

Tartószerkezetek modellezése

10.; 12.; 14. előadás

Vasbetonszerkezetek

Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek alkalmazási területe:

- gerendák, oszlopok, födémek, falak, héjak, ...
- köz- és ipari épületek, raktárak, tárolók, tartályok,
- hidak, víztornyok, kémények, hajók

Építéstechnológia:

- monolit, helyszíni építés
(zsaluzás, vasszerelés, betonozás, bedolgozás, utókezelés)
- előregyártás, helyszíni szerelés
(üzemben: zsaluzás, vasszerelés, betonozás, bedolgozás, utókezelés)
(szállítás, helyszínen: szerelés)
- elő-, és utófesztítés



Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek alkalmazási területe:

- elsődlegesen nyomott szerkezetként,
- ha húzás nyomással együtt jelentkezik (hajlított szerkezet)



A betonnak kicsi a húzószilárdsága és korlátozott a nyírási teherbírása.

Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek előnyei:

- helyszíni öntéssel szinte korlátlanul alakítható (zsaluzat kell),
- nem vagy kis mértékben igényel karbantartást,
- a beton nehéz; előnyös: *akusztikai, hőtárolási, hőszigetelés elleni védelem, helyzeti állékonyság biztosítása, ütközési energia felemésztése szempontjából,*
- tűzálló (de megfelelő betontakarás kell az acélon),
- víznek, nedvességnek ellenálló,

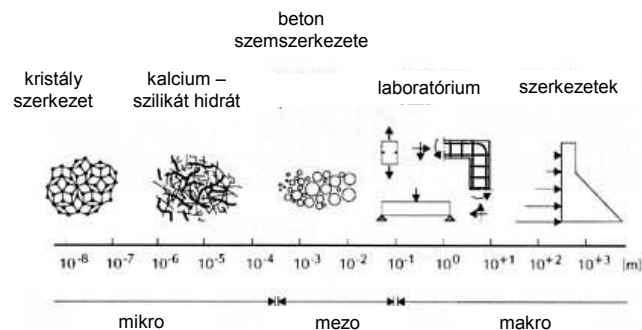
Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek hátrányai:

- nem korrózióálló; *ártalmas: cukor, desztillált víz, növényi olaj, só, savak, ...*,
- rosszul viseli a közvetlen dinamikus hatást,
- utólag nehezebb átalakítani, megerősíteni,

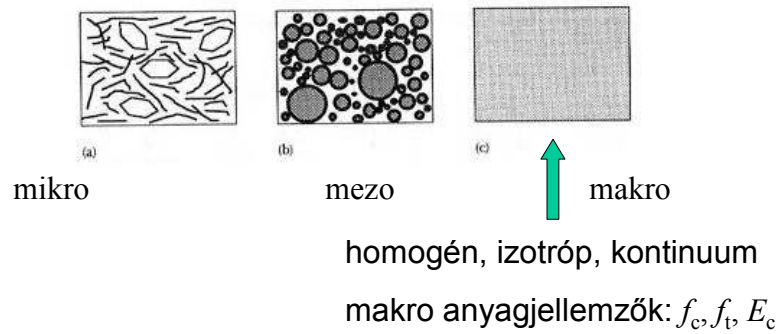
Vasbeton szerkezetek

A beton és vasbeton szerkezetek megfigyelési, vizsgálati szintjei:



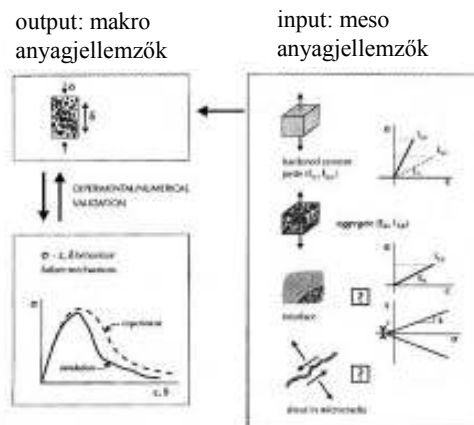
Vasbeton szerkezetek

A beton megfigyelési, vizsgálati szintjei:



Vasbeton szerkezetek

A beton makro jellemzőinek kísérleti és elméleti meghatározása:

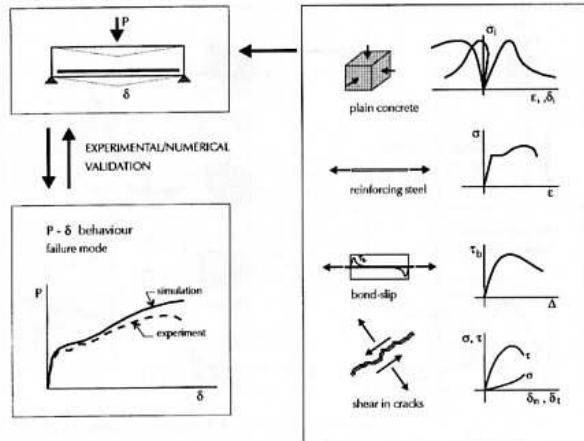


Vasbeton szerkezetek

A vasbetonszerkezetek kísérleti és elméleti vizsgálata:

output: a szerkezet viselkedése

input: makro anyagjellemzők



Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Beton:

adalékanyag+cement+víz+

+adalékszerek+kémiai kötés

Tervezhető:



Igény szerint.

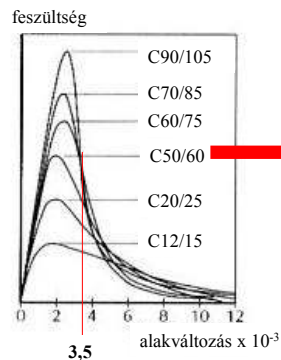
- szilárdság,
- alakváltozó képesség,
- vízállóság, fagyállóság,
- szín, felület textúrája,
- stb.

Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Beton:

- Húzószilárdság, f_t : csekély; általában elhanyagoljuk.
- Nyomószilárdság, f_c :



Nagyszilárdságú beton:

rideg viselkedés, „kisebb alakváltozó képesség”

Normálsilárdságú beton:

duktilisabb, „nagyobb alakváltozó képesség”

Vasbeton szerkezetek

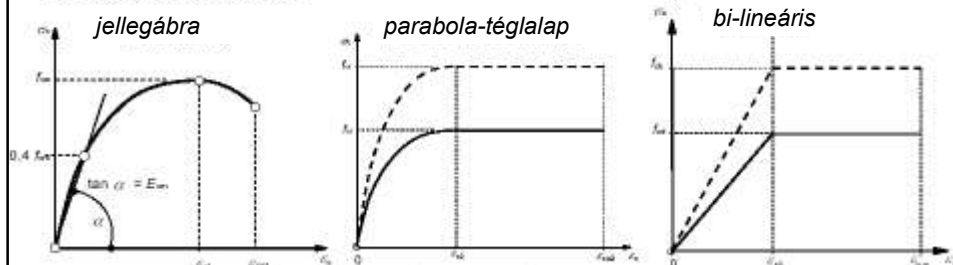
Vasbeton szerkezetek anyagai:

Beton:

- Nyomószilárdság: számítási modellek

tartószerkezethez

keresztmetszethez



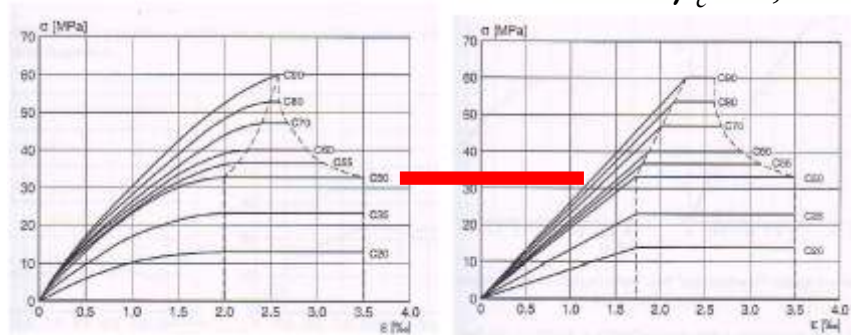
Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Beton:

- Nyomószilárdság:

$$\gamma_c = 1,5$$



Jelölés: **C** karakterisztikus hengersizilárdság / kocka szilárdság

Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Beton:

- Nyomószilárdság:

Jelölés: **C** karakterisztikus hengersizilárdság / kocka szilárdság
($\phi 150/300$ mm) (150/150/150 mm)

konzisztencia, területi osztály
C25/30-X0-16-F3
környezeti osztály
maximális szemmagyság

Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

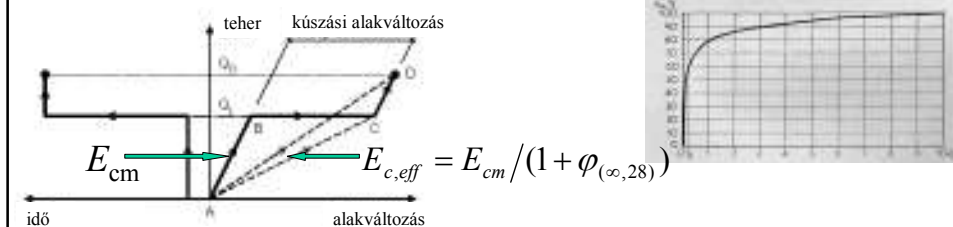
Beton:

- **kúszás:** *állandó teher hatására, időben bekövetkező alakváltozás.*

jellemzése: a kúszási tényező végértékével

$\varphi_{(\infty,28)}$ A kúszás miatti alakváltozásnak és a „rugalmas alakváltozásnak” az aránya.

(28 napos szilárdság megterhelésekor 70% rel. páratartalom esetén.)



Vasbeton szerkezetek

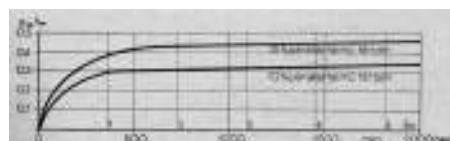
Vasbeton szerkezetek anyagai:

Beton:

- **zsugorodás:** *terheletlen állapotban, a beton vízvesztése miatt bekövetkező, időfüggő alakváltozás.*

jellemzése: a beton zsugorodási alakváltozásának végértékével

$\varepsilon_{cs,\infty}$ **Eredete:** a megszilárdult beton száradása +
+ autogén, a beton kötése közbeni, zsugorodás.



Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Betonacél:

- melegen hengerelt,
- hidegen húzott.

$$\gamma_s = 1,15$$

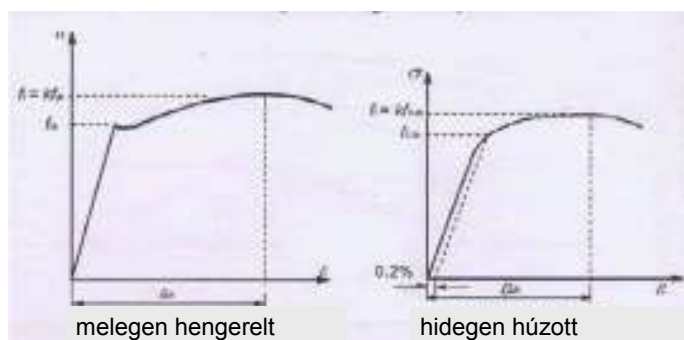
sima betonacél



csavarbordás
betonacél



nyílbordás
betonacél

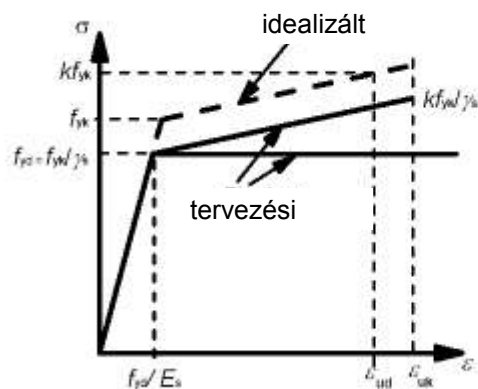


Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Betonacél:

Jelölése: B f_{yk} duktilitási osztály; B 500 C



$$k = (f_t/f_y)_k$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.9 \varepsilon_{uk}$$

Vasbeton szerkezetek

Vasbeton szerkezetek anyagai:

Kapcsolat a betonacél és a beton között:

A beton és a betonacél közötti együttműködést biztosítja.

Befolyásolja a: - szerkezet alakváltozását,
- repedéstágasságát,
- tönkremeneteli módot.

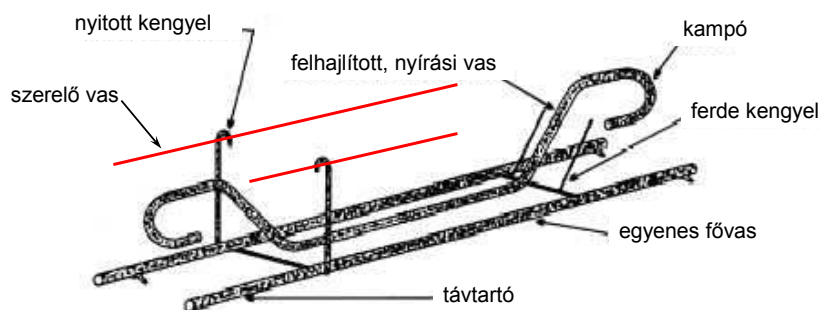
Jellemzése: f_{bd} , kapcsolati szilárdság bordás betonacélokra.

Függ: f_{ctd} , betonacél átmérője, a betonacél betonba való beágyazódásának körülményei

Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:

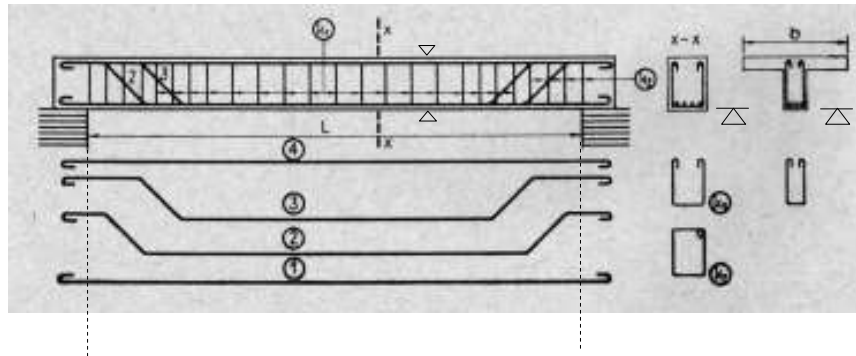
Gerenda vasalási rendszere:



Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:

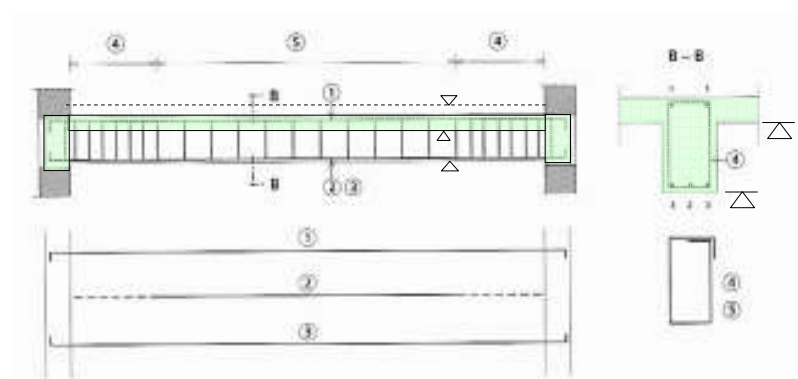
Gerenda vasalási rendszere / terve:



Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:

Gerenda vasalási rendszere / terve:



Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:

Keretsarok:



Oszlop:



Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:

Oszlop – gerenda kereszteződés:



Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:

Oszlop:



vaselhúzás

átfogásos toldás



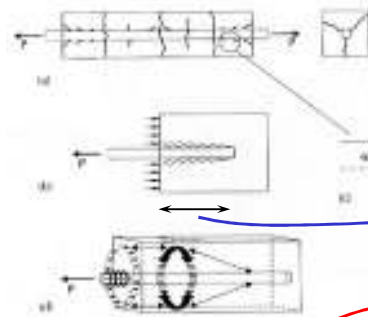
Vasbeton szerkezetek

Betonacél szerelés:



Vasbeton szerkezetek

Betonacélok toldása, lehorgonyyzása:



Lehorgonyzás:

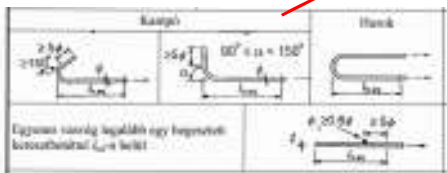
Húzásra, nyomásra kihasznált egyenes acélbetét lehorgonyzási hosszának alapértéke:

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

A lehorgonyzási hossz tervezési értéke:

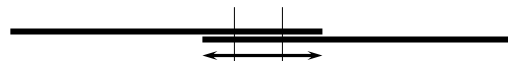
$$l_{bd} = \max \left\{ \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,requ}}{A_{s,prov}}, l_{b,min} \right\}$$

$$l_{b,min} = \max \{ 10\phi; 100 \text{ mm} \}$$



Vasbeton szerkezetek

Betonacélok toldása, lehorgonyyzása:



Elosztó vasalás a húzás felvételére.

Toldás átfogással:

Az egy keresztmetszetben toldott acélbetétek mennyiségétől függ.

$$l_0 = \max \left\{ \alpha_6 \cdot l_{bd}, l_{0,min} \right\}$$

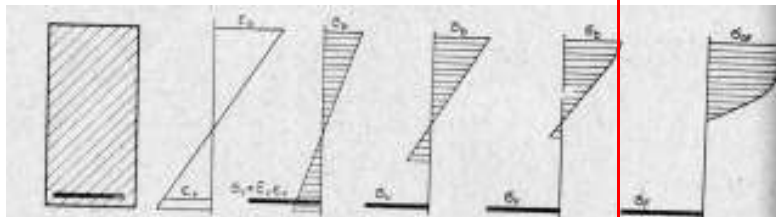
$$l_{0,min} = \max \{ 15\phi; 200 \text{ mm} \}$$

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése hajlításra:

A vasbeton feszültségi állapotai:

Teherbírási határállapot:



I.

A beton és az acél rugalmas, a beton repedésmentes.

II.

A beton és az acél rugalmas, a beton berepedt.

III.

A beton és az acél képlékeny, a beton berepedt.

Használhatósági határállapot:

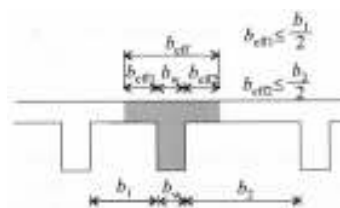
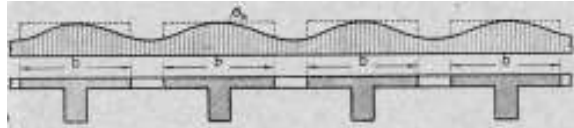
Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése hajlításra:

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése hajlításra:

Fejlemezés gerenda; T keresztmetszetű gerenda:



$$b_{eff\ i} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_i / 2 \\ 0,2l_0 \\ 0,1b_i + 0,1l_0 \\ 6t \text{ (konzolos fejlemez esetén } 4t) \end{array} \right.$$

l_0 a nyomatéki nullpontok távolsága

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése hajlításra:

Minimális vasalás:

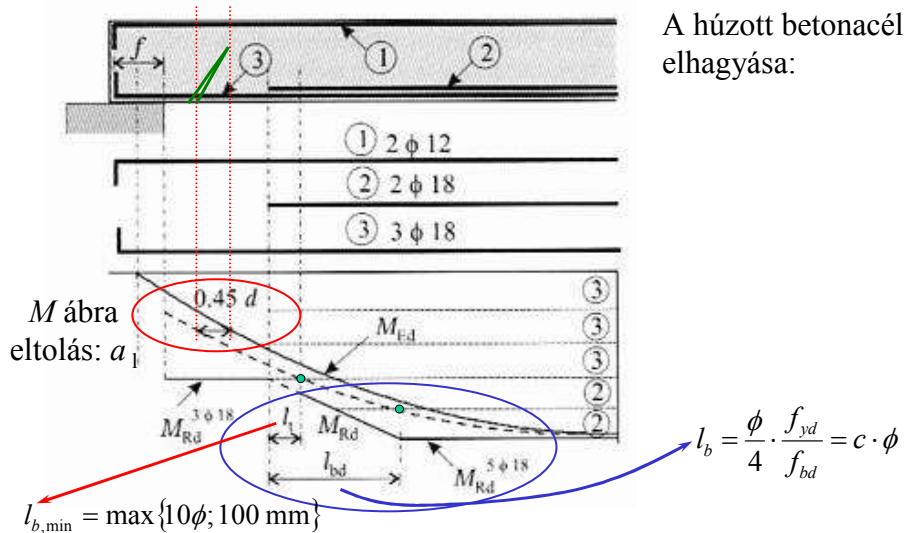
Célja: a rideg viselkedés elkerülése, a duktilis viselkedés kikényszerítése.

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} b_i d$$

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

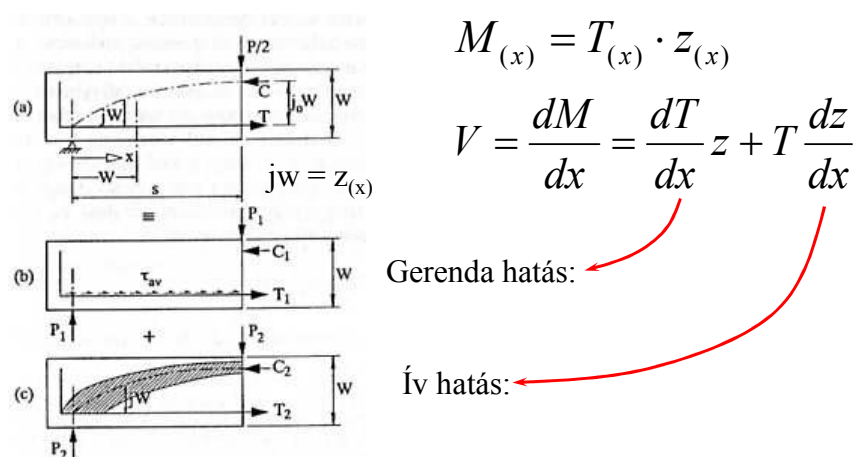
Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése hajlításra:



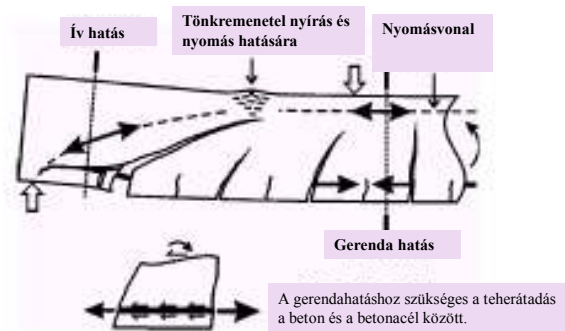
Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:



Vasbeton szerkezetek

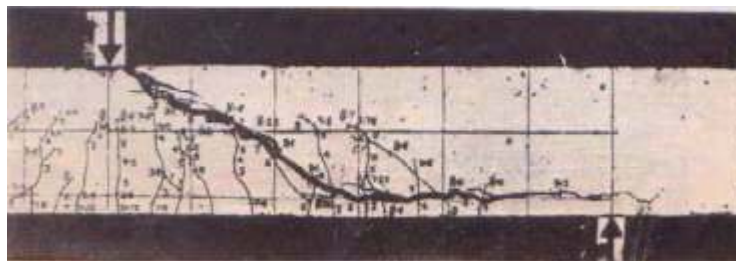
Gerenda méretezése nyírásra:



Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A nyírási vasalás nélküli gerenda
tönkremenetele a nyírási
repedések miatt.



A beton $V_{Rd,c}$ nyírási ellenállását a nyírási-hajlítási
tönkremenetel szabja meg: a nyírási repedés hajlítási
repedésből indul ki.

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A nyírási vasalás nélküli gerenda
tönkremenetele a nyírási
repedések miatt.

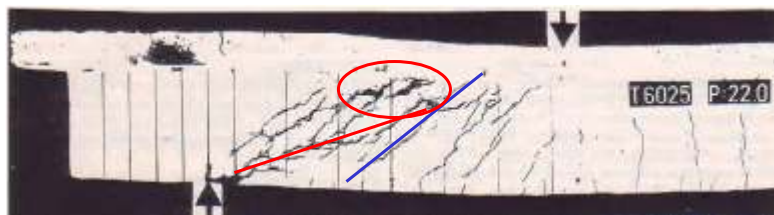


A beton $V_{Rd,c}$ nyírási ellenállását a nyírási-húzási
tönkremenetel szabja meg: a nyírási repedés a hajlítási
repedéstől mentes gerincrészbe alakul ki.

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A nyírási vasalás tönkremenetele
húzásra a nyírási repedésekben.



A nyírási tönkremenetel a kengyelek megfolyásával
kezdődött, a nyomott betonsávok „forgásával”
folytatódott a gerinc morzsolódásáig.

Vasbeton szerkezetek

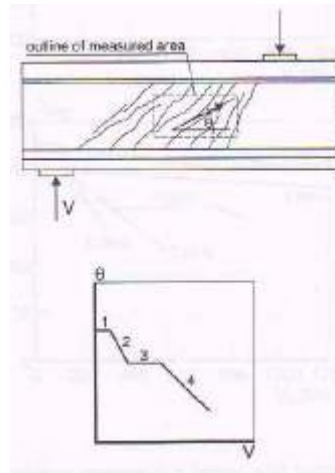
Gerenda méretezése nyírásra:

Változó a nyomott sávok helyzete:

megfelel a valóságnak

A tönkremeneteli folyamat:

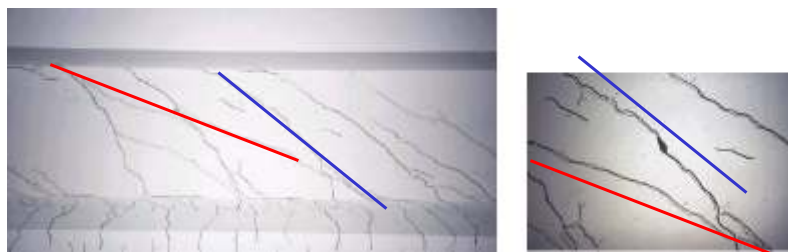
1. A gerinc repedésmentes nyírásra
2. Ferde repedések jelennek meg
3. Stabilizálódott ferde repedések
4. A kengyelek folyása, „repedésforgás”, végül a gerinc morzsolódása



Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A nyomott sávok „forgása”, új, laposabb repedések; még nagyszilárdságú betonban is.



Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A beton tönkremenetele nyomásra a nyírási repedések között.



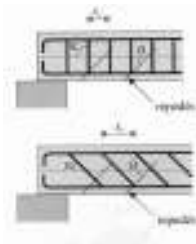
A gerinc morzsolódása határozza meg a maximális nyírási ellenállást.

Kengyelezés esetén:

$$V_{Rd,max} = b_w z v f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

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

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5 \quad \downarrow \quad v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$



Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A beton nyírási ellenállása: nincs nyírási repedés

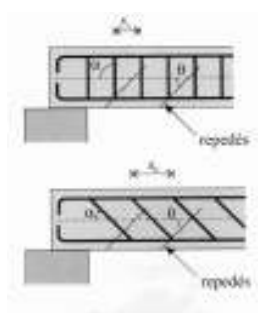
$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b_w d$$

$C_{Rd,c}$	állandó, kísérletekből; 0.12
k	mérethatás tényező = $1 + \sqrt{200/d}$; d m-ben
ρ_l	hosszvasalás fajlagos mennyisége ($< 0,02$)
f_{ck}	a beton karakterisztikus nyomószilárdsága
b_w	a legkisebb gerincvastagság
d	a keresztmetszet hatékony magassága

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

A nyírási vasalás ellenállása: van nyírási repedés



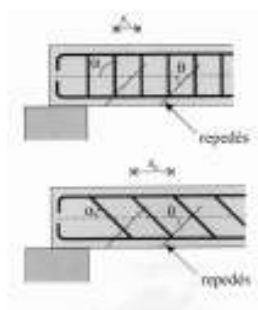
$$V_{Rd,s} = \frac{z}{s} A_{sw} f_{ywd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha$$

A nyomatéki ábra eltolása: $a_l = \frac{1}{2} z (\cot \theta - \cot \alpha)$

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

Ellenőrzés nyírásra:



$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} \leq \max \begin{cases} V_{Rd,c} \\ V_{Rd,s} \end{cases}$$

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

Tervezési szabadság:

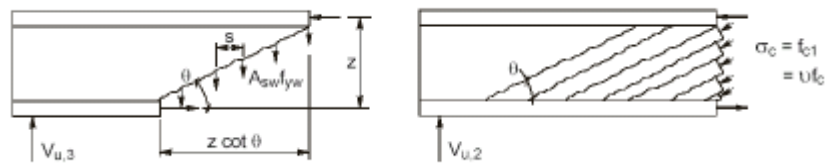
- kicsi θ -hoz kevés nyírási vasalás kell, de vastagabb a gerinc
- nagy θ -hoz vékonyabb a gerinc, ami csökkenti az önsúlyt

Az optimum a szerkezet típusától függ.

Könnyen használható egyensúlyi modell

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

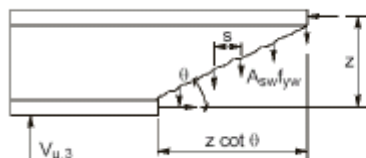


A tervezés lépései:

- $\cotg \theta$ felvétele; $45^\circ < \theta < 21,8^\circ$
- nyírási vasalás mennyiségének a számítása
- a betonsávok ellenőrzése nyomásra; $V_{Ed} < V_{Rd, max}$
- ha nem felel meg, akkor **a gerinc vastagságának a növelése** vagy a θ megválasztásával el kell érni, hogy $V_{Ed} = V_{Rd, max}$ legyen és a nyírási vasalás mennyiségét újra kell számolni.

Vasbeton szerkezetek

Gerenda méretezése nyírásra:

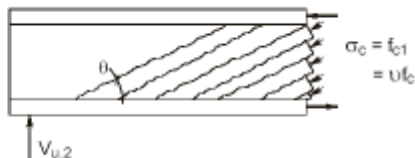


A kengyel megfolyása:

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) z f_{yw} \cot(\theta)$$

θ 45°-ról 21,8°-ra csökken:

2,5-szeresére nő az ellenállás



A gerinc betonja morzsolódik:

$$V_{Rd,max} = b_w z v f_{cd} / (\cot(\theta) + \tan(\theta))$$

θ 21,8°-ról 45°-ra nő:

1,45-szeresére nő az ellenállás

Vasbeton szerkezetek

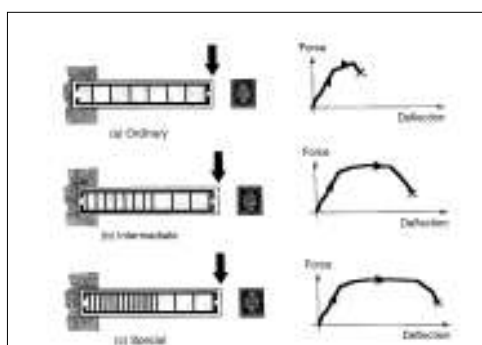
Gerenda méretezése nyírásra:

Vasbeton szerkezeti elem: hajlított nyírt gerenda

kevés kengyel

szokásos kengyel

sűrű kengyel



rideg

duktilis