa: Megoszló teherrel terhelt kéttámaszú tartó ellenőrzése nyírásra	
4. Melléklet	33
4.1. Vasbetonszerkezetek számításánál alkalmazott jelölések és elnevezések	33
4.2. Betonok és betonacélok jellemzői	34
4.2.1. Betonok jellemzői	34
4.2.2. Betonacélok jellemzői	35
4.2.3. Betonacélok keresztmetszeti területe és fajlagos tömege	35
4.3. Az elméleti támaszköz	36
4.4. Vasbetonszerkezetek szerkesztési szabályai az Eurocode 2 alapján	37
Betonfedés	37
Betonacélok közötti távolság	37
Betonacélok lehorgonyzása, kampók kialakítása	37
Betonacélok toldása	39
Gerendákra vonatkozó szabályok	39
Lemezekre vonatkozó szabályok	41
Oszlopokra vonatkozó szabályok	42
4.5. Közelítő méretfelvétel	43
Felhasznált irodalom	44

Az oktatási segédlet célja

Az alábbi oktatási segédlet célja, hogy építész és építészmérnök hallgatók számára röviden összefoglalja a vasbetonszerkezetek méretezésének alapjait az EUROCODE 2 szabvány szerint.

A segédlet jelen verziója elsősorban hajlított tartók méretezéséhez és ellenőrzéséhez nyújt segítséget. A rövid elméleti összefoglalók mellett mintapéldákon keresztül mutatja be a számítások fő lépéseit és a tervezéskor alkalmazandó szerkesztési szabályokat.

1. Általános ismertetés

1.1. A tartószerkezetek méretezésének alapjai

A tartószerkezeteket úgy kell megtervezni és a megvalósítani, hogy a gazdaságosság követelményeit is kielégítve, előírányzott élettartamuk alatt kellő megbízhatósággal feleljenek meg a megvalósítás és használat során fellépő minden hatásra, valamint alkalmasak legyenek a rendeltetés szerű használatra.

A tartószerkezetek méretezésével szemben támasztott alapvető követelmények:

- hatásokkal szembeni ellenálló képesség
- használhatóság
- tartósság

Az EUROCODE (továbbiakban EC) szerint a megbízhatóság a parciális (biztonsági) tényezők módszerének alkalmazásával biztosítható. A tervezés keretében igazolni kell, hogy a hatások (terhek) a határállapotokat egyetlen lehetséges tervezési helyzetben sem lépik túl.

Határállapot: a tartószerkezetnek azon állapota, amikor még épen megfelel a tervezési követelménynek.

A határállapotoknak alapvetően két csoportját különböztetjük meg:

- teherbírési határállapotok
- használhatósági határállapotok

Teherbírési határállapotban vizsgálatot igénylő állapotok:

- helyzeti állékonyság elvesztése
- szilárdsági vagy alaki stabilitási tönkremenetel
- fáradási tönkremenetel
- aljtalaj törése

Használhatósági határállapotban vizsgálatot igénylő jellemzők:

- alakváltozások
- rezgések, lengések
- repedések
- feszültségek

1.2. Az EC szerinti legfontosabb tehercsoportosítások és biztonsági tényezők

Az Eurocode 0 szerinti legfontosabb tehercsoportosítások vasbeton szerkezetek méretezéséhez a következők:

A teherbírési határállapotok ellenőrzéséhez:

Tartós és átmeneti tervezési helyzet (a leggyakoribb teherkombináció):

$$\sum_i \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} "+" \gamma_{Q,j} \cdot Q_{k,j} "+" \sum_{i \neq j} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Szeizmikus tervezési helyzet:

$$\sum_i G_{k,i} "+" A_{Ed} "+" \sum_i \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

A lehajlás és repedéstágasság vizsgálatához (használhatósági határállapotok):

Kvázi-állandó teherkombináció:

$$\sum_i G_{k,i} "+" \sum_i \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

G_k – az állandó teher (önsúly) karakterisztikus (várható) értéke

Az állandó teher lehet:

g_k – megoszló állandó teher (önsúly)

G_k – koncentrált állandó teher

Q_k – az esetleges teher karakterisztikus értéke

Az esetleges teher lehet:

q_k – megoszló esetleges teher (szél, hó)

Q_k – koncentrált esetleges teher

γ – a teher biztonsági tényezője

ψ_0 – az egyidejűségi tényező

ψ_2 – a terhek tartósságát figyelembe vevő tényező

A_{Ed} – a szeizmikus teher

A "+" és a Σ jelek nem összeadást jelentenek, hanem azt, hogy a terheket egyszerre kell működtetni.

Épületek terheinek biztonsági tényezői teherbírasi vizsgálatoknál:

Terhek biztonsági tényezői			
A teher fajtája	A teher hatása	kedvező	kedvezőtlen
Állandó teher, g_k	Szilárdsági és stabilitási vizsgálatokhoz	$\gamma_{G,inf} = 1,0$	$\gamma_{G,sup} = 1,35$
	Helyzeti állékonyság vizsgálatához	$\gamma_{G,inf} = 0,9$	$\gamma_{G,sup} = 1,1$
Esetleges teher, q_k	hasznos teher, szélteher, hóteher	-	$\gamma_Q = 1,5$

2. Hajlított keresztmetszetek méretezése, ellenőrzése

2.1. I. feszültségi állapot

A mértékadó teherből számított hajlító igénybevétel hatására a beton húzott szélső szálában számítjuk ki a keletkező feszültség értékét.

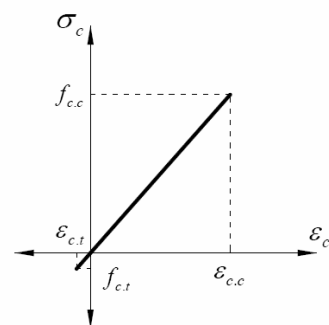
Repedésmentes a keresztmetszet – I. feszültségi állapotban van –, ha a számított beton húzófeszültség kisebb vagy egyenlő, mint a beton húzószilárdságának várható értéke ($\sigma_{ct} \leq f_{ctm}$).

Az ellenőrzés történhet a nyomatékok összehasonlításával is. Ekkor a keresztmetszet repesztő határnyomatéka egyenlő, vagy nagyobb legyen, mint a terhelésből számított mértékadó nyomaték ($M_{cr} \geq M_{Ed}$).

I. feszültségi állapotban a keresztmetszet repedésmentes, a teljes keresztmetszetet figyelembe vesszük.

Az I. rugalmas feszültségi állapotban végzett számításokkal a repedésmentesség követelményének igazolása történik.

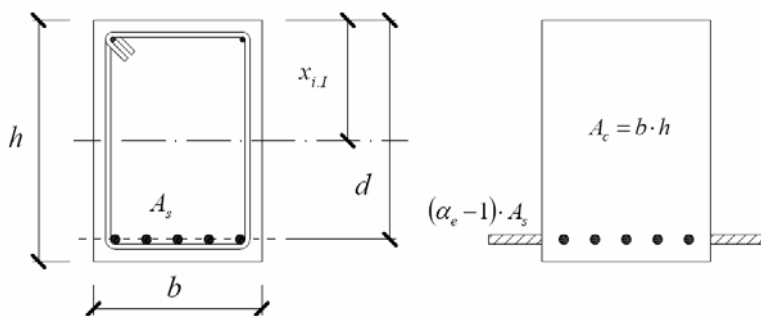
I. feszültségi állapotban a vasbeton keresztmetszetben a beton és a betonacél is rugalmasan viselkedik és a betonnak van húzószilárdsága.



A beton (feszültség – megnyúlás) diagramja I. feszültségi állapotban

Hajlított keresztmetszetek ellenőrzése I. feszültségi állapotban:

Nyomott acélbetét nélküli keresztmetszet:



Ideális keresztmetszeti terület:

$$A_{i,I} = b \cdot h + (\alpha_e - 1) \cdot A_s$$

Statikai nyomaték a nyomott szélső szálra:

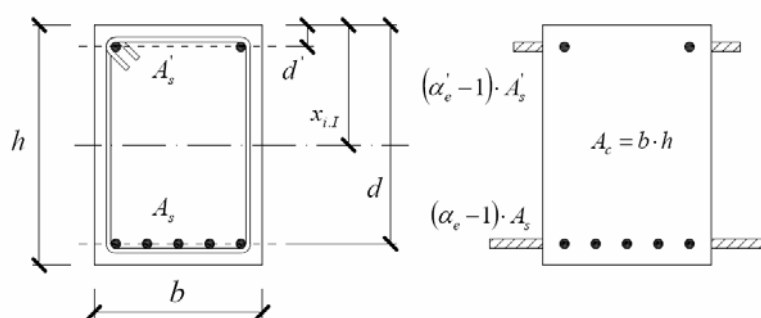
$$S_{i,I} = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot d$$

A semleges tengely helye a nyomott

szélső száltól: $x_{i,I} = \frac{S_{i,I}}{A_{i,I}}$

Inercianyomaték a semleges tengelyre: $I_{i,I} = \frac{b \cdot x_{i,I}^3}{3} + \frac{b \cdot (h - x_{i,I})^3}{3} + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot (d - x_{i,I})^2$

Nyomott acélbetétet tartalmazó keresztmetszet:



Ideális keresztmetszeti terület:

$$A_{i,I} = b \cdot h + (\alpha_e - 1) \cdot A_s + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s$$

Statikai nyomaték a nyomott szélső szálra:

$$S_{i,I} = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot d + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot d'$$

A semleges tengely helye a nyomott

szélső száltól: $x_{i,I} = \frac{S_{i,I}}{A_{i,I}}$

Inercianyomaték a semleges tengelyre:

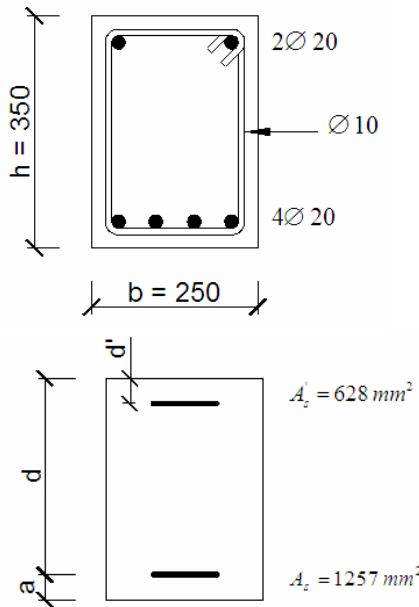
$$I_{i,I} = \frac{b \cdot x_{i,I}^3}{3} + \frac{b \cdot (h - x_{i,I})^3}{3} + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot (d - x_{i,I})^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x_{i,I} - d')^2$$

A repedésmentesség feltétele: $\sigma_{c,t} \leq f_{ctm}$ vagy $M_{Ed} \leq M_{cr}$

Feszültségellenőrzés: $\sigma_{c,t} = \frac{M_{Ed}}{I_{i,I}} \cdot (h - x_{i,I})$

Repedéstnyomaték számítás: $M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_{i,I}}{(h - x_{i,I})}$

1. Példa: Vasbeton keresztmetszet ellenőrzése I. feszültségi állapotban



Anyagi jellemzők:

Beton: C25/30

Betonacél: B60.50

$$f_{ck} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 2.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 200 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{c,eff} := 9.83 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

Kengyel: B38.24

Igénybevétel: $M_{Ed} := 50 \text{ kNm}$

Geometriai jellemzők:

$b := 250 \text{ mm}$ keresztmetszet szélessége

$\phi_h := 20 \text{ mm}$ húzott acélbetét átmérője

$h := 350 \text{ mm}$ keresztmetszet magassága

$\phi_{ny} := 20 \text{ mm}$ nyomott acélbetét átmérője

$c := 20 \text{ mm}$ betonfedés

$\phi_k := 10 \text{ mm}$ kengyel átmérője

$\delta := 10 \text{ mm}$ acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása

$$A_s := 4 \cdot \frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4} \quad A_s = 1257 \text{ mm}^2$$

Húzott acélbetétek keresztmetszeti területe

$$A'_s := 2 \cdot \frac{\phi_{ny}^2 \cdot \pi}{4} \quad A'_s = 628 \text{ mm}^2$$

Nyomott acélbetétek keresztmetszeti területe

A számítás menete:

Hasznos magasságok kiszámítása: $d := h - c - \phi_k - \frac{\phi_h}{2} - \delta \quad d = 300 \text{ mm}$ hasznos magasság a húzott szélső száltól

$d' := c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta \quad d' = 50 \text{ mm}$ hasznos magasság a nyomott szélső száltól

Hogyan kezeljük az inhomogenitást: $\alpha_e := \frac{E_s}{E_{c,eff}} \quad \alpha_e = 20.35 \quad \alpha'_e := \alpha_e \quad \alpha'_e = 20.35$

A beton keresztmetszeti területe: $A_c := b \cdot h \quad A_c = 87500 \text{ mm}^2$

Ideális keresztmetszeti terület: $A_{i,I} := A_c + (\alpha_e - 1) \cdot (A_s + A'_s) \quad A_{i,I} = 123966.125 \text{ mm}^2$

Ideális keresztmetszet súlypontja: $x_{i,I} := \frac{\frac{1}{2} \cdot b \cdot h^2 + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot d + A'_s \cdot (\alpha'_e - 1) \cdot d'}{A_{i,I}} \quad x_{i,I} = 187.257 \text{ mm}$

Ideális keresztmetszet inerciája: (a súlyponti tengelyre)

$$I_{i,I} := \frac{b \cdot x_{i,I}^3}{3} + \frac{b \cdot (h - x_{i,I})^3}{3} + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot (d - x_{i,I})^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x_{i,I} - d')^2 \quad I_{i,I} = 1.444 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

A beton húzott szélső szálában keletkező feszültség: $\sigma_{ct} := \frac{M_{Ed}}{I_{i,I}} (h - x_{i,I}) \quad \sigma_{ct} = 5.634 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{ct} > f_{ctm}$ megreped, nincs I. feszültségi állapotban

Számítsuk ki a keresztmetszet repesztőnyomatékát:

$$f_{ctm} = \frac{M_{cr}}{I_{i,I}} \cdot (h - x_{i,I}) \rightarrow M_{cr} := \frac{f_{ctm} \cdot I_{i,I}}{(h - x_{i,I})} \quad M_{cr} = 22.7 \text{ kNm} < M_{Ed} = 50 \text{ kNm}$$

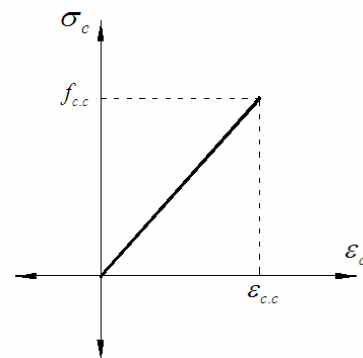
A repesztő nyomaték összehasonlítása a tervezési nyomatékkal is mutatja, hogy a beton megreped, nincs I. feszültségi állapotban.

2.2. II. feszültségi állapot

Az üzemi terhet —a teher alapértékét— a normál (nem feszített) vasbeton szerkezetek esetén legfőképpen ebben a stádiumban hordja a tartó, ezért a repedéskorlátozási, tartóssági és merevségi előírásokat ezen feszültségi állapotban ellenőrizzük.

A fenti vizsgálatok elvégzéséhez az ideális keresztmetszeti adatokra és a húzott acélszálabban fellépő feszültségre lehet szükségünk, ezért II. feszültségi állapotban csak feszültségek meghatározásával foglalkozunk.

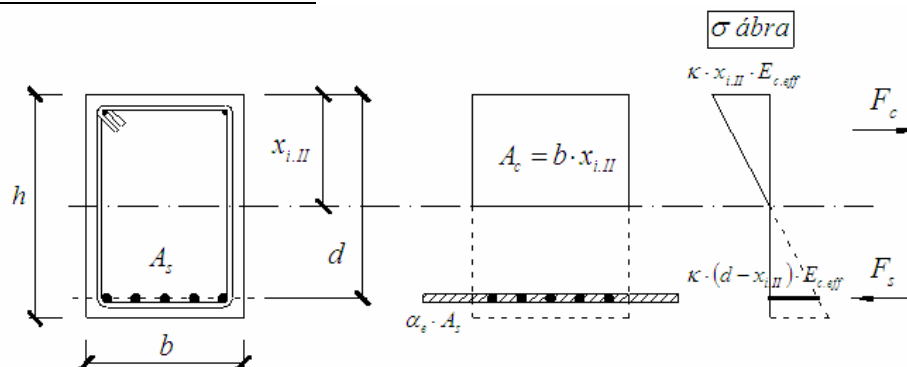
A II. feszültségi állapotban a vasbeton keresztmetszetben a beton és a betonacél is rugalmasan viselkedik és a húzott beton bereped, így a beton húzószilárdságával nem számolunk.



Hajlított keresztmetszetek ellenőrzése II. feszültségi állapotban:

A beton (feszültség – megnyúlás) diagramja I. feszültségi állapotban

Nyomott acélbetét nélküli keresztmetszet:



Vetületi egyenlet II. feszültségi állapotban (nyomott betonöv magasságának (x_c) meghatározásához):

$$F_c - F_s = E_{c,eff} \cdot \kappa \cdot \left[b \cdot x_{i,II} \cdot \frac{x_{i,II}}{2} - \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{i,II}) \right] = 0$$

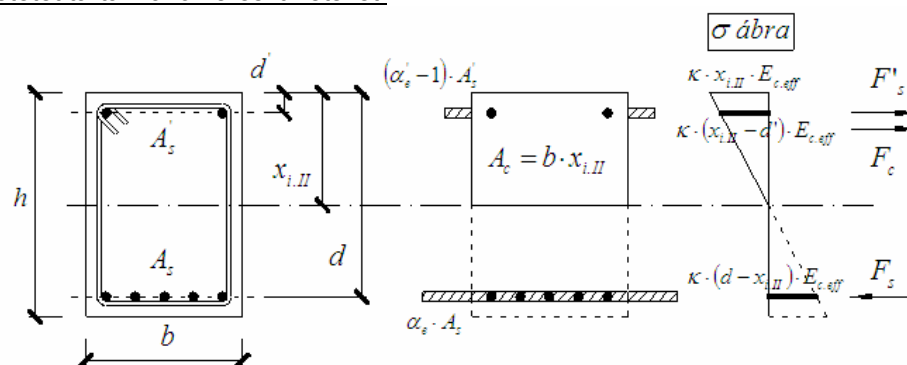
Nyomatéki egyenlet II. feszültségi állapotban (nyomatéki teherbírás kiszámításához):

$$M_{Rd} = \kappa \cdot E_{c,eff} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot b \cdot x_{i,II}^3 + A_s \cdot \alpha_e \cdot (d - x_{i,II})^2 \right]$$

Berepedt keresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{i,II} = \frac{b \cdot x_{i,II}^3}{3} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{i,II})^2$$

Nyomott acélbetétet tartalmazó keresztmetszet:



Vetületi egyenlet II. feszültségi állapotban (nyomott betonöv magasságának (x_c) meghatározásához):

$$F_c - F_s = E_{c,eff} \cdot \kappa \cdot \left[b \cdot x_{i,II} \cdot \frac{x_{i,II}}{2} - \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{i,II}) + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x_{i,II} - d') \right] = 0$$

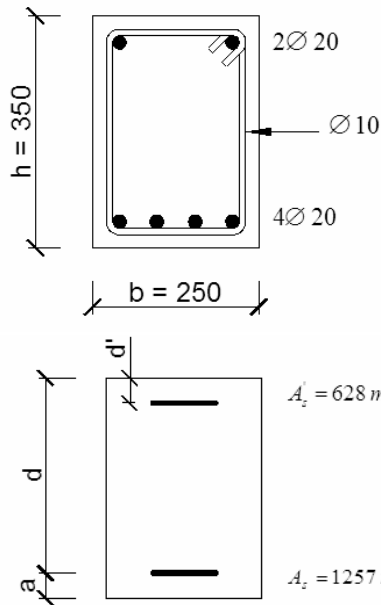
Nyomatéki egyenlet II. feszültségi állapotban (nyomatéki teherbírás kiszámításához):

$$M_{Rd} = \kappa \cdot E_{c,eff} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot b \cdot x_{i,II}^3 + A_s \cdot \alpha_e \cdot (d - x_{i,II})^2 + A'_s \cdot (\alpha'_e - 1) \cdot (x_{i,II} - d')^2 \right]$$

Berepedt keresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{i,II} = \frac{b \cdot x_{i,II}^3}{3} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{i,II})^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x_{i,II} - d')^2$$

2. Példa: Vasbeton keresztmetszet ellenőrzése II. feszültségi állapotban



Anyagi jellemzők:

Beton: C25/30

Betonacél: B60.50

$$f_{ck} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 2.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 200 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{c,eff} := 9.83 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

Kengyel: B38.24

Igénybevétel: $M_{Ed} := 50 \text{ kNm}$

Geometriai jellemzők:

$b := 250 \text{ mm}$ keresztmetszet szélessége

$\phi_h := 20 \text{ mm}$ húzott acélbetét átmérője

$h := 350 \text{ mm}$ keresztmetszet magassága

$\phi_{ny} := 20 \text{ mm}$ nyomott acélbetét átmérője

$c := 20 \text{ mm}$ betonfedés

$\phi_k := 10 \text{ mm}$ kengyel átmérője

$\delta := 10 \text{ mm}$ acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása

$$A_s := 4 \cdot \frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4} \quad A_s = 1257 \text{ mm}^2$$

Húzott acélbetétek keresztmetszeti területe

$$A'_s := 2 \cdot \frac{\phi_{ny}^2 \cdot \pi}{4} \quad A'_s = 628 \text{ mm}^2$$

Nyomott acélbetétek keresztmetszeti területe

A számítás menete:

Hasznos magasságok kiszámítása: $d := h - c - \phi_k - \frac{\phi_h}{2} - \delta \quad d = 300 \text{ mm}$ hasznos magasság a húzott szélő száltól

$$d' := c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta \quad d' = 50 \text{ mm} \quad \text{hasznos magasság a nyomott szélő száltól}$$

Hogyan kezeljük az inhomogenitást:

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{c,eff}} \quad \alpha_e = 20.35 \quad \alpha'_e := \alpha_e \quad \alpha'_e = 20.35$$

Vetületi egyensúlyi egyenlet felírása:

$$E_{c,eff} \cdot \kappa \cdot \left[(\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x - d') + \frac{b \cdot x^2}{2} - \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x) \right] := 0$$

a zárójelben található összefüggés a statikai nyomatéki egyenlet x-re

$$(\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x - d') + \frac{b \cdot x^2}{2} - \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x)$$

$$\frac{1}{2} \cdot b \cdot x^2 + (A'_s \cdot \alpha'_e - A'_s + \alpha_e \cdot A_s) \cdot x - A'_s \cdot \alpha'_e \cdot d' + A'_s \cdot d' - \alpha_e \cdot A_s \cdot d := 0$$

Az egyenlet megoldása a másodfokú egyenlet megoldóképletének használatával. Kapott eredmények:

$$x_1 = 147.4 \text{ mm} \quad x_2 = -449.2 \text{ mm} \quad \text{nem megoldás!} \quad \text{Tehát: } x_{i,II} := x_1 \quad x_{i,II} = 147.4 \text{ mm}$$

Berepedt keresztmetszet inercianyomatéka

$$I_{i,II} := \frac{b \cdot x_{i,II}^3}{3} + (\alpha'_e - 1) \cdot A'_s \cdot (x_{i,II} - d')^2 + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{i,II})^2 \quad I_{i,II} = 9.776 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Húzott acélban ébredő feszültség $\sigma_{s,II} := \alpha_e \cdot \frac{M_{Ed}}{I_{i,II}} \cdot (d - x_{i,II}) \quad \sigma_{s,II} = 158.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Beton nyomott szélő szálában ébredő feszültség $\sigma_c := \frac{M_{Ed}}{I_{i,II}} \cdot x_{i,II} \quad \sigma_c = 7.54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2.3. III. feszültségi állapot

Az építmények vasbetonszerkezeteit teherbírásra a tartóra ható mértékadó terhelésből számított legnagyobb hajlító nyomatékra III. feszültségi állapotban méretezzük és ellenőrizzük.

A III. feszültségi állapotban a nyomott öv magassága mentén fellépő betonfeszültségek értéke a számítás szerint minden esetben a beton nyomószilárdságának tervezési értéke (f_{cd}), a betonacélban fellépő feszültség pedig általában az acél folyáshatárának tervezési értéke (f_{yd}), ezért itt feszültségszámításról nem lehet beszélni.

A nyomott betonöv magasságának határhelyzetéből (x_0) következik, hogy $x > x_0$, azaz $\xi > \xi_0$ esetében az acél folyáshatárának tervezési értékével történő számítás hiba lenne, ezért ilyen esetben redukált acélfeszültséggel kell számolni a húzott acélbetétek esetén. Hasonlóan, ha $\xi < \xi_0$, a nyomott acélbetéteknél szükséges redukált acélfeszültség számítása.

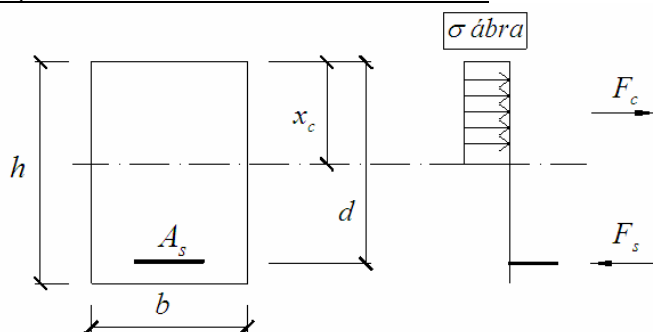
A gyakorlatban nagyon ritkán fordul elő a redukált acélfeszültségekkel való számolás, mert igyekszünk ilyen eseteket elkerülni (pl. a kiindulási adatok kedvező változtatásával), ugyanis ezen esetek igen gazdaságtalan méretezést eredményeznek.

A III. feszültségi állapotban végzett számítások lényegében három fő csoportba sorolhatók:

- Ellenőrzés
- Szabad méretezés
- Kötött méretezés

Egyensúlyi egyenletek:

Nyomott acélbetét nélküli keresztmetszet:



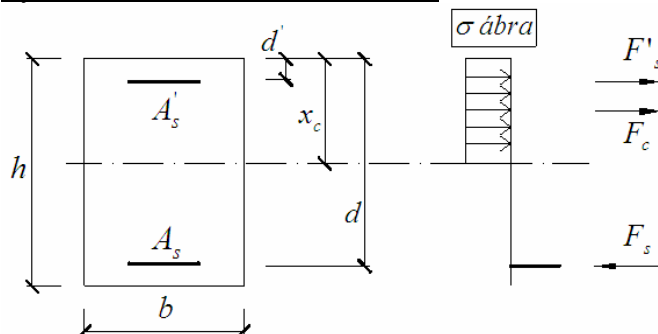
Vetületi egyenlet:

$$F_c - F_s = 0 = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd}$$

Nyomatéki egyenlet:

$$M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

Nyomott acélbetétes keresztmetszet:



Vetületi egyenlet:

$$F_c - F_s + F'_s = 0 = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} + A'_s \cdot f'_{yd}$$

Nyomatéki egyenlet:

$$M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A'_s \cdot f'_{yd} \cdot (d - d')$$

2.3.1. Ellenőrzés

Ellenőrzés esetén adott a mértékadó nyomaték (M_{Ed}), a vasbeton tartó méretei a vasalással és az anyagminőségek. Feladatunk kiszámítani a keresztmetszet M_{Rd} értékét.

Az ellenőrzésre azért lehet szükség, mert a tartószerkezet terhelése megváltozik például az épület, helység funkció változása miatt. A meglévő tervekből a felsorolt adatok rendelkezésre állhatnak és helyszíni ellenőrző mérésekkel kiegészülhetnek. Az új terhelésből az M_{Ed} értéke kiszámítható.

Megfelel a tartó ha $M_{Rd} > M_{Ed}$.

Minden esetben fontos az $x_c < x_0$ összehasonlítás. Abban az esetben, ha $x_c > x_0$ ($\xi > \xi_0$) adódik redukálni kell a húzott betonacél feszültségét.

Kétszeresen vasalt tartó esetén ha $\xi' < \xi'_0$ a nyomott betonacélnál szükséges redukált acélfeszültség számítás.

2.3.2. Szabad méretezés

Szabad méretezés esetén a cél az, hogy adott nyomatékhoz megtervezzük a leggazdaságosabb vasbeton keresztmetszetet, azaz minimális betonméretekre törekszünk nyomott acélbetét nélkül. Az anyagminőségek a kivitelezési körülményektől függően szintén adottak.

Célszerűen a keresztmetszet szélességét felvesszük a (csatlakozó szerkezettől függően) és olyan h_{min} magasságot számolunk, mely esetén a betonkeresztmetszet teljesen kihasznál, azaz $x_c = x_{co}$

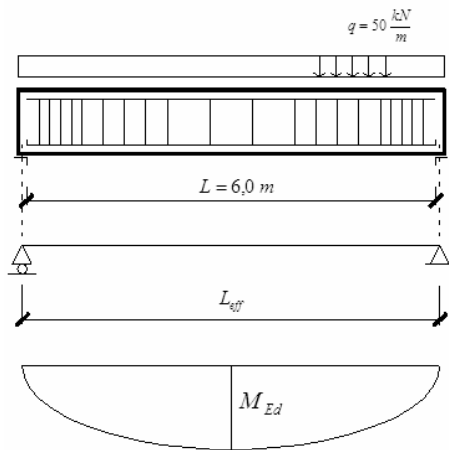
2.3.3. Kötött méretezés

Kötött méretezés esetén adott nyomaték, betonméretek (keresztmetszet) és anyagminőségek mellett keressük a szükséges acélbetétek mennyiségét. A feladat megoldása során három eset lehetséges:

- A feladat nyomott acélbetét nélkül megoldható,
egyszeresen vasalt tartó
- A feladat csak nyomott acélbetéttel oldható meg,
kétszeresen vasalt tartó
- A feladat nem oldható meg a kiindulási adatokkal.
 $N_s > N_c$

A fenti megoldási lehetőségek a számítás menetét is meghatározzák. Ennek megfelelően az első lépés mindig annak megállapítása, hogy a feladat nyomott acélbetét nélkül megoldható-e.

3. Példa: Vasbeton gerenda ellenőrzése hajlításra



Anyagi jellemzők:

Beton: C40/50

Betonacél: B60.50

$$f_{ck} := 40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 26.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kengyel: B38.24

Terhek: $g := 3.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ önsúly

$q := 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ hasznos teher

Geometriai adatok:

$L := 6.0\text{m}$ szabad nyílás
 $t := 30\text{cm}$ feltámaszkodás hossza
 $b := 300\text{mm}$ gerenda szélessége
 $h := 500\text{mm}$ gerenda magassága

$c := 20\text{mm}$ betonfedés
 $\phi_h := 20\text{mm}$ húzott acélbetét átmérője
 $\phi_{ny} := 16\text{mm}$ nyomott acélbetét átmérője
 $\phi_k := 10\text{mm}$ kengyel átmérője
 $\delta := 10\text{mm}$ acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása

$$A_s := 10 \cdot \frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4} \quad A_s = 3142 \text{ mm}^2$$

húzott acélbetétek keresztmetszeti területe

$$A'_s := 3 \cdot \frac{\phi_{ny}^2 \cdot \pi}{4} \quad A'_s = 603 \text{ mm}^2$$

nyomott acélbetétek keresztmetszeti területe

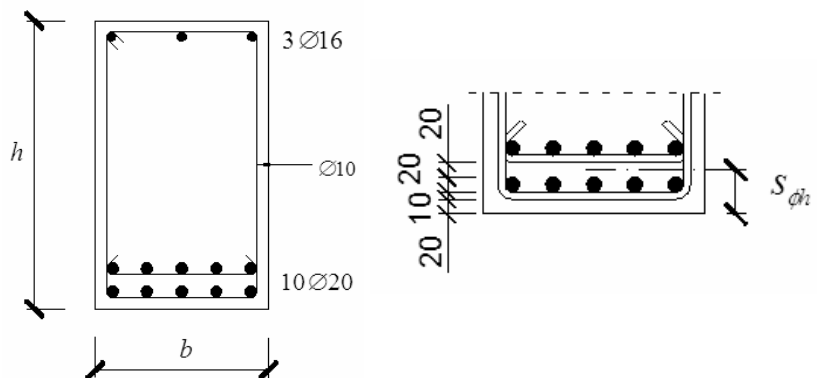
Elméleti támaszköz: $a_1 := \min\left(\frac{h}{2}, \frac{t}{2}\right)$ $a_1 = 15 \text{ cm}$ $a_2 := a_1$ $L_{\text{eff}} := L + a_1 + a_2$ $L_{\text{eff}} = 6.3 \text{ m}$

Mértékadó igénybevétel kiszámítása: $\gamma_G := 1.5$ állandó teher biztonsági tényezője
 $\gamma_Q := 1.5$ esetleges teher biztonsági tényezője

$$M_{Ed} := \frac{(\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) \cdot L_{\text{eff}}^2}{8} \quad M_{Ed} = 400 \text{ kNm}$$

Hasznos magasság:

Több sorban elhelyezett acélbetétek esetén az acélbetétek súlyvonalára és a húzott szélső szál közötti távolságot kell kivonni a teljes magasságból, így kapható meg a hasznos magasság.



Acélbetétek súlyvonalának távolsága a húzott szélső száltól:

$$s_{\phi h} := \frac{5 \cdot \phi_h \cdot \left(c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta\right) + 5 \cdot \phi_h \cdot \left(c + \phi_k + \phi_h + \phi_h + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta\right)}{5 \cdot \phi_h + 5 \cdot \phi_h}$$

$$d := h - s_{\phi h} \quad d = 425 \text{ mm}$$

$$d' := c + \phi_k + \frac{\phi_{ny}}{2} + 10\text{mm} \quad d' = 48 \text{ mm}$$

Vetületi egyenlet felírása - nyomott betonöv magasságának meghatározása:

$$F_c + F'_s := F_s$$
$$b \cdot x_c \cdot f_{cd} + A'_s \cdot f_{yd} := A_s \cdot f_{yd}$$
$$x_c := \frac{(A_s - A'_s) \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_c = 138 \text{ mm}$$

Ellenőrzés, hogy az acél megfolyik-e:

Húzott acél

$$\xi_c := \frac{x_c}{d} \quad \xi_c = 0.325$$

$$\xi_{co} := \frac{560}{700 + f_{yd}} \quad \xi_{co} = 0.493$$

$$\xi_c < \xi_{co} \quad \text{a húzott acél megfolyik}$$

Nyomott acél

$$\xi'_c := \frac{x_c}{d'} \quad \xi'_c = 2.874$$

$$\xi'_{co} := \frac{560}{700 - f_{yd}} \quad \xi'_{co} = 2.111$$

$$\xi'_c > \xi'_{co} \quad \text{a nyomott acél megfolyik}$$

Határmomaték kiszámítása:

$$M_{Rd} := F_c \cdot z + F'_s \cdot z'$$

$$z := d - \frac{x_c}{2} \quad z = 356 \text{ mm}$$

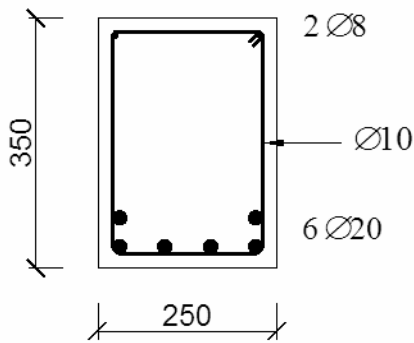
$$z' := d - d' \quad z' = 377 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := b \cdot x_c \cdot f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A'_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') \quad M_{Rd} = 491.8 \text{ kNm}$$

Ellenőrzés

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.813 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} < 1 \quad \text{Tehát megfelel.}$$

4. Példa: Határozzuk meg az alábbi keresztmetszet határnyomatékát:



Anyagi jellemzők:

Beton: C25/30

Betonacél: B60.50

$$f_{ck} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kengyel: B38.24

Geometriai jellemzők:

$b := 250\text{mm}$	keresztmetszet szélessége	$\phi_h := 20\text{mm}$	húzott acélbetét átmérője
$h := 350\text{mm}$	keresztmetszet magassága	$\phi_{sz} := 8\text{mm}$	szerelő vas átmérője
$c := 20\text{mm}$	betonfedés	$\phi_k := 10\text{mm}$	kengyel átmérője
$A_s := 6 \cdot \frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4}$		$\delta := 10\text{mm}$	acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása
$A_s = 1885\text{mm}^2$			Húzott acélbetétek keresztmetszeti területe
$A'_s := 0$	csak szerelő vas van		

Acélbetétel súlyvonalának távolsága a húzott szélső száltól:

$$s_{\phi h} := \frac{4 \cdot \phi_h \cdot \left(c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta \right) + 2 \cdot \phi_h \cdot \left(c + \phi_k + \phi_h + \phi_h + \frac{\phi_h}{2} + \delta \right)}{6 \cdot \phi_h} \quad s_{\phi h} = 63.3\text{ mm}$$

$$d := h - s_{\phi h} \quad d = 286.7\text{ mm}$$

Vetületi egyensúly (feltételezve, hogy a húzott acélok megfolynak)

$$F_c := F_s \quad \rightarrow \quad x_c \cdot b \cdot f_{cd} := A_s \cdot f_{yd} \quad x_c := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_c = 196.7\text{ mm}$$

Ellenőrzés, hogy az acélok megfolynak-e:

$$\xi_c := \frac{x_c}{d} \quad \xi_c = 0.686 \quad \xi_{c0} := \frac{560}{f_{yd} \cdot \left(\frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right) + 700} \quad \xi_{c0} = 0.493$$

$\xi_c > \xi_{c0}$ az acél nem folyik meg, rugalmas állapotban van, ezért a vetületi egyenletet módosítani kell.

Módosított vetületi egyenlet:

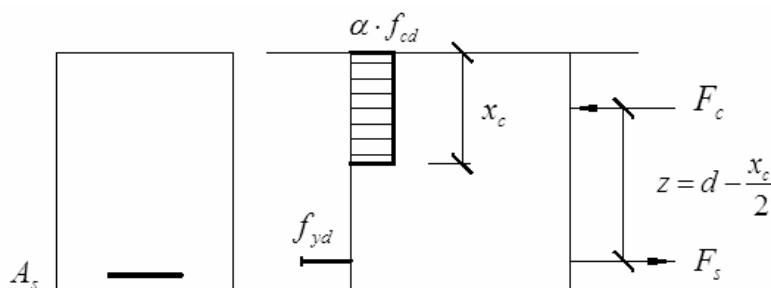
$$\sigma_{s,\text{red}} \leq f_{yd} \quad \sigma_{s,\text{red}} := \frac{560}{x_c} \cdot d - 700 \quad f_{yd} := \frac{x_c \cdot b \cdot f_{cd}}{A_s} \quad \rightarrow \quad x_c \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd} := A_s \left(\frac{560}{x_c} \cdot d - 700 \right)$$

$$\text{felhasználva, hogy } x_c := \xi_c \cdot d \rightarrow \xi_c \cdot d \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd} := A_s \left(\frac{560}{\xi_c} - 700 \right) \rightarrow \xi_c^2 + \frac{700 \cdot A_s}{b \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{cd}} \cdot \xi_c - \frac{560 \cdot A_s}{b \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{cd}} := 0$$

A másodfokú egyenlet megoldóképletének felhasználásával: $\xi_{c1} = 0.538$ $\xi_{c2} = -1.643$ nem megoldás

Határnyomaték számítása:

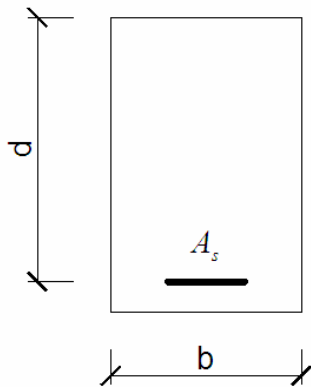
$$x_c := \xi_{c1} \cdot d \quad x_c = 154.2\text{ mm}$$



$$M_{Rd} := x_c \cdot b \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$M_{Rd} = 134.7\text{ kNm}$$

5. Példa: Hajlított négyszög keresztmetszet szabad tervezése:



Anyagi jellemzők:

Beton: C25/30

$$f_{ck} := 25 \frac{N}{mm^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16.7 \frac{N}{mm^2}$$

Kengyel: B38.24

$$\phi_k := 10mm$$

Betonacél: B38.24

$$f_{yk} := 240 \frac{N}{mm^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 209 \frac{N}{mm^2}$$

Igénybevétel: $M_{Ed} := 1500kNm$

Betonfedés: $c := 20mm$

Keressük: b, d, A_s, x_c

Feltevés: $\xi_c := 0.4 \quad (\xi_c < \xi_{c0}) \quad \eta := \frac{b}{d} \quad \eta := 1.5$

Nyomatéki egyenletből kifejezhető "d":

$$d := \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot M_{Ed}}{f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2}\right)}} \quad d = 750 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad b := \frac{d}{1.5} \quad b = 500 \text{ mm} \quad b_{alk} := 500 \text{ mm}$$

$$x_c := \xi_c \cdot d \quad x_c = 300 \text{ mm}$$

Vetületi egyenletből meghatározható A_s :

$$A_s := \frac{x_c \cdot b \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \quad A_s = 11979 \text{ mm}^2$$

Alkalmazott vasalás: 12 db $\phi 36 \quad \phi_a := 36mm \quad A_s := 12 \cdot \frac{\phi_a^2 \cdot \pi}{4} \quad A_s = 12215 \text{ mm}^2$

A 12 szál betonacélt két sorban helyezzük el:

1 sorban elfér-e 6 db?

$$6 \cdot 36mm + 5 \cdot 36mm + 2 \cdot 12mm + 2 \cdot 20mm = 460 \text{ mm} < 500 \text{ mm} \quad \text{Tehát elfér.}$$

"d" újraszámolva:

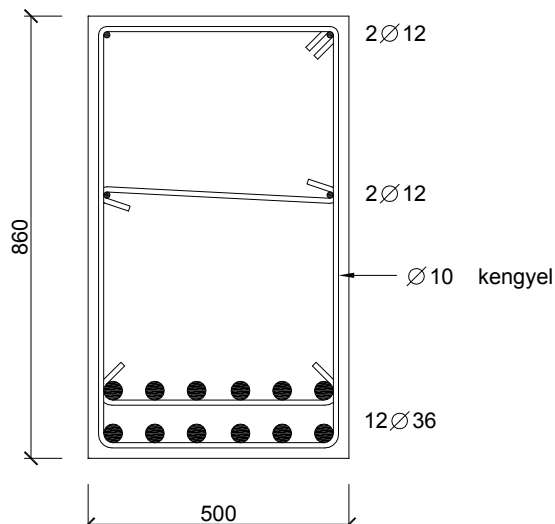
Acélbetétek súlypontjának kiszámítása: $\delta := 10mm$

$$s_{\phi h} := \frac{6 \cdot \phi_a \cdot \left(c + \phi_k + \frac{\phi_a}{2} + \delta\right) + 2 \cdot \phi_a \cdot \left(c + \phi_k + \phi_a + \phi_a + \phi_k + \frac{\phi_a}{2} + \delta\right)}{6 \cdot \phi_a} \quad s_{\phi h} = 104.7 \text{ mm}$$

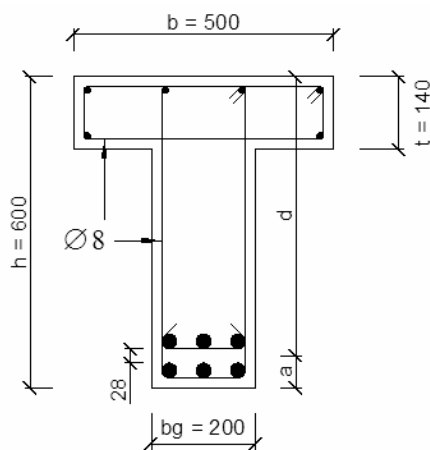
Szükséges "h" magasság kiszámítása:

$$h_{szüks} := d + s_{\phi h} \quad h_{szüks} = 854.7 \text{ mm} \quad h_{alk} := 860 \text{ mm} \quad \text{A kerekítést célszerű 10 mm-re pontosan elvégezni.}$$

A keresztmetszet felrajzolása:



6. Példa: Ellenőrizzük az adott "T" keresztmetszetet:



Anyagi jellemzők:

Beton: C25/30

$$f_{ck} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Betonacél: B60.50

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\xi_{c0} := 0.49$$

$$\xi'_{c0} := \frac{560}{700 - f_{yd}} \quad \xi'_{c0} = 2.11$$

Kengyel: B38.24

Mértékadó igénybevétel: $M_{Ed} := 400 \text{ kNm}$

Geometriai jellemzők:

$b_g := 200 \text{ mm}$	bordá szélessége	$h := 600 \text{ mm}$	tartó magassága
$b := 500 \text{ mm}$	fejlemez szélessége	$c := 20 \text{ mm}$	betonfedés
$t := 140 \text{ mm}$	fejlemez vastagsága	$\phi_h := 28 \text{ mm}$	húzott acélbetét átmérője
$\delta := 10 \text{ mm}$	kedvezőtlen elmozdulás	$\phi_k := 8 \text{ mm}$	kengyel átmérője

$$A_s := 4 \cdot \frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A_s = 2463 \text{ mm}^2$$

Húzott acélbetétek keresztmetszeti területe

$$A'_s := 0$$

csak szerelő vasalás van

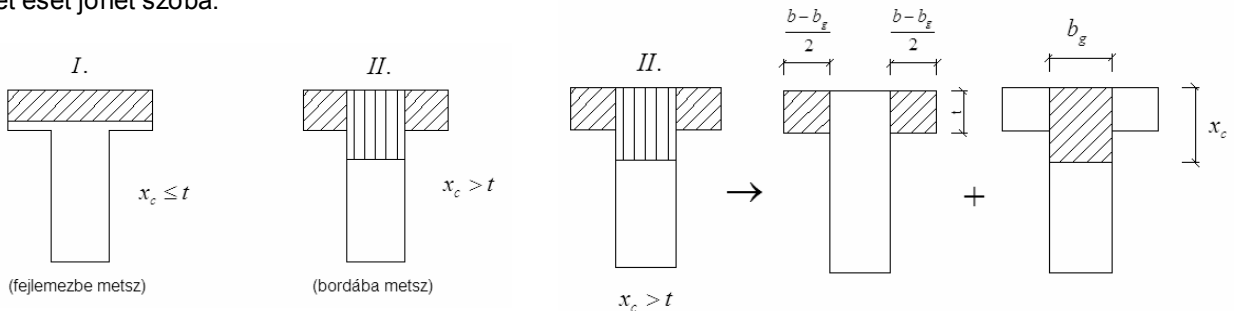
$$d := h - c - \phi_k - \phi_h - \frac{\phi_h}{2} + \delta \quad d = 540 \text{ mm}$$

A számítás menete:

x_c meghatározása:

két eset jöhet szóba:

ha a nyomott öv a bordába metsz, a számítás a következő:



I. a nyomott öv nem metsz bele a bordába (fejlemezbe metsz)

II. a nyomott öv a bordába metsz

A számítás során először feltételezzük, hogy a fejlemezbe metsz.

$$\text{Vetületi egyenlet: } F_c := F_s \quad \rightarrow \quad b \cdot x_c \cdot f_{cd} := A_s \cdot f_{yd} \quad \rightarrow \quad x_c := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_c = 129 \text{ mm}$$

$$x_c > t := 140 \text{ mm}$$

A feltételezés nem volt helyes, tehát a bordába metsz.

Egyenlet újra felírása:

$$\left[(b - b_g) \cdot t + b_g \cdot x_c \right] \cdot f_{cd} := A_s \cdot f_{yd} \quad \rightarrow \quad x_c := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b_g \cdot f_{cd}} - \frac{(b - b_g) \cdot t}{b_g} \quad x_c = 111 \text{ mm}$$

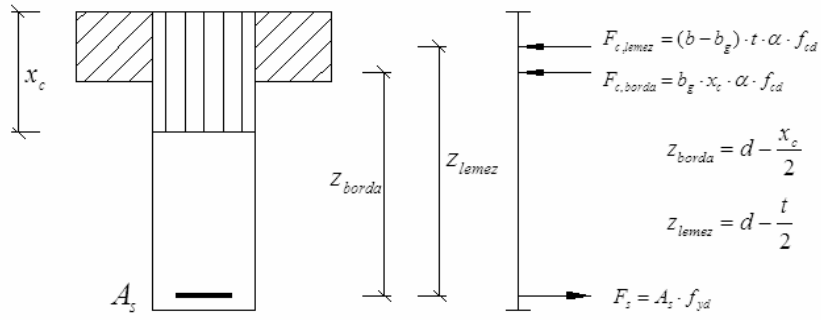
Ellenőrzés:

$$\xi_c := \frac{x_c}{d}$$

$$\xi_c = 0.21 < \xi_{c0} = 0.49$$

Tehát az acélbetétek folyási állapotban vannak.

Határyomaték számítása:

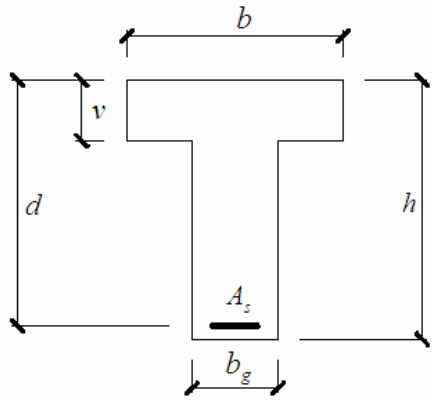


$$M_{Rd} := (b - b_g) \cdot t \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) + b_g \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \quad M_{Rd} = 508.6 \text{ kNm}$$

Ellenőrzés:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.786 \quad \text{Tehát a keresztmetszet megfelel.}$$

7. Példa: T keresztmetszetű tartó szabad tervezése



Anyagi jellemzők:

Beton: C24/30

$$f_{ck} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Igénybevétel: $M_{Ed} := 400 \text{ kNm}$

Betonacél: B60.50

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Geometriai jellemzők:

$b := 500 \text{ mm}$ fejlemez szélessége

$b_g := 200 \text{ mm}$ borda szélessége

$v := 140 \text{ mm}$ fejlemez vastagsága

$c := 20 \text{ mm}$ betonfedés

Tervezési feltevések:

$$\xi_c := 0.2$$

A nyomott öv a fejlemezben van.

Számítás menete:

$$d := \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2}\right)}} \quad d = 527.046 \text{ mm}$$

$x_c := \xi_c \cdot d \quad x_c = 105.4 \text{ mm} \quad x_c < v$ a nyomott öv a fejlemezben marad, a feltételezés helyes volt.

$$A_s := \frac{x_c \cdot b \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \quad A_s = 1940 \text{ mm}^2$$

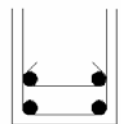
Alkalmazott vasalás: 4 db $\phi 25$ $\phi_{h.alk} := 25 \text{ mm}$ $\phi_{k.alk} := 10 \text{ mm}$

$$A_{s,eff} := 4 \cdot \frac{\phi_{h.alk}^2 \cdot \pi}{4} \quad A_{s,eff} = 1963 \text{ mm}^2$$

A vasalás elfér-e egy sorban?

$$2 \cdot c + 2 \cdot \phi_{k.alk} + 4 \cdot \phi_{h.alk} = 260 \text{ mm} > b_g = 200 \text{ mm} \text{ Tehát egy sorban nem fér el.}$$

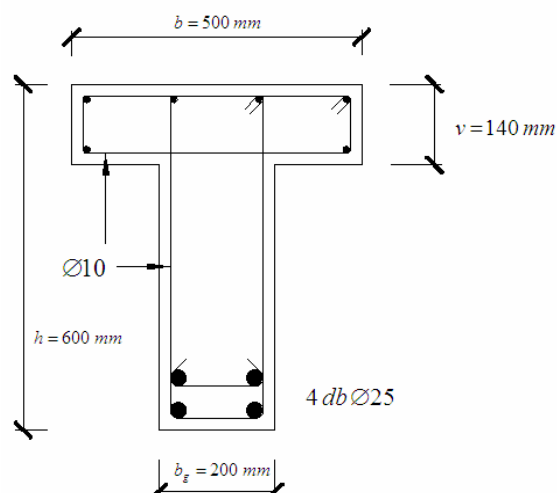
A vasalást két sorban kell elhelyezni, soronként 2-2 acélbetéttel.



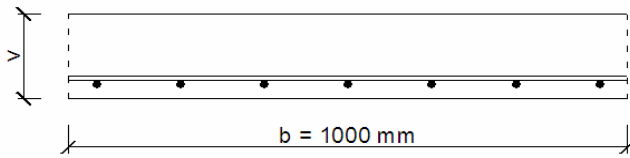
Hasznos magasság újraszámítása:

$$h := d + \left(c + \phi_{k.alk} + \phi_{h.alk} + \frac{\phi_{h.alk}}{2} \right) \quad h = 595 \text{ mm} \quad \text{Alkalmazott tartómagasság: } h_{alk} := 600 \text{ mm}$$

A felrajzolt keresztmetszet:



8. Példa: Lemez szabad tervezése



Betonacél: B60.50

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 200 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

A lemez 1 m - es szakaszát vizsgáljuk: $b := 1000\text{mm}$

Hasznos magasság és vasmenyiség meghatározása:

$$M_{Ed} = M_{Rd} = b \cdot \xi_c \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{\xi_c}{2} \right)$$

$\xi_c := 0.2$ (feltételezés) Ne legyen a keresztmetszet teljesen kihasználva.

$$d := \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right)}} \quad d = 112.5 \text{ mm}$$

$$x_c := \xi_c \cdot d \quad x_c = 22.5 \text{ mm} \quad A_s := \frac{x_c \cdot b \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \quad A_s = 862.9 \text{ mm}^2$$

Alkalmazott vasalás: (érdemes megnézni többféle vasalási sémát is)

1. típus: $\phi 12/100$ $A_{s,1} := 1131 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

2. típus: $\phi 14/140$ $A_{s,2} := 1100 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

3. típus: $\phi 16/180$ $A_{s,3} := 1117 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Alkalmazzuk a 2. típust. $\phi_{alk} := 14\text{mm}$ $A_s := A_{s,2}$

A lemez szükséges vastagsága:

$\delta := 10\text{mm}$ acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása

$$a := c + \frac{\phi_{alk}}{2} + 10\text{mm} \quad a = 37 \text{ mm}$$

$$h := a + d \quad h = 150 \text{ mm}$$

alkalmazott "h" magasság: $h_{alk} := 150\text{mm}$

Elosztó vasalás:

$$0.2 \cdot A_s = 220 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Ellenőrzés:

A tervezett elosztó vasalás: $\phi 8/200$ $A_{s,elosztó} := 251.5 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$A_{s,elosztó} = 251.5 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} > 220 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ Tehát megfelel.

Anyagjellemzők:

Beton: C25/30

$$f_{ck} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

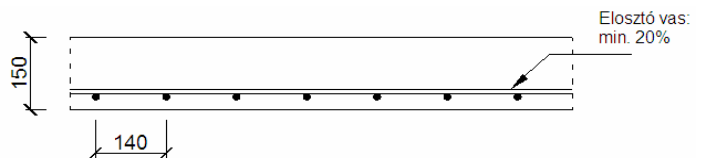
$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 16.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 2.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{c,eff} := 9.83 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

Betonfedés: $c := 20\text{mm}$

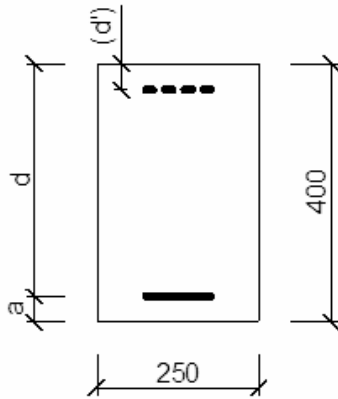
Igénybevétel: $M_{Ed} := 38\text{kNm}$

A nyomaték a lemez 1 méterére vonatkozik ($M_{Ed} = 38 \text{ kNm/m}$).



Elosztó vas:
min. 20%

9. Példa: Vasbeton keresztmetszet kötött tervezése I.



Anyagi jellemzők:

Beton: C20/25

$$f_{ck} := 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 13.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 2.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Betonacél: B60.50

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\xi_{co} := \frac{560}{700 + f_{yd}} \quad \xi_{co} = 0.493$$

Geometriai adatok:

$$b := 250 \text{ mm}$$

keresztmetszet szélessége

$$\phi_h := 20 \text{ mm}$$

húzott acélok átmérője

$$h := 400 \text{ mm}$$

keresztmetszet magassága

$$\phi_k := 10 \text{ mm}$$

kengyel átmérője

$$c := 20 \text{ mm}$$

betonfedés

$$\delta := 10 \text{ mm}$$

acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása

Mértékadó nyomaték: $M_{Ed} := 120 \text{ kNm}$

Keressük: $A_s, (A'_s)$

Feltételek:

A húzott acélt szilárdságilag használjuk ki. Akkor tudjuk kihasználni, ha $\xi_c \leq \xi_{co}$

A számítás menete:

Vasalás adatainak felvétele (ez később a kapott eredmények szemléletében módosítandó):

$$d := h - \left(c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta \right) \quad d = 350 \text{ mm}$$

Nyomatéki egyenletből x_c meghatározása:

$$M_{Rd} := M_{Ed} \rightarrow M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$x_c := \xi_c \cdot d \rightarrow M_{Rd} = b \cdot \xi_c \cdot d \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{\xi_c \cdot d}{2} \right)$$

$$b \cdot \xi_c \cdot d^2 \cdot f_{cd} - \frac{b \cdot \xi_c^2 \cdot d^2 \cdot f_{cd}}{2} - M_{Rd} = 0$$

$$\xi_c^2 - 2 \cdot \xi_c + 2 \cdot \frac{M_{Rd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0$$

$$\xi_c := \text{Find}(\xi_c) \quad \xi_c = 0.358$$

$$x_c := \xi_c \cdot d \quad x_c = 125.278 \text{ mm} \quad \frac{\xi_c}{\xi_{co}} = 0.725 \quad \xi_c < \xi_{co} \quad \text{Tehát a húzott acél megfolyik.}$$

Vetületi egyenletből a szükséges acélmennyiség kiszámítása:

$$F_c := F_s \rightarrow x_c \cdot b \cdot f_{cd} := A_s \cdot f_{yd} \quad A_s := \frac{x_c \cdot b \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \quad A_s = 960 \text{ mm}^2$$

A vasalást a megfelelő szerkesztési szabályok betartásával kell kiosztani.

Szerkesztési szabályok teljesülésének ellenőrzése:

$$\text{Minimális vasalás:} \quad A_{s,\min} := \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d, 0.0013 \cdot b \cdot d \right) \quad A_{s,\min} = 113.75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maximális vasalás:} \quad A_c := b \cdot h \quad A_c = 100000 \text{ mm}^2 \quad A_{s,\max} := 0.04 \cdot A_c \quad A_{s,\max} = 4000 \text{ mm}^2$$

Alkalmazott vasalás: 4 db $\phi 18$ $\phi_{h.alk} := 18\text{mm}$ $\phi_{k.alk} := 10\text{mm}$

$$A_{s.alk} := 4 \cdot \frac{\phi_{h.alk}^2 \cdot \pi}{4} \quad A_{s.alk} = 1018 \text{ mm}^2$$

Elfér-e a tervezett vasalás egy sorban?

Acélbetétek minimális távolsága: $a_{\min} := \max(\phi_{h.alk}, 20\text{mm})$ $a_{\min} = 20 \text{ mm}$

$c \cdot 2 + \phi_{k.alk} \cdot 2 + \phi_{h.alk} \cdot 4 + 3 \cdot a_{\min} = 192 \text{ mm} < b = 250 \text{ mm}$ a vasak egy sorban elhelyezhetők.

Ellenőrzés:

$\phi_{h.alk} = 18 \text{ mm}$ $\phi_{k.alk} = 10 \text{ mm}$

Változott adatok kiszámítása a tervezett keresztmetszet alapján:

$$d_{alk} := h - \left(c + \phi_{k.alk} + \frac{\phi_{h.alk}}{2} + 10\text{mm} \right) \quad d_{alk} = 351 \text{ mm}$$

A vetületi egyenletből kifejezzük $x_c - t$:

$$f_{cd} \cdot x_c \cdot b = A_s \cdot f_{yd} \quad \rightarrow \quad x_c := \frac{A_{s.alk} \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_c = 132.8 \text{ mm}$$

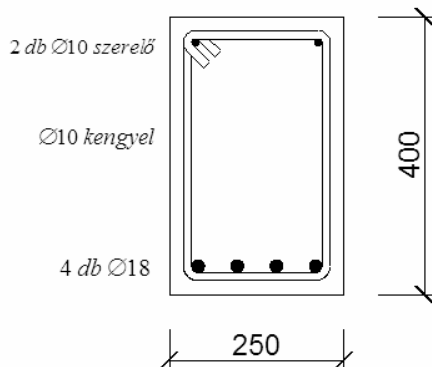
$$\frac{x_c}{d_{alk}} = 0.378 \quad \xi_{co} := \frac{560}{700 + f_{yd}} \quad \xi_{co} = 0.493 \quad \text{A húzott acél folyási állapotban van.}$$

A nyomatéki egyenlet felhasználásával meghatározzuk a nyomatéki teherbírást:

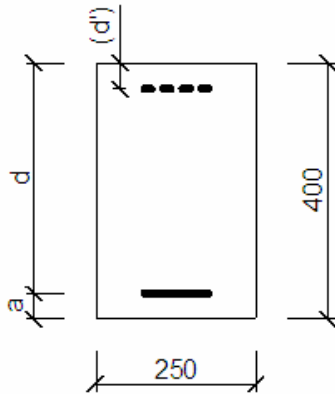
$$M_{Rd} := f_{cd} \cdot b \cdot x_c \cdot \left(d_{alk} - \frac{x_c}{2} \right) \quad M_{Rd} = 126 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 120 \text{ kNm} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.953 \quad \text{Tehát megfelel.}$$

A keresztmetszet felrajzolása:



10. Példa: Vasbeton keresztmetszet kötött tervezése II.



Anyagi jellemzők:

Beton: C20/25

$$f_{ck} := 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 13.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 2.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Betonacél: B60.50

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\xi_{co} := \frac{560}{700 + f_{yd}} \quad \xi_{co} = 0.493$$

Geometriai adatok:

$b := 250 \text{ mm}$	keresztmetszet szélessége
$h := 400 \text{ mm}$	keresztmetszet magassága
$c := 20 \text{ mm}$	betonfedés

$$\phi_h := 20 \text{ mm}$$

húzott acélok átmérője

$$\phi_{ny} := 16 \text{ mm}$$

nyomott acélok átmérője

$$\phi_k := 10 \text{ mm}$$

kengyel átmérője

$$\delta := 10 \text{ mm}$$

acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása

Mértékadó nyomaték: $M_{Ed} := 180 \text{ kNm}$

Keressük: $A_s, (A'_s)$

Feltételek:

A húzott acélt szilárdságilag használjuk ki. Akkor tudjuk kihasználni, ha $\xi_c \leq \xi_{co}$

A számítás menete:

Vasalás adatainak felvétele (ez később a kapott eredmények szemléletében módosítandó):

$$d := h - \left(c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} + \delta \right) \quad d = 350 \text{ mm}$$

$$d' := c + \phi_k + \frac{\phi_{ny}}{2} + \delta \quad d' = 48 \text{ mm}$$

Nyomatéki egyenletből x_c meghatározása:

$$M_{Rd} := M_{Ed} \rightarrow M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$x_c := \xi_c \cdot d \rightarrow M_{Rd} = b \cdot \xi_c \cdot d \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{\xi_c \cdot d}{2} \right)$$

$$b \cdot \xi_c \cdot d^2 \cdot f_{cd} - \frac{b \cdot \xi_c^2 \cdot d^2 \cdot f_{cd}}{2} - M_{Rd} = 0$$

$$\xi_c^2 - 2 \cdot \xi_c + 2 \cdot \frac{M_{Rd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0$$

$$\xi_c := \text{Find}(\xi_c) \quad \xi_c = 0.656$$

$$x_c := \xi_c \cdot d \quad x_c = 230 \text{ mm} \quad \frac{\xi_c}{\xi_{co}} = 1.329 \quad \xi_c < \xi_{co}$$

Tehát a húzott acél nem folyik meg, nyomott acélbetétet is kell alkalmazni.

M_0 nyomaték bevezetése:

Az M_0 nyomaték az a maximális nyomaték, melyet a keresztmetszet nyomott vasalás nélkül elvisel úgy, hogy a húzott acél megfolyik.

$$\text{Az } M_0 \text{ az } x_c = x_{co} \text{ - hoz tartozó nyomaték} \quad M_0 := b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right)$$

$$\xi_{co} = 0.493$$

$$x_{co} := \xi_{co} \cdot d \quad x_{co} = 173 \text{ mm}$$

$$M_0 := b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) \quad M_0 = 151.8 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Rd}}{M_0} = 1.186 \quad \text{Ha } \frac{M_{Rd}}{M_0} > 1 \quad \text{nyomott acélbetétet is kell alkalmazni.}$$

$$\text{Ha } \frac{M_{Rd}}{M_0} \leq 1 \quad \text{nem kell nyomott acélbetétet alkalmazni.}$$

Tehát nyomott acélbetétet is kell alkalmazni, mert $\frac{M_{Rd}}{M_0} = 1.186$

Nyomatéki teherbírás számítása:

$$M_{Rd} := M_0 + \Delta M \quad \Delta M - \text{a nyomott acélbetéhez tartozó nyomaték}$$

$$M_{Rd} := M_{Ed}$$

$$M_0 := b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) \quad M_0 = 151.8 \text{ kNm}$$

$$\Delta M := A'_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') \quad \rightarrow \quad A'_s := \frac{M_{Rd} - M_0}{f_{yd} \cdot (d - d')} \quad A'_s = 215 \text{ mm}^2$$

A húzott acélok szükséges keresztmetszeti területe a vetületi egyenletből:

$$b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} + A'_s \cdot f_{yd} = 0 \quad \rightarrow \quad A_s := \frac{b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} - A'_s \cdot f_{yd}}{f_{yd}} \quad A_s = 1545 \text{ mm}^2$$

Alkalmazott vasmenyiségek:

$$A'_s = 215 \text{ mm}^2 \quad A'_{s,alk} := 402 \text{ mm}^2 \quad 2 \phi 16 \quad \phi_{ny,alk} := 16 \text{ mm}$$

$$A_s = 1545 \text{ mm}^2 \quad A_{s,alk} := 1571 \text{ mm}^2 \quad 5 \phi 20 \quad \phi_{h,alk} := 20 \text{ mm}$$

A vasmenyiségekre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A húzott vasalás minimális mennyisége:

$$A_{s,min} := \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d, 0.0013 \cdot b \cdot d \right) \quad A_{s,min} = 113.75 \text{ mm}^2 \quad A_s > A_{s,min} \quad \text{Tehát megfelel.}$$

Az összes hosszvasalás megengedett legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,max} := 0.04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$A_s + A'_s = 1760 \text{ mm}^2 \quad A_s + A'_s < A_{s,max} \quad \text{Tehát megfelel.}$$

Vasak közti minimális távolság:

$$a_{min} := \max(\phi_h, 20 \text{ mm}) \quad a_{min} = 20 \text{ mm}$$

Elfér - e egy sorban a húzott vasalás?

$$c + \phi_k + 5 \cdot \phi_{h,alk} + 4 \cdot a_{min} + \phi_k + c = 240 \text{ mm} \quad b = 250 \text{ mm} \quad \text{Tehát elfér.}$$

A vasbeton keresztmetszet ellenőrzése:

Hasznos magasság újraszámolása:

$$d_{alk} := h - c - \phi_k - \frac{\phi_{h,alk}}{2} - \delta \quad d = 350 \text{ mm}$$

$$d'_{alk} := c + \phi_k + \frac{\phi_{ny,alk}}{2} + \delta \quad d'_{alk} = 48 \text{ mm}$$

x_c kifejezése a vetületi egyenletből:

$$b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} - A_{s,alk} \cdot f_{yd} + A'_{s,alk} \cdot f_{yd} = 0$$

$$x_c := \text{Find}(x_c) \quad x_c = 152.478 \text{ mm}$$

$$\xi_c := \frac{x_c}{d_{alk}} \quad \xi_c = 0.436 \quad \xi_{co} := \frac{560}{700 + f_{yd}} \quad \xi_{co} = 0.493 \quad \xi_c < \xi_{co}$$

Tehát a húzott acélok folyási állapotban vannak.

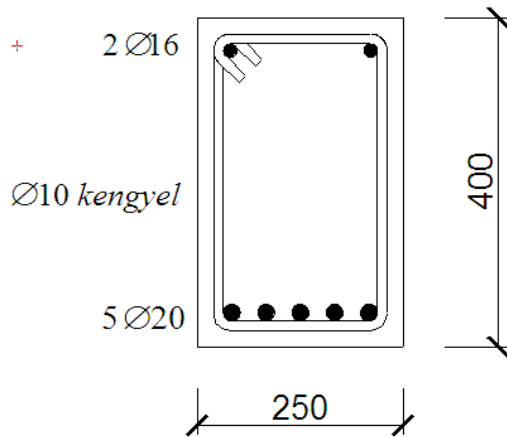
$$\xi'_c := \frac{x_c}{d'_{alk}} \quad \xi'_c = 3.177 \quad \xi'_{co} := \frac{560}{700 - f_{yd}} \quad \xi'_{co} = 2.11 \quad \xi'_c > \xi'_{co} \quad \text{Tehát a nyomott acélok folyási állapotban vannak.}$$

A nyomatéki egyenlettel meghatározzuk a nyomatéki teherbírást:

$$M_{Rd.alk} := b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{alk} - \frac{x_c}{2} \right) + A'_{s.alk} \cdot f_{yd} \cdot (d_{alk} - d'_{alk}) \quad M_{Rd.alk} = 191.9 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd.alk}} = 0.938 \quad \text{Tehát megfelel.}$$

A keresztmetszet felrajzolása:



3. Vasbeton tartók nyírásvizsgálata

A nyírási teherbírás megfelelő, ha a következő követelmények mindegyike egyidejűleg teljesül:

A keresztmetszet nyírási teherbírására vonatkozóan:

$$\min(V_{Ed}, V_{Ed,red}) \leq V_{Rd,s}$$

A beton (nyírásból származó) ferde nyomási teherbírására vonatkozóan:

$$V_{Ed} < V_{Rd,max}$$

A fenti összefüggésekben:

V_{Ed} a külső terhekből és terhelő hatásokból a statikai vázon létrejött nyíróerő tervezési értéke

$V_{Ed,red}$ a külső terhekből és terhelő hatásokból meghatározott nyíróerő tervezési értéke, mely tartalmazza:

Az axiális igénybevételek tangenciális összetevőinek nyíróerőt módosító hatását

A tartószerkezet ellentétes oldalán működő terhelés és megtámasztás közötti „ívhatást”.

$V_{Rd,s}$ a méretezett nyírási vasalással ellátott keresztmetszet nyírási teherbírása

$V_{Rd,max}$ a beton ferde nyomási teherbírása alapján számított nyírási teherbírás

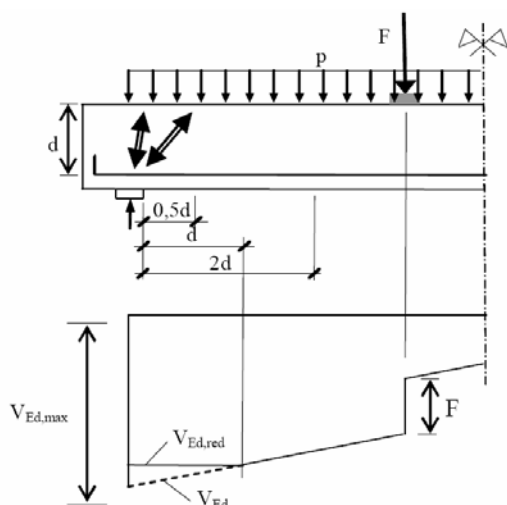
A keresztmetszetben csak minimális (nem méretezett) nyírási vasalást kell elhelyezni, ha:

$$\min(V_{Ed}, V_{Ed,red}) \leq V_{Rd,c}$$

Ahol:

$V_{Rd,c}$ a méretezett nyírási vasalás nélküli keresztmetszet nyírási teherbírása

A megtámasztás közvetlen környezetében kialakuló közvetlen teherátadás (redukció)



xxx ábra: az $a_v < 2 \cdot d$ szakaszon belül csak megoszló teher működik

Amennyiben a teher a szerkezetnek az alátámasztással ellentétes oldalán működik (pl. konzol), továbbá a támasz szélétől $a_v \leq 2 \cdot d$ távolságon belül csak megoszló teher hat, akkor megengedett, hogy a támasz tengelyétől d

távolságon belül a $V_{Ed,red}$ redukált nyíróerő diagramját az xxx ábra szerint vegyük fel. Ez az eljárás akkor alkalmazható, ha a vizsgált keresztmetszetben lévő hosszvasalás a támasz mögött megfelelően le van horgonyozva.

A méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszetek nyírási teherbírása

A méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírását ($V_{Rd,c}$) a nyomott zóna nyírási teherbírása biztosítja. A keresztmetszet nyírási teherbírása – ha hajlítási repedések lépnek fel – a következőképpen számítható:

$$V_{Rd,c} = \max \left[\left(\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d \right. \\ \left. \left(v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d \right]$$

Ahol:

f_{ck} beton karakterisztikus szilárdsága [N/mm²]

$$k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, 2,0 \right] \quad \text{melyben } d \text{ mm – ben értendő}$$

$$\rho_{\lambda} = \min \left[\frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}, 0,02 \right]$$

A_{sl} a vizsgált keresztmetszetben megfelelően lehorgonyzott hosszvasalás keresztmetszeti területe, melybe a tapadásos feszítőbetét is beszámítható

b_w a keresztmetszet legkisebb szélessége a húzott zónában

$$\sigma_{cp} = \min \left[\frac{N_{Ed}}{A_c}, 0,2 \cdot f_{cd} \right] \quad \sigma_{cp} \text{ értékét } \text{N/mm}^2 \text{ – ben kell beírni}$$

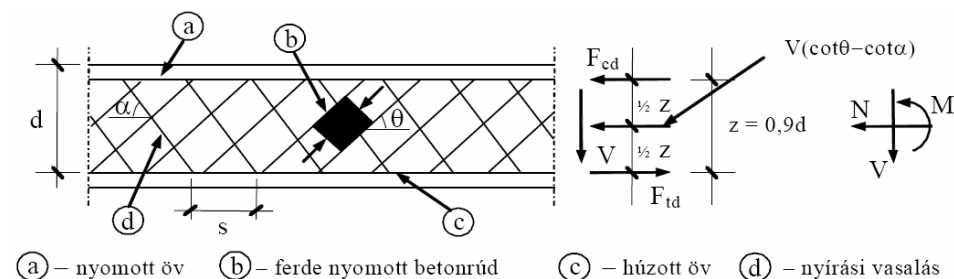
N_{Ed} a vizsgált keresztmetszetben a külső terhekből és a feszítésből származó normálerő tervezési értéke (nyomás esetén pozitív). A terhelő mozgásokból származó normálerő figyelmen kívül hagyható.

A_c a betonkeresztmetszet területe

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

A méretezett nyírási vasalást tartalmazó keresztmetszetek nyírási teherbírása

A méretezett nyírási vasalást tartalmazó keresztmetszetek nyírási teherbírásának számítását a rácsostartó modellen alapuló, változó dőlésű rácsrúd módszere alapján kell elvégezni az alábbi ábrán látható modell alapján:



xxxxx. ábra: a változó dőlésű rácsrúd-módszer modellje

A ferde nyomott betonrudaknak a tartó hossz tengelyével bezárt θ szögét a következő korlátok betartásával úgy célszerű felvenni, hogy a vasalás kialakítása optimális legyen.

$$1,0 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

A beton ferde nyomási teherbírása a következő összefüggéssel számítható:

$$V_{Rd, \max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \alpha}$$

Ahol:

α_{cw} értéke:

1,0 feszítés nélküli szerkezetek esetén

$1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}$ ha $0 < \sigma_{cp} \leq 0,25 \cdot f_{cd}$

$$1,25 \quad \text{ha } 0,25 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0,5 \cdot f_{cd}$$

$$2,5 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) \quad \text{ha } 0,5 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$

- σ_{cp} átlagos nyomófeszültség az ideális keresztmetszeten meghatározva. A támasz szélétől $0,5 \cdot d \cdot \cot \theta$ távolságon belül értékét zérusnak lehet tekinteni.
- b_w a húzott és a nyomott öv közötti legkisebb keresztmetszeti szélesség
- z a belső kar, normálerő (feszítés) nélküli elemek esetén általános esetben $z = 0,9 \cdot d$ érték alkalmazható
- ν hatékonysági tényező, általában: $\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{cd}}{250}\right)$
- α a nyírási vasalás síkjának a tartó hossz tengelyével bezárt szöge. (kengyel esetén $\alpha = 90^\circ$, felhajlítás esetén $\alpha = 45^\circ$.)

A méretezett nyírási vasalást tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása általános esetben a következő összefüggéssel határozható meg:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

Ahol:

- A_{sw} a nyírási vasalás keresztmetszeti területe
- f_{ywd} a nyírási vasalás szilárdságának tervezési értéke
- s kengyeltávolság a tartó hossz tengelye mentén mérve

Feszítés illetve normálerő nélküli esetekben a $\theta = 45^\circ$ felvétele javasolt. Ha a keresztmetszetben normálerő is működik, akkor a tapasztalatok szerint a nyírási repedések (nyomott rácsrudak) hajlása kisebb. Ha a keresztmetszetben egy N normálerő is működik, akkor javasolható például az alábbi megoldás:

ha $N = 0$, akkor $\cot \theta = 1$

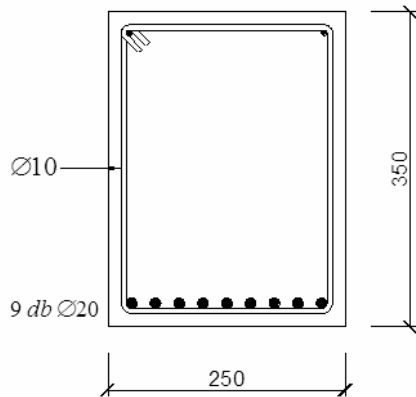
ha $N > \frac{N_{Rl}}{2} = \frac{1}{2} \cdot (A_c \cdot f_{cd} + \sum A_s \cdot f_{yd})$, akkor $\cot \theta = 2,5$

ha $0 < N < \frac{1}{2} \cdot (A_c \cdot f_{cd} + \sum A_s \cdot f_{yd})$, akkor a két szélső érték között a $\cot \theta$ értékét az N

függvényében lineáris interpolációval határozhatjuk meg.

11. Példa: Megoszló terheléssel terhelt kéttámaszú tartó ellenőrzése nyírásra

2 db $\varnothing 10$ szerelő



Anyagi jellemzők:

Beton: C20/25

Betonacél: B 60.50

$$f_{ck} := 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 13.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Betonfedés: $c := 25\text{mm}$

Kengyel: B 38.24 $\varnothing 10$

$$f_{ywk} := 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ywd} := \frac{f_{ywk}}{\gamma_s}$$

$$f_{ywd} = 209 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Terhek:

Önsúly: $g := 80 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_G := 1.35$

Hasznos terhelés: $q := 100 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_Q := 1.5$

Geometriai jellemzők:

$b := 450\text{mm}$	gerenda szélessége	$a := 0.32\text{m}$	felfekvési hossz
$h := 600\text{mm}$	gerenda magassága	$l_{\text{net}} := 3.8\text{m}$	szabad nyílás
$\phi_h := 20\text{mm}$	húzott vas átmérője	$\phi_k := 10\text{mm}$	kengyel átmérője
$\phi_{\text{ny}} := 0$	nincs nyomott vasalás, csak szerelő	$\delta := 10\text{mm}$	acélbetétek kedvezőtlen elmozdulása
$A_c := b \cdot h$	$A_c = 2700 \text{ cm}^2$		beton keresztmetszeti területe
$A_s := 9 \cdot \frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4}$	$A_s = 2827 \text{ mm}^2$		húzott acélbetétek keresztmetszeti területe
$A'_s := 0$			nyomott acélbetétek keresztmetszeti területe
$A_{\text{sw}} := 2 \cdot \frac{\phi_k^2 \cdot \pi}{4}$	$A_{\text{sw}} = 157 \text{ mm}^2$		kengyelek keresztmetszeti területe

Elméleti támaszköz kiszámítása:

$$l_{\text{eff}} := \min\left(1.05 \cdot l_{\text{net}}, l_{\text{net}} + \frac{a}{2} \cdot 2\right) \quad l_{\text{eff}} = 3.99 \text{ m}$$

Hasznos magasság kiszámítása:

$$d := h - c - \phi_k - \frac{\phi_h}{2} - \delta \quad d = 545 \text{ mm}$$

Mértékadó nyíróerő kiszámítása:

$$V_{\text{Ed,max}} := \frac{(g \cdot 1.35 + q \cdot 1.5) \cdot l_{\text{eff}}}{2} \quad V_{\text{Ed,max}} = 514.71 \text{ kN}$$

A támasz szélétől $2d$ távolságban csak megoszló terhelés hat, ezért a nyíróerő redukált értéke:

$$V_{\text{Ed,red}} := V_{\text{Ed,max}} \cdot \frac{\frac{l_{\text{eff}}}{2} - d}{\frac{l_{\text{eff}}}{2}} \quad V_{\text{Ed,red}} = 374.1 \text{ kN}$$

A beton által felvehető nyíróerő meghatározása:

$$V_{Rd.c} := \max \left[\left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_\lambda \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \right. \\ \left. (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right]$$

Ahol: $k := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, 2.0 \right) \quad k = 1.606$

$$\rho_\lambda := \min \left(\frac{A_s}{b \cdot d}, 0.02 \right) \quad \rho_\lambda = 0.012$$

$\sigma_{cp} := 0$ mert $N_{Ed} := 0 \text{ kN}$

$$v_{\min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \quad v_{\min} = 0.319$$

$$V_{Rd.c} := \max \left[\left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_\lambda \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d, (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d \right] \cdot N$$

$V_{Rd.c} = 134.5 \text{ kN} < V_{Ed.red} = 374.1 \text{ kN}$ szükség van nyírási vasalásra

A nyomott beton tönkremenetele nélkül felvehető legnagyobb nyíróerő meghatározása:

$$V_{Rd.max} := \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + (\cot \theta)^2}$$

$\alpha_{cw} := 1$ feszítés valamint nyomóerő nélküli keresztmetszet esetén

$z := 0.9 \cdot d$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad v = 0.552$$

$\alpha := 90 \text{ fok}$

Mivel a tartót nem terheli normálerő:

$\theta := 45 \text{ fok} \quad \cot(\theta) = 1$

$$V_{Rd.max} := \alpha_{cw} \cdot b \cdot z \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot(\theta) + \cot(\alpha)}{1 + (\cot(\theta))^2}$$

$V_{Rd.max} = 812.268 \text{ kN}$

$V_{Rd.max} = 812.3 \text{ kN} > V_{Ed.max} = 514.71 \text{ kN}$

a beton keresztmetszeti méretei megfelelőek, így a gerenda nyírási bevasalható

A szükséges kengyeltávolságok meghatározása:

A nyírási vasalás szakasz hosszának meghatározása:

Ott szükséges nyírási vasalás, ahol:

$$V_{Rd.c} < V_{Ed.red}$$

$$t_n := (V_{Ed.max} - V_{Rd.c}) \cdot \frac{\frac{l_{eff}}{2}}{V_{Ed.max}}$$

$t_n = 1.474 \text{ m}$

Kengyelávolságok számítása:

A - A' szakaszon:

$$s_{AA} := \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot 0.9 \cdot d}{V_{Ed.red}} \quad s_{AA} = 42.982 \text{ mm}$$

Az meghatározott kengyelkiosztást kitoljuk B pontig. Ha nem tolnánk ki, az A' - B szakaszon meghatározott kengyelávolság közel azonos lenne az A - A' szakaszon meghatározottal és ez kivitelezési szempontból előnytelen lenne.

$$s_{AB} := 40 \text{ mm}$$

C - D szakaszon:

A C-D szakaszon $V_{Rd.c} > V_{Ed}$, ezért itt nem szükséges méretezett nyírás vasalás, a kengyelkiosztást a szerkesztési szabályok határozzák meg.

A kengyelek legnagyobb távolsága:

$$s_{max} := 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\alpha)) \quad s_{max} = 408.75 \text{ mm}$$

$$s_{CD} := 220 \text{ mm}$$

A kengyelávolság választása azért esett 220 mm - re, mert ez fölötti érték a szerkesztési szabályoknak nem felelt meg (lásd később).

B - C szakaszon:

$$V_{Ed.B} := V_{Ed.max} \cdot \frac{\frac{l_{eff}}{2} - 1135 \text{ mm}}{\frac{l_{eff}}{2}} \quad V_{Ed.B} = 221.88 \text{ kN}$$

$$s_{BC} := \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot 0.9 \cdot d}{V_{Ed.B}} \quad s_{BC} = 72.469 \text{ mm}$$

$$s_{BC} := 70 \text{ mm}$$

Alkalmazandó kengyelávolságok $\phi 10$ kengyel esetén:

$$s_{AB} = 40 \text{ mm}$$

$$s_{BC} = 70 \text{ mm}$$

$$s_{CD} = 220 \text{ mm}$$

Az A - B szakaszon az alkalmazandó kengyelávolság túl kicsi, ezért a kengyelávolság növelése érdekében a kengyelátmérőt ajánlott módosítani $\phi 10$ - ról $\phi 14$ - re.

Kengyelávolságok számítása 14 - es kengyelátmérőhöz:

$$\phi_k := 14 \text{ mm} \quad d := h - c - \phi_k - \frac{\phi_h}{2} - \delta$$

$$A_{sw} := 2 \cdot \frac{\phi_k^2 \cdot \pi}{4} \quad A_{sw} = 308 \text{ mm}^2$$

A - A' szakaszon:

$$s_{AA} := \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot 0.9 \cdot d}{V_{Ed.red}} \quad s_{AA} = 83.626 \text{ mm}$$

Az meghatározott kengyelkiosztást kitoljuk B pontig. Ha nem tolnánk ki, az A' - B szakaszon meghatározott kengyelávolság közel azonos lenne az A - A' szakaszon meghatározottal és ez kivitelezési szempontból előnytelen lenne.

$$s_{AB} := 80 \text{ mm}$$

C - D szakaszon:

A C-D szakaszon $V_{Rd,c} > V_{Ed}$, ezért itt nem szükséges méretezett nyírási vasalás, a kegyelkiosztást a szerkesztési szabályok határozzák meg.

A kegyelek legnagyobb távolsága:

$$s_{\max} := 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\alpha)) \quad s_{\max} = 405.75 \text{ mm}$$

$$s_{CD} := 220 \text{ mm}$$

A kegyeltávolság választása azért esett 220 mm - re, mert ez fölötti érték a szerkesztési szabályoknak nem felelt meg (lásd később).

B - C szakaszon:

$$V_{Ed,B} := V_{Ed,\max} \cdot \frac{\frac{l_{\text{eff}}}{2} - 1135 \text{ mm}}{\frac{l_{\text{eff}}}{2}} \quad V_{Ed,B} = 221.88 \text{ kN}$$

$$s_{BC} := \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot 0.9 \cdot d}{V_{Ed,B}} \quad s_{BC} = 140.997 \text{ mm}$$

$$s_{BC} := 140 \text{ mm}$$

Alkalmazandó kegyeltávolságok $\phi 10$ kegyel esetén:

$$s_{AB} = 80 \text{ mm}$$

$$s_{BC} = 140 \text{ mm}$$

$$s_{CD} = 220 \text{ mm}$$

A szerkesztési szabályok ellenőrzése, határnyíróerő ábra meghatározása:

A - B szakasz:

A határnyíróerő értéke: $V_{Rd,AB} := \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{AB}} \cdot 0.9 \cdot d \quad V_{Rd,AB} = 391.06 \text{ kN}$

$$V_{Ed,\text{red}} = 374.1 \text{ kN} \quad V_{Ed,\text{red}} < V_{Rd,AB} \quad \text{Tehát megfelel.}$$

Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A nyírási vasalás fajlagos mennyisége: $\rho_{w,AB} := \frac{A_{sw}}{s_{AB} \cdot b \cdot \sin(\alpha)} \quad \rho_{w,AB} = 0.86 \%$

A fajlagos mennyiség minimális értéke: $\rho_{w,\min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad \rho_{w,\min} = 0.07 \%$

$$\rho_{w,\min} < \rho_{w,AB} \quad \text{Tehát megfelel.}$$

A fajlagos mennyiség maximális értéke:

$$\rho_{w,\max} := \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd}}{1 - \cos(\alpha)} \cdot \frac{1}{f_{yd}} \quad \rho_{w,\max} = 0.85 \%$$

A kegyelek maximális távolsága: $s_{\max} := 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\alpha)) \quad s_{\max} = 405.75 \text{ mm}$

$$s_{\max} > s_{AB} \quad s_{AB} = 80 \text{ mm} \quad \text{Tehát megfelel.}$$

B - C szakasz:

A határnyíróerő értéke: $V_{Rd,BC} := \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{BC}} \cdot 0.9 \cdot d \quad V_{Rd,BC} = 223.46 \text{ kN}$

$$V_{Ed,B} = 221.88 \text{ kN} \quad V_{Ed,B} < V_{Rd,BC} \quad \text{Tehát megfelel.}$$

Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A nyírási vasalás fajlagos mennyisége:

$$\rho_{w,BC} := \frac{A_{sw}}{s_{BC} \cdot b \cdot \sin(\alpha)} \quad \rho_{w,BC} = 0.49 \%$$

A fajlagos mennyiség minimális értéke:

$$\rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad \rho_{w,min} = 0.07 \%$$

$$\rho_{w,min} < \rho_{w,BC}$$

Tehát megfelel.

A fajlagos mennyiség maximális értéke:

$$\rho_{w,max} := \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd}}{1 - \cos(\alpha)} \cdot \frac{1}{f_{yd}} \quad \rho_{w,max} = 0.85 \%$$

A kengyelek maximális távolsága:

$$s_{max} := 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\alpha)) \quad s_{max} = 405.75 \text{ mm}$$

$$s_{max} > s_{BC} \quad s_{BC} = 140 \text{ mm}$$

Tehát megfelel.

C - D szakasz:

Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A nyírási vasalás fajlagos mennyisége:

$$\rho_{w,CD} := \frac{A_{sw}}{s_{CD} \cdot b \cdot \sin(\alpha)} \quad \rho_{w,CD} = 0.31 \%$$

A fajlagos mennyiség minimális értéke:

$$\rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad \rho_{w,min} = 0.07 \%$$

$$\rho_{w,min} < \rho_{w,CD}$$

Tehát megfelel.

A fajlagos mennyiség maximális értéke:

$$\rho_{w,max} := \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd}}{1 - \cos(\alpha)} \cdot \frac{1}{f_{yd}} \quad \rho_{w,max} = 0.85 \%$$

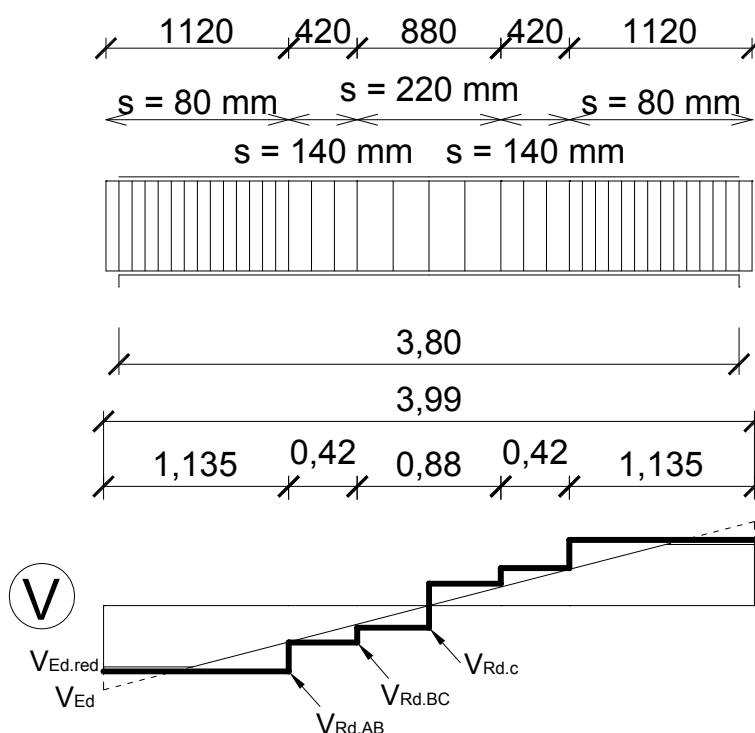
A kengyelek maximális távolsága:

$$s_{max} := 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\alpha)) \quad s_{max} = 405.75 \text{ mm}$$

$$s_{max} > s_{CD} \quad s_{CD} = 220 \text{ mm}$$

Tehát megfelel.

Határyíróerő ábra és kengyelkiosztási vázlat:



4. Melléklet

4.1. Vasbetonszerkezetek számításánál alkalmazott jelölések és elnevezések

Latin nagybetűk

A_c	– a beton keresztmetszeti területe	N_c	– beton feszültségek eredője
A_s	– az acél keresztmetszeti területe	N_{Ed}	– a normálerő tervezési értéke (vagy mértékadó normálerő)
$A_{s,prov}$	– a betonacél keresztmetszeti területe, amelyet ténylegesen elhelyezünk a keresztmetszetben	N_{Rd}	– a nyomási teherbírás tervezési értéke (vagy hatánormálerő)
$A_{s,req}$	– a betonacél keresztmetszeti területe, amelyre a teherbírás szempontjából szükség van	N_s	– acélokban keletkező erő
E_{cm}	– a beton húrmodulusa	V_{Ed}	– a nyíróerő tervezési értéke (vagy a mértékadó nyíróerő)
$E_{c,eff}$	– a beton effektív rugalmassági modulusa	V_{Rd}	– a nyírási teherbírás tervezési értéke (vagy határyíróerő)
E_s	– acél rugalmassági modulusa	$V_{Rd,c}$	– méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása
M_{cr}	– repesztőnyomaték	$V_{Rd,max}$	– a keresztmetszet nyírási teherbírásának maximuma
M_{Ed}	– a hajlítónyomaték tervezési értéke (vagy mértékadó nyomaték)	$V_{Rd,s}$	– méretezett nyírási vasalást tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása
M_{Rd}	– a nyomatéki teherbírás tervezési értéke (vagy határynyomaték)		
N	– normálerő		

Latin kisbetűk

a	– a feltámaszkodás széle és az elméleti támasz közti távolság	l_n	– szabad nyílás
a_s	– 1m széles sávra jutó betonacél keresztmetszeti területe	l_{eff}	– elméleti támaszköz
b	– keresztmetszet szélessége	l_o	– nyomatéki zéruspontok távolsága vagy kihajlási hossz
b_{eff}	– együttdolgozó szélesség	m_x, m_y	– lemez fajlagos hajlítónyomatékai
b_w	– keresztmetszet gerincének szélessége	ρ_{Ed}	– terhek tartós és átmeneti teherkombinációja (mértékadó teher, tervezési teher)
d_1, d_2	– az 1 ill. a 2 jelű betonacélok távolsága a betonkeresztmetszet szélétől. Általában a (jobb) nyomott szélső száltól mérjük és a húzott acél jele az 1.	pqp	– terhek kvázi állandó kombinációja
d	– hatásos (hatékony) magasság (húzott acélbetét távolsága a (jobb) nyomott szélső száltól, azaz megegyezik d_1 -gyel)	qd	– esetleges teher tervezési értéke
f_{bd}	– beton és acél közötti kapcsolati szilárdság	qk	– esetleges teher karakterisztikus értéke
f_{cd}	– beton nyomószilárdság tervezési értéke	s	– acélok egymástól mért távolsága
f_{ck}	– beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke	t	– feltámaszkodás hossza
f_{ctd}	– beton húzószilárdság tervezési értéke	t_w	– falvastagság
f_{ctm}	– beton húzószilárdság várható értéke	u	– keresztmetszet területe
f_{yk}	– acél folyáshatárának karakterisztikus értéke	x_c	– betonzóna magasság, amelyben nyomás ébred téglalap alakú diagram esetén
f_{yd}	– acél folyáshatárának tervezési értéke	x_{co}	– nyomott betonzóna magasság határhelyzete (a húzott acélok a képlékeny állapot határán vannak)
g	– fajlagos tömeg, vagy önsúly	w	– lehajlás
g_d	– állandó teher tervezési értéke	w_k	– a repedéstágasság karakterisztikus értéke
g_k	– állandó teher karakterisztikus értéke	$w_{I, w_{II}}$	– lehajlás első és második feszültségi állapotot feltételezve
h	– keresztmetszet vagy lemez teljes magassága	z	– a betonban ébredő nyomóerő és a húzott acélban ébredő erő egymástól mért távolsága
l_b	– lehorgonyzási hossz alapértéke	z_s	– a húzott és a nyomott acélban ébredő erők egymástól mért távolsága
l_{bd}	– lehorgonyzási hossz tervezési értéke		
l_c	– konzolkinyúlás		

Görög betűk

α_e	– E_s/E_c	ε_{cu}	– beton összenyomódásának tervezési értéke
------------	-------------	--------------------	--

ε_{uk}	– acél megnyúlásának karakterisztikus értéke	κ	– görbület
ε_{ud}	– acél megnyúlásának tervezési értéke	ξ_c	– nyomott betonzóna relatív magassága
ϕ	– acélbetét átmérője	ξ_{co}	– relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete a húzott acélokhoz
γ_G	– állandó teher parciális (biztonsági) tényezője	ξ'_{co}	– relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete a nyomott acélokhoz
γ_Q	– esetleges teher parciális (biztonsági) tényezője		

Indexek

I,II	– első ill. második feszültségállapot	k	– karakterisztikus
b	– tapadás (bond)	pl	– képlékeny (plastic)
c	– beton (concrete)	prov	– tervezett (provided)
cr	– repesztő (crack)	qp	– kvázi állandó (quasi permanent)
cs	– beton zsugorodása (concrete shrinkage)	Q	– esetleges teher
d	– tervezési értéke (design)	r	– sugár(irányú)
eng	– megengedett	R	– ellenállás (resistance)
E	– teherből keletkező hatás (effect)	requ	– szükséges (required)
ef, eff	– hatékony, effektív	rug	– rugalmas
eq	– egyenértékű (equivalent)	s	– acél (steel)
f	– öv (flange)	u	– határ (ultimate)
G	– állandó teher	w	– gerinc (web)
		y	– folyás (yield)

4.2. Betonok és betonacélok jellemzői

4.2.1. Betonok jellemzői

$(f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2)^*$		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ck}	N/mm ² (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50
f_{cd}		8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3
f_{ctd}		0,73	0,89	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
f_{ctm}		1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
f_{bd}		1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3
$\varphi(\infty,28)$	-	3,02	2,76	2,55	2,35	2,13	1,92	1,76	1,63	1,53
E_{cm}	kN/mm ² (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37
$E_{c,eff}$		6,7	7,7	8,5	9,3	10,5	11,6	12,7	13,7	14,6
$\varepsilon_{cs,\infty}$	‰	0,4								
α_t	1/°C	10^{-5}								

A betonszilárdság biztonsági tényezője teherbírási határállapotban: $\gamma_c = 1,5$

f_{ck}	– a hengerszilárdságának karakterisztikus értéke ($\phi 150/300$ mm- es hengeren mérve)
f_{cd}	– a beton nyomószilárdságának tervezési értéke ($f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$)
f_{ctd}	– a beton húzószilárdságának tervezési értéke ($f_{ctm} = f_{ck}+8$)
f_{ctm}	– a beton húzószilárdságának várható értéke
f_{bd}	– a beton és az acél közti kapcsolati szilárdság általános esetben (jó tapadás esetén), bordás betonacéloknál
$\varphi(\infty,28)$	– a kúszási tényező átlagos végértéke a következő feltételek mellett: állandó ill. tartós terhelés, 70% relatív páratartalom, 28 napos szilárdság megterheléskor, képlékeny konzisztencia betonozáskor, 100 mm egyenértékű lemezvastagság
E_{cm}	– a beton rugalmassági modulusa ($E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$)
$E_{c,eff}$	– a beton hatásos alakváltozási tényezője a kúszás végértékével ($E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\varphi(\infty,28))$)

- $\varepsilon_{cs, \sigma}$ – a beton zsugorodásának végértéke (feltételek, mint a kúszási tényezőnél)
- α_t – a beton hőtágulási együtthatója

4.2.2. Betonacélok jellemzői

Eurocode		Melegen hengerelt betonacélok			Hidegen húzott acélok	
		B 500	B 400	B 240	B 500	
MSZ		B 60.50 B 75.50	B 55.40 B 60.40*	B 38.24	BHB55.50	BHS55.50 C15
f_{yk}	N/mm ²	500	400	240	500	500
f_{yd}	(MPa)	435	348	209	435	435
ε_{uk}	%	18	20	25	10	10
ϕ	mm	8-40	8-40	6-40	4,2 - 5,5	4,2 - 12
jellemző felület		csavarbordás	nyílbordás	sima	bordázott	sima
hegeszthetőség		a	c	a	b	B
E_s	kN/mm ² (GPa)	200	200		200	
ξ_{co}		0,49	0,53	0,62	0,49	0,49
ξ'_{co}		2,11	1,59	1,14	2,11	2,11

A betonacél szilárdságának biztonsági tényezője teherbírasi határállapotban: $\gamma_s = 1,15$

* - a B60.40 régebben használatos, ma már nem használt betonacél.

- f_{yk} – a betonacél folyáshatárának karakterisztikus értéke
- f_{yd} – a betonacél folyáshatárának tervezési értéke (tervezési szilárdság) ($f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$)
- ε_{uk} – az acél határnyúlásának karakterisztikus értéke
- ϕ – a betonacél névleges átmérője (bordás acéloknál az azonos tömegű, kör keresztmetszetű rúd átmérője)
- E_s – a betonacél rugalmassági modulusa

Hegeszthetőségi kategóriák:

- a – kézi ívhegesztésre előmelegítés nélkül, ponthegeztésre utókezelés nélkül is alkalmas
- b – ponthegeztésre utókezelés nélkül, valamint leolvasztó tompa hegesztésre is alkalmas
- c – nem hegeszthető!

4.2.3. Betonacélok keresztmetszeti területe és fajlagos tömege

Betonacélok keresztmetszeti területe A_s (mm²), ϕ a betonacél névleges átmérője (mm):

Db \ ϕ	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
1	28	50	79	113	154	201	254	314	380	491	616	804	1018	1257
2	57	101	157	226	308	402	509	628	760	982	1232	1608	2036	2513
3	85	151	236	339	462	603	763	942	1140	1473	1847	2413	3054	3770
4	113	201	314	452	616	804	1018	1257	1521	1963	2463	3217	4072	5027
5	141	251	393	565	770	1005	1272	1571	1901	2454	3079	4021	5089	6283
6	170	302	471	679	924	1206	1527	1885	2281	2945	3695	4825	6107	7540
7	198	352	550	792	1078	1407	1781	2199	2661	3436	4310	5630	7125	8796
8	226	402	628	905	1232	1608	2036	2513	3041	3927	4926	6434	8143	10053
9	254	452	707	1018	1385	1810	2290	2827	3421	4418	5542	7238	9161	11310
10	283	503	785	1131	1539	2011	2545	3142	3801	4909	6158	8042	10179	12566
11	311	553	864	1244	1693	2212	2799	3456	4181	5400	6773	8847	11197	13823
12	339	603	942	1357	1847	2413	3054	3770	4562	5890	7389	9651	12215	15080

Betonacélok folyóméterének tömege g (kg/m):

ϕ	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
g	0,222	0,394	0,616	0,887	1,21	1,58	2,00	2,46	2,98	3,85	4,83	6,31	7,98	9,85

1 méter széles sávra jutó acélbetétek keresztmetszeti területe as (mm²/m), ha az acélok távolsága s (mm):

s \ ϕ	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
50	565	1005	1571	2262	3079	4021	5089	6283	7603	9817	12315	16085	20358	25133
55	514	914	1428	2056	2799	3656	4627	5712	6911	8925	11195	14623	18507	22848
60	471	838	1309	1885	2566	3351	4241	5236	6336	8181	10263	13404	16965	20944
65	435	773	1208	1740	2368	3093	3915	4833	5848	7552	9473	12373	15660	19333
70	404	718	1122	1616	2199	2872	3635	4488	5430	7012	8796	11489	14541	17952
75	377	670	1047	1508	2053	2681	3393	4189	5068	6545	8210	10723	13572	16755
80	353	628	982	1414	1924	2513	3181	3927	4752	6136	7697	10053	12723	15708
85	333	591	924	1331	1811	2365	2994	3696	4472	5775	7244	9462	11975	14784
90	314	559	873	1257	1710	2234	2827	3491	4224	5454	6842	8936	11310	13963
95	298	529	827	1190	1620	2116	2679	3307	4001	5167	6482	8466	10714	13228
100	283	503	785	1131	1539	2011	2545	3142	3801	4909	6158	8042	10179	12566
105	269	479	748	1077	1466	1915	2424	2992	3620	4675	5864	7659	9694	11968
110	257	457	714	1028	1399	1828	2313	2856	3456	4462	5598	7311	9253	11424
115	246	437	683	983	1339	1748	2213	2732	3305	4268	5354	6993	8851	10927
120	236	419	654	942	1283	1676	2121	2618	3168	4091	5131	6702	8482	10472
125	226	402	628	905	1232	1608	2036	2513	3041	3927	4926	6434	8143	10053
130	217	387	604	870	1184	1547	1957	2417	2924	3776	4737	6187	7830	9666
140	202	359	561	808	1100	1436	1818	2244	2715	3506	4398	5745	7271	8976
150	188	335	524	754	1026	1340	1696	2094	2534	3272	4105	5362	6786	8378
160	177	314	491	707	962	1257	1590	1963	2376	3068	3848	5027	6362	7854
170	166	296	462	665	906	1183	1497	1848	2236	2887	3622	4731	5988	7392
180	157	279	436	628	855	1117	1414	1745	2112	2727	3421	4468	5655	6981
190	149	265	413	595	810	1058	1339	1653	2001	2584	3241	4233	5357	6614
200	141	251	393	565	770	1005	1272	1571	1901	2454	3079	4021	5089	6283
225	126	223	349	503	684	894	1131	1396	1689	2182	2737	3574	4524	5585
250	113	201	314	452	616	804	1018	1257	1521	1963	2463	3217	4072	5027
300	94	168	262	377	513	670	848	1047	1267	1636	2053	2681	3393	4189
350	81	144	224	323	440	574	727	898	1086	1402	1759	2298	2908	3590
400	71	126	196	283	385	503	636	785	950	1227	1539	2011	2545	3142
450	63	112	175	251	342	447	565	698	845	1091	1368	1787	2262	2793

4.3. Az elméleti támaszköz

Az elméleti támaszköz:

$$l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$$

l_n – a szabad nyílás

$$a_i = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{2} \\ \frac{t}{2} \end{array} \right\}$$

a_i (i=1 ; 2) a bal és jobb oldalon az elméleti támaszvonal és a feltámaszkodás széle közti távolság, h

a tartó (gerenda vagy lemez) magassága, t a feltámaszkodás hossza.

4.4. Vasbetonszerkezetek szerkesztési szabályai az Eurocode 2 alapján

Betonfedés

A megfelelő betonfedés célja a tartóssági követelmények kielégítése, a betonacél korrózió és tűz elleni védelme és a kapcsolati erők biztonságos átadása.

A betonfedés értékét az épület/építmény környezete határozza meg.

PI.: Általános esetben, mérsékelt nedvességtartalom mellett nedves, ritkán száraz környezetben:

$$c_{\min, dur} = 25 \text{ mm}$$

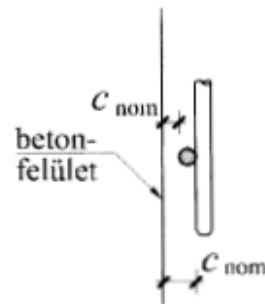
Más esetekben a szerkezetet érő környezeti hatások figyelembe vételével növelendő.

A betonacélok (pl. hosszvasak, kengyelek) betonfedése elégítse ki az alábbi feltételt:

$$c_{nom} \geq 10 \text{ mm} + \max \left\{ \begin{array}{l} c_{\min, b} \\ c_{\min, dur} \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

$c_{\min, b}$ – a tapadáshoz szükséges elméleti minimális betonfedés. Ez általában egyenlő az acélbetét átmérőjével.

$c_{\min, dur}$ – a szerkezet jellemzőitől és a környezeti feltételtől függ.



A terveken mindig a felülethez közelebb lévő acélbetétre vonatkozóan tüntetjük fel a betonfedést.

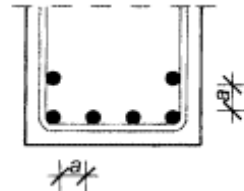
Betonacélok közötti távolság

A betonacélok közötti legkisebb távolság (a kibetonozhatóság és az átrepedés elkerülése érdekében):

$$a_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \phi \\ 20 \text{ mm} \\ d_g + 5 \text{ mm} \end{array} \right.$$

ϕ – betonacél névleges átmérője

d_g – az adalékanyag legnagyobb szemmagysága



A vasak közti legnagyobb távolság: $a_{\max} = 400 \text{ mm}$

Betonacélok lehorgonyzása, kampók kialakítása

Az acélbetéteket végeiken az erőátadás céljából le kell horgonyozni.

Húzásra illetve nyomásra kihasznált egyenes acélbetét lehorgonyzási hosszának l_b alapértéke ($\phi \leq 32 \text{ mm}$ esetén)

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = c \cdot \phi$$

f_{bd} – a tapadófeszültség alapértéke

c értékeit a következő táblázat adja meg:

c értékei az $l_b = c\phi$ számításához									
f_{yk}	Beton								
	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/67
500	66	54	47	40	36	32	30	27	25
400	53	43	37	32	29	26	24	22	20
240	32	26	22	19	17	15	14	13	12

300 mm magas vagy annál magasabb gerendák felső acélbetéteinél c értékét a rossz tapadási feltételek miatt 43% - kal növelni kell.

A lehorgonyzási hossz tervezési értéke:

$$l_{bd} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_{b,eq} \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \\ l_{b,min} \end{array} \right\}$$

$l_{b,eq}$ – a húzásra kihasznált betonacél lehorgonyzási hossza $l_{b,eq} = \alpha_a \cdot l_b$

α_a – a lehorgonyzás módját figyelembe vevő szorzó, értéke:

egyenes vasvég esetén: $\alpha_a = 1,0$

kampós vagy hurkos acélbetét esetén: $\alpha_a = 0,7$


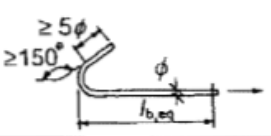
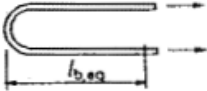
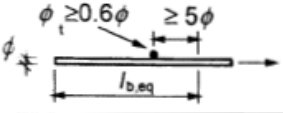
l_b – a lehorgonyzási hossz alapértéke

$A_{s,req}$ – a lehorgonyyzandó szükséges vaskeresztmetszeti terület

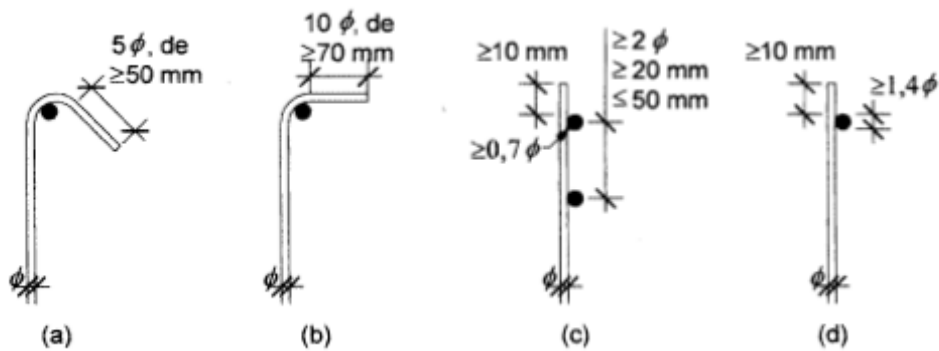
$A_{s,prov}$ – a tényleges vaskeresztmetszeti terület

$l_{b,min}$ – a minimális lehorgonyzási hossz $l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 10 \cdot \phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\}$

Betonacélok jellemző lehorgonyzási módjai és a hozzájuk tartozó α_a értékek:

Lehorgonyzási módok		α_a	
		Húzott acélbetét	Nyomott acélbetét
Egyenes vasvég		1,0	1,0
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Kampó</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Hurok</p>  </div> </div>		0,7†	;
Egyenes vasvég legalább egy hegesztett keresztbetétrel l_{bd} -n belül		0,7	0,7
p [N/mm ²] keresztirányú nyomás a betonban (lásd 6.5.1. alpont)		$\max \left\{ \begin{array}{l} 1 - 0,04p \\ 0,7 \end{array} \right\}$	-

Példák kengyelek, nyírási vasak végeinek kialakítására:



Betonacélok toldása:

A toldási hossz általában megegyezik a lehorgonyzási hosszal, de ha az acélbetétek több mint a negyedét toldjuk egy keresztmetszetben, a toldási hosszat α_6 szorzóval növelni kell. A toldási hossz:

$$l_o = \max \left\{ \alpha_6 \cdot l_{bd} \right. \\ \left. l_{o,\min} \right\}$$

α_6 – értéke az átfogásos toldás tengelyétől $0,65 \cdot l_0$ távolságon belül toldott acélok arányától függ az alábbi táblázat szerint:

arány:	$\leq 25\%$	$\geq 50\%$
α_6	1,0	1,5

$l_{o,\min}$ – a toldási hossz minimális értéke $l_{o,\min} = \max \left\{ 15 \cdot \phi \right. \\ \left. 200 \text{ mm} \right\}$

Gerendákra vonatkozó szabályok

Vasbeton gerendákon hajlított-, nyírt, rúdszerű elemeket értünk.

Hajlítási vasalás

A húzott vasalás legkisebb előírt mennyisége:
Négyszög keresztmetszet esetén:

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} \cdot b_t \cdot d$$

ρ_{\min} – a minimális húzott vashányad $\rho_{\min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right. \\ \left. 0,0013 \right\}$

b_t – a húzott zóna átlagos szélessége

d – a keresztmetszet hatékony magassága

T szelvény esetén, ha a fejlemez nyomott, csak a gerinc szélességét kell b_t számításánál figyelembe venni, ha a fejlemez húzott, b_t a nyomott borda szélességének kétszerese.

A minimális húzott vashányad ρ_{\min} értékei (‰)									
f_{yk}	beton								
	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/67
500	1,3	1,3	1,3	1,35	1,51	1,66	1,82	1,98	2,13
400	1,3	1,3	1,43	1,69	1,89	2,08	2,28	2,47	2,67
240	1,73	2,06	2,38	2,82	3,14	3,47	3,79	4,12	4,44

Az összes hosszvasalás megengedett legnagyobb mennyisége egy keresztmetszetben:

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c$$

A_c – a teljes betonkeresztmetszet területe

Átfogásos toldásoknál ennek kétszerese megengedett.

Tartóvégek részleges befogása:

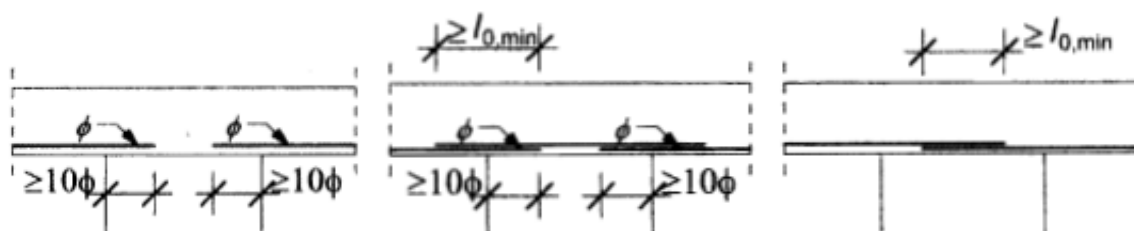
Monolit gerendák részlegesen befogott végeit a befogási nyomatókra méretezni kell. A figyelembe vett befogási nyomatók nem lehet kisebb, mint a maximális mezőnyomatók 15%-a.

Alsó hosszvasalás lehorgonyozása támasz fölött:

A mezővasalás legalább 1/3 – át mindkét irányban az elméleti támaszon túl kell vezetni.

Szélső támasznál a vasalást az $F_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{z}$ húzóerőre kell lehorgonyozni (z a belső erők karja), a lehorgonyzást a támasz belső síkjától kell számítani.

Közbelső támasznál az alábbi változatok valamelyike alkalmazható:



Nyírási vasalás

Méretezett nyírási vasalás alkalmazása esetén a nyíróerőnek legalább a felét kengyelekkel kell felvenni.

Nyírási vashányad:
$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

A_{sw} – az s hosszúságú szakaszon elhelyezett nyírási vasalás keresztmetszeti területe

s – a nyírási acélbetétek távolsága a gerenda hossz tengelyén mérve

b_w – gerincszélesség

α – a nyírási vasalás és a gerenda hossz tengelye által bezárt szög

$$\frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \rho_{w,\min}$$
 – a minimális nyírási vashányad

Nyírási vasalási elemek legnagyobb távolsága

Kengyelek maximális távolsága a hossz tengely mentén mérve:

$$s_{\max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

Felhajlított acélbetétek maximális távolsága a hossz tengely mentén mérve:

$$s_{\max} = 0,6 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

Kengyelszárak maximális keresztirányú távolsága:

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d \\ 600 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Lemezekre vonatkozó szabályok

Általában lemezeknek nevezzük az olyan, túlnyomórészt hajlításra igénybevett sík középfelületű elemeket, amelyeknek szélességi mérete nagyobb, mint a vastagság négyszerese, és középsíkjuk többnyire vízszintes.

Monolit lemezek legkisebb vastagsága

Nyírási vasalás nélkül: $h_{\min} = 70 \text{ mm}$

Nyírási vasalás alkalmazása esetén: $h_{\min} = 200 \text{ mm}$

A vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége

A húzott hajlítási vasalásra előírt minimális és maximális vashányad a gerendákéval megegyező.

Egyirányban teherhordó lemezek elosztó vasalásának keresztmetszete – azonos acél szilárdsági osztály esetén – legalább a fővasalásának 20% - a legyen, a minimális vashányad biztosításával.

A legnagyobb vastávolság

Egyirányban teherhordó lemezeknél:

A hosszirányú acélbetétek távolsága nem lehet nagyobb

Főirányban 3,0h és 400 mm közül a kisebbik

Mellékirányban 3,5h és 450 mm közül a kisebbik

Koncentrált terhek környékén:

Főirányban 2,0h és 250 mm közül a kisebbik

Mellékirányban 3,0h és 400 mm közül a kisebbik

Kétirányban teherhordó lemezeknél mindkét irányban a fővasalásra vonatkozó szabályokat kell alkalmazni.

Legnagyobb vasátmérő: $\phi_{\max} \leq \frac{h}{10}$

Vasalás a támaszok környezetében

A méretezett alsó mezővasalás legalább 50%-át a támaszig kell vezetni és ott megfelelően le kell horgonyozni.

A felső vasalást

Szélső nem befogott támasz esetén a szélső mezőnyomaték 15%-ára kell méretezni és a mező 0,1-szeres hosszáig be kell vezetni

Belső támasz esetén a szomszédos mezőnyomatékok nagyobbikának legalább 25%-ára kell méretezni, és mindkét mező minimum 0,2-szeres hosszán végig kell vezetni.

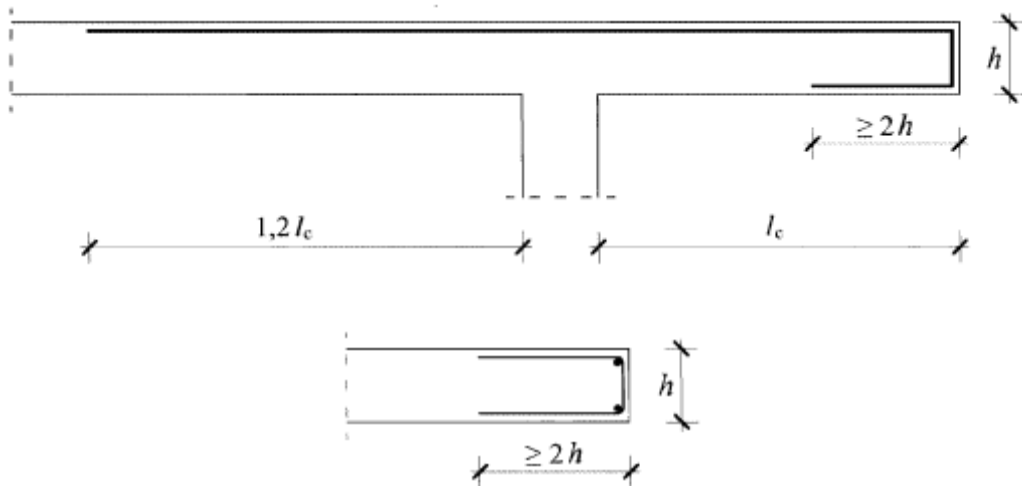
Sarkaiknál felemelkedésükben gátolt, kétirányban teherbíró lemezek sarkainál a csavarónyomatékok felvételére kétirányú felső vasalást kell tervezni, melynek intenzitása megegyezik a rövidebb irányban futó alsó vasalásával, és mindkét irányban a megfelelő támaszköz 0,2 szereséig be kell vezetni.

Konzollemez bekötése

Konzollemez felső húzott vasalását legalább a konzolkinyúlás 25%-kal megnövelt értékével megegyező hosszal túl kell vezetni a támaszvonalon.

Szabad lemezszélek vasalása

Szabad lemezszélek mentén szegő vasalást kell kialakítani, amely a fővasalás visszagörbítésével vagy kiegészítő U alakú vasak elhelyezésével történhet.



Oszlopokra vonatkozó szabályok

Vasbeton oszlopon olyan nyomott rudakat értünk, amelyeknek nagyobbik keresztmetszeti mérete a kisebbik oldalméretnek legfeljebb négyszerese, azaz $\frac{h}{b} \leq 4$.

Tömör keresztmetszetű oszlopok legkisebb oldalmérete

Álló helyzetben betonozott oszlopok esetén: $b_{\min} \geq 200 \text{ mm}$

Fekvő helyzetben betonozott oszlopok esetén: $b_{\min} \geq 120 \text{ mm}$

A hosszvasalásra vonatkozó szabályok

Minimális acélbetét átmérő: $\phi_{\min} = 8 \text{ mm}$

Minimális acélmennyiség: $A_{s,\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,1 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0,002 \cdot A_c \end{array} \right\}$

Maximális acélmennyiség: $A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c$, átfogásos toldásnál ennek kétszerese is lehet

Központosan nyomott oszlopok hosszvasalásának toldásánál a toldási hossz: l_{bd}

A vasalási elemek közötti legnagyobb távolság (s)

– Hosszvasalás:

- Derékszögű négyszög ($h \leq 400 \text{ mm}$) esetén legalább minden sarokban egy acélbetét
- Általános alakú, derékszögű négyszögekből összetett, derékszögű négyszög alakú, $h > 400 \text{ mm}$ vagy poligonális oszlopkeresztmetszet esetén $s \leq 300 \text{ mm}$ és minimum minden sarokban egy acélbetét
- Kör alakú oszlopkeresztmetszet esetén legalább 6 db hosszbetét és $s \leq 300 \text{ mm}$

– Kengyeltávolság

$$s_{s,\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 12 \cdot \phi_{\min} \\ h_{\min} \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right.$$

ϕ_{\min} – a legkisebb hosszvas átmérő

h_{\min} – a legkisebb oldalméret

A kengyelátmérő legalább a legnagyobb hosszvas átmérő $\frac{1}{4}$ -e: $\phi_s \geq \frac{\phi}{4}$ legyen, de minimum 6 mm.

Kengyelszárak keresztezési pontjaiban hosszvasat (szerelővasat) kell alkalmazni.

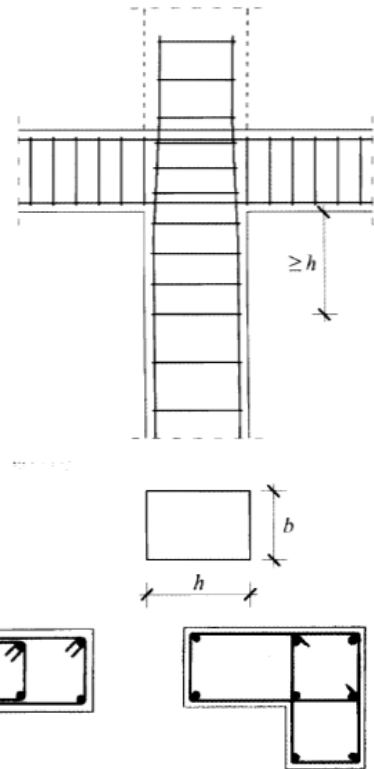
Kengyelsűrítés erőbevezetési helyek közelében és iránytörésnél
Oszlophoz csatlakozó gerendák vagy lemezek alatt és fölött, az oszlop nagyobbik oldalméretének megfelelő hosszon, valamint $\phi 14$ -nél nagyobb átmérőjű hosszbetétek átfogásos toldási szakaszán a minimális kengyeltávolságra 0,6-os szorzó alkalmazandó.

Hosszbetétek 1/12-es arányt meghaladó iránytörésénél a ferde irányú nyomóerő vízszintes komponensére méretezni kell a kengyelezést.

Oszlop és gerenda csatlakozásánál az oszlop kengyelezését kell végigvinni és a gerenda kengyelezése szakad meg.

Hosszvasak helyzetbiztosítása

Mindegyik hosszbetét helyzetét biztosítani kell oldalirányú elmozdulás ellen. A sarkokban lévő hosszbetétek helyzete a kengyelezéssel biztosítottnak tekinthető. A keresztmetszet nyomott részén egyetlen acélbetét sem lehet 150 mm-nél távolabb egy biztosított helyzetű hosszbetétől. Szükség esetén pótkengyelt kell alkalmazni.



4.5. Közelítő méretfelvétel

Ebben a fejezetben szereplő képletek, összefüggések a Dr. Kollár Lajos – Dr. Nédli Péter – *Tartószerkezetek tervezése* című könyvből származnak.

Központosan nyomott vasbeton oszlop területe:

$$A_c = \frac{N}{f_{cd}}$$

(feltételezve, hogy a kihajlási csökkentő szorzót az acélbetétek kompenzálják)

Hajlított tartók h magassága (kb 5 kN/m² hasznos teherig):

Gerendák:

$$\text{Kéttámaszú: } h \approx \frac{l}{20}$$

$$\text{Töbttámaszú: } h \approx \frac{l}{25}$$

Konzol:

A k kinyúlású konzol egy $l = 2 \cdot k$ támaszközű, kéttámaszú tartóval egyenértékű.

Amennyiben a gerenda egy keretszerkezetnek az alkotó eleme és ez a keretszerkezet biztosítja az épület vízszintes merevségét is, akkor nagyobb magasság szükséges!

Lemezek:

Egyirányban teherbíró, kéttámaszú: $h \approx \frac{l}{25}$

Egyirányban teherbíró, többtámaszú: $h \approx \frac{l}{30}$

Kétirányban teherbíró, szabadon támaszkodó: $h \approx \frac{L}{25}$

Kétirányban teherbíró, többtámaszú: $h \approx \frac{l}{30}$

Pontonként megtámasztott síklemez födém: $h \approx \frac{l}{25}$

Gombafejekkel alátámasztott síklemez födém: $h \approx \frac{l}{30}$

Felhasznált irodalom

Kész Mária: *Tartószerkezet tervezés 3, vasbetonszerkezetek*. Főiskolai jegyzet, JPTE-PMMFK, 1994.

Farkas György – Huszár Zsolt – Kovács Tamás – Szalai Kálmán: *Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján – Közúti hidak, épületek*. TERC Kft, 2006.

Deák György – Draskóczy András – Dulácska Endre – Kollár László – Visnovitz György: *Vasbetonszerkezetek – tervezés az Eurocode alapján*. Springer Media Magyarország Kft, 2006.