

M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



HIDAK ÉS SZERKEZETEK TANSZÉK

MÉLYÉPÍTÉSI MŰTÁRGYAK

(BMEEOHSASB4)

MÉLYÉPÍTÉSI VASBETONSZERKEZETEK

(BMEEOHSASC3)

HALLGATÓI JEGYZET

Összeállította:

Ellenőrizte:

Karsai Dániel

Dr. Orosz Árpád

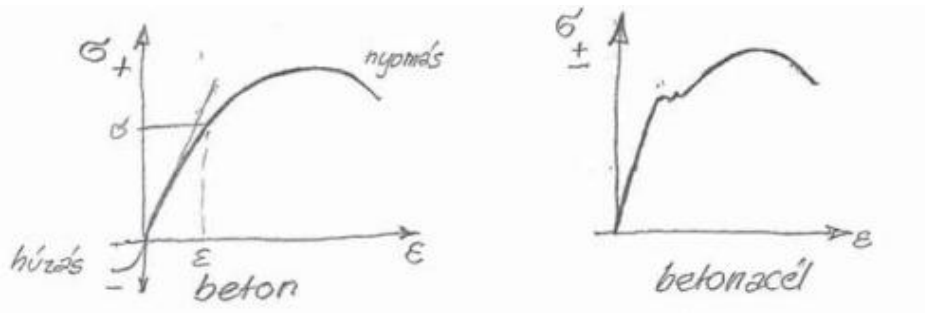
TARTALOMJEGYZÉK

- Beton nemlineáris alakváltozásai:	
A beton nemlineáris alakváltozásairól általában	3
Kúszás	4
Relaxáció, ernyedés	7
Beton zsugorodása	8
Gátolt zsugorodás	10
- A kötэшő	11
- Nagy tömegű betonozás	14
- Betontechnológiai ismeretek	15
- Vízáró beton	16
- Talajon fekvő szerkezetek	18
- Rugalmas ágyazás modellezése	19
- Rugalmas ágyazású lemezek és gerendák	21
- Faltartók	25
- Lemezek, lemezszélek; Áttörések, lyukak, vasalás	29
- Forgáshéjak membránelmélete	34
- Forgáshéjak hajlításelmélete	39
- Körhenger feszítése	41
- Gömbkupola kialakítása	42
- Csővezetékek méretezése	45
- Zsaluzat és Állvány méretezése	49
- Medencék	53
- Mélygarázsok	59
- Parkolóházak	62
- Feszített födémek	64
- Síklemez födémek	67
- Hálós vasalás hatékonysága	69
- Körszimmetrikus teherrel, ill. koncentrált erővel terhelt körlemez	71
- Körlemezek igénybevételei	72
- Vasbeton víztornyok	73
- Toronyszerű létesítmények	79
- Alaplemezek, Sík és Gyámolított lemezalapok	84
- Munkatérhatárolás, Résfalak	87
- Irodalomjegyzék	90

Beton nemlineáris alakváltozásai

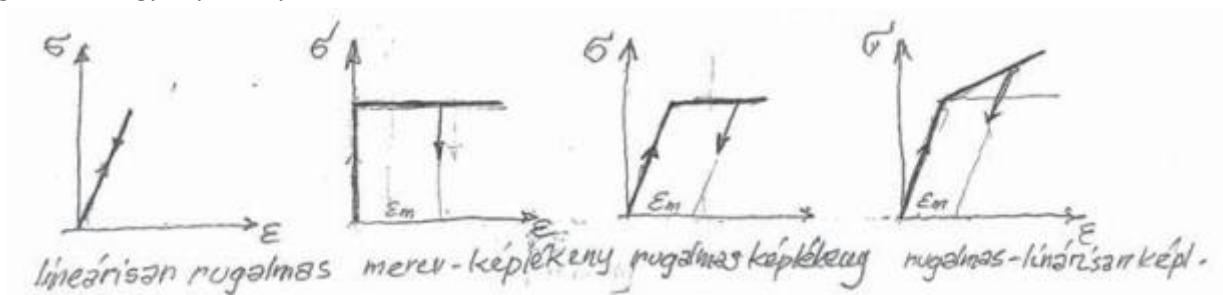
A beton nemlineáris alakváltozásairól általában

Tényleges $\sigma - \varepsilon$ diagramok (valóságos)

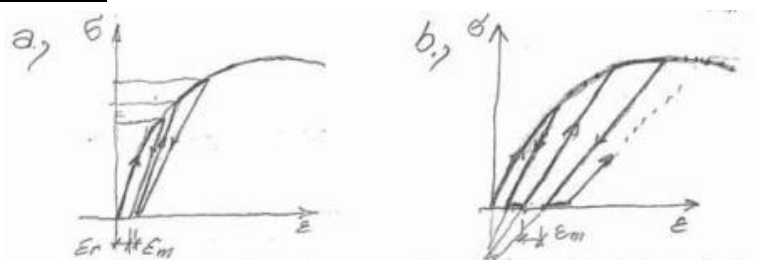


A számítási módszerekben alkalmazható modellek

Beton esetében a $\sigma - \varepsilon$ diagram már a kezdetétől fogva nem lineáris, a teljes alakváltozás így mindig egy rugalmas és egy képlékeny részből tevődik össze.

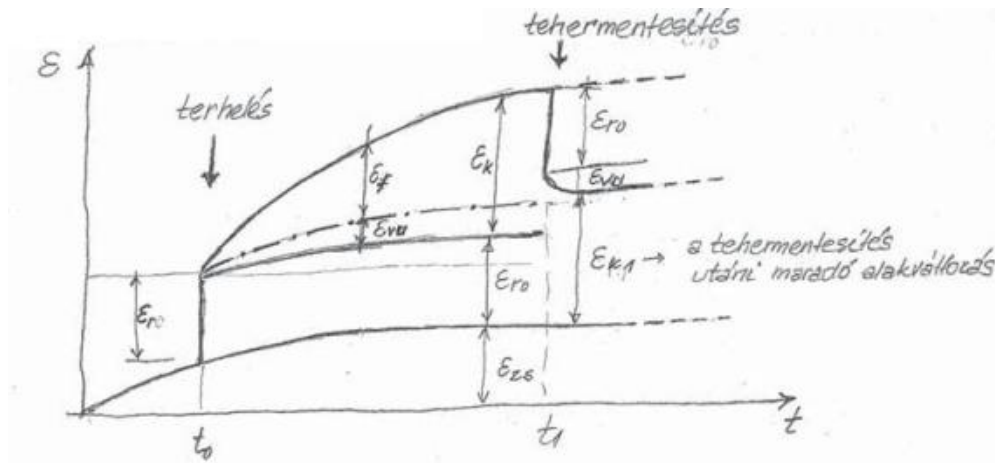


A próbaterhelés folyamata



- ~ ha az alakváltozások folyamatosan csökkennek, akkor a teherbírás megfelelő (a. ábra)
- ~ ha a maradandó alakváltozások a terhelés során folyamatosan nőnek és halmozódnak, akkor a teherbírás kimerülése várható (b. ábra)

A beton alakváltozásai tartós terhek esetén (több hónap, év)



ϵ_{r0}	rugalmas alakváltozás
ϵ_{vu}	viszkózus utóhatás= késleltetett rugalmas alakváltozás
ϵ_f	tartós folyás
$\epsilon_k := \epsilon_f + \epsilon_{vu}$	kúszás
ϵ_{zs}	zsugorodás(ok)

- ~ a rugalmas utóhatás általában elhanyagolható, mivel a többihez képest jelentéktelen
- ~ az ábra nagyon fontos (zh/vizsgakérdés)

Kúszás

Alakváltozásokat okozhatja:

- mechanikai feszültség
- egyéb fontos szerepű hatás (pl. hőmérsékletváltozás)
- higroszkópikus hatások

Alakváltozás lehet:

- reverzibilis: hatás megszűnésével maga is megszűnik
- irreverzibilis: hatás megszűnésével megmarad (valódi képlékeny alakváltozás)

A beton kúszási alakváltozása:

Jelenség fenomenologikus matematikai leírása:

Megfigyelések és kísérletek alapján készített tapasztalati függvényekhez próbálunk önkényesen megválasztott paraméteres függvényt illeszteni. A módszer eszköze a paraméter identifikáció/ egyeztetés.

- cél, hogy a függvény minél pontosabban írja le az adott jelenséget
- illeszkedés csak a vizsgálati tartományon belül elvárt, de azon kívül is elfogadhatóan illeszkedjék
- alkalmazott függvények általában:
 - alacsony fokszámú polinomok
 - tört kitevős algebrai függvények
 - exponenciális függvények és inverzeik

Fenomenologikus kúszási függvény

- beton esetén csillapodó, korlátos függvény szükséges
- mértéke függ a beton rugalmassági modulusától is

$$\varepsilon_k := \varepsilon_r \cdot \Phi(t, \alpha)$$

ε_k kúszási alakváltozás

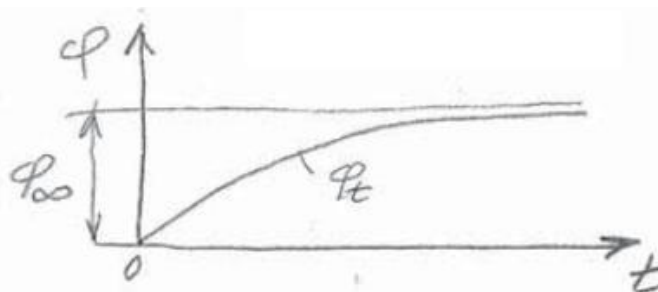
ε_r rugalmas alakváltozás

$\Phi(t, \alpha)$ lineáris kúszási függvény

Lineáris kúszás képlete:

$$\Phi(t) = \Phi_{\infty} \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot t})$$

Φ_{∞} kúszási fv. végértéke (C25/30: 2,25; C50/60: 1,53)
 α kísérleti adat



$\Phi(t)$ függvényre szabályzatok adnak útmutatást, figyelembe véve:

- a beton nyomószilárdságát 28 napos korban
- cementfajtát
- szerkezet hatásos vastagságát
- terhelés időpontját stb.

Beton korának (öregedés) figyelembe vétele:

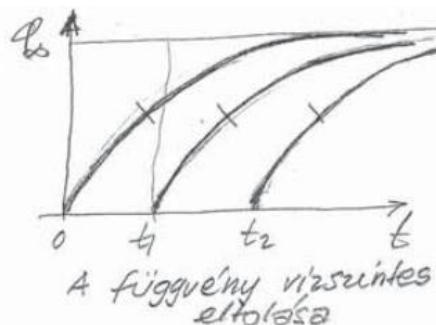
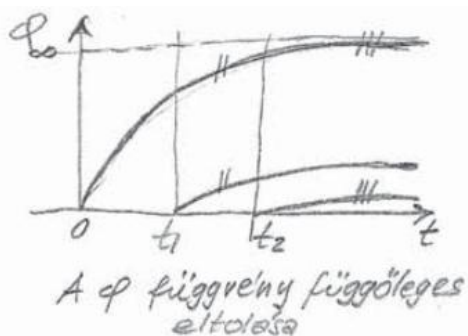
$$\varepsilon_k := \varepsilon_r \cdot \Phi(t, \alpha, t_0)$$

t_0 szilárdulás és teher hatása közt eltelt idő

~ minél öregebb a beton, annál kisebb Φ_{∞}

A teher felhordási idejének hatása:

- A terhet lehetőleg minél később kell a szerkezeten alkalmazni, ám ez nem mindig kivitelezhető.
- Lehetőségek a kúszási függvény alkalmazására:



- elméleti megoldások adóttak, alkalmazásuk csak igen nagy pontossági igény mellett szükséges
- gyakorlatban megelégszünk a végérték ill. végállapot ismeretével → effektív rugalmassági modulus

Látszólagos, effektív, ideális rugalmassági modulus:

Amennyiben E_0 a kezdeti rugalmassági modulus:

$$\varepsilon_t := \varepsilon_r + \varepsilon_k \quad \varepsilon_t \text{ teljes alakváltozás}$$

$$\varepsilon_t := \varepsilon_r + \varepsilon_r \cdot \Phi(t)$$

$$\varepsilon_t := \varepsilon_r (1 + \Phi(t)) \quad \varepsilon_r := \frac{\sigma}{E_0}$$

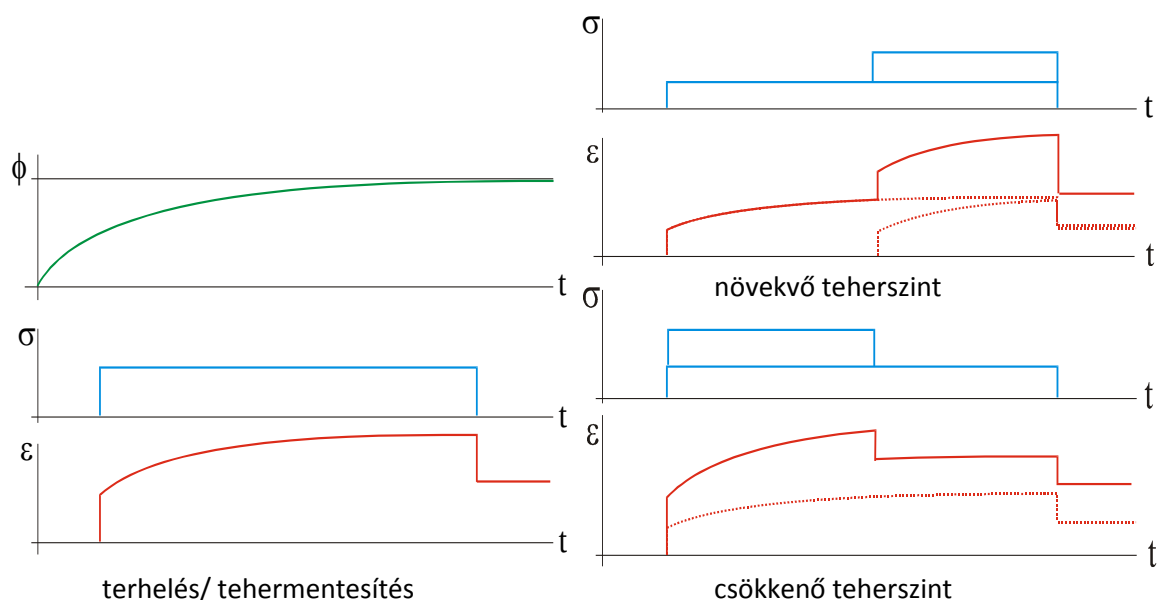
$$\varepsilon_t := \frac{\sigma}{E_0} (1 + \Phi(t)) \quad \text{átrendezve: } \frac{E_0}{(1 + \Phi(t))} := \frac{\sigma}{\varepsilon_t}$$

$$\text{Tehát minden (t) pillanatban: } E(t) := \frac{E_0}{1 + \Phi_\infty \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot t})}$$

A helyettesítő, ideális, effektív rugalmassági modulus használata:

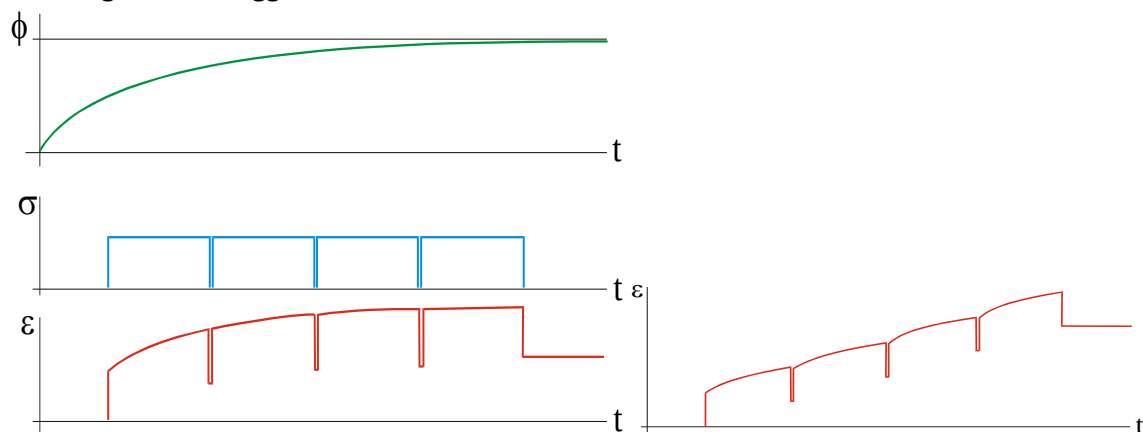
- $t=0$ időben az igénybevételek E_0 rugalmassági modulussal számíthatóak
- a kúszás lezajlása után a számítást E_r -vel megismételhetjük, a számítás menete megegyezik $t=0$ időben végzett számításával $\rightarrow$ lehajlások, alakváltozások megadhatóak
- közbenső „t” időpontban is végezhető közelítő számítás, de nem ajánlott, pontosabb módszer szükséges

Példák a különböző terhelési esetekre:



A kúszási függvényt állandó teherre határozzuk meg kísérleti úton, általában ez ismert. Ha a teher időben változik, akkor ehhez tartozó kísérleti függvény kell. Ez a függvény gyakorlatilag nem ismert, így az állandó teherre kapott függvény alkalmazása közelítés.

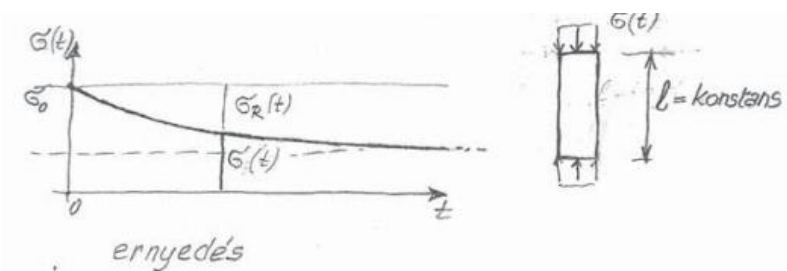
Különleges eset: szaggatott teherszint



~ Egyik sem helyes! A megoldás a kettő között keresendő valahol.

Relaxáció, ernyedés

Teljes mértékben gátolt alakváltozás esetén a feszültségek időben változnak, leépülnek. Csökkenésüket relaxációnak vagy ernyedésnek szokás nevezni. Tulajdonképpen a folyamat a kúszási függvénnyel írható le.



- $t=0$ pillanatban a testre működtetett σ_0 feszültségek ε_0 alakváltozást idéznek elő, ezt az alakváltozást rögzítjük
 - a feszültségek időbeli leépülése leírható
- $$\sigma(t) := \sigma_0 - \sigma_R(t) \quad \text{ahol} \quad \sigma_R(t) := \sigma(t) \cdot \Phi(t)$$

Ekkor: $\sigma(t) := E_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot (1 - \Phi(t))$ kapcsolattal írható le

ahol $\sigma(t)$ a feszültség időbeli függvénye

$\sigma_R(t)$ relaxációs feszültség

$\Phi(t)$ lineáris relaxációs függvény

~ a vizsgálatokat megnehezíti, hogy a meggátolt alakváltozás időben változhat, elmozdulhat

Beton zsugorodása

~ a beton zsugorodása időben lejátszódó, lecsengő folyamat, hatását tekintve viszont jelentős

A beton zsugorodásának 3 (legfőbb) fajtája:

- plasztikus, ülepedési zsugorodás
- száradási zsugorodás
- belső, eredeti zsugorodás

a) Plasztikus=autogén zsugorodás

- Oka, hogy, a cement cementkővé alakulása során hirtelen elvonja a vizet a frissbetonból. A cementkő térfogata kisebb, mint az összetevőinek térfogata, így zsugorodás lép fel a teljes betontérfogatban.
- Kis víz-cement tényező esetén jelentős. ($v/c \sim 0,4$)
- Időben hosszan elnyúló folyamat.
- 0,3-0,1 mm-es párhuzamos repedéseket okoz.

b) Száradási zsugorodás

- A megkötött cementkő mikropórusaiból vízpára/vízfilm fokozatos párolgása a felületi feszültségeket megnöveli, a pórusokat, és ez által a teljes betontérfogatot összehúzódnásra kényszeríti.
- Kb. egy év alatt zajlik le teljesen.
- Felületről indul ki, ott húzást okoz, befelé halad.
- Minél intenzívebb a száradás, annál intenzívebb a száradási zsugorodás.

c) Eredeti, belső zsugorodás

- Kis mértékű zsugorodás, amit a szilárduló cementpép zsugorodása okoz.

Egyéb jellegű zsugorodások (nem feltétlenül kell tudni)

a) Korai/ kapilláris/ képlékeny zsugorodás

- Friss, képlékeny betonban lép fel.
- Bedolgozott frissbeton az első pillanatban duzzad, ám a vízfilm eltűnése után hamar zsugorodni kezd.
- Kb. 8 óra alatt lezajló folyamat.
- Repedések mélysége kicsi, azok a megszikkadó felszíni zónában jelentkeznek.

b) Karbonátosodási zsugorodás

- A karbonátosodás során kalcium-karbonát keletkezik, ennek térfogata kisebb a cementkőénél. Ez zsugorodást okoz.

Zsugorodást befolyásoló tényezők:

- utókezelés
- környezet relatív páratartalma
- környezet hőmérséklete
- v/c tényező
- cementtartalom és őrlési finomság
- finomfrakció tartalom és őrlési finomság
- hidratáció foka
- szerkezet geometriája és kitettsége

A zsugorodás időbeni változása:

1. Üledési=autogén zsugorodás

$$\epsilon_{ca}(t) := \beta_{as}(t) \cdot \epsilon_{ca,\infty} \quad \text{ahol} \quad \beta_{as}(t) := 1 - e^{-0.2t^{0.5}}$$

$\epsilon_{ca,\infty}$ autogén zsugorodás végértéke

~ tapasztalatok szerint az autogén zsugorodás végértékének 97%-a 3 hónapon belül lejátszódik

2. Száradási zsugorodás

$$\epsilon_{cd}(t) := \beta_{ds}(t) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0} \quad \text{ahol} \quad \beta_{ds} \quad \text{beton korától függő tényező}$$

k_h szerkezet elméleti vastagságától függő tényező

$\epsilon_{cd,0}$ tartalmazza:

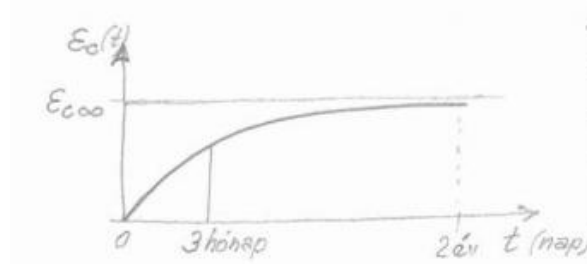
- száradási zsugorodás végértékét
- beton nyomószilárdságát
- cement típusát

~ száradási zsugorodás nagy része néhány hónap alatt lejátszódik, végértékét viszont csak évek után éri el

3. Teljes zsugorodás

$$\epsilon_{cs}(t) := \epsilon_{ca}(t) + \epsilon_{cd}(t)$$

~ zsugorodásból keletkező feszültségekből is van kúszás, tehát a kúszási fv.-t eszerint módosítani kellene, ez azonban csak nagy pontossági igény esetén szükséges



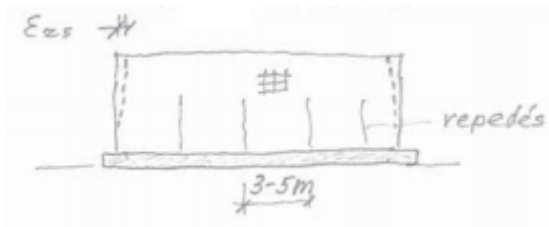
Gátolt zsugorodás

- ~ Ha a zsugorodások kialakulásukban valami féleképpen gátolva vannak, a szerkezetben (betonban) feszültségek, ezek hatására pedig repedések keletkeznek.

~

Zsugorodást gátló tényezők:

- csatlakozó szerkezet



- ~ pl. korábban elkészült alaplemez gátolja az oldalfal zsugorodását

- túlzott vasalás (kéregvasalás)

~ vízszintes vasalás fajlagos értéke $\mu=0.4\%$ legyen

Védekezés a zsugorodás hatásai ellen:

- Elsősorban betontechnológiai intézkedések:
 - Adalékanyag: gömbölyded és kubikus szemcsék, optimális szemeloszlás és magas finomsági modulus ajánlott
 - Cement: nagy kötőerejű, nem túlzott őrlési finomságú, fajlagos felülete $350 \text{ m}^2/\text{kg}$ környékén
 - Magas péptelítettség, alacsony v/c tényező
 - Esetekben képlékenyítő hozzáadása szükséges
- Megfelelő időben történő utóvibrálás sokat segíthet
- Gondos utókezelés, kiszáradás elleni védelem, kötésekslettetés
- Egyéb technológiai intézkedések:
 - Megfelelő szerkezeti kialakítás
 - Hirtelen vastagsági-, és irányváltozások kerülendőek
 - Különböző időpontban betonozott kapcsolatok gondos elemzése és kezelése
 - Munkahézagok gondos meghatározása (max. 20 m)
 - Szerkezet megfelelő dilatálása
 - Rétegekben való betonozás (max. 30 cm)
 - Kéregvasalás alkalmazása (repedéskorlátozó hegesztett háló)
- ~ A repedések megjelenésére fel kell készülni, mivel azok mindenképpen meg fognak jelenni, csak a tágasságuk korlátozható
- ~ Kéregvasalásról a későbbiekben lesz szó

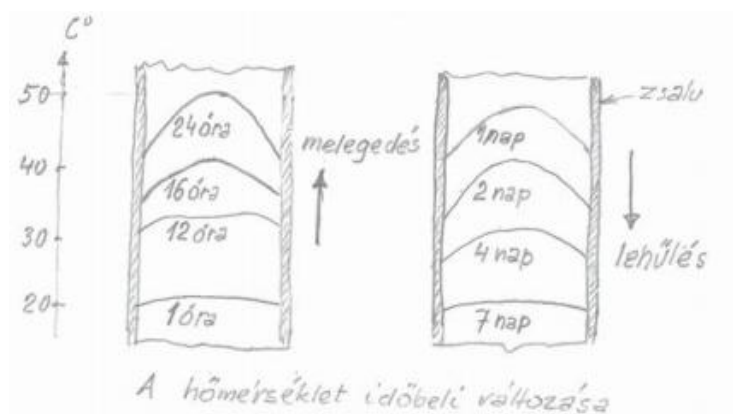
A kötэшő

- ~ A kötэшő a betonban a cement és a víz kémiai reakciója során felszabaduló hő → exotherm folyamat.
- ~ A felszabaduló hőmennyiség egyenesen arányos a cementtartalommal és a hidratáció fokával. A hidratáció sebessége függ:
 - a cement ásványi összetételétől
 - a cement őrlési finomságától
 - a hidratáció fokától
- ~ Hőszigetelt betonban, illetve vastag szerkezetben a kötэшő akár 50-60 °C-os felmelegedést is okozhat.

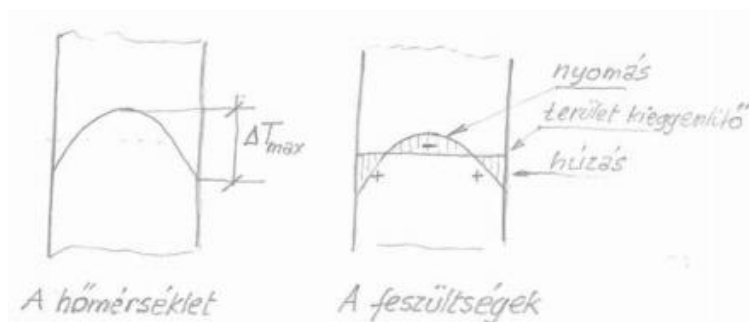
A kötэшő közvetlen hatásai:

- Egyenetlen hőmérséklet eloszlás a betonban
 - ~ kötő betonban a pillanatnyi szilárdságot meghaladó húzófeszültségek keletkeznek
- Egyenetlen vízeloszlás → egyenetlen kötés és szilárdság
- Vastagabb réteg → magasabb hőmérséklet
 - ~ a hőmérséklet növeli a hidratáció fokát, gyorsítja a beton kötését
- Vékony szerkezetekben a kötэшő távozni tud
- 15 °C-ot meghaladó hőmérséklet különbség már megrepeszti a betont
 - ~ az ehhez tartozó kritikus rétegvastagság 30-50 cm, felette a kötэшő ellen intézkedéseket kell tenni

A kötэшő időbeni változásai:



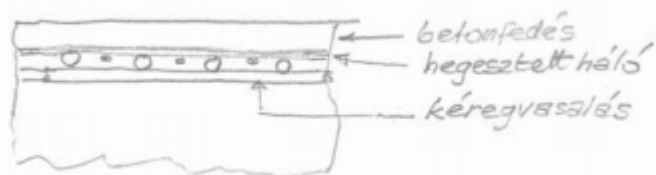
- ~ mint a képen is látszik, a lehűlés sokkal lassabb folyamat, a repedések ekkor jelennek meg



- ~ mindig a hidegebb oldal a húzott
- ~ **a beton felületét tilos hűteni, hideg vízzel locsolni!**
- ~ legjobb védekezés a hőszigetelt zsaluzat, így ΔT kisebb, így kisebbek a húzófeszültségek is

Kéregvasalás alkalmazása:

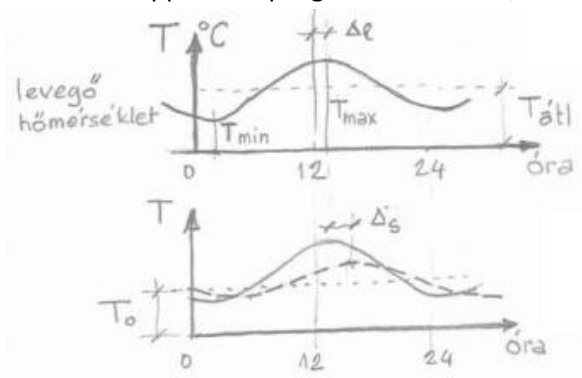
- felületi húzófeszültségek (kötéshőből, zsugorodásból) felvételére, illetve a kialakuló repedések tágasságának korlátozására alkalmazható
- mennyiségére bizonytalan utasítások vannak:
 - merőleges szálú háló, irányonként megegyező mennyiség
 - sűrűbb, vékony szálú acélbetétek
 - betonfedés oldali kiegészítő (repedéskorlátozó) hegesztett hálóval együtt kell beépíteni:



- A betonfedés mértékét fokozottan ellenőrizni és betartani szükséges!

Külső hőmérsékleti hatások

- ~ főképpen a napsugárzás említendő, illetve a környezet hőmérsékletének időbeli ingadozása



Δe : a levegő hőkésltetése

Δs : a szerkezet hőkésltetése

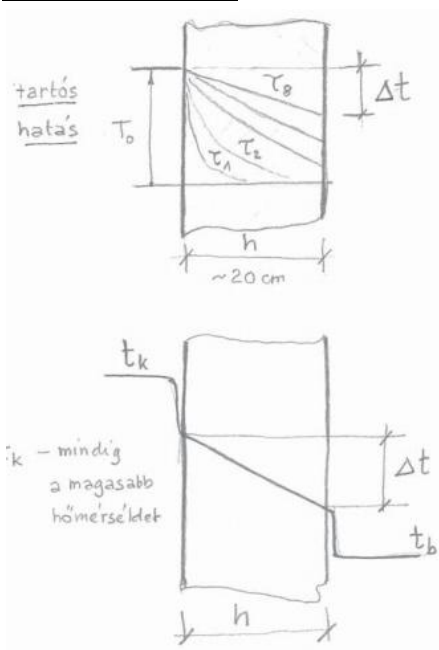
~ beton: 1-3 óra

~ acél: 0.5-1 óra

— levegő hőmérséklete

--- szerkezet hőmérséklete

Hőeloszlás a falban:



τ_1 1 órás hatás

τ_2 2 órás hatás

τ_8 8 órás hatás

~ vasbeton lemez esetében jó közelítés

- a hőmérsékleti feszültségek, igénybevételek lineáris hőeloszlás esetében jól számíthatók
- nemlineáris hőeloszlás esetében a számítás bonyolult és bizonytalan
- ha magas a hőmérsékleti gradiens, nagyon nagy húzófeszültségek keletkeznek

Nyárias, meleg időben:

- gyorsabb dermedés, konzisztencia romlás
- gyorsabb száradás → repedések → vízpótlási igény
- szél szárító hatása jelentős lehet
- a kötőhő és a külső hőmérséklet összegződik

Téli, hideg időben:

- a hidratáció -5 °C körül leáll, viszont hidegben mindenképpen lelassul
- a hidratáció közbeni fagyás akár 60-70 %-kal is ronthatja a beton szilárdságát
- a megfagyott kötés víz szétroncsolja a beton szerkezetét
- az első órákban a betont védeni szükséges
 - szükség esetén fűteni kell (hőszigetelt zsaluzat)
 - fagyásálló adalékok alkalmazása
 - nagy kezdőszilárdságú, gyorsan kötő cement alkalmazása

Nagy tömegű betonozás

- ~ rövid idő (1 műszak, néhány óra) alatt nagy mennyiségű beton került bedolgozásra – több 100 m^3
- telepített betonüzemből való szállítással
 - nagy teljesítményű munkagépekkel
 - vezérgépe: betonszivattyú – $10\text{-}30 \text{ m}^3/\text{h}$ (max $100 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - bedolgozás $20\text{-}30 \text{ cm}$ -es rétegekben
 - merülő vibrátorok alkalmazásával gondosan tömöríteni kell, hogy elkerüljük a töppedést (frissbeton térfogatcsökkenése, ekkor a vasalás a beton felszínén kirajzolódik)
- nagy térfogat esetén a kötэшő hatásai még inkább előtérbe kerülnek
- a nagy tömegű betonozás térfogatváltozás következtében fellépő kellemetlenségei három okra vezethetők vissza:
 - nagy betontérfogat
 - nagy alaprajzi méret
 - nagy szerkezeti vastagság

Nagy betontérfogat

- nem kerülhető el az egyes csatlakozó részek külön időpontban történő betonozása
 - egy két nap esetén a zsugorodások eltolódása problémákat okozhat
 - pár óra különbség esetén a probléma kötéslassítóval megoldható

Nagy alaprajzi méretek

- szerkezeti méretektől függően az elmozdulások cm -es nagyságrendűek lehetnek
- szükséges a szerkezet (pl. alaplemez) munkahézagok egységekre osztása (max. $20 \times 30 \text{ m}$, illetve $400 \text{ m}^3/8 \text{ óra}$)
- sakktábla szerinti betonozási sorrend ajánlott

a) Munkahézagok kialakítása

- vasalás teljes értékű átvezetése
- beton felületek teljes értékű kapcsolata
 - ~ megfelelő kellőítés szükséges: nagy nyomású vízszaggárral mosás, esetleg homokfúvás és vékony finombeton felhordása ($D_{\max} = D_{\max}/2$)
 - ~ újonnan cement-műanyag bázisú kötэшidakat használnak
- vízzáró szerkezet esetében:
 - ~ szivárgást gátló elem beépítése (pl. duzzadó szalagok, injektálható csöves hézag-tömítők)

b) Dilatációs hézagok

- szerkezeti egységek relatív elmozdulásait tesszük lehetővé
- elsősorban a hőmérsékleti hatások miatt szükséges (alapozási szerkezetek ma már $100\text{-}150 \text{ m}$ -es hosszal)
- a kapcsolat vízzáróságát biztosítani kell: hézagzáró elemek

- ~ dilatációs mozgás sokszori ismétlését is kibírják
- ~ víznyomásnak ellenáll és zár

Betontechnológiai ismeretek

1. Beton adalékszerek

~ **Kötés/ szilárdulás gyorsítók**

- Mérséklik a fagyveszélyt, megrövidítik a zsaluzat és állványzat forgási idejét.
- Ilyen pl. kalcidur, hatóanyaga: kalcium-klorid
- Nagyobb v/c tényezőt tesznek szükségessé
- Nagyobb cementadagolást tesznek szükségessé
- Nagyobb zsugorodás és kötэшő a hevesebb reakció miatt
- Klorid-ion az acélbetétek korrózióját okozza (feszített szerkezetekben TILOS)

~ **Kötés/ szilárdulás lassítók**

- Transzportbeton esetén alkalmazható (nagyobb távú szállítás esetén)
- Munkahézagok kezelése
- Nyári betonozás esetén (lassabb hidratáció → kisebb kötэшő)

~ **Fagyállóságot fokozó anyagok**

- Légbuborékképző szerek: 20-300 µm buborékok
- Megszakítják a kapilláris áramlást
- Tágulási teret adnak a jégnek

~ **Képlékenyítő anyagok**

- Csökkentik a vízfelületi feszültségét (ezáltal növelik a viszkozitást)

~ **Folyósítószer**

- Pórusokat víztaszítóbbá teszik (önterülő betonok)

~ **Tömörítőszer**

- Beton vízzáróságát növelik
- Beton kapilláris pórusait telítik el a finom szemcséikkel, vagy a szer hatására a reakció során létrejövő anyagokkal
- Pl.: bentonit, üvegolvadék, kovaföld, műanyagok

2. Öntömörödő beton

- ~ A munka nagy része a bedolgozás és bevibrálás, ez a munka csökkenthető
- ~ A beton csupán az önsúlyának hatására kitölti a zsaluzatot
- ~ Üregmentesen zár, még a bonyolult zsaluzatokban is
- ~ Betonacélokat jól körbeveszi, légbuborékmentes
- ~ Felülete egyenletes, és nem osztályozódik szét
- ~ Finomfrakció dúsítása szükséges: mészkőliszt, szilikapor, szuper-képlékenyítő (polikarboxilát)
- ~ Vízzárósági követelményeknek jobban megfelel, mivel homogénebb a struktúrája
- ~ Gyorsabb szilárdulás
- ~ Magasabb húzószilárdság
- ~ Homogén, szép felület, látszóbeton készítéséhez megfelelő

DE

- ~ Zsaluzatra nagyobb nyomást fejtenek ki
- ~ Rugalmassági modulus kisebb (lágyabb szerkezet)
- ~ Zsugorodás, kúszás nagyobb
- ~ Vízadagolásra fokozottan érzékeny

Vízzáró beton

1. Beton vízzáróság MSZ 4719 szerint

- | | | |
|-------|----------------------|-----------------------------|
| – VZ2 | gyengén vízzáró | 2 bar víznyomásnak ellenáll |
| – VZ4 | mérsékelten vízzáró | 4 bar víznyomásnak ellenáll |
| – VZ6 | vízzáró | 6 bar víznyomásnak ellenáll |
| – VZ8 | különlegesen vízzáró | 8 bar víznyomásnak ellenáll |

Megfelelőség:

- 100 mm magas próbatest felületén nem jelenik meg a víz
- magasság 1/3-ig hatol be a víz, 24 óra alatt

2. Beton vízzáróság EC (MSZ EN 12390-08) szerint

- | | |
|-------|--------------------------------|
| – XV1 | behatolás mélysége 60 mm (VZ4) |
| – XV2 | behatolás mélysége 40 mm (VZ6) |
| – XV3 | behatolás mélysége 20 mm (VZ8) |

A behatolásokat 48 órás, 7 bar-os víznyomáspróba után kell meghatározni

3. Szerkezet vízzárósága MSZ szerint

24 óra alatt 1 m²-en átszivárgó víz mennyisége alapján

- | | | |
|------|----------------------|---------------------------|
| – a) | mérsékelten vízzáró | 0,4l/ m ² /24h |
| – b) | vízzáró | 0,2l/ m ² /24h |
| – c) | különlegesen vízzáró | 0,1l/ m ² /24h |
| – | | |

- a) Koncentrált folyás nem engedhető meg, csak felületi lecsapódás
- b) A felületen a víz nem jelenhet meg, max. elszíneződés
- c) A felületen a víz nyom nélkül elpárolog, nincs elszíneződés

4. Vízzáró betonok jellemzői

Átlagosan tömörített beton pórustérfogata kb. 15%. Ezáltal 1 m³ beton 150l (pórus)vizet képes felvenni

- Makropórusok: 0,1mm-nél nagyobb üregek, járatok, melyekben a víz gravitációsan is képes mozogni
- Mezoprórusok: néhány µm-es üregek, járatok, melyek a szemcseszerkezettől függnnek, bennük a víz a felületi feszültségek, kapilláris erők hatására képes mozogni
- Mikropórusok: néhány tized µm-es üregek, járatok, melyek a cement őrlési finomságától és a v/c tényezőtől függnnek, bennük a víz diffúzióval képes mozogni

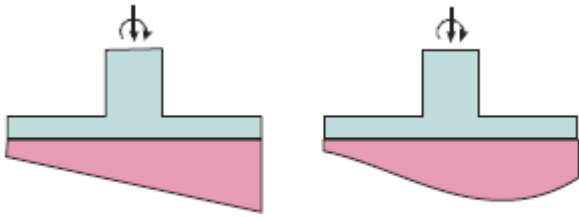
5. Követelmények

- Ideálshoz közeli szemeloszlású adalékszer
- Minimum C20-as szilárdság
- Minimum 350 kg/m³ cementtartalom
- Jó minőségű cement alkalmazása (CEM450, S54)
- v/c tényező 0,5-0,6 között legyen
- Megfelelő tömörség, tömörítés (péptelítettség, szilikapor/mészkőliszt, adalékszerek)
- Bedolgozás: 20-30cm-es rétegekben, gondosan tömörítve
- Megfelelő utókezelés: zsaluzatban tartás, vagy fóliával való takarás, utópermetezés vagy víz alatt tartás (esetleg megfelelő időben történő utóvibrálás)

Folyadékszűrő szerkezet csak külön szigeteléssel készíthető! Ipari folyadékok (kőolajszármazékok, stb.) károsíthatják a betont és vizont.

Talajon fekvő szerkezetek

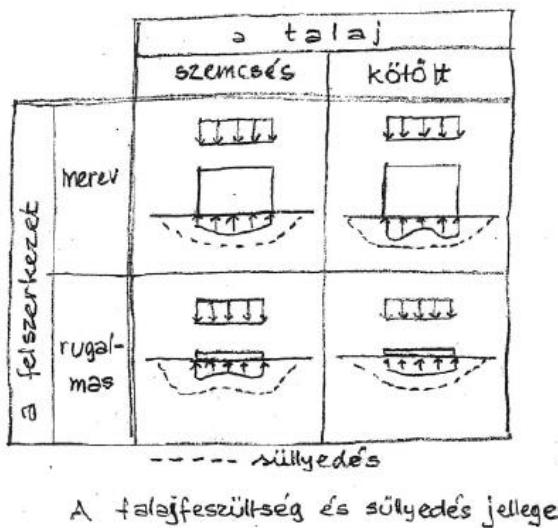
A talaj és a szerkezet kölcsönhatásából keletkező feszültségek elsősorban a talaj és a szerkezet alakváltozó képességének (merevségének) viszonyától függenek.



~ eltérő reakcióerő eloszlás

Talajreakció merev, ill. erősen alakváltozó alaptest alatt

1. A szerkezet merevsége és a talajfeszültség közti kapcsolat:



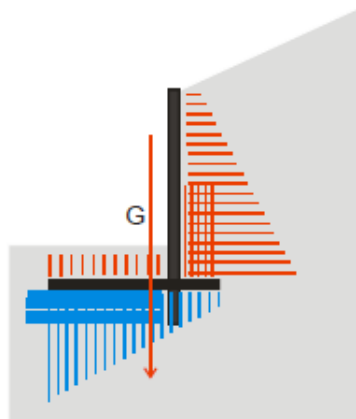
~ A szerkezet merevsége befolyásolja a talajfeszültségeket, ezek visszahatnak a szerkezetre

~ Ezt a visszahatást a közelítő módszerekben elhanyagoljuk (elsőrendű elmélet)

~ Előregyártott épületszerkezetek esetében a visszahatással számolni kell – többlépcsős iteráció

2. A talaj és a szerkezet kölcsönhatása:

- ~ Aktív: önsúlyterhek, esetleges terhek
- ~ Reaktív: reakcióerő jellegűek



Szögtámfalra működő aktív (piros) és reaktív (kék) terhek vázlata

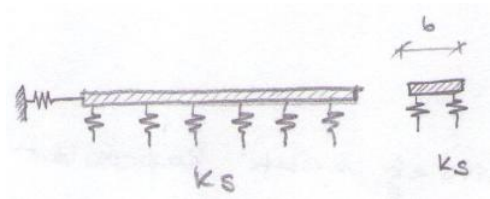
– értéküket egyensúlyi és alakváltozási egyenletek összeférhetőségéből állapítjuk meg

3. Alapozás vizsgálatának módszerei:

- a) Hagyományos módszer
 - Merev alapozásra ható terhek megadása
 - Felszerkezet méretezése felülről lefelé
- b) Korszerű módszer, szokásos közelítés
 - A felszerkezet terhei egy rugalmas ágyazású alapozásra hárulnak (k_s : ágyazási tényező)
 - k_s : egység felületen egységnyi süllyedés esetén fellépő talajfeszültség
 - Az egyenlőtlen süllyedés visszahatásával nem számolunk
- c) Pontos módszer
 - Felszerkezet, alapozási módszer és talaj együttes modellezése
 - A talaj alakváltozásainak figyelembe vétele a feladatot bonyolítja, főképpen ezek időbeli változása (konszolidáció)
 - Kölcsönhatás csökkenthető a megfelelő alapozási módszer megválasztásával. Mélyalapozás a kölcsönhatás szempontjából előnyös, bár drágább megoldás
 - Pontos vizsgálatot csak kiemelt fontosság esetén végzünk

Rugalmas ágyazás modellezése

1. Winkler- féle rugalmas ágyazás:



~ Az alap egyenlő erősségű, egymástól független talajrugókon áll

~ A süllyedés egy pontban csak az ott működő feszültségektől függ

σ : talpfeszültség

w : süllyedés

C : Winkler- féle ágyazási tényező [kN/m^3]

~ A lemezben hajlítást okozó teher minden pontban „ p ” felületi teher és „ q ” ágyazási reakció különbsége

- „ q ” ágyazási reakció = $C \cdot w$ így a teher: $p - C \cdot w$

- Ekkor a lemezegyenlet: $K \cdot \Delta \Delta w := p - C \cdot w$ ahol $K := \frac{E_c \cdot h^3}{12(1 - \nu_c^2)}$ lemezmerevség

- Rugalmasan ágyazott lemez differenciálegyenlete ezek után: $K \cdot \Delta \Delta w - C \cdot w := p$

„ C ” nem egyszerű talajfizikai állandó, mértékét a lemez méretei is befolyásolják.

$$C := f \cdot \frac{E_s}{b} \quad \text{ahol} \quad f: \text{ téglalap esetén az oldalarány függvénye}$$

$$b/h \ll 1 \text{ (sáv)} \quad \rightarrow \quad f := 2.0$$

$$b/h = 1 \quad \rightarrow \quad f := 1.5$$

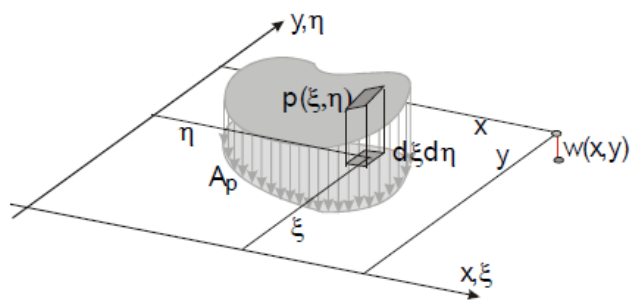
$$\text{körlemez esetén} \quad \rightarrow \quad f := \frac{4}{\pi}$$

$$E_s \quad \text{a talaj összenyomódási modulusa}$$

2. Rugalmas féltér (Boussinesqu) módszere:

- ~ A módszer szerint az ágyazatra jutó terhelés nem csak a terhelés helyén, hanem a féltér minden pontjában összenyomódást okoz.
- ~ Ekkor tetszőleges $p(x,y)$ teherre felírható a rugalmas féltér határoló sík merőleges elmozdulásainak $w(x,y)$ függvénye:

$$w(x,y) = \iint_{A_p} K(x,y,\xi,\eta) p(\xi,\eta) d\xi d\eta$$



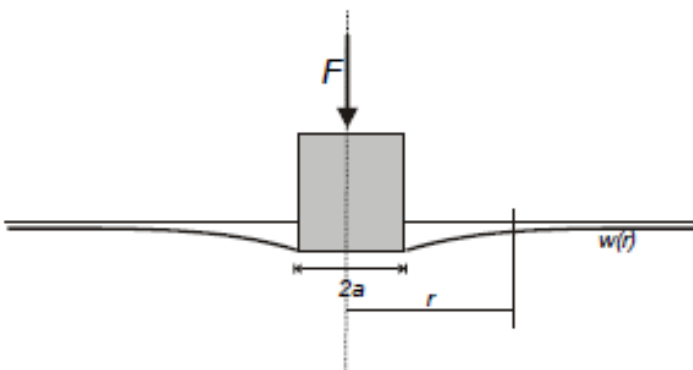
$K(x,y,\xi,\eta)$: az integrál magfüggvénye, mely valójában a koordináták különbségétől függ:

$$K(x,y,\xi,\eta) = K(x-\xi, y-\eta)$$

~ Mechanikai tartalma:

- $K(x,y,\xi,\eta) d\xi d\eta$ kifejezésnek: ez adja féltér felszínének azt a $\delta w(x,y)$ lehajlásfüggvényét, amelyet az $x=\xi, y=\eta$ középpontú, $dA = d\xi d\eta$ területű felületelemen működő egységnyi intenzitású felületi teher létrehoz.

- ~ A végtelen, rugalmas féltérbe benyomódó, kör keresztmetszetű merev test vizsgálata:

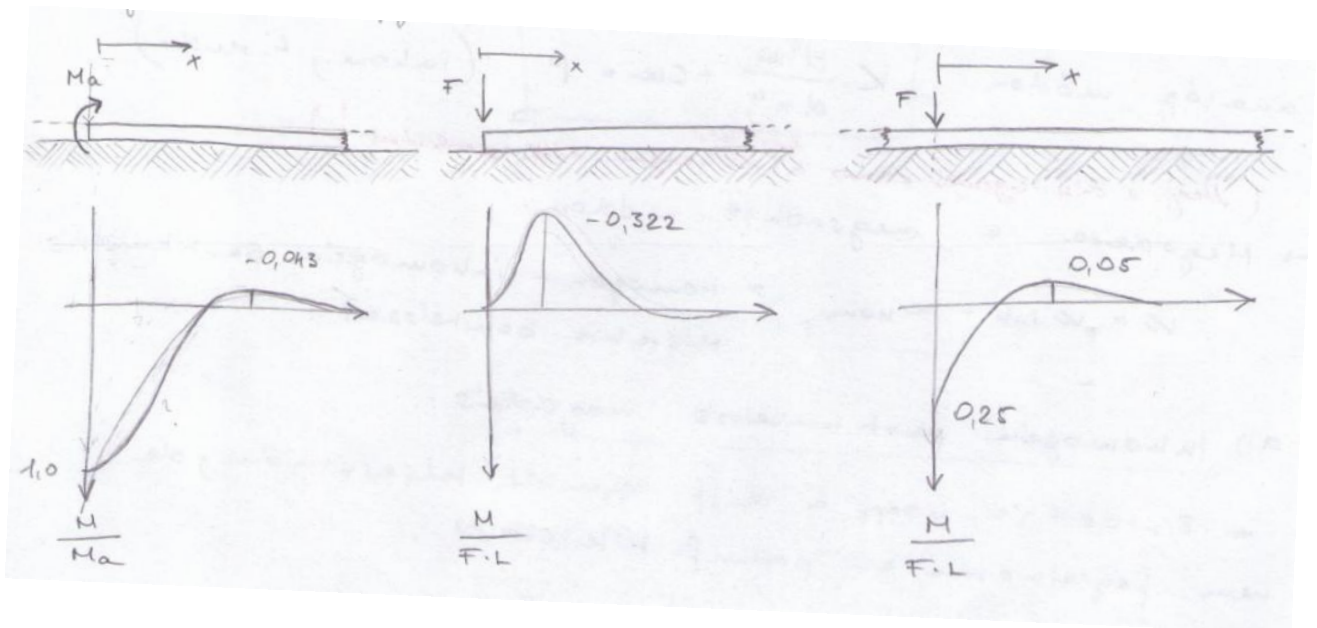


$$w = \frac{F(1-\nu^2)}{2Ea}, \quad \text{ha } r < a,$$

$$w = \frac{F(1-\nu^2)}{E\pi a} \arcsin \frac{a}{r}, \quad \text{ha } r \geq a,$$

Rugalmas ágyazású lemezek és gerendák

1. Rugalmasan ágyazott gerendák igénybevételei:



Ahol L : karakterisztikus hossz:

$$L := \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot I_c}{b \cdot k_s}}$$

E_c Gerenda rugalmassági modulusa

I_c Gerenda hajlítási inrciája

b Gerenda szélesség

k_s Ágyazási tényező

Rugalmasan ágyazott gerendák jellemző igénybevételei:

	Centre loading		Edge loading	
	Single load F	Couple M_a	Single load F	Couple M_a
Maximum moment	$0.25 FL$	$0.50 M_a$	$0.32 FL$	$1.00 M_a$
Maximum shear force	$0.50 F$	$0.50 M_a/L$	$1.00 F$	$0.64 M_a/L$
Maximum soil pressure	$0.50 F/(bL)$	$0.32 M_a/(bL^2)$	$2.00 F/(bL)$	$0.42 M_a/(bL^2)$

2. „Egy irányban teherviselő” rugalmasan ágyazott lemezek:

- ~ csak egyik irányú változótól (x) függő $w(x)$ lehajlás differenciálegyenlete a rugalmasan ágyazott gerendáéval analóg módon:

$$K \cdot \frac{d^4 w}{dx^4} + C \cdot w := p \quad \text{inhomogén negyedrendű}$$

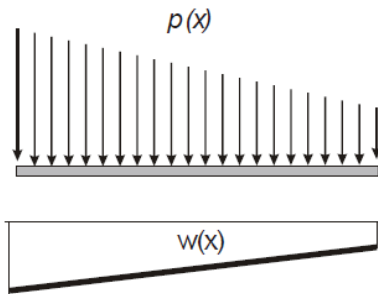
- ~ Megoldása a megszokott módon: $w = w_{inh} + w_{hom}$ (homogén+ inhomogén partikuláris megoldások összegeként)

a) Inhomogén partikulási megoldás:

Biztosítja, hogy a diff. egyenlet teljesüljön, de nem foglalkozik a peremfeltételekkel

Legyegegszerűbb esetben $w_{inh} := \frac{p}{c}$

Ez lineárisan változó (akár 0.fokú) teherfüggvény esetén a lemez merevtest-szerű elmozdulását írja le.



A terhek változatlanul jutnak az ágyazatra.

Általánosabb teherfüggvényhez használatosak a trigonometrikus függvények, pl.:

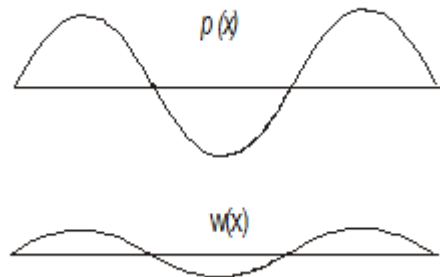
$p(x) = p_n \sin(n\pi x/l)$ teherfüggvényt Fourier-sorba fejtve a

$$w_{inh} = \frac{p_n}{C + K \frac{n^4 \pi^4}{l^4}} \sin \frac{n\pi x}{l}$$

inhomogén partikuláris megoldás választható.

A szinuszosan változó teherhez hasonló változású lehajlás tartozhat

Az inhomogén partikuláris rész azonban nem feltétlenül elégíti ki a peremfeltételeket.



b) Homogén megoldás

A homogén általános megoldást a $w = e^{\lambda x}$ exponenciális próbafüggvény alapján felírt $K\lambda^4 + C = 0$ hiányos negyedfokú karakterisztikus egyenlet megoldása útján állíthatjuk elő:

$$w_{hom} = C_1 e^{-kx} \cos(kx) + C_2 e^{-kx} \sin(kx) + C_3 e^{kx} \cos(kx) + C_4 e^{kx} \sin(kx),$$

ahol

$$k = \sqrt[4]{\frac{C}{4K}}$$

a *csillapítási tényezőnek* nevezett paraméter. A csillapítási tényező dimenziója alapján egy hosszúság reciprokanak fogható fel.

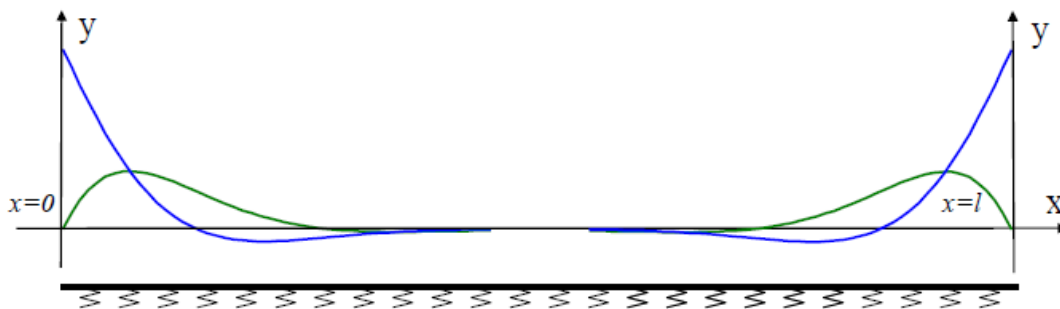
A homogén általános megoldás mind a négy függvénye exponenciálisan változó amplitúdójú hullámvonalat ír le, az első kettő olyat, amely x növekvő értékei irányában, a harmadik és negyedik olyat, amely x csökkenő értékei irányában mutat erős csillapodást.

A $0 \leq x \leq l$ tartományban fekvő lemezsáv vizsgálatához célszerűbb a homogén általános megoldást

$$w_{hom} = C_1 e^{-kx} \cos(kx) + C_2 e^{-kx} \sin(kx) + C_3 e^{-k(l-x)} \cos[k(l-x)] + C_4 e^{-k(l-x)} \sin[k(l-x)]$$

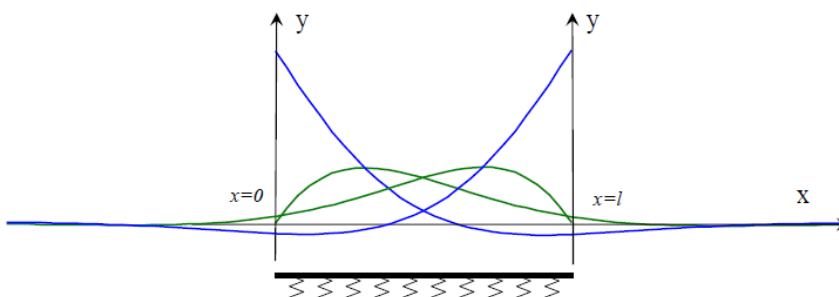
alakban felvenni:

Ezt felrajzolva:



Ha $k^*l \gg 1$ (gyakorlati számításokban $k^*l > 2\pi = 6$) erős csillapítás

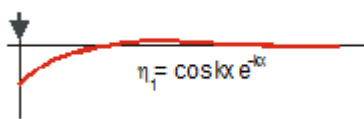
- $x=0$ peremen elegendő az első két tag
- $x=l$ peremen a két tag, mint peremfeltételek vizsgálata
- Erős csillapítás esetén a peremkényszerek olyan hamar lefutnak, hogy nem terjednek át a másik peremre is, a peremkényszerek hatása lokális (peremzavar jellegű)



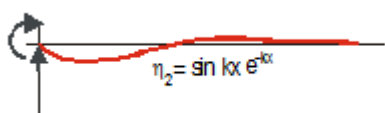
Kisebb csillapítás esetében $x=0/l$ perem kényszerei a másik peremen is megjelennek.

*Gyakorlatban elegendő az $1/k$ hossz 2-3-szorosát peremzavar által érintett zónaként kezelni, középen pedig csak az inhomogén partikuláris résszel számolni.

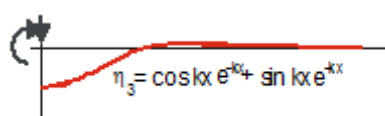
3. Peremzavar függvények típusmegoldásai:



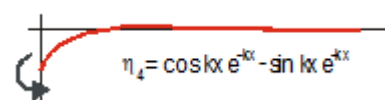
Az η_1 típusmegoldás egy félvégtelen lemezsáv olyan lehajlását adja, amely a peremen egységnyi nagyságú eltolódást okozó peremerőhöz tartozik. Ennek a peremerőnek a nagysága $H=2Kk^3$ (nyomaték nincs)



Az η_2 típusmegoldás a lemezsáv olyan lehajlását adja, amely a csuklósnak feltételezett peremen működő egységnyi nagyságú elfordulást okozó peremnyomatékhoz tartozik. A visszaszámolt peremnyomaték és perem-nyíróerő nagysága $M=2Kk^2$, ill. $H=2Kk^3$

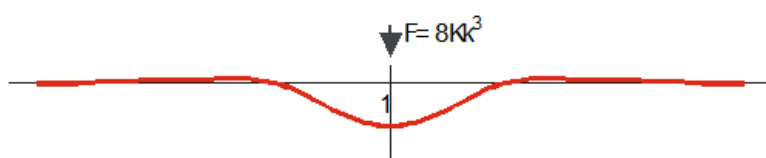


Az η_3 típusmegoldás a lemezsáv olyan lehajlását adja, amely a befogottnak feltételezett egységnyi eltolódásakor jön létre. A visszaszámolt peremnyomaték és perem-nyíróerő nagysága $M=2Kk^2$, ill. $H=4Kk^3$



Az η_4 típusmegoldás a lemezsáv olyan lehajlását adja, amely a szabad feltételezett peremen működő, egységnyi nagyságú elfordulást okozó peremnyomatékhoz tartozik. A visszaszámolt peremnyomaték értéke $M=2Kk^2$, a perem-nyíróerő természetesen zérus.

~ η_3 típusú (befogott él) megoldást tükrözve a végtelen lemez lehajlásfüggvényét kapjuk meg:



átrendezve:

egységteher hatására
 $1/(8Kk^3)$ mértékű lehajlás

4. Differenciál egyenlet teljes megoldása:

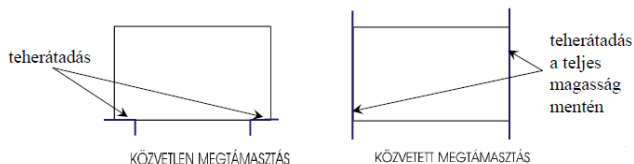
$w=w_{inh}+w_{hom}$ összeadva, C_1, C_2, C_3, C_4 konstansokat a peremfeltételek alapján meghatározva

Faltartók

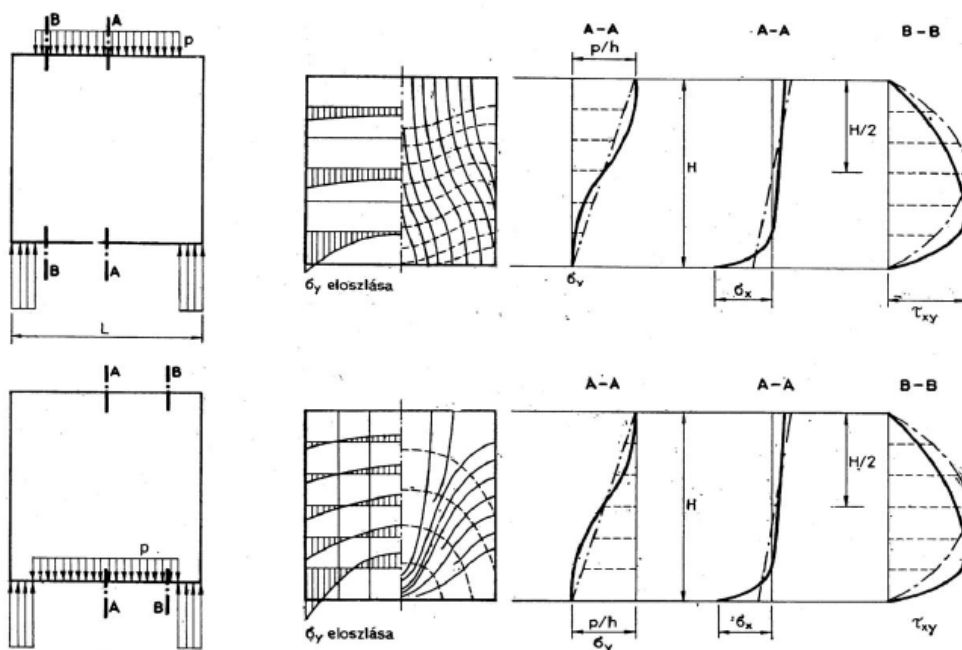
1. Definíció:

Faltartók azok a legtöbbször téglalap alakú, sík középfelületű, síkjukban terhelt szerkezetek, melyek

- terheiket (gerendához hasonlóan) nyírás és hajlítás útján továbbítják a támaszaikra
- tartómagasság/támaszköz arány a gerendakénál nagyobb
- megtámasztás szempontjából két- és többtámaszú, illetve közvetlen és közvetett megtámasztású

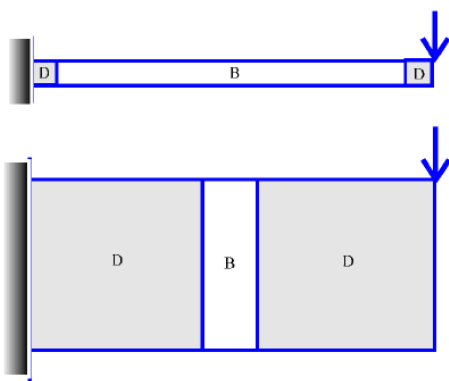


2. Feszültségek a kéttámaszú faltartóban:



3. Erőjáték, számítási módszerek:

A de Saint- Venant- elv alkalmazásával a tartó tárcsaként (síkbaki feszültségállapot) és gerendaként modellezhető szakaszokra osztható az alábbiak szerint:



"B": beam = gerenda, "D" disc = tárcsa

a "B" típusú szakaszokon belül gerendák elméletével adódó feszültségeket és alakv., a "D" típusú szakaszokon ezektől eltérő feszültség- és alakváltozás-eloszlás (tárcsa).

Analitikus, rugalmas megoldások:

- Paraméteres (oldalarány, teherelrendezés) táblázatok készültek, de gyakorlatban nem vált be, mivel a valóságot nem hűen tükrözi.

4. Faltartók erőtani méretezése:

- Kísérleti tapasztalatok alapján a berepedt faltartó húzott övében viselkedése a harmadik feszültségi állapotú gerendához hasonló. Ennek megfelelően alkalmazható a helyettesítő gerenda módszere

Helyettesítő gerenda: faltartóval azonos vastagságú és megtámasztású gerenda, melynek „h” magassága a következők szerint alakul:

- **kéttámaszú** faltartóknál a következő képlettel vehetjük fel:

$$\begin{aligned} h &= 0.315 (L + H), & \text{ha } H < L, \\ h &= 0.630 L, & \text{ha } H > L \end{aligned}$$

- **többszámszú** faltartóknál h a következő képlet adja:

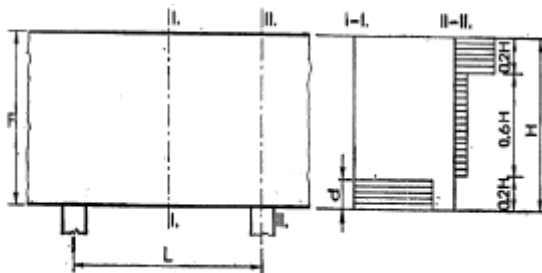
$$\begin{aligned} h &= 0.220 (L + 1.5H), & \text{ha } H < L \\ h &= 0.550 L, & \text{ha } H > L, \end{aligned}$$

ahol L a faltartó támaszkoze, H pedig a teljes magassága. Ha $H > L$, akkor $L = H$.

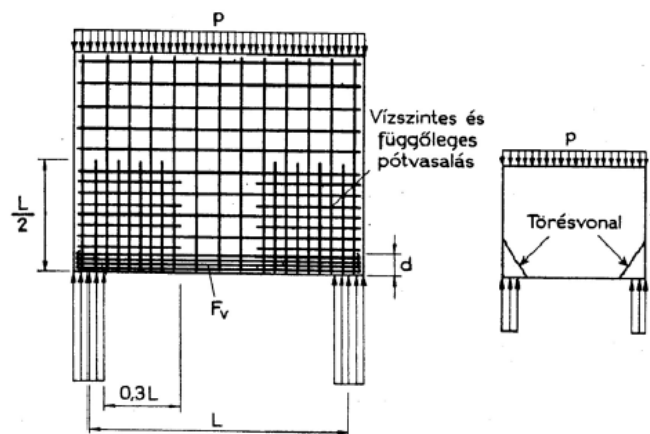
5. Vasalás kialakítása:

- Trajektoriális: ideális irányú vasak (legkisebb vasmennyiség), szerelési nehézségek
- Hálós vasalás: mai gyakorlatban alkalmazott, egyszerű és gyors, könnyen számolható és szerelhető
- Átmeneti

vasalás elrendezése magassági értelemben

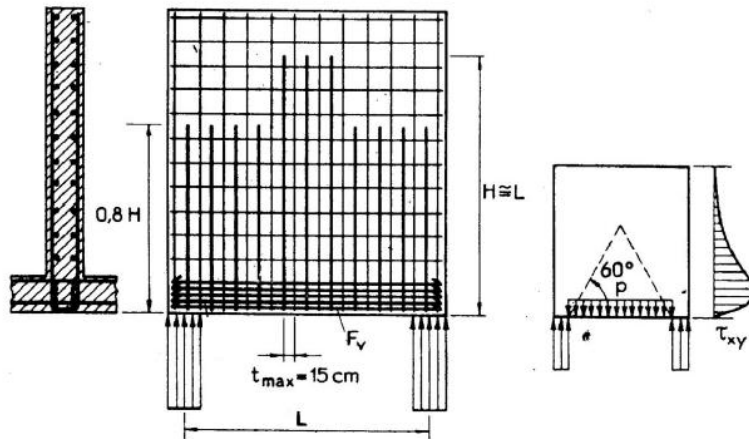


Felső élén terhelt közvetlen megtámasztású faltartó hálós vasalása



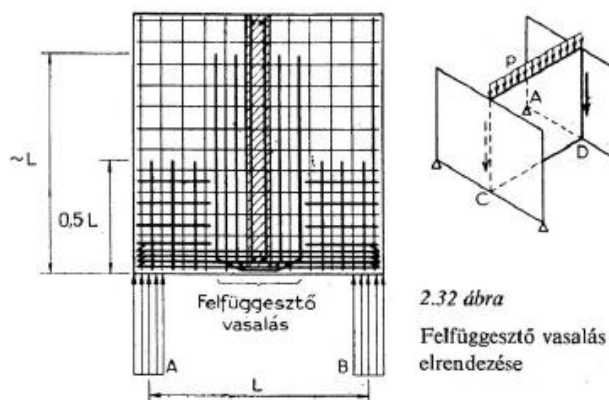
- A sarok lerepedése ellen vízszintes és függőleges irányú pótvasalás szükséges.
- A teljes nyíróerőt vízszintes betétekkel is fel kell venni.
- Pozitív nyomatéki vasalást (alsó) a támaszig kell vezetni.

Alsó élén terhelt faltartó vasalása:



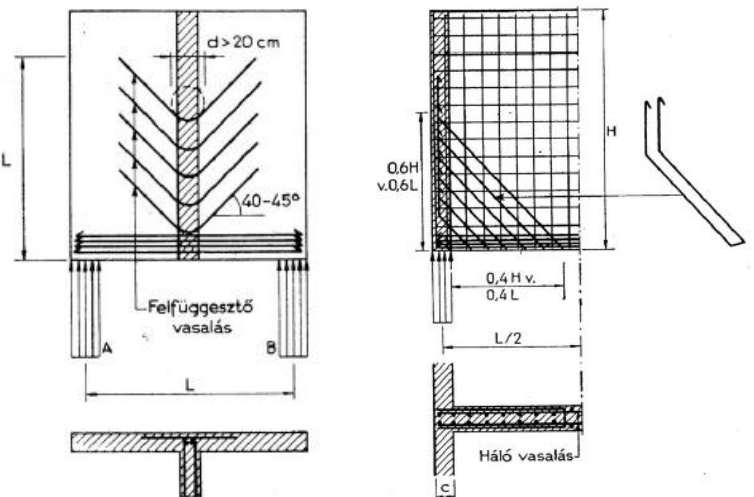
- Az alsó él kiszakadását megakadályozó felfüggesztő vasalás szükséges
- $\tau_{\max}$ a magasság alsó harmadában/negyedében adódik, ahol $\sigma_x=0$.

Keresztező fal felfüggesztése:

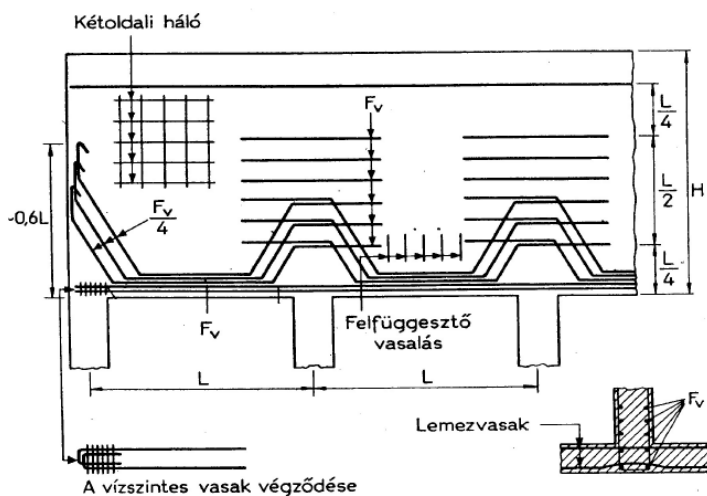


2.32 ábra
Felfüggesztő vasalás elrendezése

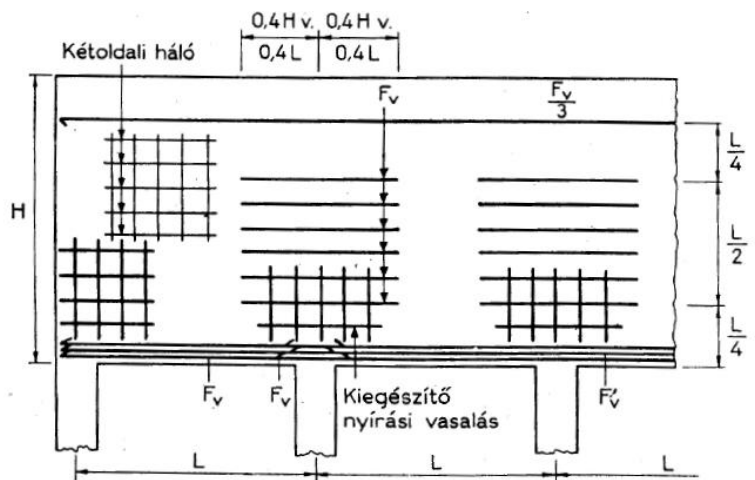
Sarok hagyományos vasalása:



Többszámú faltartók vasalási rendszerei:



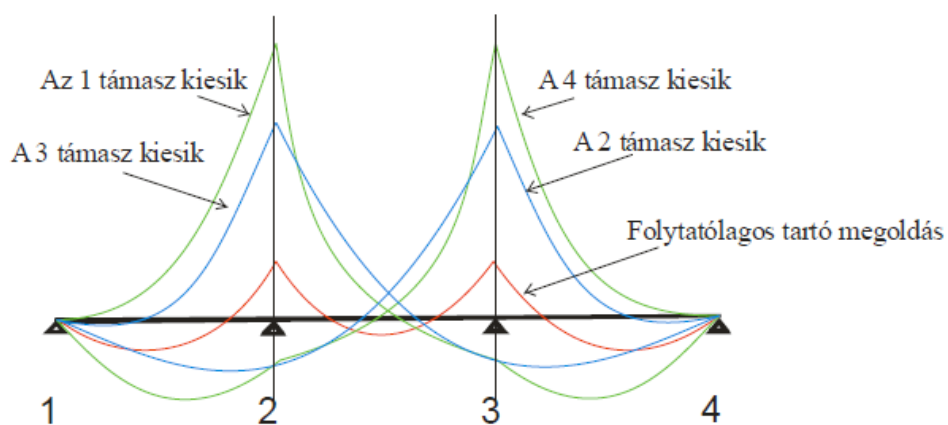
Faltartók (korábbi) átmeneti vasalási rendszere



Faltartók (korszerű) hálós vasalási rendszere

6. Többtámaszú faltartók:

A faltartó sokkal merevebb, mint a támasza, így egyetlen támasz kiiktatása nem feltétlenül jelenti a tönkremenetelt, mindössze igénybevétel- átrendeződést eredményez.



Lemezek, lemezszélek Áttörések, lyukak, vasalás

1. Téglalap alakú lemezek:

Negyedrendű, parciális differenciálegyenlet:

$$K \left(\frac{d^4 w}{dx^4} + 2 \frac{d^4 w}{dx^2 dy^2} + \frac{d^4 w}{dy^4} \right) = p \quad K \Delta \Delta w = p$$

↑
hajlítás x irányban

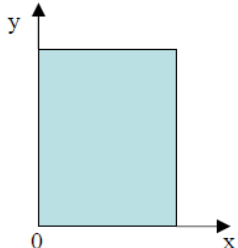
↑
csavarás

↑
hajlítás y irányban

Ahol Δ : Lagrange operátor

Megoldáskor szükséges a megfelelő számú peremfeltétel megadása (általában peremenként 2 db.)

Ha az $x = 0$ perem:

	<i>befogott perem</i>	$\varphi_x = \frac{dw}{dx} = 0$	$w = 0$	(elfordulás és lehajlás zérus)
	<i>csukló</i>	$m_x = \frac{d^2 w}{dx^2} + \mu \frac{d^2 w}{dy^2} = 0$	$w = 0$	(nyomaték és lehajlás zérus)
	<i>szabad perem</i>	$m_x = \frac{d^2 w}{dx^2} + \mu \frac{d^2 w}{dy^2} = 0$	$q_x = \frac{d^3 w}{dx^3} + (2 - \mu) \frac{d^3 w}{dx dy^2} = 0$	(nyíróerő és nyomaték zérus)

Megoldás módszerei:

- 1) Kettős Fourier-sor: csuklós perem esetén (gyakran lassan konvergál)
- 2) Levy vagy Guyon- Massonet: két, egymással párhuzamos szabad él esetén
- 3) Bares táblázat: gyakorlati kézi módszer (közelítő megoldás)
- 4) Számítógépes megoldás: differencia módszer, végelelem módszer

Vasaláshoz szükséges nyomatékok meghatározása:

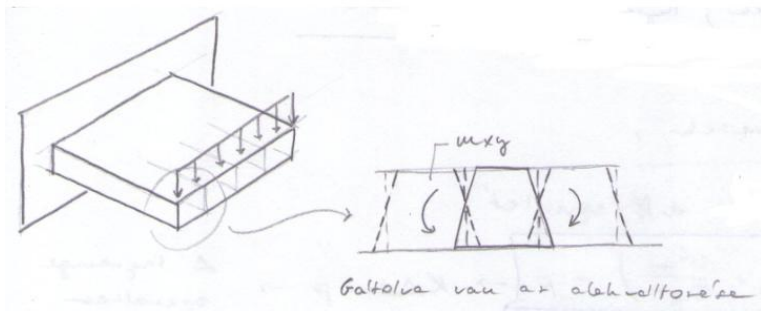
~ Közelítésképpen az „x” és „y” irányú vasalás mennyiségét a csavarónyomatékokkal kompenzált nyomatékokra szokás méretezni:

A fajlagos nyomatékvektorokra alkalmazva a háromszög-egyenlőtlenséget, a derékszögű háló teherbírása x és y irányban:

$$|m_y| + |m_{xy}| \quad |m_x| + |m_{xy}|$$

Korszerű vasalás: derékszögű hegesztett háló

2. Egyirányban teherviselő lemezek:



Poisson hatás: $m_y = \mu m_x$



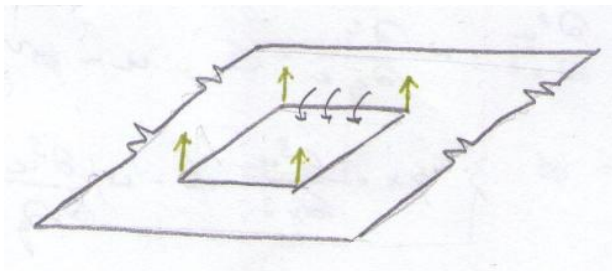
$$A_{s,y} = 0.2 A_{s,x}$$

Továbbá ezért tartalmazza a K a μ Poisson-számot:

$$K = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$$

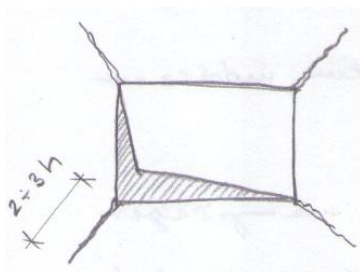
~ Egyirányban teherviselő lemezben is, a teherbírás irányába elhelyezett vasalás min. 20%-át a mellékirányban el kell helyezni (Poisson tényező: 0,20)

3. Nyílásokkal áttört lemezek:



Sarkok mentén a szingularitások (elméletileg) végtelen igénybevételeket okoznak (az igénybevételek ugrásszerűen változnak)

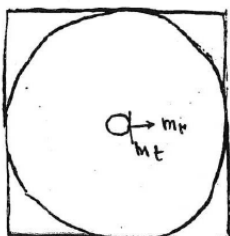
Szabad élek mentén, mivel a lehajlásfüggvény vegyes deriváltja létezik, csavarónyomatékok lépnek fel, amik pedig Kirchhoff- erőket (koncentrált nyíróerőket) keltenek.



A sarkokban fellépő csúcsheszültségek (kb.) szögfelező irányú repedéseket okoznak, melyek a lemezvastagság 2-3- szorosáig hatolnak.

Megoldás: A sarkok valamilyen lekerekítése csökkenti a csúcsheszültségeket, ezáltal a repedések valószínűségét.

~ Kör alakú lyukak esetében:



Kis lyuk esetén:

$$m_t \approx 2m_k$$

Ahol: m_k a helyettesítő lyuk nélküli lemez közepén ébredő nyomaték.

Nagy lyuk esetén:

$$m_t \approx m_k$$

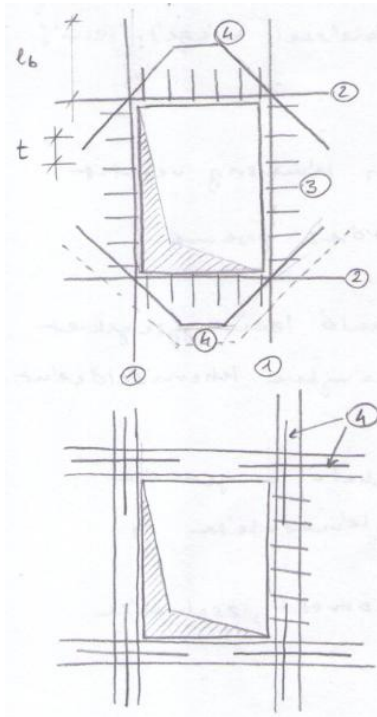
Ha a lyuk mérete közel a szabad nyílás fele.

Kör alakú lyukak esetében nincsen saroksingularitás, így lehetőleg ilyen áttörést kell alkalmazni.

Az „ m_t ” érintőirányú nyomaték kb. kétszerese a lyuk nélküli lemez közepén ható „ m_k ” nyomatéknak.

4. Kiegészítő szegélyvasalás:

Csavarónyomatékok ellen kiegészítő hossz- és szegélyvasalás szükséges



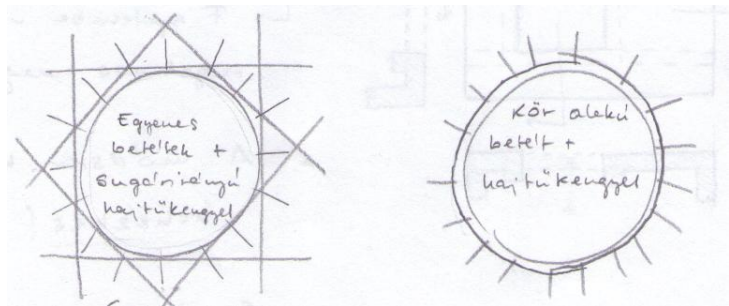
1-2: Hosszbetétek: min. 2db/ oldal

lbd lehorgonyzási hossz, a húzott oldalon 1.5-szörös legyen!

3: Hajtűkengyelek (KÉP)

4: Sarokrepedés elleni betét: húzott oldalra érdemes tenni, de lehetőleg mindkét oldalra

4: Kialakítható a háló besűritésével is, célszerű mindkét oldalon alkalmazni



5. Áttört lemezek számítási módszerei, megoldások:

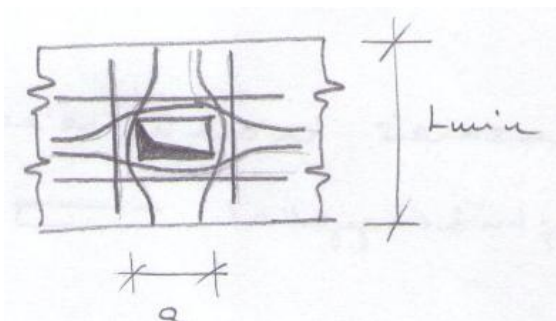
5.1. Lyuk figyelmen kívül hagyása

5.2. Valóságos kiváltógerenda (az alsó síkon)

5.3. Rejtett kiváltógerenda

5.4. Helyettesítő lemezes számítás (nagy lyukak esetén)

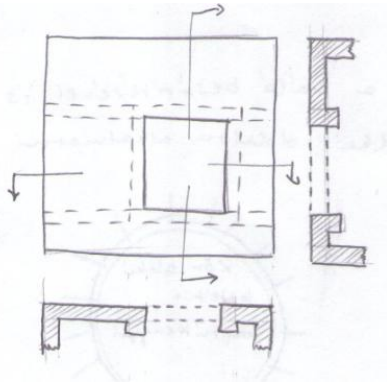
5.1. A lyuk figyelmen kívül hagyható a számításban, ha a legnagyobb mérete kisebb, mint a fesztáv ötöde.



- A vasalás elhúzásával, az irányváltozási erők miatt, az ívesen vezetett betétekre merőleges vasalás is szükséges.

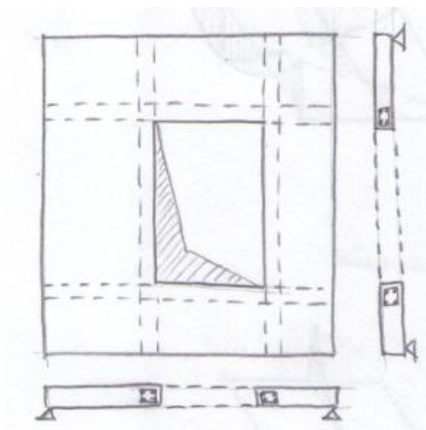
- Hegesztett hálós vasalás esetén célszerű a hálóból a lyukat előre kivágni, szegélyvasalással kiegészíteni.

5.2. Tényleges kiváltógerendák

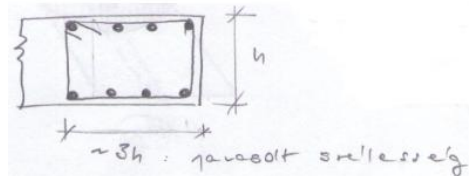


- Nagyobb méretű áttörések esetében a támaszig vetetett kiváltógerenda alkalmazandó az áttörés peremén.
- A kialakuló lemezegységeket egy- vagy kétirányban teherviselőként számoljuk (figyelembe vehető a gerenda rugalmas megtámasztása is)
- A módszer korrekt, zsaluzása nehézkes.

5.3. Rejtett kiváltógerenda alkalmazása:



- Gerenda csak a vasalás helyi megerősítése miatt alakul ki a lemezben. (hosszvasak és esetleg zárt kengyelek)

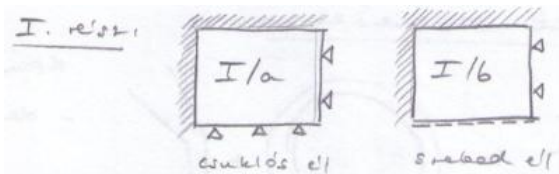
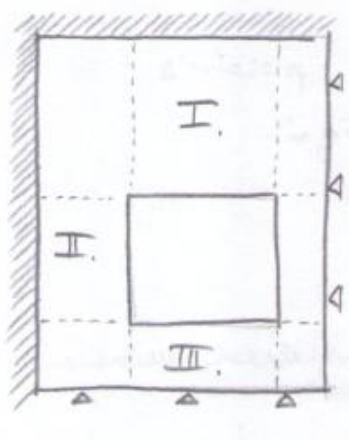


- Teherviselésre alkalmas kiváltógerenda alakul ki, merevsége viszont nem lesz sokkal nagyobb a lemez merevségénél, így lehajlása a valódi gerendáénál nagyobb lesz.

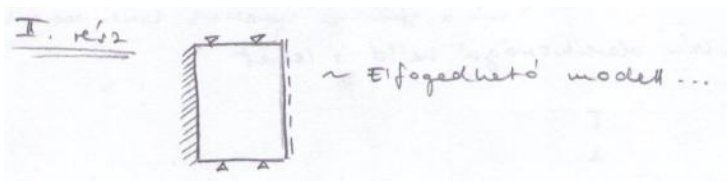
- Egyszerű vasalás és zsaluzás, azonban nagy lehajlás (repedésveszély) jellemzi
- Bizonytalanabb erőjáték, így esetekben bonyolultabb számítás

5.4. Helyettesítő lemezek elve:

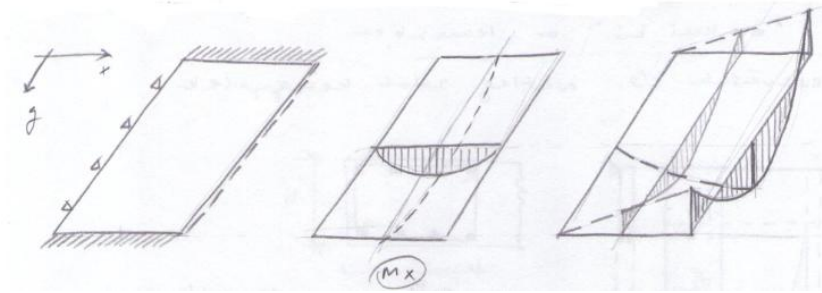
Nyílások közelében lévő lemezeket, mint önálló egységeket vizsgáljuk. Ezeken meghatározott igénybevételek a valóságot kellően jól közelítik.



A két modellen meghatározott igénybevételek átlaga a valóságot jól közelíti.



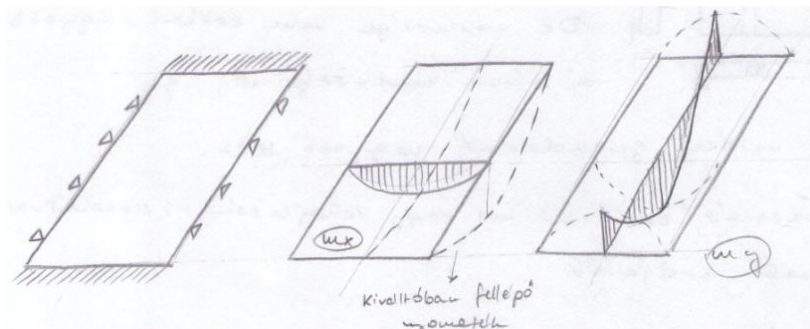
5.5. Rejtett gerendával megtámasztott szegély:



- a) Két végén befogott + egy csuklós + egy szabad él

Rejtett kiváltó erőjátéka inkább a lemezéhez hasonló

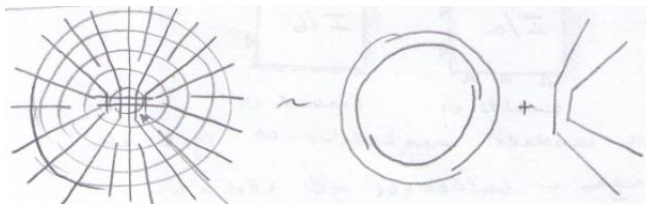
- b) Két végén befogott + 2 csuklós peremű



A valóságos gerenda hárítja a terhet a támaszokra, így benne nyomaték keletkezik.

6. Körlemez vasalása:

Kolmbinált: poláris-derékszögű vasalás



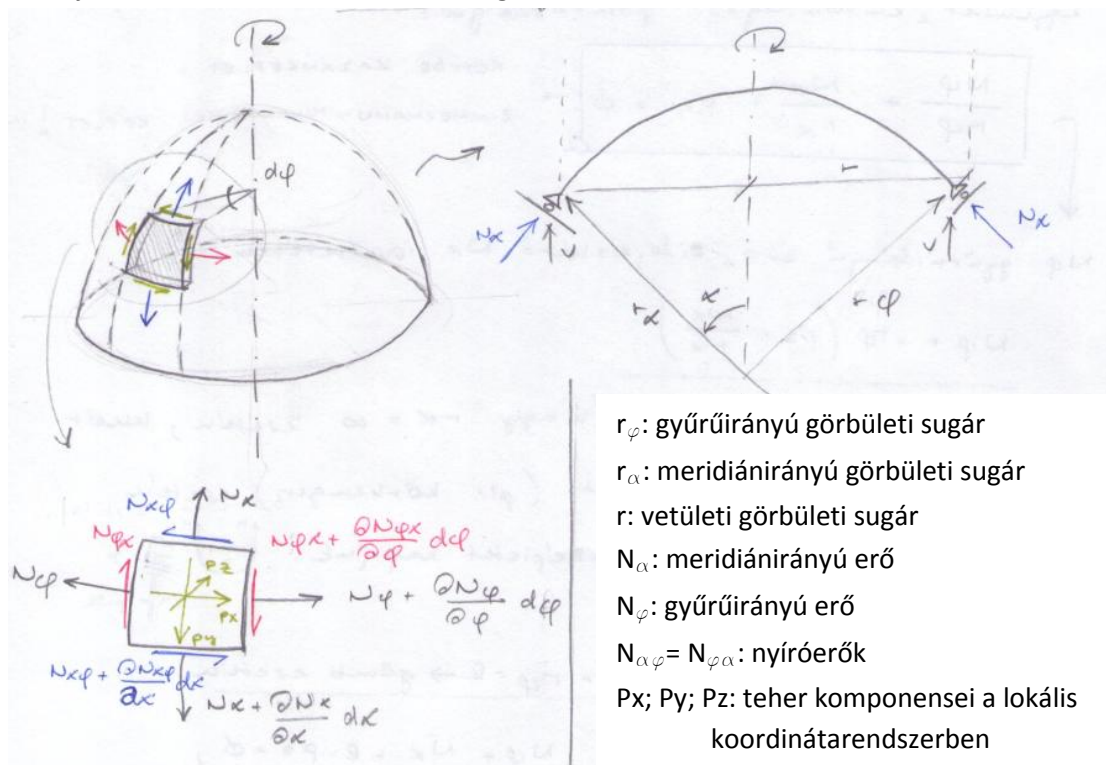
A sugár- és gyűrűirányú nyomatékok közel azonosak (az erőjátékhoz illeszkedik)

Tisztán derékszögű háló is lehet.

Forgáshéjak membránelmélete

1. Membránelmélet: Csak akkor alkalmazható, ha a felületszerkezetben csak a felület síkjában ható erők keletkeznek. Ha nyomaték is keletkezik, héjelméletet (hajlítási elméletet) kell alkalmazni.

Csak membránerők keletkeznek (három ismeretlen: N_x ; N_y ; N_{xy}), tehát három egyensúlyi egyenlettel az erőjáték leírható, a szerkezet statikailag határozott.



Az elemi részre ($r \cdot df$; $r_\alpha \cdot da$) részre felrajzol erőkből felírható a három egyensúlyi egyenlet az egymásra merőleges:

- ~ gyűrűirányban
- ~ meridiánirányban
- ~ felületre merőleges irányban

A „z” irányú, azaz a felületre merőleges irányú egyenlet különleges fontosságú:

$$\frac{N_\varphi}{r_\varphi} + \frac{N_\alpha}{r_\alpha} + p_z := 0 \quad \begin{array}{l} \text{Kettős kazánképlet} \\ \text{= Zimmermann- Milankovics képlet} \end{array}$$

Ekkor az N_φ gyűrűirányú erő kifejezhető N_α ismeretében:

$$N_\varphi := -r_\varphi \cdot \left(p_z + \frac{N_\alpha}{r_\alpha} \right)$$

A képletből is jól látszik, hogy $r_\alpha := \infty$ esetén, tehát egyszerűen görbült szerkezet (pl. körhenger) esetén az $N_\varphi := -r_\varphi \cdot p_z$ Kazánképletet kapjuk.

Egyéb esetben, ha pl. $r_\alpha = r_\varphi = R$ (gömb esete)

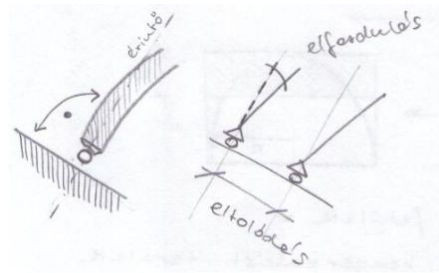
$$N_\varphi = N_\alpha := N \quad \text{és így} \quad N_\varphi + N_\alpha + R \cdot p_z := 0$$

$$\text{Tehát: } 2 \cdot N := -R \cdot p_z \quad \rightarrow \quad N := \frac{R \cdot p_z}{2} \quad \text{Ballon képlet}$$

2. Membránhéjak megtámasztása:

Mivel a megfelelően megtámasztott membránhéj statikailag határozott, megoldásához alakváltozási feltételekre nincs szükség.

Ekhez azonban a megtámasztásnak teljesíteni kell:



- Megtámasztás legyen merőleges az érintőre
- Megtámasztó szerkezet legyen végtelenül merev
- Membránhéj alakváltozásai az alakváltozásoknál semmiképpen se legyenek gátolva

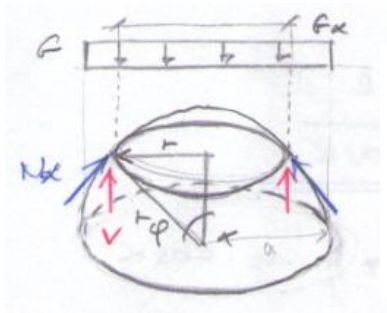
(eltolódás és elfordulás $\rightarrow$ különben nyomaték is kialakul)

3. Körszimmetrikus szerkezet esetében:

Ha a felület, a teher és a megtámasztás s körszimmetrikus, számos dolog egyszerűsödik:

Ekkor $p_x := 0$ $N_{\alpha\varphi} = N_{\varphi\alpha} = 0$ tehát nincs nyírás, csak N_φ és N_α

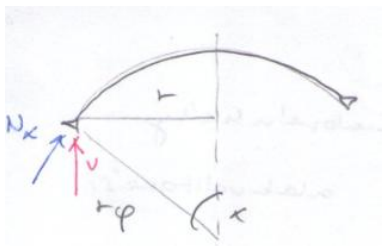
membránérők keletkeznek.



α szöghöz tartozó teher: G_α mely egy "r" sugarú kör mentén oszlik meg, így:

$$V := \frac{G_\alpha}{2 \cdot r \cdot \pi} \quad \text{és mivel} \quad r := r_\varphi \cdot \sin(\alpha)$$

$$\rightarrow V := \frac{G_\alpha}{2 \cdot r_\varphi \cdot \sin(\alpha) \cdot \pi} \quad \text{emelett jól látszik, hogy} \quad N_\varphi := \frac{V}{\sin(\alpha)}$$



$$\text{Tehát: } V := \frac{G_\alpha}{2 \cdot r_\varphi \cdot \pi \cdot \sin(\alpha)}$$

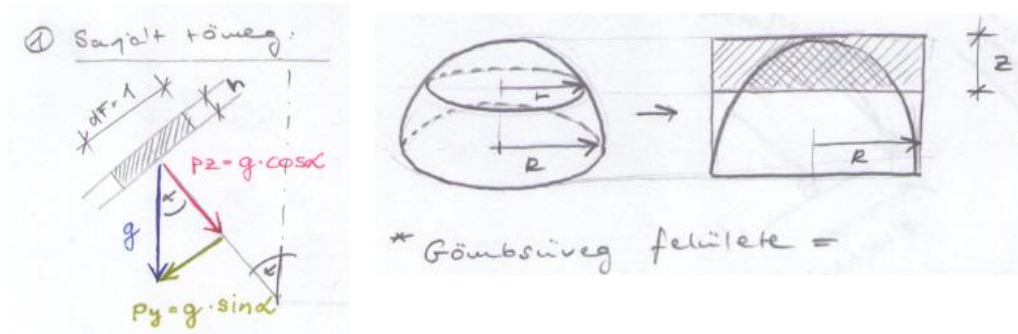
$$\text{És: } N_\alpha := \frac{V}{\sin(\alpha)}$$

$$\text{Tehát: } N_\alpha := \frac{G_\alpha}{2 \cdot r_\varphi \cdot \pi \cdot \sin(\alpha)^2} \quad \text{MINDEN ESETBEN}$$

$$\text{Emellett tudjuk, hogy: } N_\varphi := -r_\varphi \cdot \left(p_z + \frac{N_\alpha}{r_\alpha} \right)$$

így N_φ már N_α ismeretében számítható.

3.1. Saját tömegével (önsúly) terhelt esetben:



A gömbcsüveg felülete = a befogadó hengerpalást felülete, ennek megfelelően bármely "z" magasság esetében: $T = 2R \pi \cdot z$

Ekkor $G(z) = g \cdot T(z) = g \cdot (2R \pi \cdot z)$

emellett látszik, hogy:

$$z = R \cdot (1 - \cos(\alpha))$$

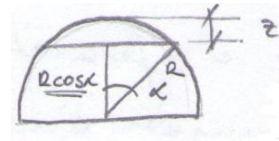
Tehát $G(z) = g \cdot 2 \cdot R^2 \pi \cdot (1 - \cos(\alpha))$

Ekkor $V(z) = \frac{G(z)}{2 \cdot r \cdot \pi} = \frac{G(z)}{2 \cdot (R \cdot \sin(\varphi)) \cdot \pi} = \frac{g \cdot 2R \cdot (1 - \cos(\alpha))}{2 \cdot \sin(\alpha)}$

És $N_\alpha = \frac{V(z)}{\sin(\alpha)} = \frac{-g \cdot 2R \cdot (1 - \cos(\alpha))}{2 \cdot \sin(\alpha)^2} = \frac{-g \cdot R}{1 + \cos(\alpha)}$

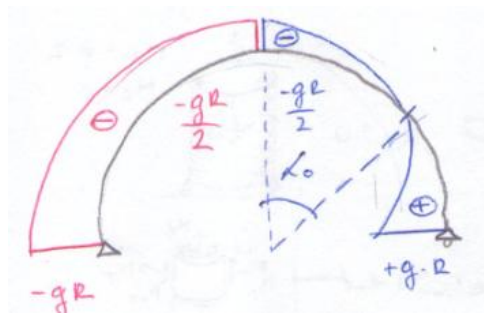
Ekkor $N_\varphi = -\left(p_z + \frac{N_\alpha}{r_\alpha}\right) \cdot r_\varphi = -p_z \cdot R - N_\alpha$ ahol $p_z = -g \cdot \cos(\alpha)$

Így tehát $N_\varphi = -g \cdot R \cdot \left(\cos(\alpha) - \frac{1}{1 + \cos(\alpha)}\right)$



Önsúlyból keletkező igénybevételek (membránerők)

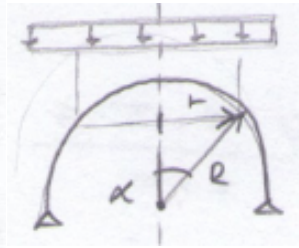
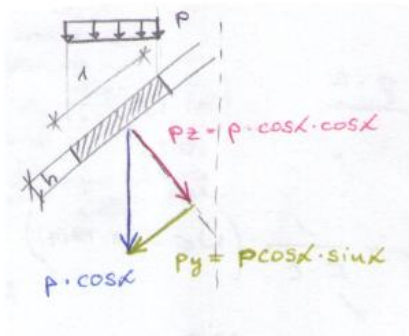
$$N_\alpha := \frac{-g \cdot R}{1 + \cos(\alpha)} \quad \text{és} \quad N_\varphi := -g \cdot R \cdot \left(\cos(\alpha) - \frac{1}{1 + \cos(\alpha)}\right)$$



- N_φ : gyűrűirányú erő
- $\alpha_0 = 51,49^\circ$ - nál vált előjelet
- felette nyomás
- alatta húzás lép fel

3.2. Egyenletesen megoszló teherrel (hóteher) terhelt esetben:

3 3



$$G(\alpha) = r^2 \cdot \pi \cdot p = (R \cdot \sin(\alpha))^2 \cdot \pi \cdot p$$

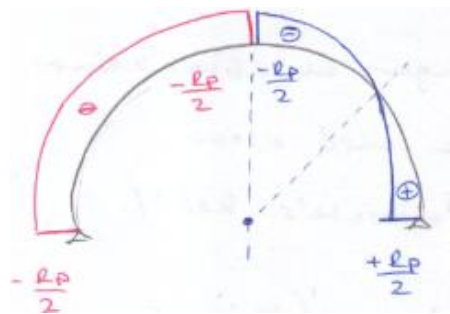
$$V(\alpha) = \frac{G(\alpha)}{2 \cdot r \cdot \pi} = \frac{R \cdot \sin(\alpha) \cdot p}{2}$$

$$N_{\alpha} = \frac{-V(\alpha)}{\sin(\alpha)} = \frac{-R \cdot p}{2} \quad \text{állandó}$$

Ezek után, mivel $p_z = p \cdot \cos(\alpha)^2$

$$\rightarrow N_{\varphi} = -p \cdot R \cdot \left(\cos(\alpha)^2 - \frac{1}{2} \right) = \frac{-p \cdot R}{2} \cdot \cos(2 \cdot \alpha)$$

Hóteherből keletkező igénybevételek (membránérők)



N_{φ} : gyűrűirányú erő: $\alpha=45^\circ$ -nál vált előjelet

3.4. Speciális eset: körszimmetrikus henger (pl. álló tartályok, silók)

- Minden körszimmetrikus: terhek, megtámasztás stb.
- φ szögtől minden független (körszimmetria miatt)
- egyetlen változó: „z” magasság
- $p_{\varphi} = 0$, tehát nincs csavaró hatás
- Ezzel együtt $N_{\alpha\varphi} = 0$, tehát nincs nyírás
- $r_{\alpha} = \infty$ (alkotóirányban egyenes) egy irányban görbült felület

3.5. pl.: Önsúlyával terhelt tartály:



$$G(z) = g \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot z$$

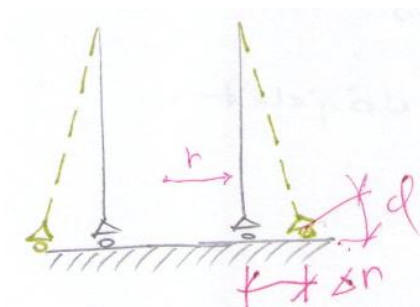
$$N(z) = \frac{G(z)}{2 \cdot r \cdot \pi} = \frac{-g \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot z}{2 \cdot r \cdot \pi} = -g \cdot z$$

Ekkor a fal vízszintes elmozdulásai: $\epsilon_{\varphi} = \frac{1}{E \cdot t} \cdot (N_{\varphi} - \nu \cdot N(z))$

ahol E: tárcsamerevség

A fajlagos gyűrűirányú alakváltozás: $\epsilon_{\varphi} = \frac{1}{E \cdot t} \cdot [0 - \nu \cdot (-g \cdot z)] = \frac{\nu \cdot g \cdot z}{E \cdot t}$

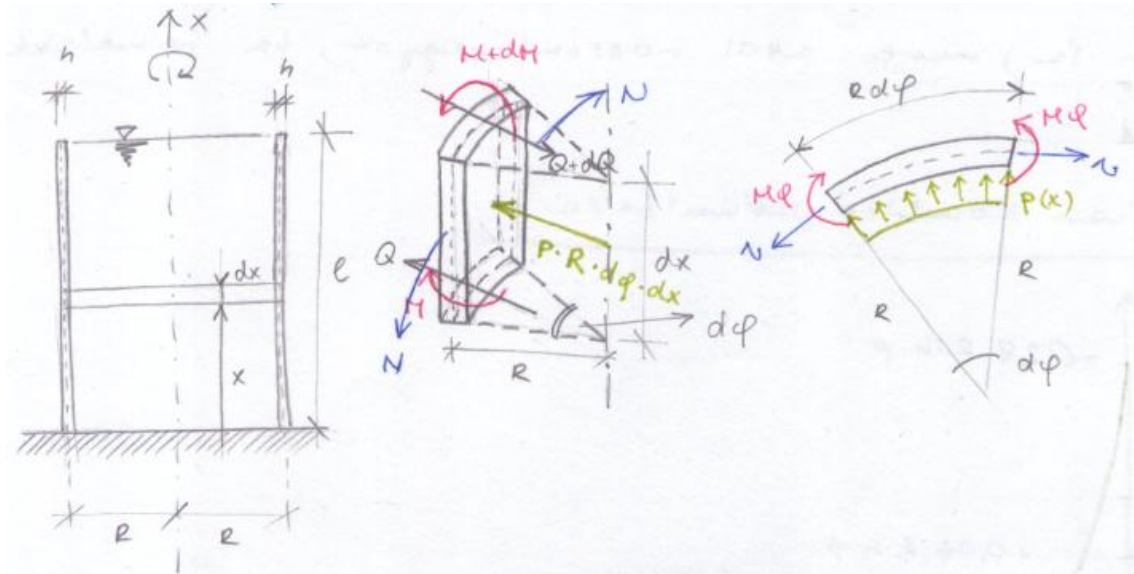
A sugár tényleges megváltozása ezek után: $\Delta R = w = R \cdot \epsilon_{\varphi} = \frac{\nu \cdot R \cdot g \cdot z}{E \cdot t}$ z-ben lineáris



Ahhoz, hogy a henger membránként viselje a terheit, az alsó élen csuklós-görgős megtámasztás kell!

Amennyiben a támaszok nem rendelkeznek a megfelelő elfordulási/elmozdulási képességekkel, a szerkezetben nyomatékok is fellépnek (peremzavar jellegűek)

Forgáshéjak hajlításelmélete



A hajlított körhenger tartály differenciálegyenlete a fenti megtámasztás és körszimmetrikus teherelrendezés esetében:

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\lambda^4 w = \frac{p(x)}{K}$$

ahol $K = \frac{Eh^3}{10(1-\nu^2)}$ lemezmerevség

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sqrt{3(1-\nu^2)}}{R \cdot h}}$$
 csillapítási tényező

egyszerűsítve: $\lambda = \frac{1.31}{\sqrt{R \cdot h}}$

$w(x)$ sugárirányú eltolódásfüggvény

A megoldás a lemezéhez hasonlóan, homogén és inhomogén partikuláris részekre bontással történik:

$$w_{\text{hom}} := C_1 \cdot e^{\lambda \cdot x} \cdot \cos(\lambda \cdot x) + C_2 \cdot e^{\lambda \cdot x} \cdot \sin(\lambda \cdot x) + C_3 \cdot e^{-\lambda \cdot x} \cdot \cos(\lambda \cdot x) + C_4 \cdot e^{-\lambda \cdot x} \cdot \sin(\lambda \cdot x)$$

ahol C_1 és C_2 az alsó peremre, C_3 és C_4 a felső peremre vonatkozik.

Ha $\lambda \cdot l \leq 2 \cdot \pi \approx 6$, alacsony falú körhenger

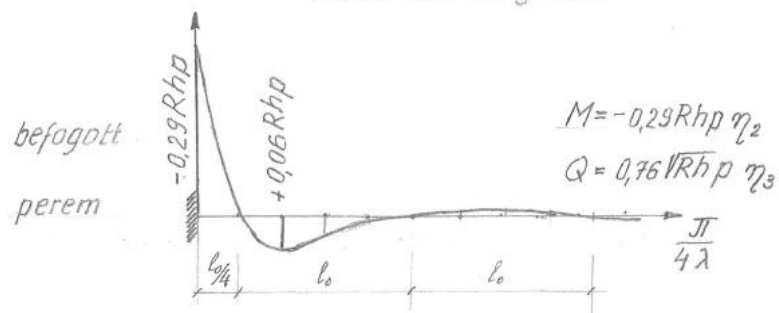
- mind a négy integrálállandóval számolni kell
- az alsó él peremzavara a felső élig nem csillapodik le!

Ha $\lambda \cdot l \geq 2 \cdot \pi \approx 6$, magas falú körhenger

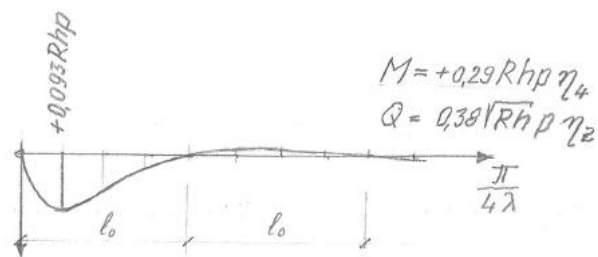
- A peremek külön-külön vizsgálhatók
- egyik perem peremzavara a másik peremig nem terjed ki

3. Peremzavarok közelítő meghatározása:

*A peremzavar közelítő számítása
simuló körhengerrel*



csuklós
perem



p - a megoszló teher

R - a simuló körhenger sugara

h - a héj vastagsága

$$\lambda = \frac{1.31}{\sqrt{Rh}}$$

$$l_0 = \frac{\pi}{\lambda}$$

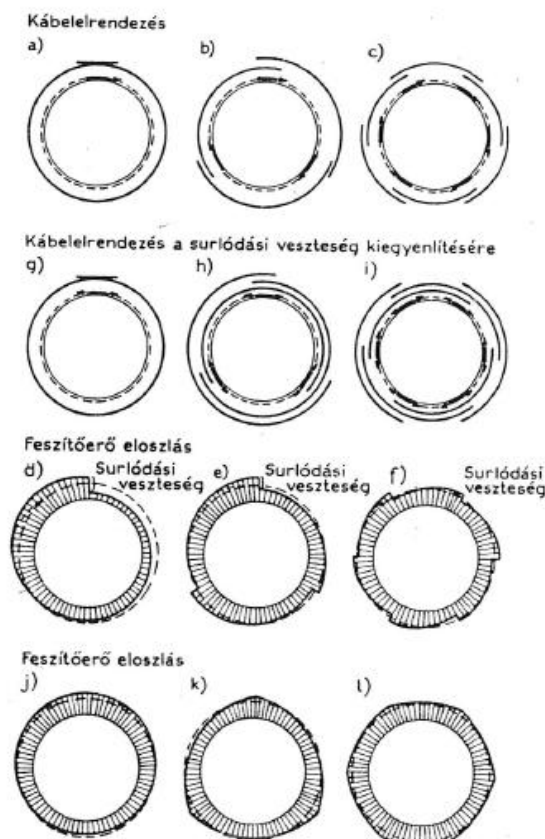
Körhenger feszítése

1. Feszítési rendszerek:

- Harántirányú erővel történő feszítés
- Huzaltengely irányú feszítés pl.:
 - ~ Csévélés (külső)
 - ~ Belsőkábeles gyűrűirányú (pl.: Freissinet)
 - ~ Mechanikus gyűrűirányú (csavarokkal)
- Különleges, gyűrűirányú feszítési rendszerek
 - ~ Hőhatással
 - ~ Víznyomással
- Függőleges irányú utófeszítés

Arra kell törekedni, hogy a feszítőerő eloszlása is körszimmetrikus legyen → feszítőkábelek elrendezése megfelelő legyen

2. Utofeszítés külső kábelrel vagy kábelcsatornával:



9.31 ábra

Feszítőerő-eloszlás különböző kábelrendezés esetében

A súrlódási veszteség a feszítőerő eloszlását befolyásolja:

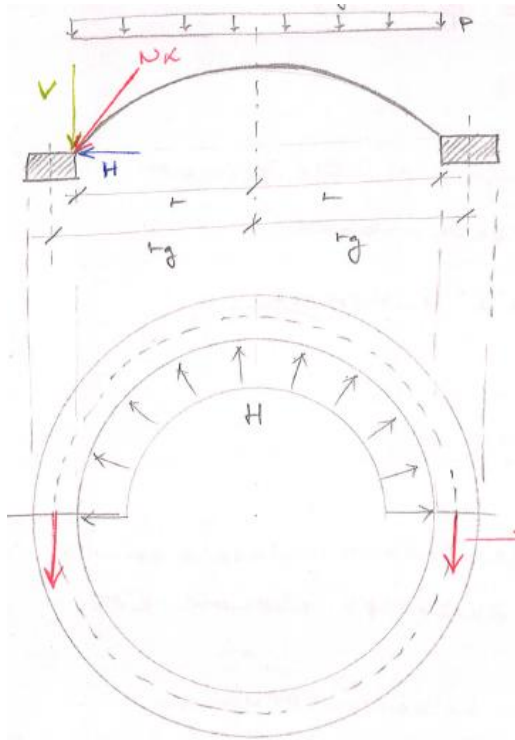
~ súrlódási veszteség csökkenthető, ha a kábel mindkét oldalról megfeszítjük, vagy több kábelszakaszt alkalmazunk.

~ A másik megoldás a kábel kismértékű (kb.: 10%) túlfeszítése, majd visszaengedése.

~ Feszítéssel a körhenger tartályok nyomatékait pozitívan befolyásolhatjuk

Gömbkupola kialakítása

1. Körgyűrűvel megtámasztott gömbkupola:

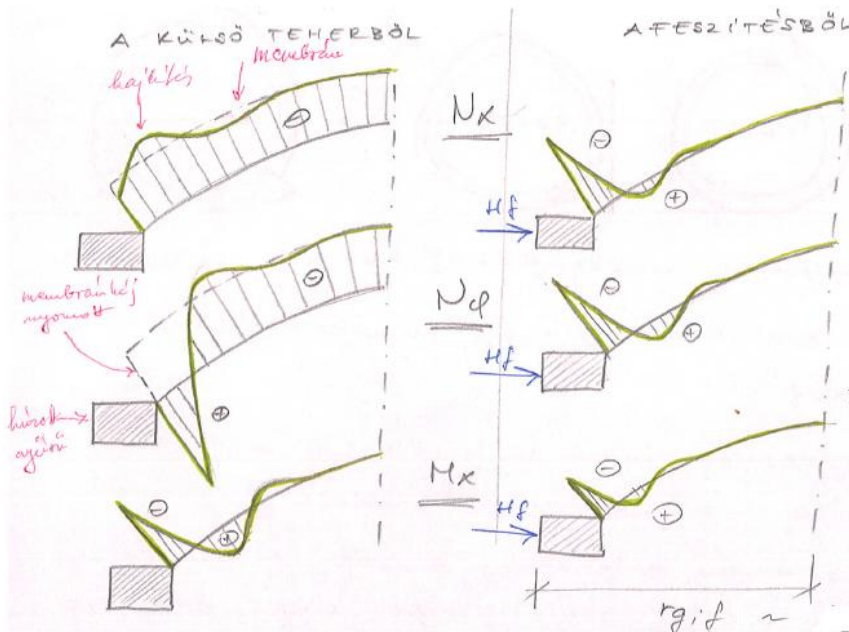


A membránelmélet alapján a csatlakozás helyén a héj nyomott, a peremgyűrű pedig húzott.

A kazán-képletnek megfelelően a peremgyűrűben keletkező húzóerő:

$$N_g = H \cdot r_g$$

2. Hajlított gömbkupola igénybevételei:

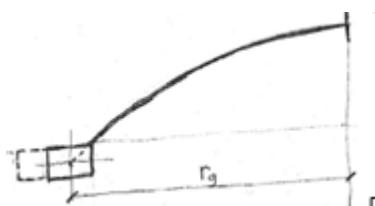


Ahol H_f a feszítőerő

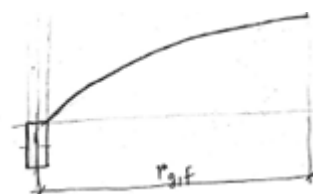
A feszítőerő szükséges mértéke:

$$F_g \cdot f = H_f \cdot r_g \cdot f$$

3. Peremgyűrű kialakítása:

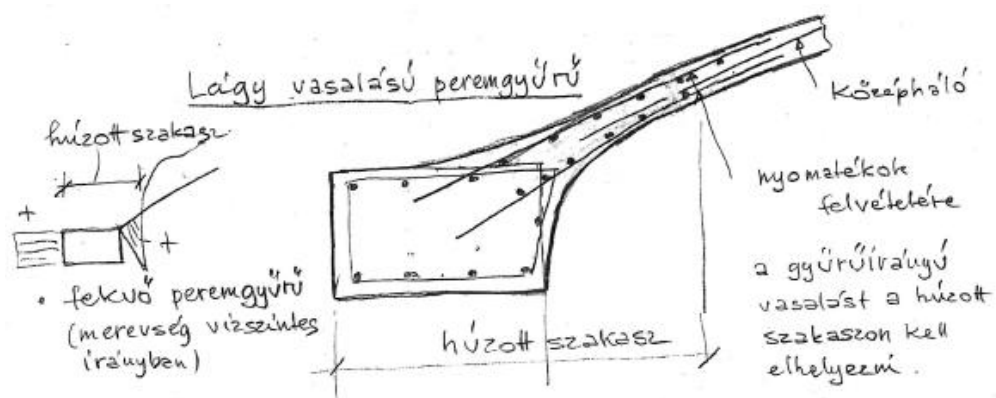


Fekvő peremgyűrű



Álló peremgyűrű ($r_g \cdot t > r_g$)

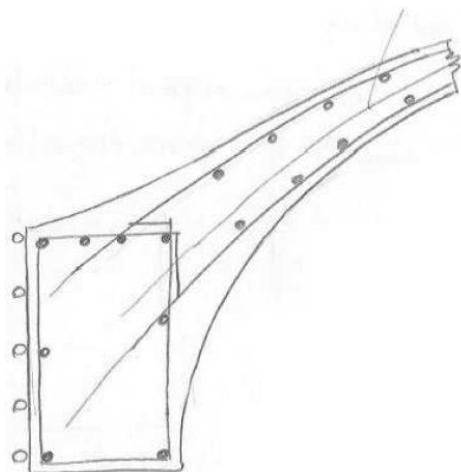
3.1. Lágvasalású fekvő peremgyűrű kialakítása:



- A húzott gyűrűhöz húzott héj csatlakozik
- A fekvő peremgyűrű vízszintes irányban nagyobb merevséggel bír

3.2. Álló peremgyűrű (esetlegesen feszített)

Hálós membránhéj vasalás



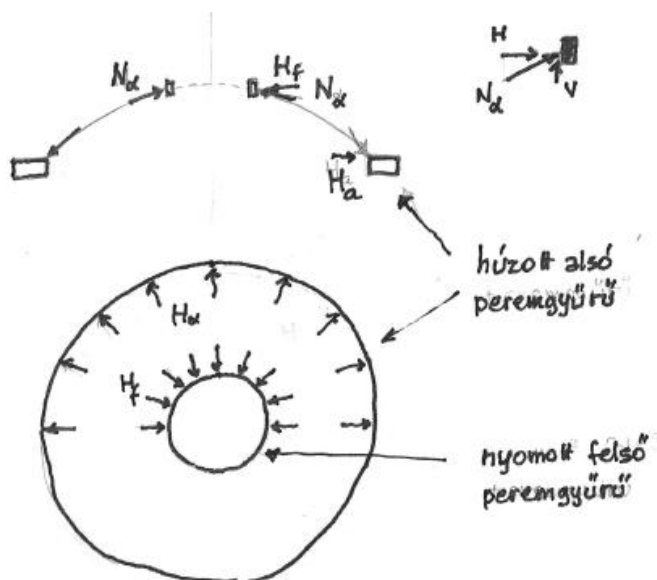
A lágvasalás a fekvő peremgyűrűével azonos

Több hely adódik a feszítőkábelek elhelyezésére

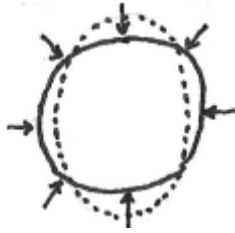
Vízszintes irányban lágyabb szerkezet, kisebb feszítőerő szükséges

Akár külső feszítéssel, abroncsozással is készíthető

3.3. Lyukas tetejű kupola kialakítása:

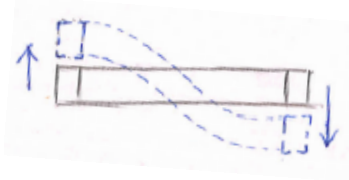


3.4. Nyomott gyűrű stabilitása:



Peremgyűrű síkjában jellemző lehet az ovalizáció

A jelenséget az N_{α} erők meggátolják (kifeszítik) így ettől nem kell tartani



A peremgyűrű síkjára merőlegesen történő kihajlást a peremgyűrű (hajlításai) merevsége gátolja meg.

Felső, nyomott perem esetében az álló peremgyűrű a jó megoldás, mivel ennek merevsége a kihajlás irányában nagyobb.

Csővezetékek méretezése

1. Csövek anyagai:

Korábban:

- fa csövek tokos kapcsolattal, kátrányos kenderkóc tömítéssel
- égetett kerámia, belül égetett mázzal
- ólomcső, belül ón bevonattal, tokos kapcsolattal, vagy forrasztással illetve

Manapság:

- Gömbgrafitos öntöttvas
- Acél és ötvöztetett acél
- beton és vasbeton (feszített beton)
- Műanyag (KPE, PVC) és szálerezített műanyag

2. Gyártástechnológia:

a) Öntöttvas csövek:

- Öntőgödrös vagy öntőformás eljárás
- Forgó öntőformás, ún. pörgetett öntés

b) Acél csövek:

- Csővonás
- Hegesztett spirálvarratú csövek (hegesztett kapcsolattal)
- Varrat nélküli csővonás
- Acél és öntöttvas csövek közös hátránya a korrózió (átgondolt korrózióvédelem!)

c) Beton csövek

- Monolit technológia (nem elterjedt)
- Előregyártás (pörgetett elemek, szálerezített beton, gyűrűirányú feszítés, ETERNIT)
- Hátránya a lassú alakváltozás, és a beton korróziós hajlama

d) Műanyag csövek

- Fröccsöntés
- Laminálás
- Porsajtolás stb.
- Néhány cm-től az 1-2m-es átmérőig gyártható
- Hátrányuk az öregedés és a műanyagok lassú alakváltozása (és kis merevsége)

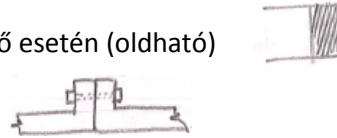
3. Csőkötések:

Feladatuk a szivárgásmentes kapcsolat biztosítása és megbízható, követhető erőjátékú mechanikai kapcsolat kialakítása.

Két alapvető típusuk az oldható és nem oldható kötések, ennek az egyes csőszakaszok cseréjénél lehet jelentősége.

3.1. Fém csövek kötése:

- Hegesztéssel: teljes értékű mechanikai kapcsolat (M; N; T átvitele)
- Kemény forrasztással
- Karimába vágott menettel, kisebb átmérő esetén (oldható)
- Karimás csőkötéssel (NF csavarozva)
- Tokos vagy csapos kapcsolattal



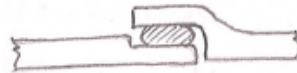
3.2. Beton és vasbeton csövek kötése:

- Nem lehetséges a teljes értékű mechanikai kapcsolat kialakítása, ezért ahol ez szükséges volna, érdemes fém csővel helyettesíteni

- Tokos csőkötés



- Csapos csőkötés



- Abroncsolás

A tokos illetve csapos kötések esetében a szigetelés általában egy tömör vagy üreges gumi perem, mely a kapcsolatban összenyomódik, és a két felületnek préselődve biztosítja a folyadékzárást.

4. Csővezeték és a szállított közeg viszonya:

A csővezetékben létrejövő áramlást legkönnyebben a *Reynolds-számmal* írhatjuk le.

$$Re = \frac{rv\rho}{\eta} = \frac{rv}{\nu}, \quad \text{ahol „r” a csővezeték belső sugara (ill. a hidraulikus sugár)}$$

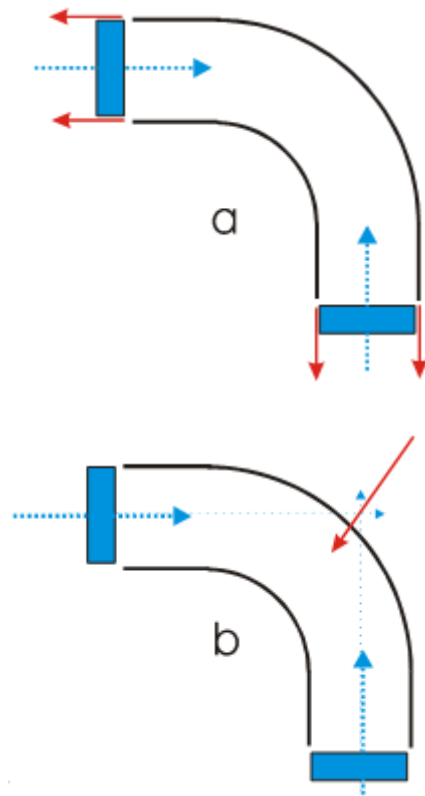
„v” a hozam alapján számítható átlagos áramlási sebesség

$\nu = \eta/\rho$ az ún. kinematikai viszkozitás

Sima falú, kör keresztmetszetű csőnél a *Reynolds-szám* kritikus értéke: $Re_{cr} = 1160$

- Ez alatt az áramlás lamináris
- Felette pedig turbulens jellegű

5. Íránytörés a csővezetéken:



- Teljes mechanikai kapcsolat esetén, egy adott keresztmetszetet tekintve, annak egyensúlyát a víztömegben lévő nyomás és a csőfalban lévő húzás tartja fent.
- Ha a csőkapcsolás nem képes a húzóerők felvételére (pl.: tokos, csapos), akkor a víz nyomóerejével nincsen ami egyensúlyt tartson, **a könyök külső megtámasztása szükséges.**

- A külső megtámasztó erő ezek után egyszerűen számítható:

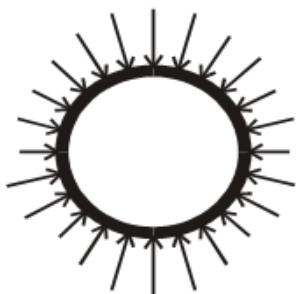
$$F = 2p_t A \sin \frac{\phi}{2}$$

- Ahol „ p_t ” a túlnyomást, „ A ” a cső belső keresztmetszeti területét, „ ϕ ” pedig a törésszöget jelöli.

A figyelembe veendő „ p_t ” túlnyomást nem a leggyakoribb üzemi érték, hanem annak a **zárási nyomásugrással**, az ún. **kosütéssel** megnövelt értéke.

A kosütés jelensége: A hirtelen zárás a folyadékban nagy erősségű (1500m/s) hosszirányú hullámot kelt a csővezetékkel a folyásiránnyal ellenkező irányban. Amennyiben ezt a nyomásugrást nem kezelik, (nyomáscsökkentők, illetve nem hirtelen záró szerelvények, stb.) az könnyen a csővezeték, illetve a szerelvények károsodását okozhatja.

6. A szerkezet és a talaj kölcsönhatása:

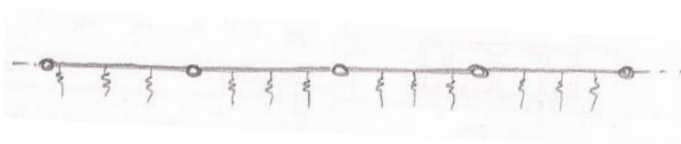


A szerkezetre ható aktív és reaktív terhek magyarázatát lásd.: Talajon fekvő szerkezetek, 2. Vázlatpont

A csővezetékek esetében az aktív és reaktív erőhatásokra való felbontás nem ilyen egyértelmű, mivel a csővezeték a talaj körbeveszi.

Az erőjátékban és a feszültségek kialakulásában nagy szerepe van a talaj és csővezeték merevségi viszonyának!

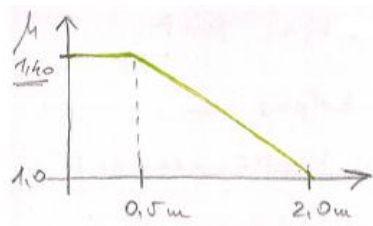
A szerkezet modellje:



Csuklókkal kapcsolt, folytonos, rugalmasan ágyazott gerenda.
(számítása nem a legegyszerűbb dolog a világon)

7. Csővezeték terhei:

7.1. Dinamikus hatások: járműteher



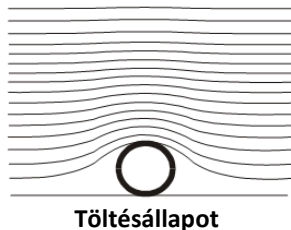
A dinamikus hatásoktól (a talaj csillapításának köszönhetően) 2m-es fektetési mélység alatt eltekinthetünk.

Felette a dinamikus tényező (μ) értéke diagram alapján meghatározható.

7.2. Csővezeték körülvéő földtömeg:

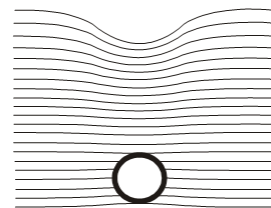
A csővezeték terheit a geosztatikus (nyugalmi) földnyomás-értékből számíthatjuk, a tényleges feszültségek azonban ettől eltérőek.

Széles árokba fektetett cső esetén a csőre a geosztatikusnál nagyobb terhelés fog hárulni:



Töltésállapot

Keskeny árokban a cső feletti föld tömörödését az árokkal megátolják, így kisebb nyomás alakul ki.



Árokállapot

8. Hosszirányú vizsgálat:

- Hosszirányú igénybevételek vizsálatakor a csöveket körgyűrű keresztmetszetű rudaknak szokás tekinteni.
- Számos esetben (pl.: tokos, csapos kapcsolat) feltételezhető a csődarabok relatív hosszirányú eltolódása, illetve kismértékű elfordulása.
- A modellek bizonytalansága miatt az igénybevételek pontos meghatározására nincsen mód.
- A méretezési módszerek nagy része a rugalmasan ágyazott gerendák vizsgálati módszerét tartalmazza.

A C ágyazási tényezőt a talaj „ E_s ” összenyomódási modulusa és a cső „D” átmérője alapján a

$$C = (2 \sim 3) \frac{E_s}{D} \text{ képlettel szokták felvenni.}$$

A cső hajlításának differenciálegyenlete az ágyazási reakció figyelembevételével:

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} + CDw = p \quad \text{ahol „EI” a cső keresztmetszet hajlítási merevsége, „w” a lehajlásfüggvény, „p” pedig a csőre ható aktív függőleges teher, rúdteher formájában figyelembe véve.}$$

A rugalmas ágyazású gerendák elméletéből ismert, hogy a módosított hajlítási differenciálegyenlet megoldásában központi szerepet játszik a $k = \sqrt[4]{\frac{CD}{4EI}}$ csillapítási tényező, ill. az „ l_0 ” karakterisztikus hossz, amelyet „k” reciprokaként definiálunk.

Zsaluzat és Állvány méretezése

1. Zsaluzat funkciói:

- Tervezett alakban tartja a betont
- Megfelelően merev megtámasztást nyújt
- Megakadályozza a kötészvíz elpárolgását
- Megvédi a betont a külső hőmérsékleti és egyéb klimatikus hatásoktól (pl. szél)
- Munkaterületet ad az építkezés számára

2. Követelmények:

- Zsaluzat és állványzat elég helyet hagyjon a munkálatok számára
- Állványzat biztonságos, könnyen megközelíthető és veszély esetén elhagyható legyen
- Teherbíró, alaktartó legyen (alapozásra ügyelni kell)

3. Osztályozás:

- Hagyományos zsaluzatok ill. iparszerű zsalurendszerek
- Egyedi zsaluzatok ill. többször használható táblás zsalu
- Fix zsaluzatok ill. mozgatható rendszerek
- Különleges (felületképző, kéreg) zsaluzatok

a) Hagyományos zsaluzatok:

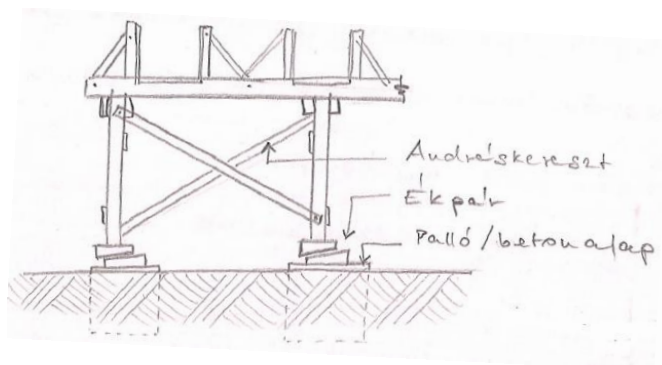
- Zsaluzat és állványzat anyaga általában fa (fatábla, faőrlemény, fapallók)
- Elemei 12-24 mm-es „szőrősdesszák” vagy pallók
- Hierarchikus szerkezet (állványzat is)
- Az elemek illeszkedését és fix térbeli helyzetét megfelelő merevségű hevederek, jármok, keretek biztosítják
- A zsaluzat finoman állítható, kapcsolata az állványzattal oldható

A hagyományos zsaluzat építési sorrendje:

- 1) Állványalapok kialakítása
- 2) Székállások felállítása, andráskeresztes merevítéssel
- 3) Süveggerendák elhelyezése
- 4) Bordazsaluzat merevítő jármainak elhelyezése
- 5) Lemezzsaluzat fenékmerevítőinek elhelyezése
- 6) Zsaluhéj összeállítása és elhelyezése

Az állvány alapozása megfelelő teherbírású altalaj esetén a talajra fektetett palló, vagy megfelelően méretezett alaptest.

A székállásokat úgy kell az alapozásra állítani, hogy lehetőség legyen a teljes állványzat néhány cm-rel való süllyesztésére. A megszilárdult szerkezet teljes (rugalmas) tehermentesüléséhez ez a néhány cm feltétlen szükséges. A süllyesztés önzáró keményfa ékpárokkal megoldható.



Nagy támaszközű hajlított szerkezeti elem esetén külön leeresztő szerkezet válhat szükségessé. Magassági beállítással óvatosan kell bánni, mivel az utólagos leengedésre nem mindig van lehetőség.

Fontos, hogy a zsaluzatot biztonságosan, zsaluzó elemek rongálása nélkül lehessen eltávolítani.

A zsaluzat bontása:

- Segéd szerkezet kilazítása, kismértékű leengedése
- Állékonyság ellenőrzése, majd bontás – a bontási sorrend a szerkezet lehajlási ábrája alapján történjen

Hagyományos falzsaluzás

- Magas falak esetén probléma lehet az osztályozódás → a zsaluzat fokozatos emelése szükséges a betonozás során
- Magas falak esetén a frissbeton nyomására méretezni kell, ekkor a kétoldali zsaluzat egymáshoz kapcsolása lehet szükséges
- A függőleges deszkázat nagyobb mobilitást enged

b) Táblás zsaluzatok:

- Újrahasznosítható fém- vagy műanyag zsaluzóelemmel
- A táblaméretet a mozgathatóság szabja meg (a mozgatáshoz általában 2 ember szükséges)
- A megtámasztások sűrűségét az alakváltozások korlátozása szabja meg
- Impregnáló bevonattal kell kezelni a tapadás elkerülése végett
- Szakszerű kezelés esetén a fémkeretes fa táblák 5-10 alkalommal használhatóak
- A műanyag kötésű farostlemezek tartósabbak
- A fémből (alumínium) készült fatáblák szinte akárhányszor használhatóak, azonban magas a gyártási költségük, és rossz hőszigetelők

c) Zsaluzási rendszerek:

- A mélyépítésben szinte kizárólag ezt használjuk
- Önhordó, nagy táblás zsaluzási rendszerek, nagy lemez illetve tárcsamerevséggel (pl. DOKA, PERI)

d) Különleges zsaluzatok:

- pl. texturált/ felületképző zsaluzatok látszóbeton szerkezetekhez
- Beton és vasbeton zsaluzóelemek – kéregzsaluzatok
 - ~ Szilárdulás után a szerkezet részévé válnak
 - ~ pl. azbesztcement cső – oszlopként zsalukő: kerítések, támfalak

4. Zsaluzatok tervezése:

- Építéshelyi szakember feladata
- A tervezés során a zsaluzatra ható nyomást vesszük figyelembe, a betont folyadékként kezelve:

$p_v = z^* \gamma_{vb}$ ami szilárdulás után is benne marad a zsaluzatban, „belefagy” a szerkezetbe

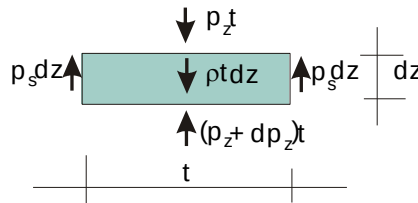
- ~ A beton tényleges viselkedése inkább a szemcsés anyagokéhoz hasonló
- ~ A beton és a zsaluzat közti jelentős súrlódás mérsékli a függőleges és vízszintes nyomásokat
- ~ A beton szilárdulása is befolyásolja a kialakuló nyomást

Ennek megfelelően:

- ~ A beton kohézió nélküli, szemcsés anyag
- ~ φ belső súrlódási szög a területi próba alapján határozhatjuk meg
- ~ A vízszintes nyomás: a Rankine aktív, és a hidrosztatikus feszültségi állapot közé tehető:

$$p_x = k_v p_z = p_z \tan(45^\circ - \varphi/2)$$

A zsaluzatban lévő frissbeton nyomása:



A megoszló súrlódó erő: $p_s = f p_x$ ahol $f = \tan \varphi$

Tekintsük a „t” szélességű zsaluzatban lévő „p” sűrűségű beton egyensúlyi egyenletét:

$$p_z(z)t - p_z(z+dz)t + \rho t dz - 2p_s dz = 0$$

$$\rho t dz - 2fk_v p_z(z)dz - 2dp_z(z)t = 0$$

$$p_z(z) + \frac{t}{2fk_v} \frac{dp_z(z)}{dz} = \frac{\rho t}{2fk_v}$$

A differenciálegyenlet megoldása a $p_z(0) = 0$ peremfeltétel figyelembevételével:

$$p_z(z) = \frac{\rho t}{2fk_v} \left(1 - e^{-\frac{2fk_v z}{t}} \right),$$

Amelyből a zsaluzatra ható nyomás képlete:

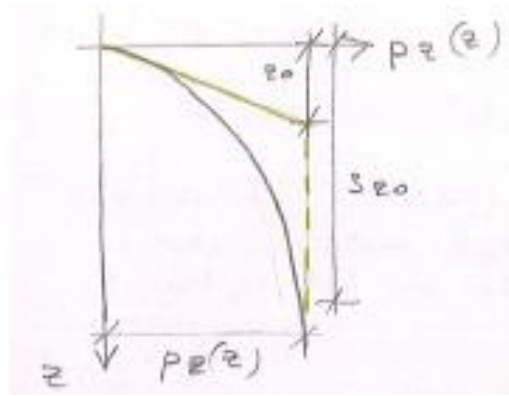
$$p_x(z) = \frac{\rho t}{2f} \left(1 - e^{-\frac{2fk_v z}{t}} \right)$$

Jól látható, hogy p_{z0} maximális értéke:

$$p_{z0} = \frac{\rho t}{2fk_v}$$

mely a falsúrlódást elhanyagolva a határmélységben jelentkezik:

$$z_0 = \frac{t}{2fk_v}$$



~ 3 z₀ mélységben a nyomás már jó közelítéssel eléri a maximumot

~ Lehetőség adódik a zölddel jelzett diagramra méretezni a zsaluzatot, ekkor:

$$p_{x0} = k_v p_{z0} = \frac{\rho t}{2f}$$

~ A számításból is látszik, hogy a súrlódás hatása annál jelentősebb, minél kisebb „t” értéke

~ A hatás még jelentősebb oszlop esetén, ahol minden irányban súrlódó felületek vannak:

D = 2R átmérőjű, kör keresztmetszetű oszlop esetén:

$$p_x(z) = \frac{\rho R}{2f} \left(1 - e^{-\frac{2fk_v z}{R}} \right) \quad \text{és} \quad z_0 = \frac{R}{2fk_v}$$

Bevezetve az $R_{eff} = \frac{2A}{K}$ értéket, ahol „A” a fajlagos felület, a képlet általános keresztmetszetre is érvényes.

Az elmélet hatásai:

- Jól látszik, hogy a súrlódási tényező csökkenésével jelentősen nő az oldalnyomás
- A túlzott vibrálás a szemcséket lebegő állapotba hozza, ekkor $\varphi = 0$, a súrlódás megszűnik, és a nyomás a többszörösére ugrik fel.
- Érdeemes 20-30 cm-es rétegekben betonozni, és kivárni a szilárduló beton nyomáscsökkentő hatását
- A z_{eff} értéknél magasabb szerkezet esetén is csak erre a magasságra kell méretezni (ennek oka a korai betonszilárdulás)
- Nagyon sok esetben a zsaluzat alakváltozását kell korlátozni, ezért nem a zsaluzat igénybevételei a döntőek, ekkor általában túlméretezést alkalmazunk.

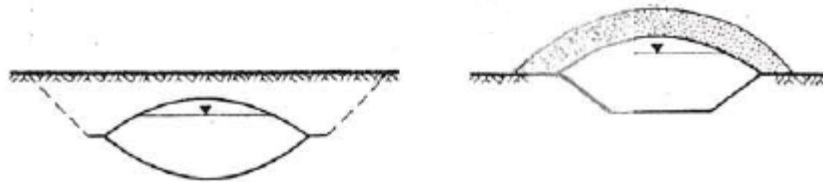
Medencék

1. A tartály alakjának megválasztása:

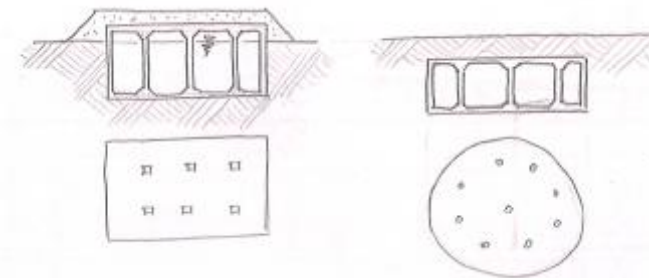
- Technológiai
- Gazdaságossági
- Statikai
- Kivitelezési
- Esztétikai szempontok

Ennek megfelelően:

- Gázok tárolása esetén a legkisebb fajlagos felületre törekedünk: gömb; általában acél tartályok
- Folyadékok tárolása esetén ideálisak a csepp, illetve lencse alakú tartályok



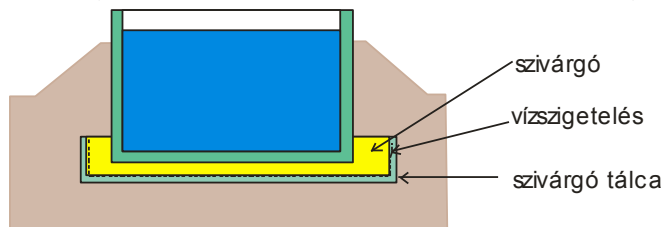
- Téglalap vagy körszimmetrikus alaprajzi gombafödémes tárolók:



~ Jól követhető erőjáték
~ Az átszűrődés veszélye alul-felül fennáll!

2. Medencék alapozása:

- Kedvező alapozási viszonyok és teherbíró altalaj esetén elegendő 25-30 cm homokos kavics + 5-6 cm szerelőbeton
- Kevésbé kedvező esetben: 1 m-es talajcsere, átázásra érzékeny talajok esetén szivárgótálca szükséges a medence alá (homokos kaviccsal töltött második medence)



- Kedvezőtlen esetben: gerendaráccsal összefogott kút- vagy cölöprendszer

3. A szigetelés kérdései:

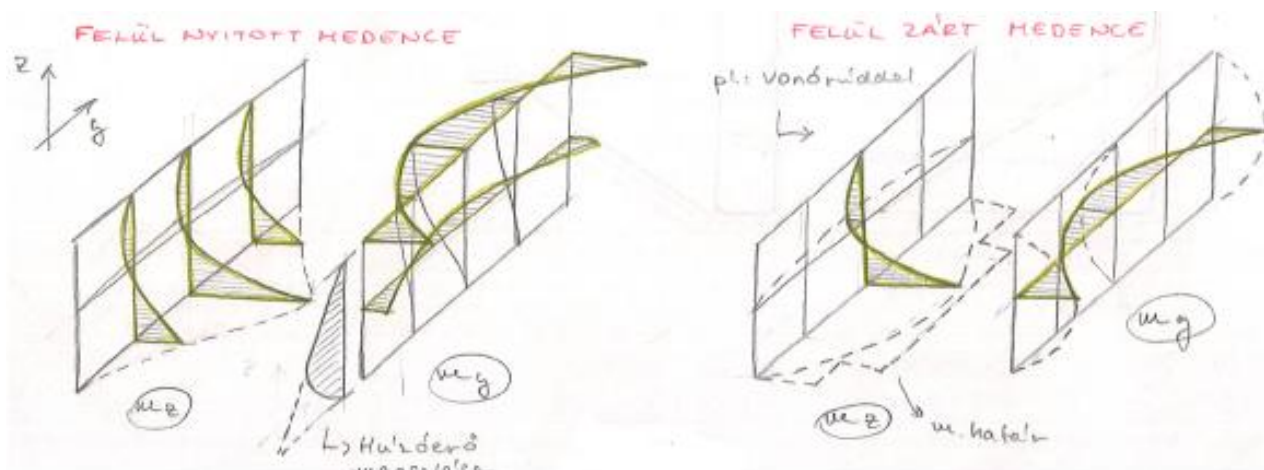
- Hőszigetelés: ha a medence a fagyhatár alatt van, nem a víz fagyása miatt, hanem a betonba beszivárgó kapilláris víz fagyása miatt szükséges
- Vízszigetelés:
 - ~ külső oldalon: agresszív talajvíz esetén a beton védelmére szükséges, emellett, hogy a talajvíz az ivóvízhez ne tudjon beszivárogni; a belső vízszlop nyomának ellen kell álljon
 - ~ belső oldalon: régebben többretegű vízzáró vakolatot alkalmaztak, manapság teljes tömegében vízzáró beton, esetleg műanyag mázak terjedtek el

4. Négyszög alaprajzú medencék:

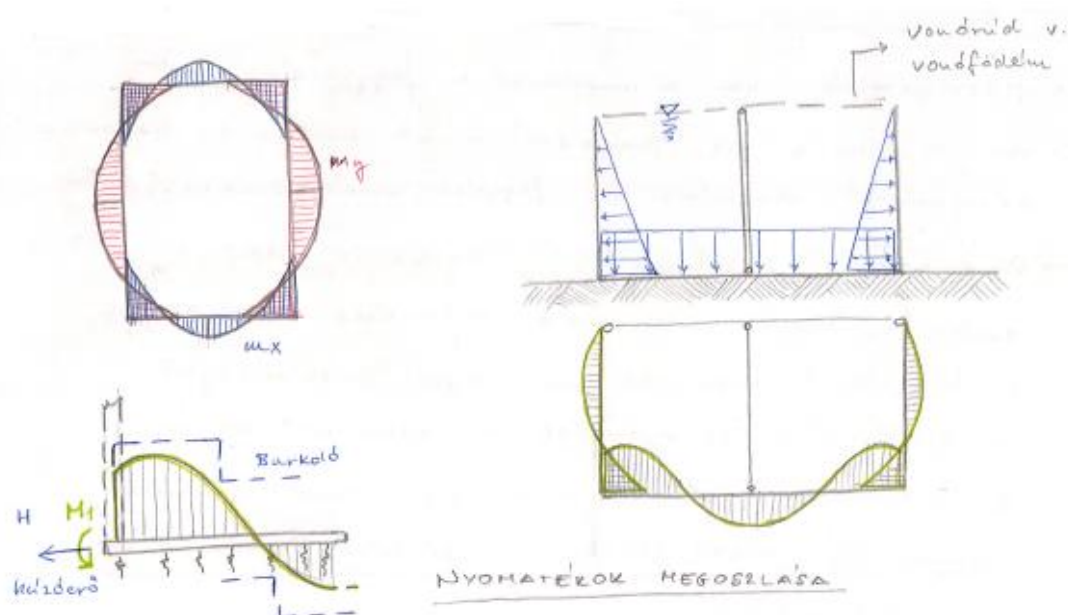
- Jobb területkihasználás
- Egyszerűbb szaluzás és vasszerelés
- Egyszerűbb számítás
- Előregyárthatóság

a) Erőtani számítás:

- A fenéklemest a rugalmasan ágyazott lemezek számítási módszereivel, kézi számítással is ellenőrizni lehet
- Az oldalfalakat alkotó lemezek oldalarányai általában megengedik az egyirányban teherviselő feltételezést

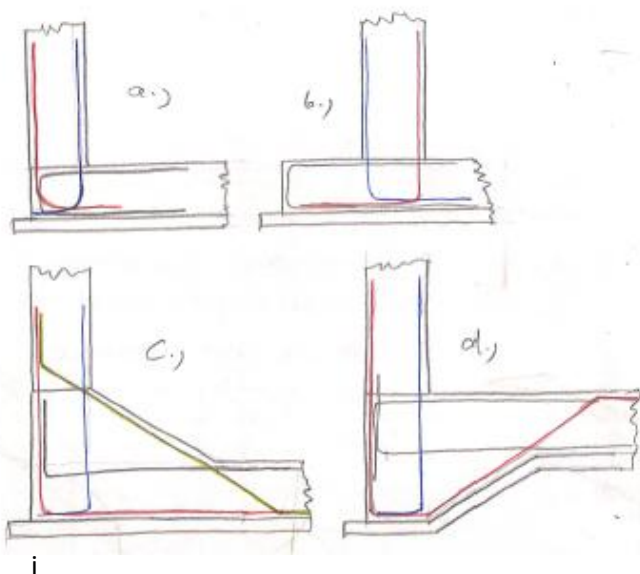


Alaprajzi értelemben a nyomatékok:



b) Vasalási részletek:

Monolit építési technológia (előregyártott is) esetén fontos és kritikus az alaplemez és a fal kapcsolata:



a) Legegyszerűbb megoldás, de nincs elég hely a "kék" tüskének

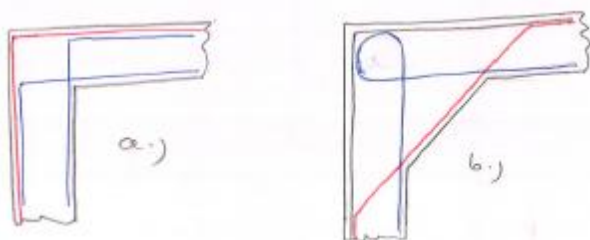
b) Csökkenti a vasak zsúfoltságát

c) A kiékelés erőtani szempontból felesleges, de előnyös a munkahézag kiemelése, azonban felső zsaluzat szükséges

d) Nem szükséges felső zsaluzat, és az alsó is lehet a szerelőbeton

~ Fenéklemezt célszerű túlnyújtással megépíteni, mivel a fal zsaluzása és állványozása így könnyebben elkészíthető. Emellett a túlnyújtott alaplemez javítja a felúszás elleni biztonságot és nagyobb teret biztosít a vasalásnak.

A falak függőleges kapcsolata:

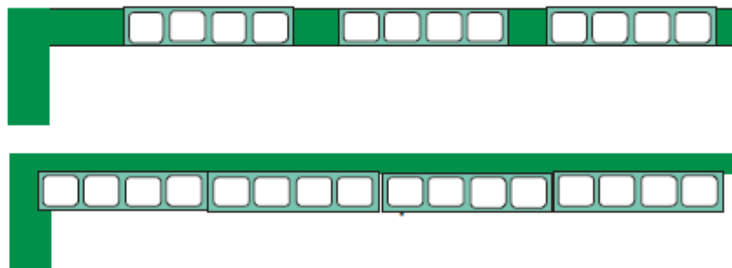


Az élek mentén befogási nyomaték lép fel, melynek előjele különböző állapotokban (pl. üres, töltött) pozitív és negatív is lehet.

Főleg az a) változat a járatos

5. Előregyártott medencék:

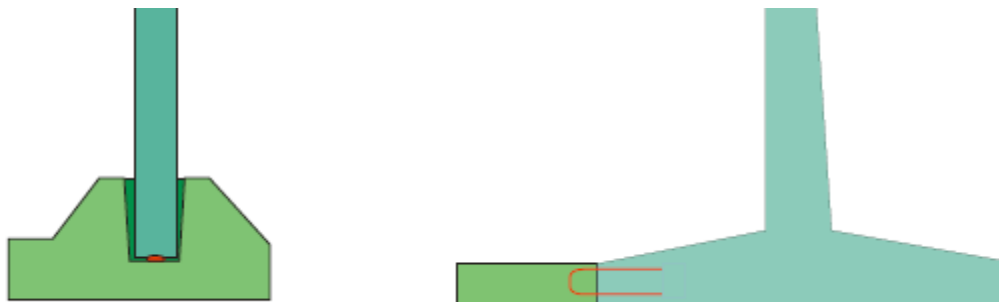
- Az előregyártás a zárt medencék zárófödémeinek építése esetén a legjelentősebb.
 - ~ Kisebb faltól-falig érő 6-7 m-es panelek
 - ~ Oszlopokkal alátámasztott, gerendákra terhelő elemek
- Födémelemekre jelentős tárcsaigénybevételek adódnak, amelyek faltól falig tartó vonórudakkal vagy vonórúd-sávokkal, illetve vonófödémekkel vehetők fel



- Üreges feszített panelek problémája, hogy bennük a víz kondenzálódik, és korróziót okoz

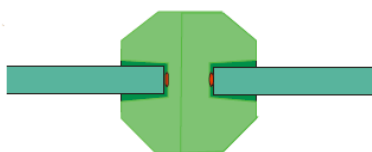
Falak előregyártása:

- A falak előregyártása elsősorban az alacsony, nyitott medencéknél előnyös, mivel a fal tövéénél keletkező befogási nyomatékok felvétele problémás.
- A fenék és a fal csatlakozására két lehetőség adódik:

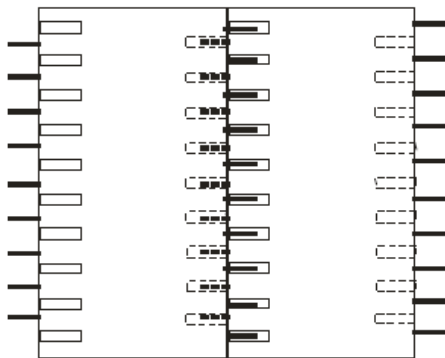


- a) Fogadó hornyos kialakítás
 - ~ a kibetonozott horny nem elég a nyomaték bíráshoz
 - ~ felső élén megtámasztott esetben elégséges
 - ~ $H < 1\text{m}$ esetben ajánlott
- b) Befogási nyomaték felvételére alkalmasabb kapcsolat
 - ~ fordított „T” alak injektált gumiömlővel való kapcsolása
 - ~ 2-3 m magas falak esetében

Fal-fal csatlakozások



- Közbenső előregyártott oszlopokkal
- Nem előnyös, mivel a teherviselést ott is kétirányúvá teszi, ahol egyirányú lenne
- Nem nyomatékbíró kapcsolat

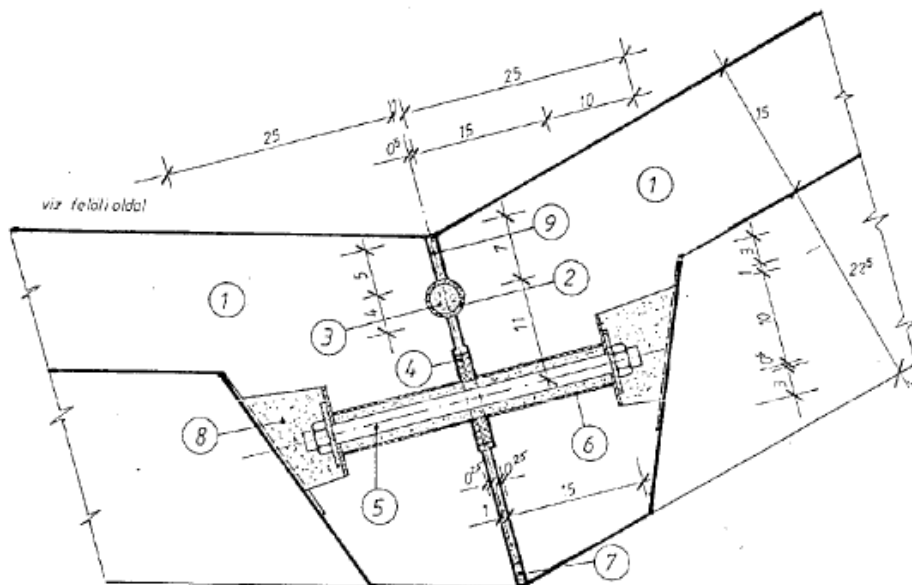


- műanyag betonos zippzár kapcsolat, acéltüskékkel

5. Medencék feszítése:

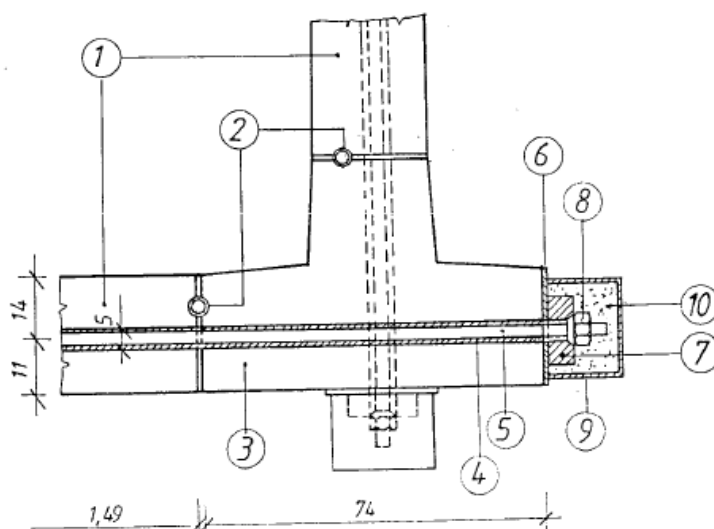
- Feszíteni szokás az alaplemezt és a födémét, valamint a falat is, ez utóbbit gyűrűirányban és meridián irányban (rövidutas feszítéssel)
- Feszítés veszélyei: A Klór acélkorróziót okoz, kötőgyorsító (kalcidur) alkalmazása TILOS

Falelemek összefeszítése:



- ① Előregyártott oldalfalelem
- ② Gumitömítő
- ③ Injektált cementpép
- ④ Távolagtartó kemény gumi
- ⑤ Szorítócsavar anyával
- ⑥ Acélső a csavar részére
- ⑦ Hézaglezáró habarcs
- ⑧ Cementpép injekálás
- ⑨ Cementhabarcs kiöntés

Fal és alaplemez összefeszítése:



- ① Oldalfalelemek ⑩
- ② Gumitömítő U-TROP
- ③ Sarokelem ⑤
- ④ Injektáló habarcs
- ⑤ Feszítőrúd $\varnothing 26,5 \text{ mm}$
- ⑥ Acéllemez alátét
- ⑦ Feszítőtárcsa
- ⑧ Feszítőanya
- ⑨ Acél védősapka
- ⑩ Injektáló habarcs

6. Teljes előregyártás:

Általában pörgetett technológiával készülő (pl.: ROCLA) elemek, monolit kapcsolatokkal.

7. Körmedencék:

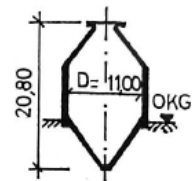
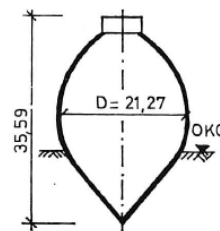
- Egyértelmű előny a membrán és héj jellegű teherviselés, ami vékonyabb szerkezeteket eredményez.
- Terhek és igénybevételek a körszimmetria miatt könnyen meghatározhatóak pl.: Kazánképlettel
- Bővebben a héjelméletben (Forgáshéjak membránelmélete témakör)

8. Iszaprohasztó műtárgyak:

- Iszaprohasztás: anaerob biokémiai folyamat, melynek során a szerves anyag gázképződés (kb.: 65% metán) elbomlik.
- Iszaprohasztó műtárgyakban az iszap 50-60 °C-ra előmelegítve kerül, a teljes bomlás így 2-3 hétig tart
- Ideális a gömbalak volna, de a kétszeresen görbült felület zsáuzása nehézkes

- Magyarországon a két csonkakúp+ közbenső hengerfelület a jellemző

- Ez az alak a tojás-alakot próbálja közelíteni.



Mélygarázsok

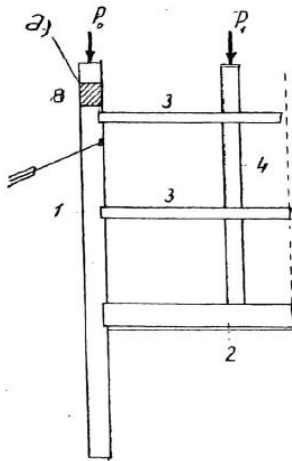
1. Általános ismertetés:

- Általában más rendeltetésű épület alá készül, annak alapozási rendszerével egybeépítve.
- Épület és mélygarázs különböző oszloprendszert igényel: ez megoldandó probléma
- Követelmények a parkolóházéval megegyezők, de szellőzési, tűzvédelmi, megvilágítási szempontokból sokkal szigorúbbak.
- Mivel mélyen vannak, talajvíz elleni megfelelő szigetelésük nagy fontosságú feladat
- Szomszédos épületek alapozási rendszerével való kölcsönhatással számolni kell

2. Szigetelési rendszerek:

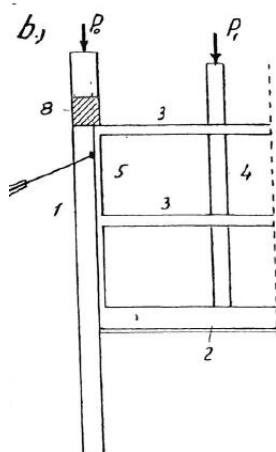
2.1. Szigetelés nélküli rendszerek:

a) Egyrétegű rendszer: résfalas körülhatárolás:



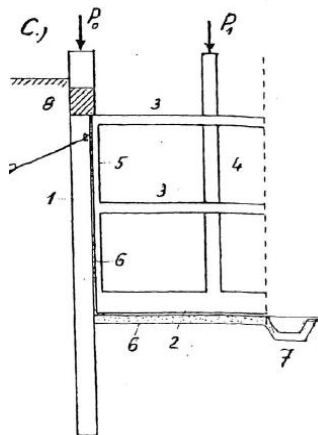
- Alaplemez és a közbenső födémek a résfalba vannak bekötve, a horony így a húzott oldalra kerül, ami nem előnyös
- Résfal gátolja a lemezek alakváltozásait, zsugorodásait, így repedések jelenhetnek meg
- Résfal belső felületét kezelni kell, nem feltétlenül esztétikus
- Hornyolt bekötés bizonytalan erőjátékú (csukló? befogás?)
- Vasalás átvezetése (kialakítása) problémás
- Résfal keresztmetszete a horony miatt csökken
- Vízzárosági problémák jelentkezhetnek az alaplemeznél
- Előnyei: olcsóbb a kétrétegű rendszerénél, a résfal hibái pedig utólag is könnyedén javíthatóak

b) Kétrétegű, bélésfalas rendszer:



- Résfalak nincsenek gyengítve, ami előnyös
- Zsugorodás nincs gátolva
- Alaplemez és bélésfal vízzáró kapcsolata megbízhatóan kialakítható
- Megbízható erőjáték, pontosabb számítás
- Esztétikusabb megjelenés
- Bélésfal min. 15 cm vastag legyen
- Bélésfalat esetenként víznyomásra is ellenőrizni kell

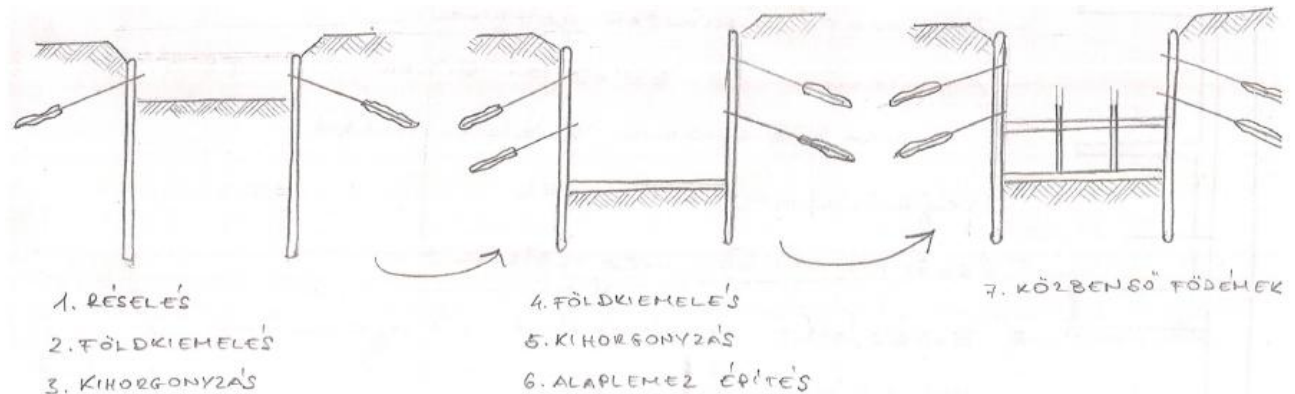
c) Kétrétegű, bélésfalas, szivárgórendszerrel ellátott, mélyalapozással gyámoltott alaplemezes módszer:



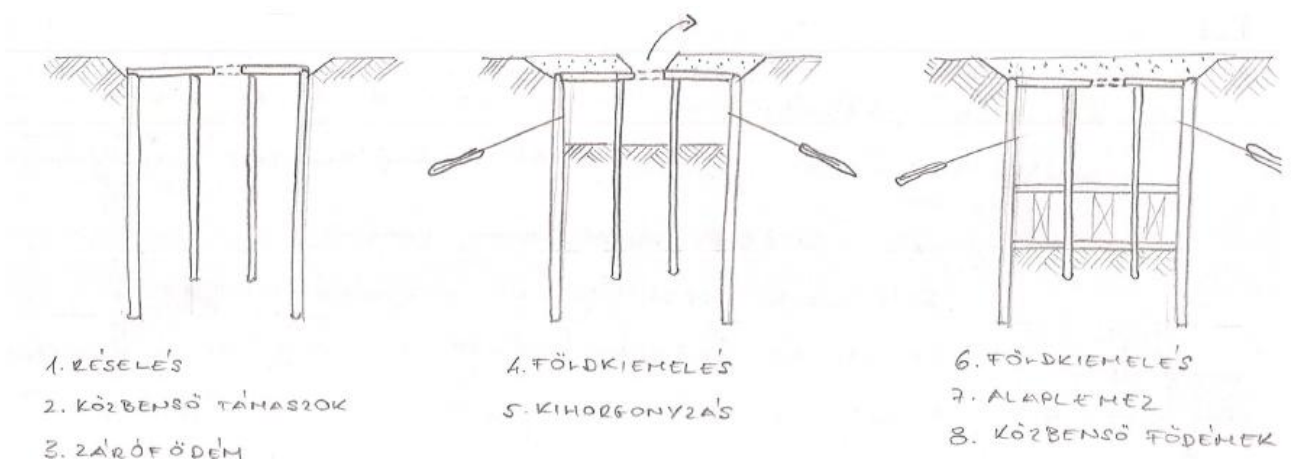
- Ún. VÍZÉP (vagy DÖRKEN) rendszer
- Résfalak levezetése a vízzáró rétegbe
- Résfal és bélésfal között szivárgólemez (DÖRKEN)
- Alaplemez alatt összegyűlő vizet rendszeres szivattyúzással kell eltávolítani
- Ennek köszönhetően viszont az alaplemezre víznyomás nem hat, a szerkezetet felúszásra nem kell méretezni
- Alaplemez repedéskorlátozási követelményei kedvezőbbek
- Mélyalappal gyámoltott alaplemez süllyedéskülönbségei kicsik
- Előnyös, ha a szerkezet oszlopainak terhelése eltérő
- Drága módszer

3. Építési módszerek:

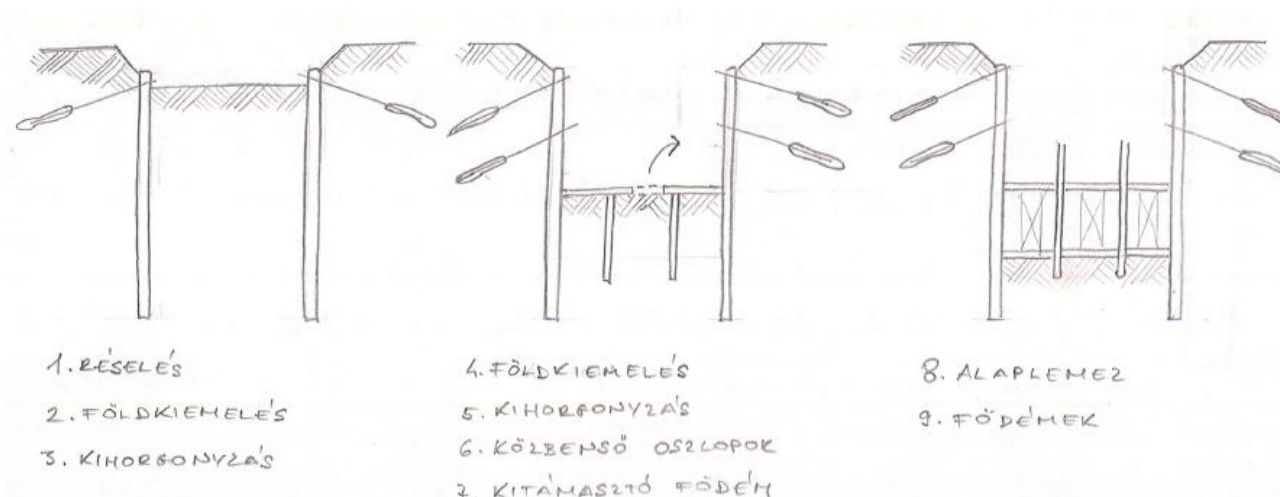
3.1. nyitott munkagödör:



3.2. Zárt munkagödör: Milánói módszer:



3.3. Kitámasztó födém:



4. Födémek követelményei:

- A víz képes bejutni a szerkezetbe pl.: szivárgás, vagy az autók kerekei által, ennek a víznek a hatásait kezelni kell:
 - összegyűjtés
 - eltávolítás (pl.: takarítógépekkel)
 - vízzárósági fokozatok betartása
- Előírt lejtés: csak padlóösszefolyó esetén 1-2%
- Födémek megengedett lehajlása: max. 1/200 (ill. 1/250), különben a víz összegyűlik
- Védekezés az összegyűlő víz ellen:
 - födém túlemelése
 - lejtést adó réteg (lejt beton) alkalmazása
 - lejtésben való építés (mindegyik megoldás problémás)

5. Építmény vízzárósága:

- Vízáró beton használata
 - önmagában nem elégséges megoldás (lásd: Vízáró beton témakör)
- építéskivitelezési megfontolások és intézkedések
 - betonozási egységek megfontolt tervezése
 - munkahézagok gondos kialakítása
 - szerelvények, áttörések tervezése
 - utókezelés
- megfelelő szerkezeti kialakítás
 - szigetelések, csomópontok gondos kialakítása
 - alakváltozások figyelembe vétele

Parkolóházak

A motorizáció fejlődésének hatására több gépjármű került az utakra, így nagyobb parkolási igény lépett fel hosszabb/ rövidebb időre.

A parkolóhelyek, rámpák és külső várakozó terek méreteit szabványok kötik meg.

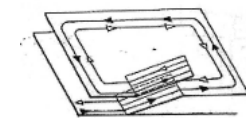
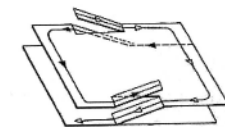
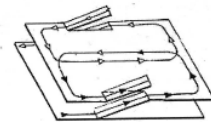
Általánosságban: parkolóházak általában előregyártott, rövidfőtartós, feszített vázszerkezettel készülnek, a lehető legkevesebb belső oszloppal.

1. Követelmények:

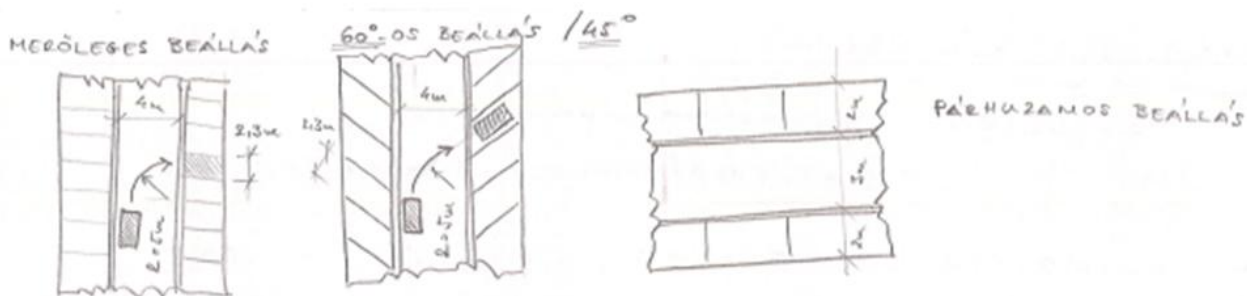
- Könnyű és egyértelmű be- és kijutás
- Jól működő belső közlekedési rendszer
- Szellőzés
- Tűzvédelem, tűzszakaszok
- Menekülési útvonalak
- Külső/ belső esztétika

2. Szerkezeti kialakítás:

- Alapvetően parkolórámpás vagy parkolófödémes kialakítás
- A parkolófödémek közt az átjárást rámpák biztosítják. Ezek elhelyezése egymáshoz és a szerkezethez képest rendkívül változatos lehet – a teljes forgalmi rendszert ez határozza meg.
- Ez alapján lehet:
 - ~ Egyirányú rámpás: minden rámpa egy irányba dől
 - ~ Ellentétes irányú (különválasztott)
 - ~ Egyesített rámpás
 - ~ Különválasztott rámpás
 - ~ Elhelyezés szerint: külső/ belső rámpás
 - ~ Emelkedés szerint: Teljes/ félszint emelkedése
 - ~ Különleges esetben: íves parkolószint (3 szint felett gazdaságos)
 - ~ A rámpa lehet egyenes és csigavonal vezetésű



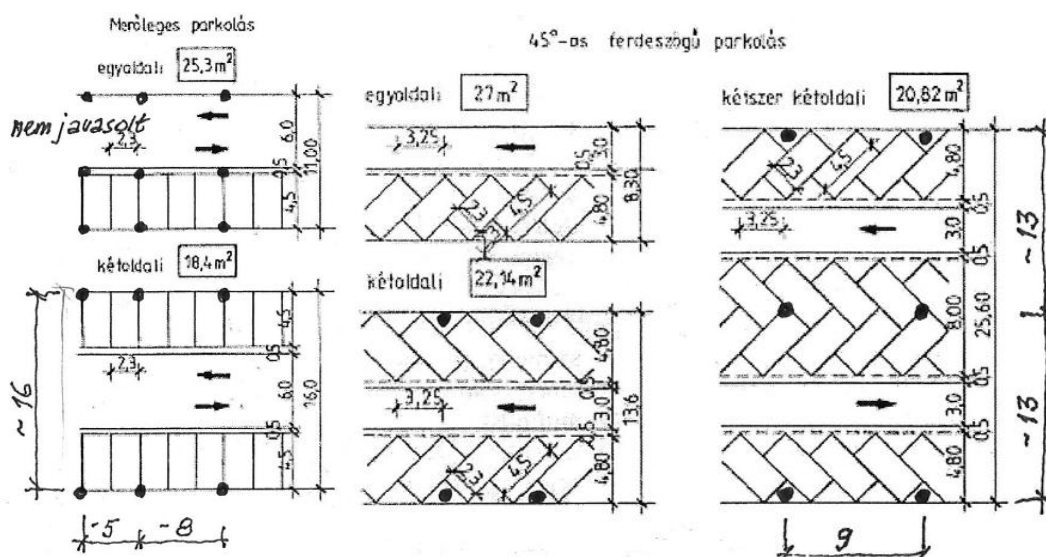
~ Parkolási szög szerint:



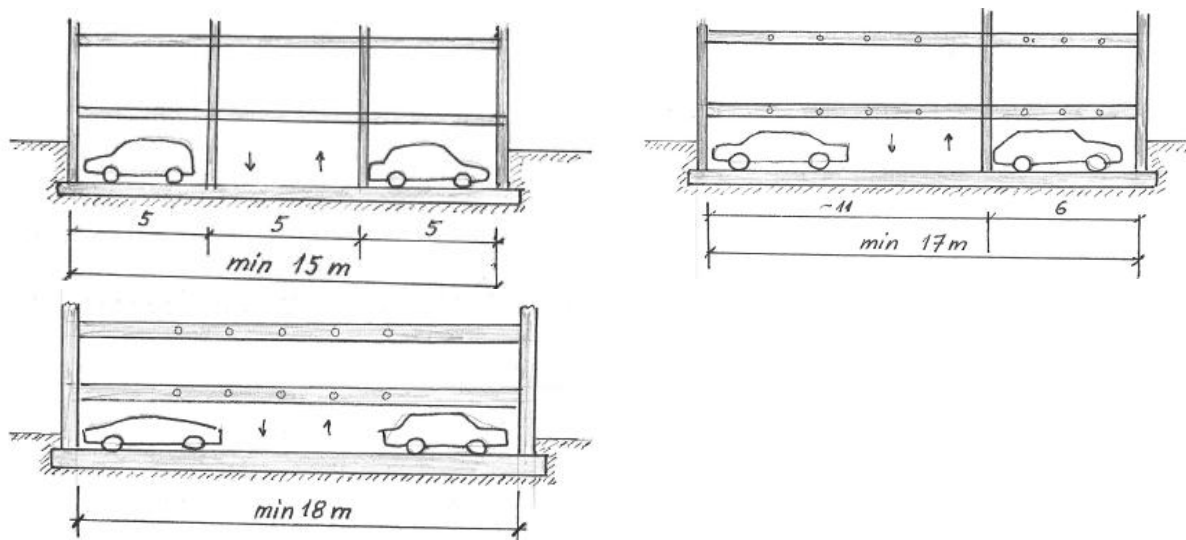
- Az útpálya szélessége egyenes, egyirányú forgalmi rámpa esetén minimum 3 m, kétirányú esetben 6 m
- Elválasztott irányok esetén 0,5 m-es kerékvető elválasztó szükséges
- A kanyarodási sugár min. 5 m rámpánál – külső ív esetén 6 m
-

3. A kialakítás általános szempontjai:

Az oszlopok a parkolást és a kilátást ne akadályozzák:



Az oszlopok elrendezése, a főtartók fesztávolságai:



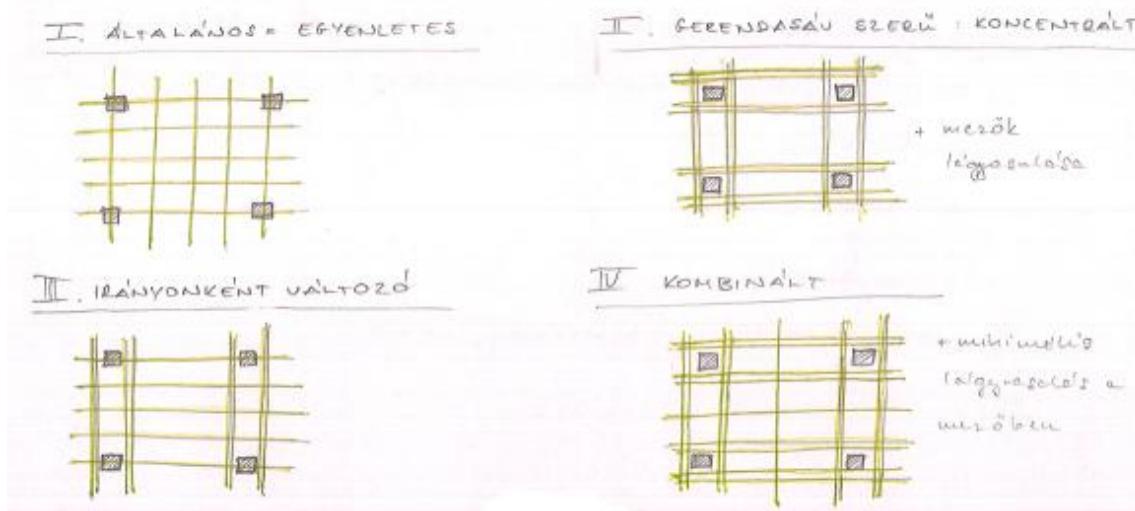
Feszített födémek

1. Általános bemutatás:

- Osztályozás
 - ~ Előfeszített (pl. előregyártott pallók)
 - ~ Utófeszített (monolit síklemez födém): tapadóbetétes vagy csúszóbetétes
- Előnyei
 - ~ Lemezvastagság csökkenthető
 - ~ Födém fesztávolságai növelhetők
 - ~ Alakváltozások/ lehajlások csökkenthetők
 - ~ Repedések korlátozhatóak, kiküszöbölhetőek
 - ~ Fáradással szembeni ellenállás növelhető
- Hátrányai
 - ~ Magasabb költségek
 - ~ Bonyolultabb számítás és kivitelezés
 - ~ Szakképzett munkaerő
 - ~ Korrózióérzékenység

2. Kábelelrendezés:

A feszítőkábelek födémekben való elosztása szerint 4 osztály különböztethető meg.



I. Általános, egyenletes elosztás

Előnyei:

- Kisebb átmérőjű, általában egyedi pászmák alkalmazása, így nagyobb a lemez hasznos magassága
- Az egyenletesen megoszló külső terhek jól egyensúlyozhatóak

Hátrányai:

- A támaszvonalon kialakuló nyomatékok nem, vagy csak részben vehetők figyelembe
- Lemezáttörések nehezen kezelhetők
- A kábelek egymásra terhelnek, a teljes terhet fel kell venni mindkét irányú betétekkel

II. Gerendasáv-szerű, koncentrált

Előnyei:

- A feszítőkábelek közvetlenül az oszlopokra terhelnek, így kevesebbet kell belőlük alkalmazni
- A földemáttöréseket egyszerűbb kialakítani

Hátrányai:

- A kábelek csak egy megfelelő szélességű sávban helyezhetők el
- A kábeleket a támaszvonalba nem szabad megtörni, megfelelő lekerekítést kell alkalmazni

Külső terhek közvetlenül nem egyensúlyozhatók, elérhető viszont, hogy a lemez egy adott pontjában (pl. mezőközép) a nyomaték 0 legyen.

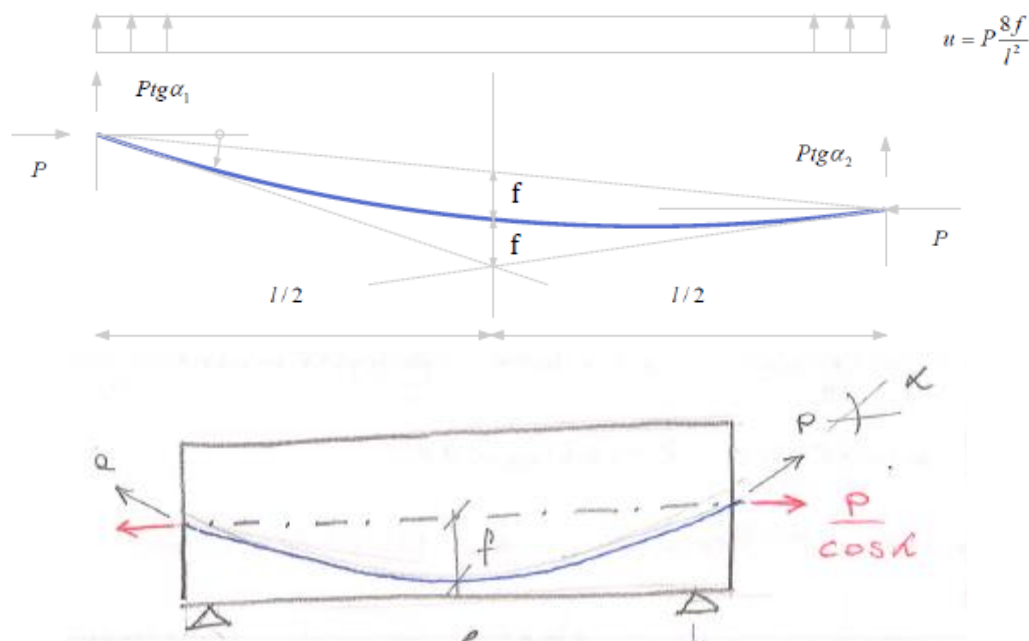
III. Kombinált megoldások

Egyenletes kábeleloszlást feltételezve, a kábelmennyiség felét szétosztva, másik felét besűrítve

3. A számítás módszerei: külső egyenértékű teher:

A feszítőkábelek hatását a szerkezetre működő egyenértékű erőrendszerrel, a lehorgonyzási pontokon alkalmazott és a kábel iránytöréseiből származó megoszló vagy koncentrált erőrendszerrel helyettesítjük.

A kábel egyensúlyának részletes levezetését mellőzve, egyszerűsítő feltételekkel élve, a következő helyettesítő erőrendszerrel számolhatunk:



Egyenletesen megoszló erőrendszer egyensúlyozásához másodfokú parabola kábelvezetés ajánlott. A parabolikus vezetés eredménye: „u” egyenértékű teher, mely teljes kiegyensúlyozás esetén a megoszló teherrel egyenértékű.

4. Csúszókábeles feszítés:

Csúszókábeles feszítés esetén a beton és a betét közt nincs tapadás, így nincs teherátadás sem. A teherátadás a lehorgonyzásoknál és igénybevételeknél történik koncentráltan.

Előnyei:

- Nagyobb feszítőerő külpontosság
- Gyárilag korrózióvédett
- Kis súrlódási veszteség

Hátrányai:

- Törési állapotban a feszítőbetét feszültsége jóval a folyási határ alatt van
- Szakadás esetén teljes kicsúszás
- Koncentrált megnyúlás nem tud létrejönni

5. Alakváltozások:

- A feszítés az alakváltozásokat kedvezően befolyásolja
- Elérhető a repedésmentesség
- Alakváltozások a kúszás után:
 - ~ „g” állandó teherre ~6-szoros
 - ~ „q” hasznos teherre ~2-szeres

Síklemez födémek

1. Általános jellemzés:

Előnyei:

- Egyszerű, gyors zsáluzás és vasszerelés
- Jobb térkihasználás
- Kisebb alaprajzi kötöttségek

Hátrányai

- Bonyolultabb erőjáték
- Az igénybevételek pontos meghatározása nehézkes
- A közelítő módszerek gyakran túlméretezéshez vezetnek
- Lemez és az oszlop kialakítása bizonytalan

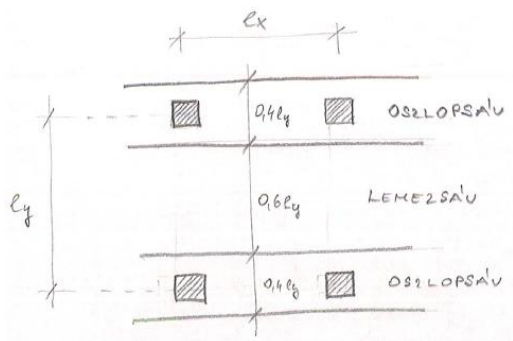
2. Igénybevételek meghatározása:

Az igénybevételek meghatározása kézi számítással általában *közelítő eljárással* történik.

A közelítő eljárás jól alkalmazható, ha a merőleges irányokban a támaszközök aránya 0,8 és 1,25 között van.

Helyettesítő gerenda módszere:

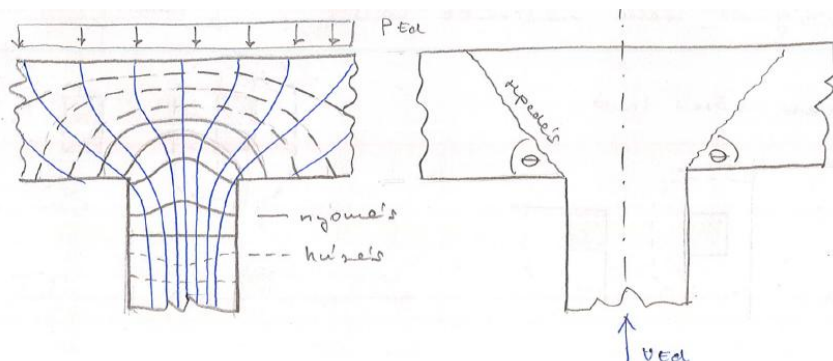
A lemezt mindkét irányban gerendasávokra és fel. Attól függően, hogy a z adott sáv meg van-e támasztva, megkülönböztetünk az oszlopok (megtámasztások) vonalában haladó oszlopsávokat, és a köztük haladó alátámasztás nélküli lemezsávokat.



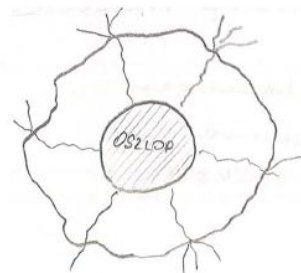
Ezek után a teljes megoszló teherből számítható nyomatékokat el kell osztani a különböző sávok között.

- Negatív nyomatékok:
 - ↗ 75% oszlopsáv
 - ↘ 25% lemezsáv
- Pozitív nyomatékok:
 - ↗ 55% oszlopsáv
 - ↘ 45% lemezsáv

3. Átszúródás vizsgálata:

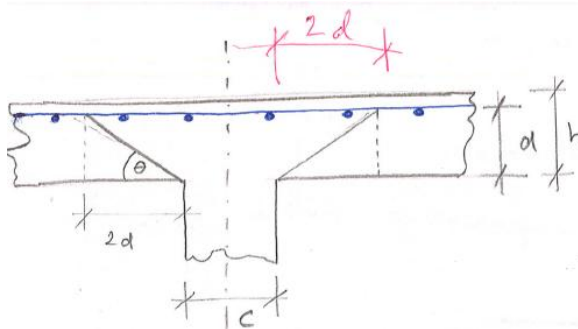


Átszúródási kép, átszúródási kerület: „u”



Kiszakadni kívánó gúla vagy kúp hajlásszöge:

- vasalatlan betonlemez esetében: $\Theta = 45^\circ$
- vasbeton lemez esetében: $\Theta = 35^\circ - 45^\circ$



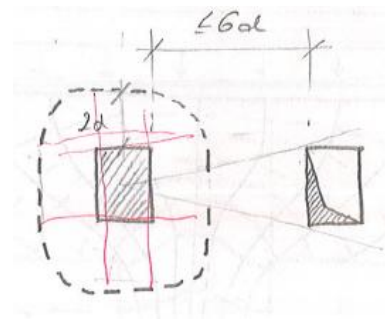
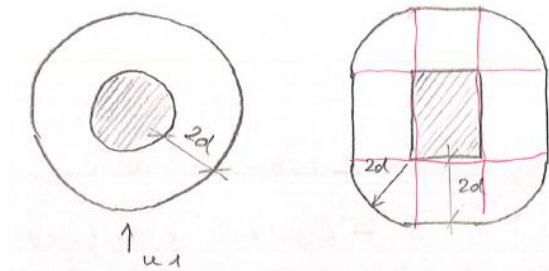
A modellből is látszik, hogy:

$$\Theta = \operatorname{atg} \left(\frac{d}{2d} \right) \approx 26.6^\circ$$

Átszúródás modellje az EC2 alapján

- A lemez átszúródását az oszlop kerülete és az ún. kritikus átszúródási kerület mentén kell ellenőrizni
- Amennyiben szükség van átszúródási vasalásra – mivel a beton önmagában nem képvisel elég teherbírást – meg kell határozni a külső „ u_{out} ” kerületet, amin kívül ár nincs szükség átszúródási vasalásra.
- „ u_1 ” kritikus átszúródási kerület mindenképpen ellenőrzendő: oszlopról mindenhol „ d ” távolságra
- Az átszúródás vizsgálata a Vasbetonszerkezetek II. anyaga, így tovább nem részletezem.
-

Kritikus átszúródási kerületek:



Nyílásáttörés hatása:

Ha az áttörés az oszlophoz $6d$ távolságnál nem messzebb van:

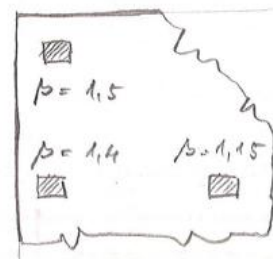
4. Számítási módszer: (röviden)

Fajlagos nyíróerő tervezési értéke a külpontos oszlopreakció esetén: $V_{Ed} = \beta * \frac{V_{Ed}}{u_i * d}$

Ahol β : a külpontosság hatása miatti növelő tényező

β tényező számítható az átszúródási vonal paramétereiből, illetve meghatározható a közelítő módszer alapján:

A teherbírás számítása a vasbeton gerenda nyírási teherbírásának számításával csaknem analóg módon történik. A számítás részletesése a Vasbetonszerkezetek II. tárgyban megtörtént.



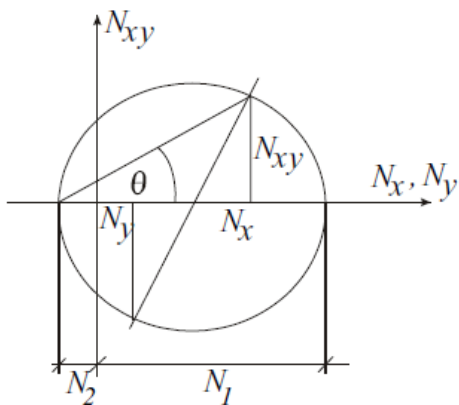
5. Vasalási módszerek:

- Lemezt kétoldali hálós vasalással kell ellátni, az oszlop és lemezsávokban meghatározott nyomatékok felvételére
- Átszúródás ellen számos vasalási típus ismert:
 - ~ Sugárirányú tuskesoros: nyírócsapos
 - ~ Felhajtott vasak (bajuszvas)
 - ~ Merev acél váz (profilelemekből)
 - ~ Normál kengyelezés
 - ~ Spirálkengyelek
 - ~ Sámlivasak

Hálós vasalás hatékonysága

A vasalást adott, egymásra merőleges x és y irányú hálóban helyezük el.

Legyenek a tárcsa metszeterői az x y koordinátarendszerben N_x , N_y és N_{xy}

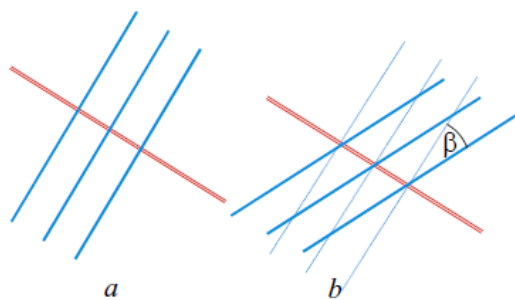


Tételezzük fel a továbbiakban, hogy $N_1 > 0$, $N_2 < 0$, azaz az egyik főfeszültségi metszeterő húzás, a másik pedig nyomás.

Cél: az x és y irányban futó acélbetétek olyan elrendezését - átmérőjét és vastávolságait - adjuk meg, amely lehetővé teszi, hogy a kialakult repedések ellenére az anyagi folytonosságot a repedést keresztező acélbetétek segítségével fenntartsuk.

Legyen tehát a vasalásunk olyan, amelynek iránya - szerelési okok, ill. egyéb megfontolások miatt - eltér a leghatékonyabb

vasalásiránytól, amely az ábrán piros vonallal ábrázolt repedésre merőleges (a ábra).



β : a leghatékonyabb iránytól való eltérés (b ábra).

Az egymástól b távolságban futó betétek akkor keresztezik a repedést a legsűrűbben, ha az éppen merőlegesen fut a betétek irányára. Ekkor a vasalásban figyelembe vehető legnagyobb fajlagos húzóerő

$$H_{eff} = H_0 = A_s f_{ys} / b$$

A merőlegestől szöggel eltérő irányban futó vasalás esetén viszont a keresztező betétek távolsága a repedés vonalában mérve $b/\cos$ -ra nő, azaz

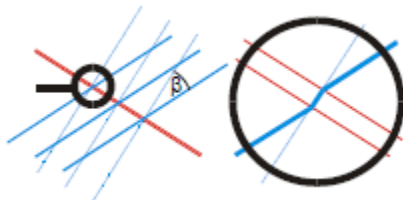
$$H_{eff} = \psi H_0 = A_s f_{ys} \cos \beta / b$$

A képlet szerint a ferdeséggel futó vasalás hatékonysági tényezője:

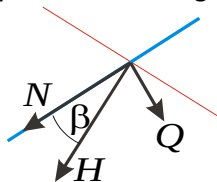
$$\psi = \cos \beta$$

Ezt a feltételezést vékony acélbetétek és nagy repedéstágasság esetén a kísérletek többé-kevésbé alá is támasztják, mert a repedés megnyílásakor az elváló felületek általában a repedés irányára merőlegesen távolodnak el egymástól, de a gyakorlatban alkalmazott átmérők és elfogadható repedéstágasság esetén ez a beállítás nemigen alakul ki. Ez azt jelenti, hogy a húzási főiránnyal szöget bezáró A_s keresztmetszeti területű acélbetét

"hatékony keresztmetszete" kisebb mint A_s , a keresztvevő vasalás hatékonysági tényezője kisebb mint $\cos\beta$



A hatékonysági tényezőnek a beállítás elmaradása miatti csökkenését közelítőleg úgy vehetjük figyelembe, hogy az acélkeresztmetszetben az egytengelyű húzófeszültség mellett nyírófeszültséget is feltételezünk:



Jelölje a húzási főiránnyal β szöget bezáró acélbetétekben a főhúzás irányában figyelembe vehető húzóerőt az imént bevezetett jelölésnek megfelelően $(b/\cos\beta)H_{eff}$. Így egyszerű vektorfelbontással:

$$N = (b/\cos\beta)H_{eff} \cos\beta,$$

$$Q = (b/\cos\beta)H_{eff} \sin\beta.$$

A keresztmetszetben egyenletes normál- és nyírófeszültségeloszlást feltételezve

$$\sigma = (b/\cos\beta)H_{eff} \cos\beta / A_s,$$

$$\tau = (b/\cos\beta)H_{eff} \sin\beta / A_s.$$

Ezeket a feszültségeket (f_{sy} - nál az acél folyáshatárának a számítási értékét jelölve,) az egytengelyű húzás és nyírás esetére vonatkozó

$$(\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} = f_{sy}$$

Huber-Mises-Hencky folyási feltételbe behelyettesítve, rendezés után azt kapjuk, hogy

$$H_{eff} = A_s f_{sy} \cos\beta / b(\cos^2\beta + 3\sin^2\beta)^{1/2}.$$

azaz vasalás figyelembe vehető fajlagos húzóereje a főirányban

$$H_{eff} = H_0 [\cos\beta / (\cos^2\beta + 3\sin^2\beta)^{1/2}],$$

A leghatékonyabb iránytól való eltérés figyelembevételére szolgáló ψ hatékonysági tényezőt $\cos\beta$ helyett

$$\psi = \cos\beta / (\cos^2\beta + 3\sin^2\beta)^{1/2}$$

értékűre kell felvenni.

A húzási főiránytól való eltérés hatásának egyszerűbb figyelembevételére gyakran használják a $\psi = \cos\beta / (\cos^2\beta + 3\sin^2\beta)^{1/2}$ hatékonysági tényező helyett a

$$\psi = \cos^2\beta$$

tényezőt. Ennek "elméleti" háttere csupán annyi, hogy 0, 45° és 90° esetén ugyanazt az értéket adja, mint az előző kifejezés, viszont sokkal egyszerűbb vele számolni.

Körszimmetrikus teherrel, ill. koncentrált erővel terhelt körlemez

A parciális differenciálegyenlet:

$$K \left(\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \right)^2 w(r) + C w(r) = p(r)$$

Ennek az inhomogén differenciálegyenletnek az általános megoldása is

$$w_{\text{ált}} = w_{\text{inh}} + w_{\text{hom}}$$

Az inhomogén partikuláris megoldás: leggyakrabban merevtest-szerű elmozdulás.

$$w_{\text{inh}} = \frac{p}{C}$$

Forgásszimmetrikus lemezfeladatoknál a teljes 4 tagú homogén megoldás:

$$w_{\text{hom}} = C_1 \text{ber}(x) + C_2 \text{bei}(x) + C_3 \text{kei}(x) + C_4 \text{ker}(x)$$

ahol $\text{ber}(x)$ és $\text{bei}(x)$ az ú.n. elsőfajú $\text{kei}(x)$ és $\text{ker}(x)$ a másodfajú, nulladrendű *Thomson*-féle függvények, amelyek független változója

$$x = \frac{r}{l_0}$$

l_0 pedig a karakterisztikus hossz.

A *Thomson*-féle függvények sajátágaiból az következik, hogy egy körgyűrű alakú lemez külső, ill. a belső peremén a négy függvény közül általában csak kettő-kettő jut szerephez a „peremzavar” leírásában, ha a gyűrű szélessége l_0 -nak sokszorososa.

$$w_{\text{hom}} \approx C_1 \text{ber}(x) + C_2 \text{bei}(x)$$

ahol pedig az ellenkező irányban folytatódik, (azaz a vizsgált perem „belső”,)

$$w_{\text{hom}} \approx C_3 \text{kei}(x) + C_4 \text{ker}(x)$$

Körlemezek igénybevételei

Az igénybevételek a lehajlásfüggvény peremfeltételek segítségével történő megoldásából, majd annak deriválásával kaphatók meg:

$$M_r = -K \left(\frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{\mu}{r} \frac{dw}{dr} \right)$$

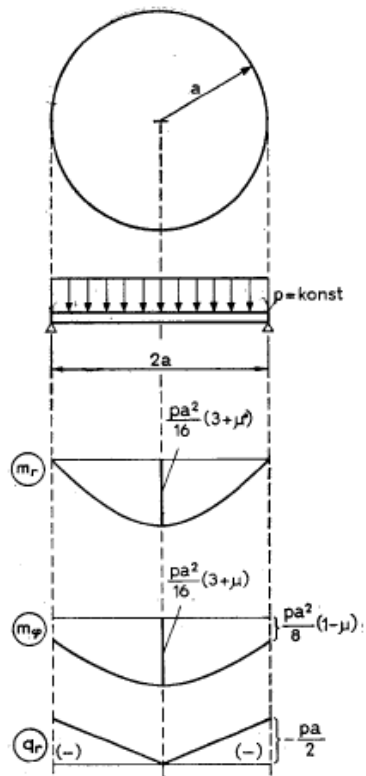
$$M_\varphi = -K \left(\frac{1}{r} \frac{dw}{dr} + \mu \frac{d^2 w}{dr^2} \right)$$

$$Q = K \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{dw}{dr} + r \frac{d^2 w}{dr^2} \right)$$

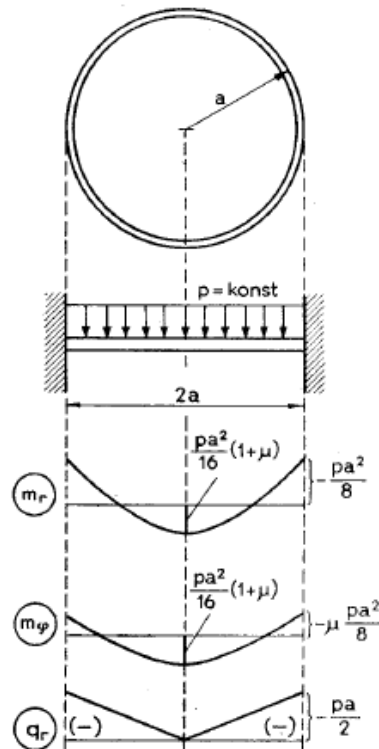
$$M_{r\varphi} = 0 \quad \text{körszimmetria!}$$

M_r és M_φ a körvonal mentén konstans, a lemez középpontjában pedig $M_r = M_\varphi$

csuklós



befogott



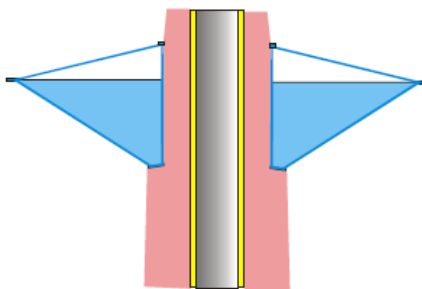
Vasbeton víztornyok

Víztornyok: mesterséges alátámasztó szerkezetre épített víztároló medencék, amelyek tárolt vize fogyasztókhoz gravitációs úton jut el. A nyomómagasság a tárolótér elhelyezéséből adódik.

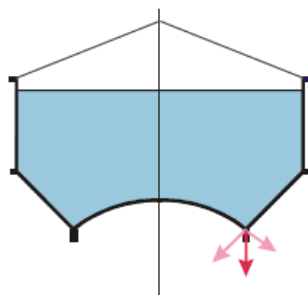
- Víztornyoknál általában $m_{\text{tartály}} \approx m_{\text{víz}}$
- A teljes hálózatot tekintve a több, kisebb víztorny előnyösebb, ugyanis:
 - ~ Különálló hálózat, kisebb átlagos nyomás → olcsóbb csőhálózat
 - ~ Változatos domborzat esetén jobban kiszolgálja a különböző nyomásigényeket
- Víztornyok esetében mindenképp több tárolótér szükséges, már csak a tűzi víz állandó tárolása miatt is
- A különböző magasságú tartályokkal a különböző nyomásigények is kiszolgálhatók

1. Történelmi áttekintés:

- Korábban: pontalapokra tervezett térbeli acélszerkezetű vázon ülő falazott, vagy acél medencék
- Később: kéményfalra ültetett tárolók



- Acéltartályok megjelenése: (Intze tartály)



~
~
hég-jellegű erőjáték
az alátámasztó gyűrűre jutó vízszintes
terhek minimalizálása

2. A tervezés alapkérdései:

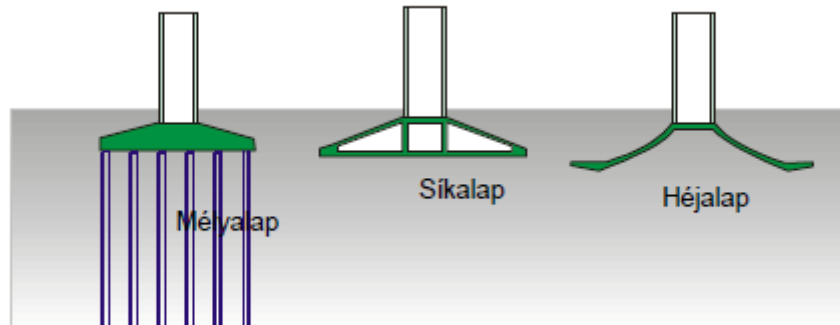
- Minden pillanatban kellő mennyiségű víz biztosítása – a kiegyenlítő tárolótér átlagintenzitásra történő méretezése
- A napi ingadozás a meghatározó: a fogyasztási görbék alapján meghatározható a tározó szükséges térfogata

3. Térczíni medence:

- Előnyei
 - ~ közvetlenül a talajra fektethető, zsáluzható
 - ~ tartályfalak hővédelme és a szerkezet karbantartása egyszerűbb
 - ~ $m_{\text{tartály}} \ll m_{\text{víz}}$
- Hátrány
 - ~ csak magaslatokon építhető

4. Alapozási követelmények:

- Általában mélyalapozás szükséges, mivel a torony az egyenlőtlen süllyedésekre nagy magassága miatt érzékeny



- A hálózati csőcsatlakozások szerkezeti kialakítását az alapozás – felmenő szerkezet kapcsolatának merevsége és kialakítása nagyban befolyásolja

5. Merevségi követelmények:

5.1. Metacentrikus sugár:

- A törzs kellő merevségét feltétlenül szükségessé teszi a csővezetékek megfelelő rögzíthetősége és védelme, illetve a víztartály „kíméletes” alátámasztása
- A víztorony stabilitásvizsgálatakor nem tekinthető szilárd tömegnek, mivel súlypontja a szerkezet elmozdulása során, a víztükör elfordulása miatt a gömb középpontjának függőlegesén marad
- A gömb középpontját a víztömeg elmozdult súlypontjával összekötő szakasz a metacentrikus

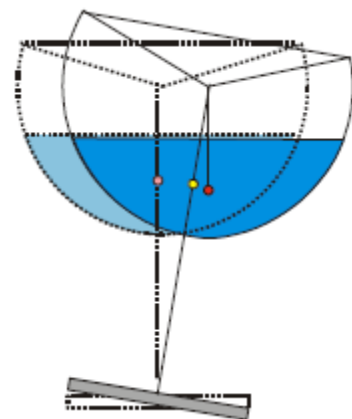
sugár:

$$m = \frac{J_t}{V}$$

Tetszőleges alakú víztér esetén:

I_t : a víztükör inerciája

V : víztérfogat



- A stabilitás ellenőrzésénél a metacentrikus sugárral megnövelt magasságban kell feltételeznünk a víztömeget
- Lapos víztükrű, pl. csonkakúp alakú víztér esetén a metacentrikus sugár jelentősen megnöveli a szerkezet virtuális magasságát

5.2. Southwell-féle ψ külpontosság növelő tényező:

- Az alaptest egyenlőtlen süllyedéséből származó külpontosság a törzs rugalmassága, és a talaj rugalmas összenyomódása miatt megnövekedhet, másodrendű hatást okozva
- A növelő tényező:

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N_{\max}}{N_{\max,cr}}}$$

$N_{\max}$ ← Max. igénybevétel
 $N_{\max,cr}$ ← Adott teh. Elrendezésnél krit. paraméter

- A megnövekedett külpontosság és talpponti nyomaték jó közelítéssel:

$$e = \psi e_0 \quad M = \psi M_0$$

5.3. Dunkerley-elv:

- Különböző típusú terhek (igénybevételek) destabilizáló hatását összegezzük az elv segítségével
- Egyidejűleg működő terhek esetén:

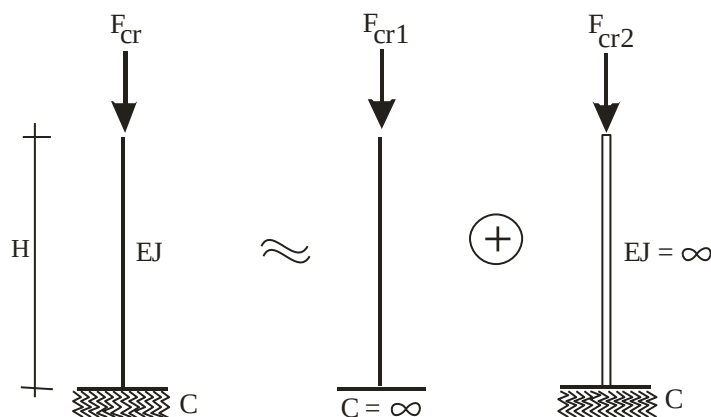
$$\frac{N_{\max}}{N_{\max,cr}} \approx \frac{N_{\max,1}}{N_{\max,cr1}} + \dots + \frac{N_{\max,k}}{N_{\max,crk}}$$

5.4. Föppl-Papkovics-féle elv:

- Toronytörzs stabilitásának vizsgálatához jól használható
- A stabilitást befolyásoló különböző tényezők összevetését jelenti
- A különböző modelleken meghatározott kritikus erők a következőképpen összegezzhetők:

$$F_{cr} \approx (F_{cr1}^{-1} + F_{cr2}^{-1})^{-1}$$

- Például:



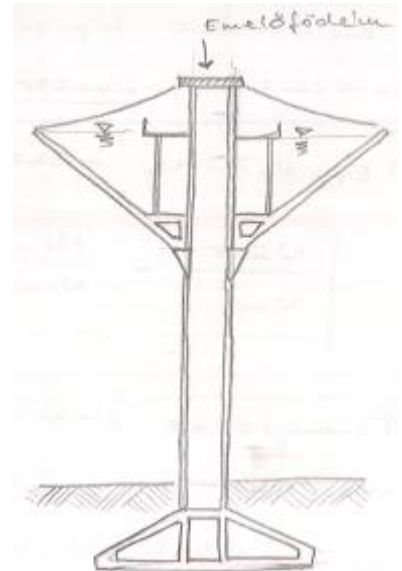
6. Vasbeton víztornyok optimális kialakítása:

Vizsgálandó szempontok:

- Erőjáték: forgásszimmetrikus alak → membrán igénybevételek
- Kivitelezés: a kétszer görbült felület az optimális, azonban zsaluzási nehézségek miatt síkba fejthető forgásfelületeket alkalmaznak egyszer görbült elemekből
- Lapos vagy magas tartály kérdése: A lapos tartályt több gyűrű mentén is meg kell támasztani, emellett nagy a metacentrikus sugár

Optimális alak

- Vastag, esetleg csonkakúppal merevített alaptest
- Hengeres, egyetlen csúszózsákkal felhúzzható törzs
- Monolit gyűrűvel feltámaszkodó, 35-45° dőlésű csonkakúp medence
- Vasbeton héj vagy függőtető



7. Közelítő (kézi) számítás:

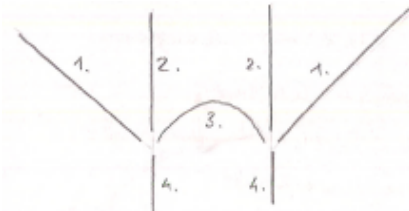
Legnagyobb teher: önsúly + víz súlya

Földrengés terhe: Magyarországon a szélhez képest csekély

➔ földrengésvizsgálat mégis szükséges a szerkezet kiemelt fontossága, nagy magassága és a víztér dinamikus viselkedése (rezgése) miatt

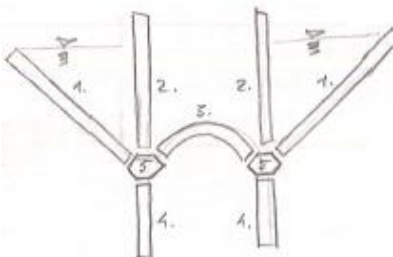
A kézi számítások bonyolultak, de szükségesek:

1. modell:



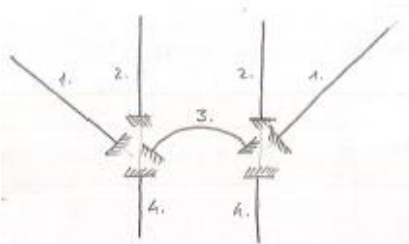
Nincs gyűrű: nyomatékostás + csúcslevágás

2. modell:



Véges merevségű gyűrű: nincs nyomatékostás

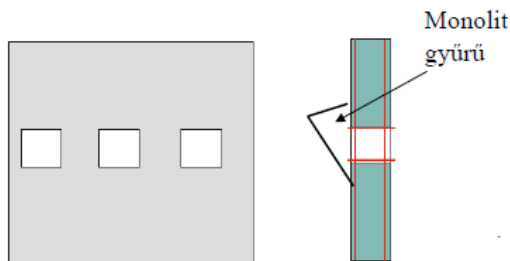
3. modell:



Merev gyűrű: nincs nyomatékostás

8. Törzs építéstechnológiája:

- A törzset az alaplemezről indított mozgatható zsaluzással, általában csúszózsalsal technológiával érdemes építeni
- A kehely csatlakozásának lehetőségei:
 - ~ Zsaluzáskor kirekesztett ablaksorral



- ~ Beton felületbe hajtott bekötő acélbetétekkel

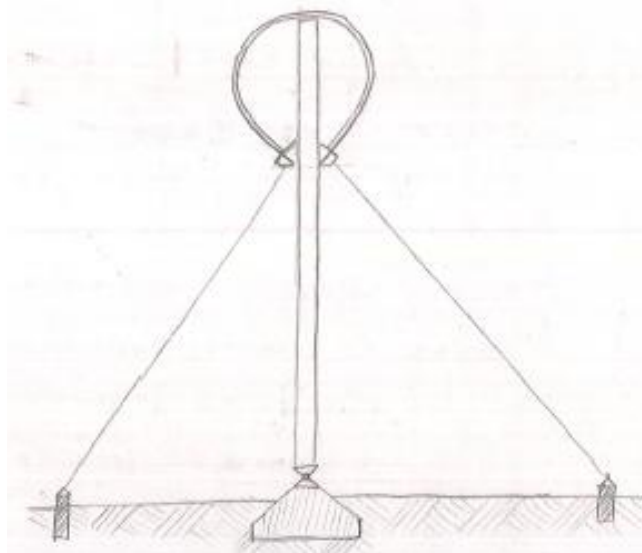


9. A kehely építéstechnológiája:

- a) Helyszíni állványozás és zsaluzás
Drága, munkaigényes
Törzshöz való legmegbízhatóbb kapcsolat
- b) Helyszínen szerelt, emelt zsaluzat
Lépések:
Törzs és emelőfödém elkészítése
Kehely állványzatának és zsaluzatának elkészítése
Kehely vasalása és betonozása
Kehely emelése sajtókkal az emelőfödémről
Törzs és kehely csatlakoztatása – rövidutas feszítéssel az emelőfödémhez (függesztő feszítés + injektálás)

10. Acél szerkezetű víztornyok:

- Kisebb térfogat esetén: 100-500 m³
- 20-40 m-es magasság
- Acél szerkezet
 - főleg húzott elemek
 - membrán igénybevételek
 - vékony lemezek
 - nyomó igénybevételek: vastagított alsó perem
- Alumínium héjalással borított hőszigetelő réteg
- Törzs:
 - Acél anyagú, karcsú oszlop
 - Kis merevség: héjhorpadás veszélye → minden irányban csuklós kapcsolat kialakítása
 - Sugaras elrendezésű acélkábel kihorgonyzás (ált. 2-3 db)
- A bemenő víz keringető hatása miatt a felmenő oszlop csavaró igénybevételt is kaphat. Ezt a horgonyzó kábelek erős megfeszítésével fel lehet venni.



Toronyyszerű létesítmények

Egy létesítmény toronyyszerű, ha

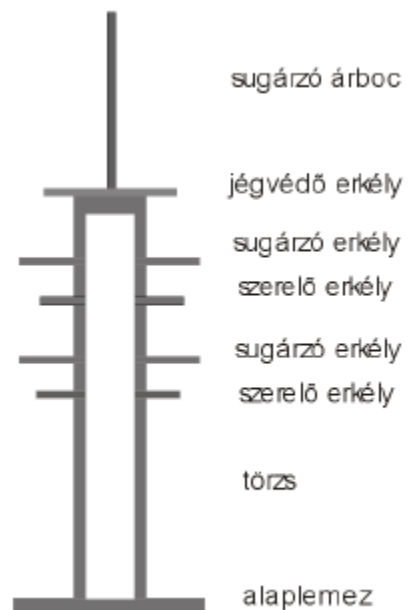
- a magassága meghaladja a nagyobb alaprajzi méretének 5x-ét
- a magassága meghaladja a sokszintes lakóépületek jellemző magasságát
- a függőleges terheknek a szerkezet alakváltozásaiból származó külpontossága jelentős

1. Antennák, adótoronyok:

- ~ fizikai értelemben olyan vezetékekből álló berendezések, amelyek a bennük folyó nagyfrekvenciás áramot elektromágneses sugárzássá konvertálják, ill. amelyekben nagy frekvenciával változó elektromágneses tér hatására elektromos áramlás keletkezik
- ~ a torony alakváltozásának összetevői közül elsősorban a sugárzó szintek szögforgását kell megakadályozni:
 - a sugárzók és az antennák függőleges és vízszintes tájolási szöge nagyon kis túréshatáron belül változhat a jelátvitel minőségének romlása nélkül
 - alapozás és törzs kellő merevsége szükséges
- ~ toronytörzs: csúszózszaluzattal épül

1.1. Tisztán híradástechnikai rendeltetés:

- acélszerkezetű térbeli rács vagy cső
 - szabadon álló, vagy kábelekkel merevített
 - 250 m felett alkalmazzák
 - célszerűen kihorgonyzott acélszerkezetek
- vasbeton szerkezetű
 - 50-250 m közt előnyösebb
 - törzs legkedvezőbb kialakítása nagy tornyok esetén: változó falvastagságú henger vagy enyhén sudarasodó csonkakúp, a felborulás miatt

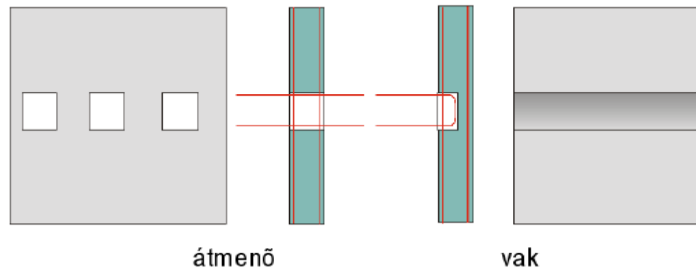


1.2. Változó törzsvastagságú adótorony:

- az erkélyeket általában a megépült toronytörzsre függesztett állványon fekvő zsaluzattal készítik



Átmenő és vakablakok:

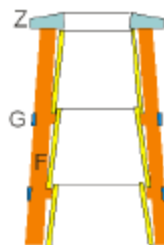
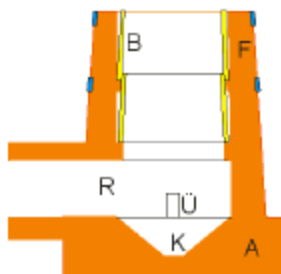


átmenő

vak

2. Gyárkémények:

- A gyárkémények nagy égéstermék kibocsátásra képes, vasbetonból vagy acélból épített függőleges kürtők
- Történelmi áttekintés:
 - Korábban: nagyszilárdságú téglából, nagy szilárdságú habarcs felhasználásával épültek, tömörszerű alaptesttel
 - XX. sz. második felében: vasbeton és acélszerkezetű kémények alkalmazása
- Problémát okoznak a korrozív gázok: a kéményfaltól független bélést építenek be – hőmozgás nem akadályozott
- A füstgázt az égéstértől vízszintes füstcsövek szállítják a kürtőkhöz
- A füstgáz-hőmérséklettől függően megkülönböztetünk:
 - hideg kéményeket ($T < 100\text{ °C}$)
 - meleg kéményeket ($T > 100\text{ °C}$)



A: alaptest
R: rókatorok: belépési hely
K: koromzsák
Ü: pernyeürítő
F: kürtőfal
B: bélés
G: acélgyűrűk
Z: zárókő

- A gyárkémények méretfelvételének alapadata az a maximális füstgáz-teljesítmény amit a kéményhez tartozó létesítmény kibocsáthat
- hideg kémények esetén is alkalmazunk belső szigetelést a füstgáz lehűlésének elkerülése miatt (huzat fenntartása)

Füstgázteljesítmény meghatározása:

A füstgáz szállításakor a hideg és a meleg levegő hőmérséklet-különbségéből adódó kéményhatást, azaz a kémény huzatát használják ki.

A természetes huzat H mérőszáma:

$$H = h \Delta T$$

ahol:

$\Delta T = T_{\text{belső}} - T_{\text{külső}}$: a füstgáz és a külső levegő legkedvezőtlenebb körülmények közt is meglévő (Kelvin fokban mért) hőmérséklet-különbsége

h : (méterben mért) kűrtőmagasság

A kémény Q füstgázteljesítménye – az állandósult üzemben a másodpercenként szállított füstgáz m³-ben mért értéke:

$$Q = kA \sqrt{\frac{2gH}{T_{\text{külső}}}}$$

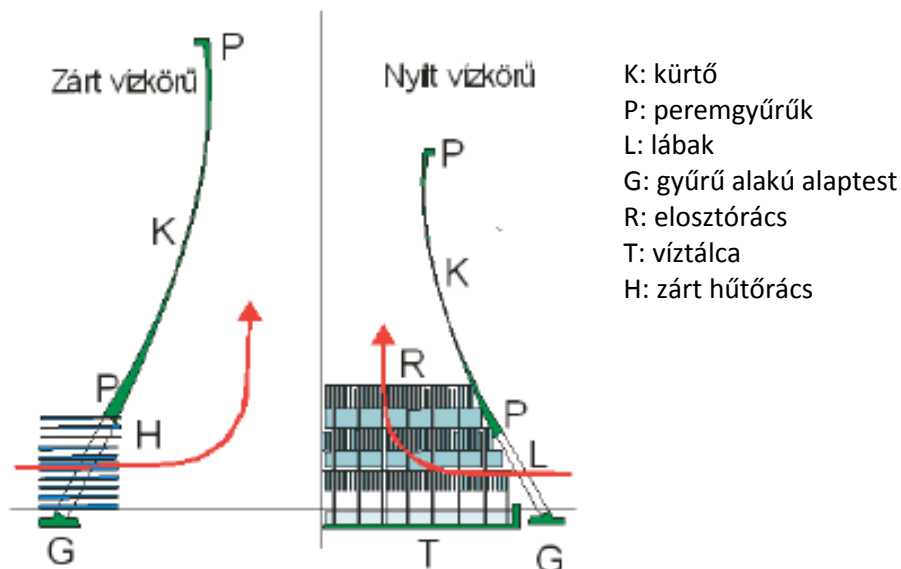
A : a kűrtő keresztmetszetének területe,

g : a gravitációs állandó,

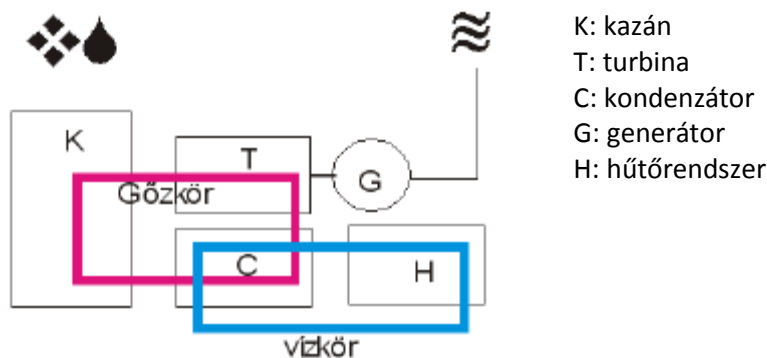
k : a kémény hatásfokát mérő 1-nél kisebb szám. (Ezzel a számmal a füstgáz ún. áramlási veszteségeit (súrlódási és kilépési veszteség) vesszük figyelembe)

3. Hűtőtornyok:

- A nyomáskülönbség létrehozása a „fáradt gőz” turbinatér mögötti kondenzációjával történik
- Fajtái:
 - nyílt vízkörű vagy nedves üzemű
 - ~ a vízkör hűtendő vize egy osztórendszeren keresztül jutva permet vagy nagy felületű hűtőfelületet beborító vízfilm formájában érintkezik a környező levegővel
 - ~ a hőelvonás párolgás útján zajlik
 - zárt vízkörű vagy száraz üzemű
 - ~ a víz nyomás alatt áramlik át a hűtőtorony alján kialakított zárt járatrendszeren, amelynek megnövelt hűtőfelületén a hőcsere zajlik



- A hőerőmű-blokk egységei:

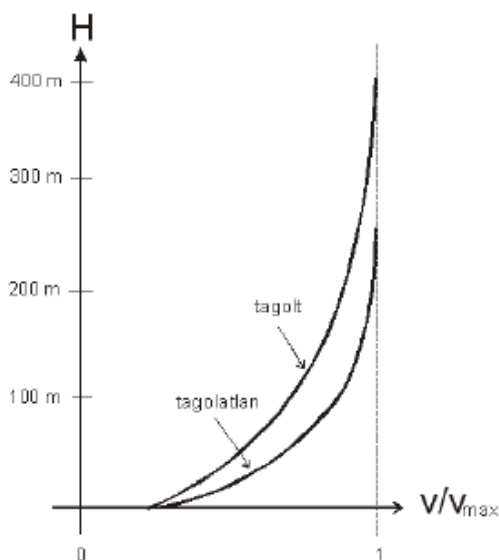


3.1. Vasbeton kürtő:

- vasbeton kürtők esetén lágyvíz-korróziós károsodás illetve fagyás fennállhat
- a héjalak a kisebb tornyoknál henger, a nagyobbaknál kétszer görbült, hiperbolikus felület
- a héjszerkezet kellő merevsége, ill. az alsó héjperem koncentrált támaszerőinek szétosztása miatt mindig szükség van alsó peremgyűrűre, a nagyobb kürtőknél célszerű felső peremgyűrűt is alkalmazni

4. Turbinatornyok:

- A szélerőművek a szél mozgási energiáját közvetlenül felhasználható energiává, elsősorban elektromos energiává alakító berendezések.
- Általában csoportosan telepített, nagy magasságú tornyokra elhelyezett szélturbinák, melyeket megfelelően kialakított vitorlarendszer hajt meg.
- A hatásfok elméletileg 60 %
- Az átlagos szélesebesség magasság szerinti eloszlását a szélprofil-görbével jellemezhetjük, tagolt és tagolatlan terep fölött:



- a szél mozgási energiájának kihasználásához a turbinákat a terepszinttől minél magasabban kell elhelyezni
- a magasság növelésének előnyei tagolatlan terepszint fölött nagyobbak

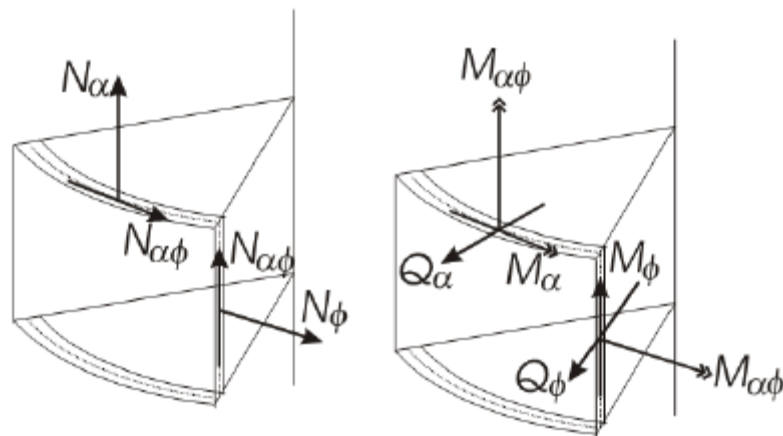
- Két változat:
 - ~ vízszintes rotorú (elterjedtebb)
 - ~ függőleges rotorú
- ~ alapelvük: a mozgó vitorlafelületre ható szélnyomás annak minden helyzetében forgatónyomatékot fejt ki a tengelyre, ezáltal azt folyamatos forgásra kényszeríti.

5. A toronyszerkezetek terhei:

- állandó terhek - önsúly
- esetleges terhek – szélteher, földrengéstéher
- rendkívüli terhek
- Minden toronyszerű létesítménynél vizsgálni kell az esetleges terhelő hatások közt a kivitelezési pontatlanság, az egyenetlen alaptest-süllyedés és az egyoldali napsütés következtében létrejövő elferdülés és elgörbülés hatását

A toronytörzs igénybevétel-eloszlásának jellemzői:

- a terhek jelentős része körszimmetrikus

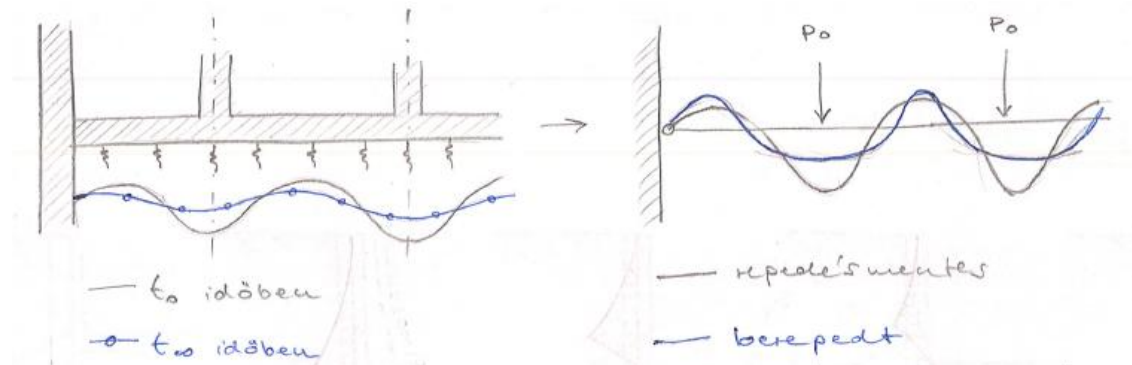


Alaplemezek, Sík és Gyámolított lemezalapok

1. Alaplemezek méretezési problémái:

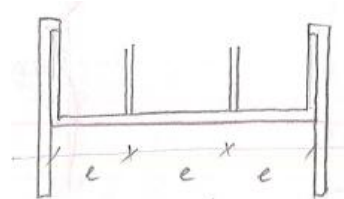
- Terhek időben változnak és átrendeződnek
- Felszerkezet merevítő hatása
- Talajfeszültségek változása
- Süllyedéskülönbségek visszahatása

Biztonsági tartalék (számítási módszerben és vasalás kialakításában)



Alapozási rendszer lehet:

- Síkalap: Síklemezes alapozás
 - ~ $l < 9\text{m}$: lágyvasalás
 - ~ $l > 9\text{m}$: feszített szerkezet
- Mélyalapozással gyámolított, pl.: réspillérekkel, cölöpökkel
 - ~ A talaj és a szerkezet, illetve a mélyalapozás és a síklemez együttdolgozása ebben az esetben bonyolult



2. Réspillérekkel gyámolított lemezalap:

Alaplemez:

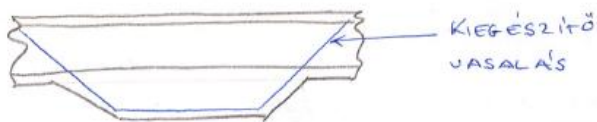
- min. 35cm-es vastagság (általában 50-60cm)
- nyomatéki teherbírás meghatározása
- átszűrődésvizsgálat

Réspillér

- Mérete kötött: gép mérete (180x60/65-80/85...)
- Mélység felvétele a talajviszonyok alapján történik
- Teherbírás: 70% talpellenállás + 30% köpenysúrlódás (gyakran elhanyagoljuk)
- Köpenysúrlódás: 20-40 kN/m² (nem mindig alkalmazható)

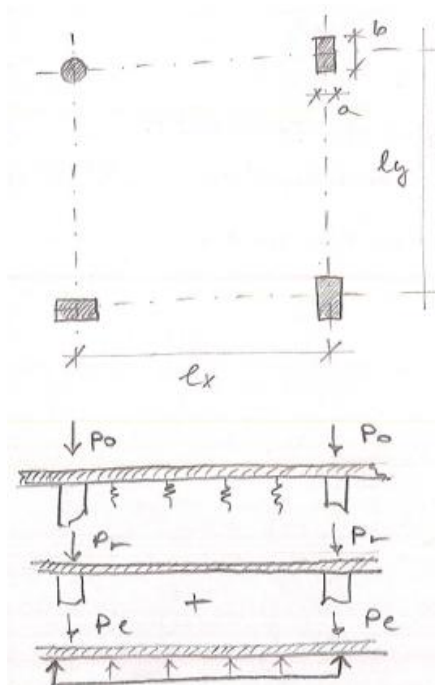
Tehermegosztás

- réspillér darabszámának meghatározása
- tehermegosztás mérlegelése
- süllyedésvizsgálat



Az alaplemez a nagyobb igénybevétel helyén megvastagítható, ez azonban nem ajánlott, mivel a tehereloszlás módosul.

3. Gyámolított lemezalap közelítő méretezése:



Közelítő módszer feltételei:

- $0,8 < l_x/l_y < 1,25$
- lemezvastagság: $d_0 < l/10$
- oszlopméret: $a \approx b \approx \frac{l}{10}$
és $a_{min} \geq 0,035l$
- Teljes oszlopteher „ P_0 ” a mélyelap és a lemez között oszlik meg: $P_r + P_l = P_0$
- $P_r = \alpha * P_0$ és $P_l = (1 - \alpha) * P_0$
- „ α ” kb. 0,5-re vehető fel
- A telajreakció inentől fogva számítható, „ q ” egyenletesen megoszló teher: $\frac{p_l}{l_x * l_y}$
- A lemez nyomatékai már közvetlenül számíthatóak:
 $m = c * q * l_x * l_y = c * P_l$
- Méretezéshez a helyettesítő keret módszerét használhatjuk

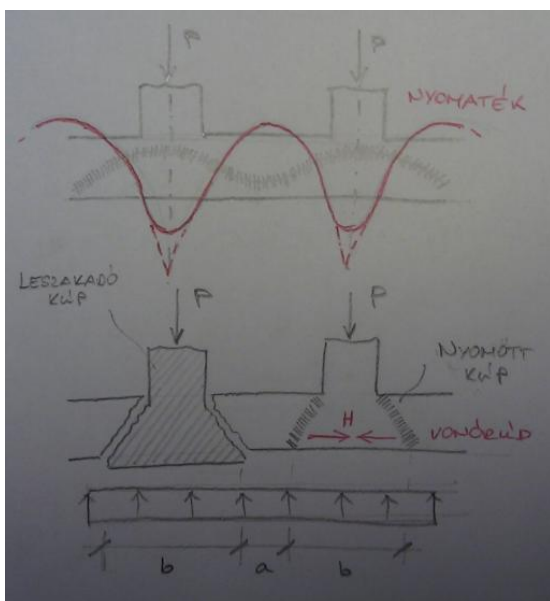
Nyomatékok:

- oszlopsávban: $m_0^- = -0,15 * P_l$
 $m_0^+ = +0,05 * P_l$
- lemezsávban: $m_l^- = -0,04 * P_l$
 $m_l^+ = +0,05 * P_l$

Javasolt vasmennyiségek:

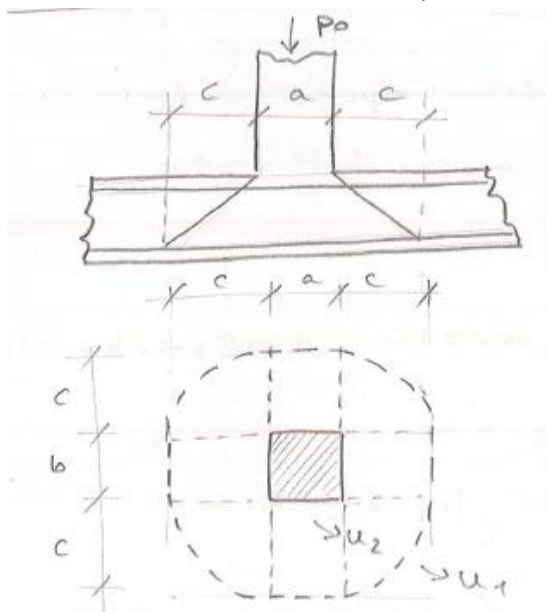
- alaphálóban: $\mu = 0,2-0,3 \%$
- oszlopok alatt: $\mu = 0,8-1,0 \%$
➔ alapháló besűritése: $l_x = L_x/3$ hossz
 $l_y = L_y/3$ hossz

4. Átszűrődás vizsgálata:



- a) Átszűrődást okozó teher – 90 %
- b) Átszűrődást nem okozó teher – 10 %

Átszűrődás közelítő ellenőrzése alaplemezen:



d: hasznos magasság

u: betonfedés – 5 cm

$c=2d$

Ellenőrzési alapkerületek:

$$u_1=2 \cdot (a+b)+2 \cdot c \cdot \pi$$

$$u_2=2 \cdot (a+b)$$

Innentől földemátszűrődás vizsgálata (képletek)

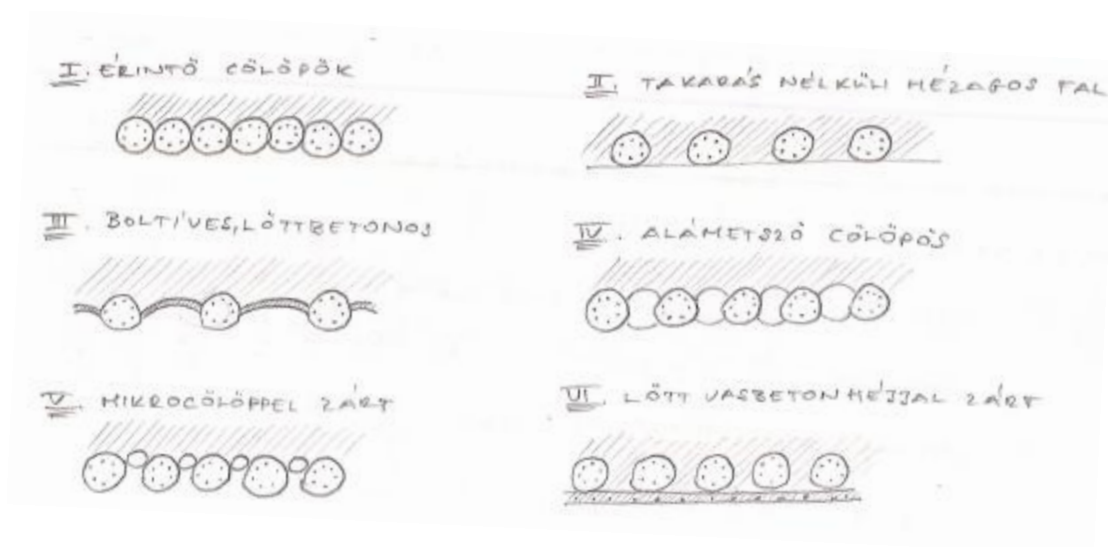
Munkatérhatárolás

Résfalak

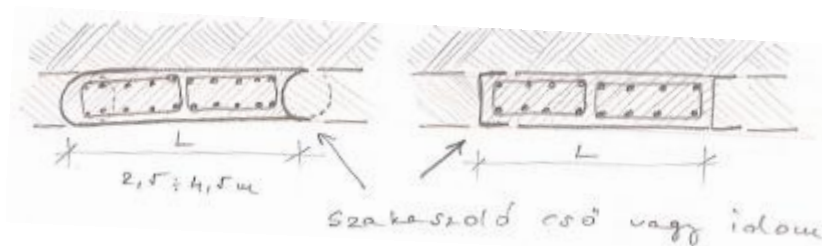
1. A munkatérhatárolás módszerei:

- Rézsű (nyílt lehatárolás)
- Talajszegezés
- Dúcolás
- Szádfal (max. 10 m-ig)
- Cölöpfal
- Résfal

2. Cölöpfalas megtámasztás módszerei:



3. A résfalas megtámasztás kialakítása:



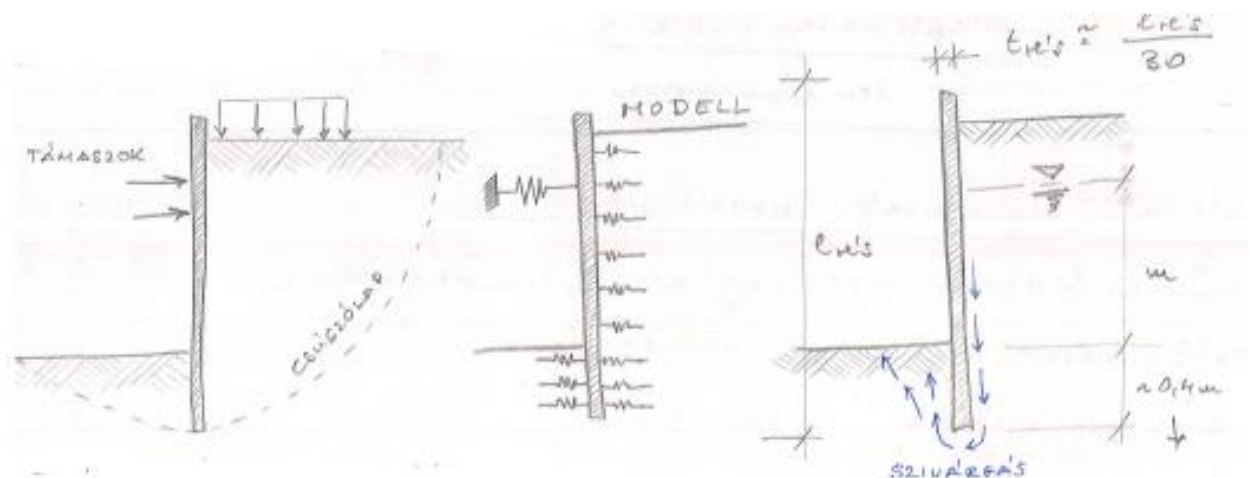
- A réstáblát a lehető legrövidebb idő alatt kell elkészíteni (10-12 h)
- A folyamat:
 - 1) Résvezető gerenda
 - 2) Réselés zagy alatt
 - 3) Vasalás elhelyezése
 - 4) Betonozás

4. Résfalak vizsgálata:

- Anyagok:
 - Beton: min. C20/25
 - Betonacél: B500B
 - Betonfedés: kb. 7 cm
 - Betonacélok közti távolság: min. 10 cm
- Terhek:
 - Földnyomás
 - Víznyomás
 - Felszíni terhek
 - Szomszédos épületek terhei
- Teherállapotok:
 - Horgony feszítése → konzolos állapot
 - Építési fázisok (földkiemelés, földemek)
 - Végállapot
- Vasalás
 - Térbeli vázszerkezet (szállítás, beemelés)
 - Szerelvények rögzítése (távtartók)
 - Armatúra szélessége max. 3,50-3,80 m

- ~ A teherbírást mindenkor, a repedéstágasságot csak a végállapotban kell biztosítani
- ~ Mivel a réstábla teherviselése egyirányú, a táblák tetejét ún. résösszefogó fejgerendával/ koszorúval kell összebetonozni
- ~ A horgonyok feszítéséről jegyzőkönyvet kell készíteni
- ~ A horgonyokat túlfeszítéssel kell ellenőrizni
- ~ A horgony élettartama kb. 2 év
- ~ A réstábla mérete: 280-60; 280-80/100

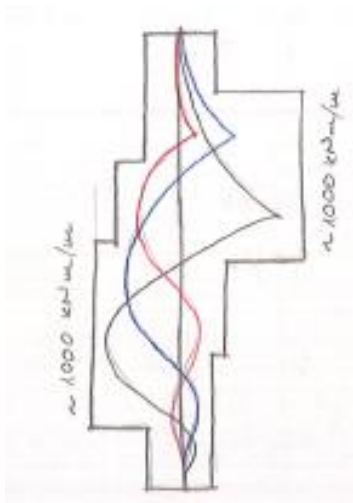
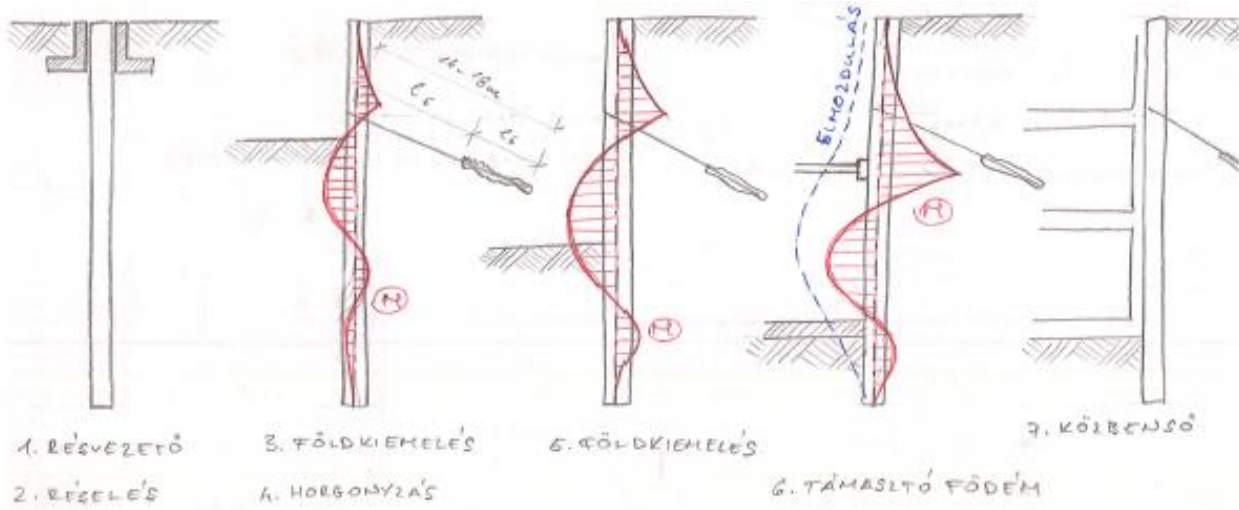
5. Ellenőrzendő állapotok:



A befogási hossz vizsgálata csúszólap
segítségével
A befogási hossz támaszok nélkül
nagyobb adódik

Víznyomás esetén ajánlatos befogási
hossz

6. Résfal erőjátéka:



~ Az adott állapotokban felrajzolt nyomatékábrákból megrajzolható a burkoló nyomatékára, erre pedig meghatározható a határnyomatékok ábrája is

~ A szuperpozíció nem pontos, mivel a talaj felé történő szabad alakváltozás korlátozott (rugalmas ágyazás esetén lenne igaz!)

IRODALOMJEGYZÉK:

- Timoshenko, S. és Woinowsky-Krieger, S.: Lemezek és héjak elmélete. Műszaki Könyv-kiadó, 1966. Budapest.
- Márkus Gyula: Körszimmetrikus szerkezetek elmélete és számítása Műszaki Könyvkiadó, 1964. Budapest. / Werner, 1978. Düsseldorf.
- Frank, Ph. és Mises R.: A mechanika és fizika differenciál és integrálegyenletei. Műszaki Könyvkiadó, 1966. Budapest.
- Szilard, R.: Theory and Analysis of Plates. Prentice-Hall, 1974. Englewood Cliffs.
- Wölfer, K.H. Elastisch gebettete Balken. 3. Aufl. Bauverlag, 1971. Wiesbaden.
- Kaliszky Sándor: Képlékenységtan. Akadémiai Kiadó, 1975 Budapest.
- Handbook of Mechanics, Materials, and Structures. (Ed. by A. Blake) John Wiley and Sons, 1985. New York, etc.
- Jahnke-Emde-Lösch: Tafeln höherer Funktionen. (7. Auflage) Teubner, 1966 Stuttgart.
- Gradstein, I.S. u. Ryshik, I.W.: Summen-, Produkt- und Integraltafeln. Deutsch, 1981.
- Girkmann, K. (1954): "Flächentragwerke". Springer-Verlag, Wien.
- Bölcskei, E. Orosz, Á. (1973): "Héjak". Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Márkus, Gy. (1964) „Körszimmetrikus szerkezetek elmélete és számítása”. Műszaki Könyvkiadó.
- Bölcskei Elemér, Tassi Géza (1970) „Feszített Tartók”, Tankönyvkiadó, Budapest
- Dr. Hegedűs István: Medencék, oktatási anyag
- Dr. Janzó József: Szerkezettervezői munkásságom
- Michailich Gy., Haviár Gy.: A vasbetonépítés kezdete és első létesítményei Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Budapest 1966.
- Janzó J.: Vasbeton és feszített beton ivóvíztárolók tervezése, építése és üzemeltetése. Kézirat. BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, 2005.
- Márkus Gy. : Körszimmetrikus szerkezetek elmélete és számítása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
- Palotás L. : Mérnöki Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- Tóth László: Vasbeton víztornyok tervezése és építése. MÉLYÉPTERV kiadvány 1984.
<http://www.viztorony.hu>
- Selected Earthquake Engineering Papers of George W. Housner. ASCE, No 90-987. 1990.
- Flügge, W.: Stresses in Shells. Second Edition, Springer Verlag, 1973.
- Kollár L.: A szél dinamikus hatásai magas építményekre. Műszaki könyvkiadó 1979.
- Balázs Gy., Farkas Gy., Kovács K., Beton és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése I-II, Műegyetemi kiadó, 1999-2002
- **BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, Mélyépítési Műtárgyak és Mélyépítési Vasbetonszerkezetek tárgyakhoz feltöltött segédanyagok**
http://www.hsz.bme.hu/hsz/htdocs/oktatas/tantargy.php?tantargy_azon=BMEEOHSASC3
http://www.hsz.bme.hu/hsz/htdocs/oktatas/tantargy.php?tantargy_azon=BMEEOHSASB4
- Dr. Huszár Zsolt Adjunktus Úr személyes feltöltései
http://www.hsz.bme.hu/hsz/htdocs/dolgozok/szemelyes_feltolt.php?felhasznalonev=zshuszar
- Saját gyakorlati és előadásjegyzet
(Dr. Oszos Árpád, Dr. Huszár Zsolt, Dr. Hunyadi Mátyás, Dr. Varga László tanóráiról)

Külön köszönettel tartozom Dr. Orosz Árpád Professor Emeritus Úrnak, amiért vállalta a jegyzet teljes áttekintését! Meglátásaival, javításaival és tanácsaival a jegyzet írása közben és után is nagyon sokat segített.