

### 3. ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK

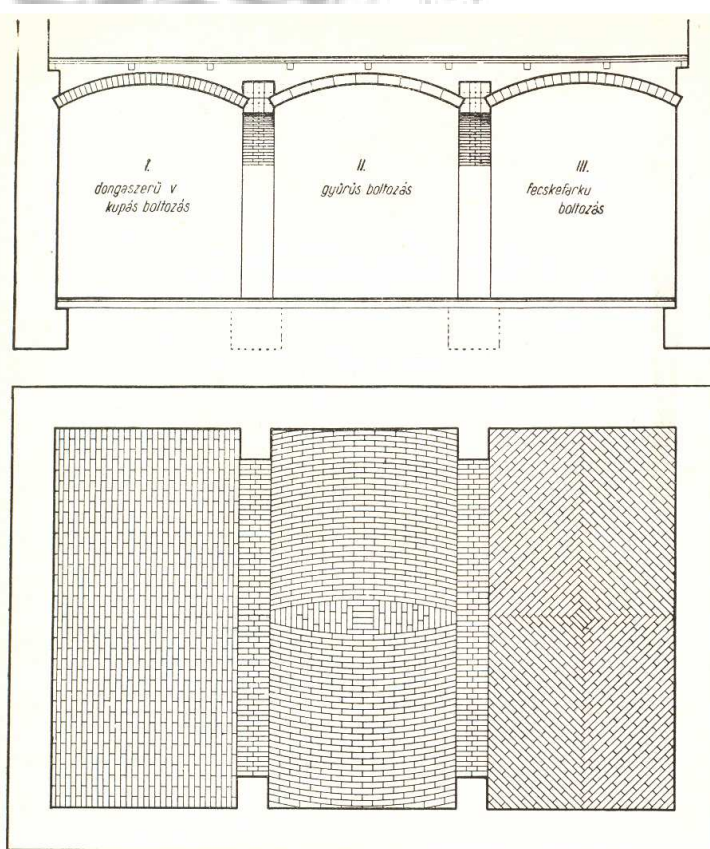
#### 3.1. AZ ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK KIALAKULÁSA, ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

A vas- és acélgyártás fellendülésével a XIX. század második felében értelemszerűen vetődött fel az új anyag és a belőle készült gyártmányok alkalmazása az építészetben is. Hamarosan megkezdődött a kimondottan építőipari felhasználásra szánt acéltermékek előállítás is. Az új anyagok –előbb az öntöttvas, majd az acél- a tartószerkezetek területén elsősorban rúdszerkezetek –oszlopok, pillérek, gerendák- céljára voltak alkalmasak. Arra is hamar rájöttek, hogy az öntöttvas –kisebb húzószilárdsága miatt- leginkább csak nyomott szerkezetek (pillérek) készítésére alkalmas, míg a húzásra és nyomásra egyformán teherbíró acél hajlított szerkezeteknél is kiválóan alkalmazható.

Az acélgerendák alkalmazásának legfőbb előnye az *önsúlyhoz képest minden más anyagnál nagyobb mértékű teherbírás* volt, továbbá segítségükkel –amennyiben az acélfelület eltakarását megoldották- először lehetett nedvességre kevésbé érzékeny és viszonylag tűzbiztos síkfödémeket építeni.

A kezdeti próbálkozások után (különböző keresztmetszetű öntöttvas gerendák, vasúti sínek) nagyon hamar kiderült, hogy hajlításra igénybevett szerkezeti elemek (kiváltók, födémgerendák) esetében kedvező formájuk okán az I-szelvényű (és adott esetekben az U-szelvényű) hengerelt acélgerendák használata a legkedvezőbb.

Az I-tartók közötti mezőket eleinte tömör téglával boltozták ki. A kialakult boltozati rendszerek közül a poroszüveg-boltozat volt a legalkalmasabb az acélgerendákkal való kombinációra és továbbfejlesztésre. Korábban a nagyobb fesztávolságú tereket harántirányú boltövekre rakott poroszüveg-boltmezőkkel fedték le (24. ábra). Elsőként e boltöveket cserélték fel (a szükséges inercia miatt viszonylag nagy magasságú) acélgerendákkal, ez a kialakítás azonban –bár építéstechnikailag kedvezőbb volt- még nem eredményezett alul sík födém szerkezetet. Ezt a célt úgy sikerült elérni, hogy az acélgerendákat közelebb helyezték el egymáshoz (~1,00 - 1,40 m-es tengelytávolsággal), és ezek között már olyan csekély (~3-4 cm-es) ívmagasságú boltmező volt építhető, amit alulról síkra lehetett vakolni. Így alakult ki az évtizedeken át rendkívül széles körben alkalmazott és ma is rengeteg régi épületben megtalálható, ún. *acélgerendák közti poroszüveg-boltozatos födém* (ld. 3.2. pont). Ez nagy lépést jelentett a fejlődésben, hiszen korábban csak fából lehetett síkfödémeket építeni.



24. ábra: Harántirányú boltövek közötti poroszüveg-boltozatok falazási módjai

A későbbiek során a fejlődés egyrészt az acélfelhasználás csökkentése (a gerendák távolságának növelése), másrészt az ésszerűbb kivitelezés és az önsúly csökkentése (azaz az acélgerendák közötti

mezőkben boltozat helyett másféle kitöltések alkalmazása) irányában haladt (3.3 – 3.7. pont), mígnem a XX. század közepére a vasbeton födémek ezen szerkezetek valamennyi válfaját az alkalmazásból ki nem szorították.

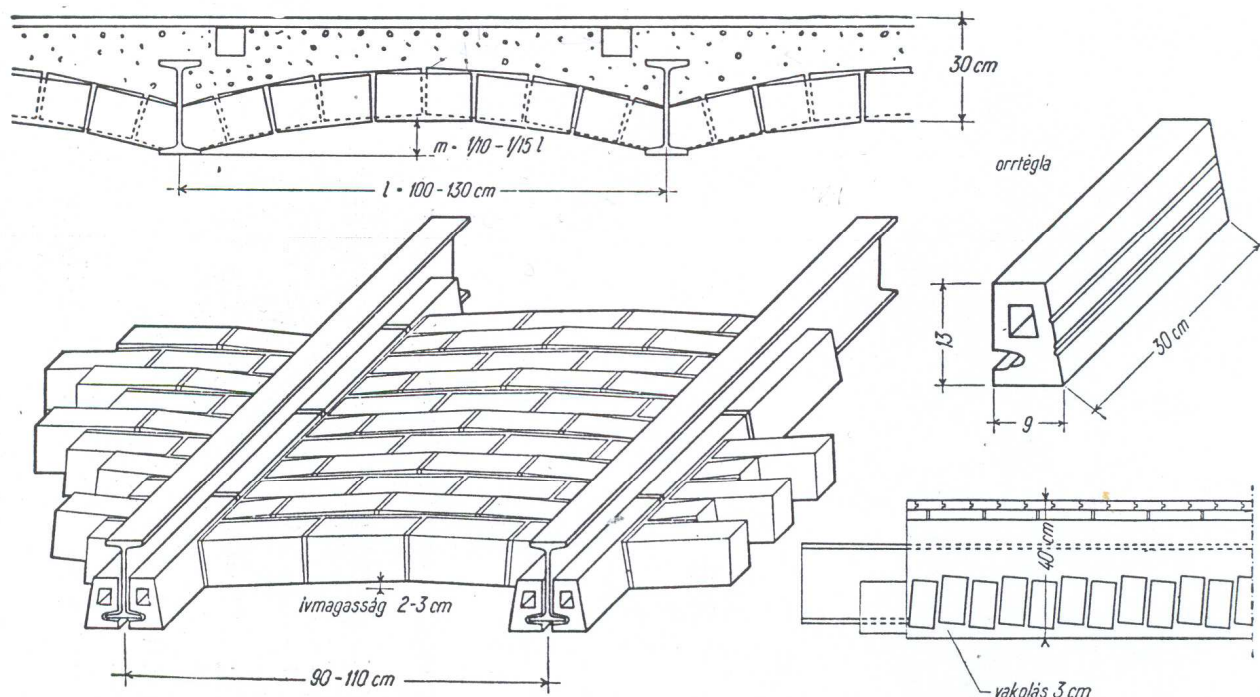
Az acélgerendás födémek általános jellemzői:

- a gerendák tengelytávolsága (a köztük lévő mezők kialakításától függően)  $\sim 1,00 - 2,50$  (kivételesen 3,00) m közt van;
- a nyersfödém szinte minden esetben feltöltés (általában salakfeltöltés) készült, majd erre került a padlószerkezet;
- a különféle födémáttöréseket, erkélyeket, zárterkélyeket, függőfolyosókat, továbbá a nyíláskiváltásokat is rendszerint acélgerendák alkalmazásával oldották meg (ld. 3.8.);
- amíg az épületek merevítésére falkötő vasat használtak, addig acélgerendákat áttolós lehorgonyzással kötötték le a falszerkezethez, később, a vb. koszorú elterjedésével abba betonozták be a végüket (ld. 3.8.).

Acélszerkezetű vagy acélgerendákkal kombinált födémeket napjainkban –a hazánkban nagyon ritkán előforduló acélvázás épületek mellett- elsősorban átépítéseknel, felújításoknál alkalmaznak ún. vendégfödémként (ld. 3.9.). Meglévő épületeinkben azonban nagyon gyakran találkozhatunk velük.

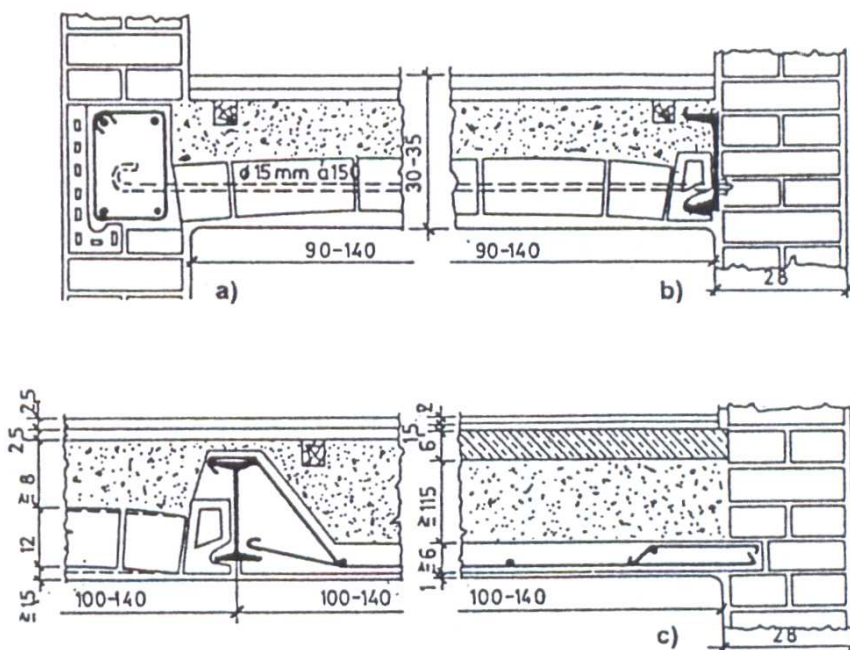
### 3.2. POROSZSÜVEG-BOLTOZATOS FÖDÉM

Az 1880-as évektől az I. világháború végéig rendkívül elterjedt és népszerű szerkezet volt, később már főleg csak pincék fölött építették. Az egymástól  $\sim 1,00 - 1,40$  m tengelytávolságra elhelyezett I-szelvényű (a födémmező szélén gyakran U-szelvényű) acélgerendák közé nagyméretű (29x14x6,5 cm-es) téglákból rendkívül lapos ( $\sim 2-4$  cm ívmagasságú, néha valamivel magasabb) boltozatokat készítettek, amelyeket alulról síkra lehetett vakolni (persze ezt alárendeltebb helyeken, pl. pincefödémeknél nem mindig tették meg). A téglasorokat enyhén megdöntve, általában mintaív segítségével, kézből falazták (25. ábra).

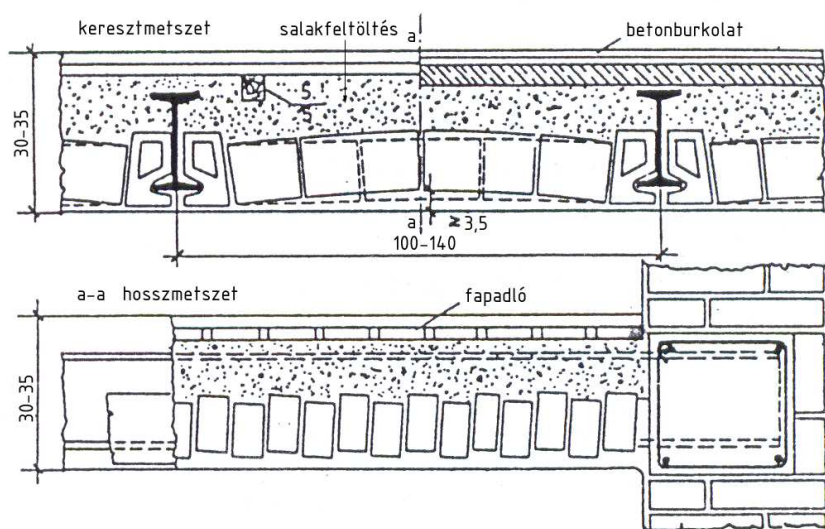


25. ábra: Acélgerendák közötti poroszüveg-boltozatos födém jellemző elrendezési változatai





26. ábra: A szélső mező oldalnyomásának felvétele a) koszorúba bekötő vonórúddal; b) szélső gerendához kapcsolt vonórúddal; c) monolit vb. lemezzel



27. ábra: Acélgerendák közötti poroszüvegboltozatos födém jellemző rétegfelépítési változatai – párnafás fapadlóval, ill. hidegburkolattal

Eleinte az I-tartókhoz befaragták a szélső téglákat (ilyen megoldásnál általában szabadon maradt a gerendák alsó öve, melyet míniumos védőmázolással láttak el), később megjelent a könnyebb építést és a vakolhatóságot is biztosító ún. *orrtéglá* (ld. 25. ábra), melyet a vasgerendák alsó övére ráhúztak.

A födém egyes boltmezői *oldalnyomással* rendelkeznek, ezért párhuzamosan boltozták őket. Kész állapotban ezen oldalnyomások egymást kiegyenlítik, csak a *szélső mezőben* kell ezt a hatást valamilyen szerkezettel fölvenni. Az erre alkalmazott megoldásokat mutatja a 26. ábra.

A boltozatok fölött általában *salakfeltöltés* készült, erre került a padló szerkezet (a salakba ágyazott párnafákra szegezett fapadló vagy aljzatbetonon hidegburkolat, ld. 27. ábra).

### 3.3. A POROSZÜVEG-BOLTOZATOS FÖDÉM TOVÁBBFEJLŐDÉSE\*

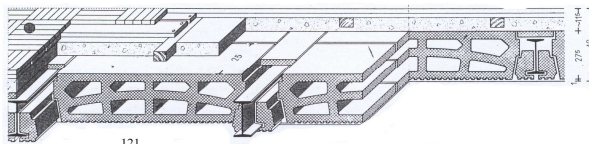
A poroszüveg-boltozatos födém fejlesztési kísérletei elsősorban az anyag- és munkatarékosságot (olcsóbb és gyorsabb megépíthetőséget), ill. a födém szerkezet önsúlyának csökkentését célozták.

Eleinte  $\frac{1}{4}$  téglavastag boltozattal kísérleteztek, ahol is a merevség biztosítására ~minden 4-5. sort  $\frac{1}{2}$  téglavastag építettek (ún. „Sándor-féle” födém, ld. 28. ábra). Ez azonban még az álló téglasorokkal sem volt elég merev és teherbíró szerkezet, ezért a rossz tapasztalatok miatt alkalmazásával hamar fölhagytak.

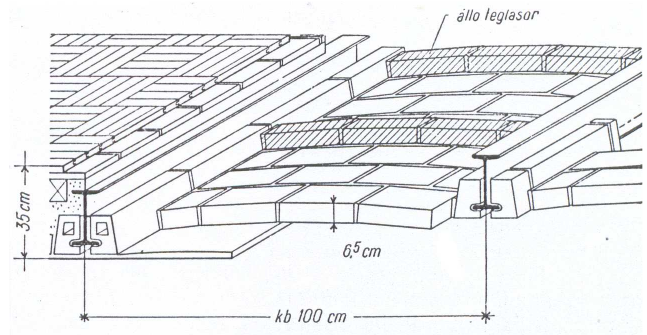
Sikeresebb volt a különféle üreges téglákkal való próbálkozás (30. ábra), egy ideig sokféle ilyen födémteglát gyártottak, sőt acélgerendák közötti béléstestés födémekkel is kísérleteztek (a XX. század első évtizedeiben, ld. 29. ábra).

A vb. födémek különböző válfajai azonban hamarosan ezen szerkezeteket is kiszorították a használatból, és a későbbi hasonló próbálkozások sem voltak igazán sikeresek. (Egyes külföldi országokban még a II. világháború után is építettek ilyen födémeket.)

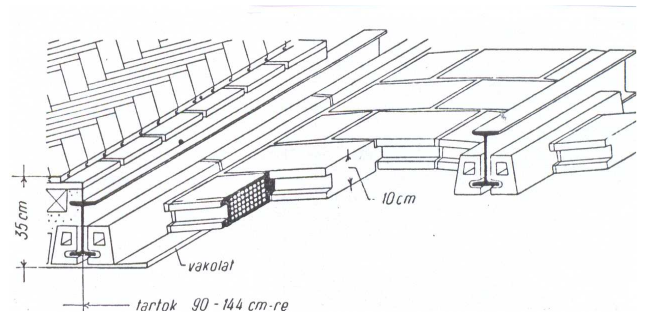
Az acélgerendák közötti boltozatos vagy betéttestés födémeknek –minden könnyítés ellenére- alapvető hátrányuk volt a viszonylag nagy acélfelhasználás, ti. az acélgerendák tengelytávolsága nemigen volt 1,50 m (kivételesen 2,00 m) fölé növelhető.



29. ábra: Acélgerendák közti betéttestés födém\*



28. ábra: Az ún. Sándor-féle födém\*

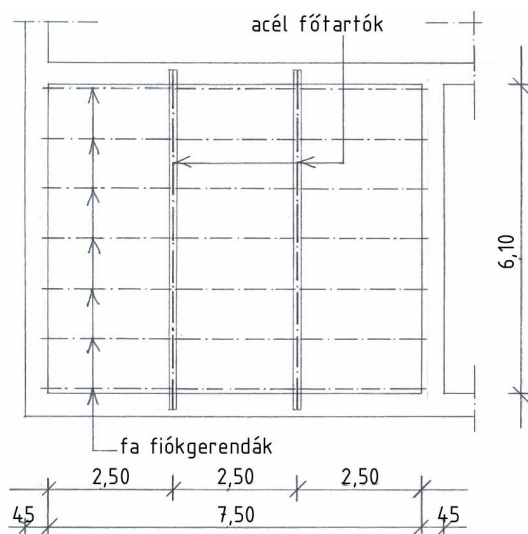


30. ábra: Acélgerendák közötti üregestégla-boltozatos födém\*

### 3.4. ACÉLGERENDÁK KÖZÖTTI FAFÖDÉMEK \*

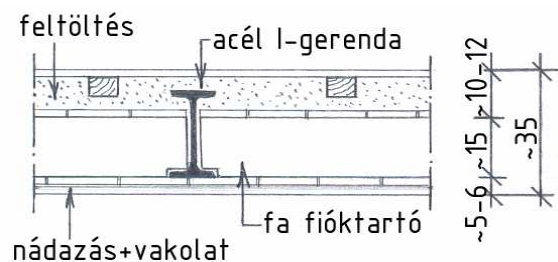
Az acélgerendák alkalmazásának főként a kezdeti időszakában építettek ilyen szerkezeteket, ma már nagyon kevés áll közülük. A jellemzően 2,50 – 3,00 m-es tengelytávolságra elhelyezett I- (néha páros U-) szelvények közé borított gerendás, vagy néha csaposgerendás födémeket is készítettek.

Elsősorban akkor építettek ilyen szerkezeteket, ha a ház még alapvetően fafödémrel készült, csak egy-egy nagyobb (~6-7 m-es) fesztávnál alkalmaztak kiegészítésként néhány acélgerendát (ld. 31. ábra). Így módon a fa födémmezők fesztávolsága ~3 m-re csökkenhetett (6-7 m körüli fesztávnál –főként a lehajlás miatt- egyébként igen nagy keresztmetszetű fagerendákra lett volna szükség), továbbá a falakba áttolós lehorgonyzással bekötött acélgerendák az épület merevítését is szolgálták. (Acélgerendák további alkalmazásáról fafödémek esetén –pl. válaszfal kiváltására- a 2.7. pontban már volt szó.)



31. ábra: Példa acélgerendák közti fafödém alkalmazására\*

E szerkezetek *előnye* a gyors építhetőség volt, legfőbb *hátrányuk* pedig (a fafödémek általános hátrányain kívül, ld. 2.1. pont) a *túlságosan kis felfekvés* (32. ábra) az acélgerendák *alsó övlemezén*, mely gyakran hibák forrásává vált (pl. már a gerendavég kismértékű korhadása esetén is).



32. ábra: Fa födémgerendák felfekvése acél I-tartóra\*



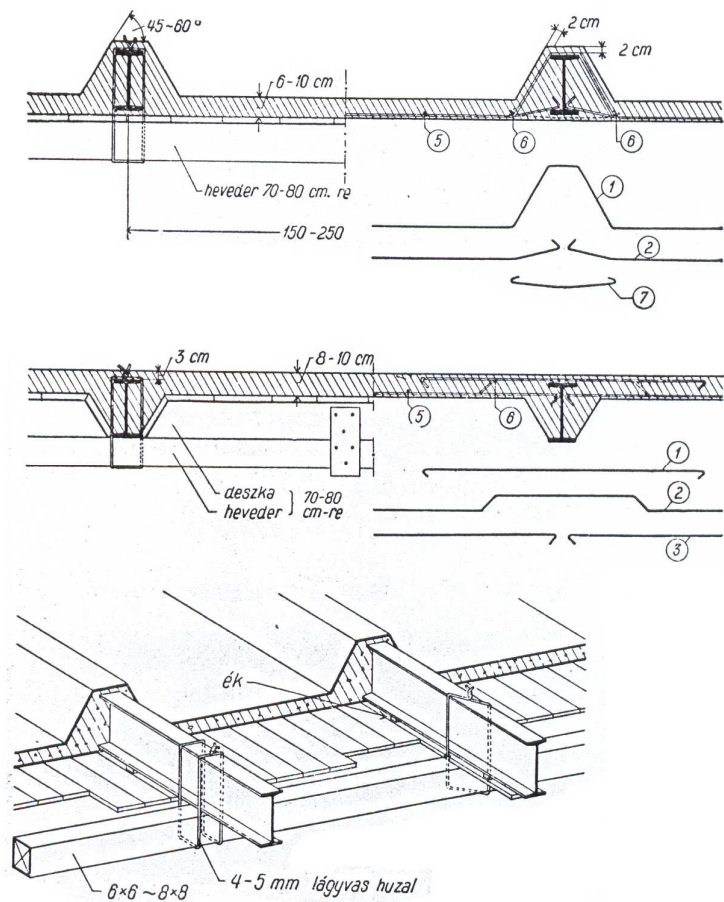
### 3.5. ACÉLGERENDÁK KÖZÖTTI VB. LEMEZFÖDÉMEK

Főként a XX. század első évtizedeiben (~1910-1940 közt) alkalmazott szerkezetek. Az acélgerendák tengelytávolsága itt ~1,50 - 2,50 m volt.

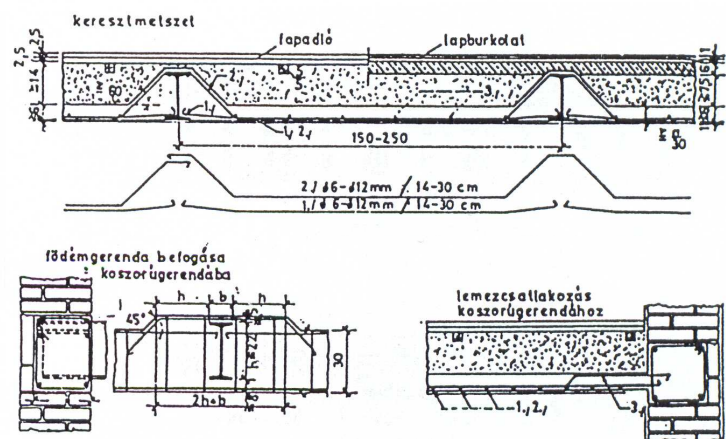
E szerkezetek legfőbb előnye (a „normál” alul- ill. felülbordás vb. födémekkel szemben) az építéstechnológiában rejlett: *ti. a vb. lemezek zsaluzatát föl lehetett függeszteni a falakra már felhelyezett acél I-gerendákra*, és így nem kellett az igen költséges alátámasztó állványzatot megépíteni. (Akkoriban még nem álltak rendelkezésre a mai, korszerű zsaluzati- és állványrendszerek). A zsalu fölfüggesztése érthető módon a „fölbordás” változatnál (ld. 33. ábra) volt egyszerűbb, így többnyire ez készült, a 34. ábrán látható feltöltéses padlószerkezettel. (lakó- és középületekben amúgy is ez volt kívánatosabb: alul sík födém-szerkezet, a feltöltésben van hely a gépészeti vezetékek számára, stb.).

Az alulbordás változatnál a vb. lemezzakaszok alsó fővasalását hegesztéssel kapcsolták az I-tartók gerincéhez, míg a felső (a közbülső támaszoknál fellépő negatív nyomatékra méretezett) vasalást átvezették a felső övlemez fölött (33. ábra, középen jobb oldalt).

Fölbordás kialakításnál az alsó fővasak -kampós véggel- felültek az I-tartók alsó övlemezére, vagy fölhajtva átvezették őket a tartó fölött. E két megoldást kombinálva is alkalmazták (33. ábra fent, jobb oldalt). Ezek a megoldások azonban nem alkalmasak negatív nyomaték felvételére, ennyiben tehát -statikailag- a fölbordás változat kedvezőtlenebb volt (ld. még 4.1.3.). Az acélgerendák közötti viszonylag kis fesztávok miatt azonban nem okozott számottevő lemezzavastagság-növekedést, hogy a lemezeket nem lehetett többtámaszúként figyelembe venni.



33. ábra: Acélgerendák közötti vb. lemezfödém alul- ill. felülbordás változatainak zsaluzása és vasalása



34. ábra: Acélgerendák közötti „fölbordás” vb. lemezfödém rétegfelépítése és koszorú csatlakozása

### 3.6. MÁTRAI-FÖDÉM

Tulajdonképpen ez a szerkezet is az acélgerendák közötti vb. lemez- födécek csoportjába tartozik, azok egy igen érdekes és tanulságos változatának tekinthető.

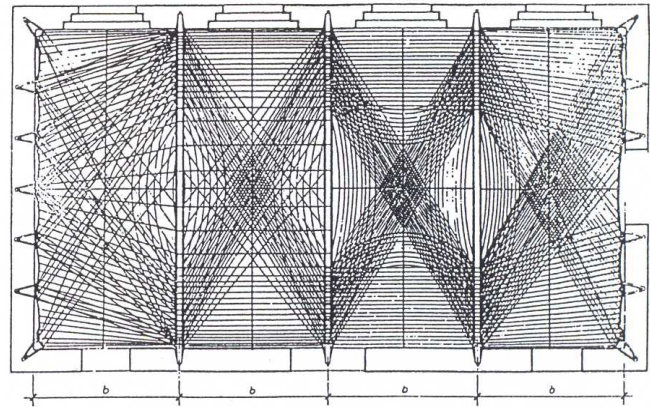
Az 1893-ban szabadalmaztatott Mátrai-féle födémszerkezetet hazánkban kb. az első világháború végéig elterjedten alkalmazták (még ma is sok található belőle Budapesten).

*Lényege: az acélgerendák között átlósan belógatott, kötélgörbe alakú köteges vasalás a lemezszakaszok terheit jórészt a gerendák szélső szakaszaira közvetítette (35., 36. ábra). Ennek eredményeként az acélgerendák terhelési ábrája egyenletesen megoszló terhelés helyett a 37/a. ábrán látható módon alakult, és így a gerendákat terhelő maximális nyomaték is kisebb lett a mezőközépen (37/b. ábra), az egyenletesen megoszló tehernél szokásos  $ql^2/8$  helyett kb.  $ql^2/16$ -tal lehetett számolni. Fentieknek köszönhetően az acélgerendák fesztávolságát és/vagy tengelytávolságát növelni lehetett a szokványos vasalású födécekhez képest. A gerendák közti vb. lemezeket salakbetonból készítették.*

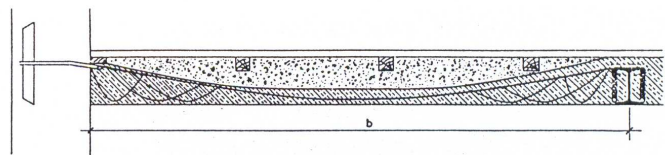
A Mátrai-födém hibái:

-A salakbetonban jelenlévő kénes szennyeződések miatt a lemezből már kevés víz is kén- vagy kénessavat mos ki, ami az acélbetétek korrózióját okozza. (Érthetően főleg a fürdőszobák alatti födémszakaszok mentek tönkre ily módon.)

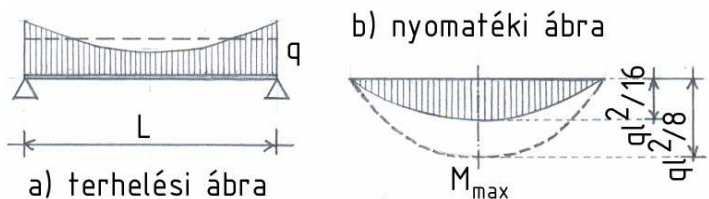
-A lemezvégeken a vasalás sajátosságai miatt kialakuló alig vasalt vagy vasalatlan betonsarkok (ld. 36. ábra) könnyen lerepedhetnek.



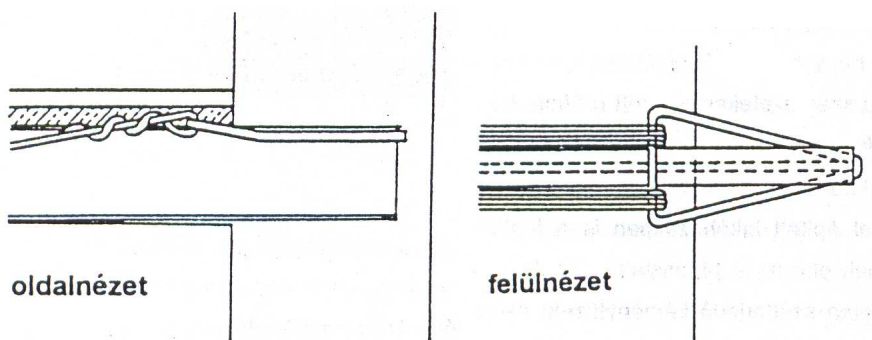
35. ábra: Mátrai-födém vasalási megoldásai a szélső és a középső mezőkben, alaprajz.



36. ábra: Mátrai-födém keresztmetszete



37. ábra: Mátrai-födém gerendáinak statikai működése  
a) terhelési ábra; b) nyomatéki ábra (szaggatott vonallal az egyenletesen megoszló terhelésű gerendatartók működése)

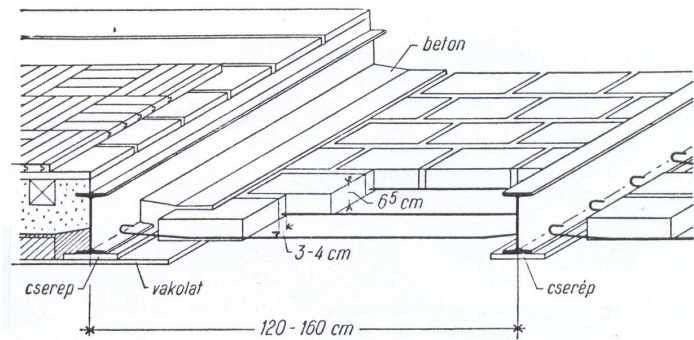


38. ábra: A Mátrai-födém köteges fővasalásának különleges lehorgonyzó szerelvénye az acélgerendák végein\*



### 3.7. HORCSIK - FÖDÉM

Ez a szerkezet tulajdonképpen az acélgerendák közötti vb. lemezes födémek egy változatának tekinthető (acélgerendák közötti ún. téglatálcás födém). Előnye volt, hogy a gerendákra függesztett ritkított deszkaszaluzatra építhették. (A téglabetétek miatt nem kellett teljes felületű zsaluzat). A betonacél szálak a km. vagy nm. téglából rakott sorok közti 3-4 cm-es hézagokban futottak, melyeket kibetonoztak. A mennyezet vakolhatósága végett az acélgerendák alá cserépsort helyeztek el (39. ábra).



39. ábra: Horcsik-födém axonometrikus metszete

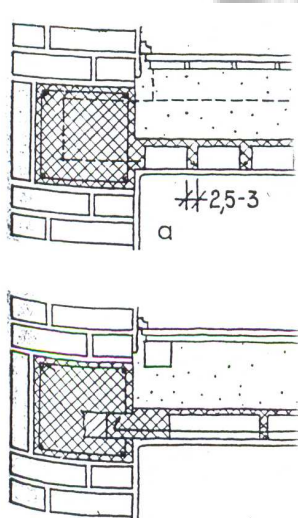


1. kép: Horcsik-födém betonozás előtti állapotban

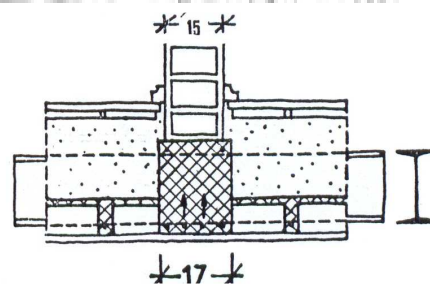
A Horcsik-födém a XX. szd. első felében elterjedt szerkezet volt. A vasbeton előregyártás kezdetén, az 1950-es években még az ún. ÉTI-gerendák (ld. 4.2.2.) között is építettek Horcsik-lemezt. Ez a fentivel azonos szerkezet volt azzal a különbséggel, hogy acél I-gerendák helyett előregyártott lágyvasalású vb. gerendákat alkalmaztak.

A Horcsik-födém további kialakítási jellegzetességei:

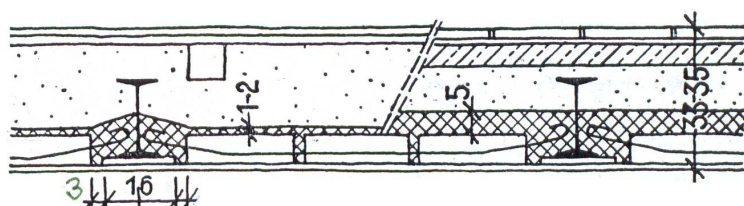
- a födém szintjén ekkor már általánosan vb. koszorú készült és az acélgerendák, ill. a szélső mező vasalása ebbe kötöttek bele (ld. 41. ábra);
- az acélgerendákkal párhuzamos válaszfalak az általában az acélgerendákra kerültek (eleve így osztották ki őket), a rájuk merőleges válaszfalak kiváltása a gerendákra támaszkodó monolit vb. gerendákkal történt, melyek alsó vasalását az I-tartó alsó övére felvezették (mint a lemezét), a felső pedig átment a gerenda fölött (ld. 40. ábra).
- jellemző padló szerkezetek: feltöltésen aljzatbeton + lapburkolat, vagy feltöltésbe ágyazott párnafás fapadló (42. ábra).



41. ábra: Horcsik-födém koszorú csatlakozásai



40. ábra: Acélgerendára merőleges válaszfal kiváltása Horcsik-födémekben\*



42. ábra: Horcsik-födém keresztmetszete meleg- ill. hidegpadló esetén

### 3.8. ACÉLGERENDÁS FÖDÉMMEL ÉPÜLT HÁZAK JELLEMZŐ SZERKEZETI MEGOLDÁSAI

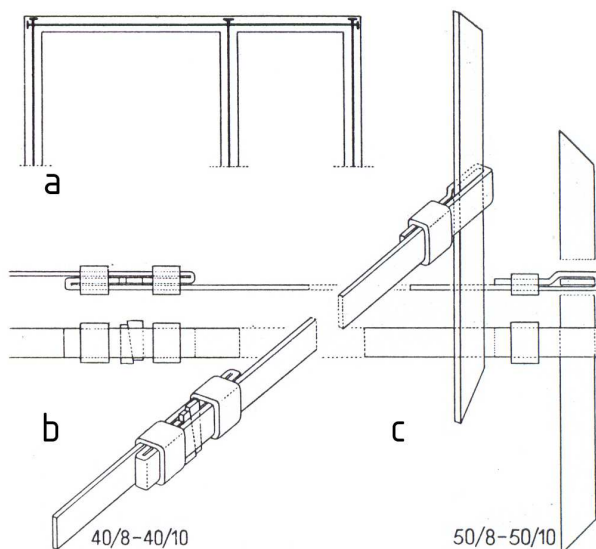
Az acélgerendás födémek elterjedt alkalmazása (az acélvázás épületeket nem számítva) egyértelműen korhoz köthető (~1880-1940), és így a velük készült épületállomány is sok jellemző közös vonással bír. Az alábbiakban csak a födémmel összefüggő szerkezeti megoldásokról szólnunk röviden.

Az épületek merevségét az alkalmazás első évtizedeiben még jellemzően *falkötő vasak* biztosították, melyek kovácsolt laposvasból készültek, és a falak végén ún. *átolós lehorgonyzással* kötötték le őket (43/c. ábra). Épületsarkon való átfordulásukat a 44/a., *feszítőékes toldásukat* a 43/b. ábra mutatja. A födémgerendák végeit (néha csak minden 3-4. gerendánál) hasonló módon (a gerenda gerinclemezére kovácsolt szeggel v. csavarral erősített laposvas átolós lehorgonyzásával) kötötték be a falba (46. ábra), ami az épület és a födém merevségét fokozta. Később, a vb. koszorú elterjedésével a gerendavégeket már abba betonozták be, esetleg a 47. ábrán látható kampós bekötéssel.

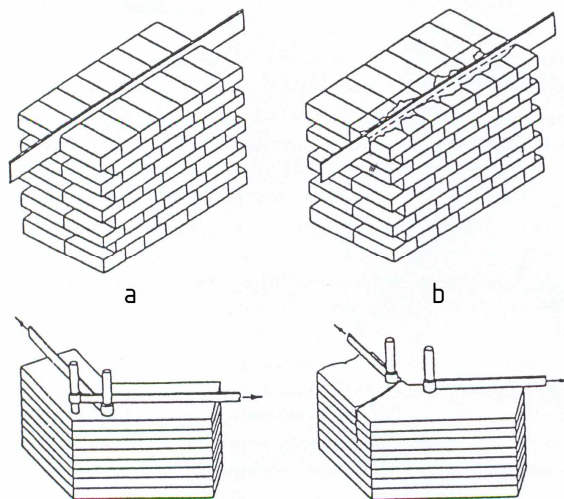
Rendszerint a *nyíláskiváltásokat is I-szelvényű acélgerendákkal* oldották meg. A falvastagságtól függő számban elhelyezett (2-3 db, esetleg több) gerendák összekapcsolását távtartó csőben vezetett csavarokkal (45. ábra) biztosították, majd a gerendákat körbebetonozták.

A födémekben a *könnyű válaszfalakat* (akkoriban ez főleg a 6,5 cm vtg. éltéglafalat jelentette) a gerendák közti boltozat vagy vb. lemez is elbírta; az ennél *nehézebb válaszfalakat* viszont már *acélgerendával* kellett kiváltani. A teherhordási iránnyal párhuzamos válaszfalak és a gerendák kiosztását tehát össze kellett egyeztetni, az arra merőleges falak esetében a kiváltót vagy a födémgerendák tetején, vagy –pl. ha a falban ajtónyílásra is szükség volt– azok közé helyezték el. Adott esetben –pl. ha a kiváltás csak nehézkesen lett volna megoldható –*önhordó (teherhárító boltövre falazott tömör-km. vagy nm.- téglá, ill. függesztett cementrabitz) válaszfalakat* is alkalmaztak.

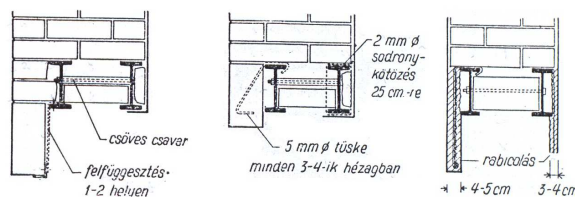
A különböző strangok, légaknák stb. falainak kiváltását, továbbá az erkélyeket, függő-



43. ábra: Épületek merevítése falkötő vassal.  
a) alaprajzi elrendezés; b) feszítőékes toldás;  
c) átolós lehorgonyzás



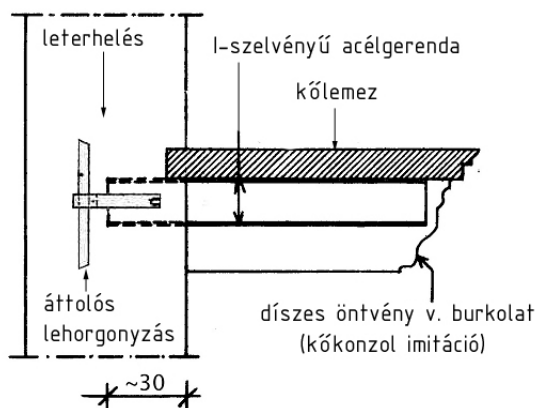
44. ábra: Falkötővas beépítése általános falszakaszon, ill. épületsarkon a) szabályosan; b) hibás módon\*



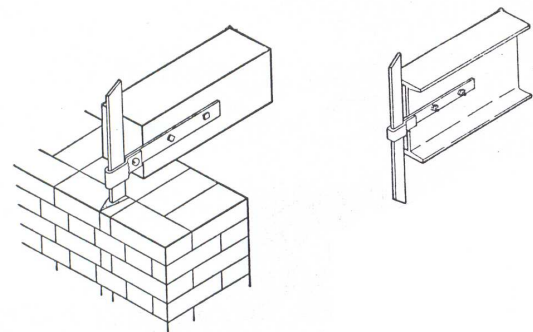
45. ábra: Acélgerendás nyíláskiváltások



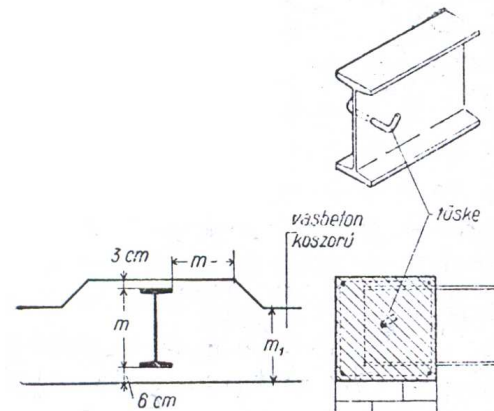
folyosókat, zárterkélyeket általában szintén acélgerendákkal oldották meg. Ezen kiváltásoknál gyakran volt szükség a gerendák merőleges síkbeli kapcsolatára, melyeket az egyik csatlakozó tartó övlemezeinek visszavágásával, ill. meghajlított laposacélokkal és szegeccseléssel alakították ki (49. ábra). Az erkélyt, ill. a függőfolyosót tartó gerendák lehetnek a födém túlnyújtott gerendái is, de gyakrabban (és a födém teherhordási irányára merőleges konzoloknál kizárólagosan) önálló, befogott és lehorgonyzott konzolként készültek. A konzolos gerendákat eleinte követ utánzó díszes burkolattal látták el és tetejükre kőlemezeket helyeztek (historizáló stílus, ld. 48. ábra), később az épületben alkalmazott födémhez hasonlóan téglalobozatot vagy vb. lemezt építettek közéjük.



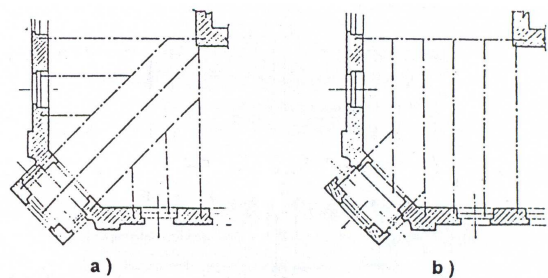
48. ábra: Historizáló burkolattal ellátott acélkonzol kőlemez erkély alatt (gyakori megoldás)\*



46. ábra: Fa-, ill. acélgerenda felhasználása falkötésre



47. ábra: Acél födémgerenda bekötése vb. koszorúba\*



49. ábra: Zárterkély kiváltása konzolosan túlnyújtott acél födémgerendákkal épületsarkon a) szabályos megoldás; b) átgondolatlan, hibás megoldás\*

### 3.9. ACÉLGERENDÁS FÖDÉMEK NAPJAINKBAN\*

Napjainkban –az acél magas ára miatt– az acélvázás épületek kivételével főleg csak ún. vendégfödémeket készítenek acélgerendával. Átépitések során ugyanis gyakran előfordul, hogy a meglévő födém (pl. fafödém) bennhagyásával, a fölé kell új, megfelelően teherbíró, nedvességálló és tűzbiztos födém építeni. Mivel az eredeti födém a zsaluzást lehetetlenné teszi, a falakba vésett fészkekbe I-szelvényű acélgerendákat helyeznek el, majd ezekre kerülhet a monolit födém bennmaradó trapézlemez zsaluzata. Az acélgerendák által biztosított sűrű alátámasztásnak köszönhetően ilyenkor a monolit lemez igen vékony (~6-8 cm) lehet.