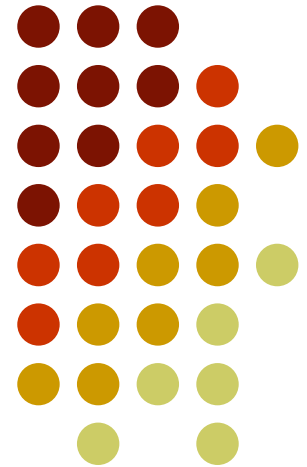


Szerkezetek analízise és méretezése

MéRNÖKI szerkezetek tervezése.
Biztonság, kockázat, felelősség.
Tartószerkezet-tervezés szerepe
az építmények létrehozásában.
A tartószerkezetek modellezése.
Terhek csoportosítása.
Teherkombinációk.





Tartószerkezetek

Definíció

A létesítménynek az a része, amelyet azért alakítunk ki, hogy kellő biztonsággal viselni tudja a rá ható terheket.

A tartószerkezetek feladata

Az épületekre ható erőket:

a teherhordó szerkezetek veszik fel és közvetítik a talajra.

Az egész épület szempontjából alapvető követelmény, hogy megőrizze egyensúlyát az őt érő hatásokkal szemben.





Szerkezettervezés

A mérnöki szerkezetek tervezésének sajátos vonásai

A mérnöki szerkezetek köre

A szerkezettervezés folyamata

A statikai tervezés

Statikai modell

Tervezési szempontok

Gazdaságosság

Esztétikai és környezeti megfontolások a szerkezettervezésben

Urbanisztikai-városképi tervezés

Építészeti (divat által is befolyásolt) megjelenés

Biztonság. Kockázat. Felelősség





A mérnöki szerkezetek köre

- Rendeltetéshez változatos funkcionális – formai – szerkezeti megoldás (pl. 3-5 szintes, 8-20 lakásos bérházak, társasházak)
- Viszonylag egyszerű és állandó rendeltetés, formai szempont kevésbé meghatározó, de kemény szerkezeti megfelelőségi követelmény (pl. távvezetékoszlopok, támfalak)
- Rendeltetéshez változatos formai megjelenés, nagy méret, kiterjedés, magas költség, közcélú, szélesebb körű használat – szerkezeti erőjáték fontos
 - tágas terek kialakítása, lefedése, szerkezeti tagolása
 - magas házak merevítő- és tartószerkezetei
 - földalatti terek föld- és víznyomást viselő falazatai
 - jellegzetes mérnöki létesítmények (hidak)



A tartószerkezet fontossága építménytípusonként



Funkció, forma építészet				Szerkezet statika	
Emlékmű szobor	Lakóház Kommunális épület Kultikus épület	Magas ház, Nagyterű csarnok (kiállítási, sport)	Ipari csarnok, Mezőgazdasági csarnok Raktárak	Híd, siló, tartály, kémény, hűtőtorony, távvezetékoszl op, víztorony, Tv-torony, daruhíd, szennyvíztisztí tó, stb.	Gépalapok, gépek állványzata, Vízépítési műtárgyak, Völgyzárógát, támfal, Furótorony Föld alatti tároló





A szerkezettervezés folyamata

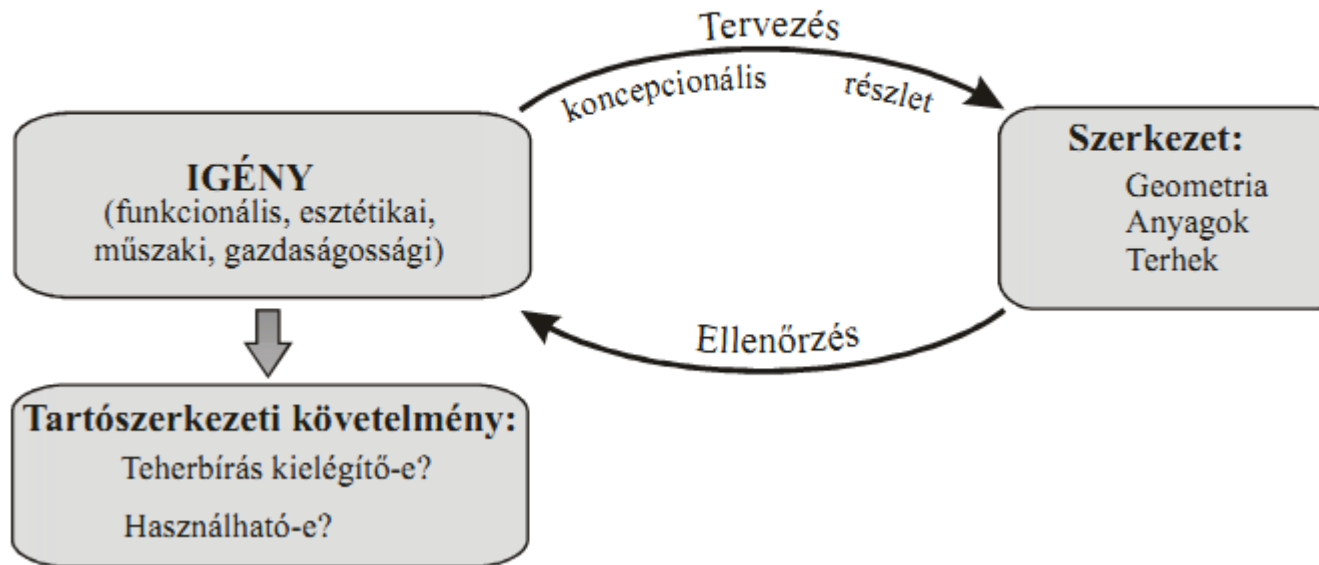
- **Esztétikai - funkcionális követelmények**, adottságok, környezeti feltételek átgondolása;
- Előterv(ek), elvi megoldási lehetőségeket bemutató tervanyag
- Egyeztetés az érintettek körében, döntés;
- A kiválasztott változat részletes megtervezése;
- **Mechanikai törvények**, tételek alkalmazása;
- Rendeltetésnek megfelelő szerkezeti változatok kialakítása;
- **Gazdaságossági**, hatósági, építészeti stb. igények teljesítésének ellenőrzése;
- Szerkezettervezői rugalmasság;
- Áthághatatlan erőtani szabályok, törvények következményeinek kifejtése.





A szerkezettervezés folyamata

Tervezés és Ellenőrzés



Kollár László: Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe.





Statikai tervezés

- szóba jöhető változatok erőjátéka
 - mechanikai viselkedést befolyásoló terhelések,
 - megtámasztási lehetőségek (alapozási megoldások)
 - kivitelezési-technológiai adottságok
 - tervezői lelemény és tudás
-
- egyszerűbb és bonyolultabb, durvább vagy finomabb közelítések,
 - kézi vagy gépi számítás
-
- mindegyik modell-fajta lehet helyes vagy hibás
 - bonyolultabb modellek ~ az erőjáték pontosabb követése ~ szerkezetkialakítási, gazdaságossági, kivitelezés-technológiai feltételek
 - durvább közelítések ~ biztonságosabb megoldás



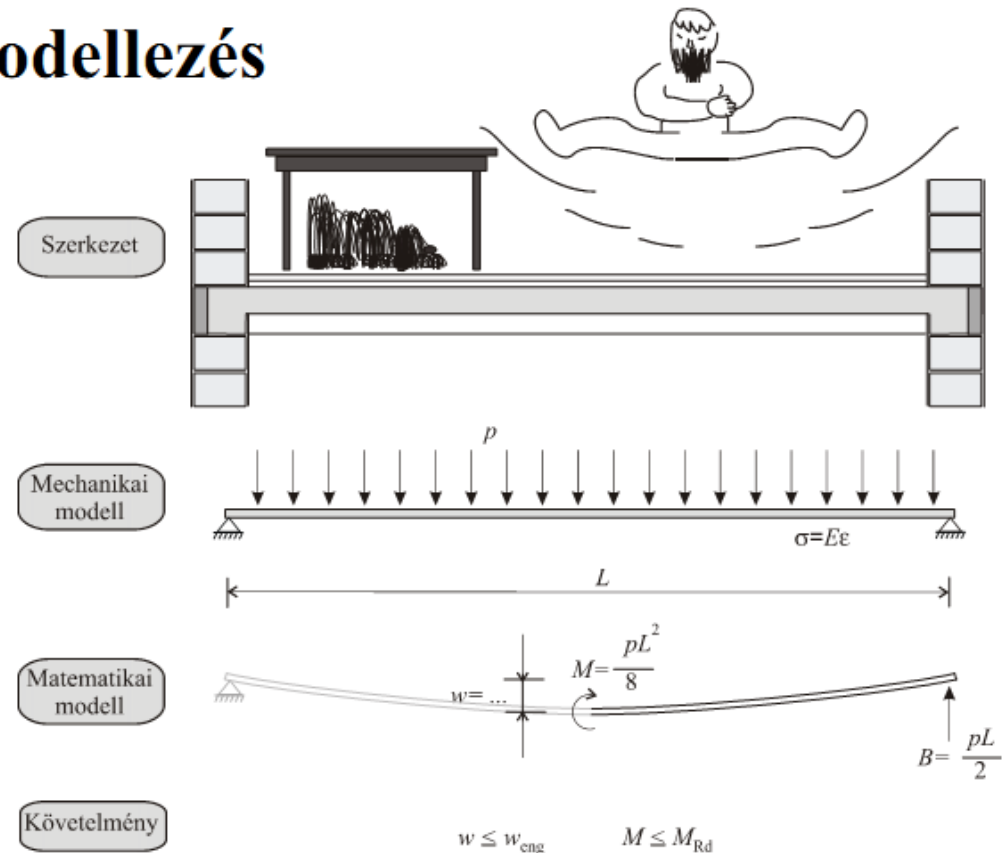


Modell

A modellalkotás lépései:

- Mechanikai modell
- Matematikai modell
- Követelmények felállítása és ellenőrzése

Modellezés



Kollár László: Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe.





Statikai modell

- Az erőtani vizsgálatok statikai modellre vonatkoznak

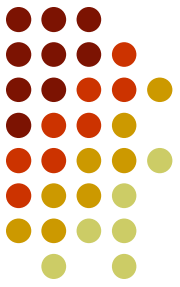
A helyes modell

- elfogadható közelítéssel követi a tényleges szerkezet viselkedését,
- leképezi a valóságos szerkezet erőjátékát,
- alkalmas a várható terheléseknek megfelelő kinematikai viselkedés elemzésére,
- alkalmas a szükséges számítások elvégzésére,
- áttekinthető módszerekkel vizsgálható.

Tervezői tapasztalat és tudás

- *Közelítési pontosság*
- *Közelítő méretfelvétel - ökölszabályok*
- *Érzékeny erőjátékú szerkezetek*
- *Korszerű szerkezeti anyagok*





Statikai modell

durvább és finomabb közelítés

- a szerkezeti kialakítás rendszerének megválasztása, közelítő méretek meghatározása
- tényleges méretezés, alakváltozások, igénybevételek kiszámítása

hibaforrások

- lényeges hatás mellőzése,
- téves feltevés,
- számítási hiba,
- a szoftver hiányos ismerete,
- adatbevitel

félrevezető lehet

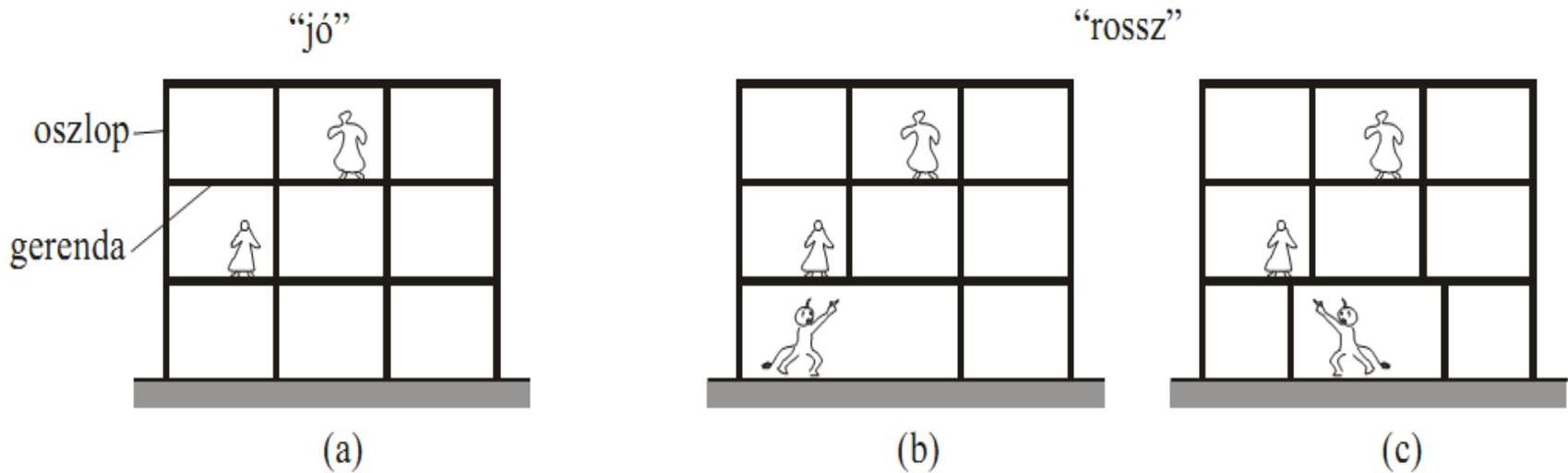
- a numerikus pontosság,
- a számítási gyorsaság,
- az ábrázolási technika látványossága





Jó a tartószerkezet

Ha a rá ható erőket egyszerű módon továbbítja a talajra



Kollár László: Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe.



Tervezési elvek és optimális megoldás

- egymásnak ellentmondó szilárdsági, alakváltozási, szerkezeti, tartóssági, gazdasági követelmények összehangolása
- abszolút érvényű szabály: *az egyensúlyi feltételeket ki kell elégíteni*

Az optimum értelmezése a létesítmény megvalósításában érdekelt szereplők közös feladata.

Erőtani szempontból nem optimális esetek

- optimális szerkezeti változat bemutatása
- általánosabb optimum feltételek vállalása
- tömeg minimalizálása
- költség, kivitelezési technológia, határidő





Szerkezeti formák megválasztása

- a várható igénybevételeknek legjobban megfelelő geometriai alak és arányok
- az igénybevételek nagyságának és jellegének megfelelő anyagok
- különleges esztétikai követelmények (:méretarányok)
- előírt korlátozó feltételek (:szélesség, magasság)
- anyag felhasználási kényszerek (:műemléki környezet)
- gyártási megfontolások (:kiékelés, gombafödém)
- kompromisszumok *vs.* költségek

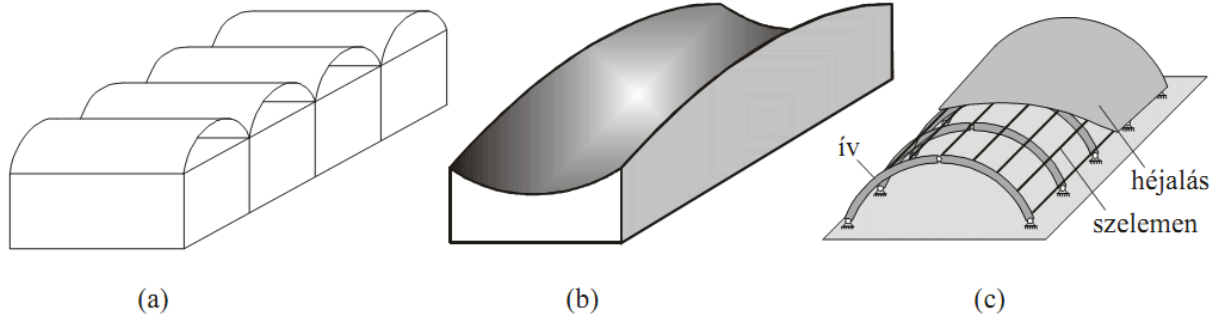
- nagy terek lefedése
- függőtető, ponyvaszerkezetek, membránhéjak
- megálmodás, statika, szilárdságtan, szerkezet





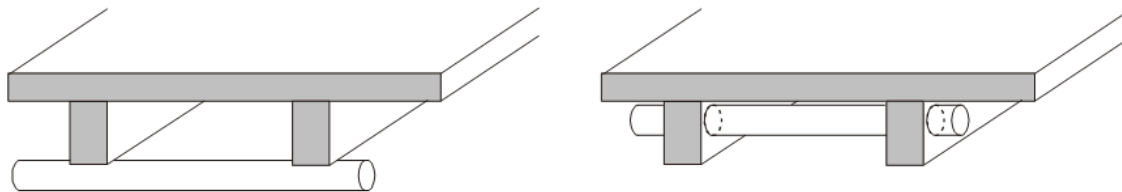
A szerkezetet meghatározó tényezők

- Építészeti kialakítás



Kollár László: Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe.

- Egyéb, szakági szempontok



Kollár László: Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe.



Esztétikai és környezeti megfontolások

- közterületi látvány ~ vizuális kultúra ~ szubjektivitás
- közhasználatú építmények ~ ipari létesítmények
- kultúrtörténeti változások ~ politikai hangsúlyok ~ divat
- vs. természettörvények

esztétikai jellemzők

- rendezettség,
- arányosság,
- megformáltság,
- jellegzetesség,
- építmény és környezet összhangja





Esztétikai és környezeti megfontolások

- tájékozott szemlélő *vs* laikus járókelő
- természeti analógiák
- környezeti hatás, környezetbe illeszkedés, tájalakítás
- flóra és fauna, élettér-szétválasztás
- változás \sim környezeti alkalmazkodóképesség
- környezeti hatásvizsgálat
- kötelezettségek, követelmények szabályozottsága
- társadalmi játszmák
- egyeztetések rendje, hiánya, időzítése
- évszázados hagyomány *vs* természetes szakmai kötelezettség *vs* költségszint





Határozott és határozatlan szerkezetek

Az erőjáték befolyásolása

- egyetlen teherelrendezés - statikailag határozott szerkezet
- többféle teherelrendezés - határozatlan szerkezetek

Erőjáték és szerkezeti megoldás

- ívtartók, többtámaszú gerendatartók
- feszítőművek, feszítés
- beépülő anyagok kihasználása, alakváltozások csökkentése





Szerkezet, alapozás, talajkörnyezet

- kemény talaj - tetszőleges szerkezet
- puha talaj - süllyedések és süllyedéskülönbségek - igen merev vagy igen hajlékony szerkezet
- süllyedések korlátozása alapozási rendszerrel
- csatlakozó szerkezetek tervezése
- geotechnikai modellek és gépi számítási módszerek
- szerkezet, alapozás, talajkörnyezet - egyetlen kiterjesztett modell
- inhomogenitás, kezdeti feszültségállapot, anizotropia, nemlinearitás, irreverzibilitás





Statikailag kedvezőtlen szerkezeti viselkedés

- különleges építészeti formák
- mellékhatások (:hőmérsékletváltozás, támaszelmozdulás, zsugorodás) elhanyagolása
- csatlakozó épületszerkezetek (:válaszfalak, nyílászárók) károsodása
- alakváltozások zavaró hatása (:használat, látvány)

Szerkezeti anyagok megválasztása

- korszerűség vs minőség





Építésmód és kivitelezési pontosság

- megépíthetőség
- építési, szerelési munkafázisok
- építésmód

- szerelési állványzatok
- ideiglenes és végleges erőjáték

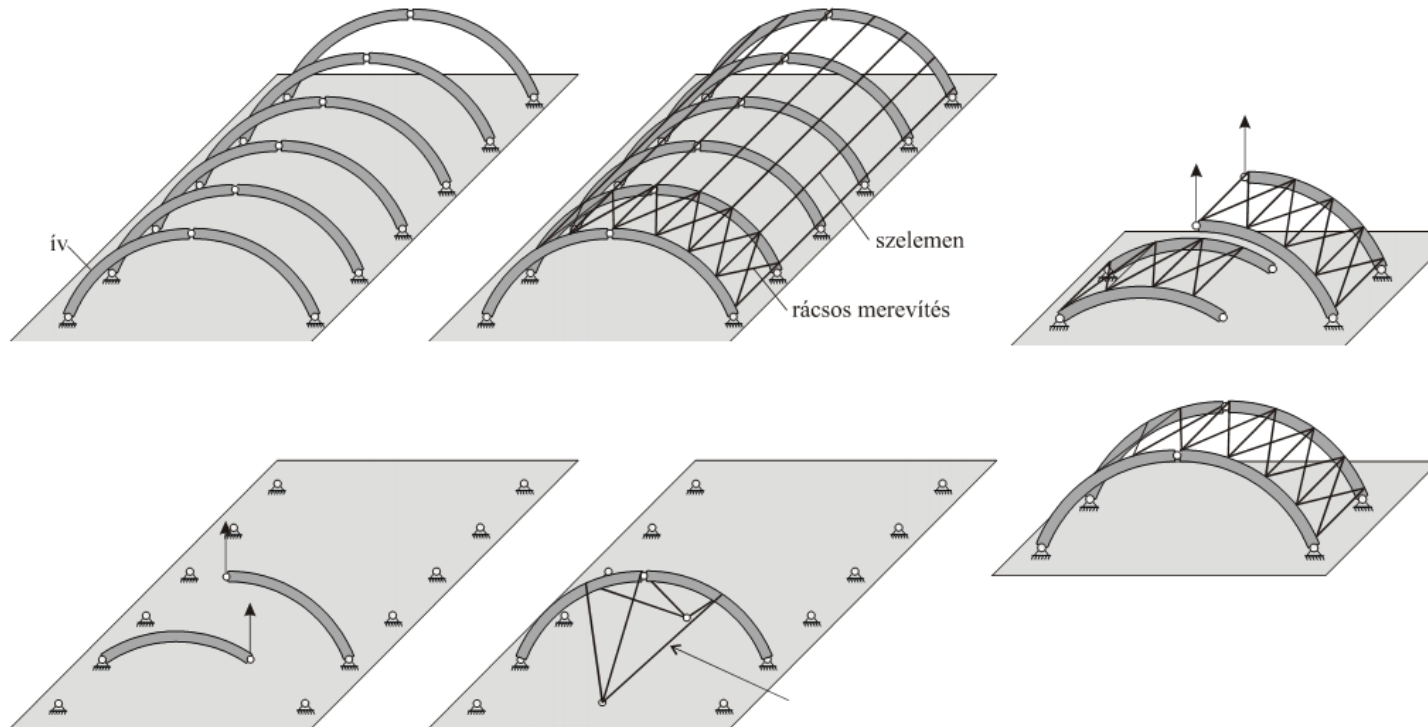
- csatlakozó szerkezetek ~ kivitelezési pontosság ~ kiegyenlítő szerkezetek





A szerkezetet meghatározó tényezők

- Kivitelezés



Kollár László: Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe.



Kinematikai hatások

- hőmérsékletváltozás,
 - azonnali süllyedés *vs* konszolidációs süllyedés,
 - kúszás,
 - duzzadás-zsugorodás
-
- mellvédek,
 - erkélylemezek,
 - elemekből rakott támfalak,
 - átellenes hídfők
-
- tágulási hézagok, saruszerkezetek





Gazdaságosság

- döntéselőkészítési szempontok
- előírt biztonsági tényezők, teherbírási, alakváltozási, stabilitási stb. követelmények
- élettartam, átalakítás, fenntartás
- egyszerűbb és olcsóbb szerkezetek *vs* karbantartás, élettartam

szerkezettervezői megfontolások

- keresztmetszet, alak, anyag
- optimális tartószerkezeti elrendezés
- teljes szerkezeti rendszer megválasztása
- szerkezeti optimumnak megfelelő üzemeltetési mód





Alapkövetelmények

Tartós ellenállóképesség

- Hatásokkal szemben
- A megvalósítás során, használat közben és rendkívüli állapotban

Tartós használhatóság

- Rendeltetést zavaró elmozdulások, alakváltozások, lengések, repedések nélkül





Szerkezeti rendszer – méretezés

Választott tartószerkezeti konstrukció meghatározza:

- építészeti megjelenést
- statikai erőjátékot
- alkalmazhatósági kört

Például:

- ókori Egyiptom – oszlop-gerendás
- Romanika – félköríves boltozatok
- Gótika – támpillérekkel, támívekkel gyámolított csúcsíves boltozatok

Helyesen megválasztott szerkezeti rendszer fontos, de!





Méretezés adatai

Szerkezetre működő hatások (terhek) jellemzői:

- szerkezeten való elhelyezkedése, nagysága
- működésének időtartama, gyakorisága

Szerkezeti anyagok mechanikai jellemzői:

- szilárdság
- rugalmassági modulus

Szerkezet, szerkezeti elem geometriai adatai:

- hossz
- keresztmetszeti méretek

Szerkezet állapota a vizsgálat során: rugalmas vagy képlékeny





Tervezési eljárások

egyetlen	osztott	teljes valószínűségi eljárások
biztonsági tényezős módszere		
<ul style="list-style-type: none"> • megengedett feszültségek módszere • törési biztonságon alapuló eljárás I. változata 	<ul style="list-style-type: none"> • törési biztonságon alapuló eljárás II. változata • félvalószínűségi eljárások <ul style="list-style-type: none"> ➤ parciális tényezők módszere (Eurocode, MSZ) 	megbízhatósági módszer
determinisztikus eljárások		valószínűségi eljárások



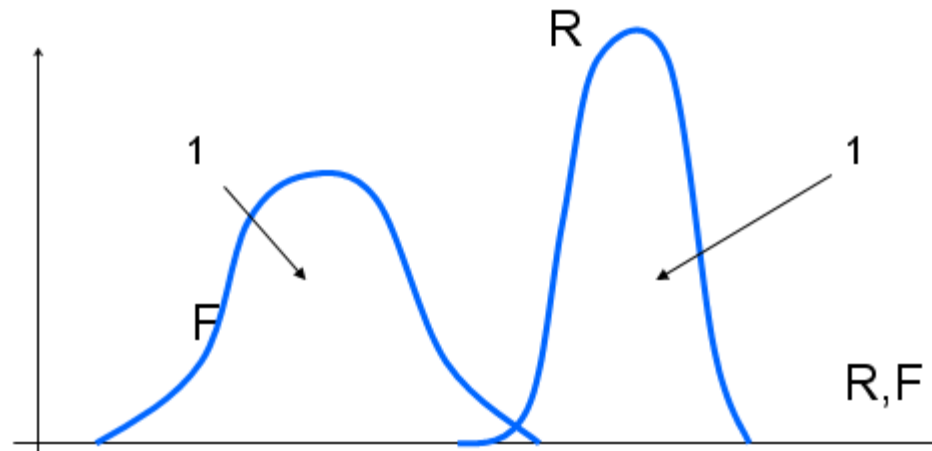
A megfelelőség igazolásának logikája

- A TARTÓSZERKEZETNEK ELLENÁLLÓKÉPESSÉGE VAN, AMELYNEK MECHANIKAI MENNYISÉGEKKEL JELLEMZETT HATÁRÁLLAPOT FELELTEHETŐ MEG.
- A TARTÓSZERKEZETBEN A HATÁSOK MECHANIKAI MENNYISÉGEKKEL JELLEMEZHETŐ ÁLLAPOTOKAT ÉBRESZTENEK.
- A MECHANIKAI MENNYISÉGEK ÉS HATÁSOK VALÓSZÍNŰSÉGI VÁLTOZÓK, EGYMÁSTÓL KÜLÖNBÖZŐ MEGBÍZHATÓSÁGGAL ADHATÓK MEG A HATÁS ÉS ELLENÁLLÓKÉPESSÉG JELLEGÉTŐL FÜGGŐEN



Valószínűségelméleti alapfogalmak

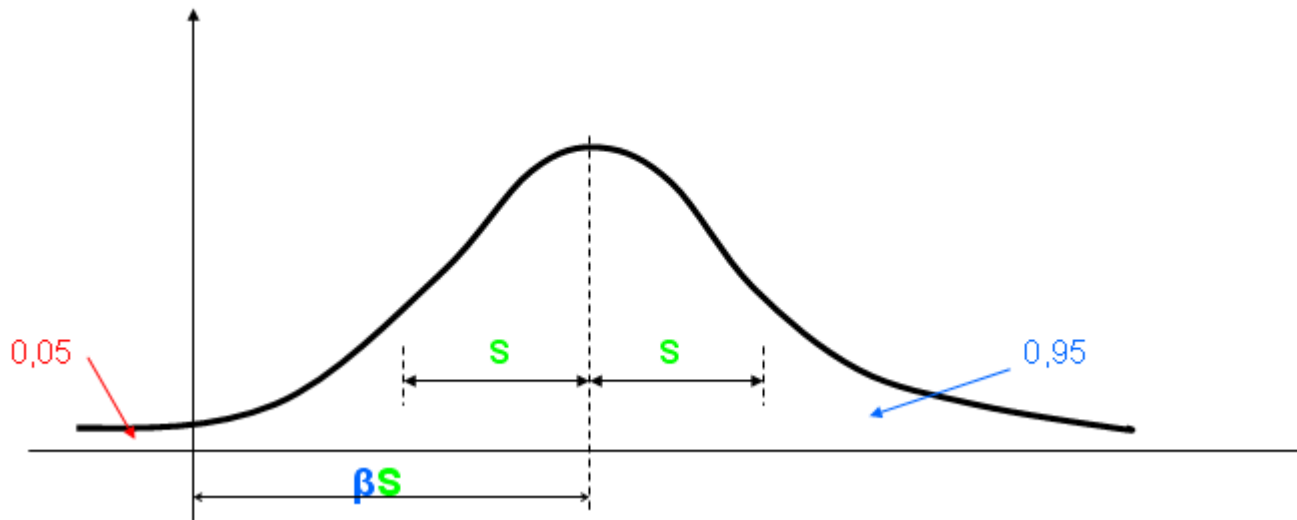
- VALÓSZÍNŰSÉG, KOCKÁZAT, MEGBÍZHATÓSÁG
- HISZTOGRAM, GYAKORISÁG, SŰRŰSÉGFÜGGVÉNY
(R: ellenállás, F: hatás)





Valószínűségelméleti alapfogalmak

- MEGBÍZHATÓSÁG, KOCKÁZAT, SZÓRÓDÁS/SZÓRÁS

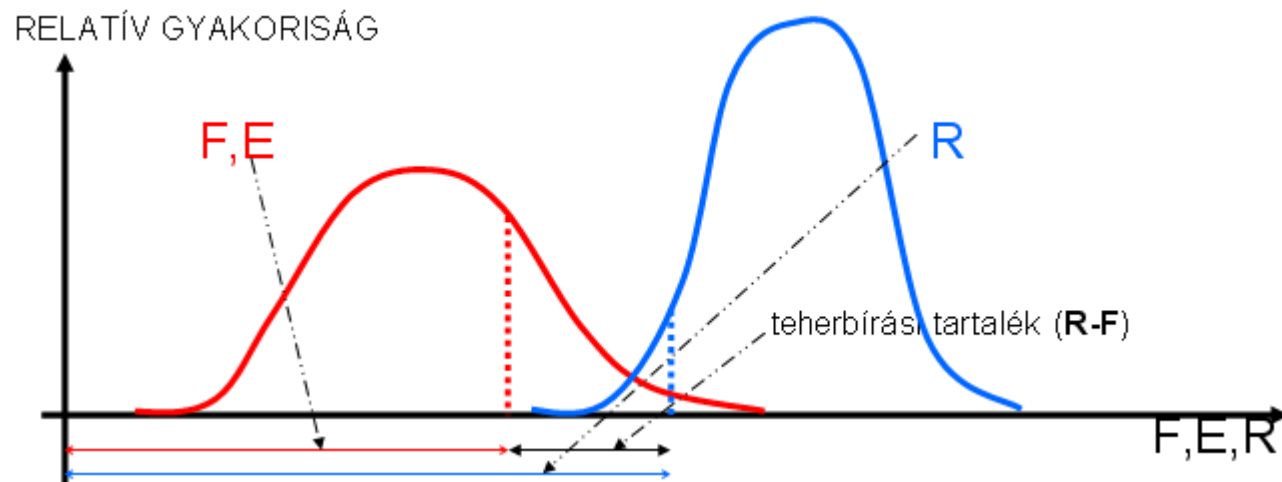




Igénybevétel és ellenállás

- A HATÁSOK KÖVETKEZMÉNYÉNEK TERVEZÉSI ÉRTÉKE \leq
A SZERKEZET ELLENÁLLÁSÁNAK TERVEZÉSI ÉRTÉKE

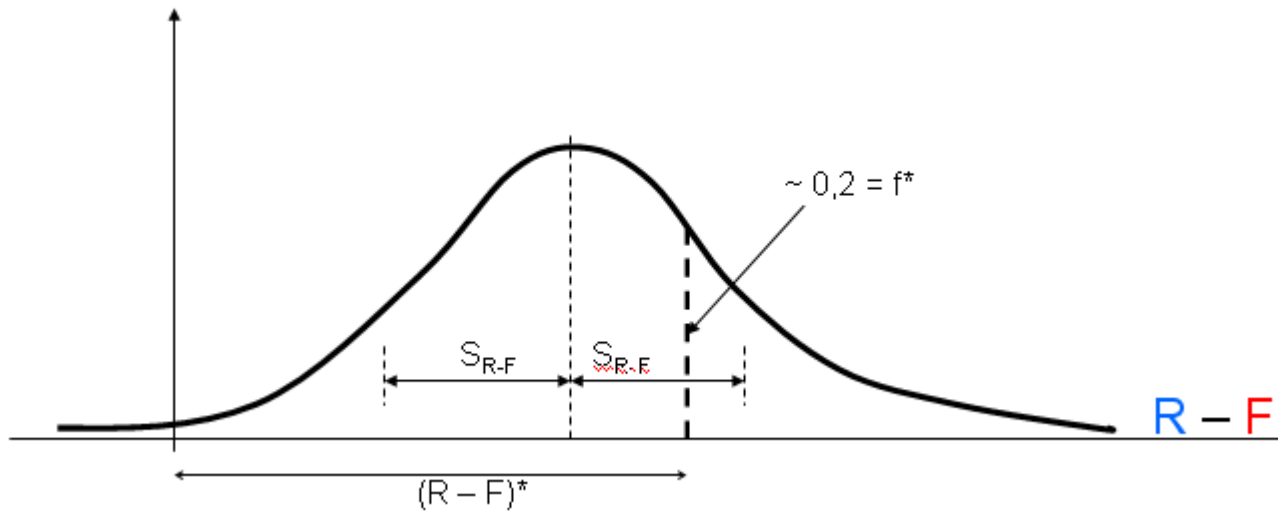
$$0 \leq R - F$$





Tartalék

- TEHERBÍRÁSI TARTALÉK $R - F$
SÚRÚSÉGFÜGGVÉNYE (Gauss \sim normális)





A megfelelőség igazolásának logikája

- A hatások következményeként kialakuló állapotokat **ÖSSZE KELL HASONLÍTANI** az anyagok, méretek, alakzatok által meghatározott ellenállóképességnek megfelelő állapotokkal.
- A tartószerkezetnek **ellenállóképessége** van, amelynek **mechanikai mennyiségekkel** jellemzett **határállapot** felelthető meg.
- A tartószerkezetben a **hatások mechanikai mennyiségekkel** jellemezhető **állapotokat** ébresztenek.
- A **mechanikai mennyiségek** és **hatások valószínűségi** változók, egymástól különböző **megbízhatósággal** adhatók meg a hatás és ellenállóképesség jellegétől függően.



A megfelelés értelmezése

AZ ÖSSZEHASONLÍTÁS KÉT HALMAZA

- (A) IGÉNYBEVÉTELT OKOZÓ **HATÁSOK** SZÁMBAVÉTELE, **TERHELÉSI ESETEK, HELYZETEK, ÁLLAPOTOK** ÉRTELMEZÉSE
- (B) ELLENÁLLÁS, ELLENÁLLÓKÉPESSÉG, ELŐÍRT IDEIG MEGKÖVETELT HASZNÁLHATÓSÁG JELLEMZÉSE OLYAN **HATÁRÁLLAPOTOKKAL**, AMELYEK BEN TELJESÜLNEK A **TERVEZÉSI KÖVETELMÉNYEK**

HATÁSOKBÓL levezetett

IGÉNYBEVÉTEL

(HATÁS)

\leq

KÖVETELMÉNYEKBŐL levezetett

ELLENÁLLÁS

(TEHERBÍRÁS)





Szerkezetet érő hatások csoportosítása

3-1. táblázat

A hatások besorolása		
Csoportosítási szempont	A hatás típusa	Példák
Időbeli változás	a) állandó ~ (G, P) (= időben állandó)	önsúly, feszítés (!)
	b) esetleges ~ (Q) (= időben változó)	raktárteher (tartós ~) meteorológiai teher (rövid idejű ~)
	c) rendkívüli ~ (A)	ütközés, robbanás, tűz
Eredet	a) közvetlen ~ (terhek)	koncentrált és megoszló terhek, nyomatékok
	b) közvetett ~ (kinematikai terhek)	kényszer- vagy gátolt alakváltozás (hőmérséklet- és nedvességváltozás, támaszelmozdulás, zsugorodás), kényszergyorsulás (robbanás, földrengés)
Térbeli változás	a) rögzített ~	önsúly
	b) nem rögzített ~	hasznos teher, daruteher, meteorológiai teher
Jelleg vagy szerkezeti válasz	a) statikus ~	önsúly (nem okoz jelentős szerkezeti gyorsulást)
	b) kvázi-statikus ~	
	c) dinamikus	földrengés (jelentős gyorsulásokat okoz)

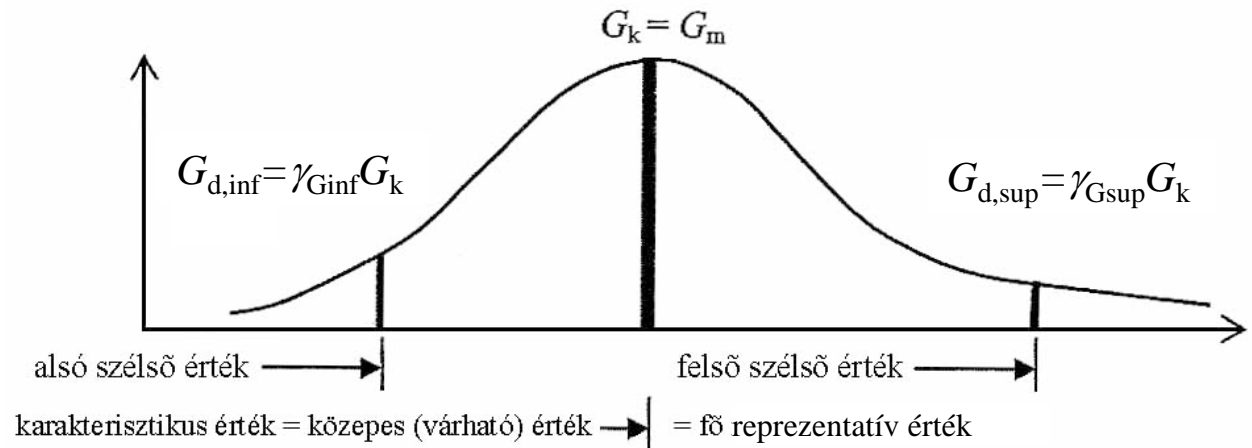




Időbeni állandó hatások

Önsúly (G),

feszítőerő (P) stb.



Reprezentatív érték

Karakterisztikus érték (G_k) \rightarrow $G_k = G_m$ (közepes érték, várható érték)

Tervezési érték $G_d = \gamma_G \cdot G_k = 1,35 G_k$ ($1,0 G_k$)

Alsó szélső érték (G_{dinf}) $G_{dinf} = \gamma_{Ginf} \cdot G_k = 0,9 G_k$

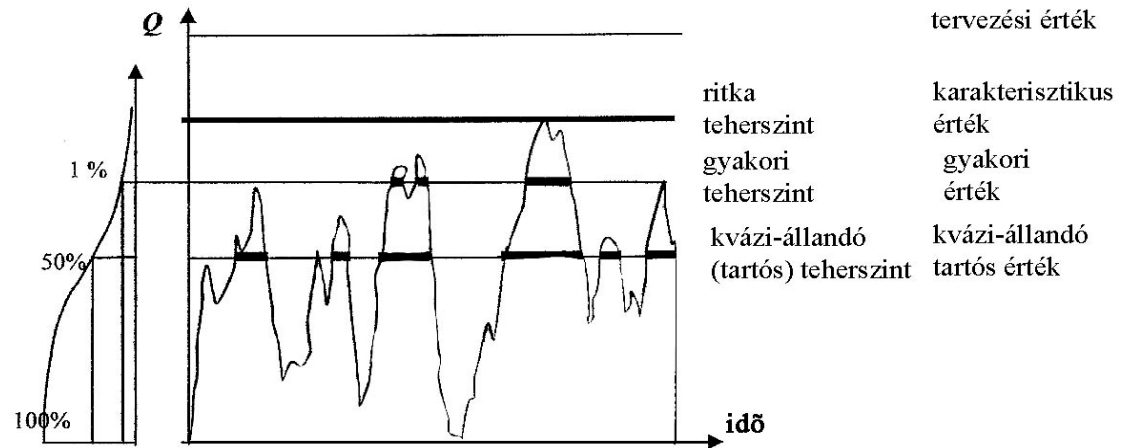
Felső szélső érték (G_{dsup}) $G_{dsup} = \gamma_{Gsup} \cdot G_k = 1,1 G_k$





Időben változó (esetleges) hatások

Hasznos teher,
meteorológiai terhek
(hó, szél) stb.



Reprezentatív érték (hasznos teher teherszintjei)

Ritka teherszint → *karakterisztikus érték* (Q_k)

referencia időszakon belüli túllépési valószínűség 2 %/év (65 %/50 év)

Gyakori teherszint → *gyakori érték* ($\psi_1 Q_k$)

élettartam (referencia időszakon) belüli gyakoriság 1 %

Kombinációs teherszint → *kombinációs [egyidejűségi] érték* ($\psi_0 Q_k$)

Tervezési érték: $Q_d = \gamma_Q Q_k = 1,50 Q_k (1,0 Q_k)$





Hatáskombinációk

4-1. táblázat

A tartós és ideiglenes tervezési helyzethez tartozó kombináció (STR/EQU)

A terheket biztonsági tényezőt is tartalmazó tervezési értékükkel, (ezen belül - ha szükséges* - az állandó terheket alsó vagy felső karakterisztikus értékükkel[†]), a domináns (kiemelt) esetleges terhet (hatást) ritka értékével, a többi esetleges terhet pedig egyidejűségi tényezővel csökkentett értékével kell számításba venni:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

A "+" és Σ jelek a hatások egyidejű figyelembevételére utalnak, és nem jelentenek feltétlenül algebrai összegzést.

$\gamma_{G,j}$ a j-edik állandó teher parciális biztonsági tényezője:	hatás jellege	$\gamma_{G,j}$	STR	EQU
	kedvezőtlen	$\gamma_{G,j,sup}$	1,35	1,10
	kedvező	$\gamma_{G,j,inf}$	1,00	0,90

$G_{k,j}$ a j-edik állandó hatás, $Q_{k,1}$ a domináns esetleges hatás, $Q_{k,i}$ a többi esetleges hatás ($i > 1$).
 $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,50$ az esetleges teher parciális biztonsági tényezője (ha a teher kedvező, $\gamma_Q = 0$!)
 $\psi_{0,i}$ a $Q_{k,i}$ az i-edik nem domináns esetleges hatás egyidejűségi tényezője a 3-5. táblázat szerint.

A feszítőerő az önsúllyal azonos módon, állandó hatásként kezelendő.





Hatáskombinációk

4-2. táblázat

A rendkívüli tervezési helyzethez tartozó kombináció

Az állandó terheket a hatás kedvező vagy kedvezőtlen jellegétől függően alsó vagy felső szélső értékével, a rendkívüli terhet (tűz, robbanás) tervezési értékével, a fő esetleges terhet (ha van ilyen) gyakori értékével, a többi esetleges terhet (hatást) pedig kvázi-állandó értékével kell számításba venni:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} A_d \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$



Hatáskombinációk

4-3. táblázat

A szeizmikus tervezési helyzethez tartozó kombináció

Az állandó terheket karakterisztikus értékükkel, a domináns szeizmikus terhet tervezési értékével, az esetleges terheket és hatásokat kvázi-állandó értékükkel kell számításba venni, esetenként egy további φ módosító tényezőt is használva:*

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \varphi \cdot \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

A φ szorzó értéke általában 1,0. Egyéb esetek adatai az EN 1998-ban találhatóak.