

Boltozatok

ÉPSZ.2 ELŐADÁS

összeállította: dr. Czeglédi Ottó

Boltozatok szerkezeti kialakulása

Történeti áttekintés:

Először Kis-Ázsiában, Mezopotámiában és Egyiptomban **álboltozat formájában** alkalmazták;

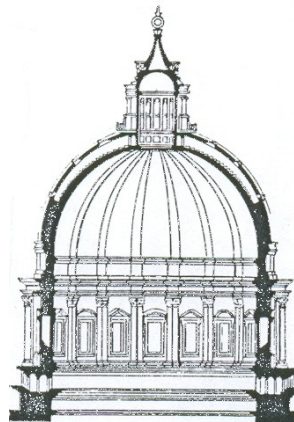
Nyomával a Prahellen-Görög építészetben is találkoztunk;

A tiszta boltozatot térelhatárolásra legelőször a **Rómaiak** alkalmazták. Felismerték a nagy terek, fesztávok lefedésére alkalmas voltát a boltozatoknak;

Fejlődésük csúcspontját a **Román, Gót** a **Renaissance** stílusban érték el;

XIX.sz. közepe óta **alkalmazásuk hanyatlik** az új térlefedő szerkezetek az **acél**, a fa, majd a **beton** térfoglalása miatt;

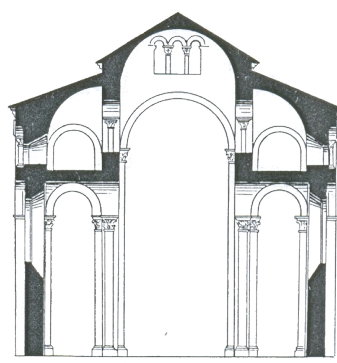
A boltozatok napjainkban a közlekedési létesítményekben (**metró alagutak, földalatti létesítmények**) és különböző nagy fesztávolságú héjboltozatok formájában jelenik meg;



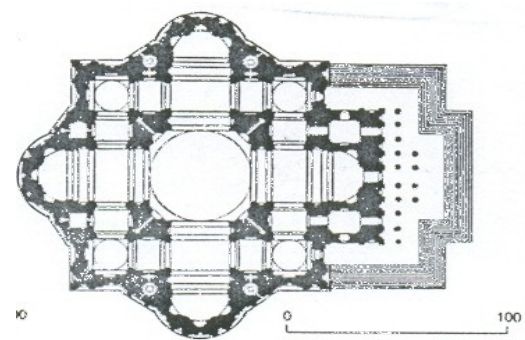
Michelangelo kéthélyű kupola metszet



Római Szent Péter-bazilika



Főhajó fölött dongaboltozat,
mellékhajókban borda nélküli keresztboltozat
Párizsi Notre-Dame



Római Szent Péter-bazilika alaprajza

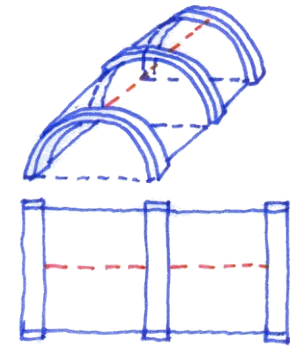
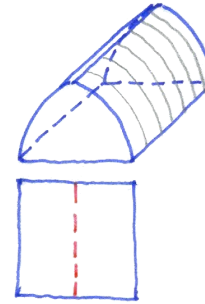
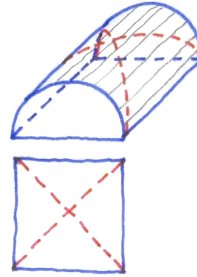
Boltozati alakzatok származtatása:

A boltozatok alakját íves felületekből származtatjuk.

Hengerfelületekből származó boltozatok

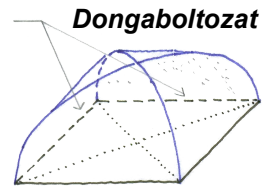
Hengerfelületből származik:

1. Dongaboltozat;
2. Kolostorboltozat;
3. Teknőboltozat;
4. Római keresztboltozat;
5. Román keresztboltozat.



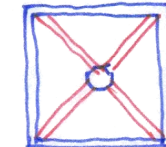
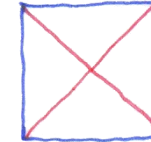
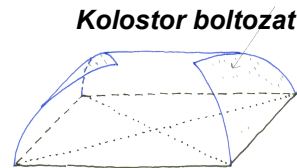
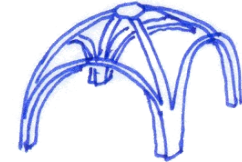
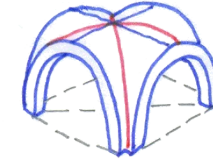
Gömb, illetve forgásfelületből* származik:

1. Kupola boltozat;
2. Cseh boltozat;
3. Cseh-süveg boltozat;
4. Csegelyes kupola;
5. Tamburos kupola.



Csúcsíves Dongaboltozat

Hevederíves dongaboltozat



Teknő boltozat

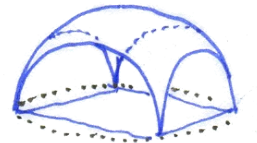
Római keresztboltozat

Bordás Román keresztboltozat

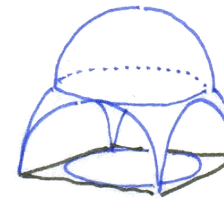
Forgásfelületekből származó boltozatok



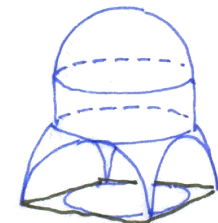
Kupola boltozat



Cseh boltozat



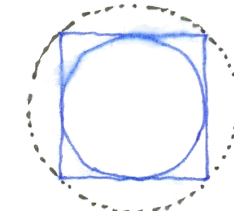
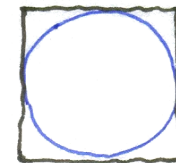
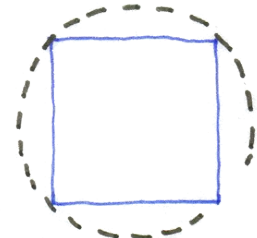
Csegelyes kupola



Tamburos félgömb kupola



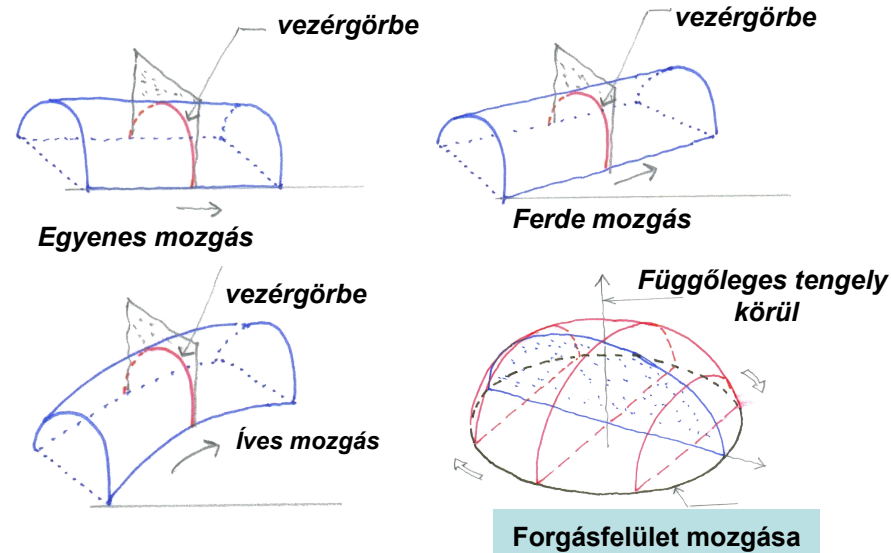
Cseh-süveg boltozat



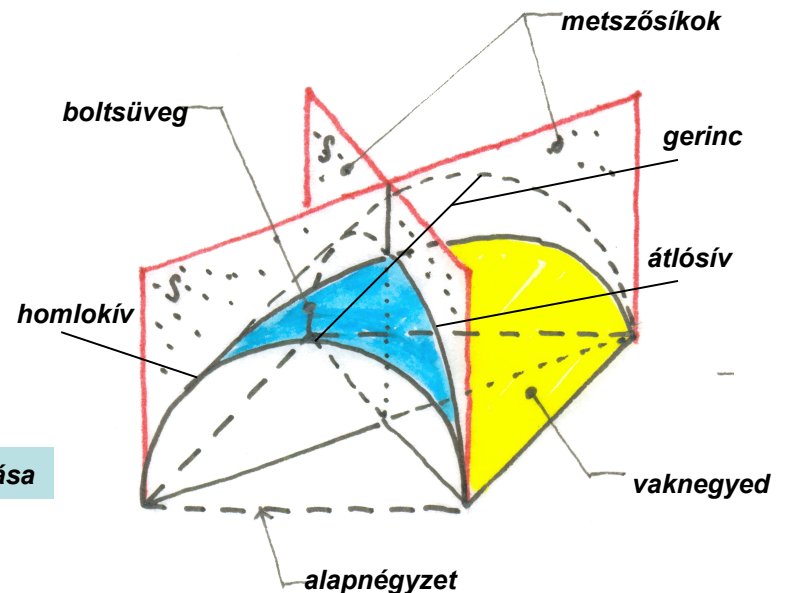
Boltozati alakzatokkal kapcsolatos fogalmak:

- Vezérgörbe:** az a görbe vonal, melynek a mozgásából származik a boltozati felület.
Dongánál – egyenes, ferde vagy íves haladó. mozgást végez
Gömb ill. forgás felületű boltozatoknál, függőleges és vízszintes tengely körül forog.
- Boltozati mező:** a boltozatnak a falakkal és boltövekkel elhatárolt része.
- Boltsüveg:** geometriai vonatkozásban a boltozati mezőt alkotó egyes boltozati felület, szerkezeti vonatkozásban pedig a boltozat teste (maga a boltozati héj).
- Gerinc:** a boltozati felület legmagasabban lévő pontjait összekötő egyenes vagy görbe vonal.
- Homlokív:** a boltozat ill. boltsüveg felületeknek a függőleges falfelületekkel való metszészvonala.
- Átlósív:** különböző boltozati felületek összemetszéséből adódó az alaprajzhoz viszonyítva legtöbbször átlós helyzetű görbe vonal.

Vezérgörbe mozgása boltozatnál



Boltozati fogalmak ábrázolása



Hengerfelületekből származó boltozat

1. Dongaboltozat

jellemzői: - bármilyen négyszög alaprajz fölé szerkeszthető

- nemcsak vízszintes hanem **ferde tengellyel** és vállvonallal megépíthetők, az ilyen boltozatok lépcsők, rámpák lefedésére alkalmasak

- történeti építészetben (gót, renaissance) körgyűrű alaprajzú folyósokat fedtek le íves tengelyű dongaboltozatokkal

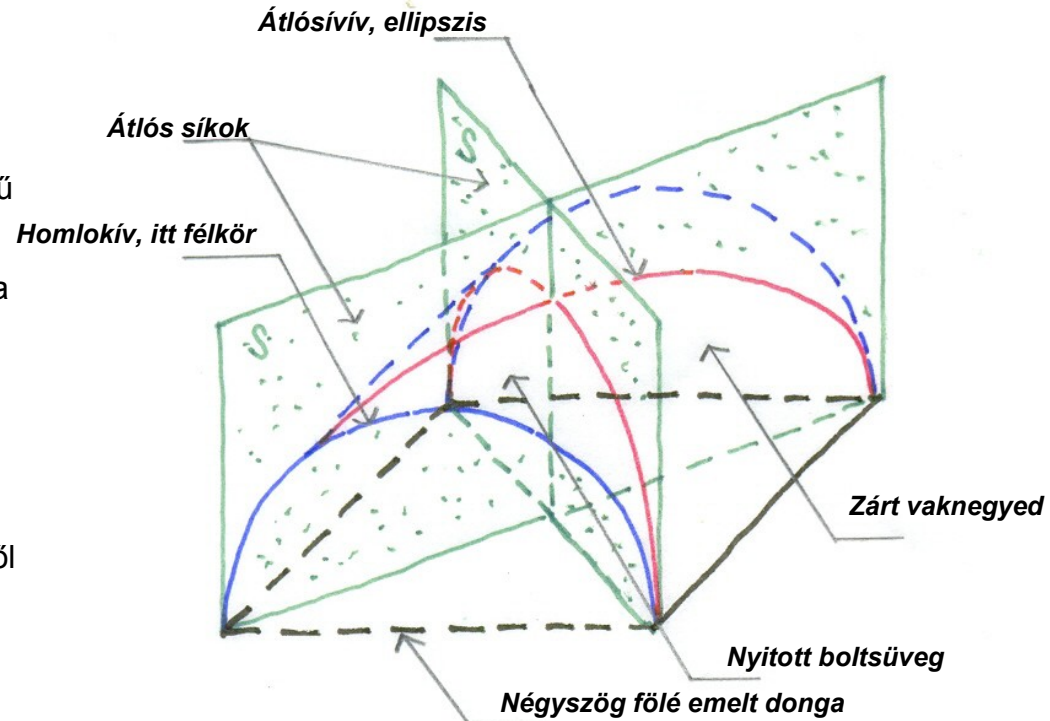
- a hengerfelület tengelyére merőleges metszetei a **vezérgörbék**

- a **vezérgörbék lehetnek:** félkör, körszelet, fekvő tengelyű ellipszis, hárompontos kosár görbe, parabola

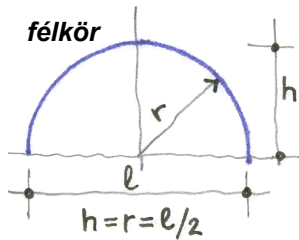
vaknegyed, boltsüveg fogalma:

- ha a négyszög alaprajz fölé emelt domba boltozatot átlós síkokkal metszünk, homlokíves **nyitott boltsüveg részeket** és tömör dongarészből álló **vaknegyedeket** kapunk

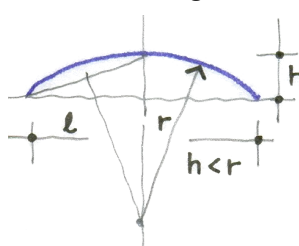
Vaknegyed és boltsüveg ábrázolása



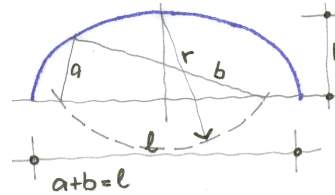
vezérgörbék



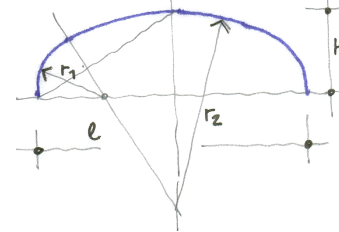
Körszelet, szegmensív



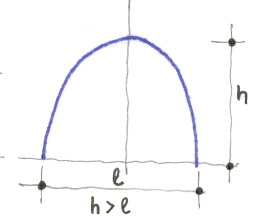
Fekvő tengelyű ellipszis



Hárompontos kosárgörbe



parabola



2. Kolostorboltozat

jellemzői: - ha boltsüvegrészek helyére vaknegyedeket teszünk

- nemcsak négyzet, téglalap és általános négyszög, hanem sokszögű alaprajz fölé is építhetjük, ez a **kolostor- kupolaboltozat**

3. Teknőboltozat

jellemzői: - úgy származatajuk, hogy a hosszúkas (nem négyszög alaprajzú) dongaboltozat két végét **vaknegyeddal** zárjuk le

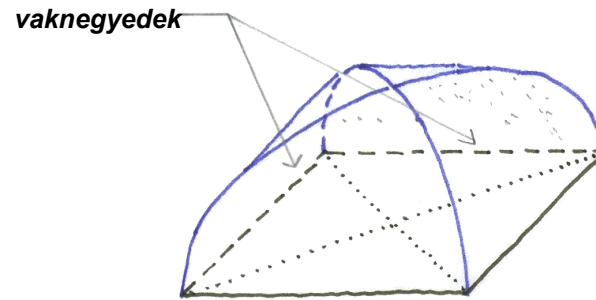
4. Római keresztboltozat

jellemzői: - a dongaboltozat vaknegyedek helyére **boltsüveg** részeket teszünk

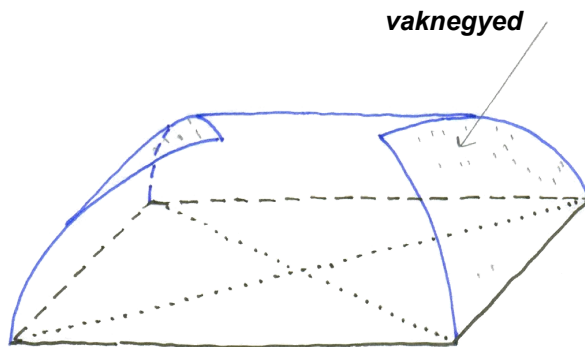
- a homlokívek legfelső pontjait összekötő egyenes, a záradékvonal vízszintes

- a boltsüvegek átlós vonala **ellipszis**

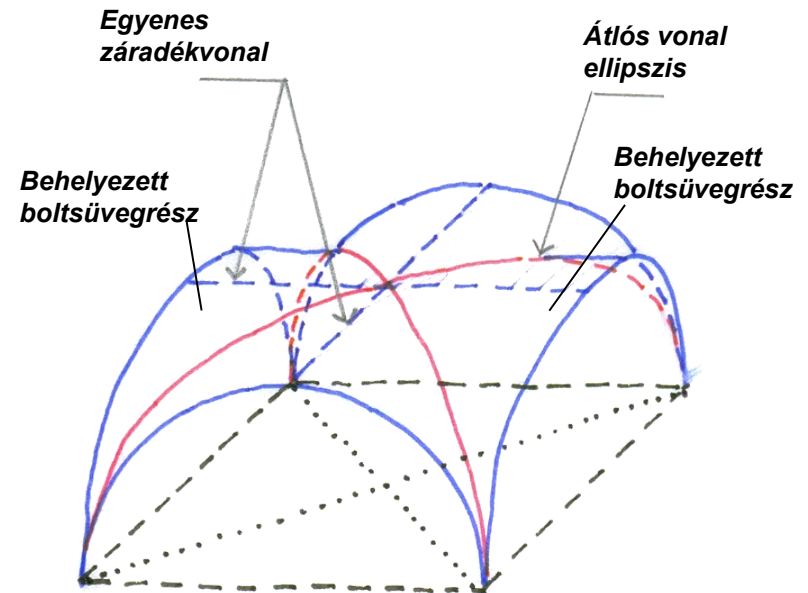
- úgy is származtatható, mintha 2 dongaboltozat áthatása



kolostorboltozat



teknőboltozat



Római keresztboltozat

5. Román keresztboltozat

- jellemzői:**
- hasonló a római keresztboltozathoz
 - záradékvonala nem vízszintes, hanem a közép felé emelkedő ívű
 - az átlós íve rendszerint félkör vagy félellipszis

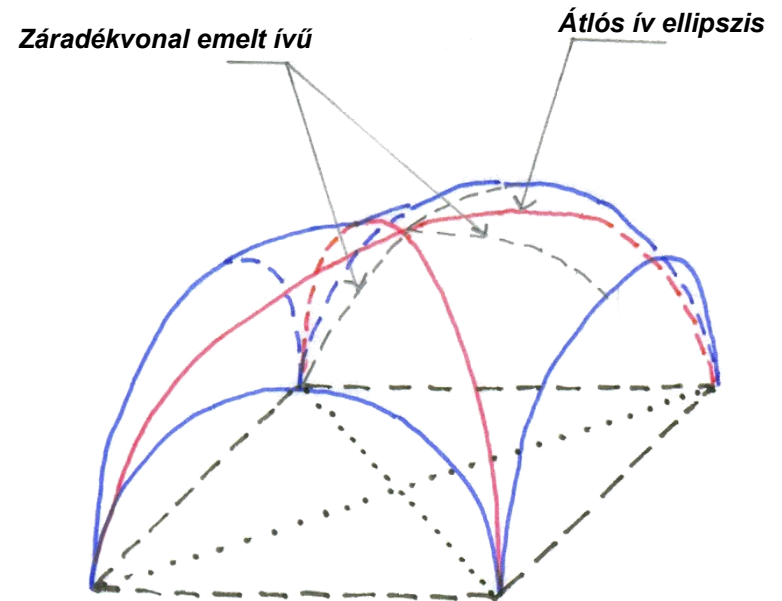
6. Megjegyzés a keresztboltozatokhoz:

- sokféle keresztboltozati felület állítható elő
- származtatásuk a tetszés szerint felvett homlokívnek, mint **vezérgörbének** a záradékvonalon önmagával párhuzamos mozgásával nyerjük
- az ilyen homlokív mozgása közben **transzlációs** felületet ír le

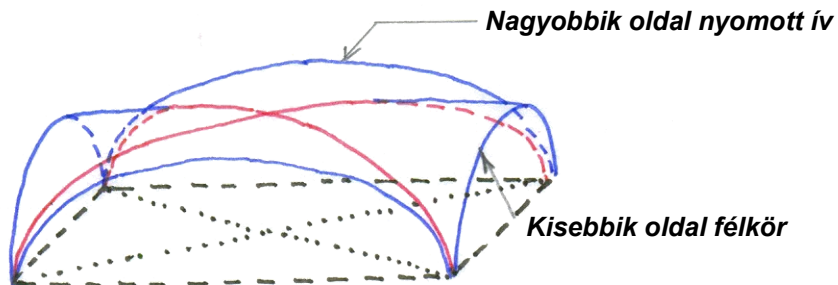
- keresztboltozatok négyszög vagy **páros** oldalszámú sokszögalaprajz fölé építhetők

példák:

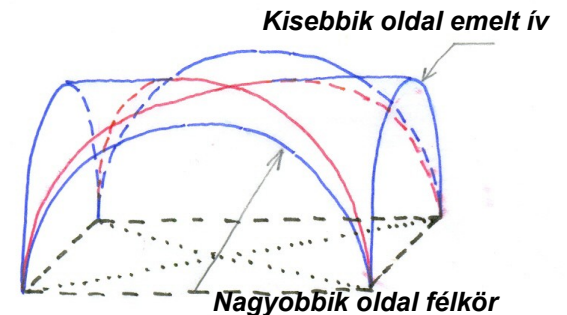
- **emelt ívű:** a téglalap nagyobbik oldala fölé emelt félkör homlokív
- **nyomott ívű:** a téglalap kisebbik oldala fölé emelt félkör homlokív



Román keresztboltozat



Nyomott ívű keresztboltozat



Emelt ívű keresztboltozat

Gömb-, illetve forgásfelületekből származó boltozatok

1. Kupola boltozatok

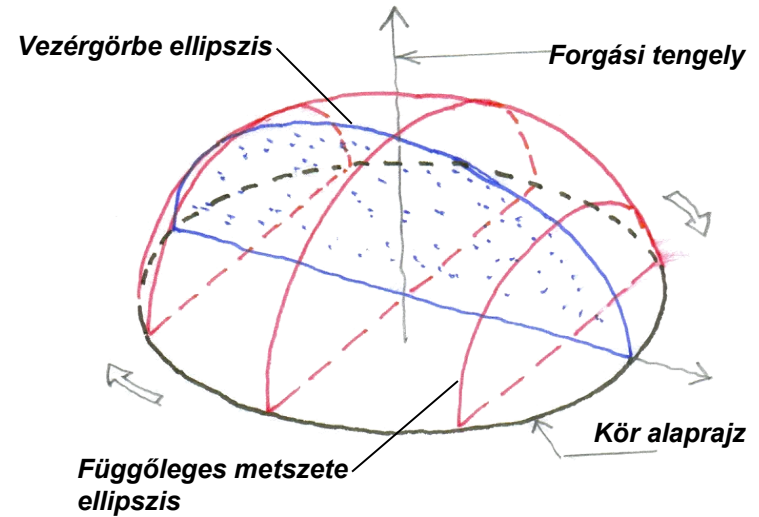
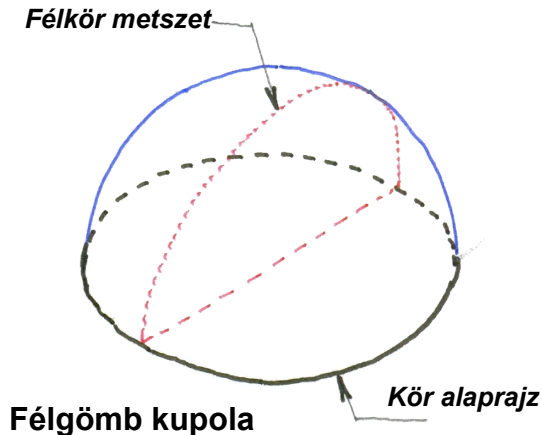
- félgömb, gömbszelet alakú kupolák:
keletkezésük, félkör, körszelet függőleges tengely körüli forgatásából nyert forgásfelületek metszetük félkör, körszelet,

- **kör alaprajzú ellipszis metszetű kupola:**
keletkezése, függőleges tengely körül megforgatott ellipszis,
függőleges metszetei ellipszisek

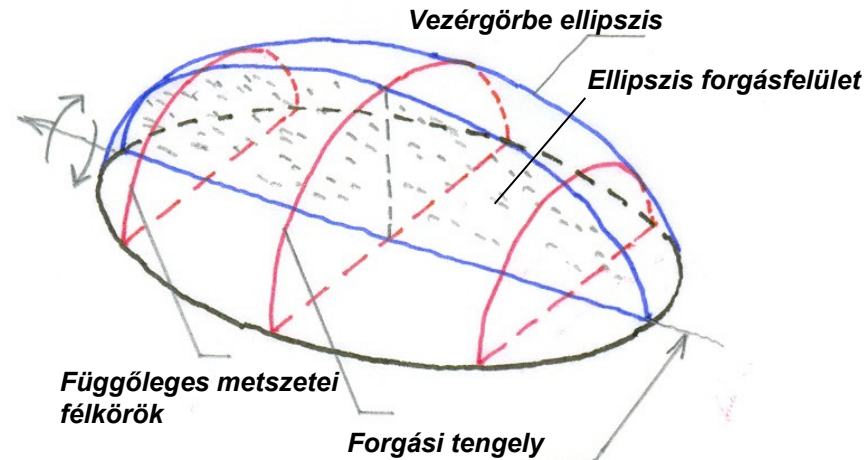
- **ellipszis alaprajzú ellipszis metszetű kupola, ellipszoid:** keletkezése, vízszintes tengely körül megforgatott ellipszis
függőleges metszetei félkörök

- **más kupola:**

szabályos görbe vonal függőleges vagy vízszintes tengely körüli forgatásából nyert forgásfelület



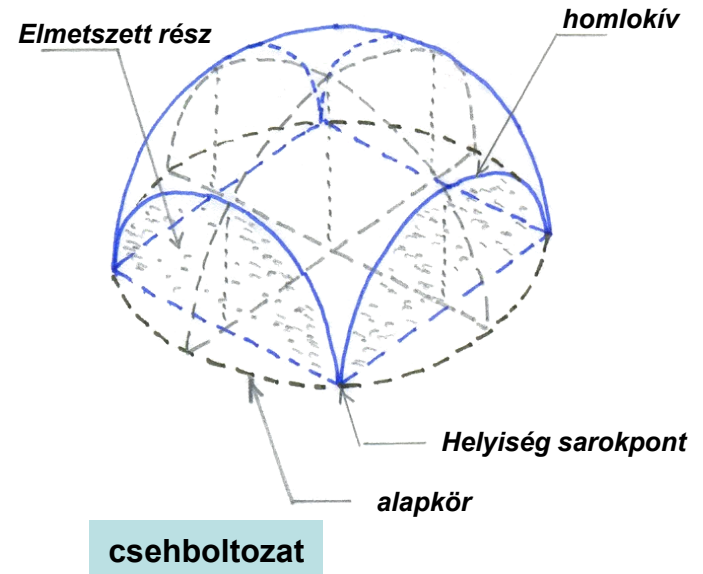
Kör alaprajzú, ellipszis metszetű kupola



Ellipszis alaprajzú, félgömb metszetű kupola

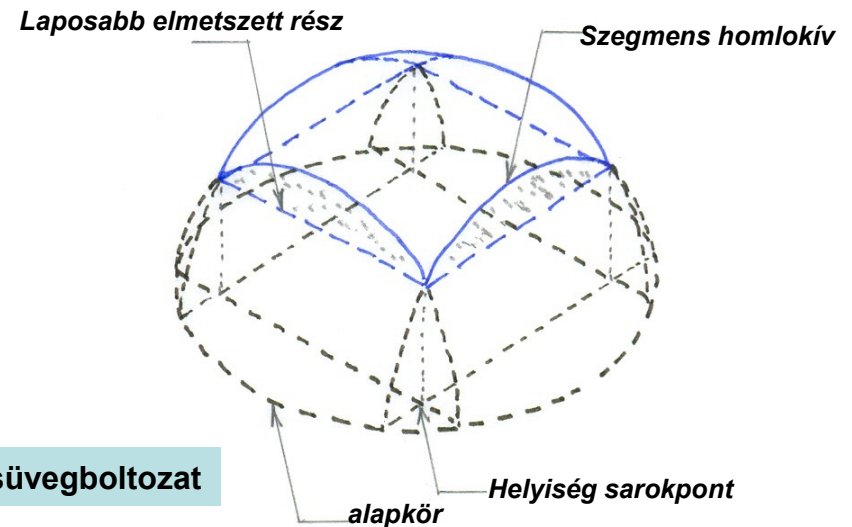
1. Csehboltozat

- olyan négyszög vagy sokszög alaprajzú helyiség, amelynek sarokpontjai egy kör vagy ellipszison helyezkednek el
- úgy keletkezik, hogy a helyiség lefedésre kerül egy gömb vagy forgási ellipszoid felülettel (kupolával), amelyet az alaprajz oldalai mentén függőleges síkkal elmetszünk
- a metszési síkon belül maradó felület a csehboltozat
- homlokívei félkörök gömbből származtatott boltozatnál
- a **függőkúpola** azonos a csehboltozattal csak a falazása más



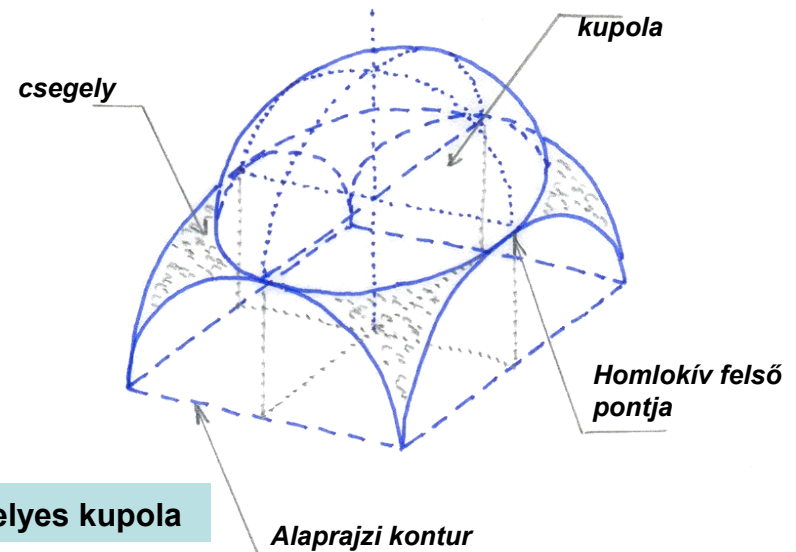
8. Csehsüvegboltozat

- hasonlít a csehboltozatra, csak a sarokpontok az alapkörön (alapellipszisen) belül helyezkednek el, mivel a sarokpontok fölé nagyobb kupola, forgási ellipszoid kerül, így a csehsüvegboltozat laposabb felületű
- jobban megfelel hosszúkás közbülső helyiségek lefedésére
- gömbből származtatott csehsüvegboltozat homlokívei szegmensívek (körívek)



4. Csegelyes kupola

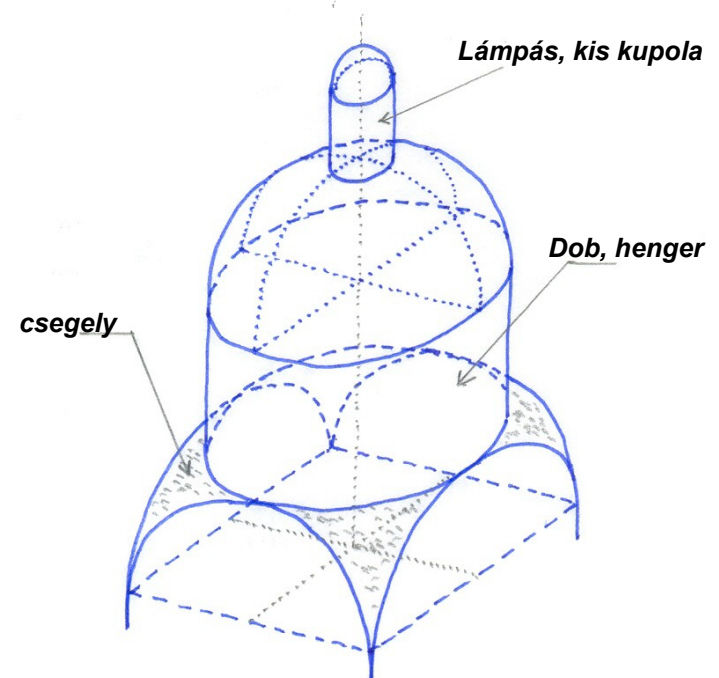
- úgy származtatjuk, hogy a tér fölötti csehboltozat homlokíveinek legfelső pontjainak a magasságában vízszintes síkkal elmetsszük a boltozatot
- a lemetezett rész a **csegely**, amelyet eltávolítunk és a helyére egy félgömb kupolát állítunk
- a csegelyes kupola építhető négyzet és szabályos sokszögű alaprajzú tér fölé
- a bizánci építészet tipikus alkotása volt



Csegelyes kupola

5. Csegelyes tamburos kupola

- úgy nyerjük, hogy a csegely és kupola közé hengerfelületet, az un. **dobot** vagy más néven **tamburt** iktatunk be
- a kupolára sokszor kis hengert és kupolát helyezetek, ez volt a **lámpás**
- a reneszánsz építészet tipikus alkotása volt



Csegelyes tamburos kupola

6. Nyitott és zárt boltozatok fogalma

- az olyan boltozatokat, amelyek a homlokívükön át egymásba nyithatók és nem falazatra, hanem boltövekre támaszkodnak, nevezzük **nyitott boltozatoknak**
- ilyenek a keresztboltozatok, cseh, csehsüveg és a csegelyes kupolák
- az olyan boltozatokat amelyeknek a vállvonala fölött nincs homlokívük és amelyeken át a boltozati mezőket összenyithatnánk, nevezzük **zárt boltozatoknak**
- ilyenek a kolostor és a teknő boltozatok

Boltozatok szerkezete és megépítése

1. Boltozatokkal kapcsolatos fogalmak

- a dongaboltozat alakját illetően nem más mint a **falvastagság irányában** elnyújtott boltív, ezért a boltívnél megismert fogalmak itt is azonosak

2. Boltozatok anyaga

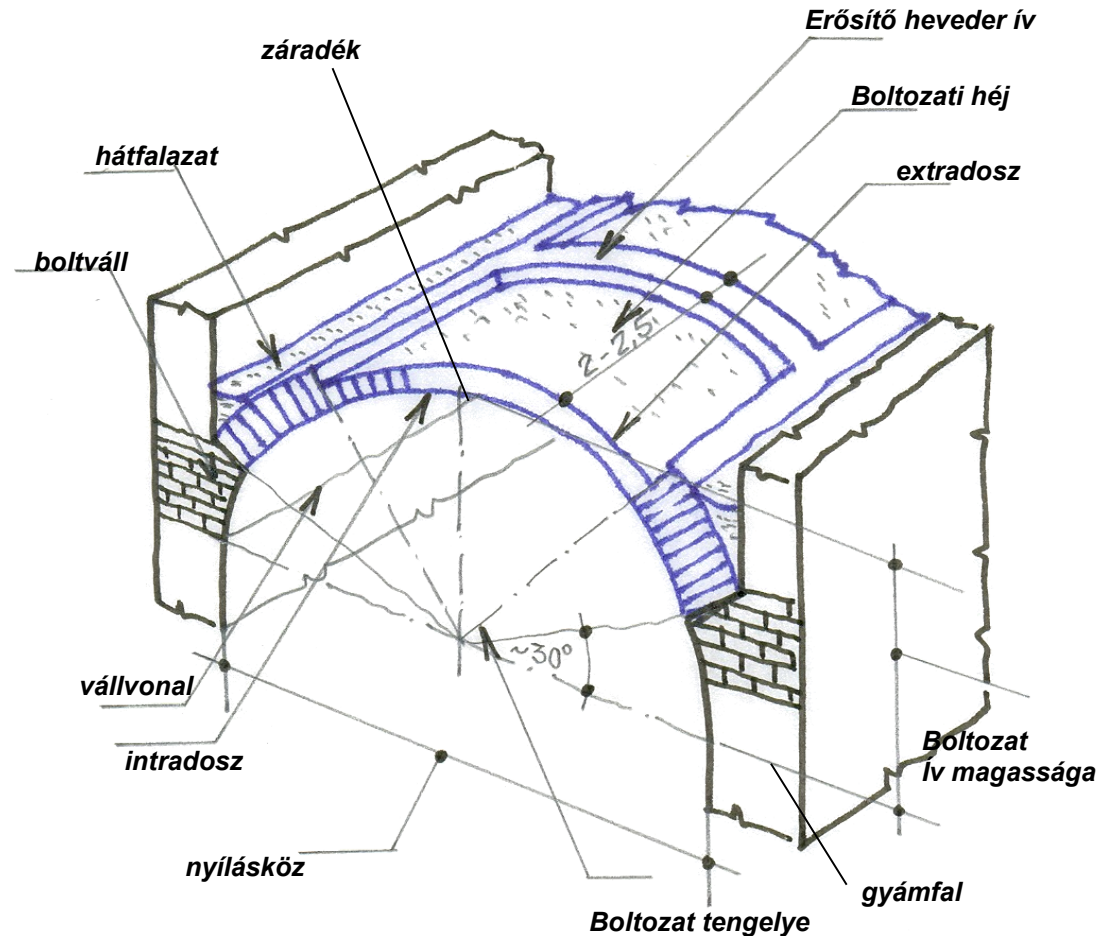
- a történeti szerkezeteknél a leggyakoribb a **tégla** és a faragott kő volt

- a jelenleg is épülő boltozatoknál, a monolit vasbeton és az **előregyártott** vasbeton a használatos, gyakran **kétirányú bordás, kazettás** kialakítással

- a mai építészeti gyakorlatban kis vastagságú vb. lemezből készülő ún. **héjboltozatokat** alkalmaznak (tojáshéj erőjátéka alapján, nincs vállnyomásuk)

- állboltozatoknál (nem teherhordó, csak térelhatároló) a **cementrabit**ot használják

- a téglából falazott boltozatok közül a leggyakrabban a kis nyílásközű lapos ívű dongaboltozatot az ún. **poroszsüveg-boltozatot** alkalmazták

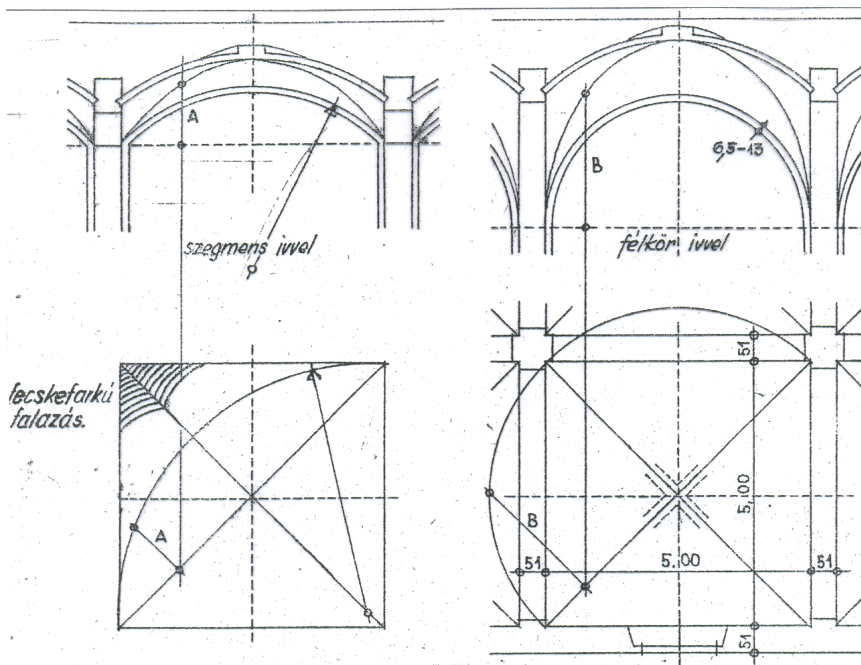


Boltozattal kapcsolatos fogalmak

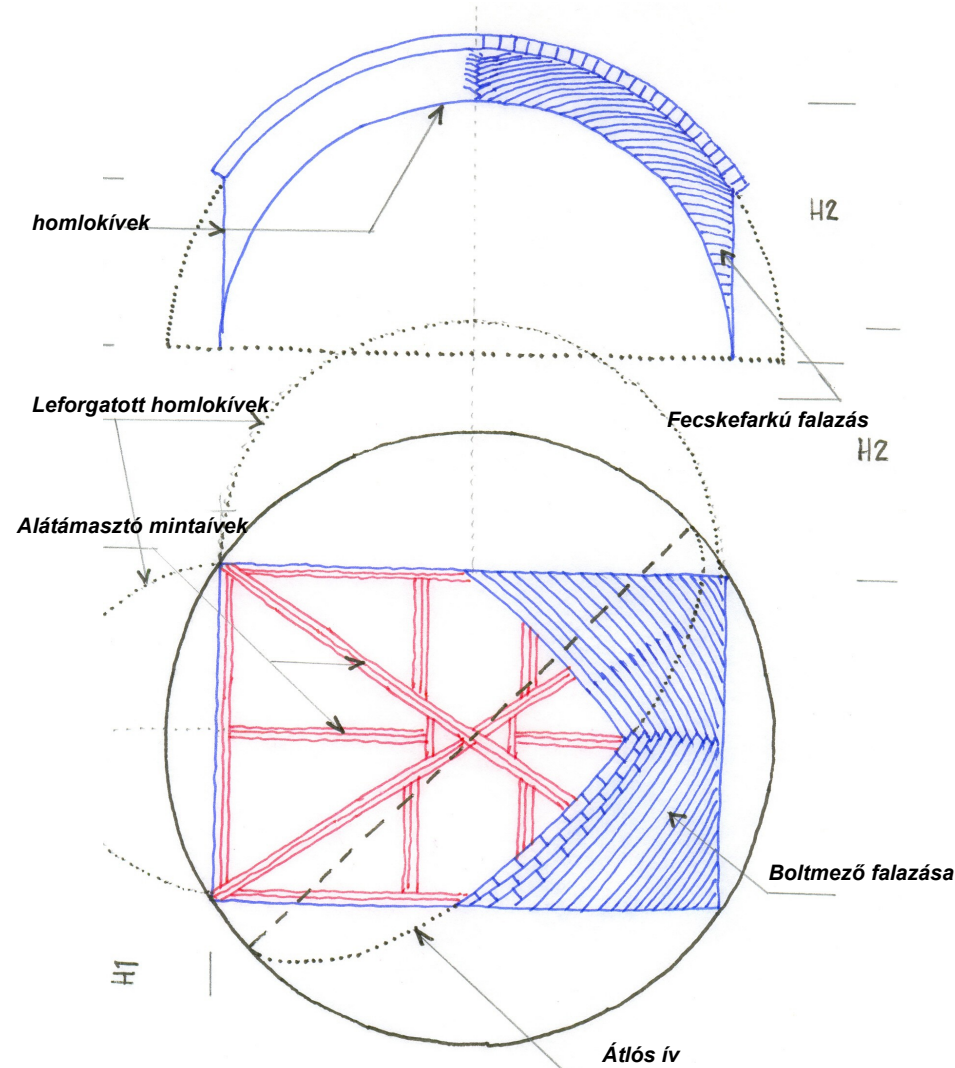
3. Boltozatok ábrázolása

- boltozatokat általában **alaprajzaikkal, kereszt- és hosszmetsetükkel és átlós irányú metseteikkel** ábrázolják
- az alaprajzokba, metsetekben mutakozó **metsetsvonalak, áthatások, hézagvonalak** megszerkesztése korábban tisztán ábrázoló mértani feladat volt, de a boltozatok megépítéséhez szükséges volt
- konkrétan: az m 1:100-as terveken a boltozatokat az alaprajzokon a **leforgatott homlokívekkel és az átlós ívek** berajzolásával szükséges jelölni
- az m 1:50-es terveken a **fentiek** mellett be kell rajzolni a **nyomköröket** (falazási rétegek) **vezérgörbék**, **felfekvés**(i) és áthatási szerkesztési vonalakat is, amelyek a megépítéshez elengedhetetlenül szükségesek

Keresztboltozat ábrázolása



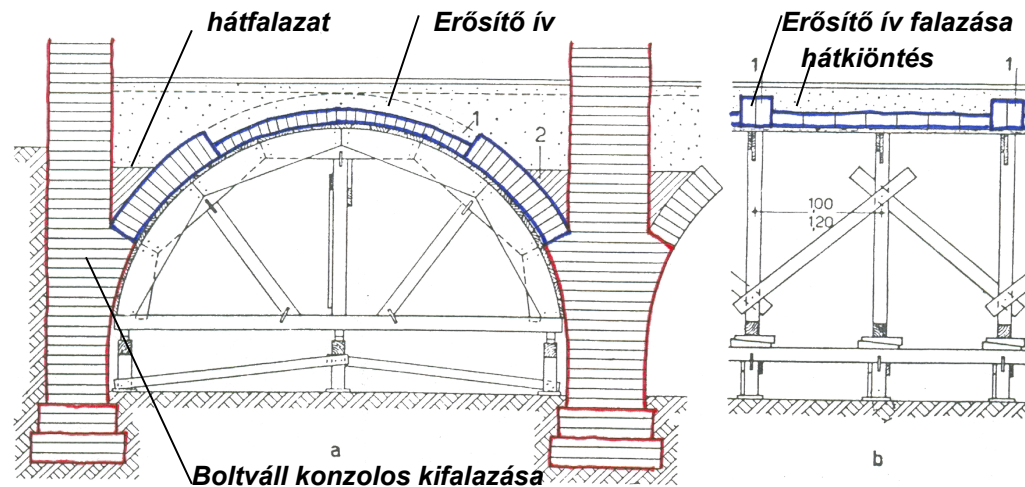
Csehboltozat ábrázolása és falazása



4. A dongaboltozatok épületszerkezeti összefüggései

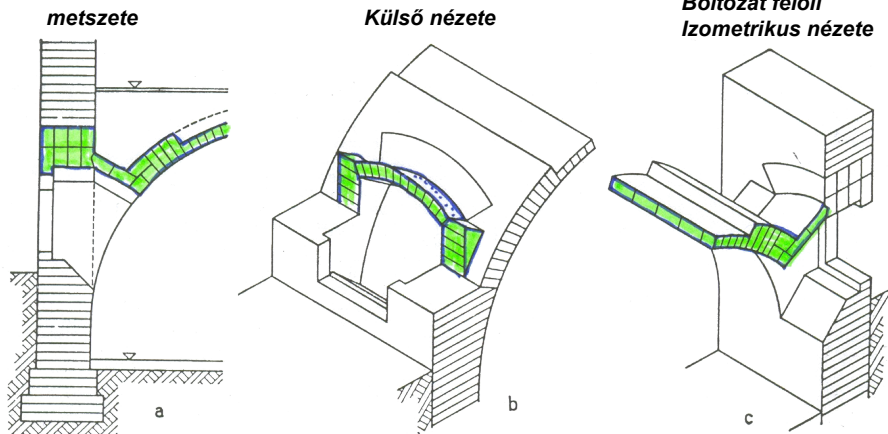
szerkezete, falazása:

- ahogy a boltív **meghajlított pillér**, úgy a boltozat **meghajlított faltest**, ezért falazása is azonos
- a vállak felé a terhek növekedésével **vastagszik** (hasonlóan a több szintes teherhordó falknál)
- a boltnyomás meredekebbé tételére a gyámfal és a boltozati külső héj között **hátfalazatot** építettek
- a fekvő hézagai a boltozat tengelyébe futnak, nem vízszintesek, ferde síkúak, ezért **nevezik fekvő és nem álló** hézagnak őket
- a téglákat a sugár irány szerint nem faragják, hanem a téglák közötti hézagokat **ék alakúra** alakítják, ezt a falazási módot nevezzük **dongaszerű, kupás** falazásnak
- a helyes boltvállat a **gyámfal konzolos** kifalazásával lehet elérni
- a váll fölött a kifalazás sugárirányú betartását un. **alakozó deszkatáblát** alkalmaztak
- a záradék közelében a meredek helyzetű téglák közötti hézagokat nem sikerült tökéletesen kitölteni, ezért a boltozat külső felületét (extradosz) híg habarccsal öntötték le, ez a **hátöntés**
- ha a vállvonal a terepszint alatt van a boltozat alatti tér (donga, teknő, kolostor) **külső megvilágítását** un. fiókboltozattal szokták megoldani
- **boltozat építése:** - a boltozatot csak **leterhelt gyámfalak** (boltnyomás kidönténé a gyámfalat) esetén, két oldalról elindulva, gyakran mintaállvánnyal lehet csak megépíteni

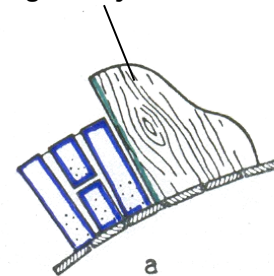


Dongaboltozat kereszt és hossz metszete

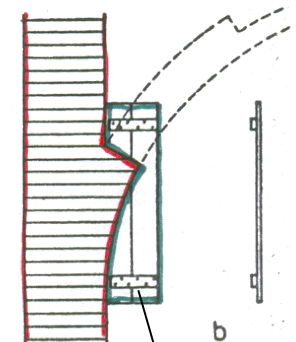
Fiókboltozat dongaszerű kifalazása



Sablon a sugárirányú falazáshoz



Alakozó ívek



Alakozó deszka a boltváll falazásához

5. Poroszsüveg boltozat épületszerkezeti összefüggései

szerkezete, falazása:

- 2.5-3.0 m-nél kisebb nyílásközű **lapos ívű donga**

- a pincefödémeknél gyámfalra és harántboltövre, az emeleti födémeknél acél gerendákra építették

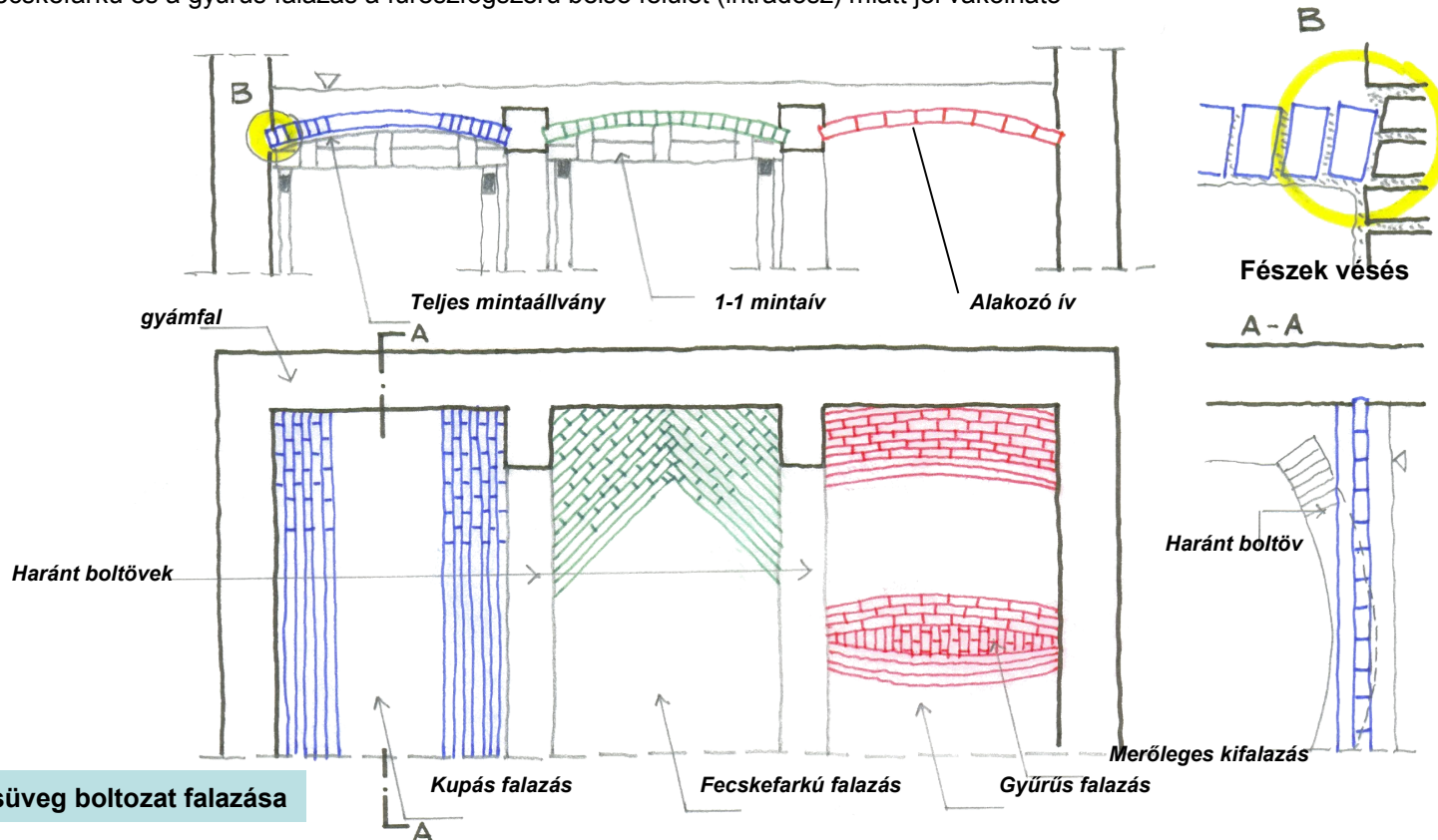
- a poroszsüveg boltozatnak három falazási módja ismert:

kupás falazás – a nagyobb dongaszerű falazási móddal azonos, építéséhez teljesen bezsalúzott mintaállvány szükséges

Fecskefarkú falazás – minden téglasor önálló boltöv, egyik vége a gyámfalra, a másik vége a másik irányú téglasorra terhel, -a szomszédos téglasorok a záradéknál fűrészfogasan kapcsolódnak, azaz téгла varrat alakul ki, - a boltozat minden mintaállvány nélkül, esetleg 1-1 mintaív felhasználásával un. szabadkézből falazzák

gyűrűs falazás – élére állított téglasorok alkotják, szintén gyámfalra terhelő önálló boltövként működnek az egyes téglasorok, - az egyes boltövek azonnal résztvesznek a boltozat erőtérképében, mivel kissé megdöntött és a gyámfal felé íves téglasorok ezt elősegítik -a boltozat két végén egyidőben kezdik a falazásukat, a boltozati mező közepén kimaradó részt az előző téglasorokra merőlegesen falazzák ki, - falazáskor 1-1 téglasort alátámasztó alakozó ívre van szükség

- a fecskefarkú és a gyűrűs falazás a fűrészfogszerű belső felület (intradosz) miatt jól vakolható



Boltozatok statikai vizsgálata

Statikai működésük:

- Statikai működésük hasonló a boltövekéhez, ezért itt is a boltvállaknál a támaszerők nagysága, iránya, és helye ismeretlen, azaz **statikailag háromszorosan** határozatlan szerkezet

- a boltozat rétegeire ható belső erők eredői rétegről rétegre (tégláról-téglára) haladva **erősokszöget** alkotnak, amelyet a boltozat **támaszvonala** nevezünk

- az utolsó erő a **támaszerővel a vállnyomással** egyenlő

- a vállnyomás **vízszintes komponense** (különösen lapos boltozatoknál) kis boltozati nyílás esetén is nagy, ezért a **leterheléséről** gondoskodni kell

- ha a támaszvonala a **keresztmetszetben belül** marad akkor nyomófeszültségek ébrednek

- a boltozatban csak nyomás léphet fel, csavarás hajlítás nem, ez ki van elégítve, ha az erők támaszvonala a **boltozat szélétől $1/3v$ max. $1/6v$** távolságban van (v = boltozat vtg-a)

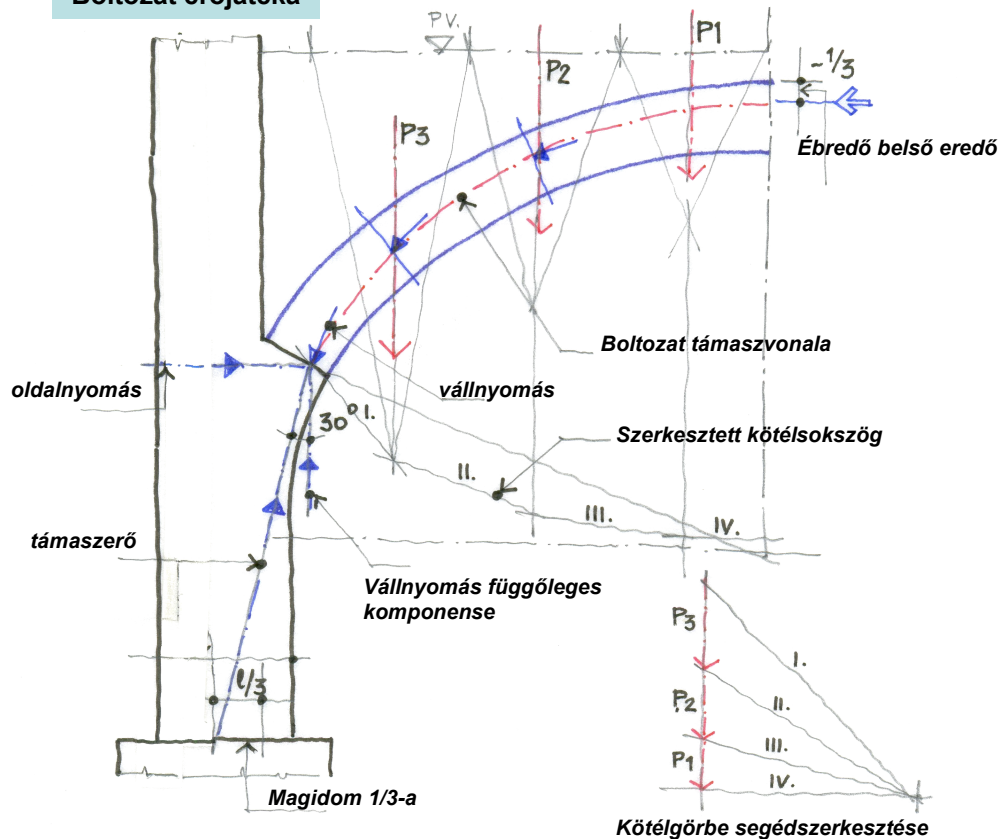
- leterhelés számításánál nem vehetők figyelembe a hasznos terheléseket, pld. **fedélszék terhe**, mivel leéghet, vagy a **földnyomást**, mivel kiáshatják

- a boltozatok bontását a **boltmezővel** kell kezdeni, utána a leterhelő falakat

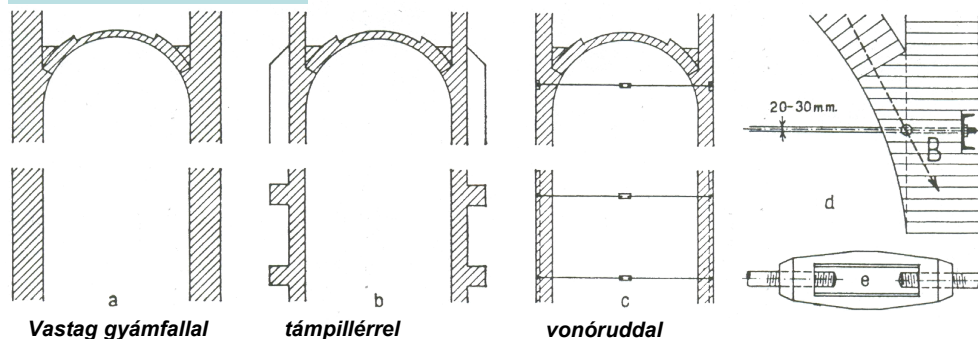
- a boltnyomás vagy vállnyomás felvehető **vastag gyámfalakkal, támpillérekkel és vonórudakkal**

- felbillenés ellen akkor felel meg a boltozat, ha vállnyomásból származó eredő az **alapkérszmet (magidom) belső $1/3$ -ban** ébred

Boltozat erőjátéka



Vállnyomás felvétele



statikai működésük:

-statikai szempontból a kupolaboltozat kedvező, mivel a gyűrűket alkotó téglasorok fekvő hézagai felfelé egyre meredekebbek, ezáltal egy lefelé mutató kúpfelületet alkotnak, így minden boltozati gyűrű egyben egy ék is, amely nem tud elmozdulni, fellép a **gyűrűfeszültség** jelensége

- gyűrűfeszültség az a belső erő, amely a kupolaboltozat **falazati egységeit egyensúlyban** tartja, azaz a falazati egységek elmozdulását a vele szomszédos a beékelés és gyűrűfeszültségek miatt elmozdulni nem tudó falazati egységek akadályozzák.

Boltozatok felújítása

Boltozatok károsodásai:

- a boltozati károk legtöbbször mechanikai okokra vezethetők vissza, ilyenek az alábbiak:

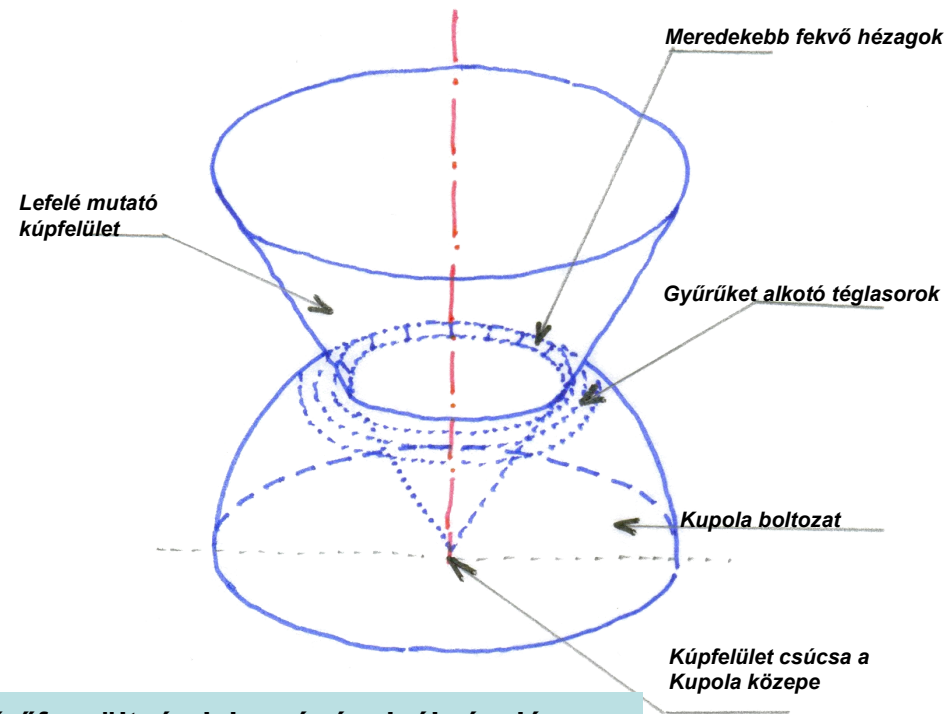
- 1- gyámfalak elmozdulása,
- 2- túlterhelés,
- 3- szilárdságcsökkenés,
- 4- szakszerűtlen kivitelezések

1 Gyámfalak elmozdulása:

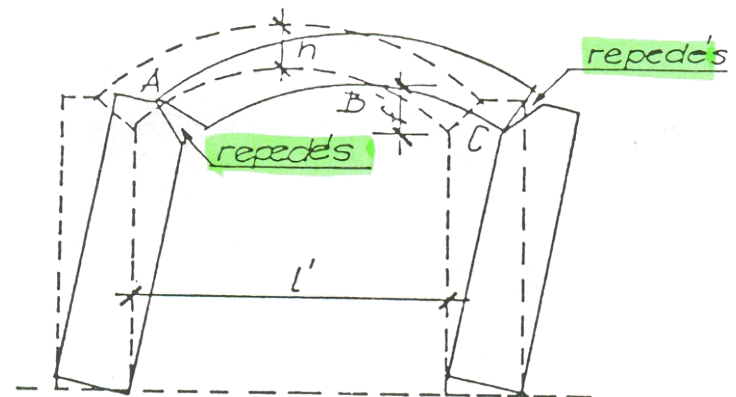
-**Térszindeformáció:** a közvetlen oka a boltozatos meglévő épület melletti szakszerűtlen melléépítés, a szomszédos építmény szakszerűtlen víztelenítése, a boltozatos épület melletti szakszerűtlen mélyépítési munkák (metró, alagút)

Ilyenkor a boltvállak elmozdulása miatt a boltozat ívmagassága csökkenhet, a boltozatot megtámasztó vízszintes erő változik. **Jellegzetes károsodási helyek a gyámfalak elmozdulása szerint:**

- **egy irányban billenő** gyámfalak estén a repedések az egyik támasznál alul, a másikonál a boltozaton felül keletkeznek.



Gyűrűfeszültség jelenségének ábrázolása



Egy irányban billenő gyámfalak

- **gyámfalak süllyedéskülönbsége** esetén hasonló helyen keletkeznek a repedések mint az előzőnél, de a megsüllyedt oldalon jóval nagyobb lesz a repedés. Mind a két esetben a **boltozatok statikai modellje** megváltozik, a **támaszvonala** más helyre kerül és a **támaszerő** is kedvezőtlenül megnőhet.

- a **gyámfalak kétfelé billenek** a boltozat közepén alul és a megtámasztások mentén felül reped meg

- a **lecsúszó boltozatnál** a gyámfalak kétfelé billenek, de a boltozat közepén nem reped meg, de a boltozat válla lecsúszik a boltvállról, azaz nem alakul át háromcsuklós ívvé. Ez a károsodás elsősorban nagy szerkezeti mozgásoknál és kis ív magasságú boltozatoknál fordul elő.

2 Túlterhelés:

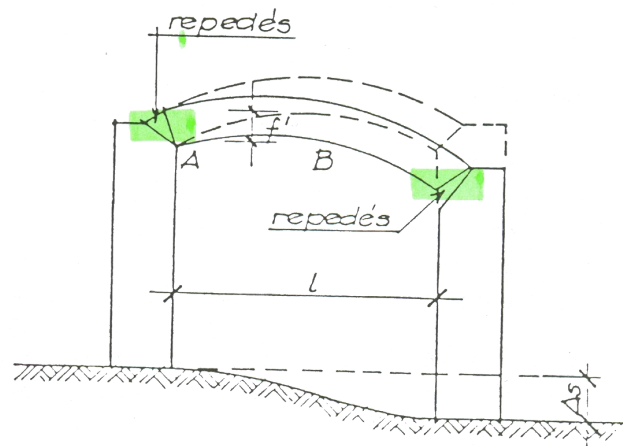
- akkor keletkezik amikor a gyámfal közelében a boltozatot nagyobb koncentrált terhelés éri (utólagos kiváltás miatti gerenda felfekvés a boltozatra). Ilyenkor a boltnyomás eredője külpontos terhelést okoz, a boltozat elmozdul és megereszkedik.

3 Szilárdságcsökkenés:

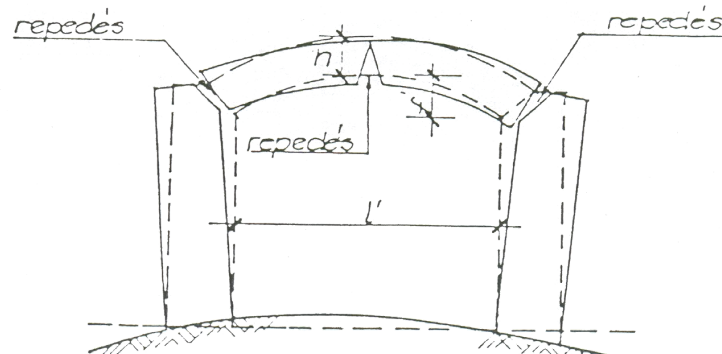
- rendszerint átázás (talajból felszívódó víz, lefolyócső hibája) következtében jön létre, ahol a boltozati téglák kitöredeznek, lemállnak, majd a szomszédos mezők is kilazulhatnak, amelyek a boltozat roskadását okozhatják. Agresszív víz esetén gyorsabb a károsodás lefolyása.

4 Szakszerűtlen kivitelezések:

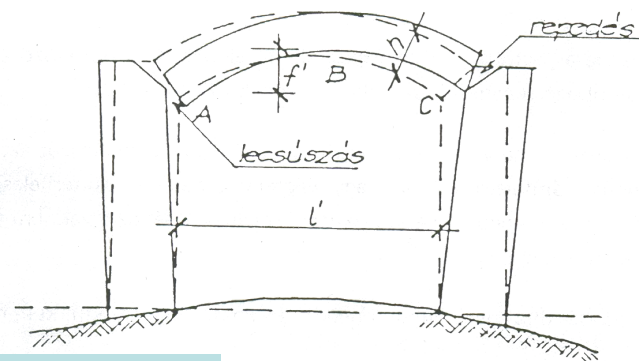
- általában az épület rekonstrukciók során (pincékben) végzett szakszerűtlen gépészeti és elektromos vezetékek számára kialakított vésések okozzák (boltváll átvésése ejtő vezetékek részére stb)



Gyámfalak süllyedéskülönbsége



Kétfelé billenő gyámfalak



Lecsúszó boltozat