

Tartószerkezetek II. (Vasbetonszerkezet II.)

Szép János

TARTÓSZERKEZETEK II.

- Tárgyfelelős : Szép János D410
 - www.sze.hu/~szej
 - email : szej@sze.hu
 - Konzultációs időpont : Hétfő : 10⁴⁵-12¹⁵ D410

óra	hétfő	kedd	szerda	csütörtök	péntek
8:00-8:45	1				Szép J. gyakorlat Terem: B101
8:55-9:40	2				
9:50-10:35	3				
10:45-11:30	4				
11:40-12:25	5			Fehér Z. gyakorlat Terem: B101	
12:30-13:20	6				
13:30-14:15	Szép János előadás Terem: C1	Herczeg G. gyakorlat Terem: B102		Hálósv K. gyakorlat Terem: B102	
14:25-15:10	8				
15:20-16:05	9				
16:15-17:00	10	Fehér Z. gyakorlat Terem: B101			
17:10-17:55	11				
18:05-18:50	12				
19:00-19:45	13				
19:55-20:40	14				

Tantárgyi követelmények

- Tervezési feladat
 - Födémlemez : statikai számítás, vasalási terv
- Zárhelyi
 - 2013. március 6 (szerda). D1 15³⁰-17⁰⁰ használhatósági határállapotok
 - 2013. április 10 (szerda). D1 15³⁰-17⁰⁰ lemezek számítása, átszúródásvizsgálat
- Vizsga :
 - írásbeli – szóbeli

Tantárgyi követelmények

- Korábbi félévben teljesített feladatok elfogadása:
 - Elkészült házi feladat és eredményes zh.
 - Elfogadva – csak vizsga
 - Elkészült házi feladat
 - Elfogadva – csak zh. + vizsga
 - Érvényes zárthelyi
 - Új zárthelyi
 - Házi feladat
 - vizsga

2%	1	3	3
45%	2	66	132
47%	3	69	207
5%	4	7	28
1%	5	2	10
		147	380
	átlag		2.59

5

Jogszabályok és szabványok

Kötelező, minden esetben alkalmazandó előírásokat csak és kizárólag jogszabályok tartalmazhatnak.

Jogszabály

törvény,

kormányrendelet,

miniszteri rendelet.

Kormányrendeletben meghatározott követelmények

- A rendeltetésszerű használat során az építményben, annak szerkezeteiben, környezetében, vagy a talajban az építményre káros állapotváltozás (kifagyás, talajmozgás) nem következhet be. Az építési tevékenységgel már meglévő építmények állékonyságát veszélyeztetni nem szabad.
- Az 52. § szerint az építményt úgy kell megvalósítani, ehhez az építési anyagot épületszerkezetet és beépített berendezést úgy kell megválasztani és beépíteni, hogy az esetleges keletkező tűz esetén:
 - állékonyságuk az előírt ideig fennmaradjon,
 - a tűz a szomszédos építményre lehetőleg ne terjedhessen tovább,
 - az építményben lévők az építményt az előírt időn belül elhagyhassák, vagy kimentésük lehetsége, műszakilag biztosított legyen.

Törvényben meghatározott követelmények

Az épületek teherbírására vonatkozó követelmények:

1997. évi LXXVIII. törvény 32. §-a szerint az építmény megvalósítása során érvényre kell juttatni a szakmai követelményeket, különösen:

- a mechanikai ellenállás és stabilitás,
- a tűzbiztonság
- a használati biztonság,
- az életvédelem követelményeit.

Tűzvédelmi követelmények:

1996. évi XXXI. törvény 21.§

Miniszteri rendeletekben foglalt követelmények

Az illetékes miniszterek rendeletei tartalmazzák:

- az Építőipari Kivitelezési Biztonsági Szabályzat kiadását,
- az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadását,
- a műszaki követelmények és a megfelelés igazolását,
- a hatósági engedélyezési eljárás szabályait,
- az építészeti-műszaki tervdokumentációk tartalmi követelményeit,
- az építőipari kivitelezés, valamint a felelős műszaki vezetői tevékenység gyakorlásának részletes szakmai szabályait,
- a műszaki ellenőri névjegyzékbe való felvételhez szükséges szakvizsga feltételeit,
- az építési-műszaki tervezési tevékenység részletes szabályait.

Szabvány szabványosítás

A szabványosítás története és kialakulása

- Egységesítés – Ókor – Mértékegységek
- Európa – emberi testrészek –hosszmértékegységek
 - egyes népcsoportoknál egyedeknél eltérő
- Franciaország XVIII. század
 - méter, kilogramm a hosszúság és a súly alapegysége
- Anglia XIX. század
 - Első vállalati szabványok
- Anglia XX. Század (1901)
 - Országos hatáskörű szabványügyi szerv
 - Nemzetközi szabványügyi szervezetek megalakulása 1906
 - 1960-tól regionális szabványügyi szervek.

A nemzeti szabványosítás hazai rendszere és kialakulása

1875 : Magyar Mérnök- és Építészegylet
1900 : Magyar Elektrotechnikai Egyesület
1921 : Magyar Ipari Szabványosító Bizottság
Magyar Szabványügyi Hivatal (MSZH)
1963-64 : 48 ágazati szabványközpont
többszintű szabványosítási rendszer
MSZH – magyar szabvány
miniszterek ágazati szabvány
1994 : egyszintű nemzeti szabványosítás rendszer
Szabványok használata kötelező!

A nemzeti szabványosítás hazai rendszere és kialakulása

1995 : XXVIII. Törvény EU jogharmonizáció
Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)
MSZT : nem államigazgatási szerv
önállóan gazdálkodó non-profit szervezet, a
szabványok kiadását díjazás ellenében végzi
2001: **Szabványhasználat önkéntes!**

Műszaki szabványok

A szabvány definíciója az 1995. évi XXVIII. törvény szerint:

A szabvány elismert szervezet által alkotott vagy jóváhagyott, közmegegyezéssel elfogadott olyan műszaki (technikai) dokumentum, amely tevékenységre vagy azok eredményére vonatkozik, és olyan általános és ismételten alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaz, amelyek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között a legkedvezőbb.

Szabvány szabványosítás

Azaz: A szabvány egy olyan műszaki dokumentum, amely vonatkozhat termékekre, eljárási szabályokra (technológiákra) vagy szolgáltatásokra.

A szabvány tartalmi jellemzői:

- **ismételt alkalmazásra szolgál,**
- **szabályokat, útmutatást vagy jellemzőket tartalmaz,**
- **optimális megoldást jelent.**

A szabvány kidolgozási eljárásának jellemzői:

- **közmegegyezéssel készült,**
- **arra illetékes szerv jóváhagyta,**
- **közzétették.**

Szabvány szabványosítás

A szabványosítás céljai az alábbiak:

- a rendeltetésre való alkalmasság biztosítása,
- a biztonság: élet-, egészségvédelem, munkavédelem, vagyonvédelem,
- környezetvédelem,
- a fogyasztói érdekvédelem érvényesítése,
- gazdaságosság és hatékonyság biztosítása,
- a nemzetközi kereskedelem elősegítése

A nemzetközileg elfogadott szabványok következetes alkalmazása esetén a tervező, kivitelező, a fenti követelményeket kielégíti.

Szabvány szabványosítás

Az EU-ban a szabványok alkalmazása önkéntes, nem kötelező.
A szabványtól el lehet térni, DE(!)

- Az eltérő eljárásnak legalább azt az eredményt kell nyújtania, mint amelyet a szabvány betartása biztosított volna.
- Bizonyítani kell azt, hogy az eltérés esetén is fennáll a szabványban megkövetelt biztonság.

Szabvány szabványosítás

- Ha a bíróságnak olyan műszaki kérdésben kell állást foglalnia, amelyről a jogszabály — részletesen — nem rendelkezik, akkor a joggyakorlat abból indul ki, hogy a tervezőnek kellő gondossággal kell eljárnia, a tudomány és a technika elismert szabályai szerint.
- Ezt a színvonalat — a bírósági gyakorlat által is elfogadott módon — a szabványok képviselik.
- A bíróság tehát megvizsgálja, hogy van-e olyan szabvány, amely választ ad a vitatott kérdésre. Ha létezik, akkor a szabvány előírásait tekintik mérvadónak, annak ellenére, hogy az alkalmazása önkéntes.

17

Eurocode Magyarországon

- Magyarországon 2000-ig az MSZ15020 szabványsorozat alkalmazása volt kötelező a magasépítési szerkezeteknél.
- 2001-ben a kötelező jelleg megszűnt, de a szabványsorozat érvényben maradt
- Mo. nemzetközi szerződésben kötelezettséget vállalt a közös európai méretezési szabvány az EUROCODE bevezetésére. A '90-es évek közepétől megejelentek Mo-on az. ún. „előszabványok” (ENV-k). Az ENV-k célja a tapasztalatszerzés – a nemzeti szabványokkal együtt párhuzamosan érvényesek.
- 1998-tól megindult a végleges európai szabványok (EN) kidolgozása

Eurocode Magyarországon

- Magyarország kötelezettsége, hogy az egyes összetartozó szabványcsomagok nemzetközi életbeléptetése után legkésőbb két évvel az EC Mo-n is életbe lép.
- Maximum 3 évig az európai szabványok együtt érvényesek a nemzeti szabványokkal (elsajátítás, teljes körű alkalmazás miatt)
- Nyilvánvaló, hogy a nemzetközi versenyképességet szinte kizárólagosan az EUROCODE alkalmazása biztosítja.
- A „türelmi idő” letelte után a nemzeti szabványokat vissza kell vonni.
- 2007 augusztusa óta az EC valamennyi szabványa érvényes magyar szabvány – angol nyelven

Eurocode Magyarországon

- a Nemzeti Mellékletek kidolgozása (NA-National Annex)
- Magyarországon 2010 április 1. után EC szabványok az érvényes nemzeti szabványok. 2010 december 31-ig haladékokat kaptunk. 2011 január 1.- től csak EC.
- Közbeszerzések EC szabvány szerint
- OTÉK követelményei hatályos szabvánnyal elégíthetők ki
 - Minden épületre vonatkozik (nem csak a közbeszerzésre!)
- 2010 jan. 1-től a mérnöki szolgáltatások előtt is megnyílt az EU-s piac
 - Ausztria, Németország, Szlovákia, Románia stb. mérnökeivel versenyzünk

Eurocode Magyarországon

Eurocode bevezetési problémák:

- Gazdasági helyzet
- Önkéntes szabványhasználat
- Nyelvi problémák
- Együttműködés hiánya
 - Közsféra – civil sféra

Eurocode Magyarországon

- EC-k bevezetés Magyarországon:
 - MSZ15000 szabványsorozat 20-25 éves
 - Felhalmozott tapasztalatok, kutatási eredmények figyelembevételével indokolt a felülvizsgálat
 - Állami pénz híján, ill. az EU csatlakozással
 - EU jogrendszer
 - Egységes EC szabványrendszer átvétele

Méretezési elvek, méretezési eljárások

- Előzmények
- XX század eleje: egyetlen biztonsági tényező-megengedett feszültségek elve
- 1913 Kazinczy Gábor rugalmas-képlékeny anyagmodell
- 1922 Mayer (német) a teherbírásban szeret játszó paraméterek eltérő bizonytalanságaira alapított osztott biztonsági tényezőkre vonatkozó elmélet,
- 1941 orosz/szovjet Gvozgyev teherbírasi és használhatósági határállapotok vizsgálata
- 1950 Menyhárd István - a világon először nálunk – dolgozták ki évbén az osztott biztonsági tényezők rendszerén alapuló „Ideiglenes Közúti Hidszabályzatot”.

Méretezési elvek, méretezési eljárások



Egyetlen biztonsági tényező eljárás

Ez az eljárás volt használatban nálunk és Kelet-Európában 1949-ig, továbbá 1990-ig máshol a világon, így Nyugat-Európában

$$\sigma_{\max}(E_m, L_m) \leq \sigma_{adm} = \frac{R_m}{\gamma}$$

σ_{\max} : a rugalmasságtani alapon számított legnagyobb feszültség,

E_m : a teher várható (legvalószínűbb) értéke,

L_m : a geometriai méretek várható értéke,

R_m : a szilárdság (acél esetében a folyási határ) várható értéke,

γ : az egységes biztonsági tényező ($\gamma=1,5 \dots 3,0$)

Törési biztonságon alapuló eljárás

Osztott biztonsági tényezőket használ az ún. törési biztonságon alapuló azon eljárás, amit határállapotok vizsgálatára vonatkozó módszerének is nevezünk.

$$E_d[\gamma_G \cdot G_m, \gamma_Q \cdot Q_m, (L_m \pm \Delta_L)_E] \leq R_d \left[\frac{R_m}{\gamma_R}, (L_m \pm \Delta_L)_R, S_{adm} \right]$$

$$\gamma_G = 1,1 \text{ ill. } 0,9$$

$$\gamma_Q = 1,2 \dots 1,4$$

$$\gamma_R = 1,15 \dots 1,5$$

A félvalószínűségi eljárás

Teherbírási

Használati határállapot

A terhek és hatások biztonsági tényezője a 95%-os alulmaradási küszöbértéknek megfelelően:

Az ellenállási paraméterek biztonsági tényezője:

$$Y_M = \gamma_G \cdot Y_G + \gamma_{Q_i} \cdot Y_{Q_i} + \alpha \cdot \sum_j \gamma_{Q_j} \cdot Y_{Q_j} \leq Y_H$$

$$\gamma_f = 1 + 1,645 \cdot v_f$$

$$\gamma_R = 1,15 \dots 1,33$$

Parciális tényezők módszere

- A parciális tényezők módszere lényegében az osztott biztonsági tényezős eljárás továbbfejlesztett változata, mely a hagyományos osztott biztonsági tényezős eljárásnál nagyobb mértékben támaszkodik a valószínűségi elméleti alapokon nyugvó megbízhatósági elméletre.
- Az EC az erőtan követelmények teljesülésének ellenőrzéséhez – az előírt tervezési élettartam mellett - a teherbírási és használhatósági határállapotokat definiál. A határállapotok megfelelését, mindegyik tervezési állapotban igazolni kell.

Parciális tényezők módszere

- A határállapot koncepcióban igazolni kell, hogy az alkalmazott tartószerkezeti és tehermodellek alapján eljárva a hatások, az anyagjellemzők vagy termékjellemzők és a geometriai méterek tervezési értékeit alkalmazva, a határállapot túllépése, nem következik be. Ezt az igazolást minden lehetséges tervezési állapotban el kell végezni.

29

A karakterisztikus érték és a tervezési érték

Karakterisztikus érték:

- A hatásnak a számításokban figyelembe veendő, az előírt valószínűségi követelményeknek megfelelő jellemző érték.
- Az ellenállás (teherbírás, szilárdság) esetében az anyag- vagy termékjellemző statisztikai eloszlása alapján egy előírt (általában: 5 %-os) küszöbérték.

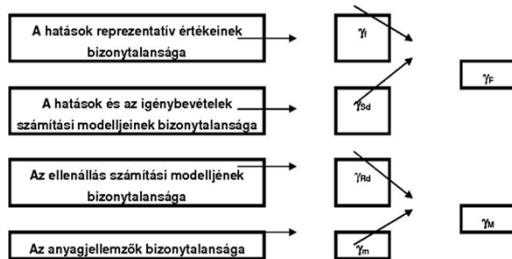
A karakterisztikus érték és a tervezési érték

Tervezési érték = biztonság figyelembevételével számított érték

- Az igénybevétel tervezési értéke az igénybevétel felső karakterisztikus értéknek egy (1-nél nagyobb) parciális biztonsági tényezővel való szorzásával kapható;
- Az ellenállás tervezési értékét az ellenállás alsó karakterisztikus értékének egy (másik, de szintén 1-nél nagyobb) parciális biztonsági tényezővel való osztásával számítjuk.

Parciális biztonsági tényezők

Az Eurocode-okban szereplő egyes parciális tényezők közötti kapcsolatot az alábbi ábra ismerteti:



AZ EUROCODE SZABVÁNSOROZAT

- EN 1990 Eurocode 0: A tartószerkezeti tervezés alapjai (Basis of structural design)
- EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások (Actions on structures)
- EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése (Design of concrete structures)
- EN 1993 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése (Design of steel structures)
- EN 1994 Eurocode 4: Betonnal együtt dolgozó acélszerkezetek tervezése (Design of composite steel and concrete structures)
- EN 1995 Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése (Design of timber structures)
- EN 1996 Eurocode 6: Falazott szerkezetek tervezése (Design of masonry structures)
- EN 1997 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés (Geotechnical design)
- EN 1998 Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre (Design of structures for earthquake resistance)
- EN 1999 Eurocode 9: Alumíniumszerkezetek tervezése (Design of aluminium structures)

AZ EUROCODE SZABVÁNYSOROZAT

- Az Eurocode szabványok tiszteletben tartják a tagállamok szabályozó hatóságainak felelősségét, és ezért biztosítják a jogaikat ahhoz, hogy a biztonsági szinttel kapcsolatos értékeket nemzeti szinten, saját maguk határozzák meg.
- **Az Eurocode-okat bevezető nemzeti szabványok** tartalmazzák az adott Eurocode CEN által kiadott teljes szövegét (a mellékletekkel együtt), melyet nemzeti címodal és Nemzeti Előszó előzhet meg, valamint egy Nemzeti Melléklet (National Annex) követhet.

NEMZETI MELLÉKLET

- A **Nemzeti Melléklet** csak az Eurocode-ban nemzetileg szabadon megválaszthatónak feltüntetett, ún. nemzetileg meghatározott paraméterekkel kapcsolatban tartalmazhat információkat, melyeket az adott országban létesülő épületek és egyéb építőmérnöki szerkezetek tervezéséhez kell felhasználni, pl.:
- számszerű értékek és osztályba sorolás ott, ahol az Eurocode alternatívákat tartalmaz;
- számszerű érték ott, ahol az Eurocode-ban csak egy jelölés szerepel;

NEMZETI MELLÉKLET

- az adott országra jellemző (geográfiai, éghajlati stb.) adatok, mint pl. hőtérkép;
- alkalmazandó eljárás ott, ahol az Eurocode alternatív eljárásokat tartalmaz.
- Ezen kívül tartalmazhat a tájékoztató mellékletek alkalmazásával kapcsolatos állásfoglalást; az Eurocode alkalmazását elősegítő, és azzal nem ellentétes, kiegészítő információkra való hivatkozást.

TERVEZÉSI ÁLLAPOTOK

- A tartószerkezet megfelelőségét (a határ-állapotok elkerülését) a tervezési állapotokban kell igazolni. Ezek lehetnek:
 - Tartós állapotok:
 - a szerkezet rendeltetészerű használata során fellépő hatások együttese;
 - Ideiglenes állapotok:
 - az építés, karbantartás, javítás során fellépő hatások;
 - Rendkívüli állapotok:
 - rendkívüli hatások (robbanás, ütközés) következményei.
 - Szeizmikus állapotok

HATÁRÁLLAPOTOK

- **Teherbírési határállapotok:**
 - A szilárdság kimerülésével összefüggő teherbírési határállapotok definíciója az EN0 szerint:
 - **helyzeti állékonyágának** elvesztése
 - A tartószerkezet vagy a tartószerkezeti elem **szilárdsági tönkremenetele** vagy túlzott mértékű alakváltozása, amikor a tartószerkezet építőanyagainak szilárdsága domináns.
 - Az **altalaj törése**, vagy túlzott mértékű alakváltozása, ahol a talaj, vagy a kőzet szilárdsága az ellenállásban jelentős szerepet játszik.
 - A tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elemek **fáradási törése**.
- **Használhatósági határállapotok:**
 - Az -alakváltozásokkal-, lengésekkel-, repedezettséggel összefüggő határ-állapotok.

HATÁS(TEHER)KOMBINÁCIÓK

- Teherbírési határállapotok vizsgálatánál:
 - Tartós vagy ideiglenes tervezési állapot
 - Rendkívüli tervezési állapot
 - Szeizmikus tervezési állapot
- Használhatósági határállapotok vizsgálatánál:
 - Karakterisztikus (ritka) kombináció az irreverzibilis határállapotokhoz $\rightarrow \psi_0$ (pl. repedésmentesség)
 - Gyakori kombináció a reverzibilis határállapotokhoz $\rightarrow \psi_1$ (pl. eltolódások, lengések)
 - Kvázi-állandó kombináció a hosszantartó hatásokhoz $\rightarrow \psi_2$ (pl. alakváltozások, repedéstágasság)

HATÁSKOMBINÁCIÓ

Tartós és ideiglenes tervezési állapothoz:

Általában:
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki} + \sum_{i \neq 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Alternatív lehetőség épületekre (az alábbiak közül kedvezőtlenebbet kell figyelembe venni)

– a)
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} + \sum_{i \neq 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

– b)
$$\sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki} + \sum_{i \neq 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\xi = 0,85$$

HATÁSKOMBINÁCIÓ

használhatósági határállapotokhoz

Karakterisztikus kombináció (repedésmentesség igazolása):

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} Q_{ki} + \sum_{i \neq 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

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

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

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

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

HATÁSKOMBINÁCIÓ

- rendkívüli tervezési állapothoz:
- Kétféle kombináció vizsgálata szükséges:
 - az egyik tartalmaz egy rendkívüli hatást (A_d), pl. jármű ütközés (közvetlen hatás)
 - a másik a rendkívüli eseményt követő helyzetre vonatkozik, ahol már $A_d = 0$, de figyelembe kell venni a közvetett hatásokat (pl. megváltozott geometria, megváltozott anyagjellemzők)

$$\sum_j G_{kj} + A_d + \sum_{i \geq 1} \psi_{1i} \cdot Q_{ki} + \sum_{i \neq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Határállapotok vizsgálata

Teherbírási határállapotok:

- Hajlítás
- Külponos nyomás
- Nyírás
- Csavarás
- Átszűrődés

Használhatósági határállapotok

- Normálfeszültségek korlátozása (irreverzibilis határállapotok megelőzése) – **karakterisztikus komb.**
 - képlékeny alakváltozások megelőzése az acélokban
 - túlzott nyomófeszültségek miatti hosszirányú repedések megelőzése a betonban
- Repedésmentesség, dekompresszió vagy rep.korlátozás
 - - **gyakori v. kvázi-állandó kombináció**
 - megfelelő tartósság
 - vizuális megjelenés
- Alakváltozások korlátozása – **kvázi-állandó komb.**
 - csatlakozó szerkezetek károsodásának megelőzése
 - vizuális megjelenés
 - fenntartási problémák megelőzése (pl. vízelvezetés)

A tartószerkezeti méretezés alapjai

- Tartószerkezetekkel szemben támasztott követelmények:
 - A hatásokkal (terhekkal) szembeni ellenállóképesség
 - A használhatóság
 - A tartósság
- A tartószerkezeteket úgy kell megtervezni és magvalósítani,
 - hogy gazdaságosan,
 - az élettartamuk alatt kellő megbízhatósággal feleljenek meg a megvalósítás és használat során fellépő minden hatásra
 - Alkalmasak legyenek a rendeltetés szerű használatra

Teherbírési határállapot

- Az építmény tartószerkezeteinek és szerkezeti elemeinek védelme a tönkremenetel ellen
- Az emberek biztonsága
- Tartósság

Teherbírési határállapot vizsgálat

- Helyzeti állékonyság elvesztése (EQU)
- Szilársági és/vagy alaki stabilitási tönkremenetel (STR)
- Fáradás vagy más időben lejátszódó tönkremenetel (FAT)
- Az altalaj törése vagy túlzott mértékű alakváltozása (GEO)
- (EQUilibrium, STRenght, FATigue, GEOtechnik)

Használhatósági határállapotok

- A csatlakozó szerkezetek épségének biztosítása
- Az emberi komfortérzet biztosítása
- A külső megjelenés
- Tartósság

Használhatósági határállapotok vizsgálata

- Alakváltozások, elmozdulások
- Rezgések, lengések
- Repedések
- A külső megjelenést befolyásoló egyéb károsodások
- Feszültségek (csak bizonyos esetekben)

A szilárdsági vizsgálat (STR - STRENGTH) teherbírási határállapotban

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = \gamma_F \cdot E_k$$
$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

A hatásokból számított állapotjellemző (pl. igénybevétel, feszültség) tervezési értéke (design value of Effect of action)

Ugyanazon állapotjellemző (pl. igénybevétel, feszültség) teherbírási jellemző tervezési értéke (design value of Resistance)

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.

Gerendák vizsgálata

- Gerenda : rúdszerű szerkezet két mérete (b/h) a harmadik méretéhez (ℓ) képest kicsi
- Kéttámaszú gerendatartó:
 - Támaszmodell csukló, görgő \rightarrow statikailag határozott szerkezet egyszerű számítás, de a valóságban szinte mindig van befogás, véletlen jellegű befogás, felső vasalás 15%
 - Igénybevétel : hajlítás, nyírás

Gerendák tervezése

- Igénybevételek meghatározása
 - Elméleti támaszköz ℓ_{eff} meghatározása
 - Terhek tervezési értéke: $p_d = \gamma_G g + \gamma_Q q$
 - M_{Ed} , V_{Ed} meghatározása
 - pl. Kéttámaszú tartó esetén :
 - $M_{Ed} = p_d \ell_{\text{eff}}^2 / 8$;
 - $V_{Ed} = p_d \ell_{\text{eff}} / 2$

Keresztmetszet felvétele

- Nyomatékra (szabad tervezés) $\xi_c = 0,3-0,4$

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

$$b d^2 \geq M_{Ed} / f_{cd} (0,255 \div 0,32) \approx \frac{M_{Ed}}{(3 \div 4) f_{cd}}$$

Keresztmetszet felvétele

Nyírásra (a beton km. Által felvehető max. nyíróerő)
 $\alpha=90^\circ$; $\Theta=45^\circ$ (kengyel, és 45° -os ferde repedés esetén)

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

$$V_{Rd,max} = b_w 0,9 d 0,5 f_{cd} \frac{0+1}{1+1} \cong 0,22 b_w d f_{cd} \rightarrow b_w d = V_{Rd,max} / f_{cd} / 0,22$$

Hajlítási méretezés (kötött tervezés)

$$M_{Ed} = b x_c f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \rightarrow x_c \rightarrow A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x_c}{2} \right) f_{cd}}$$

$A_{s,eff}$

Járatos betonacélátmérők közül választható:

Magyarországon:

$\emptyset 8, \emptyset 10, \emptyset 12, \emptyset 14, \emptyset 16, \emptyset 18, \emptyset 20,$

$\emptyset 22, \emptyset 25, \emptyset 30, \emptyset 32, \emptyset 36, \emptyset 40$

Nyírési méretezés

Szükség van-e méretezett nyírési vasalásra?

- $V_{Ed} > V_{Rdc}$ szükséges nyírési vasalás
- $V_{Ed} < V_{Rdc}$ nem szükséges nyírési vasalás

A keresztmetszet nyírési teherbírását ($V_{Rd,c}$) a nyomott zóna nyírési teherbírása biztosítja

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 k (100 \rho_l f_{ct})^{1/3} \right] b_w d \geq (v_{min}) b_w d \quad v_{min} = 0,035 k^2 f_{ck}^{1/2}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

Nyírási vasalás

- Kengyelezés
 - \emptyset → szükséges kengyeltávolság
- Felhajlított vasalás
 - 45°-ban
- Kengyelezés+felhajlított vasalás

Használhatósági határállapot

- Lehajlás
 - „pontos” számítás
 - Közelítő számítás
- Szükség esetén
 - Túlemelés
 - Km méret változtatása (magasság)
 - Vasmennyiség növelése
 - Betonminőség növelés

Használhatósági határállapot

- Repedéstágasság:

Stabilitásvizsgálat

- Kifordulás:
- Ha a tartó oldalirányban nincs rögzítve, kifordulás következhet be:
- Ekkor a tartó nyomott övének határfeszültsége a kp. nyomásnál használt φ -tényezővel csökkentve veendő figyelembe

Stabilitásvizsgálat

- Kifordulás:
- Kifordulással nem kell számolni, ha az alábbi két feltétel teljesül:

$$\frac{l_{ot}}{b} = \frac{50}{(h/b)^{1,3}}$$

$$\frac{h}{b} \leq 2.5$$

- l_{ot} : az elfordulásban gátolt km-ek távolsága
- b : a nyomott öv szélessége (középen)
- h : a gerenda magassága

Többtámaszú gerendatartók

- Rugalmas igénybevétel számítás
 - Terhelési sémák – mértékadó teherállások
- Helyettesítő teher
 - Közbenső nyílás: $p=g+1,50q$
 - Szélső támasz: $p=g+1,25q$

Töbttámaszú gerendatartók képlékeny számítása

- Támasz km (negatív nyomaték) rugalmas elmélet szerint a tartó tönkremenetele következik be:
- Ha azonban a nyomatéki mezőben (pozitív nyomaték) tartalék van a tartó még rendelkezik teherbírással a pozitív nyomaték határteherbírásáig.
- Képlékeny csukló alakul ki
- Képlékeny nyomatékátrendezés

b) felhajlított vasakat tartalmazó gerenda

