

# TARTÓSZERKEZETEK II.

## VASBETONSZERKEZETEK

2010.04.16.

# NEM FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- Beton
    - Nagy nyomószilárdság – kis húzószilárdság
  - Vasbeton:
    - Nyomás – beton
    - Húzás – acélbetét
    - Terhelés hatására a tartó megreped -  
repedéstágasság
    - A beton km egy részét nem tudjuk kihasználni
- Nagy szilárdságú betonacélok gazdaságosan nem használhatók. Nagy szilárdság kihasználásához nagy nyúlások tartoznának

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

## ➤ Feszítés célja:

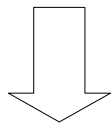
- A beton km jobb kihasználása – külső nyomóerő működtetése a tartóra
- A betonban keletkező húzófeszültségek kiiktatása

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

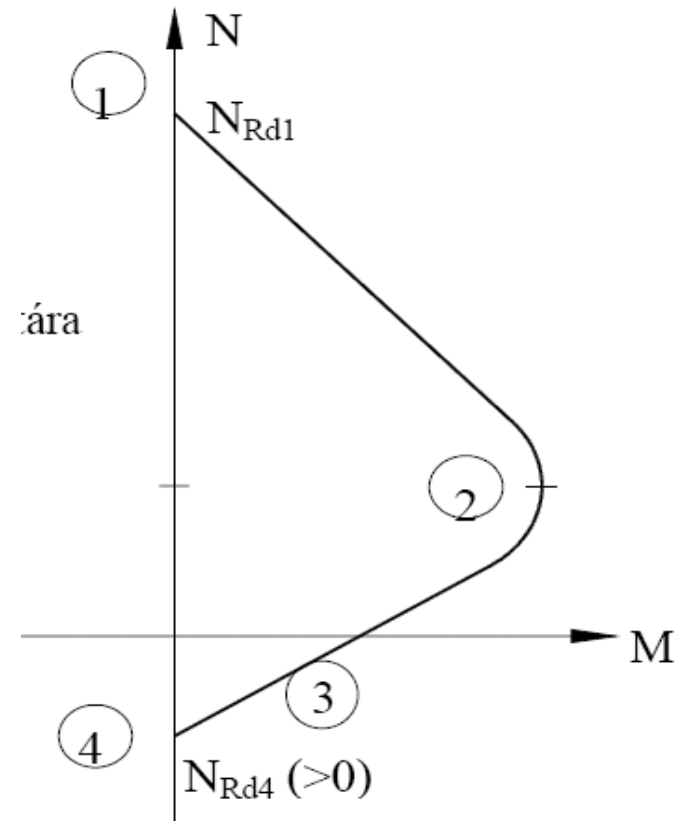
- Az olyan szerkezetek amelyek anyagának húzószilárdsága zérus, hajlítást nem tudnak felvenni. (hajlítónyomaték – húzófeszültség)
- Ha a hajlítónyomatékkal együtt nyomóerő is hat a km-re akkor a hajlítás és a nyomás együttesen a km-en belül mindenhol nyomást eredményezhetnek.
  - boltváll feletti leterhelő falazat
  - Gótikus katedrális támpillér felette szobor - leterhelés

# A FESZÍTÉS ALAPGONDOLATA

nyomatéki  
teherbírás nő ha a  
keresztmetszetet  
bizonyos nagyságú  
nyomóerő terheli.



a külső nyomóerő  
jelenléte sok  
esetben növeli a  
tartó teherbírását



# A FESZÍTÉS ALAPGONDOLATA

- A feszítés alapgondolata - az előzőekben leírt példák.
- A feszítés azonban nem külső erő!
- A feszítés a km-ben belül létrehozott „saját-feszültségállapot”.
- „saját-feszültségállapot”: a szerkezetben terheletlen állapotban is vannak feszültségek

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

A feszítés a keresztmetszeten belül létrehozott „saját-feszültségállapot”.

A vasbeton szerkezetekben úgy tudunk létrehozni saját-feszültségállapotot, hogy a behelyezett acélt megfeszítjük, ez az acél megnyúlását és a beton összenyomódását eredményezi. Erre a feszültségállapotra szuperponáljuk a tartó hajlításból származó feszültségeit.

Mindezekből azt gondolhatnánk, hogy a vasbeton tartószerkezetek teherbírását az acélbetétek megfeszítése növeli.

**EZ AZONBAN NEM ÍGY VAN!**

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- A vb. szerkezetek teherbírását az acélbetétek megfeszítése (általában) nem növeli meg. Miért?
- Normálisan vasalt tartó hajlítási teherbírása, függ:
  - az acélbetét folyási feszültségétől,
  - Az acélbetétek km-i területétől
  - Belső erők karjától

$$M_{Rd} = z \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

- Feszített tartó esetén ugyanez a helyzet:

$$M_{Rd} = z \cdot A_s^p \cdot f_{yd}^p$$



# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- A vasbeton tartószerkezetek feszítésének az oka:
  - a tartó repedésmentességének biztosítása ill. a repedéstágasság csökkentése
  - a lehajlások, alakváltozások csökkentése
- A tartó méreteit gyakran nem a teherbírás kimerülése, hanem a lehajlás vagy a repedéskorlátozás határozza meg, ezért a feszítés alkalmazásával vékonyabb karcsúbb szerkezetek készíthetők, mint feszítés nélkül.
- Repedésmentes tartó kialakításával a folyadékzárás is biztosítható, → a költséges szigetelés elhagyható

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- A feszítés előnyei:
  - A feszített szerkezetek betonja repedésmentessé tehető, vagy tetszőleges előre megadott mértékre korlátozhatók. Tehermentesítés után a repedések záródnak.
  - karcsúbb szerkezetek alakíthatók ki (azonos körülmények között) a tartó önsúlya ~10-15%-al csökkenthető.
  - Az acél tömege csökkenthető ~40-60%-al, nagy szilárdságú acélok alkalmazása miatt
  - A beton teljes vagy csaknem teljes km-e, részt vesz a teherviselésben, → nagyobb szilárdágú beton, kisebb önsúly.
  - Alakváltozás (lehajlás) jelentősen kisebb ~60-70 %-al

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- nagyobb fesztávok áthidalhatók
- nyírási teherbírás nő
- Feszítéskor tulajdonképpen anyagvizsgálatot is végzünk, mert a szerkezetben a feszítőerő ráengedésekor lépnek fel a legnagyobb feszültségek.
- Az acélban a hasznos teher hatására fellépő feszültség a folyási határhoz viszonyítva igen kis mértékben változik, ez az ismételt és dinamikus terhek szempontjából előnyös

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

## ➤ A feszítés hátrányai:

- bonyolultabb technológia szükséges a feszítés végrehajtásához, nagyobb szakértelem, bonyolultabb felszerelés szükséges a szerkezetek kialakításához
- plasztikus tartalékok kisebbek
- számítása bonyolultabb (számítógépes programok)
- építési költség (egységnyi tömegre vonatkoztatva drágább)
- ridegtörés veszélye fennáll, a tartón a törést okozó teher viszonylag nagy hányadáig repedésmentes ill. a feszítőpászma szakadónyúlása a betonacélénaál kisebb (egy részét a feszítés felemészti)

# Felhasznált anyagok:

- A feszítéshez nagyszilárdságú feszítőpászmát alkalmaznak pl. feszítőpászma Fp-100/1770 R<sub>2</sub>
  - ahol az első szám a km területe mm<sup>2</sup>-ben
  - a második a névleges szakítószilárdság
  - R<sub>2</sub> – kis relaxáció
  - $f_{yk} 1540\text{N/mm}^2 \rightarrow f_{yd} 1339\text{N/mm}^2$
- Az acélok rugalmassági modulusa alig függ a szilárdságtól → a szilárdság kihasználásához az acélban nagy nyúlást kell elérni ( $\sigma = E \times \varepsilon$ , Hooke törvény), ha az acélt nem feszítenénk meg akkor a nagy acélnyúlásokhoz, nagy betonrepedések tartoznának.
- Tehát a feszítés egyik célja az acél nagy szilárdságának kihasználása
- A feszültségvesztések nagysága min. ~180-200N/mm<sup>2</sup> → lágyvasbetétet nem érdemes megfeszíteni

# Felhasznált anyagok:

- Beton is nagyszilárdságú legyen min C25 de inkább C35 C40:
  - - nagyobb az Eceff alakváltozási tényező
  - - kisebb a kúszása
  - - alkalmasabb helyi igénybevételek felvételére
  - nagyobb a nyomott betonöv (nyomóerő van a szerkezetben) nagyobb a betonrész nyomatéki teherbírása → nagyobb a tartó merevsége → kisebb a tartó lehajlása és nagyobb a beton által felvehető nyíróerő nagysága

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- A feszítési veszteségek nagy része, a feszítési feszültségtől független. Ezért célszerű a feszítéshez minél nagyobb szilárdságú, minél jobban megfeszíthető acélt használni, mivel így a feszültségveszteségek után maradó u. hatásos feszültségi veszteség nagyobb.
- feszítőpászma Fp-100/1770 R<sub>2</sub>

# FESZÍTETT VASBETON SZERKEZETEK

- A feszültségveszteségek nagysága min. ~180-200N/mm<sup>2</sup> → lágyvasbetétet nem lehet megfeszítés során a külső teher működése előtt olyan sajátfeszültségi állapotot hozunk létre amely biztosítja a tartó előnyös viselkedését.
- A kezdeti feszítési feszültség azonban az idő előrehaladtával különböző hatások következtében csökken.
  - A legfőbb feszültségveszteségeket:
    - az acél relaxációja
    - a beton kúszása
    - a beton zsugorodása okozza.



# FESZÍTÉSI ELJÁRÁSOK

## ➤ Utófeszített szerkezet:

- Tapadóbetétes – a kábelüreget utólag kiinjektálják
- Véglehorgonyzásos a feszítőelemek csak a végeiken vannak a betonhoz rögzítve.
  - szabadkábeles tartók
  - belsőkábeles v. csúszóbetétes szerkezet

előfeszítés:

magasépítés

utófeszítés:

hídépítés

# FESZÍTÉSI ELJÁRÁSOK

## ➤ Előfeszítés:

- Az acélbetéteket megfeszítjük, és ebben az állapotban végeit a feszítőpadhoz rögzítjük, majd bebetonozzuk. A beton megszilárdulása után a rögzítést feloldjuk, a betonacél igyekszik visszanyerni eredeti hosszát, de a megszilárdult beton és az acél közötti kapcsolat ezt megakadályozza, így a betonra nyomás adódik át.

## ➤ Utófeszítés:

- a betonozáskor a betonban kábelüreget képzünk ki és abba helyezük el a feszítési acélbetéteket
- A feszítőbetéteket a megszilárdult betonra támaszkodó eszközökkel feszítjük meg, majd azokat a végükön a betonhoz rögzítjük, lehorgonyozzuk.

- A feszítés lényege tehát az, hogy a betont a külső teher fellépte előtt hozzuk a kívánt feszültségállapotba.

# Feszültségvesztések

- Előfeszített és utófeszített szerkezetben egyaránt létrejövő feszültségi veszteségek származnak:
  - A beton rugalmas összenyomódásából
  - A beton kúszásából
  - A beton zsugorodásából
  - Sokszor ismétlődő teher esetén maradó alakváltozásból
  - acél relaxációjából

# Feszültségveszteségek

- Előfeszített tartó esetén:
  - A feszítőpad és a feszítőbetét hőmérsékletkülönbségéből adódó feszítési veszteség
- Utófeszített tartó esetén:
  - súrlódási
  - ékcsúszási veszteség

### 13.3 A hatásos feszítőerő

A veszteségekkel csökkentett feszítőerő várható értéke a feszítés ráengedését  $t_0$  időpontjait követő  $t$  időpontban

- előrefeszítésnél:  $P_m(t) = P_0 - \Delta P_c - \Delta P_{ir}$

- utófeszítésnél:  $P_m(t) = P_0 - \Delta P_{sl} - \Delta P_c - \Delta P_\mu(x)$

a fentiekben:

$$P_0 = A_p \cdot \sigma_0 \quad - \text{ a kezdeti feszítőerő}$$

$$\Delta P_c \quad - \text{ a rugalmas veszteség } \left( \alpha_e = \frac{E_p}{E_c} \text{ alapján számolva} \right)$$

$\Delta P_{ir}$  - rövididejű relaxációs veszteség

$\Delta P_\mu(x)$  - súrlódási veszteség

$$\Delta P_\mu(x) = P_0 \left[ 1 - e^{-\mu(\theta + kx)} \right]$$

$\mu = 0,17$  huzal - súrlódási tényező

0,19 pászma

0,65 bordázott feszítőrúd

0,33 sima feszítőrúd

$k = 0,005 - 0,01$  gyári adat

$\theta =$  irányváltozási szögek összege

$\Delta P_{sl}$  - ékcsúszási veszteség ( $\sim 5\text{mm}$  rövidülésből kiindulva)

Az időtől függő veszteségek (kúszás, zsugorodás, relaxáció) fokozatos közelítéssel állapíthatók meg az alábbi módon:

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_s(t, t_0)E_s + \Delta\sigma_{pr} + \alpha_e\phi(t, t_0)(\sigma_{cg} + \sigma_{cp0})}{1 + \alpha_e \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2\right) [1 + 0,8\Phi(t, t_0)]}$$

itt  $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$

$E_{cm}$  - a beton alakváltozási tényezőjének várható értéke

$$\left(E_{cm} = 9500(f_{ck} + 8)^{1/3}; E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N / mm}^2\right)$$

$\varepsilon_s(t, t_0)$  - a zsugorodás értéke (0,28 - 0,60 ‰)

$\Delta\sigma_{pr}$  - a feszítőbetét x helyén a relaxációból származó veszteség

( $\sigma_p/f_{pk} = 0,7$  esetén:

pászma:  $0,075\sigma_p$

rúd:  $0,12\sigma_p$

huzal:  $0,240\sigma_p$  mint végérték)

$\sigma_p = \sigma_{pg0} - 0,3\Delta\sigma_{p,c+s+r}$  - fokozatos közelítéssel meghatározott veszteségekkel

csökkentett feszítési feszültség ( $\sigma_p \approx 0,85\sigma_{pg0}$ )

$\sigma_{pg0}$  - a feszítőbetétben a feszítésből és az állandó teherből származó feszültség

$\phi(t, t_0)$ - kúszási tényező, mely a megterheléskor

( $t_0 = 1$  napos korú beton  $\phi(t=\infty, t_0=1)$ : 5,5-2,9

$t_0 = 28$  napos korú beton  $\phi(t=\infty, t_0=28)$ : 3,0-1,5)

$A_p$  - az összes feszítőbetét keresztmetszete

$\sigma_{cp0}$  - a kezdeti feszítőerőből származó feszültség a betonban

$\sigma_{cg}$  - az állandó teherből származó feszültség a betonban

$A_c$  - a beton keresztmetszet területe

$I_c$  - a beton keresztmetszet inercianyomatéka

$z_{cp}$  - a betonkeresztmetszet és a feszítőbetétek súlypontja közötti távolság

### ***13.5 A feszített vasbeton szerkezetek számításának alapelve***

13.5.1 Az erőtani követelmények szerinti osztályozás:

(1) repedésmentességi,

(2) repedéskorlátozási

követelmények teljesítésére tervezett szerkezet.

13.5.2 A repedésmentességi követelmények (1) esetén a szerkezet az I. feszültségi állapot feltételezésével számítható.

13.5.3 A repedéskorlátozási követelmények (2) esetén a szerkezet a II., illetve a III. feszültségi vagy másként a törési állapot feltételezésével vizsgálható.

13.5.4 A szilárdsági ellenőrzést ki kell terjeszteni az ideiglenes és a végleges állapotokra.

13.5.5 A használati állapotjellemzőket (pl. az alakváltozást), a (2) esetben - repedéskorlátozást a végleges állapotban kell meghatározni.