

Tartószerkezetek II.

Használhatósági határállapotok

2010. május 07.

Használhatósági határállapotok

- **Használhatósági (használati) határállapotok:**
 - a normálfeszültségek korlátozása
 - a repedezettség ellenőrzése
 - az alakváltozások korlátozása.
- **A használhatósági határállapotok ellenőrzése során a szerkezet feszültségeit és alakváltozásait akkor szabad repedésmentes állapot feltételezésével számítani, ha a figyelembe veendő hatáskombinációból számított igénybevétel hatására repedésmentes állapot feltételezésével meghatározott beton-húzófeszültség nem haladja meg az f_{ctm} értéket.**

Hatáskombinációk

☐ használhatósági határállapotokhoz

☐ Karakterisztikus kombináció (repedésmentesség igazolása):

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } Q_{k1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

☐ Gyakori kombináció (feszített vasbetonszerkezetek repedés-korlátozása; épületek alakváltozásának korlátozása és térbeli merevségének ellenőrzése):

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } \psi_{11} \cdot Q_{k1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

☐ Kvázi állandó kombináció: (a tartós hatások következményeinek, a szerkezeti elemek eltolódásának, a vasbeton szerkezet repedéstágasságának vizsgálatához)

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

A normálfeszültségek korlátozása

- *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: $\sigma_s < 0,6f_{yk}$ és $\sigma_p < 0,6f_{pk}$
- ahol σ_c ill. σ_s és σ_p a karakterisztikus kombináció alapján számított maximális beton- ill. acélfeszültségek.

Repedéstágasság vizsgálata

- A vasbeton szerkezetek repedezettségének mértékét
 - a funkció,
 - a megfelelő tartósság
 - a kedvezőtlen megjelenés elkerülése
- érdekében kell korlátozni.
- Általános környezeti feltételeknek kitett épületek vasbetonszerkezetei esetén általában azt kell igazolni, hogy a hatások kvázi-állandó kombinációjára a maximális repedéstágasság értéke nem haladja meg a 0,3 mm-t.

Repedéstágasság vizsgálata

- A repedéstágasságot a következő összefüggéssel lehet meghatározni:
 - $w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{sm})$
 - ahol:
- $s_{r,max}$: a legnagyobb repedéstávolság
- ϵ_{sm} : az acélbetét átlagos nyúlása a vonatkozó kombinációból származó igénybevétel hatására, a húzott betonzóna merevítő hatásának figyelembevételével. Feszített szerkezetek esetén csak az acélbetétet körülvevő beton feszültségmentes állapotában meglévő acélbetét-feszültséghez képesti acélfeszültség-növekményt ($\Delta\sigma_p$) kell figyelembe venni.
- ϵ_{sm} : átlagos nyúlás a betonban a repedések közötti repedésmentes szakaszokon

Repedéstágasság vizsgálata

- Az $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ nyúláskülönbség számítása

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

Repedéstágasság vizsgálata

σ_s - a húzott acélbetétben lévő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével a vonatkozó kombináció alapján számított igénybevételből. Feszített szerkezetek esetén σ_s értékét az ε_{sm} fenti értelmezésében szereplő $\Delta\sigma_p$ értékkel kell helyettesíteni.

$\alpha_e = E_s/E_c$ - a rugalmassági modulusok σ_s meghatározásánál alkalmazott aránya

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

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

k_t - a teher tartósságától függő tényező, értéke:

$$k_t = 0,6 \quad \text{rövididejű terhelés esetén}$$

$$k_t = 0,4 \quad \text{tartós terhelés esetén.}$$

$A_{c,eff}$ - hatékony, húzott betonon, azaz a húzott vasalás körüli, $h_{c,ef}$ magasságú betonterület ahol:

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

$\xi_1 = \sqrt{\xi \frac{\phi_s}{\phi_p}}$, ahol ξ a tapadási szilárdság módosító tényezője. Értéke táblázat alapján határozható meg.

ϕ_s az alsó sorban alkalmazott legnagyobb betonacél átmérő

ϕ_p a feszítőbetét egyenértékű átmérője (Részletek: Farkas-Huszár-Kovács-Szalai: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, 203. oldal)

Repedéstágasság vizsgálata

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

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

ahol:

ϕ - az acélbetét átmérője. Különböző átmérőjű acélbetétek esetén a ϕ_{eq} egyenértékű átmérőt kell alkalmazni az alábbiak szerint:

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

ahol:

n_1 - a ϕ_1 átmérőjű acélbetétek (lágycél vagy feszítőbetét) darabszáma
 n_2 - a ϕ_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 $> 5(c + \phi/2)$:

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

A repedéstágasság egyszerűsített ellenőrzése

Vasátmérő korlátozás

Az Eurocode 2 szerint:

- *Épületek 200 mm-nél nem vastagabb vasbeton lemezeinél, nem kell a repedéstágasságot ellenőrizni,*
 - ha azok nem vagy csak elhanyagolható mértékű húzóerőt kapnak, és a
 - szerkesztési szabályoknak eleget tesznek.

A repedéstágasság egyszerűsített ellenőrzése

- A vasbeton gerendák és lemezek eleget tesznek
 - A $w_k \leq w_{k,eng}$
- repedéskorlátozási feltételnek, ha az acélbetétek átmérője nem haladja meg az alábbi értékeket

Acélfeszültség σ_s (N/mm ²)	Az acélbetét maximális átmérője ϕ_{max} (mm)		
	$w_{k,eng} = 0,4$ mm	$w_{k,eng} = 0,3$ mm	$w_{k,eng} = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

A repedéstágasság egyszerűsített ellenőrzése

Acélfeszültség közelítő értéke:

$$\sigma_s \approx f_{yd} \frac{p_{qp}}{p_{Ed}} \frac{A_{s,requ}}{A_{s,prov}}$$

Helyettesítő betonacélátmérő:

$$\varphi_{eq} = \frac{\sum \varphi_i^2}{\sum \varphi_i}$$

Táblázatból vasátmérő meghatározása

A repedéstágasság csökkenthetősége

- A vasmenyiség (A_s) növelése
 - (σ_s csökken)
- A betonacélok átmérőjének csökkentése
 - (s_{\max} csökken)
- Kéregvasalás alkalmazása (csak 30 mm átmérő felett, nem a magasépítésben)

Alakváltozások vizsgálata

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 az
 - a) esetben a támaszköz $\ell/250$ -ed része
 - b) esetben a támaszköz $\ell/500$ -ed része.

Alakváltozások vizsgálata

Berepedt szerkezet 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:

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

ahol:

- α - alakváltozási paraméter, mely lehet pl. nyúlás, görbület, elfordulás, lehajlás, stb.
- α_I, α_{II} - az α paraméter I. (repedésmentes), ill. II. (teljes hosszban berepedt) feszültségi állapot alapján számított értéke
- ζ - a húzott betonzóna merevítő hatását figyelembe vevő tényező, a következő összefüggés szerint:

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

ahol:

- β - a teher tartósságát és ciklikusságát figyelembe vevő tényező az alábbiak szerint:
 - $\beta = 1,0$ egyszerű, rövididejű terhelés esetén
 - $\beta = 0,5$ tartós, vagy ismétlődő terhelés esetén
- σ_s - a húzott acélbetétben keletkező feszültség, berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva
- σ_{sr} - a húzott acélbetétben keletkező feszültség a repesztönyomaték hatására, berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva

A σ_{sr}/σ_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.

Alakváltozások vizsgálata

- A lehajlás egyszerűsített vizsgálata:
 - ℓ/d korlátozás
- Vasbeton lemez vagy négyszög keresztmetszetű gerenda eleget tesz az $\ell/250$ lehajláskövetelménynek, ha

$$\underbrace{\frac{l / K}{d}}_{\text{karcsúság}} \leq \underbrace{\alpha (l / d)_{\text{eng}}}_{\text{megengedett karcsúság}}$$

Alakváltozások vizsgálata

$$\underbrace{\frac{l/K}{d}}_{\text{karcsúság}} \leq \underbrace{\alpha (l/d)_{\text{eng}}}_{\text{megengedett karcsúság}}$$

l az elméleti támaszköz ($l = l_{\text{eff}}$)

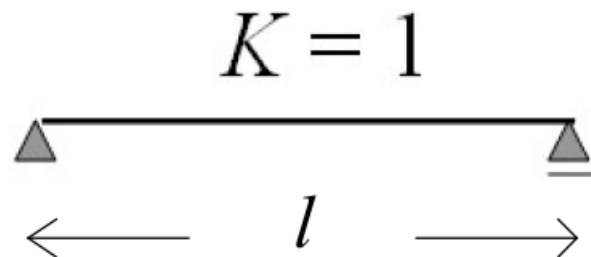
K a megtámasztási viszonyoktól függő tényező
(l/K a nyomatéki null-pontok távolsága)

d a hatékony magasság

Alakváltozások vizsgálata

***K* tényező a lehajlás ellenőrzéséhez**

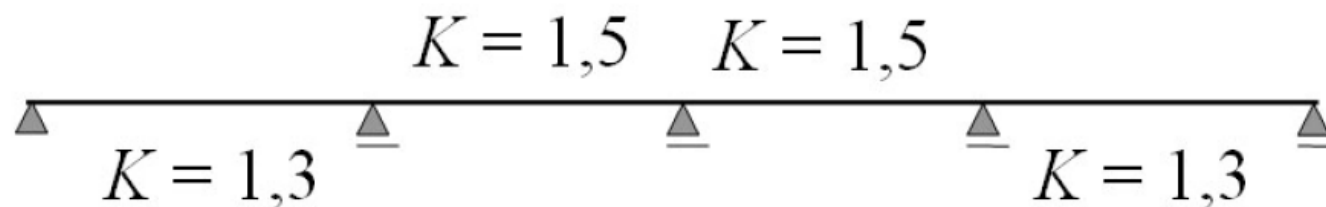
Kéttámaszú, konzol nélküli gerenda vagy lemez	$K = 1$
Többszármazékú gerenda vagy lemez szélső nyílása	$K = 1,3$
Többszármazékú gerenda vagy lemez közbenső nyílása	$K = 1,5$
Konzol	$K = 0,4$
Pontokon megtámasztott síklemez	$K = 1,2$



Alakváltások vizsgálata

K tényező a lehajlás ellenőrzéséhez

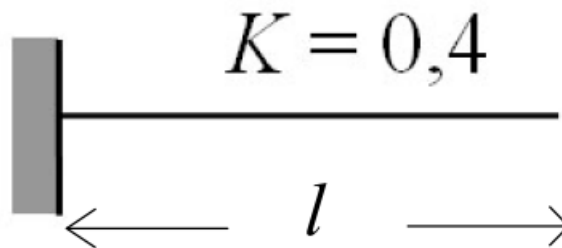
Kéttámaszú, konzol nélküli gerenda vagy lemez	$K = 1$
Többszármazékú gerenda vagy lemez szélső nyílása	$K = 1,3$
Többszármazékú gerenda vagy lemez közbelső nyílása	$K = 1,5$
Konzol	$K = 0,4$
Pontokon megtámasztott síklemez	$K = 1,2$



Alakváltozások vizsgálata

***K* tényező a lehajlás ellenőrzéséhez**

Kéttámaszú, konzol nélküli gerenda vagy lemez	$K = 1$
Többszármazékú gerenda vagy lemez szélső nyílása	$K = 1,3$
Többszármazékú gerenda vagy lemez közbenső nyílása	$K = 1,5$
Konzol	$K = 0,4$
Pontokon megtámasztott síklemez	$K = 1,2$



Alakváltozások vizsgálata

***K* tényező a lehajlás ellenőrzéséhez**

Kéttámaszú, konzol nélküli gerenda vagy lemez	$K = 1$
Többszármű gerenda vagy lemez szélső nyílása	$K = 1,3$
Többszármű gerenda vagy lemez közbenső nyílása	$K = 1,5$
Konzol	$K = 0,4$
Pontokon megtámasztott síklemez	$K = 1,2$

Pontokon megtámasztott, derékszögű hálózatú síklemezek esetén az oszlopsávokban két irányban számított l/K közül a nagyobbikat kell figyelembe venni.

Alakváltozások vizsgálata

***K* tényező a lehajlás ellenőrzéséhez**

Kéttámaszú, konzol nélküli gerenda vagy lemez	$K = 1$
Többszármű gerenda vagy lemez szélső nyílása	$K = 1,3$
Többszármű gerenda vagy lemez közbenső nyílása	$K = 1,5$
Konzol	$K = 0,4$
Pontokon megtámasztott síklemez	$K = 1,2$

Két irányban teherhordó, vonal mentén megtámasztott lemezeknél viszont a két irányban számított l/K közül a kisebbiket kell figyelembe venni.

Alakváltozások vizsgálata

- **Az alakváltozások csökkentésének eszközei**
- A hatékony magasság (d) növelése
- Többszámú támaszúsítás (l és M csökkentése)
- Betonminőség növelése (lemezeknél)
- Acélmennyiség növelése (gerendáknál)
- Túlemelés