

Korszerű vasbeton csarnokszerkezetek

Dr. Kiss Zoltán

docens, Kolozsvári Műszaki Egyetem

1. Bevezető

A rendszerváltás után mélypontra zuhant a kereslet a vasbeton vázak iránt, több üzem a házgyárakkal együtt szinte teljesen beszüntette a termelést. A privatizáció során a még működő üzemek nagyon alacsony értékűnek és nehezen eladhatónak bizonyultak és bizonyulnak. A beton és vasbeton előregyártó ipar nehezen élte át ezeket az éveket.

A változás jelei csak az 1990-es évek végén kezdtek mutatkozni, az első bátortalan külföldi befektetők megjelenésekor, kezdetben főleg kereskedelmi, majd ipari objektumok romániai megvalósításával.

Ma már elmondhatjuk, hogy a teherhordó vázagnál megint a vasbeton vezet, igaz még nem az 1970-es évek mennyiségi szintjén, de a tendenciák biztatók.

Újkorúnak nevezhetjük azokat a vázakat, melyek az első nyugati befektetők megjelenésével együtt születtek, és ma is meghatározzák a hazai vasbeton vázakat. Romániában a METRO áruházak jelentették a szerkezeti rendszerváltást.

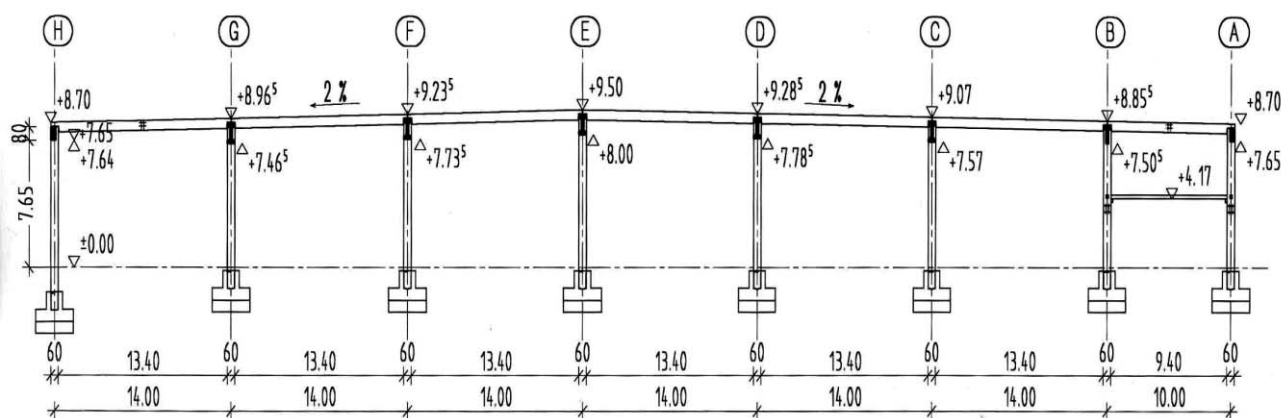
A Metro és Makro áruházláncolat, mely Európában több mint 350 áruházat mondhat magáénak, nagy hangsúlyt fektet arra, hogy Londontól Moszkváig, a vásárló mindig ugyanazt a komfortot találja üzleteiben.

A magyarországi nyolc vasbeton szerkezetű áruház után 1996-ban kezdődött a romániai Metro áruház építési program. Az első két bukaresti áruház – a Metro áruházak történetében először – még acél tetőszerkezettel épült, részben az időhiány, részben a földrengésveszély miatt. A tűzvédelmi festéssel, a földrengésveszély miatti méretezés többletköltségével együtt a szerkezetépítés költsége mintegy duplája volt a magyarországinak. A harmadik – temesvári – Metro áruháznál az építető már ragaszkodott a vasbeton szerkezethez.

A romániai szerkezethöz szinte természetes volt az építető szándéka, hogy minél nagyobb mértékben támaszkodjon a magyar előregyártási gyakorlatra. A szerkezet kialakításánál figyelembe kellett venni a bukaresti áruházak pillér- kiosztását és így a magyarországi 10x20 m pillérállással szemben a 14x21 m pillérhálót alkalmazták. Az egy pillérre jutó kb. 300 m² ma is az egyik legnagyobb pillérkiosztás vasbeton csarnokoknál. Kevesebb pillér kedvezőbb berendezési lehetőséget jelent. Egyéb vonatkozásban mindent a magyar mintára kellett kialakítani, pl. a tető közepéről lejt a homlokzatok felé 2% - kal (1. ábra).

A 15 hét alatt felépített vasbeton szerkezet előnyösebbnek bizonyult az acélszerkezethöz, így az építető elhatározta, hogy a további áruházak a temesvári kialakítású szerkezettel épüljenek.

A bukaresti harmadik Metro áruház (átadás 2000 december) és az utána következő hat áruház már a kolozsvári Plan 31 Ro tervezésében és az ASA tordai üzemének kivitelezésében történt (2. ábra).



1. ábra

A bukaresti Metro áruház vázszerkezete



2. ábra

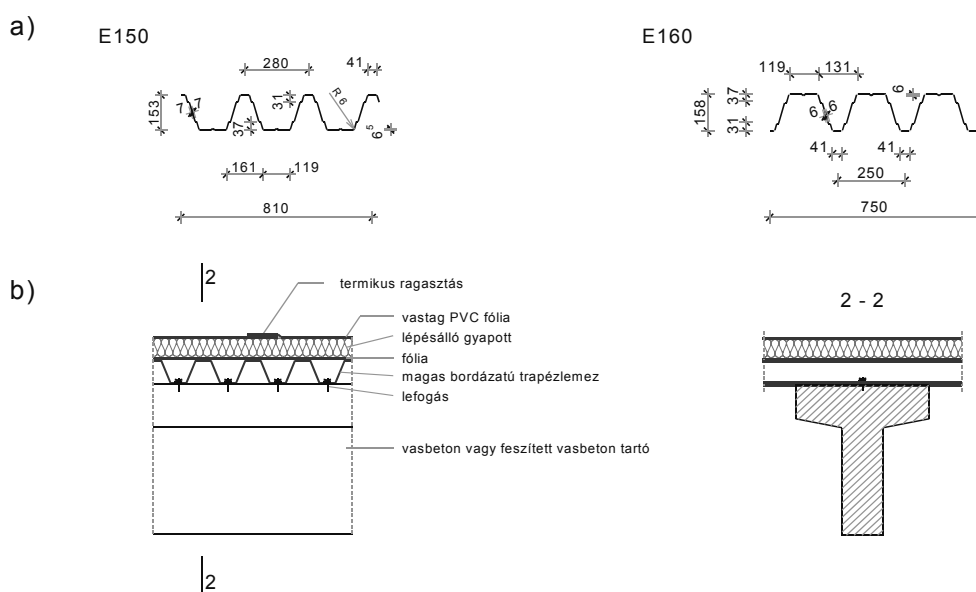
Metro Bukarest Voluntari szerkezete szerelés közben

2.1. Csarnokszerkezetek

Miben új ez a szerkezet? A régi rendszerhez képest a legnagyobb változást a tető kialakítása jelenti. Míg a korábbi csarnokok TT vagy ECP panelos tetőfödéssel készültek, addig az új rendszerek a nagy bordázatú trapézlemez héjalást alkalmazzák (3. ábra). Nyugat Európában a korrózióvédelemmel ellátott trapézlemez már korábban kiszorította a piacon a vasbeton tetőpaneleket.

A rendszert tulajdonképpen „könnyű vasbeton váznak” is nevezhetjük, mivel csak 160-200 kg/m² tömegű, a korábbi ECP és TT paneles csarnokok 350-450 kg/m² tömegéhez képest. A magas bordázatú lemez használatának előnye abban áll, hogy a szelemenek közötti távolság 7,5 m-ig növelhető, vagy ilyen méretű rasztartávolság esetén nincs is szükség szelemenek alkalmazására. A lemez minimális vastagsága 0,88 mm de nagyobb nyílások esetén 1,5 mm is lehet. Ha a hőteher nagy (pl. torlaszok miatt) akkor esetleg két réteg trapézlemez alkalmazása szükséges

Földrengésveszélyes helyeken egyfelől nagy jelentősége van annak, hogy a szerkezet önsúlya minél kisebb legyen, ezt az új rendszer remekül teljesíti.



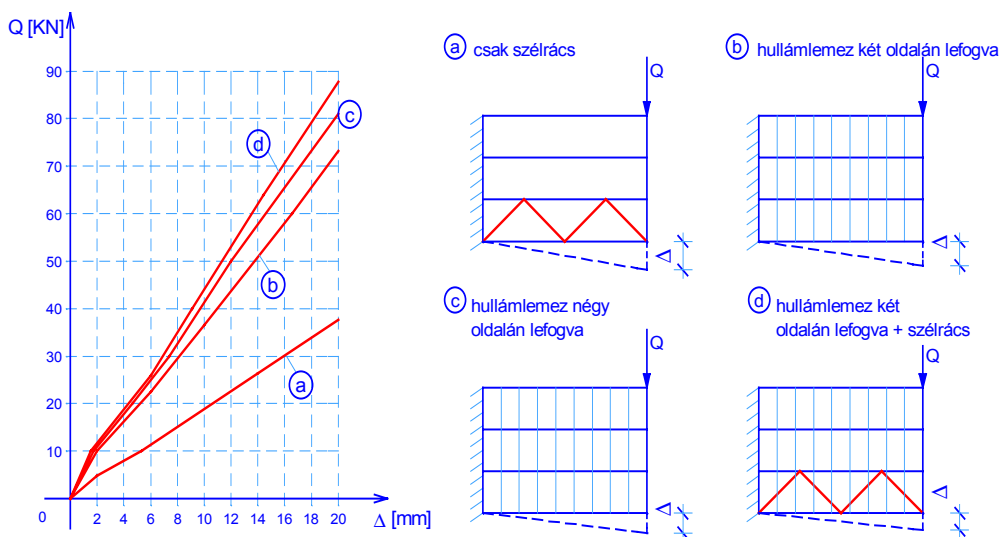
3. ábra

*Az új rendszerek tetőzete:
a - magas bordázatú trapézlemez; b - szigetelések kialakítása.*

Másfelől fontos kérdés a *szerkezet térbeni viselkedése*, ami nagyban a tetőfedés síkbeli merevségétől, tárcsahatásától függ, ebben viszont kevés a tapasztalatunk a hullámlemezrel kapcsolatban.

Romániában, de máshol is végzett kutatások, kimutatták, hogy a két vagy a négy oldalán befogott lemeztárcsa hatása jobb, mint a szélrácsé. Sőt a négy oldalán befogott lemez viselkedése szinte megegyezik a két oldalán befogott lemez és a szélrács együttes hatásával (4. ábra).

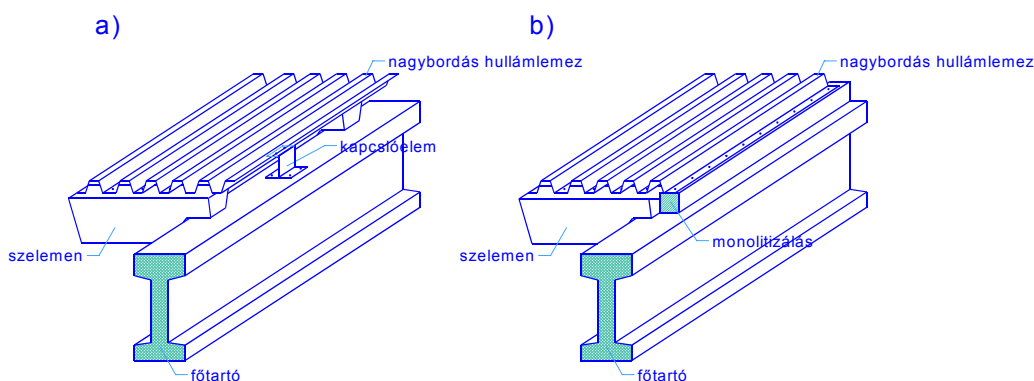
A két oldalán lefogott lemez alatt a minden hullámvölgyben csavarral rögzített lemezt értjük. A másik két oldal rögzítése a borda mentén már körülményesebb, mivel a szelemen a főtartóra támaszkodik, így a két elem felső szintje nincs egy síkban.



4. ábra.

Nyíróerő – kihajlás görbék különböző megoldású tetők esetén

A feladatot kétféle módon lehet megoldani: külön fémből készült rögzítő elemek alkalmazásával vagy a főtartó helyszínén történő felbetonozásával oldhatjuk meg. Ha kellően sűrű a lefogás, akkor a “c” és “d” görbék szinte fedik egymást (5. ábra).



5. ábra

Hullámlemez négy oldalon lefogva: a – kapcsolóelemekkel; b - felbetonnal

A kérdés teljeskörű tisztázásáig a tetőszerkezet acél szélráccsal való megerősítése ajánlatos (6. ábra).

Az acél trapézlemezről készülő tárcsa, ásványgyapot hőszigetelés és a mechanikusan rögzített szigetelő fólia lehetővé tette a nagy fesztávolságú gerendák létesítését, ami találkozott az építetők ama igyekezetével, hogy a gyorsan változó épületfunkciók miatt nagyobb szabadságfokot biztosítsanak épületeiknek. (1 táblázat).

A siker kulcsa a nagyszilárdságú betonok alkalmazása. A gyártóüzemekben ma a C30/37-től a C40/50 betonig terjed a normál szilárdság, de kezdeti lépések mutatkoznak a C50/60 sőt C60/70 betonok irányában is. Azonos anyag (beton) négyszeres teljesítőképességgel nyilván más gondolkodásmódot eredményez.

Nagy a fejlődés a betonacél minősége és feldolgozása terén is. Ma már kizárólagos a nagy fesztávú gerendáknál az 500 N/mm^2 folyáshatárú acélok használata (EC2 szerint). A nagyobb átmérőjű betonacélokat

már alig hajlítják, helyette inkább lehorgonyzó hajtűket, pótbetéteket használnak. A kengyeleket általában automata hajlító gépekkel készítik 6–12 mm átmérőjű tartományban. Számítógépes vezérlés biztosítja a kengyelek bármilyen összetett formájának kialakítását.

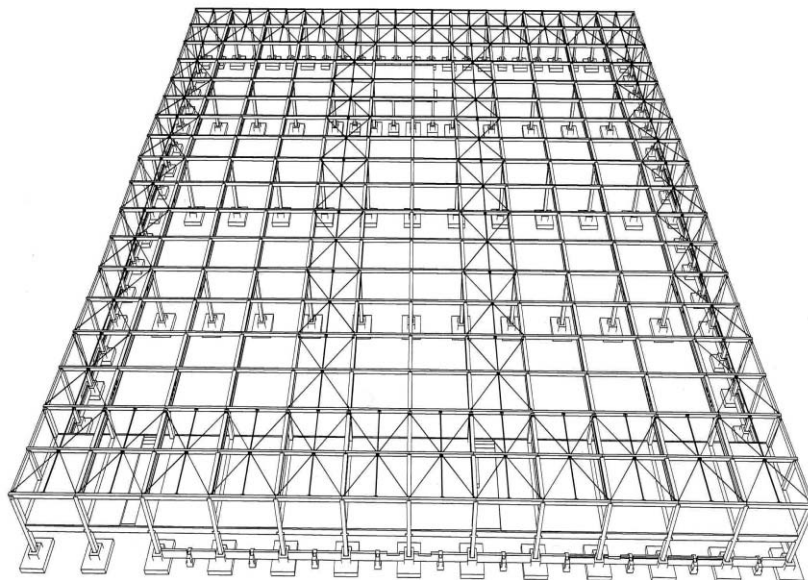
A felhasznált, korszerű, külföldi sablonok kiváló minősége magával hozta a nyugati gyártási kultúrákat is.

A nagy fesztávok miatt a tetőfőtartók és szelemenek általában feszített vasbetonból készülnek I vagy T keresztmetszettel (7. ábra).

Az I keresztmetszet statikailag kedvezőbb, elsősorban a feszítőbetétek könnyű elhelyezése miatt, de gyártástechnológiailag nehezebb. A T keresztmetszet elsősorban építésetileg elfogadhatóbb, mivel itt nincs porlerakódás mint az I tartó alsó övében. A T keresztmetszet alkalmazásakor a legnagyobb gondot a szükséges vasmenyiség elhelyezése jelenti. Jó megoldást eredményez a feszítőbetétek és betonacél vegyes használata.

A mai vázknál is visszatérő probléma, hogy a tetőtartó a rövid vagy a hosszú irányba kerüljön. Például a Continental, Kromberg (8. ábra) és Bock csarnokoknál a rövid, míg az összes többinél (1. táblázat) a hosszú irányban vannak a főtartók. Mint látható nincsenek általános szabályok.

A két változatra elsősorban az épületgépzési vezetékek elhelyezése van nagy hatással. Amennyiben a szellőző vezeték nagyméretű csőhálózatát a szerkezetben kívánják átvezetni, már a tartók méreteit is ezekhez az igényekhez kell igazítani (általában növelni).



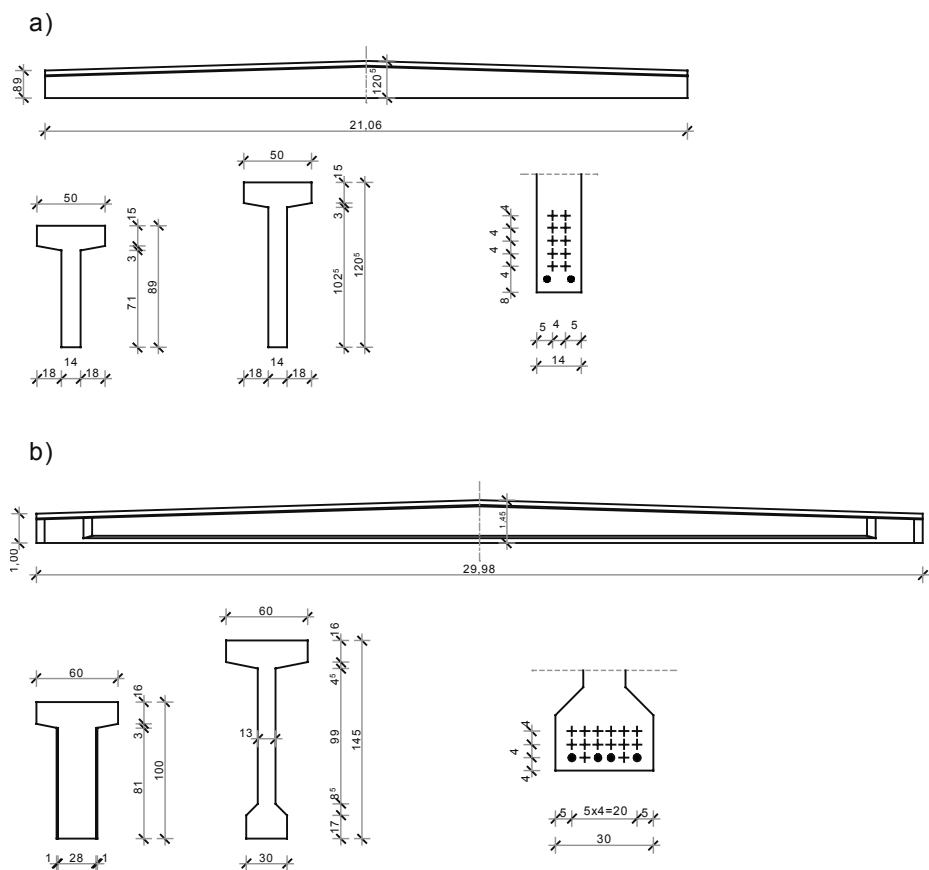
6. ábra

Vasbeton vázszerkezetek erősítése acél szélráccsal

Megvalósult létesítmények

1. táblázat

Megnevezés	Az építés ideje	Pillérháló [m]	Egy pillérre jutó felület [m ²]	Beépített terület [m ²]
RONDOCARTON Kolozsvár	1999	18x10	180,00	11600,00
CONTINENTAL Temesvár Gyártócsarnok	1999	26x12	312,00	
	2000	22,5x12	270,00	10110,00
KROMBERG & SCHUBERT Temesvár	2000	22,5x15	337,50	10000,00
METRO Cash & Carry 9 áruház	2000	21x14	294,00	10500,00
Dr. D. BOCK & PARTNER Sepsiszentgyörgy	2000	25x13	325,00	4200,00
RHMS Esztelnek	2000	25x6	150,00	1540,00
FUNDY Kolozsvár	2000	21x6	126,00	1700,00
GERRY WEBER Marosvásárhely	2000	14x7	98,00	5124,00
LEINEWEBER Sepsiszentgyörgy	2001	18x18	324,00	10180,00
SELGROS Cash & Carry Bukarest 2 áruház	2001	24x10,2	244,80	13220,00
LEONI Wiring Systems Arad	2001	30x6	180,00	17000,00
BACO PROD. Comanesti Raktárcsarnok	2001	25x15	300,00	3645,00
	2001	18x18	324,00	5940,00
ÖSSZESEN				208979,00



7. ábra

A fejlődés iránya:

a – 21 méteres T tartó; b – 30 m fesztávú I szelemen tartó

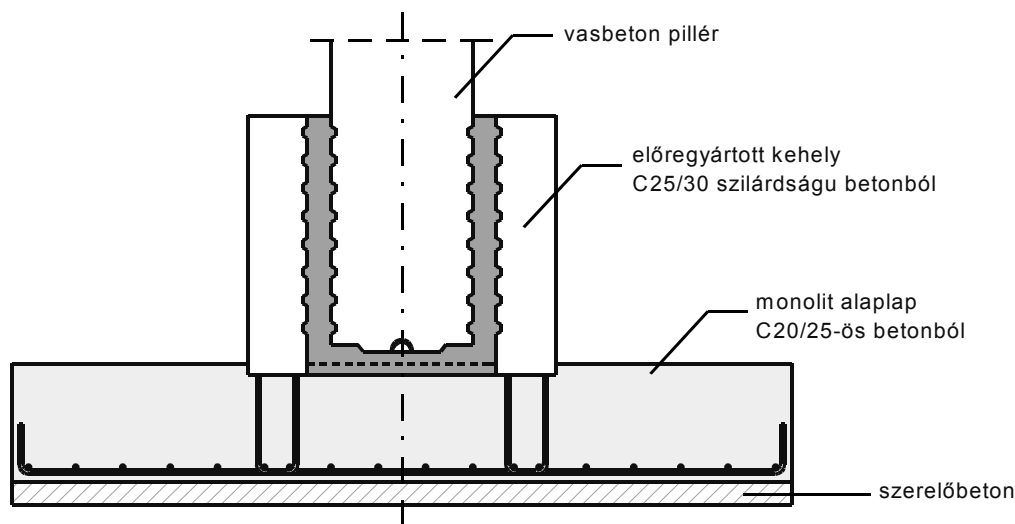


8. ábra

Kromberg gyártócsarnok Temesvár 15x22,5 m pillérhálóval

Műszaki szempontból a statikai váz és csomópontjai határozzák meg a használható tartószerkezetek körét. A nagy fesztávú szerkezeteknél a fentiekén túl figyelemmel kell lenni a szállíthatósági és szerelhetőségi problémákra is.

A földszintes csarnokok esetében az alul befogott és felül csuklós pillér a leggyakoribb megoldás. Természetesen a befogás kehely alapokkal történik. Az újdonság abban van, hogy a nagyobb építési sebesség miatt a kehelyrész előregyártva, míg a alaplap monolitikusan készül (9. ábra). A kehely belső fala bordázott felületű (a pillér oldalfelülete is bordázott), így megfelelő kibetonozás esetén a pillér a kehellyel szinte monolitikusan együttműködik.

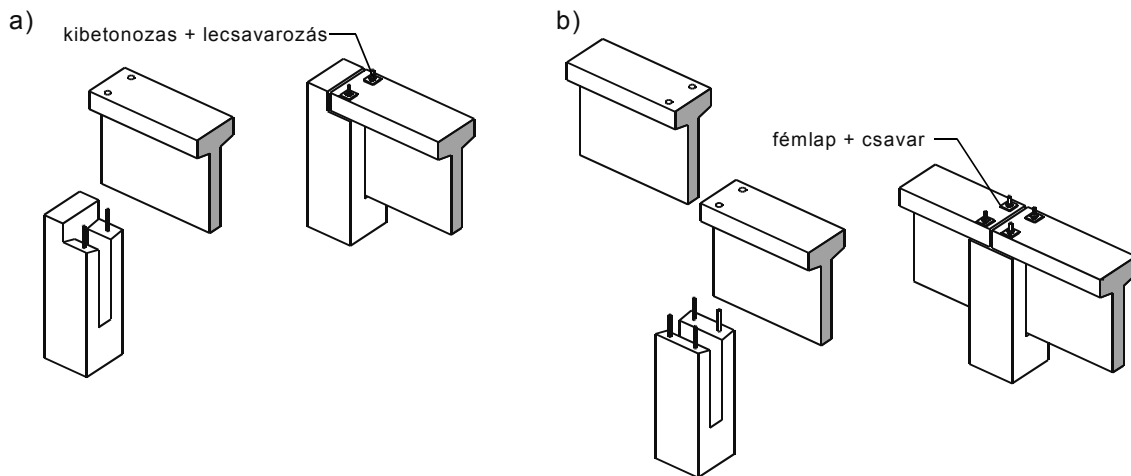


9. ábra

Előregyártott kehely monolitikus lepenyrésszel

Az előregyártott kehelyrész nagyobb szilárdságú betonból készülhet mint az alaplap, pontosabb méretekkel mint a monolitikus kivitelezésnél.

Az előregyártott vasbeton szerkezeteknél a legnagyobb nehézséget a csuklós csomópontok kialakítása okozza. A meghonosított rendszer elsősorban a villás megoldást alkalmazza (10. ábra).

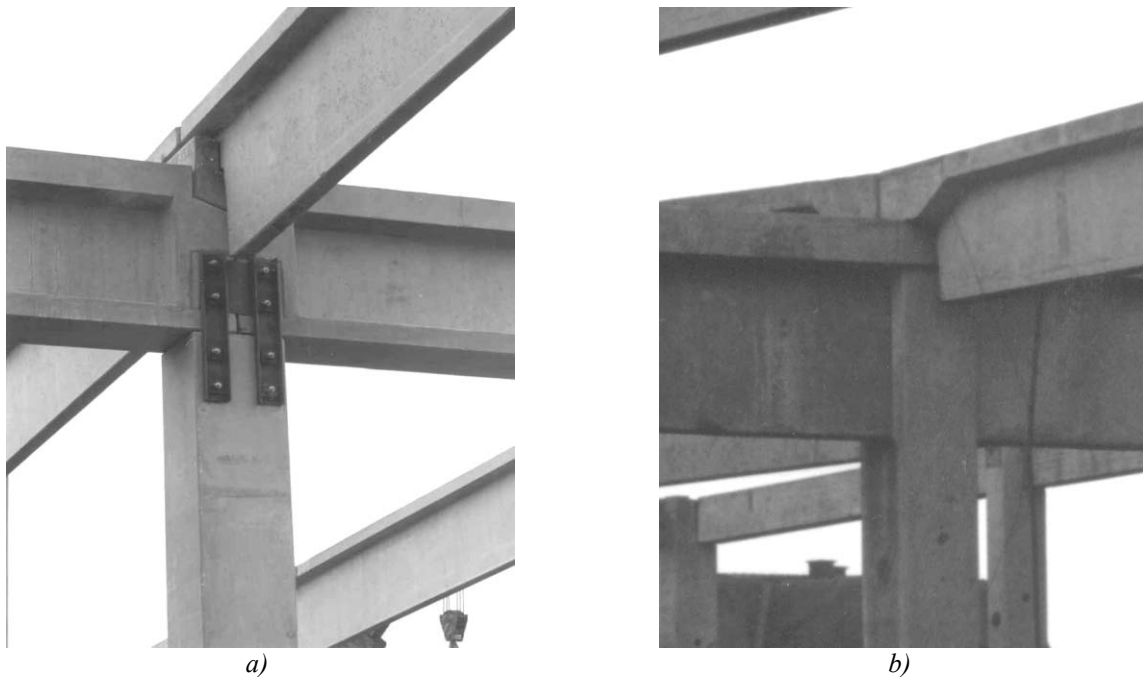


10. ábra

Villás megoldású csomópontok: a – szélső; b - közbenső

Ezt régebben is alkalmaztuk, az újdonság abban áll, hogy hegesztéses lefogás helyett a sokkal egyszerűbb és a szerelés szempontjából gyorsabban megoldható tüskés megfogást alkalmazzuk. A szerelés végeztével ezek a kapcsolatok (a tüskék körül) térfogatukat növelő cementhabarccsal lesznek kitöltve. Fokozott föld-rengésveszély esetén a tüskéket biztonságból lecsavarozzuk arra az esetre, ha véletlenül elfelejtenék a cementes befogást alkalmazni. Hiszen itthon vagyunk!

Más csomóponti megoldásokat is alkalmazunk a tartó keresztmetszete és a fesztáv függvényében (11. ábra).



11. ábra

Egyéb csomóponti kialakítások:

– Leineweber Sepsiszentgyörgy; b – Kromberg Temesvár

A nagy fesztávú vasbeton gerendák felfekvésénél a nagy csúcsheszültségek következtében különösen nagy a meghibásodás veszélye. A cement habarcs aláöntés, acéllemezek alkalmazása ma már korszerűtlen, ezért gumilemezeket használunk. A neoprén lemezek alkalmazása különösen a dilatációs elmozdulásokra előnyös. Segítségükkel a csarnokok megengedett dilatációs hossza akár kétszeresére vagy még többre növelhető a megszokott 60 m-hez képest.

Egy másik újdonság a csarnokok padlójának kialakítása. Már korábban is megjelent az igény – különösen üzemi és kereskedelmi létesítményeknél – az egybefüggő, viszonylag nagy területű és teherbírású felületek iránt.

Az ipari padló – a csarnokok betonpadlóit gyakran így nevezik – három fő részből áll:

- talaj (egyenletes és tömörített);
- ágyazat (kavicsból, zúzott kőből 30-50 cm vastagságban);
- betonlemez megmunkált felülettel.

A tartós működéshez e három egymás fölötti réteg teljes hatékonysága szükséges.

Miközben a vázszerkezetet viszonylag jó közelítéssel méretezni tudjuk, addig a padlók kialakításánál a mérnöki ráérzés és a kivitelezési technológia a legfontosabb.

A betonlemez kialakítása a következő rétegekből alakul:

- PVC fólia mint csúszó-csúsztató réteg;
- betonlemez;
- kopóréteg;
- bevonat vagy burkolat.

A zúzott ágyazaton 2-3 cm homokréteg képezi a PVC aljzatát, ezen a 0,03 m vastag PVC fólia két rétegben, 25 cm minimális átfedéssel biztosítja a betonlemez csúsztatását, de a talajnedvesség elleni szigetelést is.

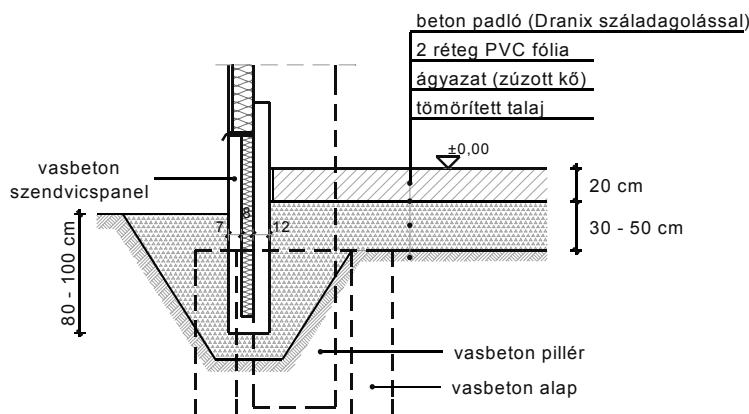
A betonlemez készülhet vasalatlan vagy vasalt változatban. A vasalás lehet hagyományos hegesztett háló vagy acélszál. Romániában, tudomásunk szerint, először a Metro áruházaknál alkalmazták az acélszál-erősítésű betonzalattal készült padlózatot. Azóta az ipari padlóba kerülő acélszál-felhasználás mérhetően megnőtt. A betonpadló legalább C25/30 típusú betonzalattal 25-40 kg/m³ Dramix (vagy egyéb márkájú) száladagolóval készül. A beton kis zsugorodású kell legyen, ezért készítéséhez maximálisan 350 kg/m³ cement használható, 0,4 körüli víz-cement tényező mellett.

Az eddigi tapasztalatok igazolták, hogy a szálak hatására nő a beton szívóssága, törési összenyomódása, szakadó nyúlása, fáradási szilárdsága, ütésterheléssel szembeni ellenállása. E sok kedvező tulajdonság mellett meg kell említenünk, hogy szálbetonoknál a szilárdsági jellemzők szórása jóval nagyobb mint azt a vasbetonnál megszoktuk. Ily módon más biztonsági filozófiával kezelhető a szálbetonos padló, mint a vasbeton padló. Ezért az „acélhaj” alkalmazását nyilván nem a statikusok erőltetik, hanem a kivitelezők. Nem véletlenül! Hiszen hallatlan nagy technológiai és gazdasági előnye van annak, amikor a vasalást közvetlenül a betonba lehet keverni, és lézeres vezérlésű lehúzógéppel napi 1000 m² padlóépítést lehet elérni.

A megfelelő járófelület kialakítása általában szárazhabarcs bedörzsöléssel történik, de előfordul a magnezitesztrik vagy műanyag bevonat is. A szárazhabarcsot a friss teherviselő betonra kell felhordani, míg a többit külön rétegben kell a már megszilárdult padlóra vinni. A megfelelő járófelület kialakítása nagy teljesítményű duplarotoros simító illetve glettelőgépekkel történik.

A korábban gyakori 6x6 méteres táblaméretet helyett ma egyre inkább a 10x10 méteres vagy még nagyobb méretekre törekednek. A hézagot utólag, a betonvastagság harmadáig levágva célszerű készíteni. A homlokzat melletti padlósávokat hőszigetelt talpgerendákkal kell megvédeni a hőtágulási repedések ellen.

A padlólemez alatti hőszigetelés leggyakrabban vasbeton szendvics falpanelek (12. ábra) segítségével érhető el, különösen ha azok a terepszint alá 0,8-1,0 m-ig lemennek.

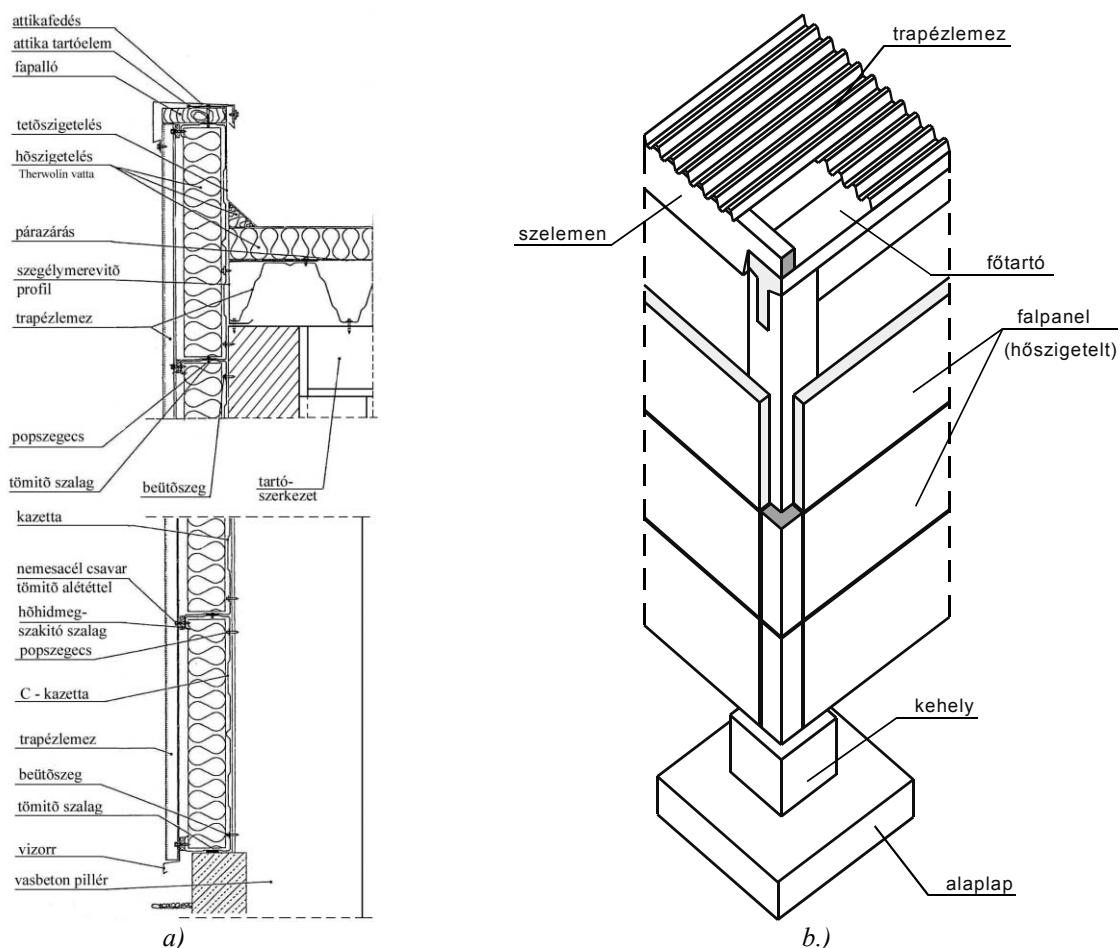


12. ábra
Hőszigetelt lábazati elem

A homlokzatok kialakítására általában két megoldást alkalmaznak az építészek:

- könnyűelemes (függönyfal, kazettás, izopaneles stb.);
- nehézelemes (előregyártott háromrétegű vasbeton).

Újabb az ipari csarnokoknál nagyon divatos a kazettás megoldás (13.a ábra). A vasbeton máig nem tudta visszaszerezni korábbi pozícióját elsősorban a paneles tömbházak „sokkja” miatt. Kezdeti lépések azonban történtek ezen a téren is. Egy-két csarnoknál (pl. Wersalit Lugos) már alkalmaztak vasbeton szendvics falpanelt (13.b ábra).



13. ábra

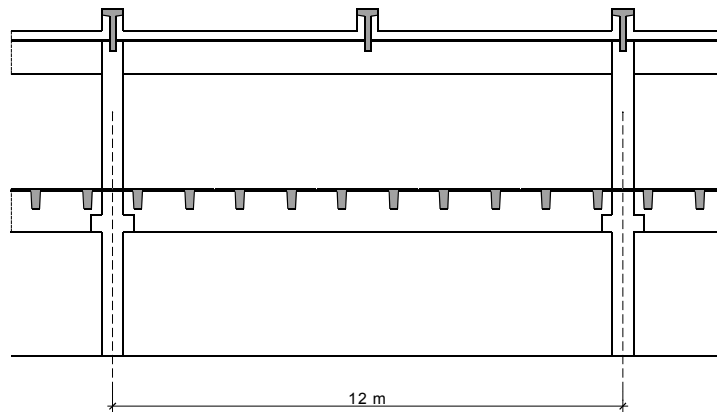
Homlokzatkialakítás:

a – kazettás; b – vasbeton szendvics falpanel

Ahhoz, hogy még jobban elterjedjen a magas esztétikai élményt nyújtó vasbeton homlokzati elemgyártás, szükséges új fejlett technológiák bevezetése, pl. külföldön már robotok végzik a fizikai munkát, állandó minőségi szinten.

2.2. Többszintes épületek

A többszintes épületeknél, de elsősorban a kétszinteseknél dominálnak a kereskedelmi létesítmények. Kétszintes épületeknél a köztes földem általában a csarnok vázán belül helyezkedik el (14. ábra).



14. ábra

Kétszintes épületek közbenső födémének kialakítása

A minél szélesebb körű használhatóság, valamint a funkciók gyakori változása miatt a többszintes épületek födémleinél, hasonlóan a csarnokszerkezetekhez, megfigyelhető a fesztávolságok növekedése.

Többszintes vázszerkezeteknél az előregyártás csak akkor jelent komoly előnyt, ha a helyszíni munka jelentős csökkenésével jár, és azt lényegében szerelő jellegű tevékenységre korlátozza. Előregyártott vázagnál a kapcsolatok kialakítása okozza a fő nehézségeket. Az illesztés csak akkor nem ellentétes a mai technológiai követelményekkel, ha egyszerű eszközökkel megoldható.

Ebben az értelemben előnyösek a szinteken átmenő pillérek, mivel a pillértoldás nehézkes. A korszerű pilléreknel viszont a szállítási és szerelési nehézségek szabnak határt.

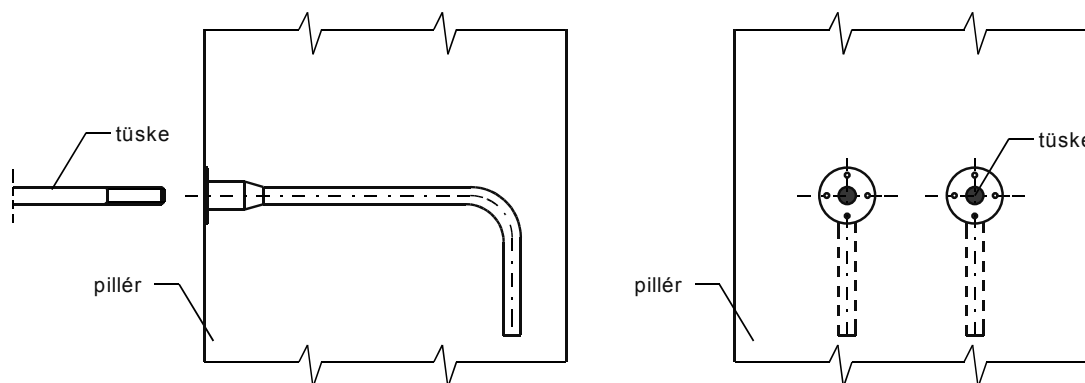
A tartók általában kéttámaszúak és csak az egyik irányban vannak elhelyezve. A másik irányban a vastag födémlemez biztosítja a merevséget. A felfekvés rövid konzolok segítségével a tartó magasságában történik. A tartó és pillér szélessége azonos méretű, ezért a megoldás nagyon esztétikus. A csomóponti megoldások egyszerűsítése érdekében gyakran alkalmazzák a gégecső-tüskét nem zsugorodó cementhabarcs kiöntéssel. A tüskét néha lecsavarozzák.

Befogott tartóvég esetén a HALFEN vagy LENTON betonacéltoldás alkalmazható (15. ábra). Ez nem olcsó megoldás, de technológiai előnyei egyértelműek.

A födémlemez kialakítására többféle szerkezeti megoldás is alkalmazható. Ma Romániában leginkább a következő három födémlemez használják (16. ábra):

- üreges födémlemez;
- zsaluzópanel;
- TT födémlemez,

de egyéb megoldás is elképzelhető.



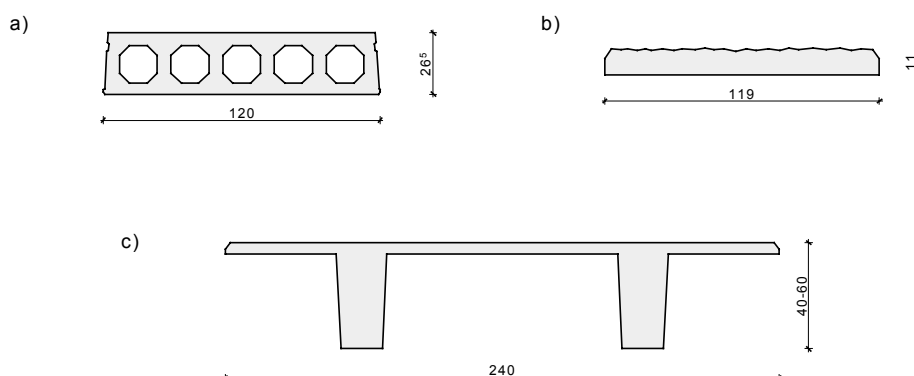
15. ábra

HALFEN rendszerű betonacéltoldás

A vasbeton üreges födémlemezeket mintegy 50 éve használjuk. Mégis ezeket ma a magyarországi Ferobeton cégtől szállítják, mivel az ott beindított Partek gyártósor választéki és minőségi ugrást jelentett. Az újdonság a rendszerben főleg abban áll, hogy a födémlemezeket nem egyenként gyártják, mint ahogy régebben,

hanem a feszítőpad által megengedett maximális hosszú elem kiöntése és megszilárdítása után azt, igény szerint, méretre vágják.

A zsaluzópanel sem újkeletű, hiszen éppen a magyar származású Keller István úttörő munkássága folytán (Filigran födém) az előregyártott vasbeton födémlemez monolitikus felbetonnal rendkívüli karriert futott be. Ma leginkább a feszített zsaluzópanelt alkalmazzák 8 m fesz távig. Gyártása az üreges födéméhez hasonlóan történik.



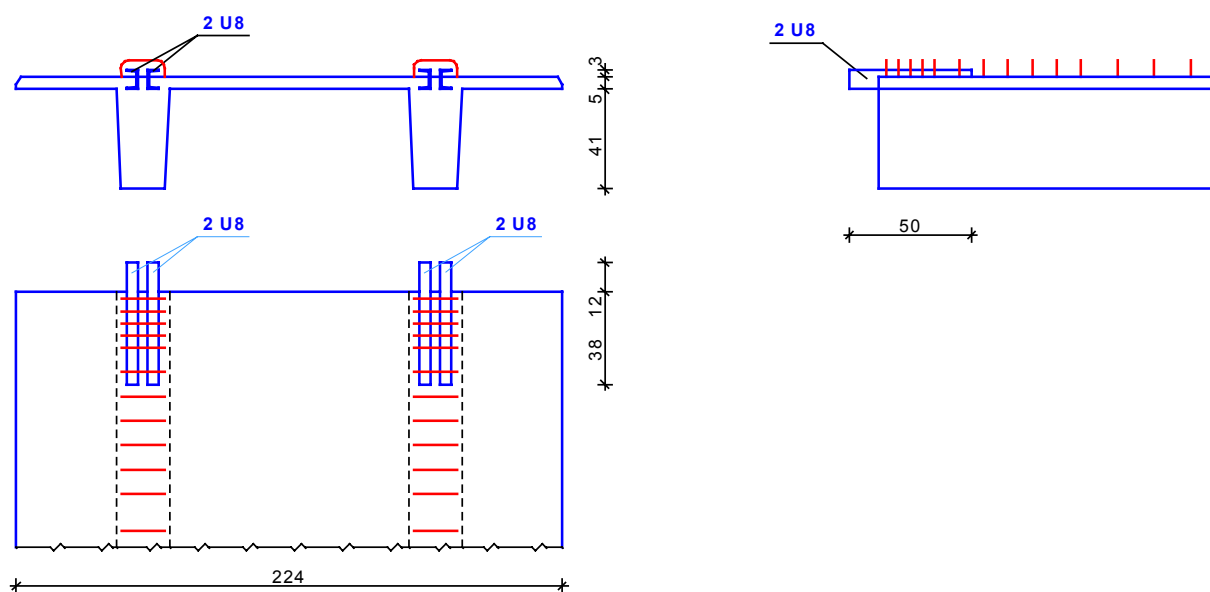
16. ábra

Födémlemez kialakítások:

a – üreges födémlemez; b – zsaluzópanel; c – TT födémlemez

Itt már lehetőség van a lemez és a gerenda együttdolgoztatására is, mivel a zsaluzó elem felső feléből betonacél tüskét lehet kihagyni, ami belóg a gerenda felé, és az utólag kiöntött betonnal az egész szerkezet monolitá válik. Ma az általunk tervezett födémek több mint 50% -a készül ilyen födémlemezekkel (pl. Gerry Weber-Marosvásárhely, Kromberg, Continental-Temesvár, Leineweber, Bock-Sepsiszentgyörgy, stb.).

A felfüggesztett TT paneles födémrendszer Romániában ismeretlen volt. Először a kolozsvári Rondo kartongyár emeletes csarnokánál alkalmazták. Ezeknél a szerkezeteknél szokatlan a függesztő szerelvény kialakítása (17. ábra).



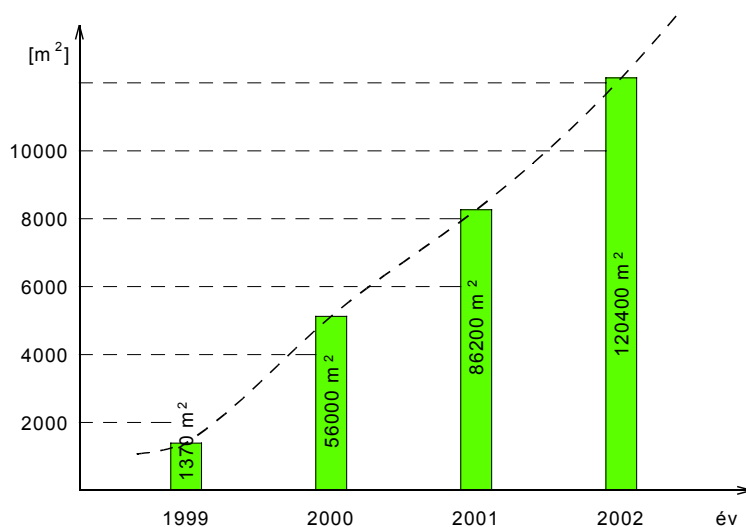
17. ábra

Függesztő szerelvény kialakítása TT paneles födémeknél

A rendszer nagy előnye a kis szerkezeti magasság, mivel a monolitikus felbeton a TT panel, mind a gerenda nyomott övét képezi. Kisebb a gerendára ható csavarónyomaték is.

3. Megállapítások

Az áruházak szerkezeti megoldása már-már típusmegoldásnak tekinthető. Hasonló tendencia figyelhető meg az ipari üzemek építésénél is. Az igény az ilyen szerkezetek iránt egyre nő (18. ábra).



18. ábra

A Plan 31 által tervezett és ASA Ro kivitelezésében készült csarnokfelület

Ma már általános jelenség a fesztávolságok növekedése, így a feszített vasbeton tartóknál az igény 36 méterig terjed. Szép példa erre az aradi vagy a beszercei LEONI csarnok 30 m fesztávolságú tetőgerendái (19. ábra).

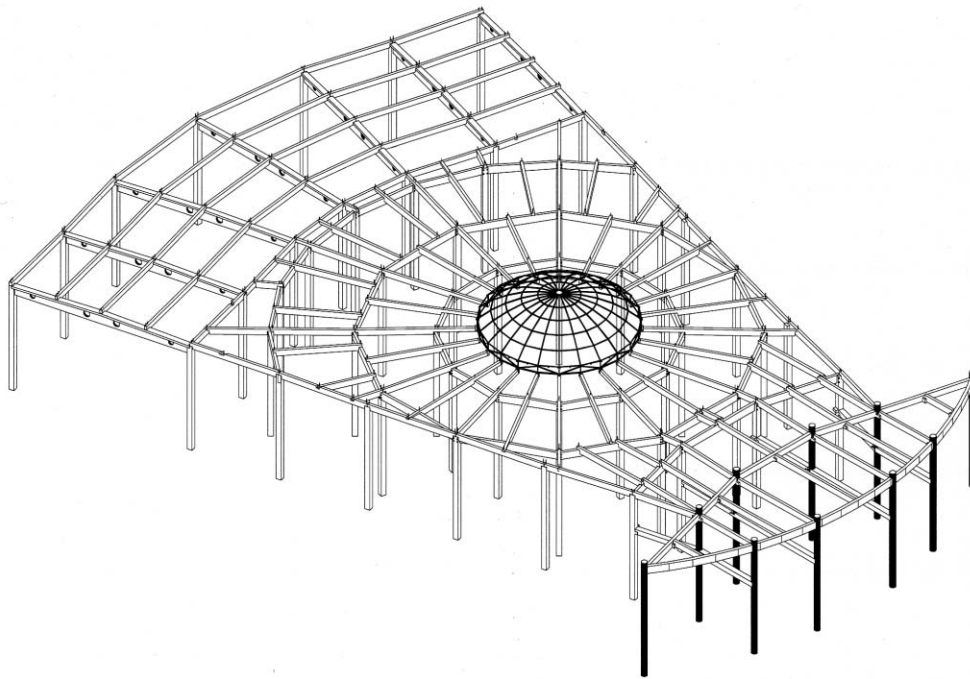


19. ábra.

A beszercei LEONI csarnok tetőgerendái

Egyszintes csarnokszerkezeteknél az egy pillérre jutó tetőfelület is egyre nő. A Pitești-i Renault autógyár például 28x32 m pillérállású csarnokra kért ajánlatot. Ez már majdnem 900 négyzetmétert jelent egy pillérre. Joggal vetődik fel a kérdés – vajon hol van a határ?

Egy másik jelenség, hogy egyre bonyolódnak a szerkezetek, mint azt a nagyváradi LOTUS MARKET-nél láthatjuk (20. ábra).



20 ábra

A Nagyváradi LOTUS MARKET C tömb szerkezete

Nyilvánvaló, hogy akkor tud az előregyártó ipar gyorsan válaszolni az igényekre, ha fejlődése a jövőben is biztosított marad, és képes lesz a tudomány szédületes megvalósításait befogadni. Gondolunk itt elsősorban a beton szilárdságának növelésére, vagy a nagy teljesítőképességű szén-szálalás bevezetésére. Rendelkezésünkre fog állni olyan beton, melynek teljesítőképessége három vagy négyszerese a rendszerváltás előttinek, ennek következményei ma még beláthatatlanok.