



EURÓPAI UNIÓ
STRUKTURÁLIS ALAPOK



SZÉCHENYI ISTVÁN
EGYETEM
GYŐR



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Pollack Mihály Műszaki Kar

MÉRETEZÉS ALAPJAI

PMSTNB 240 segédlet a PTE PMMK építőmérnök hallgatói részére

„Az építés- és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése”

HEFOP/2004/3.3.1/0001.01

MÉRETEZÉS ALAPJAI

FÜLÖP ATTILA

Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Kar,
Szilárdságtan és Tartószerkezetek Tanszék
<afulop@witch.pmmf.hu>

2007

Részletes tantárgyprogram:		
Hét	Ea/Gyak./Lab.	Témakör
1.	2 ó. Ea.	A mérnöki tervezés elmélete. A mérnöki munka területei, a mérnöki gondolkodás. A mérnöki döntésemélet, a feladat megfogalmazása, megfelelőség vizsgálata, gazdasági értékelés, környezetvédelmi és szociális szempontok. A mérnöki tervezés módszertana.
2.	2 ó. Gy.	A Tartószerkezeti MSz-EN Eurocode szabványsorozat.
3.	2 ó. Ea.	Szerkezet és forma. Terhek és hatások. Statikai fogalmak áttekintése. Szerkezeti anyagok és az abból készülő szerkezeti (rúd, gerenda, tárcsa, lemez, héj) elemek viselkedési formái, tartószerkezetek fő típusai.
4.	2 ó. Gy.	Szerkezet alakzatának, anyagának és terhelésének modellezése. Az erőtani számítás célja, pontossága, közelítő számítási eljárások. Erőtani és környezeti hatások. Szerkezeti anyagok fontosabb jellemzői. Szilárdságtani fogalmak áttekintése. Kitekintés a statikailag határozatlan szerkezetek igénybevételeire.
5.	2 ó. Ea.	Valószínűségelméleti alapfogalmak. A méretezés történeti fejlődése, alapelvei. Hazai és nemzetközi méretezési eljárások. Tartószerkezeteket érő hatások. EN szerinti alapfogalmak (a hatások várható-, karakterisztikus-, reprezentatív és tervezési értékei).
6.	2 ó. Gy.	Az Eurocode-ok általános elvei, alkalmazási területe, az alkalmazás előfeltételei, fogalmi rendszere. A méretezési szakkifejezések magyar és angol nyelven. Jelölések.
7.	2 ó. Ea.	Méretezés elve, méretezéselméleti alapfogalmak (kapacitás, műszaki igény, vállalt kockázat). A létesítmény jellemző költségei. Alapkövetelmények. Építmények megbízhatósági szintjei. A határállapot-konceptió alapelvei. Tartószerkezet méretezése megbízhatósági módszerrel.
8.	2 ó. Gy.	Tartószerkezetek méretezése a parciális tényezős eljárással. Épületekre vonatkozó szabályok. Teherbírási és használhatósági határállapotok. A hatások kombinációja.
9.	2 ó. Ea.	A tartószerkezeteket érő általános hatások. Állandó (szerkezeti önsúly, burkolatok, falak, válaszfalak, egyéb) hatások. Épületek hasznos terhei, födémterhek karakterisztikus értékei. A kombinációs tényezők rendszere. Teherelrendezés és következményei. Csökkentő tényezők. <i>Számítási gyakorlat: Tehercsoportosítás közbelső födémekre</i>
10.	2 ó. Gy.	1. zh: Méretezéselméleti és Eurocode alapfogalmak. A hőteher és annak modellezése (halmazsűrűség, karakterisztikus és tervezési értékek, alakító tényezők). Hőmérsékleti hatások.
11.	2 ó. Ea.	A szélhatás és modellezése, a szerkezet válasza. A szélnyomás referencia értékei, szélerők származtatása. Beépítettség kategóriák, szélsébségek, illetve tényezők hazai területen. A szerkezet dinamikus válasza.
12.	2 ó. Gy.	Közúti hidakat terhelő erők és hatások. Hidak forgalmi terhei. Rendkívüli hatások. <i>Számítási gyakorlat: Tehercsoportosítás tető födémekre.</i>
13.	2 ó. Ea.	2. zh: Határállapotok. Tehercsoportosítás födémekre. Helyzeti állékonyság, szilárdsági tönkremenetel, altalaj törése, fáradási törés fogalma.
14.	2 ó. Gy.	Tűznek kitett tartószerkezetet érő hatások. Kísérlettel segített tervezés: a kísérletek típusai, megtervezése és értékelése, tervezési értékek származtatása.

TARTALOMJEGYZÉK:

1. A mérnöki tervezés elmélete.....	4
1.1. A mérnöki munka.....	4
1.2. A mérnöki gondolkodás.....	4
1.3. A mérnöki döntésmélet.....	5
1.4. A mérnöki tervezés módszertana (metodikája).....	6
2. A Tartószerkezeti MSZ-EN Eurocode szabványsorozat.....	7
2.1. EU és EU szabványok történeti háttere.....	7
2.2. Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai.....	7
3. A szerkezet, mint a méretezés tárgya.....	9
3.1. Szerkezetek.....	9
3.2. Szerkezet és szerkezeti forma.....	9
4. Szerkezetek modellezése és az erőtani számítás.....	11
4.1. Tartószerkezetek modellezése.....	11
5. Valószínűségelméleti alapfogalmak. Tartószerkezeteket érő hatások értékei.....	12
5.1. Valószínűségelméleti alapfogalma.....	12
5.2. A méretezési eljárások fejlődése.....	13
5.3. Tartószerkezeteket érő hatások.....	15
6. Az Eurocode-ok általános elvei.....	18
6.1. Alkalmazási terület.....	18
6.2. Az alkalmazás előfeltételei.....	18
6.3. Különbség az alapelvek és az alkalmazási szabályok között.....	18
7. Határállapot-koncepció alapelvei.....	19
7.1. Méretezési alapfogalmak.....	19
7.2. A létesítmény jellemző költségei.....	20
7.3. A határállapot-koncepció alapelvei.....	20
8. Tartószerkezeteket méretezése a parciális tényező eljárással.....	21
8.1. Általános elvek.....	21
8.2. Teherbírási határállapotok.....	22
8.3. Használhatósági határállapotok.....	22
8.4. Épületekre vonatkozó szabályok.....	23
9. Tartószerkezeteket érő hatások I.....	24
9.1. Állandó hatások.....	24
9.2. Épületek hasznos terhei.....	24
10. Tartószerkezeteket érő hatások II.....	27
10.1. Hóteher.....	27
10.2. Szélhatás.....	27
10.3. Hőmérsékleti hatás.....	28
11. Közúti hidakat terhelő erők és hatások.....	30

1. A mérnöki tervezés elmélete

1.1. A mérnöki munka

Minden mérnöki tervezéshez elméleti ismeretek szükségesek, amelyek nemcsak műszaki részletismereteket ölelnek fel, hanem tágabb körű tudást is tartalmazniuk kell. A mérnöknek tájékozottnak kell lennie az általa tervezett létesítmény emberi vonatkozásairól, beleértve nemcsak a használati szempontokat, hanem a komfortot, az esztétikát, a környezetvédelmet, és általában az emberre, az emberi közösségre gyakorolt hatásait.

A tervezés az építmények megvalósítási folyamatának része. E folyamat első lépése az igény megjelenése és megfogalmazása, ezt követi a tervezés, majd a tényleges megvalósítás, azaz a kivitelezés. A terv az igény kielégítésének a tervező által elképzelt módozatát tartalmazza. A terv kialakítását befolyásoló főbb tényezők a funkció, a szerkezet, a forma és a gazdaságosság.

Általában azokat az építményeket, amelyekben a tartószerkezet, illetve a tágabb értelemben vett szerkezet dominál (hidak, gátak, távvezetékoszlopok, hűtőtornyok, stb.), mérnöki építményeknek tekintjük, azokat pedig, amelyekben a funkció és a forma szerepe a nagyobb, és elsősorban emberi tartózkodás céljára szolgálnak, építészeti alkotásoknak, vagy röviden épületeknek hívjuk.

A mérnöki tervezéseméletnek az egyik része azokat az elméleti műszaki ismereteket tartalmazza, amelyek szükségesek a létesítmény korrekt megtervezéséhez, ilyenek a statikai, vízepítési, közlekedési ismeretek, a másik rész a mérnöki tevékenység emberi (szociológiai, pszichológiai, településfejlesztési stb.) vonatkozásait és kapcsolódásait kutatja, túlmutatva a szorosan vett műszaki szempontokon.

A mérnöki feladatkör régebben főként a földfelszín alakítását-művelését, a kultúrtáj létrehozását ölelte fel, amibe egyaránt beletartozott a vízszabályozás, az út-, vasút- és hídépítés, a geodézia, a településrendezés és -gazdálkodás. A "kultúrmérnök" fogalma a régebbi időkben jól kifejezte a társadalmi célokhoz és kultúrához kapcsolódó széles látókörű, munkaterületeit egészében áttekintő mérnöki hivatás lényegét.

A mérnöki alkotó tevékenység a következő négy lépésből áll: anyaggyűjtés, érlelés, az alapötlet kitalálása, részletes kidolgozás. Az építménytől az építtető azt várja el, hogy a saját elképzelését valósítsa meg, és lehetőleg olcsó legyen. Ez azonban nem feltétlenül jelenti a legkevesebbe kerülő megoldást, mert figyelembe kell venni az építési idő hosszát, a fenntartási költségeket, az átalakítási lehetőséget és még sok más tényezőt. Mindezeket úgy foglalhatjuk össze, hogy a leggazdaságosabb megoldást kell megkeresnünk, ami voltaképpen optimálást jelent.

Alapvető szempont a mérnöki szerkezet biztonsága. Ha a szerkezet összeomlása emberi életet veszélyeztet, akkor a súlyos meghibásodás valószínűségét igen alacsony szinten kell tartani. Ennek számszerű értékét általában a szabványok írják elő.

A tervezési folyamatnak csak egyes részeit lehet gépesíteni. Az egyik ok az, hogy a tervezésben kielégítendő szempontok egy része nem számszerűsíthető. A másik ok az, hogy a tervezésben szinte mindig van valami új ötlet, új megoldás, eddig figyelembe nem vett szempont, ami nem építhető be a számítógépes programba. Mindezek miatt nincs számítógéppel végeztetett tervezés, csak számítógéppel segített tervezés (CAD = computer aided design) van.

A méretezés alapelveinek a legegyszerűbb fajtája, hogy kétféle követelményt állítunk fel. Az első: a szerkezet ne dőljön össze, de megengedjük, hogy károsodjék. A második az, hogy a szerkezet egyáltalán ne, illetve csak korlátozott mértékben károsodjék. A tartószerkezetek elméletébe tartozik a szerkezeti anyagok elmélete is.

1.2. A mérnöki gondolkodás

A mérnöki munka területei a magaspépítés, a hídépítés, közlekedésepítés, vízepítés.

A mérnöki gondolkodás sajátosságai: a nagyból a kicsi felé haladás, a jövőbelátás, alkalmazkodás az adottságokhoz, a természettudományos modellalkotás, a feltételezések és eredmények folyamatos ellenőrzése, és a társtudományok iránti fogékonyság.

A tervező elgondolt megoldásait - a társtervezőket is magába foglalóan - a tervezők körében fogadják el először a zsűri, a tervellenőrzés és végellenőrzés során. Ezután a megvalósítható és jó megoldást közérthetően fogalmazzák meg, és azt az építető is magáévá kell tegye, el kell fogadja. Az építetővel közös lépés az elfogadtatás a társadalommal és bajvívás az ellenzőkkel. Végül is a hatósági "pecsét", a hatósági engedély szentesíti a megoldást (de a felelősség átvállalása nélkül!).

Nem elég úgy megtervezniünk egy építményt, hogy csak a megépülése után közvetlenül elégítse ki a műszaki követelményeket, hanem gondoskodnunk kell arról is, hogy idő előtt ne menjen tönkre, így lényeges, hogy a szerkezet illetve az építmény karbantartható legyen, a jobban igénybevett elemek cserélhetőek legyenek, tartsuk távol a szerkezettől a vizet és a korrozív anyagokat.

A tartószerkezetek elmélete egyes építmények veszélyessé válásának mérlegelésével, a kialakuló veszélyes, de még eltűrhetőnek tekintett helyzet, nevezetesen a vizsgált rendkívüli hatás figyelembevételével végzett szerkezettervezés szemléletéről szól. A tervezést a biztonságos műszaki megoldásra törekvő tevékenységnek fogjuk fel. A tervezés modellek alkotásával folyik.

A mérnöki munka társadalmi vagy üzleti érdekeket szolgál, nagy értékű létesítményeket hoz létre, hosszú élettartamot kell művének kiszolgálnia, így felelőssége igen nagy. A jó mérnök a szakma és a tudomány normáit tiszteletben tartva végzi munkáját, és nem enged sem a pénz, sem a külső kényszerek nyomásának, ha az a minőség ellen hat.

1.3. A mérnöki döntéselmélet

A mérnökök kezdettől fogva igyekeztek ésszerű döntéseket hozni, de a feladatok összetettsége, az egyes tényezők bonyolult összefüggései miatt ez nem egyszerű feladat, sőt sokszor gyakorlatilag lehetetlen az elméletileg legjobb megoldás kiválasztása. Ez egyben azt is jelenti, hogy - az egzakt, matematikai módszerrel meghatározható megoldás hiányában - az intuíció, a mérnöki kreativitás továbbra sem nélkülözhető.

A mérnöki tervezés főbb lépései: a feladat meghatározása, a megfelelőség vizsgálata, előterv, majd részletterv készítése, és végül a kivitelezés.

A feladat pontos megfogalmazását az alábbi lépésekben célszerű végrehajtani:

- fogalmazzuk meg a feladatot, mint egy nagyobb probléma részét
- határozzuk meg a szóban forgó mérnöki rendszert, mint egy nagyobb rendszer részét
- határozzuk meg a feladat alapját képező reális igényeket
- gyűjtünk a feladattal kapcsolatos háttér-információkat
- keressük a terv várható mellékhatásait
- állapítsuk meg a kényszereket
- részletezzük a célokat, keressük meg a köztük levő esetleges ellentmondásokat
- részletezzük a feladat teljesítésének követelményeit és az üzemeltetés feltételeit
- állapítsuk meg a hatékonyság mértékét

A megfelelőség vizsgálatának célja annak megállapítása, hogy az egyes alternatív tervek közül melyek azok, amelyek várhatóan sikeresen megvalósíthatók. A vizsgálatnak arra kell kiterjednie, hogy melyik alternatíva megfelelő teljesítményű az adott működési feltételek mellett, anélkül, hogy valamelyik kényszert sértene.

A vizsgálatot a következő lépésekben célszerű végezni:

- vegyük számba a rendelkezésre álló forrásokat
- kutassuk fel, és lehetőleg számszerűsítsük a kényszereket

- fejlesszünk ki minél több ígéretes alternatívát
- a nem versenyképes megoldások fokozatos kizárása
- ha szükséges, módosítsuk a feladat megfogalmazását
- ha szükséges, vessük el a tervet

A megfelelőségi vizsgálat egyenes folytatása az előterv készítése, az ott megmaradt alternatívák részletesebb vizsgálata abból a célból, hogy közülük a legmegfelelőbb viszonylag kis munkaráfordítással kiválasztható legyen. A kiválasztott tervváltozat birtokában lehet elkészíteni a részletes terveket, a pontos számításokkal és gazdaságossági vizsgálatokkal.

A mérnöki rendszerekre jellemző, hogy sok alrendszerből (rendszer-komponensből) állnak, amelyek szintén önálló rendszert képeznek. Jellemzőjük továbbá, hogy egy nagyobb rendszer alrendszereként működnek, pl. egy vízellátó rendszer a csatornázási, közlekedési, távközlési stb. rendszerrel együtt a város rendszerének alrendszere.

A mérnöknek nemcsak az adott feladat műszakilag helyes, lehető legjobb, hanem gazdasági szempontból is kielégítő megoldására kell törekednie. Lényeges, hogy a létesítmény haszna nagyobb legyen a költségeknél, az értékeléshez különböző módszereket alkalmaznak, pl. a megtérülési idő, a jelenlegi nettó érték, az ekvivalens éves érték, a haszon, és a hozam.

A döntés három alaptípusát különböztethetjük meg: a beruházás megvalósuljon-e, választás egymást kizáró tervváltozatok között (pl. híd vagy alagút), választás a különböző tervváltozatok között, ha a rendelkezésre álló tőke adott.

A költségek nagy részét az építési költségek teszik ki. A komplex gazdaságossági vizsgálat meglehetősen bonyolult, így csak nagyobb létesítmények esetén végzik el teljes egészében. A tervezés első fázisában ezért nagy jelentősége van a költségbecslésnek, ennek alapját a korábbi gyakorlatban kialakult egységárak képezik.

A mérnöki létesítmények általában erősen hatnak a környezetre és a társadalomra, ezek részben kedvezőek, részben károsak. A mérnöknek kiemelt szerepe van a földi erőforrások helyes kihasználása és megőrzése területén. A nagy beruházások tervezése előtt a hatóságok általában megkövetelik a környezetvédelmi (és szociális) hatástanulmányok készítését. A döntést végül sok esetben politikai szempontok alapján hozzák meg.

A döntés célja a legjobb megoldás megtalálása (ha ezt a gyakorlatban nem is mindig sikerül elérni). A tervezőnek mindig arra kell törekednie, hogy néhány lényeges célt lehetőleg maximálisan kielégítsen, miközben biztosítja a különböző kényszerek teljesítését is. A célok teljesítését egy vagy több hatékonysági kritériummal lehet mérni. Ezt matematikai optimalizálással lehet megkísérelni.

A tervezési feladatok bonyolultsága, egyes tényezők nem számszerűsíthető volta miatt az egzakt matematikai módszerek alkalmazhatósága viszonylag szűk területre korlátozódik, a terv koncepciójának kialakításában pedig belátható időn belül szóba sem jöhet. Az analitikus gondolkodás lényegében már ismert megoldásokat alkalmaz az adott feladatra, míg a kreatív gondolkodásmód arra törekszik, hogy minél több ötlet, elgondolás közül lehessen a legjobbat kiválasztani.

1.4. A mérnöki tervezés módszertana (metodikája)

A "magasépítés" fogalomkörébe elsősorban az épületek (lakó- és középületek, valamint az ipari, mezőgazdasági, raktározási célú épületek) tartoznak bele, de sokszor ideértik a föld feletti mérnöki létesítményeket is (silók, víztornyok, stb.). A tervezés mindig alap-döntésekkel kezdődik. Az egyik legfontosabb szempont a funkcionális megfelelés, pontosabban a rendeltetés céljára legcélszerűbb építményfajta, tartószerkezet és forma megválasztása, valamint a szerkezeti anyag és az építésmód tisztázása.

A mélyépítés (alépítmények, földművek, tereprendezés, támfalépítés, alapozás, alagutak és földalatti műtárgyak építése) sajátos mérnöki szakterület, mert a földi környezetnek - különösen az altalajjal való

kölcsönhatások révén - még a mérnöki munkákon belül is az átlagosnál nagyobb jelentősége van. Az általaj nem csupán teherviselő, hanem a választott építéstechnológiát és szerkezetet is meghatározó, a kész létesítményt terhelő, az új egyensúly kialakulásában aktív szerepet vivő, és időben változó hatásai révén a tervezési koncepciót is alapvetően befolyásoló tényező.

A közlekedés személyeknek és dolgoknak olyan tömeges helyváltoztatása, amely alkalmas technikai berendezések igénybevételével jön létre. Az egyes közlekedési ágazatokat (személyközlekedés, áruszállítás, hírtovábbítás) pályájuk szerint szokásos megkülönböztetni. Eszerint van szárazföldi közlekedés (közúti, vasúti és városi közlekedés); vízi közlekedés (belvízi és tengerhajózás); egyéb közlekedés (posta hírtovábbítás, vezetékes szállítás). Az építőmérnökök feladatkörébe alapvetően a közúti közlekedést kiszolgáló közúti létesítmények tervezése tartozik.

Valamely vízügyi létesítmény (pl. vízlépcső, kikötő, öntöző és belvízcsatorna, vízi közmű) megvalósítását osztársadalmi, ágazati, helyi, magán indíttatású igények valamelyike, vagy kapcsolatuk kényszeríti ki. Az igény-kielégítés azonban gyakran ütközik közérdekkel, helyi-, egyéni érdekekkel, így többször érdekcsoportok küzdelme alakulhat ki, melynek kezelése gondot okozhat. A tervezés főbb lépései: az előkészítési tevékenység, a megvalósíthatósági vizsgálat, az építési-anyagtechnológiai vizsgálat, az anyagigény kielégítésének vizsgálata, az elvi és létesítési engedélyek beszerzése, a környezeti hatásvizsgálat, az engedélyes tervek, a kiviteli- és részlettervek elkészítése, a tervezői művezetés, az üzemelés tervének, valamint a kárelhárítási és balesetelhárítási utasításoknak elkészítése, végül a fenntartási és a megvalósulási terv.

Irodalom

Kollár L. Mérnöki tervezésemélet. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.

Kollár L. Mérnöki szerkezetek tervezése. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.

Mistéth E. Méretezéselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

2. A Tartószerkezeti MSZ-EN Eurocode szabványsorozat

2.1. EU és EU szabványok történeti háttéré

Dátumok: A két világháború között politikusok, írók, stb. részvételével páneurópai mozgalom jön létre 1924-ben hivatalosan is Bécsben; 1926-ban a 24 ország részvételével rendezett kongresszusokon merült fel a nemzeti határok nélküli Európa ideája; A Népszövetségi francia előterjesztés a föderatív EU előkészítése, de a világháború elsöpörte. További dátumok: 1948: Benelux vámúnió; 1950: MONTANUNIO 6 ország (Benelux, FR, DE és IT) részvételével; 1956: Gazdasági Únió terve, EURATOM és MANTANUNIO egymásra találása; 1957: Közös Piac; 1958 Róma a szerződések életbelépnek; 1960-as évek: EFTA és EU Szabadkereskedelmi Vállalkozás; 1986: egységes EU okmány, létrejön az Európai Közösség (73: DK, UK, IR, 81: GR, 86: SP, PT, 90: DE, 95: AU, FI, SV; NO népszavazáson elvetette, Svájcban fel sem merült a csatlakozás), 92: Maastrich, ma is érvényes EU szerződés.

Európai Tanács: kormányok képviselői (külügyminiszterek) a legfőbb jogalkotó (minősített többség szükséges), de már nem egyforma súllyal szavaznak a résztvevők. EU Bizottság: végrehajtó testület. EU Parlament: 626 képviselő (népesség, terület, gazdaság súlya).

A szabályzatok több mint félévszázados hazai és kelet-európai országbeli, továbbá az amerikai szabályzatok alkalmazási tapasztalatai az 1990 évek kezdetéig Nyugat-Európában eloszlatták a megengedett feszültségek alapján dolgozó mérnökök évtizedes ellenállását és az Európai Unióban bevezették az Európai Előszabványokat (ENV-eket). Ez egy szabványsorozat, témánként különböző kötetekből és azon belül fejezetekből.

Most van az idő, hogy az MSZ 15... sorozat mellett érvényesek legyenek az EC szabványok is. Magyar Közlöny 2001. szept. 5. számban 56/2001 (IX.5) FVM rendeletben: „...Az egyes építésügyi nemzeti szabványok kötelező nyilvánításáról szóló 96/1999 (XI.5) FVM rendelete hatályát veszti 2002. jan. 1-én...”.

Az elmúlt évtized tapasztalatai alapján tökéletesített formában és tartalommal került kiadásra az MSZ EN (honosított európai szabvány) 1990 Eurocode: „A tartószerkezeti tervezés alapjai” megnevezésű szabályzat és a kapcsolódó MSZ-EN 1991 Eurocode: „A tartószerkezeteket érő hatások”. Mindkettő a 2003. augusztus 1-én közzétett angol nyelvű változat 2004. május 1-én megjelent magyar nyelvű változata kiegészítve a Magyar Nemzeti Melléklettel, amelyek a magyarországi alkalmazás számára készültek.

Az EN0 és EN1 rendszerbe gyűjtve részletesen taglalja, illetve értelmezi a méretezés alapelveire, a szerkezeti biztonságra, a használhatóságra és a tartósságra vonatkozó ismereteket. Az új szerkezetek tervezéséhez használható EN0, az ún. megbízhatósági módszerre épül és a határállapot-koncepció keretében a parciális tényezők módszerét, alkalmazza.

2.2. Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai

Eurocode: Basis of structural design

Eurocode: Bases de calcul des structures

Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

A Tartószerkezeti Eurocode-program a következő szabványokat tartalmazza, melyek általában több részből állnak:

- EN 1990 Eurocode: 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: Faszervezetek 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 szabványok tiszteletben tartják a tagállamok szabályozó hatóságainak felelősségét, és ezért biztosítják a jogukat ahhoz, hogy a biztonsági szinttel kapcsolatos értékeket nemzeti szinten, saját maguk határozzák meg.

Az EU és az EFTA tagállamainak egyetértésével az Eurocode-okat hivatkozási dokumentumként a következő célokra alkalmazzák:

- épületek és más építőmérnöki szerkezetek esetén a 89/106/EEC irányelv szerinti alapkövetelmények - különösen az 1. számú alapkövetelmény: Mechanikai szilárdság és stabilitás, és a 2. számú alapkövetelmény: Tűzhatással szembeni biztonság - teljesülésének igazolására szolgáló eszköz;
- építményekről, és azokkal kapcsolatos építőmérnöki szolgáltatásokról szóló megállapodások alapját képező dokumentum;
- az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírások kidolgozásának keretdokumentuma.

Az Eurocode szabványok mind a hagyományos, mind az újszerű tartószerkezetek, vagy azok szerkezeti elemeinek tervezése során alkalmazandó általános szabályokat tartalmazzák. A szokásostól eltérő tartószerkezetekre, vagy a szokásostól eltérő tervezési körülményekre vonatkozó előírásokat nem tartalmazzák, ilyen esetekben a tervezés során elméleti alapokra és tapasztalatokra épülő megfontolásokra van szükség.

Az Eurocode-okat bevezető nemzeti szabványok tartalmazzák az adott Eurocode CEN által kiadott teljes szövegét (a mellékletekkel együtt), melyet nemzeti címoldal és Nemzeti Előszó előzhet meg, valamint egy Nemzeti Melléklet követhet.

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;
- 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.

Új szerkezetek tervezésekor az EN 1990-et közvetlenül kell alkalmazni az EN 1991-EN 1999 Eurocode-okkal együtt.

Az EN 1990 a szerkezetek és a szerkezeti elemek tervezésével, tesztelésével és megvalósításával kapcsolatos szabványokat kidolgozó bizottságok, az ipari partnerek, a tervezők és a kivitelezők, és az illetékes hatóságok számára készült.

Irodalom

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata)

MSZ EN 1990 NM Magyar Nemzeti Melléklet az Eurocode 0-hoz: A tartószerkezeti tervezés alapjai (Hungarian National Appendix for Eurocode 0: Basis of structural design)

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

3. A szerkezet, mint a méretezés tárgya

3.1. Szerkezetek

A szerkezet fogalmát definiálhatjuk, mint - egyéb más funkciók ellátása mellett - az anyagok olyan szándékkal való összeépítését, hogy terhet tudjanak viselni, vagy közvetíteni.

Az élő, biológiai szerkezetek az egysejtűektől a növényeken át az emberig sokkal régebb óta léteznek, mint az ember által készített élettelen, technológiai (műszaki, mérnöki) szerkezetek.

Az élő és élettelen szerkezet kiválasztásának célszerű vezérelve a gazdaságosság. A szerkezet funkciója, a rendelkezésre álló szerkezeti anyagok és a szerkezet létrehozásának lehetőségei a választható szerkezetek körét szűkítik, de ebből a szűkebb körből a szerkezettervező már a gazdaságosság szempontjai szerint választja ki a megépítendő. Az élő szerkezetek esetében a szerkezettervezőt az evolúció helyettesíti.

3.2. Szerkezet és szerkezeti forma

A tervező feladata olyan hatékony szerkezet létrehozása, ahol az elegancia és a gazdaságosság is egyensúlyban van.

A szerkezeti formák: a test (falak, gátak), a felület (tárcsa, lemez, héj), a vázas (rácsos tartók,

keretek), a membrán, és a hibrid (az előzőek kombinációja).

A szerkezeti formák a természetben: barlang, pókháló, emberi és állati csontvázak, fa és levelek, termesvár, méh-sejt, kagylóhéj, bogarak kitinpáncélja, stb.

Ember által készített szerkezetek: piramis, wigwam, jurta, bútor, kerékpár, repülő, autó, gátak, támfalak, híd, daru, épület, felhőkarcoló, tornyok, távvezeték oszlopok, stb.

Szerkezeti anyagok

- szerkezeti acél, beton, vasbeton, fa, üveg, kompozit, stb.
- anyagokra vonatkozó fogalmak: húzó- és nyomószilárdság, merevség, izotróp-anizotróp, feszültség-alakváltozás diagramok
- a keresztmetszeti alakok szerepe a teherviselésben

Terhek és hatások

- állandó és esetleges terhek; koncentrált és megoszló terhek
- szél-, hó-, föld- és víznyomások
- hőmérsékleti terhek, egyenletes és egyenlőtlen hőmérsékletváltozás hatása a statikailag határozott és határozatlan szerkezeteken
- tűz hatása a szerkezetekre
- dinamikus hatások (gépek, mozgó terhek, szél hatása, földrengés).

Statikai állapot, egyensúly

- statikai alapfogalmak áttekintése, egyensúlyi egyenletek; állékonyság vizsgálata.
- támaszmozgások hatása, alapozási módok, különböző nagyságú szerkezetek csatlakozása, dilatáció

Szerkezeti elemek

- szerkezeti elemtípusok: húzott-nyomott rúd (kihajlás jelensége), hajlított gerenda (kifordulás), tárcsa, lemez, lemezmű, héj
- gerendák és portál-keret igénybevételei és deformációi
- feszültségek (normál, nyíró, csavaró) és alakváltozások fogalmai
- feszítés elve; beton, vasbeton és feszített beton gerendák viselkedése

Szerkezeti típusok

- falak, boltozatok, gátak
- rácsos tartók (húzott és nyomott elemek) típusai; szélrácsok, merevítő rácsok
- keretek
- magasépítési tartórácsok; híd tartórácsok; kereszteloszlás fogalma
- térbeli rácsok
- egy- és kétirányban teherviselő lemezek; gerendával merevített lemezek;
- lemezművek
- héjak
- membránok, sátozottók
- hibrid szerkezetek, függőtők, peremtartók szerepe

Irodalom

Hunt, T.: Tony Hunt's Structures Notebook, 2003.

Gordon, J.E. : Structures or Why Things Don't Fall Down, 1978.

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

4. Szerkezetek modellezése és az erőtani számítás

4.1. Tartószerkezetek modellezése

A teljes mechanikai modell tartalmazza:

- a szerkezet anyagának modelljét,
- a szerkezeti alakzat geometriai modelljét,
- és a terhek és hatások modelljét.

A determinisztikus modellnél egy-egy számmal megmondjuk a „tényleges értékeket” (pl. feszítáv, teher intenzitás, stb.); a sztochasztikus modellnél, pl. a beton anyaga függ a tényleges kivitelezéstől, a leesett hó mennyisége évente más és más. A valószínűségi elmélet alkalmazása azt jelenti, hogy sztochasztikus megfontolások alapján determinisztikus számokat határozzunk meg, így jönnek létre a fél-valószínűségi modellek.

Milyen legyen a modell? Nagyon egyszerű (gyengén képezi le a valóságot) vagy nagyon bonyolult (jól leképezi a valóságot, de igen nehéz vizsgálni, használni). Középut, amelyik a fontosabb elemeket pontosabban vizsgálja. Ez a középut persze koronként változik, igazodva a mérnök tudásához és a vizsgálatokat segítő eszköz lehetőségekhez.

A számítások numerikus megoldás hibái több okra vezethetők vissza. Elsődleges ok a fentebb is vázolt bemenő adatok, vagyis a fizikai modell hibája, következésképp még az úgynevezett "egzakt megoldások" is csak közelítést adják a szerkezet tényleges viselkedésének. További hibákat jelentenek a numerikus módszer miatti számítási hibák, vagyis a matematikai modell hibája, valamint a számítógépes hibák, végül a modellezés és számítás során elkövetett emberi mulasztásból fakadó hibák.

4.2. Gondolatok a statikai számításról

A jó statikai számítás alapfeltétele, hogy helyes statikai modellt válasszunk a szerkezethez. Mindig kétféle statikai számítást kell elvégezni, egy közelítőt és egy pontosat. Annak érdekében, hogy az erőtani számítás - mint lényeges műszaki és jogi dokumentum - jól ellenőrizhető, utólag is egyértelműen azonosítható és értelmezhető legyen, készítése során be kell tartani a következő formai, alaki szabályokat:

- legyen jól áttekinthető, világos felépítésű, önmagában teljes és egységes;
- tüntesse fel a számítás alapját képező szabványokat vagy egyéb előírásokat, a felhasznált, de nem közismert számítási adatok, eljárások irodalmi forrásait, vagy közölje magyarázatukat, igazolásukat;
- tartalmazza a vizsgált szerkezet megnevezését, erőtani szempontból lényeges anyagainak, elemeinek szabványos jelölését, fő méreteit;
- ismertesse a számításba vett környezeti viszonyokat, a terheket és terhelőhatásokat, az erőjáték meghatározásához feltételezett szerkezeti modellt, a szerkezet anyagainak figyelembe vett működési modelljét, annak számszerű jellemzőit, ill. szükség esetén mindezek tűréseit, feltételezett ingadozásait.

A közelítő számításokban olyan összefüggéseket célszerű alkalmazni, amelyek elég egyszerűek és könnyen fejben tarthatók, de nagyságrendileg helyes eredményeket szolgáltatnak.

A statikai számítás célja: a szerkezetek méretezése, amely a szerkezettervezés egészének is csak egy részfeladata - csak egyik eszköze. További cél a szerkezet, illetve pontosabban a terv megfelelő voltának igazolása, azaz a statikai számításnak ez a "jogi" funkciója.

A tapasztalat (amely nemcsak a saját tapasztalatot, hanem a szakma egészének, jelenének és múltjának kollektív tapasztalatát is magába foglalja) a jó szerkezettervező számára ma sem nélkülözhető. A tapasztalat tudományos szintre emelése a kísérleti módszer is, amely több célra, így pl. új szerkezetek számításakor a kiindulási feltételek meghatározására, új számítási módszerek

ellenőrzésére, vagy számítással nem követhető erőjátékú szerkezetek tervezésére is alkalmas.

A szerkezetek erőjátékának pontos meghatározása annyira bonyolult, hogy nemcsak gyakorlatilag, de elméletileg is lehetetlen. A számítás pontosságát reálisan a tényleges és a számított igénybevételek viszonya alapján kellene meghatározni. Ez azonban elvileg lehetetlen, mivel a statikai modelltől csak azt tudjuk, hogy többé-kevésbé eltér a valóságtól.

A számítási eredményeink - még egyszerű, statikailag határozott szerkezeteknél is - az esetek többségében 10-50%-kal térnek el a valóságtól. Az eltérés mértéke adott esetben igen sok tényező függvénye, ilyen például a szerkezet bonyolultsága, az anyag inhomogenitásának mértéke, a méreteltérések stb., de elsősorban az, hogy a statikai modellt helyesen választottuk-e meg. Az említett bizonytalanságokat a gyakorlat a biztonsági tényezőkkel próbálja figyelembe venni.

A statikai számítás szükséges pontosságával kapcsolatban a biztonság és a gazdaságosság kérdése merül fel. Ez a két követelmény látszólag alapvetően ellentmond egymásnak, hiszen a biztonságot legegyszerűbben nagyobb anyagfelhasználással lehet növelni, az elvileg leggazdaságosabb szerkezet pedig éppen annyi anyagot tartalmaz, amennyire az adott esetben szükség van. Kell tehát lennie egy optimális kockázatnak, amelyet azonban nem tudunk meghatározni. Olyan, a statikától távol eső nehézségek is felmerülnek, mint az emberi élet értékének meghatározása, ami etikai tehát ismét filozófiai szempontból elvileg is lehetetlen. További probléma, ha vizsgálatunkat általánosítani akarjuk, hogy a különböző szerkezetek tönkremenetele különböző veszéllyel jár. Fontos megjegyezni, hogy nincs sok értelme egy kiragadott szerkezeti elem gazdaságosságáról beszélni. Nem szabad a szerkezet és az épület kölcsönhatását sem figyelmen kívül hagyni.

Természetesen más kérdés a statikai számítás másik, "jogi" funkciója. Ennél a jelenlegi szakmai közfelfogás a szintén közmegegyezéssel elfogadott statikai és matematikai modellhez képest kb. 5%-os pontosságot követel meg.

Az optimális statikai számítási módszer statikai modellje - a szükséges mértékben - jól megközelíti a valóságot (tehát adott esetben bonyolult is lehet!), matematikai modellje viszont mindig a lehető legegyszerűbb. Szakmai körökben sajnos általános hiedelem, hogy a bonyolultabb számítások jobban megközelítik az erőjátékot, ezért biztonságosabbak és egyben gazdaságosabbak is.

Irodalom

Kollár L. Mérnöki szerkezetek tervezése. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.

Gilyén N: A statikai számítás filozófiája Mérnök Újság. 2005.

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

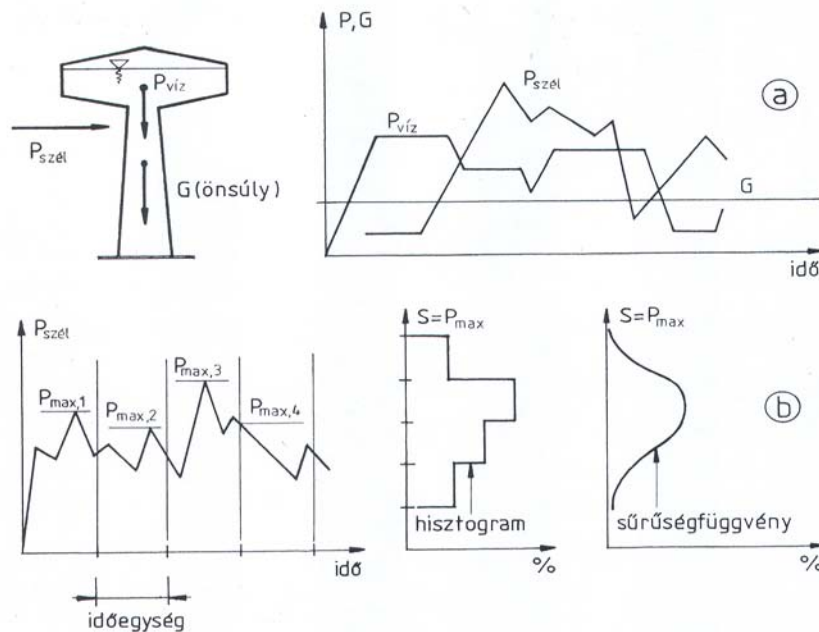
5. Valószínűségelméleti alapfogalmak. Tartószerkezeteket érő hatások értékei

5.1. Valószínűségelméleti alapfogalma

A véletlen események relatív gyakorisága nagyszámú, azonos körülmények között megismételt kísérlet esetén stabilitást mutat, egy meghatározott szám körül ingadozik. Ezt a számot az illető esemény valószínűségének, $P(A)$ nevezzük. Valamely esemény relatív gyakorisága 0 és 1 között változhat, azaz a k/n relatív gyakoriság: $0 \leq P(A) = k/n \leq 1$.

Az olyan mennyiségeket, amelyek értéke a véletlentől függ, véletlen mennyiségeknek vagy valószínűségi változóknak nevezzük. Azokat a számértékeket, amelyek a kísérlet eredményeként felléphetnek (a kísérlet összes lehetséges számszerű kimeneteleit) a valószínűségi változó lehetséges értékeinek vagy értékészletének nevezzük. Az olyan valószínűségi változók, amelyeknek értéke a számegyenes egy intervallumának (vagy akár az egész számegyenesnek) tetszőleges pontjába eshet, folytonos valószínűségi változónak nevezzük. A mérési eredmények általában folytonos valószínűségi változók.

A valószínűségi változóval kapcsolatban elsősorban az érdekel bennünket, hogy értékei milyen sűrűséggel esnek a számegyenes különböző intervallumaiba. Ha ezt a százalékos megoszlást a számegyenes tetszőleges intervallumára ismerjük, akkor azt mondjuk, ismerjük a szóban forgó valószínűségi változó eloszlását. Ha az egyes intervallumokra vonatkozólag kiszámítjuk a $k_1/n, k_2/n, \dots, k_i/n$ relatív gyakoriságokat és az egyes Δ_i intervallumokra k_i/n magasságú téglalapokat rajzolunk, akkor közelítő szemléletes képet nyerünk ξ valószínűség-eloszlásról. Az így kapott grafikont hisztogramnak nevezzük. A hisztogram csak közelítő képet ad az eloszlásról. Más megfigyelési adatsor, több megfigyelés vagy szűkebb osztályközök esetében más-más ábrát kapunk. Ennek ellenére első közelítés céljából igen hasznos az ilyen jellegű ábrázolás. A hisztogram Δ_i intervallumainak szűkítésével a valószínűségi változó eloszlás és sűrűségfüggvényeit határozhatjuk meg. A valószínűségszámítás eszközeivel az eloszlás jellemző számértékeit is meghatározhatjuk úgymint várható érték, szórás és különböző valószínűségi szinthez tartozó kvantilis értékek.



5.1. ábra Terhek időbeni változása és statisztikai jellemzőinek meghatározása

5.2. A méretezési eljárások fejlődése

5.2.1. Egyetlen biztonsági tényező eljárások

Egyetlen (vagy globális) biztonsági tényező eljárást alkalmaztak a korábban általánosan használt ún. megengedett feszültségeken, illetve a megengedett terheken, vagy statikai igénybevételeken alapuló eljárások. Ez az eljárás volt használatban nálunk és Kelet-Európában 1949 -ig, továbbá 1990-ig máshol a világon, így Nyugat-Európában.

A méretezés alapösszefüggése megengedett feszültségek esetében:

$$\sigma_{\max}(E_m, L_m) \leq \sigma_{\text{adm}} = \frac{R_m}{\gamma_1}$$

megengedett terheken alapuló eljárásnál:

$$E(E_m, L_m) \leq R(R_m, L_m) \frac{1}{\gamma_2}$$

formában adható meg, ahol σ_{\max} a rugalmasságtan elvei szerint számított legnagyobb feszültség; σ_{adm} - az anyag-szilárdság jellemzésére szolgáló megengedett feszültség; E_m, L_m, R_m - a teher, vagy

hatás (igénybevétel), a geometriai méret, ill. a szilárdság (acél esetében a folyási határ) átlagos (várható) értéke; E, R - az E_m teher, vagy hatás, az L_m geometriai méret alapján meghatározható hatás várható értéke, továbbá az R_m szilárdság várható értékének figyelembe vételével a törési elmélet, vagy a képlékenységtan elvei szerint meghatározható R ellenállás (teher, vagy statikai igénybevétel) várható értéke; γ_1, γ_2 - az egységes (egyetlen) biztonsági tényező, mely az anyagtól ill. a szerkezettől függően általában különböző és időben változó értékű volt ($\gamma_1 \geq \gamma_2$).

5.2.2. Osztott biztonsági tényezős méretezési eljárások

Törési biztonságon alapuló eljárás

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

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

alakban írható fel, ahol az előzőekben ismertetett jelöléseken túl:

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_R$ ill. Δ_L - az állandó, illetve az esetleges teherre, továbbá az ellenállásra vonatkozó osztott biztonsági (parciális) tényezők, illetve a geometriai adatokra vonatkozó Δ_L tűrés értéke. A γ értékek a teher- és anyag fajtánként idővel változó mértékűek voltak.

E_d ill. R_d - az L_m geometriai adatok, továbbá E_m külső teher ill. R_m szilárdság várható értékéből a $\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_R$ illetve Δ_L figyelembevételével számítható hatás (mértékadó igénybevétel, vagy mértékadó feszültség tervezési értéke ill. a teherbírás (akkori szóhasználat: határigénybevétel, vagy határfeszültség) tervezési értéke; S_a - a használhatóság kimerülésének azon esetei (alakváltozás, repedés stb.), amikor a szerkezet használatát korlátozó elváltozásban a szilárdság döntő szerepet nem játszik.

Fél-valószínűségi eljárás

A fél-valószínűségi eljárás egy olyan speciális determinisztikus modell, amelynek paramétereit és az erőtani vizsgálat eseteit a szerint veszik fel, hogy azok egy sztochasztikus modell és tapasztalati/elméleti megfontolások alapján nyerhető eredményeket jól közelítsék.

A fél-valószínűségi eljárás alapösszefüggését elvileg

- a teherbírás határállapot vizsgálatához $S(F_M, L_M) \leq R(F_H, L_H, S_I)$
 - a használhatósági határállapot számításához $L(F_{ser}, L_m) \leq S_{II}$
- módon lehet megadni, ahol

S - a szerkezetnek vagy a szerkezeti elemnek a terhek és a geometriai adatok tervezési (vagy mértékadó) értékéből meghatározható hatás oldali állapotjellemzője (pl. nyomatéki, nyírási igénybevétel)

R - a szerkezet vagy szerkezeti elem szilárdsági és geometriai adatok tervezési (vagy határ) értékéből megállapítható ellenállási állapotjellemzője (pl. nyomatéki, nyírási teherbírás)

L - a terhek, a geometriai és az ellenállási paraméterek alapértékének (várható értékének) felhasználásával meghatározható mértékadó állapotjellemzője (pl. lehajlás, repedéstágasság).

F_M - az állandó teher, a hasznos teher és az egyéb esetleges terhek tervezési értékeinek értelemszerű csoportosításával nyerhető 99%-os előfordulási valószínűségnek megfelelő mértékadó hatás, tekintettel a terhek egyidejűségére, a tervezett élettartamra, a szerkezet gazdasági jelentőségére és a számítási modell pontatlanságára.

L_M, L_H ill. L_m - a geometriai adatok mértékadó, határ, illetve várható értéke.

F_H - a szerkezet, vagy szerkezeti elem (keresztmetszet) 1%-os előfordulási valószínűségnek megfelelő határteherbírása, az ellenállási paraméterek (szilárdság, geometriai adatok) számítási értékéből meghatározva, tekintettel a tervezett élettartamra, a szerkezet vagy szerkezeti elem

gazdasági jelentőségére.

S_{ser} - az állandó teher, a hasznos teher és az egyéb esetleges teher várható értéke,

S_I - az állékonyságra (alaki és helyzeti állékonyságra) vonatkozó állapotjellemző, amelynek túllépése esetén a szerkezet stabilitásvesztés miatt használhatatlanná válik az anyagi szilárdság kimerülése nélkül.

S_{II} - a használhatóságra (pl. eltolódásra, repedésre) vonatkozó korlátérték, amelynek a túllépése esetén a szerkezet használhatóságát korlátozni kell.

Parciális tényezők módszere

A parciális tényezők módszere lényegében az osztott biztonsági tényező eljárás továbbfejlesztett változata, mely a hagyományos osztott biztonsági tényező eljárásnál nagyobb mértékben támaszkodik a valószínűségi elméleti alapokon nyugvó megbízhatósági elméletre.

Az alapelvek szerint úgy kell megtervezni a szerkezetet, hogy az előirányzott tervezési élettartam alatt azok megfelelő megbízhatósággal és gazdaságosan legyenek alkalmasak a rendeltetészerű használatra, vagyis megfelelő legyen a teherbírása, használhatósága és a tartóssága, a kiváltó okhoz képest aránytalan mértékben ne károsodjon rendkívüli körülmények között, pl. esetleges robbanás, ütközés és emberi hibák következtében.

A tartószerkezetek előírt megbízhatóságát az EN szerinti tervezéssel, és az ezt kiegészítő megfelelő szintű megvalósítással és minőségbiztosítással kell elérni, figyelembe véve a tervezési élettartamot. A tervezési élettartam szempontjából a szerkezet egésze is elemekre bontható és így azon belül - a cserélhetőség feltételeinek megfelelően - beszélhetünk eltérő tervezési élettartamról.

Az EC az erőtanú követelmények teljesülésének ellenőrzéséhez - az előirányzott tervezési élettartam mellett - a teherbírás és használhatósági határállapotokat definiál. A határállapotok megfelelőségét, mindegyik tervezési állapotban igazolni kell.

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.

Az EC szerinti számításokban a parciális (vagy biztonsági) tényező (γ_i) a tervezési és a karakterisztikus érték közötti arányt leíró tényező. A fél-valószínűségi eljárás keretében a tervezési érték:

- hatásoknál a parciális tényező és a karakterisztikus érték szorzata,
- ellenállás oldalán a karakterisztikus érték és a parciális tényező hányadosa.

5.3. Tartószerkezeteket érő hatások

5.3.1. A hatások csoportosítása

az időbeni változásuk szerint:

- **állandó hatások (G)**, olyan hatás, mely egy adott referencia-időszakon belül nagy valószínűséggel mindvégig működik és nagyságának időbeni változása elhanyagolható, vagy ez a változás mindvégig egyirányú (monoton) egészen addig, amíg a hatás el nem ér egy bizonyos határértéket; például a tartószerkezetek, rögzített berendezések és útburkolatok önsúlya, feszítés, valamint zsugorodás és egyenlőtlen támaszmozgás miatti közvetett hatások;
- **esetleges hatások (Q)**, olyan hatás, mely nagyságának időbeni változása nem hanyagolható el és nem is monoton; például pl. épületek födémeinek, gerendáinak, tetőszerkezeteinek hasznos terhei, szélhatások, hóterhek;
- **rendkívüli hatások (A)**, rövid ideig működő, de jelentős nagyságú hatás, mely a tervezési élettartam során egy adott tartószerkezeten várhatóan nem lép fel; például robbanás vagy járműütközés.

származásuk szerint:

- közvetlen hatásokat: tartószerkezetre ható erők, terhek,
- közvetett hatásokat: kényszer-alakváltozások, vagy kényszer-gyorsulások,

térbeli változásuk szerint:

- rögzített hatások, például önsúly;
- nem rögzített hatások, például helyzetét változtató hasznos teher, szélteher vagy hóteher.

jellegük, és/vagy a szerkezeti válasz szerint:

- statikus hatások, amelyek a szerkezetben vagy szerkezeti elemekben nem okoznak jelentős gyorsulásokat;
- dinamikus hatások, amelyek a szerkezetben vagy szerkezeti elemekben jelentős gyorsulásokat okoznak, megjegyezve, hogy a hatások dinamikus következményei sok esetben kvázi-statisz hatásokból számíthatók.

5.3.2. A hatások karakterisztikus értékei

Egy hatás F_k karakterisztikus értéke a hatás fő reprezentatív értéke, melyet várható érték, felső vagy alsó érték, vagy névleges érték formájában kell megadni a tervdokumentációban.

Egy állandó hatás karakterisztikus értékét a következőképpen kell meghatározni:

- ha a G változékonysága csekély, akkor egyetlen G_k érték használható;
- ha a G változékonysága nem csekély, akkor két értéket kell alkalmazni: egy $G_{k,sup}$ felső értéket és egy $G_{k,inf}$ alsó értéket.

A tartószerkezetek önsúlyát egyetlen karakterisztikus értékkel lehet jellemezni, és azt a névleges geometriai méretek és az átlagos térfogatsúlyok alapján lehet meghatározni.

Az esetleges hatások karakterisztikus értéke (Q_k) a következők egyike lehet:

- egy felső érték, melyet a hatás egy előírt referencia-időszak alatt adott valószínűséggel nem halad meg, vagy egy alsó érték, melynél a hatás egy előírt referencia-időszak alatt adott valószínűséggel nem kisebb;
- egy névleges érték, mely abban az esetben írható elő, ha a statisztikai eloszlásfüggvény nem ismert.

A meteorológiai hatások karakterisztikus értéke az egy éves referencia-időszak alapulvételével, az időben változó részre megadott 0,02 meghaladási valószínűségű érték. Ez az időben változó részre vonatkozó, átlagosan 50 éves visszatérési időnek felel meg.

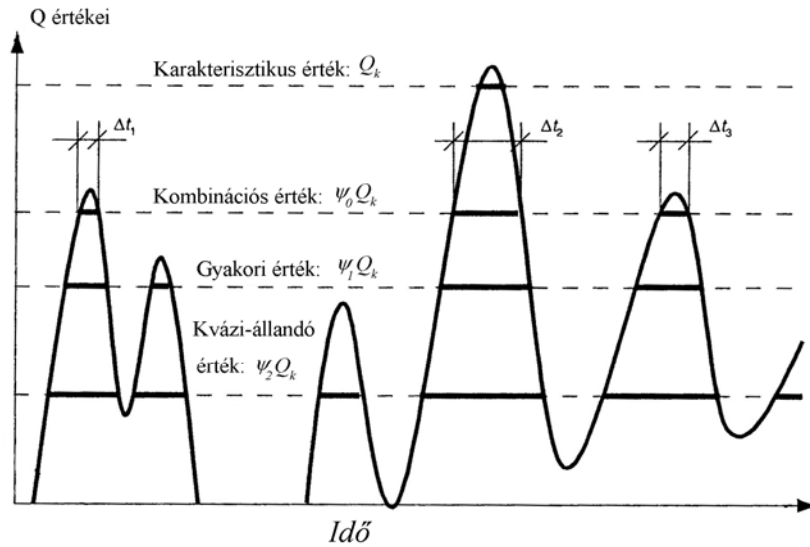
Az ellenállás (teherbírás, szilárdság) esetében karakterisztikus érték az anyag- vagy termékjellemző statisztikai eloszlása alapján egy előírt (általában: 5 %-os) küszöbérték, jelölése: $R_k(f_k)$,

A geometriai adatoknál a karakterisztikus érték általában a terv szerinti névleges érték, jelölése: L_{nom} , vagy a_{nom} .

5.3.3. A esetleges hatások további reprezentatív értékei

Az esetleges hatások leggyakoribb reprezentatív értékei a $\Psi_i(\Psi_0 \Psi_1 \Psi_2)$ kombinációs tényezők felhasználásával határozhatók meg. Az esetleges hatások további reprezentatív értékei a következők:

- kombinációs érték, ($\Psi_0 Q_k$), amelyet a teherbírási határállapotok, és az irreverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni;
- gyakori érték, ($\Psi_1 Q_k$), amelyet a (rendkívüli hatásokat is magában foglaló) teherbírási határállapotok, és a reverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni;
- kvázi-állandó érték, ($\Psi_2 Q_k$), amelyet a (rendkívüli hatásokat is magában foglaló) teherbírási határállapotok, és a reverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni. Az időtől függő hatások számításakor szintén a kvázi-állandó értékeket kell használni.

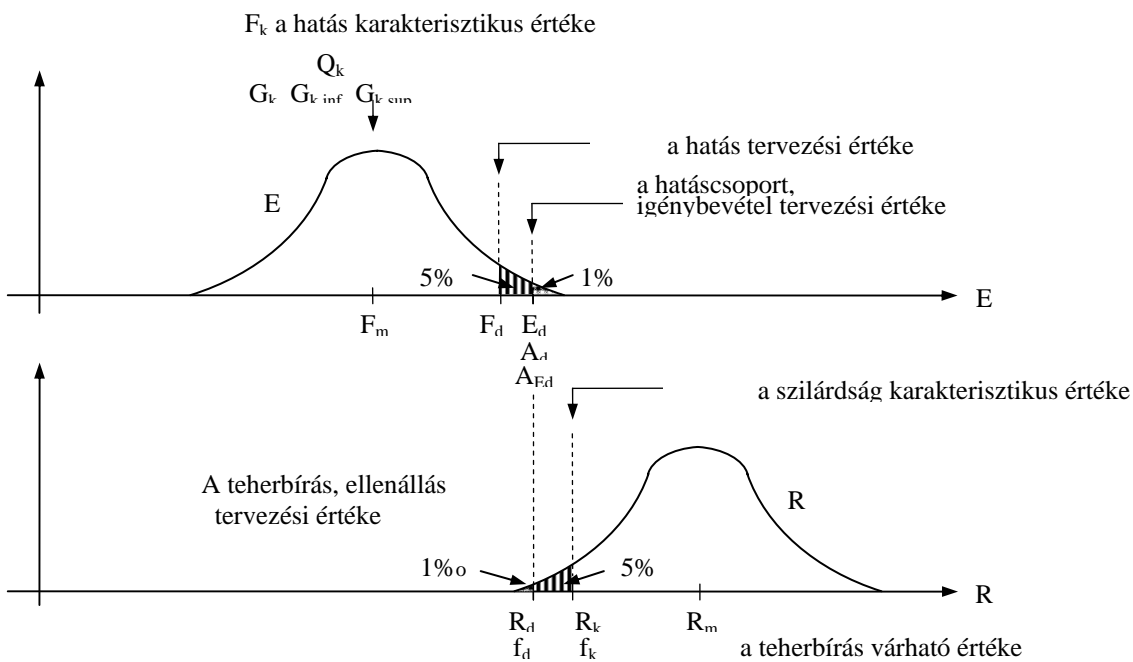


5.2. ábra Az esetleges hatások reprezentatív értékei

5.3.4. Tervezési értékek

Az F hatás F_d tervezési értékét a következő általános összefüggéssel lehet meghatározni:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad \text{és} \quad F_{rep} = \Psi F_k$$



5.3. ábra A tervezési értékek értelmezése

Irodalom

Solt Gy.: Valószínűségi számítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1971.
 Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.
 Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

6. Az Eurocode-ok általános elvei

6.1. Alkalmazási terület

Az EN 1990 alapelveket, és a szerkezetek biztonságával, használhatóságával és tartósságával kapcsolatos követelményeket tartalmaz, leírja az azokra való tervezés alapjait és az igazolás módját, valamint útmutatást ad a szerkezet megbízhatóságával kapcsolatban felmerülő kérdésekben.

Az EN 1990-et együtt kell alkalmazni az EN 1991-EN 1999 szabványokkal az épületek és más építőmérnöki szerkezetek tervezése során, beleértve a geotechnikai tervezést, a tűzhatásra és a földrengésre való tervezést, valamint a megvalósítással és az ideiglenes szerkezetekkel kapcsolatos tervezési szempontokat is.

Az EN 1990 alkalmazható olyan szerkezetek tervezéséhez, amelyeknél az EN 1991-EN 1999 szabványok alkalmazási területén kívül eső anyagokat használnak fel, vagy hatásokat vesznek figyelembe.

Az EN 1990 alkalmazható meglévő szerkezetek állapotának felmérésekor, a felújítási és átalakítási munkák tervezésekor, valamint a használati körülményekben bekövetkező változások értékelésekor.

6.2. Az alkalmazás előfeltételei

Az EN 1990 általános feltételezései a következők:

- a szerkezeti rendszer megválasztását és annak erőtani tervezését megfelelően képzett, és elegendő tapasztalattal rendelkező személyek végzik;
- a megvalósítást megfelelő szakértelemmel és tapasztalattal rendelkező személyek végzik;
- a megvalósítás során, azaz a tervezőirodákban, a gyárakban, a telephelyeken és az építés helyszínén megfelelő műszaki felügyelet és minőségellenőrzési rendszer működik;
- az építőanyagokat és az építési termékeket az EN 1990, az EN 1991-EN 1999 szabványok, a vonatkozó kivitelezési szabványok, vagy a termékre vonatkozó műszaki előírások szerint használják fel;
- a szerkezet fenntartásáról megfelelő módon gondoskodnak;
- a szerkezetet a tervezési feltételeknek megfelelően használják.

6.3. Különbség az alapelvek és az alkalmazási szabályok között

Az EN 1990 egyes bekezdései - jellegüktől függően - vagy alapelvek, vagy alkalmazási szabályok.

Az alapelvek a következők: általános megállapítások és meghatározások, melyeknek nincs alternatívájuk, valamint követelmények és számítási modellek, melyeknek külön előírás hiányában nincs alternatívájuk.

Az alkalmazási szabályok olyan általánosan ismert szabályok, melyek összhangban vannak az alapelvekkel, és megfelelnek az alapelvekben meghatározott követelményeknek.

Az EN 1990-ben az építményekre megfogalmazott alkalmazási szabályoktól el lehet térni abban az esetben, ha igazolható, hogy a helyettük használt szabályok összhangban vannak az alapelvekkel, és a szerkezet biztonságát, használhatóságát és tartósságát tekintve legalább egyenértékűek az Eurocode-okban megfogalmazott alkalmazási szabályokkal.

A Tartószerkezeti Eurocode-okban (EN 1990 - EN 1999) használt közös szakkifejezéseket és jelöléseket lásd a megfelelő szabványokban (Lovas A.: Oktatási segédlet (BMEEOHSAT16 Méretezés alapjai).

Irodalom

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

7. Határállapot-koncepció alapelvei

7.1. Méretezési alapfogalmak

A tervezési élettartam nélkül nincs egyértelmű méretezés, ugyanis befolyásolja mind a kapacitás (a tartószerkezet teherbírása, ha erőteni méretezésről van szó; lehet tározó térfogat víztározók esetén), mind a műszaki igény (mértékadó igénybevétel, illetve mértékadó vízmennyiség) nagyságát, az előbbit csökkenti, az utóbbit pedig növeli.

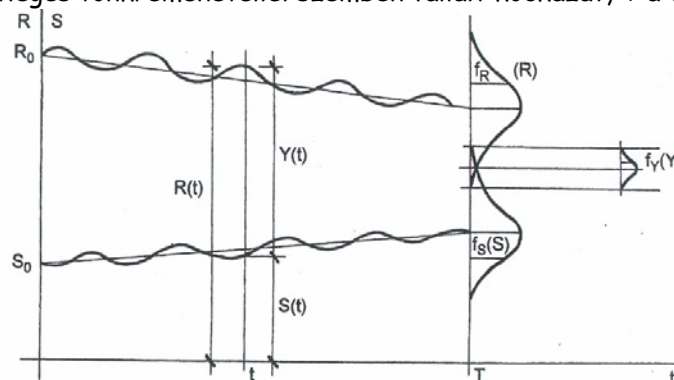
A kárhányad az esetleges tönkremenetelkor okozott vagy ki nem elégített igények miatt fellépő kár és a létesítmény vagy szerkezeti elem újralétesítési költségének hányadosa. Más a kárhányad, amikor embertömegekkel is számolni kell.

A biztonság fogalmát az esetleges tönkremenetel valószínűsége váltotta fel, de ez is csak a kárhányaddal együtt lett értékmérő.

A valószínűség-elmélet alapján álló méretezésnek az egyik legmodernebb megfogalmazása a következő:

$$P \{ [R(t) - S(t)] \geq 0 \} \geq 1 - 1/r \quad \text{vagy} \quad P [R(t) / S(t) \geq 1] \geq 1 - 1/r, \quad 0 < t \leq T$$

ahol $R(t)$ a létesítmény időben csökkenő teherbíró képessége; $S(t)$ a terhek és hatások okozta igénybevétel; $1/r$ az esetleges tönkremenetellel szemben vállalt kockázat, T a tervezési élettartam.



7.1. ábra A teherbírás (R) és az igénybevétel (S) idősorai.

Következik a képletből, hogy mindig kell valamilyen kockázatot vállalni, biztosan megépített létesítmény nincs. A vállalt kockázat mértéke attól függ, hogy a kérdéses tartószerkezet esetleges tönkremenetelével kapcsolatban az üzemkieséssel előálló elmaradt hasznot is beszámítva milyen kár keletkezik.

A kapacitás: egy valószínűségi változó (pl. az erőteni számításban a tartószerkezet anyagának szakítószilárdsága), ami idősort alkot és két részből tevődik össze: egy trend jellegű rész, ami időben determinisztikusan csökkenő és egy véletlen jellegű rész, amelynek időbeni változása sztochasztikus folyamatot képez. Egy létesítménnyel kapcsolatban többféle kapacitásról is beszélhetünk (R_1, R_2, \dots, R_n).

A műszaki igény: időben növekvő is lehet (pl. vízellátás; trendszerűen növekvő, és van benne egy szezonális hatás is (téli kisebb, nyári nagyobb vízigeny)). Általában a műszaki igény többféle (S_1, S_2, \dots, S_n), (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) és mindegyik egy valószínűségi változó.

Méretezési tartalék: (erőteni méretezésnél teherbírási tartalék)

$$Y_i(t) = R_i(t) - \{S_i(t), Q_i(t)\} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad t \leq T$$

Vállalt kockázat: Minden méretezésnél $1/r_i$ vagy $1/k_i$ kockázatot kell vállalni. Erőtani méretezésnél – a tervezett élettartamra is figyelemmel –, az okozott károk esetleges bekövetkezéne valószínűsége ($1/r$) a vállalt kockázat, a második esetben, amikor bizonyos ideig az igények kielégítése csak részleges, a vállalt kockázat ($1/k$) az az időhányad, amikor ez bekövetkezik. A valószínűség-elméleten alapuló méretezés-elméletből ki kell zárni a tudatlanságból, a hiányos ellenőrzésből, a súlyos szabálytalan üzemeltetésből, a bűncselekményből származó hatásokat.

7.2. A létesítmény jellemző költségei

- Beruházási költségek
- Fenntartási költségek
- Üzemköltségek
- A ki nem elégített igények miatt keletkező kár
- Okozott károk

7.3. A határállapot-konceptió alapelvei

7.3.1. Általános elvek

Különbséget kell tenni a teherbírási és a használhatósági határállapotok között. A kétfajta határállapot közül az egyik igazolása elhagyható, ha elegendő adat áll rendelkezésre annak bizonyítására, hogy az egyik határállapot követelményei a másikéval egyidejűleg teljesülnek. A határállapotoknak tervezési állapotokhoz kell kapcsolódnuk. A tervezési állapotok lehetnek tartós, ideiglenes és rendkívüli tervezési állapotok. Az időtől függő hatásokkal kapcsolatos határállapotok (pl. fáradás) igazolásakor a tartószerkezet tervezési élettartamát figyelembe kell venni.

7.3.2. Tervezési állapotok

A tervezési állapotok megválasztásakor azokat a körülményeket kell figyelembe venni, melyek fennállása esetén a szerkezet be kell, hogy töltsen a funkcióját.

A tervezési állapotokat a következőképpen kell osztályozni:

- tartós tervezési állapotok, melyek a szokásos használat körülményeit írják le;
- ideiglenes tervezési állapotok, melyek a tartószerkezet rövid ideig tartó használati körülményeit írják le, pl. megvalósítás vagy javítás közben;
- rendkívüli tervezési állapotok, melyek a tartószerkezet, vagy a tartószerkezetre ható környezeti feltételek kivételes körülményeit írják le, pl. tűzhatás, robbanás, ütközés, meteorológiai hatás rendkívüli értéke, vagy helyi károsodások következményei;
- szeizmikus tervezési állapotok, melyek szeizmikus hatással terhelt szerkezet működési körülményeit írják le.

7.3.3. Teherbírási határállapotok

Az emberek biztonságával, és/vagy a tartószerkezet biztonságával kapcsolatos határállapotokat teherbírási határállapotoknak kell tekinteni. A tartószerkezet összeomlását megelőző állapotokat, melyeket az egyszerűsítés érdekében az összeomlás helyett vesznek figyelembe, ugyancsak teherbírási határállapotként lehet kezelni. Ahol előfordulnak, ott a következő teherbírási határállapotokat kell vizsgálni: a merev testnek tekintett tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti rész egyensúlyának elvesztése; a túlzott mértékű alakváltozás, a tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti rész mechanizmussá való átalakulása, a törés, a tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti rész stabilitásának elvesztése miatti tönkremenetel; a fáradás, vagy más időtől függő hatások miatti tönkremenetel.

7.3.4. Használhatósági határállapotok

A tartószerkezetnek, vagy a tartószerkezeti elemeknek a szokásos használati körülmények közötti működésével, az emberek komfortérzetével, és az építmény külső megjelenésével kapcsolatos határállapotokat használhatósági határállapotoknak nevezzük. Különbséget kell tenni a reverzibilis és az irreverzibilis használhatósági határállapotok között. A használhatósági határállapotok igazolását a következő szempontokkal kapcsolatos követelmények alapján kell elvégezni:

- alakváltozások, melyek befolyásolják a külső megjelenést, a felhasználók komfortérzetét, vagy a tartószerkezet működését (beleértve a gépek és az épületgépészeti eszközök működőképességét is),
- vagy károsodást okoznak a burkolatokban és a nem tartószerkezeti elemekben;
- rezgések, melyek az emberek számára kellemetlenek, korlátozzák a tartószerkezet működőképességét;
- károsodások, melyek várhatóan hátrányosan befolyásolják a külső megjelenést, a tartósságot, vagy a tartószerkezet működését.

7.3.4. Tervezés a határállapot-koncepció alapján

A határállapotra való tervezést az adott határállapotnak megfelelő tartószerkezeti és tehermodellek alapján kell végezni.

Igazolni kell, hogy a határállapot túllépése nem következik be, ha ezek a modellek

- a hatások,
- az anyagjellemzők, vagy
- a termékjellemzők, és
- a geometriai méretek

vonatkozó tervezési értékeit tartalmazzák.

Az igazolásokat minden lehetséges tervezési állapotban és minden terhelési esetre el kell végezni. A fenti követelményeket a parciális tényezők módszerével kell igazolni. Egy adott vizsgálat esetén a terhelési esetek kiválasztásakor meg kell határozni az egyidejű teherelrendezéseket, és a rögzített esetleges és állandó hatásokkal egyidejűleg figyelembe veendő alakváltozások és imperfekciók kombinációját.

Irodalom

Mistéth E. Méretezéselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

8. Tartószerkezetek méretezése a parciális tényezős eljárással

8.1. Általános elvek

A parciális tényezők módszerének alkalmazása során igazolni kell, hogy ha a tervezési modellekben a hatások, vagy az igénybevételek és az ellenállás tervezési értékeit alkalmazzák, akkor a figyelembe veendő tervezési állapotokban egyik határállapot sincs túllépve.

A parciális tényezők módszerében a tervezési változókat (azaz a hatásokat, az ellenállásokat és a geometriai méreteket) - a parciális tényezők és a Ψ -tényezők alkalmazása révén - a tervezési

értékeikkel adják meg. A parciális tényezők és a Ψ -tényezők számszerű értékei elvben a következő két módszer egyikével határozhatók meg.

- Az építési hagyományokból az idők során leszűrt tapasztalatok értékelése alapján.
- Kísérleti adatok és helyszíni megfigyelések statisztikai kiértékelése alapján.

A vizsgált tervezési állapotokban, az egyes határállapotok igazolása során a kritikus terhelési esetben szereplő egyedi hatásokat e fejezet szerint kell kombinálni. Azonban azokat a hatásokat, melyek - pl. fizikai okok miatt - egyidejűleg nem léphetnek fel, nem kell más hatásokkal kombinálni.

A tervezési értékeket az e fejezetben és az EN 1991-EN 1999 szabványokban leírtak szerint a karakterisztikus, vagy más reprezentatív értékek és a parciális tényezők, valamint egyéb tényezők együttes alkalmazásával kell meghatározni.

Korlátozások: Az EN 1990 szabványban megadott alkalmazási szabályok statikus teherrel - beleértve az egyenértékű statikus teherrel, vagy dinamikus növelő tényezővel figyelembe vett dinamikus hatásokat, valamint a szélhatást és a forgalmi terheket - terhelt szerkezetek teherbírási és használhatósági határállapotaira érvényesek. Nemlineáris vizsgálat és fáradásvizsgálat esetén az EN 1991-EN 1999 szabványok különböző részeiben megadott egyedi előírásokat kell alkalmazni.

8.2. Teherbírási határállapotok

Egy keresztmetszet, egy tartószerkezeti elem, vagy egy kapcsolat törési, vagy túlzott alakváltozás bekövetkezése miatti határállapotának vizsgálata során igazolni kell, hogy:

$$E_d \leq R_d, \text{ ahol:} \quad (8.1)$$

E_d - az igénybevételek (belső erő, nyomaték, vagy a belső erőket, nyomatékokat tartalmazó vektormennyiség) tervezési értéke,

R_d - a megfelelő ellenállás tervezési értéke.

Minden kritikus terhelés esetben az igénybevételek tervezési értékét (E_d) az egyidejűnek tekintett hatások kombinálásával kell meghatározni. Mindegyik hatáskombinációnak tartalmaznia kell egy domináns esetleges hatást, vagy egy rendkívüli hatást.

A hatások kombinációja tartós és ideiglenes tervezési állapotokban:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_p P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki} \quad (8.2)$$

A hatások kombinációja rendkívüli tervezési állapotokban:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{GAj} G_{kj} + \gamma_{pA} P_k + A_d + \Psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2i} Q_{ki} \quad (8.3)$$

A hatások kombinációja szeizmikus tervezési állapotokban:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \gamma_I A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2i} Q_{ki} \quad (8.4)$$

8.3. Használhatósági határállapotok

Igazolni kell, hogy: $E_d \leq C_d$, ahol: (8.5)

C_d - az adott használhatósági követelményhez tartozó korlát tervezési értéke;

E_d - a használhatósági követelményben előírt, és a vonatkozó hatáskombináció alapján meghatározott igénybevétel tervezési értéke.

A használhatósági követelmények igazolásakor számításba vett alakváltozásokat a vonatkozó A melléklet alapján, az építési mód figyelembevételével, valamint a megrendelő, vagy a nemzeti hatóság egyetértésével kell értelmezni. Megjegyzés: Más használhatósági követelmények, mint pl. a repedéstágasság, a feszültségek, vagy az alakváltozások korlátozása, a csúszási ellenállás tekintetében lásd az EN 1991-EN 1999 szabványokat.

Az adott tervezési helyzetben figyelembe veendő hatáskombinációknak összhangban kell lenniük a vizsgált használhatósági és teljesítőképességi követelményekkel.

A terhek karakterisztikus kombinációja: (repedésmentesség igazolása; beton-nyomófeszültségek korlátozása a keresztirányú repedések elkerülése érdekében: $\sigma_c \leq 0,6 f_{ck}$; acél-húzófeszültségek korlátozása a képlékeny alakváltozások elkerülése érdekében: $\sigma_s \leq 0,8 f_{yk}$, ill. $\sigma_p \leq 0,75 f_{pk}$ (hidak esetén $0,65 f_{pk}$)).):

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0i} Q_{ki} \quad (8.6)$$

A terhek gyakori kombinációja: (feszített vasbetonszerkezetek repedéskorlátozása; épületek alakváltozásának korlátozása és térbeli merevségének ellenőrzése):

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \Psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2i} Q_{ki} \quad (8.7)$$

A terhek kvázi-állandó kombinációja: (a tartós hatások következményeinek, a szerkezeti elemek eltolódásának, a vasbeton szerkezet repedéstágasságának vizsgálatához; beton-nyomófeszültségek korlátozása a kúszási alakváltozások korlátozása érdekében.):

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2i} Q_{ki} \quad (8.8)$$

Az anyagok parciális tényezői: Használhatósági határállapotok esetén az anyagjellemzőkre vonatkozó γ_M parciális tényezők értékét 1,0-ra kell felvenni, kivéve, ha az EN 1992-EN 1999 szabványok másként írják elő.

8.4. Épületekre vonatkozó szabályok

Azon hatásokból származó igénybevételeket, melyek fizikai, vagy funkcionális okokból egyidejűleg nem léphetnek fel, a hatáskombinációkban nem kell egyidejűleg figyelembe venni.

Hatás	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Épületek hasznos terhei kategóriák szerint (lásd az EN 1991-1-1-et)			
A kategória: lakások, lakóépületek	0,7	0,5	0,3
B kategória: irodák	0,7	0,5	0,3
C kategória: gyülekezésre szolgáló területek	0,7	0,7	0,6
D kategória: üzletek	0,7	0,7	0,6
E kategória: raktárak	1,0	0,9	0,8
F kategória: járműforgalom, járműsúly ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G kat: járműforgalom, 30 kN < járműsúly ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
H kategória: tetők	0	0	0
Épületek hőterhei (lásd az EN 1991-1-3-at)*			
Finnország, Izland, Norvégia, Svédország	0,7	0,5	0,2
A többi $H > 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN Tagállam	0,7	0,5	0,2
A többi $H \leq 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN Tagállam	0,5	0,2	0
Épületek szélterhei (lásd az EN 1991-1-4-et)	0,6	0,2	0
Hőmérsékleti (nem tűz)hatások épületekben	0,6	0,5	0

8.1. táblázat Az épületekre vonatkozó Ψ -tényezők ajánlott értékei

Nemzetileg meghatározott paraméterek: Az épületek hőterhei esetén Magyarországon figyelembe veendő Ψ tényezők a következők: $\Psi_0 = 0,5$, $\Psi_1 = 0,2$, $\Psi_2 = 0,0$.

Irodalom

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

9. Tartószerkezeteket érő hatások I.

9.1. Állandó hatások

A tartószerkezeti és a nem tartószerkezeti elemek teljes önsúlyát a hatáskombinációkban egyetlen hatásként kell figyelembe venni. A tárolási célú épületekre vonatkozó tervezési állapotokban az ömlesztett anyagok származási helyét és nedvességtartalmát figyelembe kell venni. Megjegyzés: A táblázatokban megadott sűrűségi értékek légszáras állapotú anyagokra vonatkoznak.

Az önsúlyterhek tervezési értékét a következő összefüggés adja meg:

$$G_d = \gamma_G G_k \quad \text{ahol:} \quad (9.1)$$

G_k az állandó terhek karakterisztikus értéke, számszerű értékeit a megadott táblázatokban, az építőanyagokra és a tárolt anyagokra megadott térfogatsúlyok alapján lehet meghatározni,

γ_G az állandó terhek biztonsági tényezője (γ_{Ginf} vagy γ_{Gsup} értékkel figyelembe véve).

Az építőanyagok és a tárolt anyagok sűrűségének karakterisztikus értékeit elő kell írni. Az átlagos értékek karakterisztikus értéként figyelembe vehetők. Megjegyzés: A táblázatok a tárolt anyagok sűrűségének és súrlódási szögének átlagos értékeit adja meg. Ha érték helyett egy tartomány szerepel, akkor az annak feltételezésével történt, hogy az átlagos érték erősen függ az anyag származási helyétől, és ekkor a megfelelő értéket minden építési munka esetén egyedileg kell megállapítani.

Olyan anyagok esetén (pl. új és újszerű anyagok), melyek nem szerepelnek a táblázatokban, a sűrűség karakterisztikus értékét, minden építési munka esetén egyedileg kell meghatározni.

Olyan anyagok esetén, melyek alkalmazása során a sűrűségnek jelentős szórása van, pl. a származási hely, a nedvességtartalom, stb. miatt, a sűrűség karakterisztikus értékét az EN 1990 alapján kell felvenni. Ha a sűrűségeket megbízható módon, közvetlenül határozzák meg, akkor ezen értékek a tervezés során felhasználhatók.

9.2. Épületek hasznos terhei

Az épületek hasznos terhei a használatból származnak. A megadott értékek a következő használati körülményekre vonatkoznak:

- szokásos emberi használat;
- bútorok és egyéb mozgatható tárgyak (pl. mozgatható válaszfalak, tárolt anyagok, tartályok tartalma);
- járművek;
- ritkán fellépő körülmények, mint pl. átrendezés vagy felújítás során emberek, vagy bútorok koncentrált elhelyezkedése, tárgyak mozgatása vagy felhalmozása.

Az előírt hasznos terhek modellje egyenletesen megoszló teher, vonal mentén megoszló teher, koncentrált teher, vagy ezek kombinációja. A hasznos terhek értékeinek meghatározásához a földem- és tetőterületeket részekre kell osztani és a használat szerinti osztályokba kell besorolni. A megadott terhek nem tartalmazzák a nehéz berendezések (pl. ipari konyhák, radiológiai helyiségek, kazánházak,

stb.) terheit. A nehéz berendezések terheit a megbízó és/vagy az illetékes hatóság egyetértésével kell megállapítani.

Teherelrendezések

Közbenső födécek, gerendák és tetőfödék

Egy födém(szint), vagy egy tető(szint) tartószerkezetének tervezése során a hasznos terhet nem rögzített hatásként kell figyelembe venni, és a hatásfelület azon részén kell működőnek feltételezni, mely a vizsgált igénybevétel szempontjából a legkedvezőtlenebb. Ha a mértékadó teherelrendezésben másik szinteken is vannak hasznos terhek, akkor azokat egyenletesen megoszló teherként (rögzített hatásként) lehet figyelembe venni. A födém szerkezet lokális ellenállását egy koncentrált teher figyelembevételével végzett elkülönített vizsgálattal kell igazolni, melynek során - egyéb előírás hiányában - a koncentrált terhet nem kell egyidejűnek tekinteni az egyenletesen megoszló terhekkel és más esetleges hatásokkal. Egy adott födémterület-osztály alapján meghatározott hasznos terhet csökkenteni lehet a vizsgált tartószerkezeti elemet terhelő födémterület méretétől függő α_A tényezővel.

Oszlopok és falak

A több szintet alátámasztó oszlopok és falak tervezése során az egyes szintekhez tartozó födécekön működő teljes hasznos terheket egyenletesen megoszlnak lehet feltételezni. Ha egy oszlopot, vagy egy falat több szint hasznos terhe terhel, akkor az egyes födécek teljes hasznos terhei csökkenthetők egy α_n tényezővel.

9.1. táblázat: Födémterület-osztályok

Osztály	Jellemző használat	Példa
A	Háztartási és tartózkodási célra használt területek	lakóházak és lakások helyiségei; kórházak szobái és kórtermei; szállodák és szállók szobái; konyhák és mellékhelyiségek
B	Irodaterületek	
C	Emberek gyülekezése alkalmas területek (az A, B, és D1) osztályban felsorolt területek kivételével)	C1: Asztalokkal ellátott födémterületek, stb. pl.: iskolák, kávéházak, vendéglők, éttermek, olvasó-termek, porták födémterületei C2: Rögzített ülőhelyekkel ellátott födémterületek pl.: templomok, színházak, mozik, konferenciatermek, előadótermek, gyűléstermek, várótermek, vasúti várótermek födémterületei C3: Emberek mozgását akadályozó tárgyak nélküli födémterületek pl.: múzeumok, kiállítótermek, stb. födémterületei; középületek, irodaépületek, szállodák, kórházak és vasútállomások előkertjeinek közlekedési célú födémterületei C4: Testmozgásra használt födémterületek pl.: tánctermekek, tornatermek, színpadok C5: Jelentős tömeg összegyülekezése szolgáló födémterületek pl.: nyilvános eseményeket befogadó épületek, mint pl. hangversenytermekek, sportcsarnokok, beleértve azok lelátóit, teraszait és közlekedési célú födémterületeit, vasúti peronok
D	Bevásárlóközpontok	D1: Általános kiskereskedelmi üzletek födémterületei D2: Bevásárlóközpontok födémterületei

9.2. táblázat: Tárolási és ipari célú födémterület-használati osztályok

Osztály	Jellemző használat	Példa
E1	Olyan födémterületek, ahol áruk felhalmozódása várható, beleértve ezek megközelítési útjait is	Tárolási célra használt födémterületek, beleértve a könyvek és egyéb iratok tárolását is
E2	Ipari használat	

9.3. táblázat: Épületek járműforgalmi és parkolási célú födémterületei

Járműforgalmi födémterület-osztályok	Jellemző használat	Példák
F	Járműforgalmi és parkolási célra használt födémterületek könnyű járművek (≤ 30 kN összsúly, és a vezetőülésein kívül ≤ 8 ülés) számára	garázsok; parkolók, parkolóházak
G	Járműforgalmi és parkolási célra használt födémterületek közepesen nehéz járművek (két tengelyen > 30 kN, ≤ 160 kN összsúly) számára	megközelítési utak; szállítási útvonalak, tűzoltófelszerelések megközelítési útjai (≤ 160 kN összsúlyú járművek)

1. MEGFEGYZÉS: Az F osztályúra tervezett födémterületek megközelítését a tartószerkezetbe épített eszközökkel fizikailag korlátozni kell.
2. MEGFEGYZÉS: Az F és G osztályúra tervezett födémterületeket megfelelő figyelmeztető jelzésekkel kell ellátni.

9.4. táblázat: A tetők osztályozása

Födémterület-osztályok	Jellemző használat
H	A szokásos fenntartási és javítási munkáktól eltekintve nem járható tetők
I	Az A-D födémterület-osztályoknak megfelelő célra igénybe vett tetők
K	Különleges célokra, mint pl. helikopter-leszállóhelyként használt tetők

Irodalom

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

MSZ EN 1991-1-1 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei.

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.

Huszár Zs.- Lovas A.- Szalai K.: Tartószerkezeti hatások az Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.

10. Tartószerkezeteket érő hatások II.

10.1. Hóteher

Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher
Eurocode 1: Actions on structures. General actions. Snow loads

Eltérő rendelkezés hiányában e szabvány nem alkalmazható 1500 m-t meghaladó tengerszint feletti magasság esetén.

E szabvány nem ad útmutatást egyes, a hóteherre vonatkozó különleges esetekre, például:

- a tető magasabb részéről lecsúszó vagy lezúduló hó okozta ütközési hóterhekre;
- a szélteher növekedésére, amely abból származik, hogy a hó jelenléte vagy a jégkéreg kialakulása következtében megváltozik az épület alakja vagy mérete;
- olyan területeken érvényes hóterhekre, ahol a hó egész évben jelen van;
- a jégteherre;
- a hó okozta oldalirányú terhekre (például helyi hófelhalmozódásból származó oldalirányú terhekre);
- hidak hóterhére.

Az építőmérnöki szerkezetek hóterhei egyes esetekben kísérleti vizsgálatokkal és igazolt vagy megfelelően kalibrált numerikus módszerekkel határozhatók meg. Ha a szabvány másként nem rendelkezik, a hóterhet az ENO szerinti értelemben esetleges, nem rögzített statikus hatásnak kell tekinteni. A kivételes hóteher a földrajzi helytől függően rendkívüli hatásnak tekinthető. A kivételes hófelhalmozódásból származó teher a földrajzi helytől függően rendkívüli hatásnak tekinthető. Ahol kivételes hóteher és kivételes hófelhalmozódás várhatóan nem alakul ki, tartós/ideiglenes tervezési állapotot kell figyelembe venni mind a hófelhalmozódás nélküli, mind a hófelhalmozódást is tartalmazó teherelrendezésre.

A tetők hóterhét a következőképpen kell meghatározni:

- tartós / ideiglenes tervezési állapotokra: $s = \mu_i C_e C_t s_k$
- azokra a rendkívüli tervezési állapotokra, amelyekben a kivételes hóteher képezi a rendkívüli hatást a következő albekezdése szerinti eset kivételével: $s = \mu_i C_e C_t s_{Ad}$
- azokra a rendkívüli tervezési állapotokra, amelyekben a kivételes hófelhalmozódás képezi a rendkívüli hatást azt célszerű feltételezni, hogy a hófelhalmozódásból kivételes teher származik, és a tetőn másutt nincs hótömeg. $s = \mu_i s_k$

A terhet függőlegesnek célszerű feltételezni, és a tetőfelület vízszintes vetületére célszerű vonatkoztatni.

Figyelembe véve pl. a közelmúlt szélsőségeesebb hóterheit -, az s_k felszíni hóteher karakterisztikus értékét Magyarország területén a következő összefüggés adja:

$$s_k = 0.25 \left(1 + \frac{A}{100} \right) \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \quad (8.8)$$

A hóteher alsó korlátja Magyarországon $1,25 \text{ kN/m}^2$, mely 400 m tengerszint feletti magasságnak felel meg.

10.2. Szélhatás

Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás
Eurocode 1: Actions on structures Part 1-4: General actions - Wind actions

Az EN 1991-1-4 az épületek és az építőmérnöki szerkezetek tartószerkezeti tervezésekor a természetes szélhatások meghatározására vonatkozó útmutatást tartalmaz minden figyelembevett terhelt felület esetére. Így vonatkozik a teljes tartószerkezetre, a tartószerkezet részeire vagy a tartószerkezethez kapcsolódó elemekre, pl. összetevőkre, burkolati egységekre és azok rögzítéseire, biztonsági korlátokra és zajvédő falakra.

Ez a rész érvényes:

- legfeljebb 200 m magasságú épületekre és építőmérnöki szerkezetekre
- legfeljebb 200 m-es támaszokzt tartalmazó hidakra, feltéve, hogy azok kielégítik a dinamikai válaszra vonatkozó követelményeket.

Ez a rész földre alapozott tartószerkezetekre, azok alkotóelemeire és a hozzájuk kapcsolódó kiegészítő elemekre ható szélhatások karakterisztikus értékének meghatározása céljából készült.

A tartószerkezetre ható szélhatások meghatározásához szükséges bizonyos jellemzők a tartószerkezet elhelyezkedésétől, továbbá a meteorológiai adatok hozzáférhetőségétől és minőségétől, a terep típusától, stb. fügnek. Ez a rész nem tartalmaz útmutatást a helyi hőmérsékleti hatásoknak a szélhatás karakterisztikus értékére gyakorolt hatásaival, pl. a sarkvidéki hőmérsékletű légrétegek gyors irányváltásával, a tölcsérhatással vagy a tornádókkal kapcsolatban. Ez a rész szintén nem tartalmaz útmutatást a következő esetekkel kapcsolatban:

- nem párhuzamos övű, rácsos szerkezetű tornyokra ható szélhatások,
- kihorgonyzott árbocokra és kihorgonyzott kéményekre ható szélhatások,
- csavarási rezgések, pl. központi merevítő maggal készült magasépületek esetén,
- híd-felszerkezetek rezgései keresztirányú szélörvények következtében,
- kábelhidak,
- olyan rezgések, ahol az alaprezgésnél magasabb sajátrezgéseket is figyelembe kell venni.

A szélhatások az időben változnak és a zárt szerkezetek külső felületén közvetlenül fellépő nyomást fejtenek ki, továbbá a külső felület átteresztőképessége miatt közvetett módon a belső felületekre is hatnak. Nyitott szerkezetek belső felületére közvetlen módon is működhetnek. A felületekre ható nyomások a tartószerkezet vagy az egyes burkolati elemek felületére merőleges irányú erőket eredményeznek. Továbbá olyan esetekben, amikor a szél a szerkezetek nagy felületeit súrolja, a felület síkjába eső súrlódási erők jelentős nagyságúak lehetnek. A szélhatás olyan egyszerűsített nyomások és erők halmazát jelenti, melyekből származó igénybevételek egyenértékűek a turbulens szél következtében fellépő legnagyobb igénybevételekkel. Egyéb előírás hiányában a szélhatásokat általában rögzített esetleges hatásnak kell tekinteni.

Egy épület adott külső felületére működő szélnyomás tervezési értékét a következő összefüggés adja meg:

$$w_d = \gamma_w w_e$$

A szélnyomás a szélesebségből valamilyen z magasságban az alábbi összefüggéssel számítható:

$$q_p = q_b c_e(z)$$

q_b az átlagos torlónyomás, ami egyben a szélteher karakterisztikus értékét jelenti és Magyarország területén $q_b = 0,25 \text{ kN/m}^2$ veendő számításba; z - referencia magasság; $c_e(z)$ helyszíntényező, melynek értékét a terep tulajdonságai (beépítettségi kategóriák, terep tagoltsága) és a z terepszint feletti, ún. referenciamagasság függvényében lehet meghatározni.

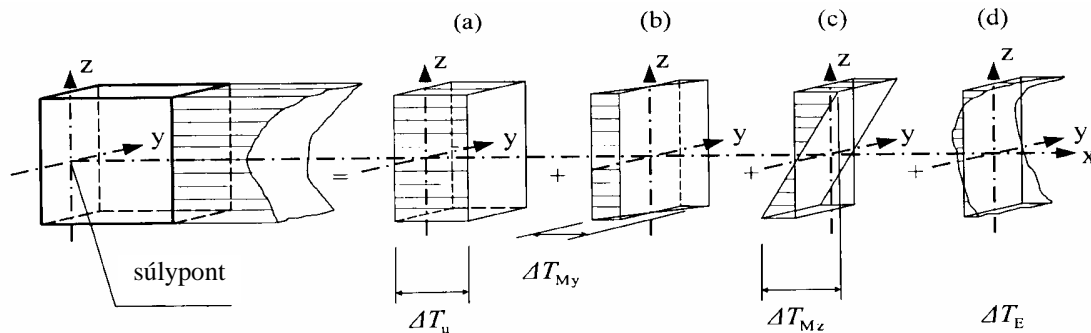
Az épületek külső felületeire ható szélnyomás: $w_e = q_p(z_e) c_{pe}$.

10.3. Hőmérsékleti hatás

Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-5. rész: Általános hatások. Hőmérsékleti hatások
Eurocode 1: Actions on structures. General actions. Thermal actions

A szabvány az épületekre, a hidakra és más tartószerkezetekre, valamint ezek tartószerkezeti elemeire működő hőmérsékleti hatások meghatározásához ad meg alapelveket és szabályokat. Tartalmazza az épületek burkolataira és egyéb, nem teherhordó jellegű részeire vonatkozó alapelveket is. E szabvány megadja a tartószerkezeti elemek hőmérséklet-változásait. Tartalmazza továbbá a nap- és évszakonkénti hőmérséklet-változásnak kitett tartószerkezetek tervezése során figyelembe veendő hőmérsékleti hatások karakterisztikus értékét. Az ilyen hatásoknak nem kitett szerkezetek tervezése során hőmérsékleti hatást nem feltétlenül kell figyelembe venni. A hőmérsékleti hatásokat az ENO szerint esetleges, közvetett hatásnak kell tekinteni.

Az árnyékban mért léghőmérséklet nap- és évszakonkénti változásai, a napsugárzás, a másodlagos sugárzások stb. következtében a tartószerkezet egyes elemeiben változik a hőmérséklet-eloszlás.



10.1. ábra A hőmérséklet-változás összetevőinek sematikus ábrája

Az éghajlati hatásokat az árnyékban mért léghőmérséklet és a napsugárzás változásai alapján kell figyelembe venni. A rendeltetészerű használatból (melegítésből, technológiai vagy ipari folyamatokból) származó hatásokat az adott esetnek megfelelően, egyedi módon kell felvenni.

Az áramló meleg gázokkal vagy folyadékokkal, illetőleg eltérő hőmérsékletű anyagokkal érintkező szerkezeteket (például ipari kéményeket, csővezetékeket, silókat, tartályokat és hűtőtornyokat) az adott helyzetnek megfelelően a következő hőmérsékleti hatásokra kell tervezni:

Irodalom

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

MSZ EN 1991-1-3 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher.

MSZ EN 1991-1-4 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás.

MSZ EN 1991-1-5 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-5. rész: Általános hatások. Hőmérsékleti hatások.

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.

Huszár Zs.- Lovas A.- Szalai K.: Tartószerkezeti hatások az Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.

11. Közúti hidakat terhelő erők és hatások

A hidakat érő hatások lehetnek állandó, esetleges, rendkívüli és szeizmikus hatások.

Közúti hidak esetén - ha ilyen fellép, akkor - állandó hatásként általában

- a tartószerkezeti és nem tartószerkezeti elemek önsúlyát
- a földnyomást
- a víznyomást (talajvíznyomás, áramlási nyomás)
- a támaszmozgásokat
- az időben lejátszódó lassú alakváltozások (a beton zsugorodása és kúszása, az acélok relaxációja) következményeit
- a feszítést
- a saruellenállást kell figyelembe venni.

Az áramlási nyomásból származó hidrodinamikusan erőt az adott körülményektől (a hatás tartósságától) függően esetleges hatásként is figyelembe lehet venni.

Hidak tervezésekor esetleges hatásként

- a tartós és ideiglenes tervezési állapotok vizsgálata során általában
 - a hidak és a hídfők mögötti töltések (forgalomból származó) forgalmi terheit
 - a fáradást okozó hatásokat
 - a szélhatást
 - hőmérsékleti hatásokat
 - a jég, az áramló víz és a hullámverés által okozott hatásokat
 - a saruellenállást
 - az építési terheket
- a rendkívüli tervezési állapotok vizsgálata során (rendkívüli hatások) a fentiekén kívül általában
 - végleges állapotban a közúti járműforgalomból adódóan
 - a híd alatt vagy a hídon áthaladó járműveknek a híd tartószerkezetével való ütközéséből és
 - a hídon áthaladó járművek kerekeinek a gyalogjárón vagy a kerékpárúton való megjelenéséből
 - a megvalósítás során döntően az emberi tevékenységből adódó
 - ütközésekből, beakadásokból, leesésekből, lokális tönkremenetelekből
- szeizmikus tervezési állapot vizsgálata során (szeizmikus hatás)
 - a földrengésből származó hatásokat kell figyelembe venni.

Az áramlási nyomásból származó hidrodinamikusan erőt az adott körülményektől (a hatás tartósságától) függően állandó hatásként is figyelembe lehet venni.

Az egyes hatások karakterisztikus értékei és a teherkombinációk összeállítása az MSZ EN 1991-2 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-2. rész: Általános hatások. Hidak forgalmi terhei alapján illetve Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet-e alapján határozhatók meg.

Irodalom

Lovas A.: Méretezés alapjai. Oktatási segédlet. www.hsz.bme.hu Oktatás ->- Bsc ->- Méretezés alapjai ->- Előadás ->- Letöltés

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

MSZ EN 1991-2 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-2. rész: Általános hatások. Hidak forgalmi terhei.

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.