

Hajlított vasbeton keresztmetszet tervezése

Kötött tervezés

Szabad tervezés

5. előadás

A számítást III. feszültségi állapotban végezzük.

A számításokban **feltételezzük**, hogy:

- a rúd tengelyére merőleges keresztmetszetek a deformációk után síkok és rúd tengelyére merőlegesek maradnak
- a beton és az acél csúszásmentesen együtt dolgozik

Kötött tervezés: amikor a keresztmetszet beton kontúrja adott (azaz van egy adott méret, amekkora helyre egy gerendát meg kell tervezni), és a vasalást kell megtervezni

Szabad tervezés: amikor a keresztmetszet, szélessége vagy magassága adott és a másik méretet kell kiszámolni, vagy semmilyen kötöttség sincs a beton keresztmetszettel szemben (azaz a szélesség és magasság is ismeretlen és ekkor, úgy tehető a feladat matematikailag határozottá, ha ezek arányát megadjuk) és a vasalás is megtervezendő.

Kötött tervezés

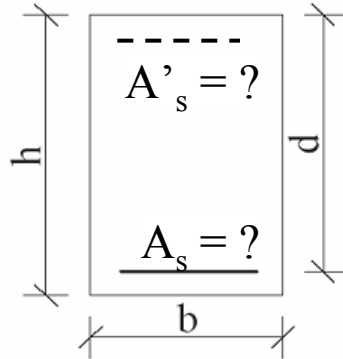
Feladat: mekkora legyen a keresztmetszeti vasalás értéke, hogy a keresztmetszet nyomatéki teherbírása (M_{Rd}) elérje, vagy meghaladja az igénybevétel M_{Ed} értékét?

Adott:

b, h

f_{cd}, f_{yd}

legyen $\alpha = 1$



$$d \approx 0,9h$$

$$d \approx h - 50\text{mm}$$

(egysoros vasalás feltételezésével)

Tervezési irányelvek:

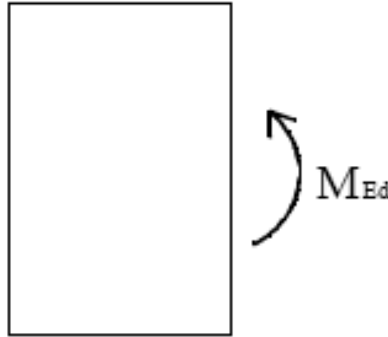
- A vasbeton keresztmetszetet úgy célszerű megtervezni, hogy az acélbetétek folyási állapotban legyenek (tehát normálisan vasalt legyen).

$$\zeta_c \leq \zeta_{co}$$

- A vasbeton keresztmetszetben csak akkor alkalmazzunk nyomott vasalást, ha másképp nem kerülhető el, hogy a húzott acélbetét rugalmas állapotban legyen.

Tervezési (kiindulási) feltétel:

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



A nyomatéknak van egy maximális értéke (M_o), amelyet **optimális nyomatéknak** is nevezünk, amelynél csak húzott betonacél alkalmazásával a betonacél a rugalmas és képlékeny állapot határán van.

(az a maximális nyomaték, amit a keresztmetszet nyomott vasalás nélkül, csak húzott vasalással képes felvenni úgy, hogy az acélbetétek folyási állapotban vannak)

$$\varepsilon_s = \varepsilon_y \quad \Rightarrow \quad x_c = x_{c0} = \xi_{c0} d$$

$$M_o = b x_{c0} f_{cd} \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right)$$

A vasalás meghatározása:

Ha $M_{Ed} \leq M_o$ nem kell nyomott vasalást alkalmazni ($A'_s = 0$). $\zeta_c \leq \zeta_{co}$

nyomatéki egyenletből:

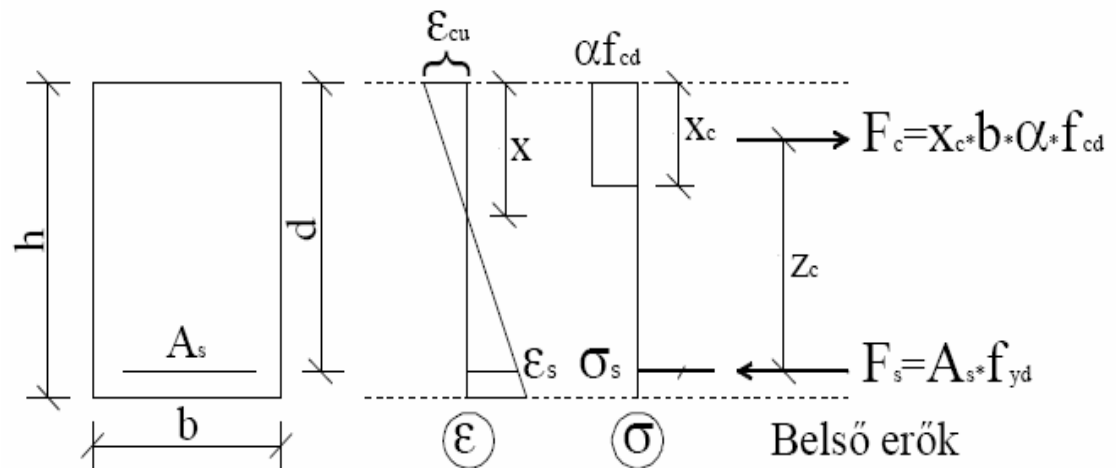
$$M_{Ed} = bx_c f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \Rightarrow x_c \quad \text{biztosított, hogy: } \sigma_s = f_{yd}$$

másodfokú egyenlet megoldásával

vetületi egyenletből:

$$A_s = \frac{bx_c f_{cd}}{f_{yd}} = A_{s,req}$$

(szükséges vasmennyiség)



Ha $M_{Ed} > M_o$ nyomott vasalást kell alkalmazni ($A'_s > 0$). $\zeta_c > \zeta_{c0}$

nyomatéki egyenletből:

$$A'_s = \frac{M_{Ed} - bx_{c0}f_{cd} \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right)}{f_{yd}} = \frac{M_{Ed} - M_o}{f_{yd}} \quad \text{csak akkor, ha a nyomott betonacél képlékeny, azaz}$$

$$\xi'_c = \frac{x_{c0}}{d'} \geq \xi'_{c0}$$

ekkor vetületi egyenletből:
$$A_s = \frac{bx_{c0}f_{cd} + A'_s f_{yd}}{f_{yd}}$$

ha a nyomott betonacél rugalmas, azaz:
$$\xi'_c = \frac{x_{c0}}{d'} < \xi'_{c0}$$

akkor
$$\sigma'_s = \frac{560d'}{x_{c0}} - 700 \Rightarrow A'_s = \frac{M_{Ed} - M_o}{|\sigma'_s|}$$

$$A_s = \frac{bx_{c0}f_{cd} + A'_s \sigma'_s}{f_{yd}}$$

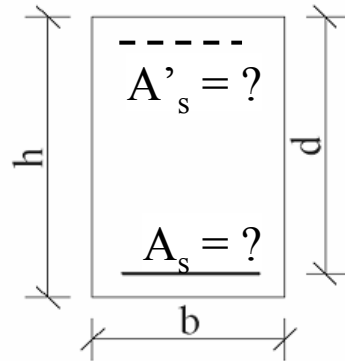
Szabad tervezés

Ha csak a keresztmetszetet alkotó anyagok anyagjellemzői (f_{cd} és f_{yd}) adottak, akkor szabad tervezésről beszélünk. Ebben az esetben ismeretlen a beton keresztmetszetei méretei (b, h vagy d), a húzott és nyomott betonacél keresztmetszeti mérete (A_s, A'_s).

Adott:

$$f_{cd}, f_{yd}$$

$$\text{legyen } \alpha = 1$$



Ismeretlen:

$$b, h, d$$

$$A_s$$

$$A'_s$$

A két egyensúlyi egyenlet segítségével ez nem határozható meg, további feltételeket kell megadni.

Célszerű feltételezni, hogy nyomott vasalást nem alkalmazunk, de a húzott vasalás képlékeny állapotban van.

$$A'_s = 0 \quad \xi_c \leq \xi_{c0} \quad \Rightarrow \quad \xi_c = 0,3 \quad (\text{gerendára feltételezhető "gazdaságos" érték})$$

Még egy paramétert lehet szabadon felvenni, ami lehet, a beton keresztmetszet valamelyik mérete (b vagy d) vagy a két oldal aránya ($\eta = d/b$).

Nyomatéki egyenlet:

$$M_{Ed} = bx_c f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) = bd^2 f_{cd} \xi_c \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right) \Rightarrow$$

Ha a keresztmetszet szélessége (b) adott, akkor

$$d = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{bf_{cd}\xi_c\left(1 - \frac{\xi_c}{2}\right)}}$$

Ha a keresztmetszet hasznos magasság (d) adott, akkor

$$b = \frac{M_{Ed}}{d^2 f_{cd} \xi_c \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right)}$$

Ha a két oldal aránya ($\eta = \frac{d}{b}$) adott, akkor

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta M_{Ed}}{f_{cd} \xi_c \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right)}} \text{ és } b = \frac{d}{\eta}$$

\Rightarrow Innentől kötött tervezés

$$x_c = \xi_c * d$$

$$A_s = \frac{bx_c f_{cd}}{\sigma_s}$$

Szerkesztési szabályok

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.

Pl.: Általános esetben, mérsékelt nedvességtartalom mellett nedves, ritkán száraz környezetben: $c_{\min,dur} = 25 \text{ mm}$

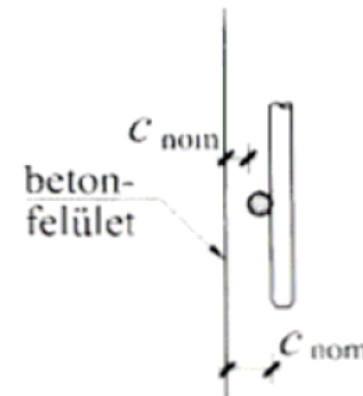
Más esetekben a szerkezetet érő környezeti hatások figyelembe vételével növelendő.

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

$$c_{nom} \geq 10 \text{ mm} + \max \begin{cases} c_{\min,b} \\ c_{\min,dur} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

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

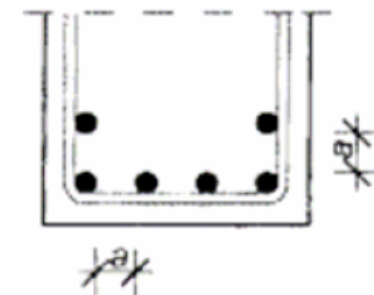
$c_{\min,dur}$ – a szerkezet jellemzőitől és a környezeti feltételtől függ.



Betonacélok közötti távolság

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

$$a_{\min} = \max \begin{cases} \phi \\ 20 \text{ mm} \\ d_g + 5 \text{ mm} \end{cases}$$



ϕ – betonacél névleges átmérője

d_g – az adalékanyag legnagyobb szemnagysága

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 ($\phi \leq 32$ mm esetén)

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

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

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

a lehorgonyzás módját figyelembe vevő szorzó, értéke:

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


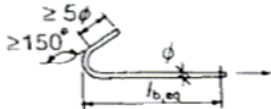
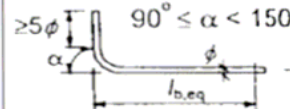
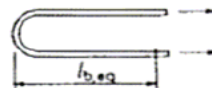
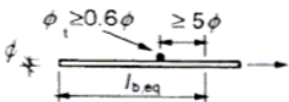
kampós vagy hurkos acélbetét esetén: $\alpha_a = 0,7$

a lehorgonyzási hossz alapértéke l_b

a lehorgonyzandó szükséges vaskeresztmetszeti terület $A_{s,req}$

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

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

Lehorgonyzási módok		α_a	
		Húzott acélbetét	Nyomott acélbetét
Egyenes vasvég		1,0	1,0
Kampó		0,7†	:
			
Hurok			
			
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)		$\max \left\{ \begin{array}{l} 1 - 0,04p \\ 0,7 \end{array} \right\}$	-

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:

$$l_o = \max \left\{ \begin{array}{l} \alpha_6 \cdot l_{bd} \\ l_{o,\min} \end{array} \right\}$$

α_6 – értéke az átfogásos toldás tengelyétől $0,65 \cdot l_o$ 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 $l_{o,\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 15 \cdot \phi \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\}$

Hajlítási vasalás mennyisége

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 $\rho_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \\ 0,0013 \end{array} \right\}$

b_t – a húzott zóna átlagos szélessége

d – a keresztmetszet hatékony magassága

A minimális <i>húzott</i> 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.

Egyéb szabályok

- Minden sarokba hosszvasat kell helyezni;
- A hosszvasakat kengyelekkel kell összefogni;
- A fő acélbetétek minimális átmérője 8 mm, a szerelő acélbetéteké 6 mm;
- A betonacélokat több sorban el lehet helyezni, de kettőnél több sor nem ajánlott;
- A betonacélokat egymás fölé kell helyezni, a felsőbb sorokat kiegészítő kengyellel alá kell támasztani;
- A mezővasalás negyedét támaszig végig kell vinni.

