

# **Használhatósági határállapotok**

**Repedéstágasság ellenőrzése**

**Alakváltozás ellenőrzése**

10. előadás

# Definíciók

***Határállapot:*** A tartószerkezet olyan állapotai, amelyekben túl már nem teljesülnek a vonatkozó tervezési követelmények.

***Teherbírási határállapot:*** Összeomlással, töréssel, tönkremenetelnek tekinthető túlzott mértékű alakváltozással, vagy más hasonló jellegű szerkezeti tönkremenetellel járó határállapotok. A fentiek általában a tartószerkezet vagy egy elemének teherbírási kimerülését vagy teljes üzemképtelenségét jelentik.

***Használhatósági határállapot:*** A tartószerkezet, vagy egy elemének olyan állapota, amelyen túl a használattal kapcsolatos, előírt követelmények nem teljesülnek.

***Hatáskombinációk:*** A különböző, egyidejűleg működő hatások tervezési értékeinek egy csoportja, amelyet a szerkezet megbízhatóságának igazolására használnak az adott határállapotokban.

## ***Hatáskombinációk*** használhatósági határállapotban:

### 1. Karakterisztikus (ritka) kombináció:

A repedésmentesség, a beton nyomófeszültségének (keresztirányú repedések elkerülése miatt) és az acél húzó-feszültségének korlátozásának ellenőrzésekor alkalmazzuk:

$$E_{ser(a)} = \sum G_{ki} + Q_{k1} + \sum \Psi_{0,i} Q_{ki}$$

### 2. Gyakori kombináció:

Az épületek alakváltozásának korlátozása és térbeli merevségének és a feszített tartók repedéskorlátozásának ellenőrzésekor alkalmazzuk:

$$E_{ser(b)} = \sum G_{ki} + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \sum \Psi_{2,i} Q_{ki}$$

### 3. Kvázi-állandó kombináció:

A vasbetonszerkezetek repedéstágasság, a lehajlások, továbbá a beton nyomófeszültségek kúszási ellenőrzéshez szükséges korlátozásának ellenőrzésekor alkalmazzuk:

$$E_{ser(c)} = E_{qp} = \sum G_{ki} + \sum \Psi_{2,i} Q_{ki}$$

# A vasbetonszerkezetek lehajlásának számítása

Megoszló teherrel ( $p$ ) terhelt,  $l$  támaszközű,  $EI$  merevségű gerenda maximális lehajlás értéke:

$$w_{\max} = a \frac{pl^4}{EI}$$

$a$  a gerenda befogásától függő tényező  
 $a = 5/384$  kéttámaszú gerenda esetén,  
 $a = 48/384$  konzol esetén,  
 $a = 1/384$  mindkét végén befogott gerenda esetén.

Be nem repedt tartó lehajlása (I. feszültségi állapotban):

$$w_I^{\max} = a \frac{p_{qp} l^4}{E_{c,eff} I_{iI}}$$

$a$  a gerenda befogásától függő tényező  
 $p_{qp}$  kvázi állandó kombinációból meghatározott teher  
 $l$  gerenda fesztávja  
 $E_{c,eff}$  a beton rugalmassági modulusának effektív értéke,  
 $I_{iI}$  a vasbeton keresztmetszet inercianyomatéka az I. feszültségállapot feltételezésével számítva.

Berepedt tartó lehajlása (II. feszültségi állapotban):

$$w_{II}^{\max} = a \frac{p_{qp} l^4}{E_{c,eff} I_{iII}}$$

$I_{iII}$  a vasbeton keresztmetszet inercianyomatéka a II. feszültségállapot feltételezésével számítva.

A repedések a tartón egymástól véges távolságra alakulnak ki, a repedések közötti repedésmentes húzott öv a gerendát merevíti. A gerenda tényleges lehajlásának maximális értéke kisebb az előbbiekben meghatározott maximális értéknél ( $w^{max}_{II}$ ).

A húzott öv merevítési hatását a célszerű úgy meghatározni, hogy számoljuk a repedésmentes ( $w^{max}_I$ ) és a teljesen berepedt gerenda ( $w^{max}_{II}$ ) maximális lehajlás értékét és ezek súlyozott átlagát számítjuk.

$$w = (1 - \zeta)w_I + \zeta w_{II} \quad \zeta \quad \text{súlyozó tényező}$$

- A képlet alkalmas egyéb alakváltozási paraméterek (görbület, nyúlás, elfordulás) meghatározására

$$\kappa = (1 - \zeta)\alpha_I + \zeta\alpha_{II};$$

- A II. feszültségállapotban alakváltozások számításánál sem szabad elfelejtenünk, hogy a szuperpozíció elve már nem érvényes (Ha a tartót normálerő és hajlítónyomaték is terheli a semleges tengely helyét és az inercianyomaték értékét az egyensúlyi egyenletekből kell meghatározni.

Pontosabb vizsgálat esetén az alakváltozásokat az  $\alpha$  alakváltozási paraméter alkalmazása helyett numerikus integrálással kell meghatározni a görbületnek a szerkezeti elem szükséges számú pontjában való számítása után.

# Az alakváltozások vizsgálata az EUROCODE szerint

Az alakváltozások mértékét

- a) a vasbeton szerkezetek funkciója, a szerkezeti elemek megfelelő működése, a kedvezőtlen megjelenés elkerülése és
- b) a csatlakozó elemek károsodásának megelőzése érdekében kell korlátozni.

A megengedett lehajlás értékei a terhek kvázi-állandó kombinációjának megfelelő teherre:

- a) esetben a támaszköz 1/250-ed része,
- b) esetben a támaszköz 1/500-ed része.

A nem repedésmentes szerkezetek alakváltozásainak számításakor a szerkezet viselkedését a repedésmentes és a teljes hosszban berepedt állapotok közti átmenettel kell figyelembe venni, ahol az átmenet leírására az alábbi összefüggés alkalmazható

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I$$

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I$$

- $\alpha$  alakváltozási paraméter, (nyúlás, görbület, elfordulás, lehajlás, stb.),  
 $\alpha_I, \alpha_{II}$  az  $\alpha$  paraméter I. (repedésmentes), és a II. (teljes hosszban berepedt) feszültségi állapot alapján számított értéke,  
 $\zeta$  a húzott betonzóna merevítő hatását figyelembe vevő tényező, a következő összefüggés szerint:

$$\zeta = 1 - \beta \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2, \text{ ahol}$$

- $\beta$  a teher tartósságát és ciklikusságát figyelembe vevő tényező az alábbiak szerint:

$\beta = 1,0$  egyszeri, rövididejű terhelés esetén,

$\beta = 0,5$  tartós, vagy ismétlődő terhelés esetén,

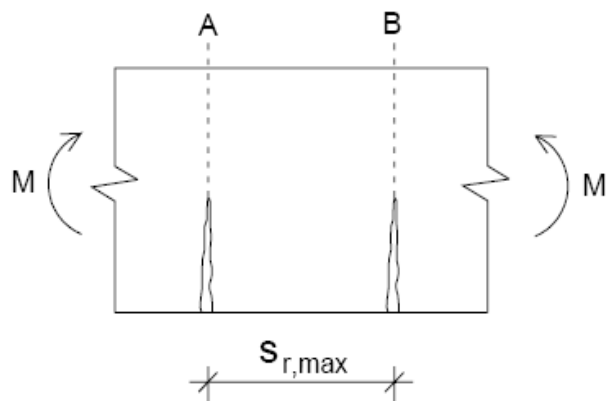
$\sigma_s$  - a húzott acélbetétben keletkező feszültség, berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva,

$\sigma_{sr}$  - a húzott acélbetétben keletkező feszültség a repesztönyomaték hatására, berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva. A  $\sigma_{sr}/\sigma_s$  hányados tiszta hajlítás esetén az  $M_{cr}/M$ , tiszta húzás esetén az  $N_{cr}/N$  hányadosokkal helyettesíthető, ahol  $M_{cr}$  a repesztönyomaték, és  $N_{cr}$  a repesztő húzóerő.

# A vasbetonszerkezetek repedéstágasságának számítása

Kármán közelítő módszere:

Feltételezés: Az első repedés a maximális igénybevétel környezetében alakul ki (általában valamilyen gyengített keresztmetszetben (például kengyelnél)). A következő repedés az első repedéstől bizonyos távolságra véletlenszerűen alakul ki.

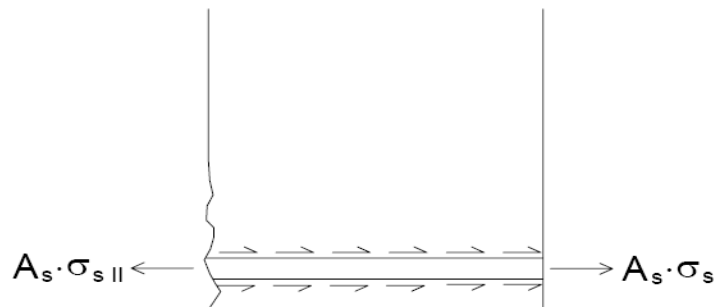
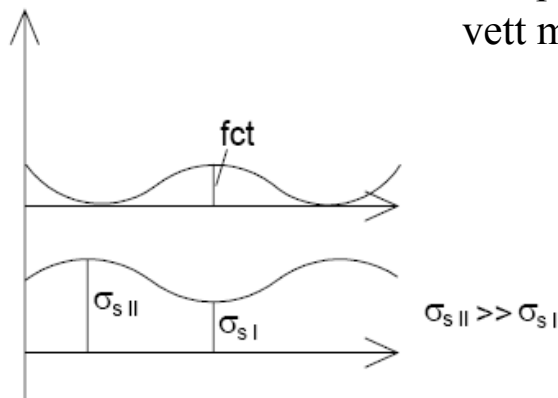


A és B km. közötti elem vízsz. egyensúlya alapján:

$$\frac{\phi^2 \pi}{4} \sigma_{sI} - \frac{\phi^2 \pi}{4} \sigma_{sII} + \phi \pi \frac{s_{r,max}}{2} k_1 f_{ct} = 0$$

$$s_{r,max} = \frac{\sigma_{sII} \phi}{2 k_1 f_{ct}} \quad k_1 \text{ tapadási tényező}$$

A repedés tágassága az acél és a beton két repedés közötti hosszon vett megnyúlásának különbsége:  $w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$





# A repedezettség ellenőrzése az EUROCODE szerint

A vasbeton szerkezetek repedezettségének mértékét a funkció, a megfelelő tartósság és a kedvezőtlen megjelenés elkerülése érdekében kell korlátozni.

Általános környezeti feltételeknek kitett épületek vasbetonszerkezetei esetén általában azt kell igazolni, hogy a hatások kvázi-állandó kombinációjára ( $E_{ser}(c) = E_{qp}$ ) a maximális repedéstágasság értéke nem haladja meg a 0,3 mm-t.

A repedéstágasságot a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$s_{r,max}$  a legnagyobb repedéstávolság,

$\epsilon_{sm}$  az acélbetét átlagos nyúlása a vonatkozó kombinációból származó igénybevétel hatására, a húzott betonzóna merevítő hatásának figyelembevételével,

$\epsilon_{cm}$  átlagos nyúlás a betonban a repedések közötti repedésmentes szakaszokon.

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$  nyúláskülönbség a betonacél és beton között.

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\sigma_s$  a húzott acélbetétben lévő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével a vonatkozó kombináció alapján számított igénybevételből,

$\alpha_e$  a rugalmassági modulusok aránya,

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$\rho_{p,eff}$  acélok fajlagos értéke,

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 A_p}{A_{c,eff}},$$

$A_s$  és  $A_p$  az  $A_{c,eff}$  hatékony, húzott betonzónában elhelyezkedő lágyacélbetétek, ill. tapadásos feszítőbetétek keresztmetszeti területe,

$k_t$  a teher tartósságától függő tényező,

$k_t = 0,6$  rövididejű terhelés esetén,

$k_t = 0,4$  tartós terhelés esetén,

$A_{c,eff}$  hatékony, húzott betonzóna, azaz a húzott vasalás körüli,  $h_{c,ef}$  magasságú betonterület,

$$h_{c,ef} = \min \begin{cases} 2,5(h - d) \\ h - x \\ 3 \\ h / 2 \end{cases}$$

## A repedések közötti maximális távolság ( $s_{r,max}$ )

Ha a tapadásos acélbetétek egymáshoz közel helyezkednek el, azaz egymástól való távolságuk  $\leq 5(c + \phi/2)$ :

$$s_{r,max} = 3,4 c + 0,425 k_1 k_2 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}},$$

$\phi$  az acélbetét átmérője. Különböző átmérőjű acélbetétek esetén a  $\phi_{eq}$  egyenértékű átmérőt kell alkalmazni az alábbiak szerint:

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}, \text{ ahol}$$

$n_1$  a  $\phi_1$  átmérőjű acélbetétek (lágycél vagy feszítőbetét) darabszáma

$n_2$  a  $\phi_2$  átmérőjű acélbetétek (lágycél vagy feszítőbetét) darabszáma.

$c$  betonfedés

$k_1$  az acélbetét és a beton közti tapadási tulajdonságokat figyelembe vevő tényező

$k_1 = 0,8$  bordás acélbetét esetén

$k_1 = 1,6$  sima felületű acélbetét esetén (pl. feszítőbetétnél)

$k_2$  a keresztmetszeten belüli feszültség(nyúlás)eloszlást figyelembe vevő tényező

$k_2 = 0,5$  hajlítás esetén

$k_2 = 1,0$  tiszta húzás esetén

Ha a tapadásos acélbetétek egymástól távol helyezkednek el, azaz egymástól való távolságuk  $> 5(c + \phi/2)$ , akkor a repedések közötti maximális távolság:

$$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$$

# A normálfeszültségek korlátozása

Általános esetben igazolni kell, hogy:

– a túlzott mértékű beton-nyomófeszültségek miatt hosszirányú repedések nem keletkeznek:

$$\sigma_c \leq 0,6f_{ck}$$

– az acélokban képlékeny alakváltozások nem alakulnak ki:

$$\sigma_s \leq 0,6f_{yk}$$

$\sigma_c$  ill.  $\sigma_s$  a karakterisztikus kombináció ( $E_{ser(a)}$ ) alapján számított maximális beton- és acélfeszültségek,  
 $f_{ck}$  a beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke,  
 $f_{yk}$  a betonacél húzószilárdságának karakterisztikus értéke.