

A héjszerkezetek hazai fejlődése

Dr. B Ö L C S K E I E L E M É R egyetemi tanár,
az MTA lev. tagja

A héj a természetben számos helyen megtalálható. Közismert például a tojáshéj vagy a gyermekek kedvenc játéka, a szappanbuborék. A héjszerkezetek első gyakorlati megvalósításának a bőrből, textíliákból készített sátrak tekinthetők.

A héjszerkezetek tudatos alkalmazása a XX. század harmadik évtizedében kezdődött. A vasbeton térhódításával elsősorban a túlnyomórészt nyomásra igénybevett héjformák terjedtek el, majd megjelentek a fémből — acélból, alumíniumból — készített, főleg húzásra, de kis mértékű nyomásra is igénybe vehető héjszerkezetek. Az utóbbi évtizedekben erőteljesen tért hódítanak a csak húzást viselő, műanyagból készült, felfújható héjak.

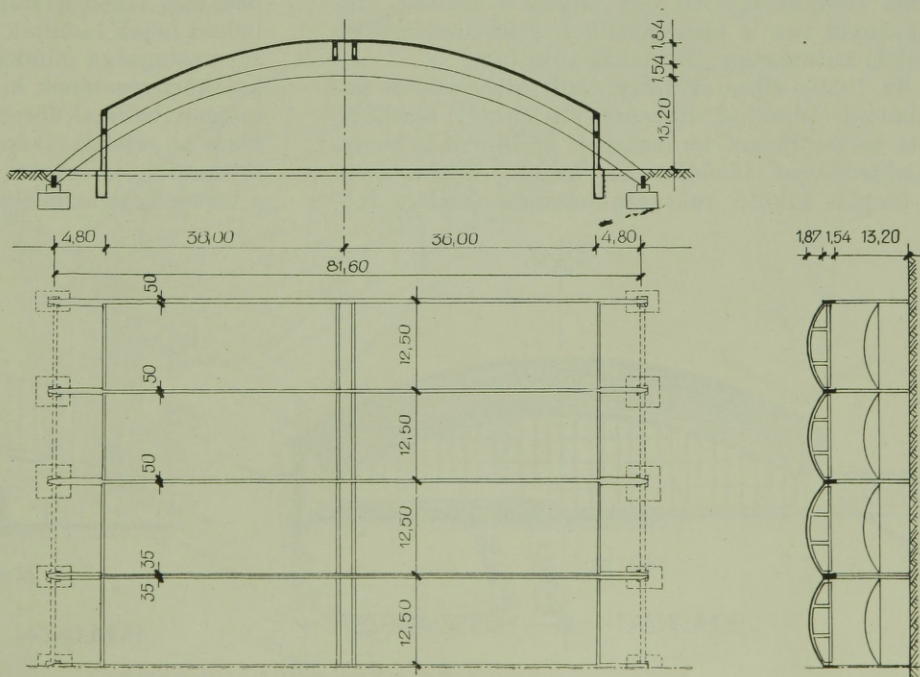
A modern építészet mind szélesebb körben alkalmazza a héjakat, melyek segítségével nagy terek közbülső alátámasztás nélküli, esztétikus lefedése vált lehetségessé. Előnyük emellett a kis

anyagfelhasználás. Az építés során számottevő költséget elsősorban az állványozás és a zsaluzás jelent, melyet korszerű építési módszerekkel — előregyártással és csúszózsaluzat alkalmazásával — próbálnak kiküszöbölni.

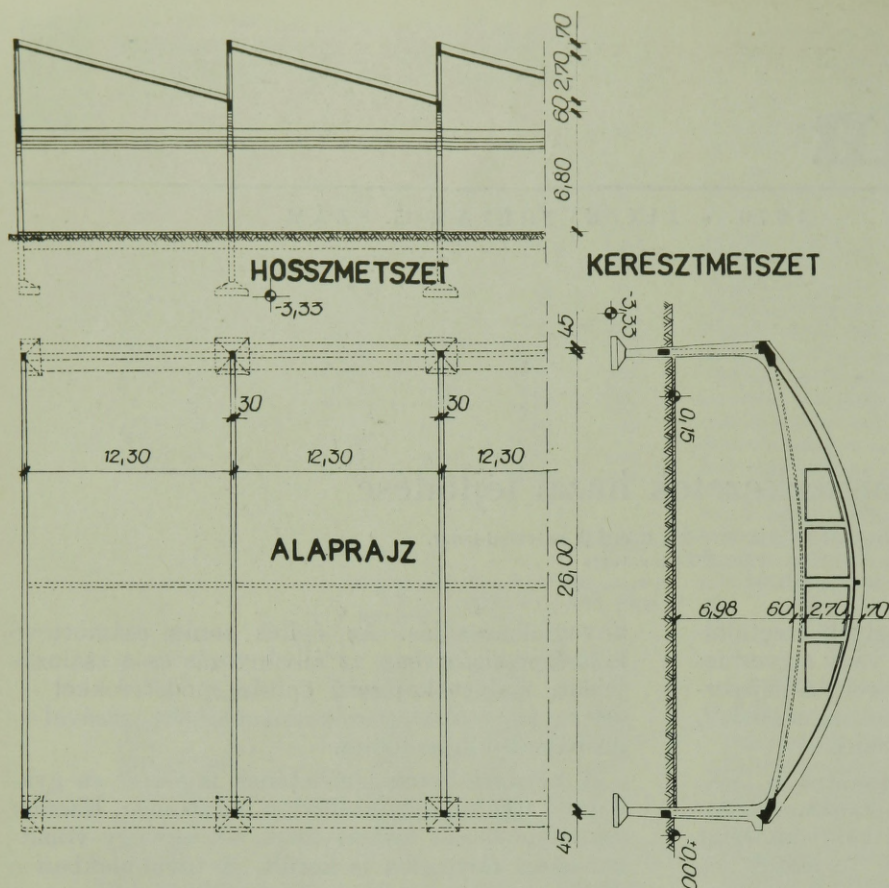
A héjszerkezetek elméletének fejlődése és gyakorlati alkalmazása külföldön indult meg. Hazánk általában lépést tartott ezzel, sőt egy-egy vonatkozásban élvonalba is került. A továbbiakban a szerkezettypus magyarországi fejlődésével — a teljesség igénye nélkül — kívánunk foglalkozni.

Az első héjszerkezet Magyarországon a *csepeli Vásárcsarnok* lefedésére szolgáló hajlított dongahéjsorozat. A szerkezet terveit a német Dywidag cég készítette s ellenőrizte a kivitelt is.

A Vásárcsarnok hajlított héjszerkezete erőjátékának számítása túl bonyolult volt ahhoz, hogy mérnökeink körében e példa követésre találjon. Hosszabb időnek kellett tehát eltelni ahhoz, hogy e



1. ábra. A kelenföldi autóbusz
kocsiszín nagycsarnoka



2. ábra. A kelenföldi autóbusz kocsiszin műhelycsarnoka

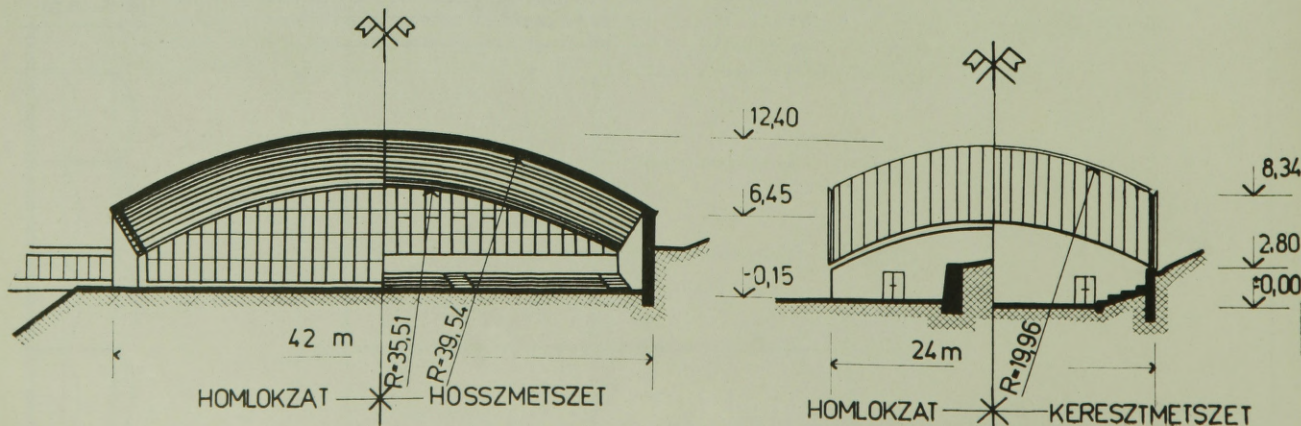
szerkeztípus meghonosodjék, de ekkor is a lényegesen egyszerűbb, ún. membránhéjak elmélete és gyakorlati alkalmazása terjedt el.

A héjszerkezetek hazai meghonosítója *Menyhárd István* volt. Ő ismerte fel a francia irodalom alapján e szerkeztípus jelentőségét, s volt bátorsága ahhoz, hogy a hazánkban akkor még teljesen ismeretlen, új tartótípust a gyakorlatban is alkalmazza. Irodája a héjszerkezetek gyakorlati tervezése mellett a héjak elméletével is foglalkozott, s ezzel tulajdonképpen egy iskolát teremtett. Tanítványai ma is élen járnak e szerkeztípus elméleti kutatásában és alkalmazásában.

Az 1939–40-es években épült hiberbolikus paraboloid héjakból (torznégyszögekből) összeállított tetőszerkezet tervezése és építése is a Menyhárd-irodához fűződik. Ez került alkalmazásra a csepeli kikötő raktárépületeinél, majd a Kő-

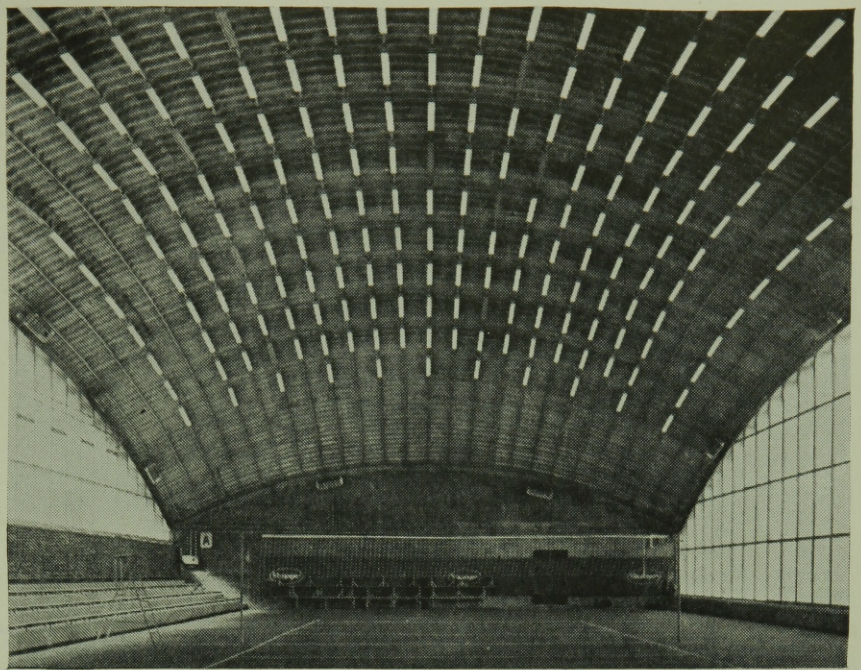
bányai Polgári Serfőző Rt. hasonló rendeltetésű lefedéseinél is. E szerkezetek igen gazdaságosaknak bizonyultak, hiszen kevés beton, acél és viszonylag egyszerű — egyenes darabokból álló — zsaluzat és állvány segítségével voltak megépíthetők.

Világviszonylatban is kiemelkedő alkotásnak számít a *kelenföldi autóbusz kocsiszin nagycsarnoka* (1. ábra). A 81,6 m fesztávolságú, egymástól 12,5 m-re elhelyezett vonóvasas ívek közeit — a hazánkban első ízben itt alkalmazott — elliptikus paraboloid héjak hidalják át. A nagyméretű héjszerkezet vastagsága mindössze 6 cm. A héjban — a sarkok környezetének kivételével — mindenütt nyomóigénybevétel ébred. Az ívek vízszintes stabilitását az eredeti elképzelés szerint a síkban ki nem fejthető héjszerkezet biztosította volna. Később a tervező ezt az elképzelést merevítő tartók beépí-



3. ábra. A Vasas Sportklub teniszcsarnoka

4. ábra. BVSC teniszesarnoka. 1000 m², 42 × 24 m, elliptikus paraboloid (könnyűfém), tervező: Dr. Menyhárd István és munkatársai (IPARTERV), építés éve: 1959.

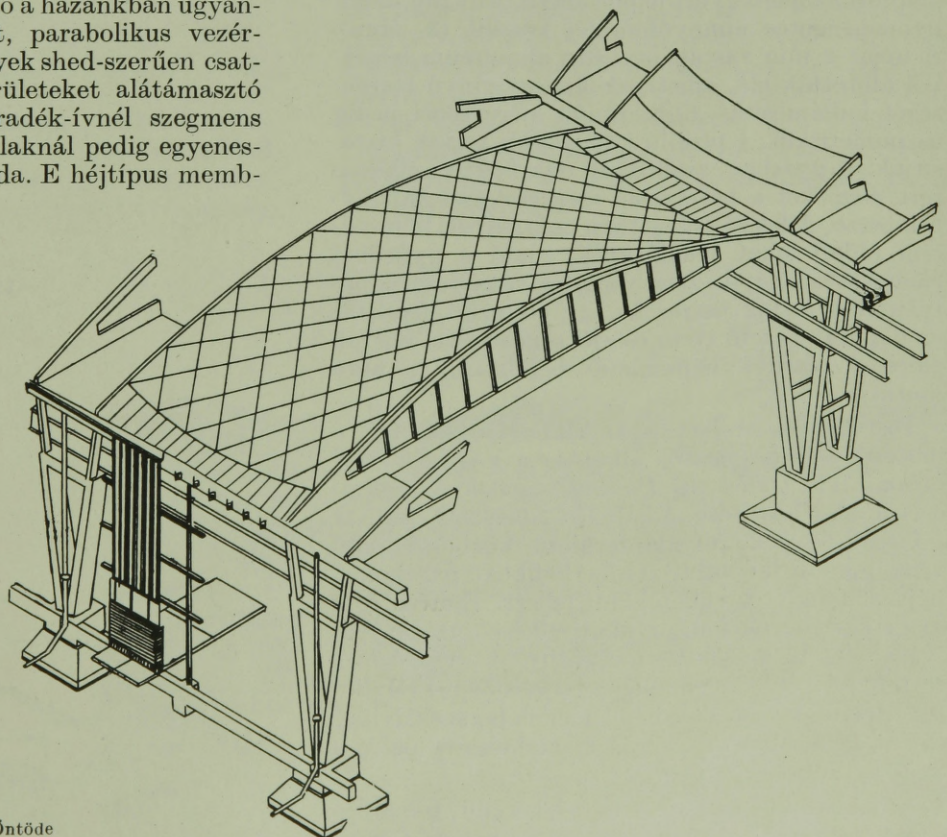


tésével módosította. Erre az adott okot, hogy az első ívből álló szerkezeti egység kiállványozásakor — elsősorban a kivitelezés pontatlanságából származó hiba következtében — az ideiglenes közép-csuklónál levő acélbetétek kihajlottak, így az ívek néhány cm-t süllyedtek. A maga korában egyedülálló létesítmény helyszíni betonozással — igen költséges állványzat felhasználásával — készült.

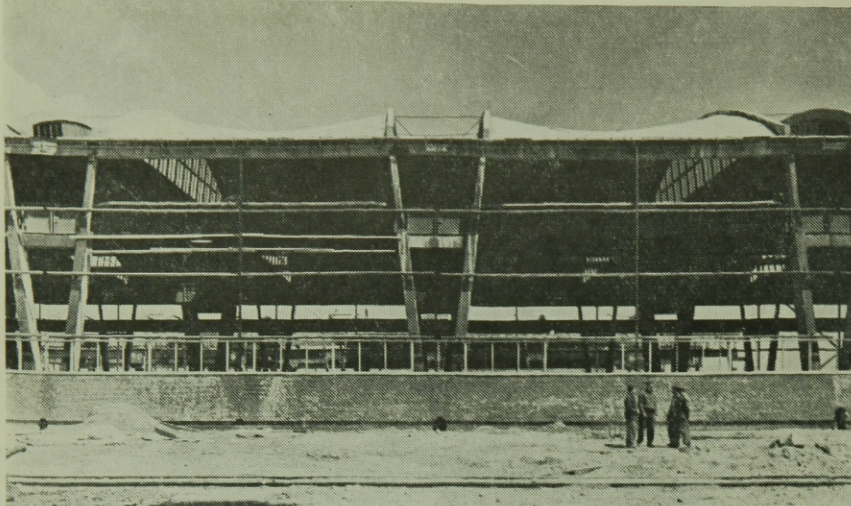
A kelenföldi autóbusz kocsiszin nagycsarnokával egyidőben készült az ugyancsak héjjal lefedett műhelycsarnok (2. ábra). A tető a hazánkban ugyancsak első ízben alkalmazott, parabolikus vezérgörbájű konoidokból áll, melyek shed-szerűen csatlakoznak egymáshoz. A kerületeket alátámasztó szerkezet a homlok- és záradék-ívnél szegmens alakú Vierendeel-tartó, a vállaknál pedig egyenes tengelyű, többtámaszú gerenda. E héjtípus memb-

rán erőjátéka zárt formában megoldható, s a szerkezet méretezése ennek alapján történik.

Ugyanebben az időben több dongahéjjal lefedett, kisebb fesztávolságú sportrepülő-hangár készült. Ezek közvetlenül a földre támaszkodó vállgerendára épültek, általában 5—6 cm-es vastagsággal. Ezek erőjátéka viszonylag egyszerű, ugyancsak zárt formában leírható.



5. ábra. Székesfehérvári Alumínium Öntőde és Prémű csarnok egy eleme



6. ábra. Székesfehérvári Könnyűfémmű és Prémű csarnoka 7000 m², öntöde csarnoka 16 000 m², osztás: 11 × 50 m, hiperbolikus paraboloid, szerkezettervező: Dr. Menyhárd István és munkatársai (IPARTERV), építés éve: 1960.

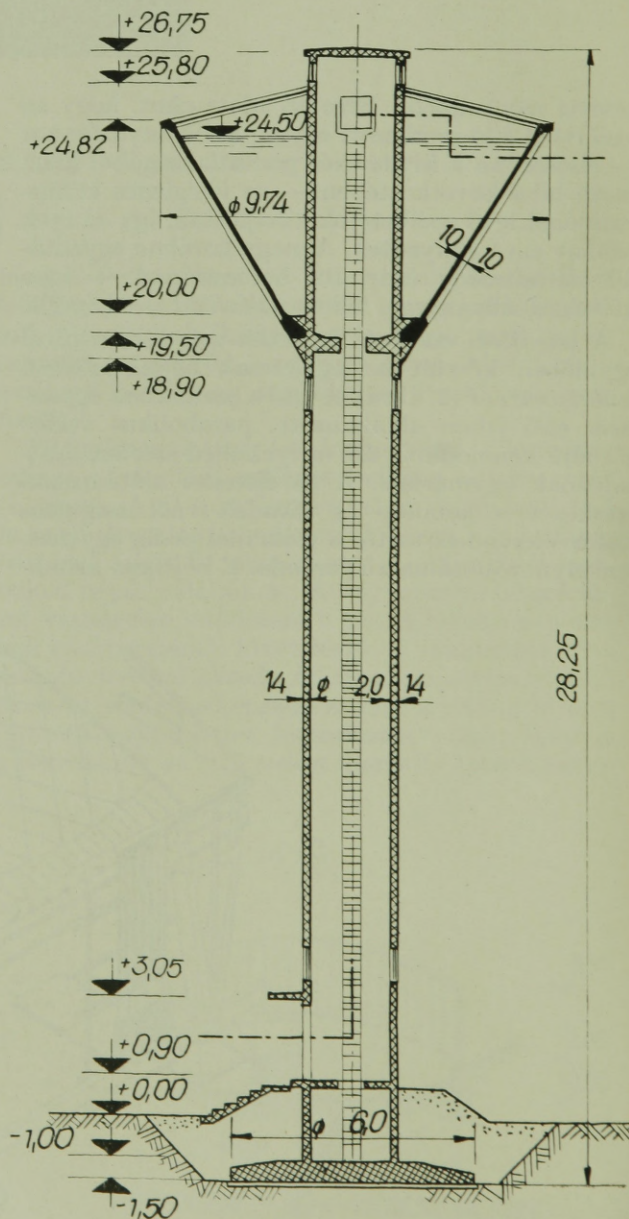
A háború megszakította a fejlődést a héjak építésének területén is. A felszabadulás után az újjáépítés munkája fontosabb feladatokat helyezett előtérbe. A héjszerkezetek vonalán hosszabb ideig csak elméleti kutatás folyt.

A héjak építése újult erővel az 50-es években bontakozott ki. Az új ipartelepek létesítése, a városok ivóvízellátásának fejlesztése mind erőteljesebben igényelte a különféle *hengeres tartályok* létesítését. Ezek — a tulajdonképpen hajlított héjszerkezetek — előbb monolitikus, később darabokból előregyártott és feszített oldalfallal készültek.

Az első hazai könnyűfémszerkezetű héj a budapesti *Vasas Sport Club Teniszcsarnoka*, mely dr. Menyhárd István 1958. évi alkotása. A 24 × 42 m alapterület felett gyűrűfelület alakú, ortotrop, oldálnyomásmentes könnyűfém-héj készült (3. ábra). A héjat 2 mm vastag, ötvözt alumínium lemezből állították elő, amelynek keresztirányú merevségét hullámosítás, hosszirányú merevségét pedig aszimmetrikus, I profilú könnyűfém tartók biztosítják. A gyárban, szállítható darabokban elkészített elemeket a helyszínen szegecseléssel kapcsolták össze. A fekvő helyzetben összeszerelt könnyűfém oldalfalakat felállították, majd a gyűrűhéj elemeket az egyik íves végfalra szerelt segédpályán illesztették össze. Az így elkészült felületet az oldalfal vezető ívein csőrő segítségével húzták előre. A csarnok héjfelületét belülről a 4. ábra mutatja.

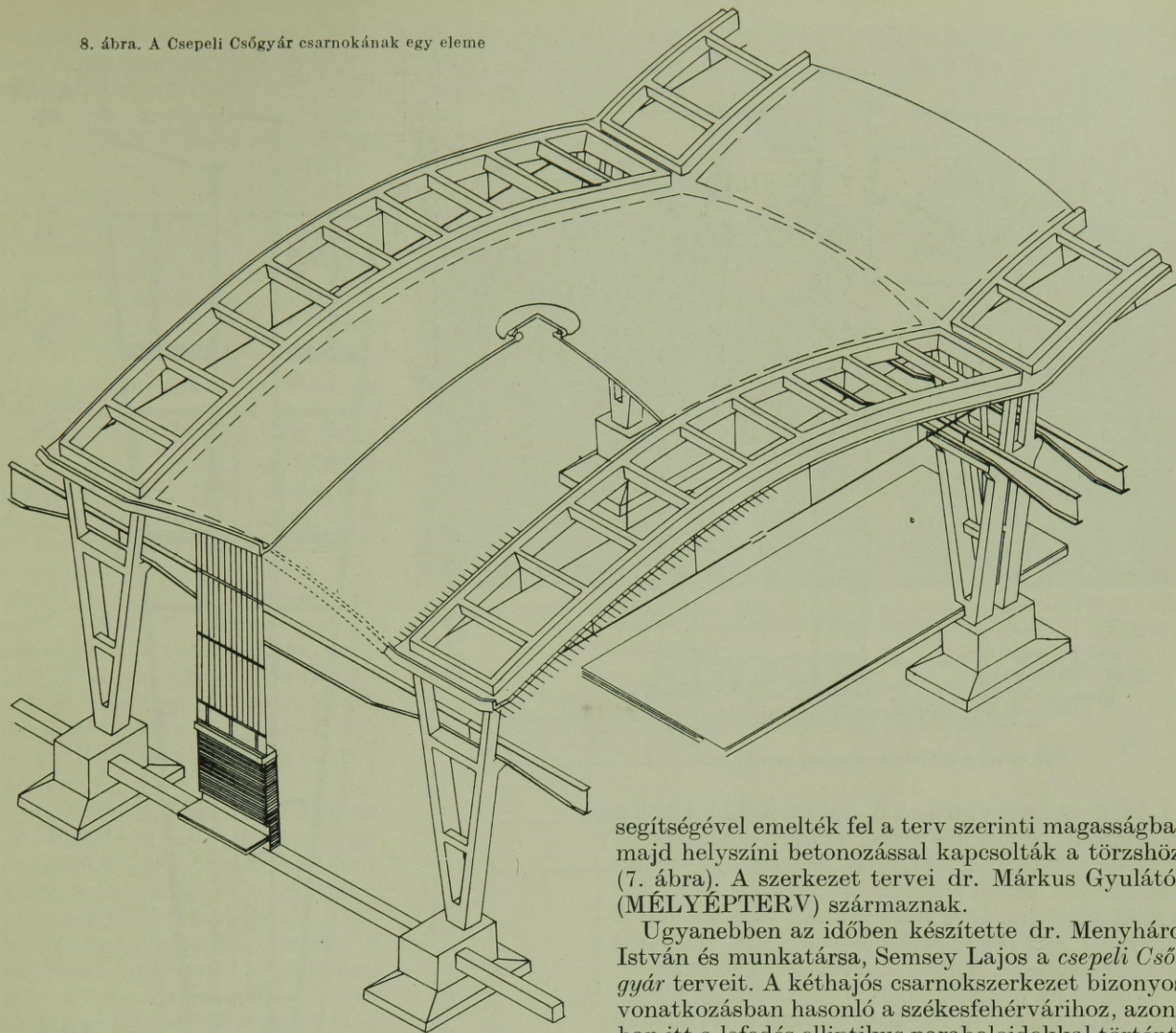
Dr. Menyhárd István IPARTERV-beli működésének másik jelentős alkotása a *székesfehérvári Alumínium Öntöde és Prémű csarnok* szerkezeti terveinek elkészítése. A kéthajós, daruzott csarnok mintegy 60 × 120 m alapterületű, közbülső felülvilágítókkal készített, hiperbolikus paraboloid héjakkal (nyeregfelületekkel) fedett. Építése igen szellemes megoldású, az előre elkészített darupályára szerelt, mozgatható állványzat segítségével történt. Az építéstechnológia terveit Semsey Lajos készítette. A csarnok e héjelemének perspektivikus rajzát az 5. ábra, a szerkezet oldalnézetét pedig a 6. ábra mutatja.

Érdekes alkotás az 1961. évben készült, 100 m³-es *aszódi víztorony*. Az összesen 28 m magas torony



7. ábra. Az aszódi víztorony

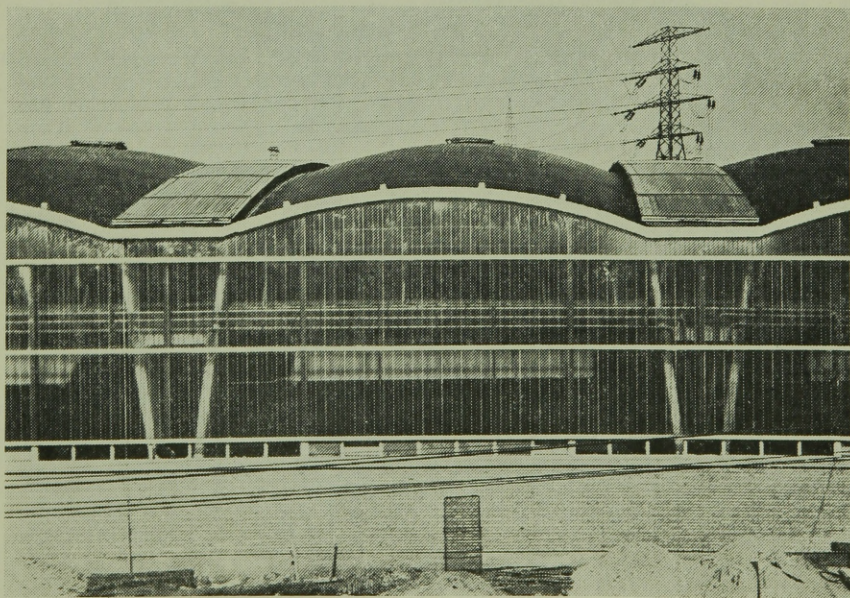
8. ábra. A Csepeli Csőgyár csarnokának egy eleme



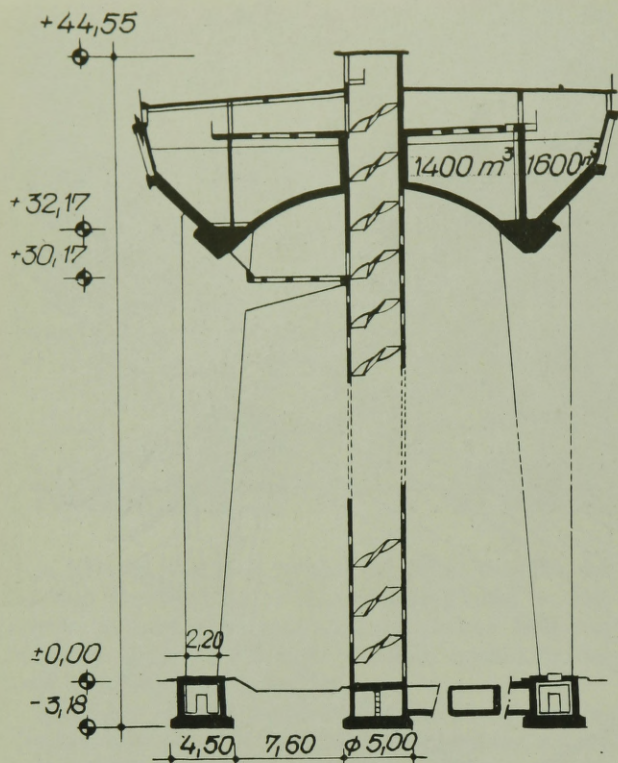
2,0 m átmérőjű törzse kúp alakú medencét hord. A törzs csúszó zsaluzással, a medence elemekből történő előregyártással készült. Az alaplemezen összeszerelt mintegy, 60 t súlyú tartályt csigasorok

segítségével emelték fel a terv szerinti magasságba, majd helyszíni betonozással kapcsolták a törzshöz (7. ábra). A szerkezet tervei dr. Márkus Gyulától (MÉLYÉPTERV) származnak.

Ugyanebben az időben készítette dr. Menyhárd István és munkatársa, Semsey Lajos a *csepeli Csőgyár* terveit. A kéthajós csarnokszerkezet bizonyos vonatkozásban hasonló a székesfehérvárihoz, azonban itt a lefedés elliptikus paraboloidokkal történt, s ezek között egy-egy vízszintes felülvilágító sor helyezkedik el. A csarnok egy elemének perspektivikus rajzát a 8., a szerkezet oldalnézetét pedig a 9. ábra mutatja.

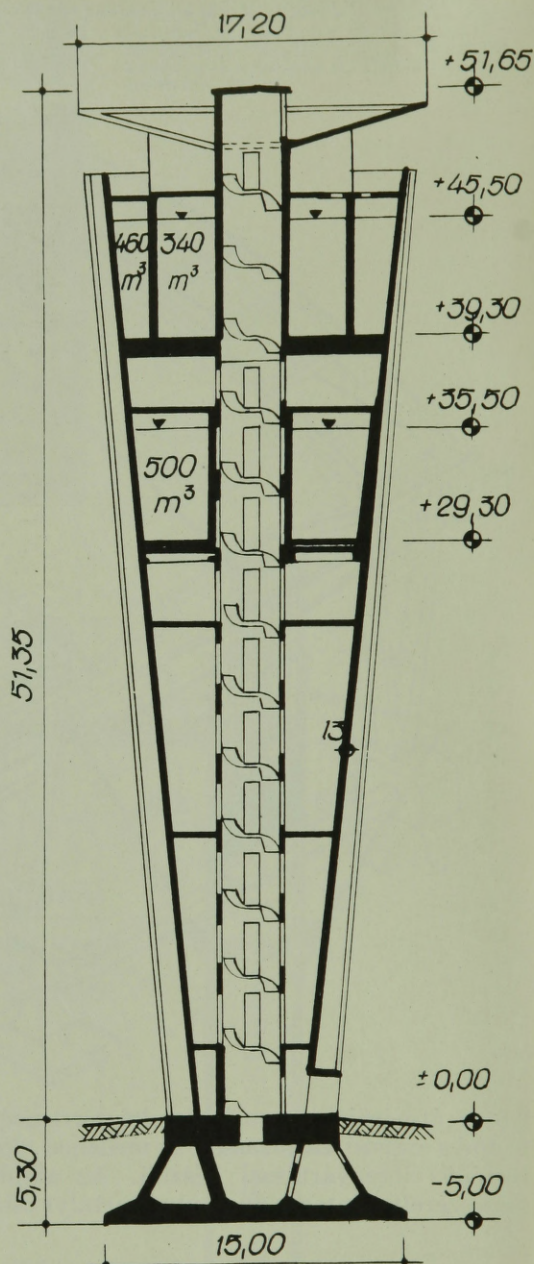


9. ábra. Csepeli Csőgyár hegesztőcsarnoka. 7000 m², 21 × 14 m, elliptikus paraboloid, szerkezettervező: Dr. Menyhárd István és munkatársai (IPARTERV), építés éve: 1961.

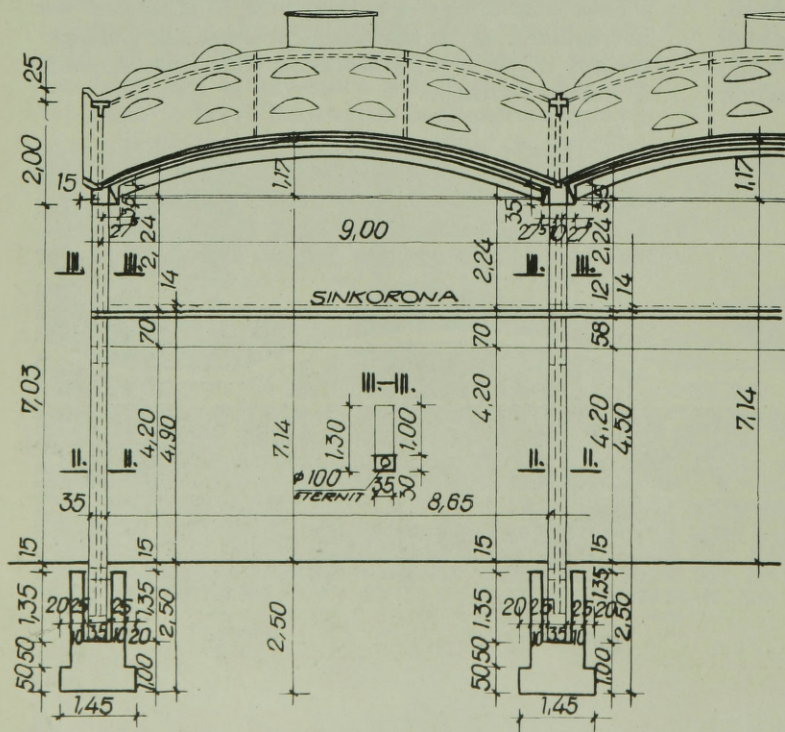


10. ábra. A debreceni víztorny metszete

Az 50-es évek végén az új építési módok közül a *csúszózszaluzat* jelentős szerephez jut. Ezen építési móddal először állandó keresztmetszetű, hengeres szerkezetek (silók, víztornyok orsóterei stb.) kerültek kivitelre. Már bonyolultabb feladat volt a *debreceni víztorny* sugárirányban álló négyszög keresztmetszetű, felfelé szélesedő pilléreinek elkészítése. Az összesen 3000 m³-es szerkezet általános elrendezését a 10. ábra mutatja. A fejlődés



11. ábra. A Dunai Szalmacellulózgyár víztornya



12. ábra. Előregyártott, elliptikus paraboloid héj

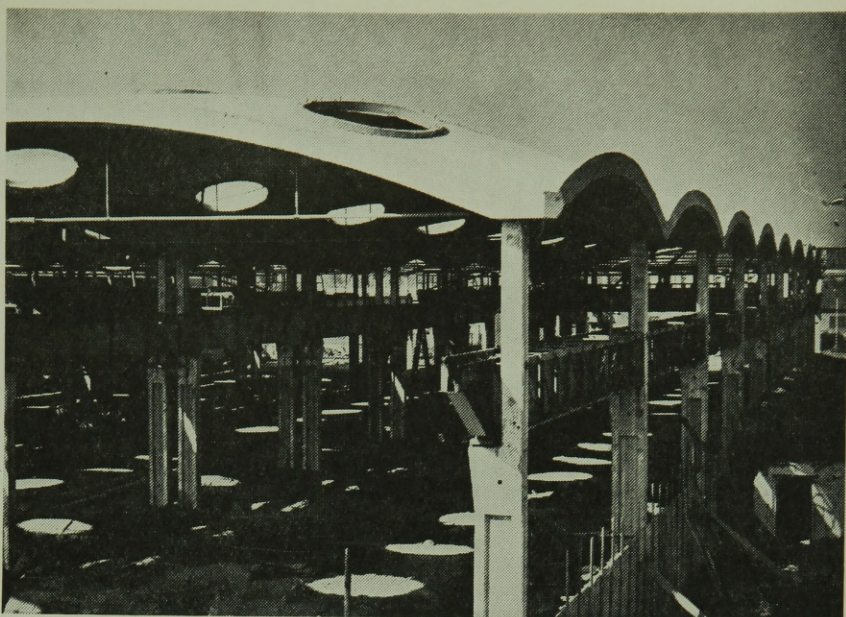
további szakasza a nagyobb hajlású kúpos szerkezetek csúszószaluzattal történő építésének megoldása volt, mely a tervezők számára újabb, szélesebb körű tervezési lehetőséget biztosított. Ennek egy jellegzetes példája a dunai Szalmacellulóz-gyár 1300 m³-es, kétszintes víztornya. A torony hosszmeteszétét a 11. ábra mutatja. Az említett szerkezetek terveit Thoma József és munkatársai (MÉLYÉPTERV) készítették.

Felületvilágítókkal készített, elliptikus paraboloid héj építésére tett javaslatot Rendtner János és Filipovics Ferenc. Egy-egy, 9 elem-ből összerakott, előregyártott héjdarab 9×12 m² alapterületű, rajta 22 db üvegtestből készített felületvilágítóval és szellőzővel (12. ábra). Hasonló megoldással készült a Csepeli Szerszámgépgyár csarnoka, melynél egy-egy elem 11×22 m. Az egész szerkezet 7200 m². Az elliptikus paraboloid lefedés szerkezeti terveit Reisch Róbert (IPARTERV) készítette (13. ábra).

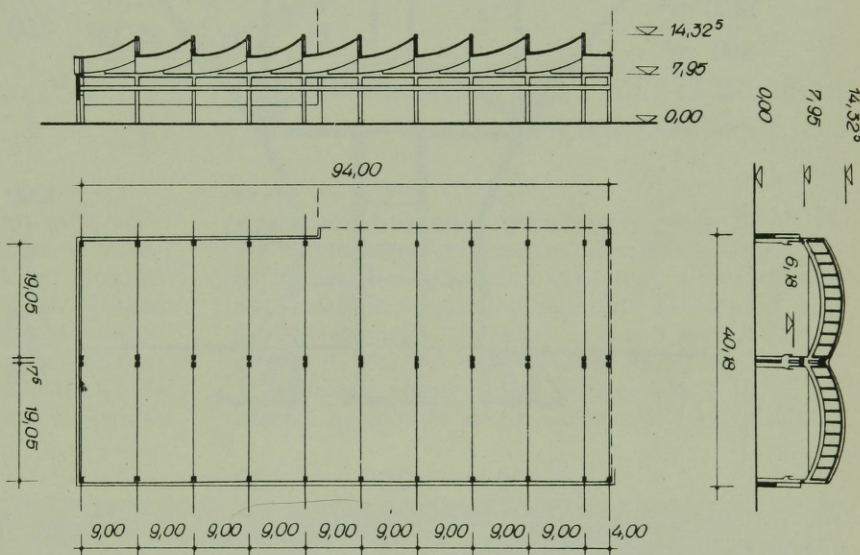
Az 1962-es évben épült a Ganz-MÁVAG Diesel Hajtóműgyár csarnoka, mely shed-rendszerű, kéthajós szerkezet, az egyes mezők lefedése hiperbolikus paraboloid alakú héjakkal történt. A szerkezet általános elrendezését a 14. ábra, oldalnézetét a 15. ábra mutatja. Építése előregyártott és mozgatható szaluzattal, helyszíni betonozással történt.

Érdekes építmény a tihanyi posta épülete (16. ábra). Ennek lefedése egy 25,5 m oldalhosszúságú, egyenlőszárú háromszög fölött elhelyezkedő, forgási paraboloid alakú héj. A vasbeton héj vastagsága 6 cm, kívül könnyű fém borítással, s ez alatt helyezkedik el a tulajdonképpeni épület. A szerkezet terveit Gnädig Miklós (IPARTERV) készítette 1963-ban.

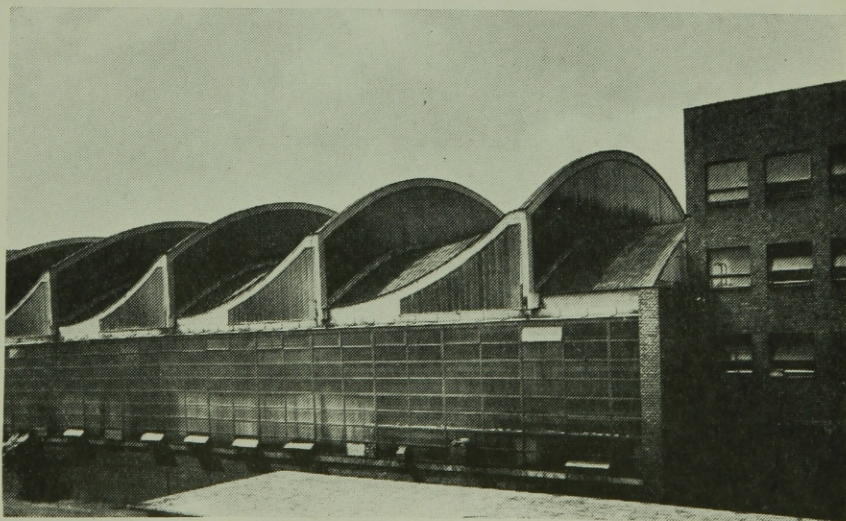
Igen szép megoldású víztároló az oroszlanzi 2000 m³-es, egyköpenyű hiperboloid alakú víztorony. Keresztmeteszétét a 17., képét pedig a 18. ábra mutatja. Érdekessége, hogy az alkotók irányában utófesztített szerkezet, melynek betonja kétirányú nyomófeszültséget kap. A víztorony terveit Vizvárdi István és Molnár István (MÉLYÉPTERV) készítették.



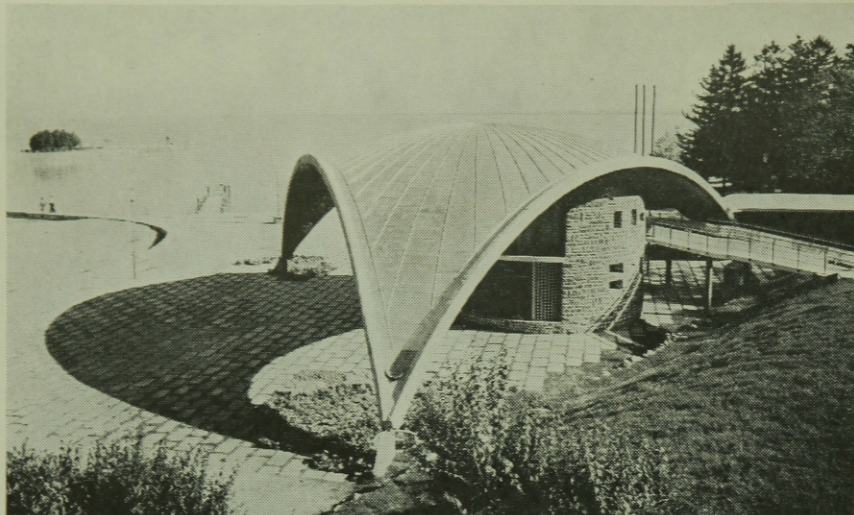
13. ábra. Csepeli Szerszámgépgyár, 7200 m², 11×22 m, elliptikus paraboloid (lyukakkal), szerkezettervező: Reisch Róbert (IPARTERV), építés éve: 1961.



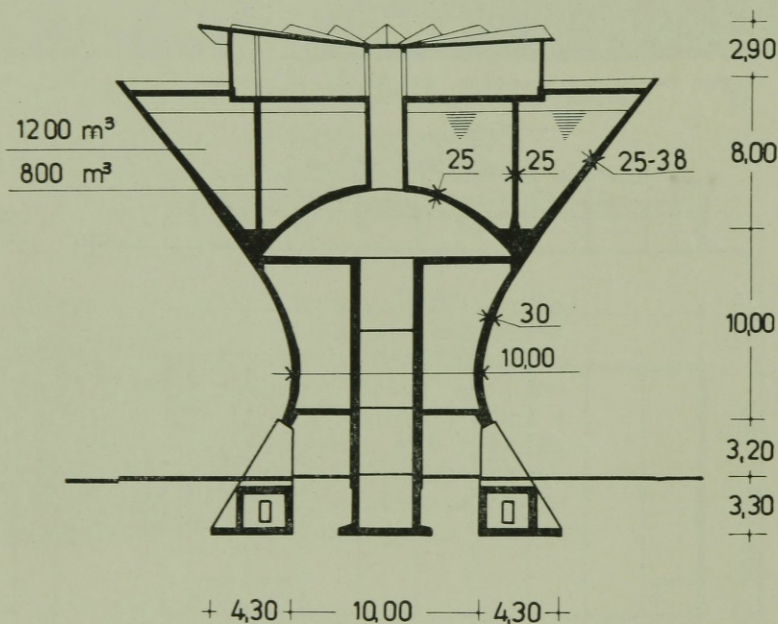
14. ábra. Ganz-MÁVAG Diesel Hajtóműgyár csarnoka



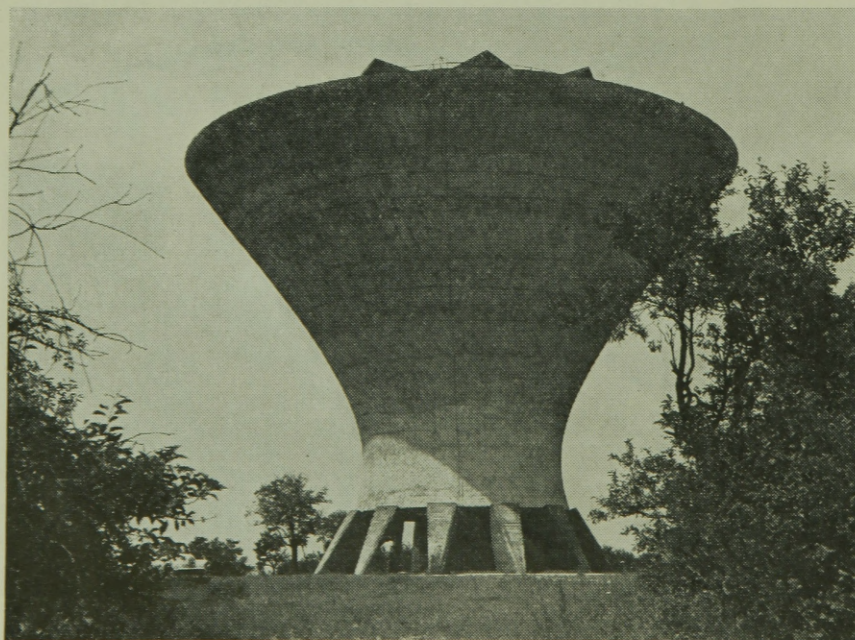
15. ábra. Ganz-MÁVAG Diesel Hajtóműgyár, 3800 m², 9×19 m, hiperbolikus paraboloid alakú shed. Szerkezettervező: Horváth Csongor (IPARTERV), építés éve: 1962.



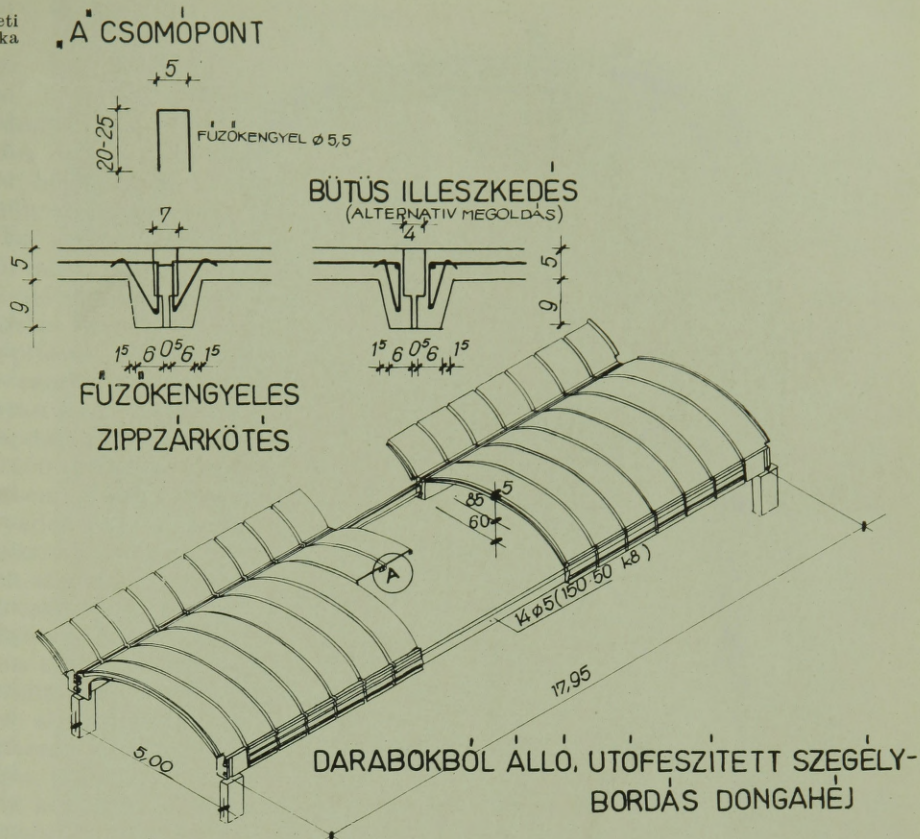
16. ábra. Tihanyi posta, háromszög 272 m², 25,5 m oldalhossz, elliptikus paraboloid, tervező: Gnädig Miklós (IPARTERV), építés éve: 1963.



17. ábra. Az oroslányi víztorony



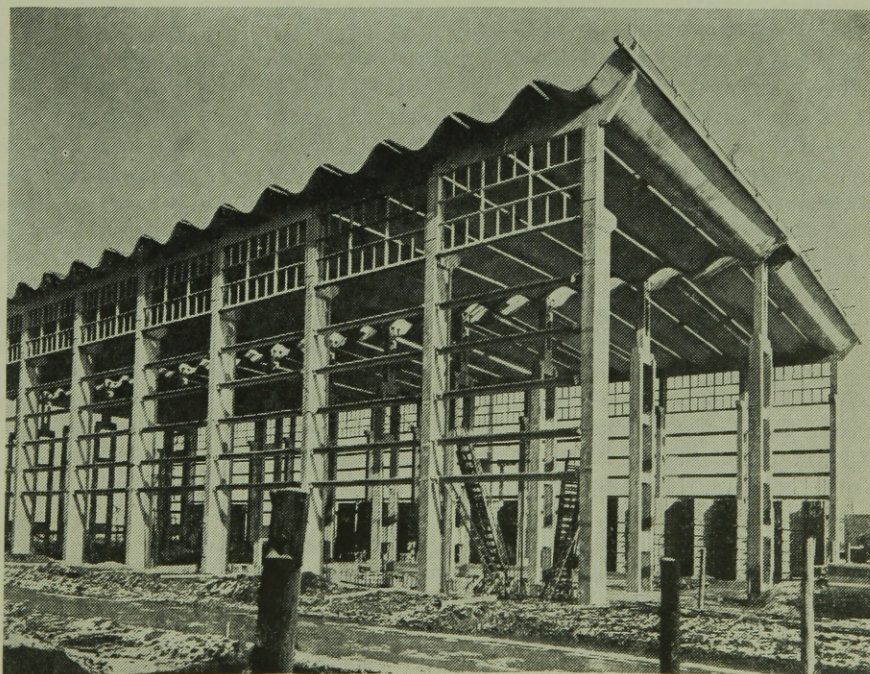
18. ábra. Oroslányi víztároló, 2000 m³, egyköpenyű hiperboloid, tervező: Vizvárdi István és Molnár István (MÉLYÉPTERV), építés éve: 1964.



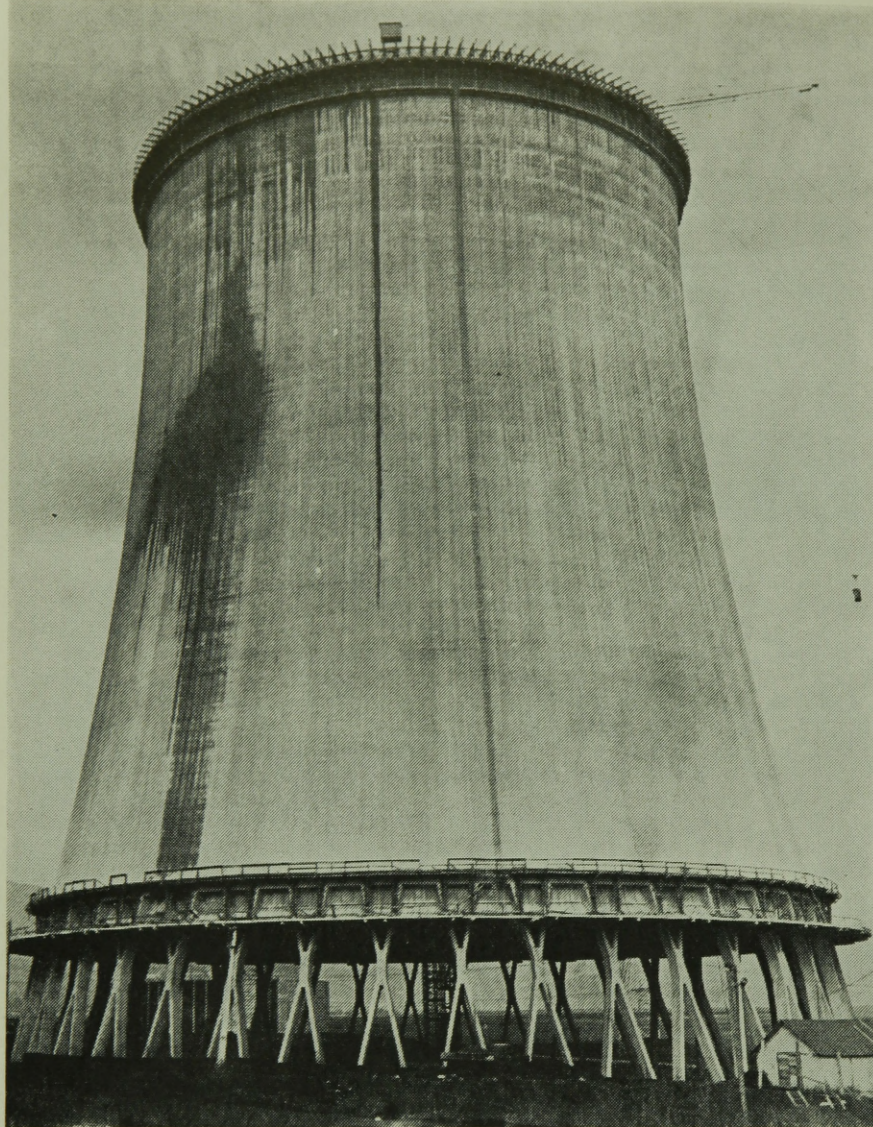
A héjszerkezetek építésének — mint már említettük — egyik jelentős költségtenyezője az állványozás és a zsaluzás. Az utóbbi években mindinkább erősödik az a törekvés, hogy a tetőhéjakat is előregyártva, egyszerűen kivitelezhető módon valósítsák meg. Ennek egy jellegzetes példáját mutatja a 19. ábra, amely a *Budapesti Sütőipari Kísérleti Intézet csarnokszerkezetének* lefedését ábrázolja.

A csarnok hossz tengelyére merőlegesen dongahéjak helyezkednek el. Ezeket előregyártott szeletekből oly módon építették össze, hogy a csatlakozásnál kialakuló vápában elhelyezett betétekkel utófeszítették meg. A lefedés szerkezeti terveit Bödök Tamás (Győri Tervező Vállalat) készítette.

Szellemes, előregyártott héjszerkezetű lefedéssel készült a *szolnoki szuperfoszfát érlelő raktáráépület*.



20. ábra. Szolnoki szuperfoszfátérlelő és raktár, 2700 m², 3 × 17,5 m, előregyártott hullámdonga, szerkezettervező: Lőke Endre (IPARTERV), építés éve: 1965.



21. ábra. A Gyöngyös—Visontai Gagarin Hőerőmű 200 MW-os hűtőtornya, alsó átmérő 100 m, magasság 116 m, egyköpenyű hiperboloid, tervező: Thoma József és munkatársai (MÉLYÉPTERV), építés éve: 1969.

A kéthajós csarnok lefedésére hullámvonal alakú, előregyártott és feszített $3,0 \times 18,0$ m alapterületű, 4—5 cm vastag elemek szolgáltak. A félig kész szerkezeteket szerelés közben mutatja a 20. ábra. A szerkezet terveit Lőke Endre (IPARTERV) készítette.

A csúszózszaluzatos építési módszer az elmúlt évek során jelentősen fejlődött. Újabban egy korszerű, központos vezérlésű megoldás, az ún. Swenthorendszer alakult ki, mellyel változó vastagságú és átmérőjű szerkezetek építése is lehetővé vált. Ilyen módszerrel épült a közelmúltban befejezett, *gyöngyös—visontai Gagarin Hőerőmű 200 MW-os egységének hűtőtornya*. A torony alapkörének átmérője 100 m, magassága 116 m. A szerkezet előregyártott, vasbeton X lábakon nyugszik, s az ezeket össze-

fogó gyűrűgerendára támaszkodik az általában 17 cm vastag, egyköpenyű hiperboloid alakú héj. A korszerű módszerrel készített héjszerkezet építése csupán 3 hónapot vett igénybe. A hűtőtorny képét a 21. ábrán mutatjuk be. A szerkezet terveit Thoma József és munkatársai (MÉLYÉPTERV) készítették.

Az elmondottakból világosan kitűnik, hogy a héjszerkezetek építése területén hazánk mérnökei élvonalban voltak. Ezt bizonyítják a háború előtt Európában sok vonatkozásban úttörőként alkalmazott membrán héjak, majd a korszerű építési módszerekkel készült előregyártott, feszített, ill. csúszózszaluzattal épített héjszerkezetek. A magyar mérnökök azonban elől jártak nemcsak a gyakorlati megvalósítás, hanem a héjszerkezetek elméletének továbbfejlesztése területén is. Úttörő és kiemelkedő munkásságot fejtett ki *dr. Menyhárd István*, aki nemcsak átültette a külföldi eredményeket, hanem alkotó módon továbbfejlesztette azokat. Elsőként írta fel zárt formában az elliptikus paraboloid alakú héj membrán erőjátékát. Később ezt *dr. Szmodits Kázmérral* továbbfejlesztette s az eredményeket a gyakorlatban dolgozó mérnökök számára könnyen hozzáférhető táblázatokban foglalta össze. Értékes munkásság fűződik *dr. Csonka Pál* nevéhez, aki igen szerteágazó irodalmi tevékenysége során számos membránhéj-

szerkezeti problémát oldott meg. *dr. Pelikán József* vetette fel a hártvaszerkezetek gondolatát, és számos dolgozata foglalkozik e szerkezetípus erőjátékának szellemes vizsgálatával. E sorok szerzője elsőnek oldotta meg a membránhéjak alakváltozásának problémáját, majd a hajlított héjak általános differenciál-egyenletét derékszögű koordinátákban írta fel. A héjszerkezetek és ezen belül első sorban a héjívек stabilitásának vizsgálatával *dr. Kollár Lajos* és *dr. Dulácska Endre* foglalkozott, s eredményeik nemzetközi viszonylatban is elismerésre találtak.

A héjszerkezetek elméletének továbbfejlesztésében ma is számosan fejtenek ki kiemelkedő munkásságot, de e cikk kereteit messze meghaladná felsorolásuk.

Az az évezredes küzdelem, melyet az építész vívott a természet kérlelhetetlen erőivel szemben, századunk első negyedében a héjépítészet kifejlesztésével az építész javára dőlt el: a héjépítészeti oly lehetőségeket teremtett az építés számára, melyekről azelőtt álmodni sem mert. Az új építésmód a teherhordó és térelhatároló elemek egyesítésével szinte korlátlan lehetőségeket teremtett a téralkotás számára. A modern építészet szívesen élt — nem egyszer vissza is élt — ezzel a lehetőséggel, s a nagyméretű csarnokok olyan sorát teremtette meg, melyekre mindnyájan csodálattal tekintünk. Ma már nem lehetetlen akár 200 m fesztávolságú vasbetoncsarnokok létesítése sem, s ezek anyagszükséglete csak csekély hányadát teszi ki a régi kőboltozatos csarnokok anyagszükségletének.

A modern építészet szívesen alkalmaz vasbeton héjakat sport és közlekedési csarnokok, továbbá kiállítási és áruccsarnokok építésére. E területen a héjépítészet létjogosultságát a tűzbiztos lefedésű nagy fesztávolságú terek létesítésének lehetősége biztosítja. De igen széleskörű alkalmazására talál a héjépítész az ipari építés terén is, ahol üzemi és raktári csarnokok gazdaságos, tűzbiztos lefedése az elsőrendű szükséglet. Végül korlátlan alkalmazási területe van a héjépítészetnek olyan esetekben is, amelyekben a gazdaságossági szempontok háttérbe szorulnak, s helyettük különleges formai igények nyomulnak előtérbe. Az építmények ezen csoportjába tartoznak a reklámszerű építmények, emléképületek, templomok, pavilonok stb.

A hazai építészet a héjépítés minden területén jelentős eredményeket mutathat fel, s nem egy tekintetben meg is előzte a külföldet. Így a csarnoképítészet terén a budapesti Hamzsabégi úti autóbuszszin a maga építése idején a világ legnagyobb fesztávolságú héjszerkezetű építménye volt. Igen jelentős eredményeket ért el a hazai építészet az ipari csarnokok létesítése terén is. Az ezeken alkalmazott újfajta építésmódok nemzetközi vonatkozásban is valóban figyelemre méltók. De egyes művészi igénnyel létesített új építményeink is joggal kelthetik fel a szakkörök figyelmét.

Ámbár a hazai héjépítészet eredményeit nagyra értékeljük, nem lesz érdektelen a külföld héjépítészetének egyes nevezetesebb alkotásain végigtekinteni, s azok különleges építésmódját ismertetni. Az alábbi sorok ezt a célt kívánják szolgálni, bemutatván — a teljességre törekvés legkisebb igény nélkül — a külföldi héjépítészet olyan példáit, melyek méreteiknél, készítmódjuknál, vagy különleges építészeti megjelenésüknél fogva nálunk is széleskörű érdeklődésre tarthatnak igényt. Az ismertetendő példaanyag körét azonban korlátozzuk: nem mutatjuk be a külföldön egyre inkább térhódító függőtetők, valamint a nem betonanyagú héjak (fém-, fa-, téglá- és műanyag héjak) nevezetesebb példáit. Nem térünk ki továbbá a lemezművek, hengerhéjak, valamint a különféle hullámhéjak tárgyalására sem, mert ezek a szerkezetek közismerteknek tekinthetők.

1. Nagy létesítmények

Már a héjépítészet hőskorában *Dischinger*, F. rámutatott arra, hogy a héjszerkezetek — pl. kettősfalú kivitelben — rendkívüli méretű, akár 200 m fesztávolságú terek gazdaságos lefedésére is alkalmasak lehetnek.

Az alábbiakban néhány olyan kettősfalú héjat ismertetünk, amelyek igazolják *Dischinger*, F. iránymutatásának helyes voltát.

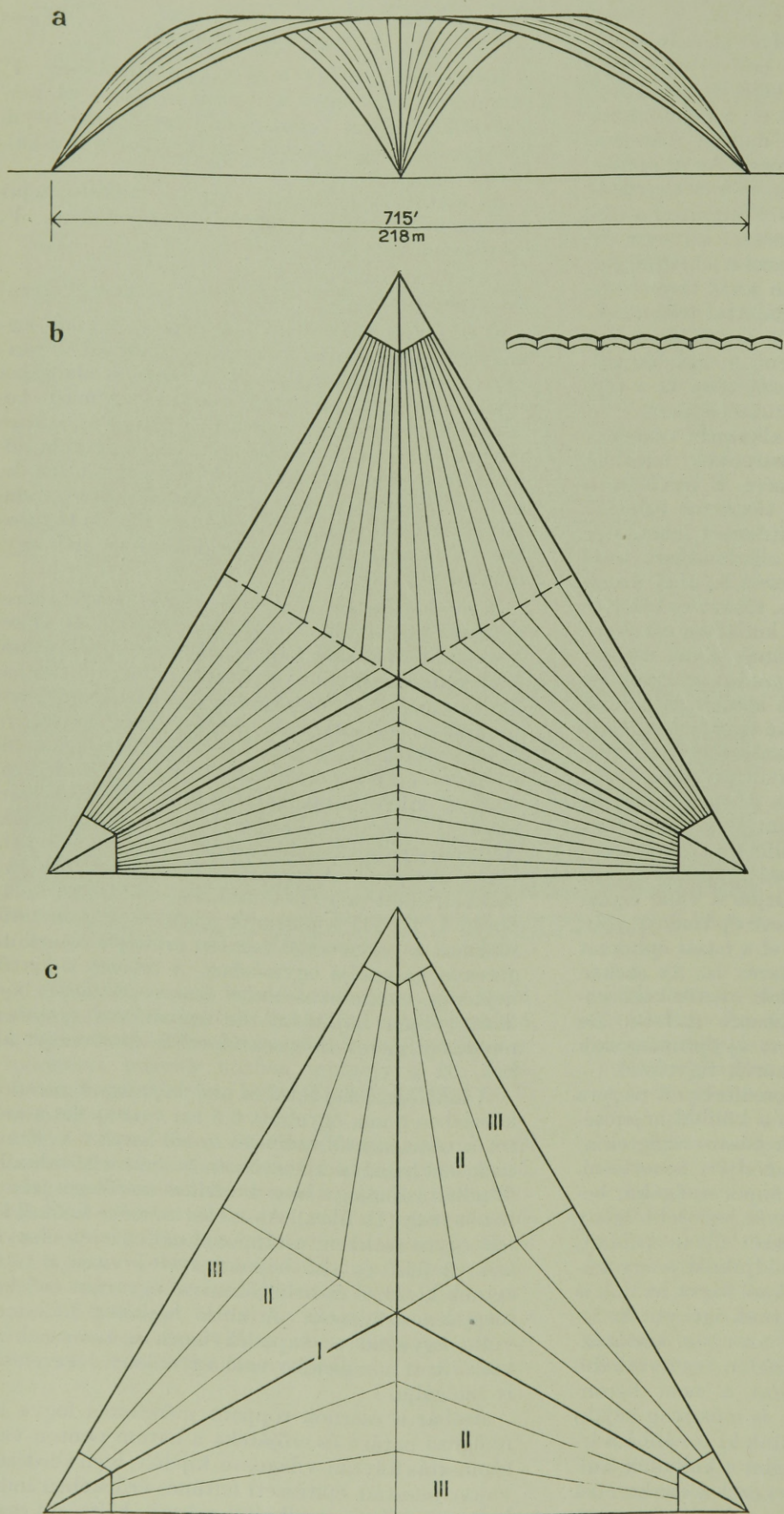
1.1. A párizsi C. N. I. T. kiállítási csarnok (1. ábra)

E mammut-méretű kiállítási épület a világ legnagyobb fesztávolságú vasbeton csarnoka. Statikus tervezője *Esquillan*, N. A csarnok alaprajza egyenlőoldalú háromszög, tetőzete egymást keresztboltozat módjára metsző három vízszintes tengelyű henger. A csarnoképítmény egy tőle teljesen függetlenített oly emeletes épületet fed le, melynek szárnyrészei az alaprajzi háromszög oldalai elé nyúlnak. Maga a csarnoktető három támasztáson nyugszik. Ezek vonórúdadakkal vannak egymáshoz kötve.

A héj kettősfalú. A felső és alsó héjkérget előre-gyártott elemekből készült hosszbordák és előre-gyártott rekeszfalak kapcsolják össze. Utóbbiakon közlekedésre alkalmas nyílásokat hagytak szabadon. Ilymódon a hosszbordák a két héjkérget közti térséget a gerincevonal felé emelkedő járatokra osztják. Ezeknek függőlegesen mért belvílága a támaszoknál 2,3 m, a záradéknál 1,6 m. Minden támasztól kilenc járat indul felfelé. Utóbbiak hárommal a tetőzetet három tetőszakaszra osztják. A szakaszhatárokon a bordák kettőzöttek (1b. ábra). Az említett három tetőszakasz különböző időkben épült meg. Betonozási sorrendjüket az 1c ábrán I, II, III sorszámok jelzik. A három tetőszakaszt a gerincevonal mentén erőteljes összekötő gerenda kapcsolja egymáshoz. A tetőzetet a kettős héjkérget, valamint a hossz- és keresztirányú bordázat révén hajlítással és csavarással szemben rendkívül merev dobozszerű cellás szerkezetet alkot.

A kettősfalú héj felső és alsó héjkérge a záradék közelében 6 cm, egyebütt 6,5 cm vastag. Ez a méret a támaszoktól mért 40 m-től kezdve a támaszok felé haladva fokozatosan 50 cm-re növekszik. Mindkét héjkérget a hosszbordákra merőleges irányban is ívelt (1b. ábra). Az ívelés mértéke felülről lefelé egyre csökken, a támaszoknál egészen elenyésszik. A felső és alsó héjkérget ívelt kivitele a tetőzetnek kívülről és belülről nézve egyaránt érdekes megjelenést biztosít. A külső héjkérget hullámos volta egyúttal a csapadékvíznek a támaszoknál kialakított víznyelőbe való egyenletes levezetését is szolgálja.

Ámbár a csarnok roppant méreteinél fogva lenyűgöző hatású és erőjátéka a három ponton való támasztás folytán világosan kijelölt, igen kérdéses, vajon pusztán építészeti feltűnés érdekében indokolt volt-e ilyen rendkívüli méretű, költséges csar-



nokot építeni, hiszen kiállítás céljaira kisebb igényű, esetleg többhajós épület is teljesen megfelelt volna. Ez a kérdés annál inkább indokolt lehet, mert a csarnoktető alá beépített építmény szervesen csatlakozik magához a főszerkezethez.

- [1] Esquillan, N.: The Design and Construction of the Shell Roof of the Exhibition Palace of the National Center of Industries and Technology, Paris. *Cement and Concret Association*, London (1958), 26.
- [2] Balency-Béarn, A.—Fougea, E.—Fougerolle, J.—Esquillan, N.—Lacombe, G.—Faessel, P.—Perzo, R.—Milbert, I.: Le Palais des Expositions du Centre National des Industries et des Techniques. *Travaux*, 43 (1959), No. 296.
- [3] Esquillan, N.—Lacombe, G.—Faessel, P.—Perzo, R.: La Construction du Palais des Expositions du Centre National des Industries et Techniques au Rond-Point de la Défense. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, 12 (1959), 475—519.
- [4] Bouchet, A.: Le Palais des Exposition du C. N. I. T. au Rond-Point de la Défense près de Paris. *La Technique des Travaux*, 35 (1959), 217—238.
- [5] Kirchner, Gy.: Der CNIT Ausstellungspalast in Paris. *Der Bauingenieur*, 35 (1960), 146—149.
- [6] Esquillan, N.: Palais des Exposition au Centre National des Industries et des Techniques à Paris. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 4 (1960), 17—29.

1. ábra. A párizsi C. N. I. T. kiállítási csarnok

1.2. A torinói kiállítási csarnok (2. ábra)

Ez a hatalmas építmény — statikusa *Levi, F.* professzor — az olasz egység 100-éves jubileuma alkalmából rendezett kiállítás céljaira épült. Alaprajz 75 m oldalhosszúságú szabályos hatszög, mely 128 m átmérőjű köralakú térséget foglal magába. Az építmény tetőzetét keresztboltozatszerűen egymásba metsződő három kettősfalu hengerháj alkotja. A két héjkéreg függélyesen mért távolsága 1,8 m. A csarnok lefödő szerkezete a hatszög alaprajz három sarokpontján támaszkodik, a másik három sarokpont irányában konzolszerűen előre nyúlik. A támaszkodási pontokat vonórudak kötik egymáshoz.

Magát a héjat cikkelyekként készítették el. A készítés sorrendjét a 2b ábrán I, II, III sorszá-
mok jelölik. Az egyes héjcikkelyek hossz- és keresztirányú bordákkal készültek. Ezek kapcsolják egybe a kettősfalú héj felső és alsó kérgét. Az ily módon kialakított sok cellára tagozott héjcikkelyek hajlítással és csavarással szemben rendkívül merevek annak ellenére, hogy a középrészen a felső és alsó héjkéreg vastagsága mindössze 6 cm. Ez a vastagság a vállak felé 40 cm-re növekszik. A különböző időkből készült héjcikkelyeket az egyenes gerincevonalak mentén egymáshoz feszítették, majd a héjcikkelyek lemezei közt kimaradó közt kibetonozták. A készítés során az ívek támaszpontjai közelében sajtókat építettek be, hogy ezekkel a kiszaluzás alkalmával előálló esetleges nem kívánt alakváltozásokat kiküszöbölhessék. A támaszpontokat összekötő vonórudakat az állványzat lesúlylesztésekor fokozatosan megfeszítették.

A szóban forgó csarnok szerkezete hasonló az 1.1. alatt ismertetett párizsi C. N. I. T. kiállítási pavilon szerkezetéhez, s mintegy annak továbbfejlesztéseként fogható fel. Eltérés annyiban van, hogy a párizsi példa esetében a felső és alsó héjkéreg az osztóbordák között ívesen hidalja át, tehát a héjfelület két irányban görbe, itt viszont az egyszerűség kedvéért a héjfelület csak egy irányban görbe hengerfelület. A szerkezeti rendszer világos, s összhangban áll a rendeltetési céllal. E tekintetben sokkal szerencsésebb, mint párizsi előképe. A csarnokot kiszolgáló szerelvények a kettős héj két rétege közötti űrben helyezkednek el.

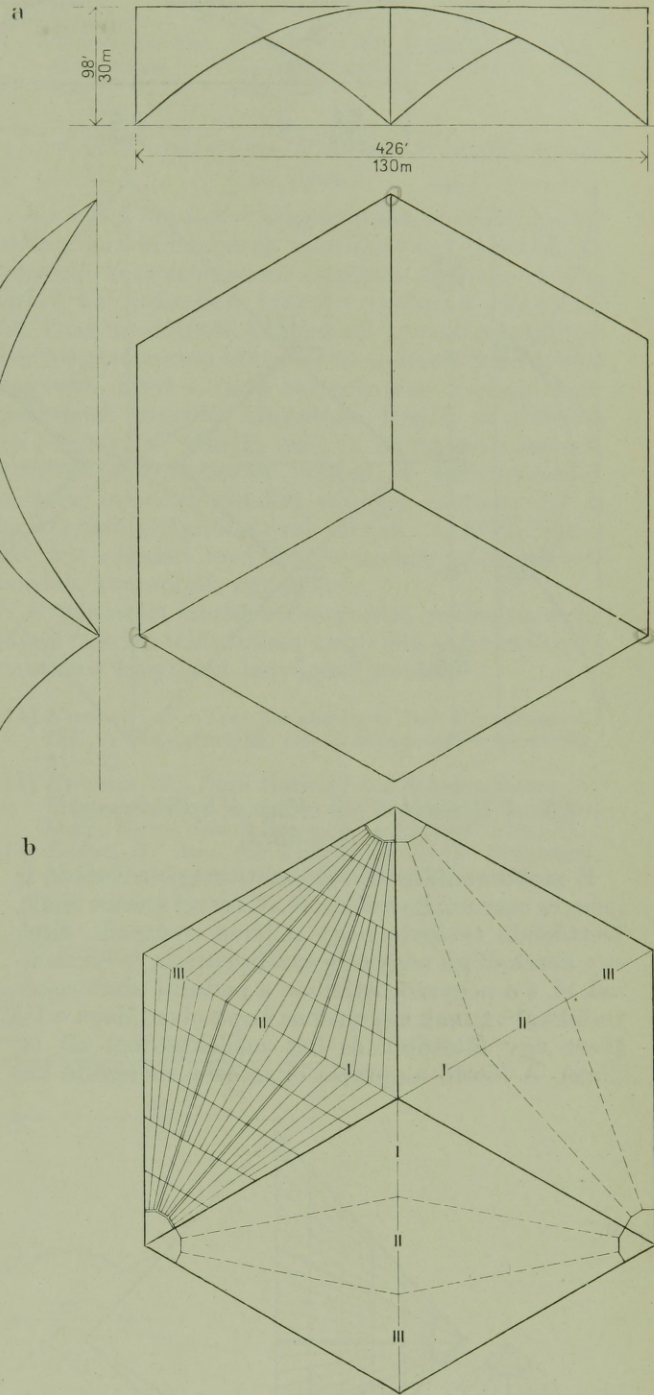
Az építmény sarkában üzemi és mellékhelyiségek vannak. A homlokzat teljes egészében üvegezett. Az üvegfelület fent parabolaívhez, lent körívhez illeszkedő konoidfelület.

Hasonló hatszögalaprajzú terek lefedésére igen alkalmasnak látszik a *Kirsch, K.—Reiss, M.* javasolta hexahypnek nevezett héjalak is [10] mely hat deltoidalakú hiperbolikus paraboloidból tevődik össze, s hasonló eljárással építhető meg, mint a torinói héj.

[7] + + + : Le Palais des Expositions de Turin (Italie). *Le Génie Civil*, 81 (1961), 450—453.

[8] *Schrader, K. H.*: Die Ausstellungshalle von Turin. *Der Bauingenieur*, 38 (1963), 111—112.

[9] *Esquillan, N.*: Conception and Construction of Two Recent Shell Structures. *Proceedings of the World Conference on Shell Structures San Francisco*

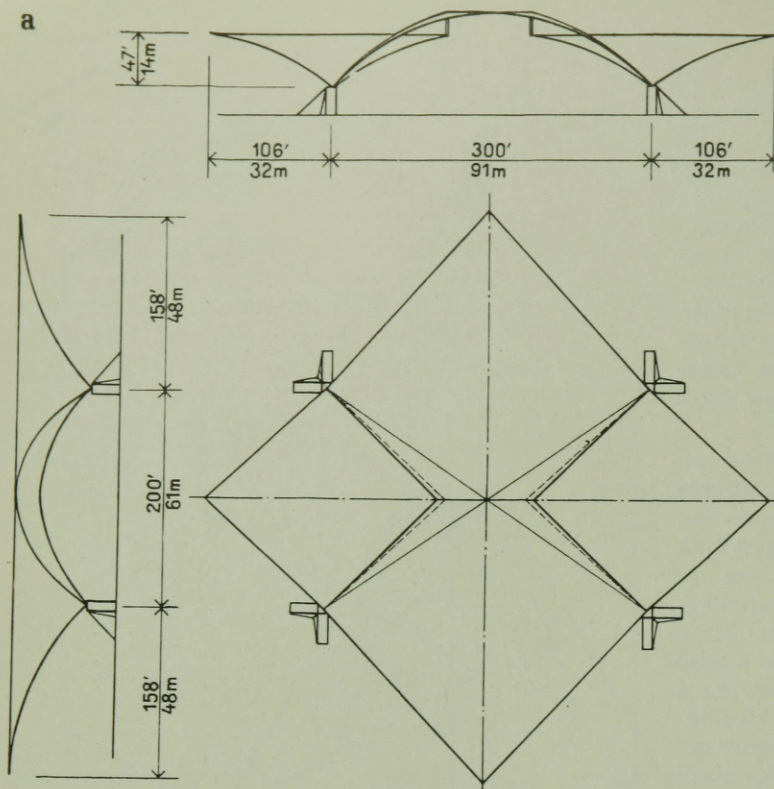


2. ábra. A torinói kiállítási csarnok

1962. National Academy of Sciences — National Research Council, Washington D. C. 1964, 395—402.

[10] *Uri, K.—Reiss, M.*: Experimental Study of Regular Hexahyps. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*. No. 32 (1967), 41—48.

a

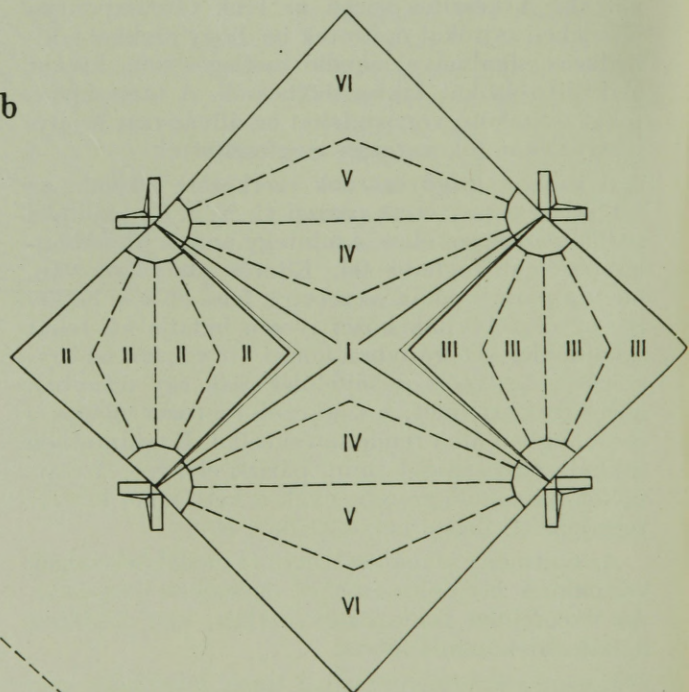


3. ábra. A Grenoble-i téli olimpiai csarnok

1.3. A Grenoble-i téli olimpiai sportcsarnok (3. és 4. ábra)

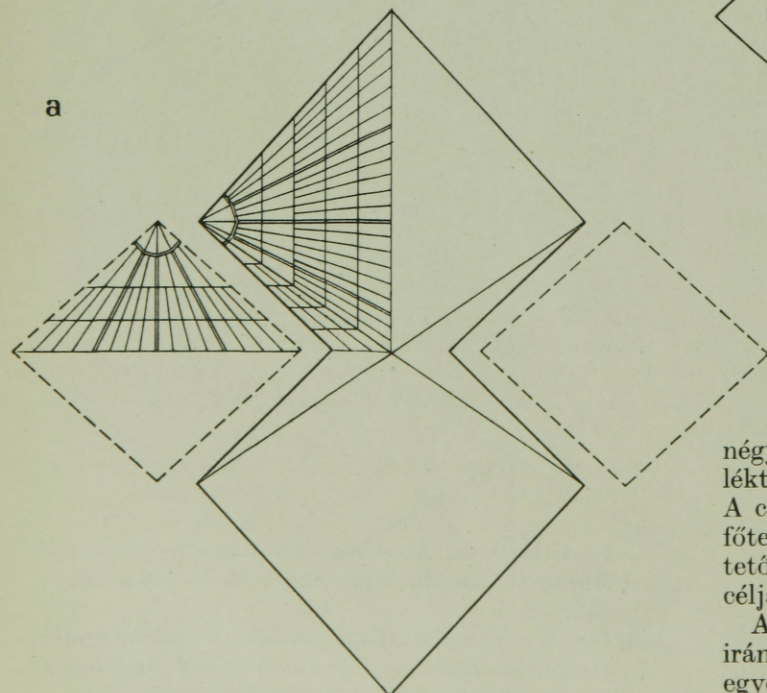
E monumentális és építészeti megjelenésében is igényes csarnok *Esquillan*, N. N. tervei szerint épült. Kettősfalú tetőzete négy pilléren nyugszik. Ezek egy derékszögű négyszög sarokpontjain helyezkednek el, s a négyszög átlóiban a padozat alatt vonórudakkal vannak egymáshoz kapcsolva. Maga a tetőzet egy főtetőből és két melléktetőből áll (4. ábra). A főtető alaprajza egymásba metsződő két

b



4. ábra. A Grenoble-i téli olimpiai csarnok fő- és melléktetői

a



négyszög, fedéldoma keresztboltozat. A két melléktető egy-egy rombusz alaprajzú hengerháj. A csupán kétlábbon álló melléktetők stabilitását a főtetővel való kapcsolat biztosítja. A fő- és melléktetők közt kimaradó sarló alakú köz felüvilágítás célját szolgálja.

A kettősfalú héjak két héjfalát hossz- és keresztirányú bordák kapcsolják egymáshoz. E bordázat egyes bordáit a 4a ábra tünteti fel, a tetőzet betonozási sorrendjét pedig a 4b ábra magyarázza.

A különböző időszakban betonozott részek határoló bordái kettőzött kivitelben készültek. A betonozás során a kettős héj alsó kérgét betonozták először. Ezután került sor a bordák betonozására, majd végül a bordákra fektetett szigetelő lemezen a felső kéreg elkészítésére. Állványzatul csőállványt használtak. Maga a hatalmas épület 6 hónap alatt, kemény téli időben épült fel.

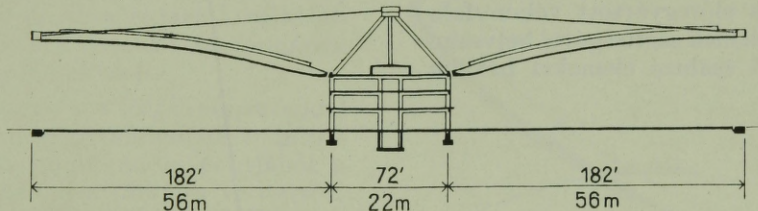
Ámbár ezen óriás építmény méretei lenyűgözőek, maga a szerkezet természetellenesnek tűnik. Ugyan ilyen méretű térség egyszerűbb módon is lefedhető lett volna.

[11] Esquillan, N.: The Roof of the Olympic Ice Stadium at Grenoble. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*. No. 36 (1968), 29—36.

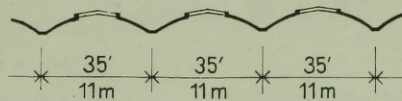
[12] Esquillan, N.: Olympic Ice Stadium at Grenoble. *Journal of the American Concrete Institute. Proceedings*, V. 66 (1969), 513—521.

1.4. A Las Vegas-i (Nevada) repülőtér felvételi épülete

Ez a nagyjából szabályos hatszögalaprajzú hatalmas épület három rombuszalakú héjmezőből és köztük levő három ékalakú felülvilágító mezőből tevődik össze. A három héjmező translációs felület alakú, egyik vezérgörbéjük körív, másik hiperbola. Az egész lefedő szerkezet három ferde támaszon nyugszik. A héjak fesztávolsága 61 m, konzolszerű kinyúlásuk 21 m. Maguk a héjak kettős falúak. A két héjkérget kazettaszerű bordázat kapcsolja egymáshoz.



5. ábra. A Frankfurt am Main-i III. repülőtér



1.6. A hamburgi nagy vásárcsarnok (6. ábra)

Ez a nagyméretű vasbeton építmény 220 m hosszú és 180 m széles, teljes egészében alá van pincézve. Az épület három 48 m fesztávolságú főcsarnokra és ezek közt elhelyezkedő két 16 m fesztávolságú mellécsarnokra oszlik. A főcsarnokok tetőzetét 20 m osztástávolságban álló vasbeton ívtartók hordják. Ezekből ágaznak ki a mellécsarnokok tetőzetét hordó segéd tartók, melyek a főcsarnokok ívtartóival összefüggő folytonos keretszerkezetet alkotnak. Ez a szerkezet tizenöt-szörösen statikailag határozatlan. Erre a keretszerkezetre egy hullámfelület alakú monolitos vasbeton héj támaszkodik. Utóbbinak az alkotói nem egye-

[13] Bradshaw, R. R.: A Large Span Cellular Shell. *Proceedings of the World Conference on Shell Structures, San Francisco 1962*. National Academy of Sciences — National Research Council Washington, D. C. 1964, 409—424.

1.5. A Frankfurt am Main-i III. repülőtér (5. ábra)

Ez a 171 m hosszú hangárpépület hasonló szerkezetű amerikai hangárok mintájára egy hosszirányú középső keretszerkezetű emeletes építményből és ebből két irányban kinyúló vasbeton előtetőből áll. Ezek az előtetők kábelekkal vannak az említett középépítményhez kikötve; konzolszerű kinyúlásuk nagyobb, mint a világ bármely más hasonló építményének konzolos kinyúlása. Maguk az előtetők 15 héjmezőből állnak, melyek az épület hosszirányával párhuzamosan íveltek, s gerincevonaluk mentén mindkét oldalon egy-egy mintegy 50 m hosszú felülvilágító sávval bírnak. A felülvilágító sáv két oldalán levő héjfelületeket előregyártott bordák kapcsolják egymáshoz.

A választott szerkezeti megoldás szellemes, s céljának minden tekintetben megfelelő. A konzoltetők hatalmas kinyúlása lenyűgöző hatású.

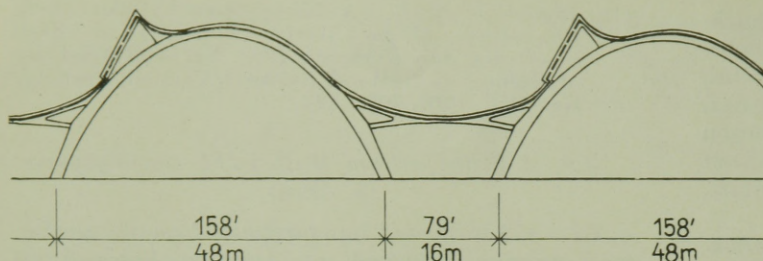
[14] Kirchner, G.: Das Schalendach der Flugzeughalle III. in Frankfurt/M. *Der Bauingenieur*, 35 (1960), 21—22.

[15] Kirchner, G.: Zum Entwurf des Schalendaches der Flugzeughalle III. auf dem Flughafen Frankfurt/Main. *Beton- und Stahlbetonbau*, 55 (1960), 73—81.

[16] Seifert, H.: Bau der Flugzeughalle III Frankfurt/Main. *Der Bauingenieur*, 35 (1960), 113—119.

nesek, hanem a kedvezőbb építészeti megjelenés érdekében a főhullámokra merőlegesen kissé íveltek. Így a tetőhéj nem hengerfelület, hanem translációs felület szerint alakított. A főcsarnokok északi oldalán a héjfelületből kiemelkedő felülvilágító sor van kialakítva.

A hamburgi nagy vásárcsarnok példa arra, hogy a vasbetonszerkezet tervezőjének a hengeres héjalaktól való eltérés révén komoly engedményeket kellett az egyszerűség rovására tennie, azért, hogy az építészeti igények kielégítést nyerjenek. Statikai szempontból nem szerencsés, hogy a héjszerkezet a csarnok jelentős részén — a tetőzet hullámvölgyeiben — húzásra van igénybevéve, ami a vasbetonépítés természetének kevésbé felel meg.

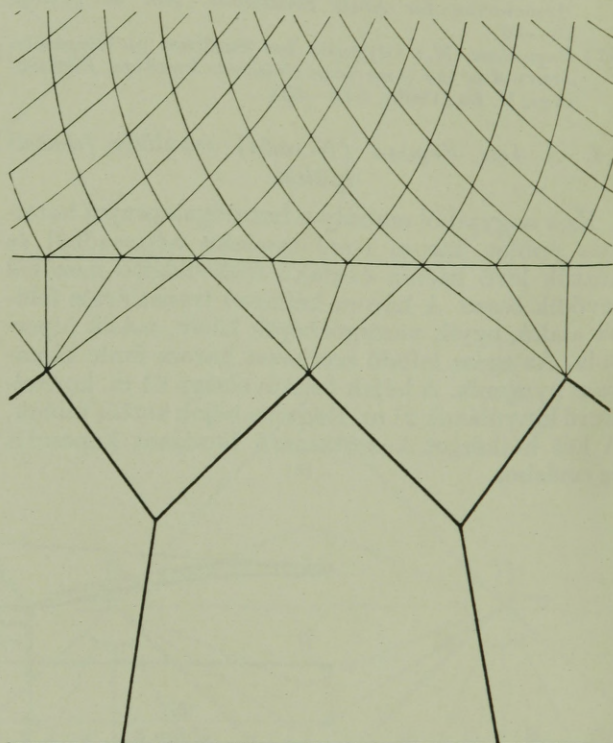


6. ábra. A hamburgi nagyvásárcsarnok

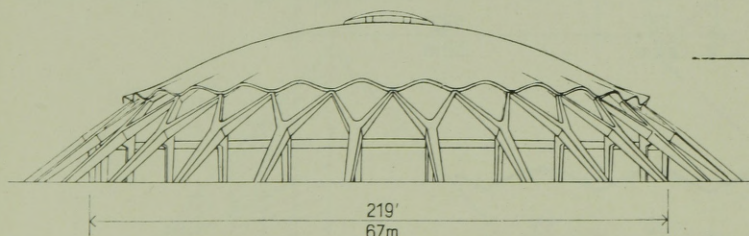
- [17] Havemann, H. K.: Construction of Modern Shells in Hamburg's Large Market. *Bulletin of the Association for Shell Structures*, No. 20, (1964), 47—57.
- [18] Mast, P. E.: Design and Construction of Northlight Barrel Shells. *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings (1962), V. 59, 481—525.

1.7. A római Kis Sportpalota (Palazzetto dello Sport) (7. és 8. ábra)

Ez az épület a Nervi, P. L. által a római olimpia részére szerkesztett három nevezetes nagylétesítmény egyike (1957). Alépítménye 36 db befelé dőlő Y-alakú keretláb. Ezeket egy-egy függőleges oszlop támasztja alá, s egy körbefutó erőteljes feszített talpgyűrű fogja össze. Az alépítményt a bordás kupolarésszel egy átmeneti szakasz kapcsolja össze, amely legyezőszerűen szétágazó bordákkal közvetíti a teherátadást az alépítmény és a rombuszhálózattal bíró kupolahéj között (8. ábra). Az átmeneti szakasz héjlemeze a legyezőszerű bordákkal alá nem támasztott részekben a hajlítónyomatékok kiküszöbölése végett ívelt kivitelű (7. ábra). Maga a kupola építmény teljes bordázata és lemezhéja előregyártott vékonyfalú rombuszalakú zsaluzó elemek segítségével helyszíni betonozással készült. A zsaluzó elemeket belőlük



8. ábra. A római Kis Sportpalota támrendszere



7. ábra. A római Kis Sportpalota

körös-körül kiálló acélbetétek kapcsolják a bordákhoz, illetve a héjlemezhez. A kupola közepén köralakú felülvilágító nyílás van.

A szóban forgó épület Nervi P. L. egyik legszebb alkotása, mely nemcsak egyszerűségével, az erőjáték világos érzékeltetésével és a szerkezet egészének ésszerűsítésével mély benyomást gyakorol a szemlélőre. Benne valóban igazolást nyernek tervezőjének szavai [24]: „A szerkezettervezés több, mint tudomány és technika: sok köze van a művészethez, a józan gondolkodáshoz, az érzékhez, a tehetséghez, a nagy vonalakban való alkotás öröméhez, mely alkotáshoz a tudományos számítás csak a végső simítást adja, igazolván azt, hogy a szerkezet egészséges és a követelményeknek megfelelő erősségű”.

- [19] Rogers, E. N.: The Works of Pier Luigi Nervi. The Architectural Press, London 1957.
- [20] Hofacker, H.: Bauten für die Sommerolympiade 1960 in Rom. *Schweizerische Bauzeitung*, 77 (1959), 423—430.
- [21] Jaeger, Th.: Der Sportpalast in Rom. *Der Bauingenieur*, 34 (1959), 164.
- [22] Haas, A. M.: Reinforced Prestressed Concrete, Béton Armé et Précontraint. Rapport Thème à *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 1 (1960), 7—28.
- [23] Nervi, P. L.—Piacentini, M.: Palazzo dello Sport in Rom. *Bauen und Wohnen*, 15 (1961), 426—27.
- [24] Nervi, P. L.: Über Konstruktion, Wirtschaftlichkeit, Ästhetik und Teamarbeit. *Bauen und Wohnen*, 15 (1961), 113.
- [25] Major, M.: Pier Luigi Nervi. Akadémiai Kiadó, Budapest 1966.
- [26] Mók, L.: Montagebau in Stahlbeton. Akadémiai Kiadó, Budapest 1968.

2. Süveghejak

A modern építészet szívesen alkalmaz háromszög, vagy sokszögalaprajzú terek lefedésére függélyes, vagy ferdesíkú ívtartóval szegélyezett süveghejakat. E héjak peremtartóit sok esetben a héj perem megfelelő megvastagításával és a héj testében ívesen vezetett feszítő huzalokkal pótolják. Az alábbiakban a süveghejak három példáját ismertetjük.

2.1. A dortmundi Városi Színház kupolája (9. ábra)

Ezen építmény alaprajzi idoma szabályos ívháromszög, lefedése forgásellipszoid alakú kupolahéj, mely három peremíven nyugszik. A peremívek közvetlenül az alaptömbökig futnak le, s azokhoz csuklókkal támaszkodnak. A héj görbületi sugara közepesen 43,0 m. A peremívek sík görbe szerint alakítottak, síkjuk azonban nem függélyes, hanem az ellipszoid nadir pontján átmenő ferdén előre dülő sík. A héj csőállványzatra támaszkodó fazsaluzaton, helyszíni betonozással készült. A héj vastagsága közepesen 8,5 cm, ez a méret azonban a peremtartók környezetében — a 9. ábrán pontozással jelzett szakaszon — 20 cm-re, a sarokpontok környezetében pedig 1,00 m-re növekszik. A sarokrészekben a héjfelület erősen lejtős volta miatt kétoldali zsaluzást kellett alkalmazni. A peremíveket a kizsaluzáskor fokozatosan megfeszítették. A támaszpontok nincsenek vonórúddal egymáshoz rögzítve.

A szóban forgó építmény szép példa a kupolahéj építészeti szempontból érdekes hatást kiváltó alkalmazására. Magának a választott héjformának szerkezeti előnyei is kézenfekvők.

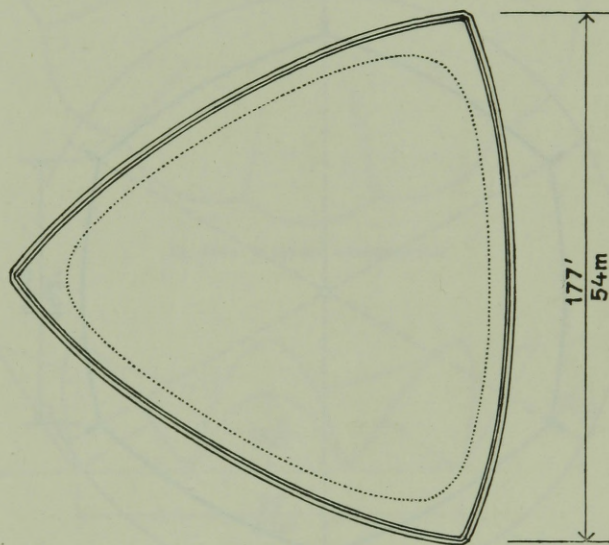
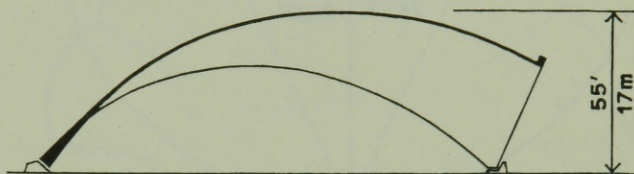
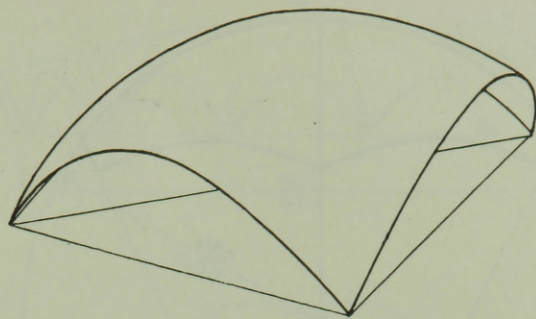
A héj számítása alkalmával a forgás ellipszoiddal affin gömbfelület feszültségrendszeréből indultak ki. A gömbfelületet a gömb nadir pontjából a gömbfelület zenitpontbeli érintősíkjára vetítették, miáltal a héj peremívei egyenesekként jelentkézték (stereografikus projekció). Ez a vetítés szögtartó, ami a számítást nagymértékben egyszerűsítette. A számítás eredményeit modellkísérlettel ellenőrizték. A kísérleti eredmények jól egyeztek a számítási eredményekkel.

[27] Schmitz, H.: Das Schalentragsystem der Städtischen Bühnen Dortmund. *Beton- u. Stahlbetonbau*, 60 (1965), 133—140.

[28] Zerna, W.—Krätzig, W.—Twelmeier, H.: Zur Festigkeitsuntersuchung des Schalentragsystemes der Städtischen Bühnen Dortmund. *Beton- u. Stahlbetonbau*, 59 (1964), 193—202.

2.2. A Frankfurt am Main-i Ünnepi Csarnok (10. ábra)

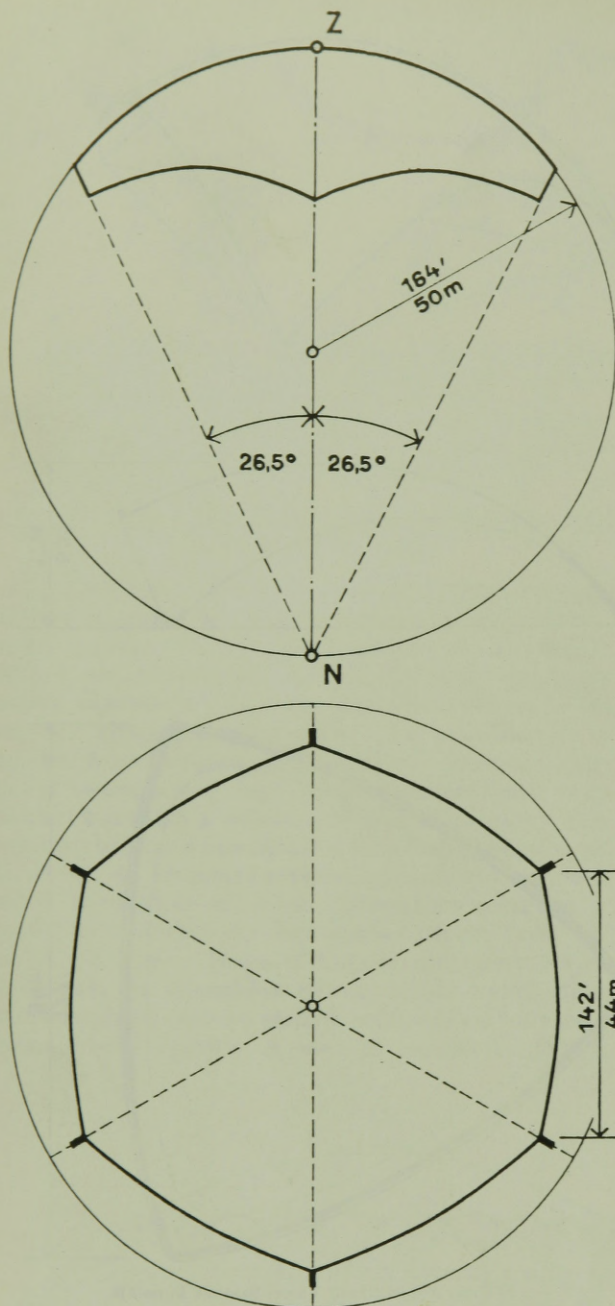
E sokféle rendeltetésű épület a Hoechst Festék-művek 100 éves fennállásának alkalmából rendezett ünnepségek céljaira 1961-ben épült. Építész tervezője Kraemer professzor, szerkezettervezője Beck professzor volt. A csarnok épületét egy derékszögű négyszögalaprajzú emeletes építmény övezi. Ebből emelkedik ki az ívelt hatszögalaprajzú héjszerkezetű középcsarnok, melynek lefödő



9. ábra. A dortmundi Városi Színház kupolája

szerkezete süveghej. Utóbbinak középfelületét a gömbfelületből hat ferde sík metszi ki. Ezek a gömbfelület N nadir pontján mennek át, s így a héj középfelületének a gömbfelület Z zenitpontbeli érintősíkját szabályos hatszögben metszik. Ez a körülmény a héj számításakor előnyt jelentett, mert a kerületi feltételek egyszerűbben voltak fogalmazhatók.

A héjat eredetileg előregyártott háromszög rácsoszatú bordázaton nyugvó előgyártott elemekből, vagy előregyártott háromszögalakú mozaikszerű elemekből tervezték megépíteni, de végül is — időhiány miatt — helyszíni betonozással készítették el. A betonhéj vastagsága közepesen 13 cm, ez a méret a szélek felé az alsó kb. 10 m-es szakaszon fokozatosan 25 cm-re, a héjsarkokban pedig 60 cm-re növekszik. A héj sarokrészeiben a húzófeszültségeket a héj előfeszítésével küszöbölték ki.



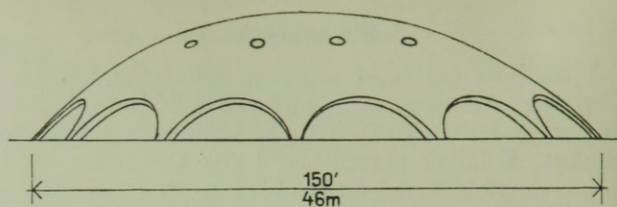
10. ábra. A Frankfurt am Main-i ünnepi csarnok

[29] Beck, H.: Die tragende Konstruktion der Festhalle der Farbwerke Hoechst A. G., *Der Bauingenieur*, 38 (1963), 95—106.

[30] Mehmel, A.: Einige Ergebnisse einer modellstatistischen Stabilitätsuntersuchung der Kuppel der Festhalle der Farbwerke Hoechst A. G., *Der Bauingenieur*, 38 (1963), 106—108.

2.3. A Camberrai Tudományos Akadémia csarnoképülete (11. ábra)

Ez a nemes arányú építmény mintegy 35 m sugarú gömbfelület szerint alakított kupolahéjjal van lefedve. A héj 12 ferdesíkú befelé dőlő ívtartó közvetítésével közvetlenül a térszint alatti alapteretekre támaszkodik. Az ívtartók egyúttal az ívalakú nyílásoknak a héj középfelületére merőleges kiálló peremét alkotják. A héjon 12 kör alakú felülvilágító nyílás van. Az arányaiban amúgy is igen szép épít-



11. ábra. A camberrai Tudományos Akadémia csarnoképülete

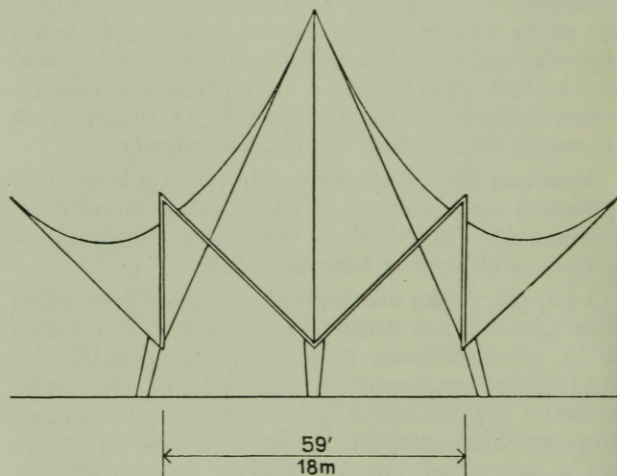
mény építészeti hatását az alkalmazott vörösréz lemezfedés nagymértékben fokozza.

[31] + + + : New Shapes for Architects. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 3 (1960), 53.

3. Cikkelyes héjak

Cikkelyes héjakon szabályos alaprajzú — a szabályos sokszögek cikkelyeinek megfelelő részekből összetett — héjakat értünk. Ezeket a héjakat — bár gyakorlati feladatok megoldására is alkalmassak — főleg emlékművek, templomok, ünnepi csarnokok lefedésére alkalmazzák. Az alábbiakban a sokirányú érdekes alkalmazások közül csak egyes jellegzetes példák bemutatására szorítkozunk.

3.1. A guatemalai zsinagóga (12. ábra)



12. ábra. A guatemalai zsinagóga

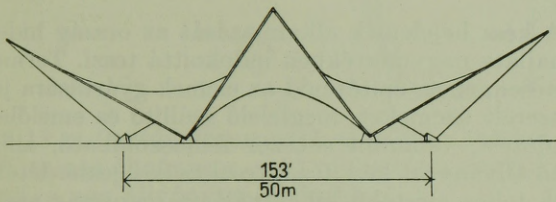
E sátorszerű építmény tetőzete hat hiperbolikus paraboloidmezőből áll (1959—60), tervezője *Candela, F.* E szerkezet támaszpontjait a térszint alatt sugárirányú vonórudak kötik össze. A héjak peremei szegélyborda mentesek. A héjmezők csatlakozásánál a szegélybordát a héjmezők közti zugban kialakított rejtett gerenda pótolja, a héjmezők külső szélén pedig a szegélygerendát a héjfalnak a támaszok felé történő vastagítása helyettesíti.

[32] *Faber, C.*: Candela, the Shell Builder. Reinhold Publishing Corporation, New York 1963.

3.2. A Karachi-i mauzóleum (13. ábra)

A guatemalai zsinagógához hasonló alaprajzú, de arányaiban nemesebb a pakisztáni Kaid-Azam Mohammed Ali Jinnak emlékére tervezett Karachi-i mauzóleum, melynek tetőzetét aranylemezekkel óhajtják lefedni.

[33] + + + : Shapes for Architects, Trends for Contractors, Research for Engineers. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 5 (1961).



13. ábra. A Karachi mauzóleum

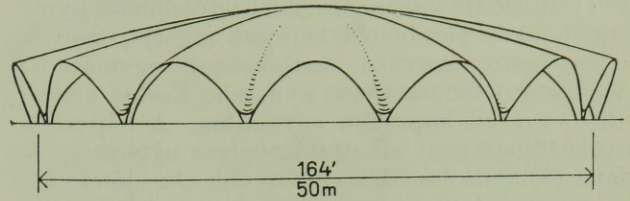
3.3. A royani vásárcsarnok (14. ábra)

E tizenhárom cikkelyes alaprajzú csarnok tetőzetét vasbeton hullámhéj alkotja, mely konzolszerűleg kissé túlnyúlik támaszpontok kijelölte alaprajzú sokszög oldalai elé. A héj *Sarger, R.* alkotása. A héj vastagsága 9—10 cm; ez a méret a hullámvölgyekben rejtve kialakított ívtartók felé — főleg a támaszok közelében — jelentősen megnövekszik. A héj a számítások szerint lényegesen kisebb vastagsággal is megépíthető lett volna, tényleges vastagságát a tenger közelsége miatt indokolt 4 cm-es külső-belső betonfedés tette szükségessé. Először az alaptesteket, majd a középső felülvilágító gyűrűtartót és a hullámvölgyekbe rejtett ívtartókat építették meg. A boltvállakat sokszög alakban körbefutó vonórúddal kapcsolták egymáshoz. A hullámhegyek betonfelületeit előregyártott, többszörösen felhasznált zsaluzaton cikkelyenként a helyszínen betonozták. A héj betonozásakor a héjba sugárszerűen elhelyezkedő 8 cm vastag üvegtekercsből világításávokat képeztek ki. Ezek és az oldalablakok a csarnoktérnek kellő nappali világítást biztosítanak.

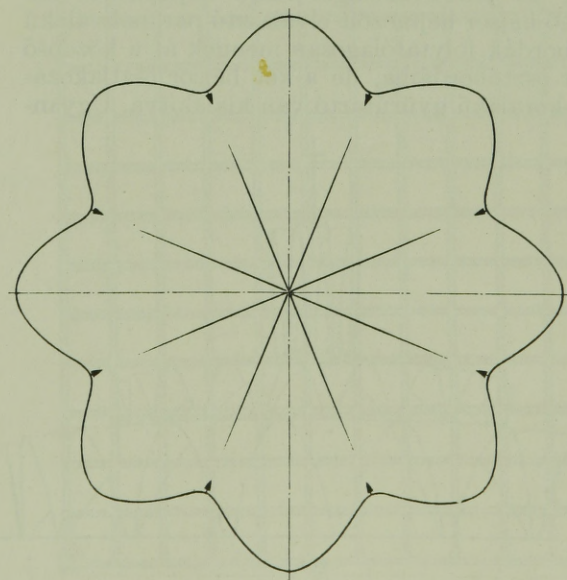
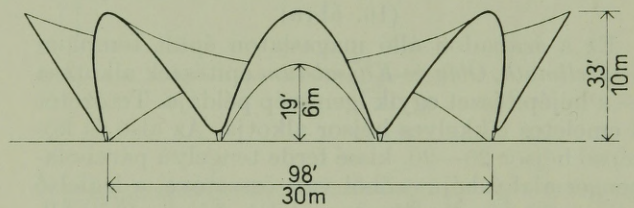
[34] *Sarger, R.*: Les marchés-couverts de Royan et de Nanterre. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 5 (1961), 25—32.

3.4. A xochimilcói étterem (15. ábra)

Ez az építmény *Felix Candelanak*, de egyben a héjépítészetnek is legszebb alkotása. Az építményt egy kis tó övezi, melyben az építmény és az építményt övező buja növényzet rendkívül festői mó-



14. ábra. A royani vásárcsarnok



15. ábra. A xochimilcói étterem

don tükröződik vissza. Az épület tetőfelületét nyolc hiperbolikus paraboloid héjmező alkotja, melyek keresztboltozatszerűen csatlakoznak egymáshoz. A tetőzet nyolc támaszon nyugszik. Ezeket körbefutó vonórúd kapcsolja egymáshoz. A héjtető a nyolc támaszpont alkotta szabályos nyolcszög oldalai elé konzolszerűen előrenyúlik. Az előrenyúló héjperemek teljesen szabadok. Az egyes héjmezők csatlakozó vonalában kialakuló lekerekített zugban teherhordó bordák vannak elrejtve. Ezek a héjról rájuk háruló terheket háromcsuklós ívtartó módjára továbbítják az alapoknak.

A tetőzet számítása a bonyolult felületalak ellenére aránylag egyszerű. Candela a számítás során a hiperbolikus paraboloid ama tulajdonságát használta fel, mely szerint az egyenes alkotók irányában működő erők az alkotók mentén változatlanul adódnak át a támaszívekre, s ott nyernek egyensúlyozást. A számítást relaxációs módszerrel hajtotta végre [35]. Szerző [37, 38] e célra aránylag egyszerű analitikai eljárást dolgozott ki.

[35] Candela, F.: General Formules for Membrane Stresses in Hyperbolic-Paraboloidal Shells. *Journal of the American Concrete Institute*, 32 (1960), V. 32, 353—371.

[36] Faber, C.: Candela, the Shell Builder. Reinhold Publishing Corporation, New York 1963.

[37] Csonka, P.: Stress Analysis of Composite Sectorial Shells of Unsupported Cantilevered Front Side. *International Symposium on Shell Structures in Engineering Practice*. IASS Symposium Budapest 1965, Vol. 1, 111—123.

[38] Csonka, P.: General Report for Session I. 1/a of the IASS Symposium Budapest. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*. No. 24 (1965), 15—38.

3.5. A Missouri-i (USA) Saint Louis templom (16. ábra)

Ez a szabadon álló magaslaton épült templom — Hellmuth, Obta és Kassabaum építészek alkotása — a héjépítészet egyik igen szép példája. Tetőzetét 3 emeletes cikkelyes héjsor alkotja. Az alsó és középső héjsor 20—20, kissé ferde tengelyű parabolahenger-alakú héjmezőből van összetéve, a legfelső héjsor 10 parabolahenger-alakú héjmezőből áll. Az alsó héjsor héjmezőit elválasztó parabola alakú osztóbordák folytatólágosan mennek át a középső héjsor osztóbordáiba, de a két héjsor csatlakozásánál köralakú gyűrűtartó van kialakítva. Ugyan-

így köralakú gyűrűtartóba futnak fent a középső héjsor osztóbordái is. A legfelső héjsor osztóbordái a centrális tengelyben metsződnek. A betonozás a meredek tetőfelületek miatt betonlövellő eljárással készült.

[39] Hellmuth — Obta — Kassabaum: Saint Lous Church, Missouri, USA. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 26, 3—5.

[40] Reading, I. J.: Proposed ACI Standard. Recommended Practice for Shotcreting. *Journal of the American Concrete Institute* (1966), Proceedings V. 63. No. 2, 219—246.

4. Mozaikhéjak

A Szovjetunióban héjak készítésére különleges, oly építő eljárást fejlesztettek ki, mely gyárilag előállított elemekből teszi lehetővé szabványosított méretű csarnokok előállítását. A héjelemek bordázott vékonyfalú testek. A héjelemek alátámasztására rendszerint acélállványzatot használnak. Ezen a héjelemeket egymásmellé fektetik, a kiálló acélbetétvégeket összehegesztik, majd az elemek közt kimaradó vályú alakú közt kibetonozzák.

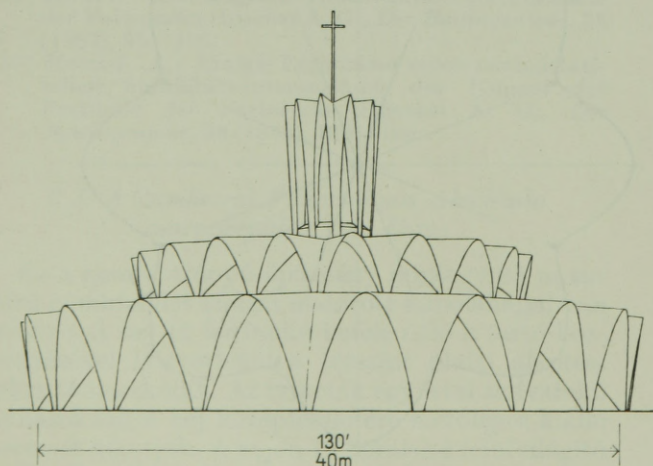
A kész héjelemek alkalmazását az ország hideg éghajlata nagymértékben indokoltta teszi. Természetesen, ez az építésmód az elemek gyártására jól felszerelt üzemeket, megfelelő szállító és emelőberendezést, valamint sokszor felhasználható, állítható állványzat készítését teszi szükségessé. Utóbbiak teljes mértékű kihasználását az ország egész területén folyó nagyszabású építési tevékenység biztosítja. Általában csak ennek az élénk építési tevékenységnek és az ország méreteinek léptékében, valamint az ország sajátos viszonyainak figyelembe vételével lehet a szóban forgó építésmód célszerűségét helyesen értékelni.

4.1. A borispoli repülőtér feltételi épülete

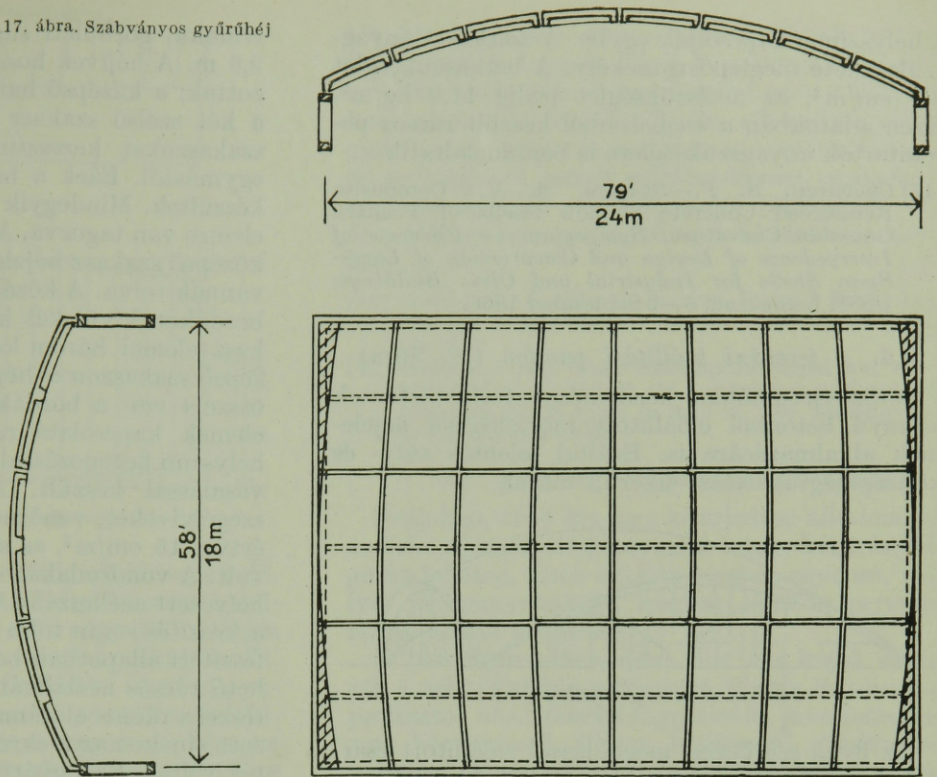
Ennek az épületnek a terveit az 1966. évi leningrádi IASS szimpóziumon mutatták be. Az épület a gyűrűhéjak alkalmazásának egyik legszebb példája. Maga a csarnok 48×58 m alapterületű. A tetőzetet négy peremív támasztja alá. Ezek közül a hosszoldalak mentén álló ívtartók, s az azokat alátámasztó csőoszlopok függélyes síkban helyezkednek el, a rövid oldalak mentén álló ívtartók viszont az alátámasztó oszlopsorral együtt ferde síkúak. Magának a gyűrűfelületű tetőhéjnak előállítására kétféle alakú előregyártott héjelemet használtak.

4.2. Szabványosított gyűrűhéjak (17. ábra)

Az imént tárgyalt csarnokokhoz hasonló szerkezetű, de függélyes síkú ívtartókon nyugvó gyűrűfelület alakú héjtetőket általában szívesen alkalmaznak a Szovjetunióban. E héjak egyik 18×24 m alapterületű térséget lefedő típusát a 17. ábra szemlélteti. Az efféle héjak előállítására rendszerint 3×6 m alapterületű előregyártott vasbetonelemeket használnak, melyeket hegesztéssel és a kimaradó hézagok kibetonozásával kapcsolnak össze. A 12 m fesztávú csarnokok egyfajta, a 18 m fesztávú csarnokok pedig kétféle héjelem alkalmazásával állíthatók elő. Az alaprajz sarokrészei felett kimaradó zugokat helyszíni betonozással töltik ki.



16. ábra. A Missouri-i Saint Louis templom



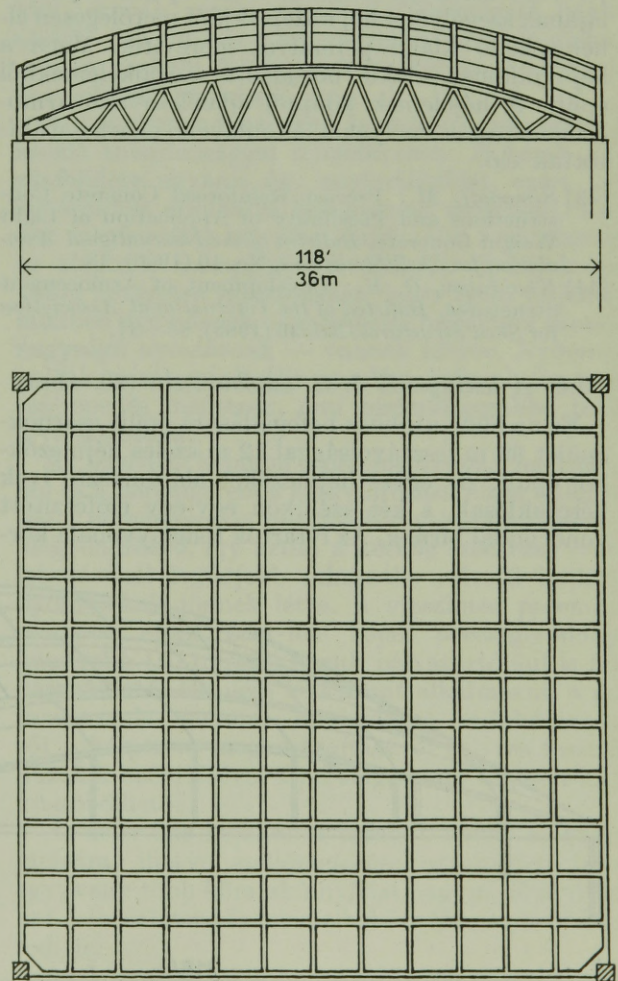
A 18 m fesztávú csarnokok előállításához két alátámasztó állványsor, a 12 m fesztávú csarnok esetében egy állványsor szükséges.

Sok esetben a gyűrűfelület alakú héjmezőket hárántirányú oly sávokból állítják elő, melyek két végükön rácsos acéltartókon, vagy előregyártott vasbetontartókon nyugszanak. Ily esetekben, ha a héjmezők szélső sávjait is előregyártva állítják elő, a héj megépítése semmiféle zsaluzást sem igényel.

[41] *Katyukovsky, M. G.: Technical and Economic Analysis of Certain Types of Precast-Monolithic Concrete Shell Roofs for Industrial Buildings. Symposium on Problems of Interdependence of Design and Construction of Large-Span Shells for Industrial and Civic Buildings, USSR Leningrad, 6—9 September 1966.*

4.3. A syassi papírművek üzemi épülete (18. ábra)

A szovjetunióbeli syassi ipartelep üzemi épületét 40 db 36×36 m alapterületű, egymáshoz csatlakozó héjkupolás csarnok alkotja. E csarnokok lefödő szerkezete a Szovjetunióban többszörösen alkalmazott szabványszerkezet, melyet szállítható acélállványra mozaikszerűen egymás mellé helyezett, gyárban előregyártott 3×3 m-es héjelemekből állítanak elő. Az egyes héjelemek perembordával és átlós bordával ellátott vékonyfalu vasbetonlemezek. Ezeket részben hegesztéssel, részben helyszíni betonozással kapcsolják egymáshoz. Az acélállványzat a helyszíni betonozással készülő kapcsolati betonrészek számára egyúttal zsaluzatul is szolgál. Egy-egy csarnokmező lefedéséhez csupán hét-féle héjelemre van szükség. Az építéshez felhasznált acélállványzat négy oszlopon nyugvó, lesüllyeszthető és sineken továbbtolható rácsosszerkezet. A héjmezők peremét vasbeton rácsostartók támasztják alá. Utóbbiakat két előregyártott részből



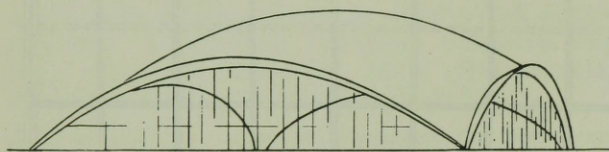
18. ábra. A syassi papírművek üzemi épülete

a helyszínen kapcsolják egybe. A szerkezet anyag-szükséglete meglepően csekély. A betonszükséglet $8,1 \text{ cm/m}^2$, az acélszükséglet pedig $11,9 \text{ kg/m}^2$. Ezen adatokban a vasbetonból készült rácsos peremtartók anyagszükséglete is bennfoglaltatik.

- [42] Chaburan, S. P.—Shapiro, A. V.: Composite Reinforced Concrete Shallow Shells of Positive Gaussian Curvature. *Symposium on Problems of Interdependence of Design and Construction of Large-Span Shells for Industrial and Civic Buildings*, USSR Leningrad, 6—9 September 1966.

4.4. A jereváni kiállítási pavilon (19. ábra)

A Szovjetunióban kezdeményezések történtek könnyű betonból előállított mozaikszerű héjelemek alkalmazására is. Ezáltal jelentős súly- és költségmegtakarítást sikerült elérni.



19. ábra. A jereváni kiállítási pavilon

Az ilyen szerkezeti megoldással előállított csarnokok egyik igen szép példája a $46 \times 46 \text{ m}$ alapterületű gömbsüveghejjal fedett négyzetalaprajzú jereváni kiállítási csarnok. Ezen épület héjkupolájának szegélyét a héj középsíkja merőlegesen elhelyezkedő kiálló peremívek merevítik. Maga a héj rombusz alakú bordázott mozaikelemekből épült. A héjelemek könnyű adalékanyagú armocement testek, melyeket betonlövellől eljárással állítottak elő.

- [43] Simonoff, M.: Precast Reinforced Concrete Constructions and Possibility of Application of Light Weight Concrete. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 10 (1960), 33.

- [44] Khaidukov, G. K.: Development of Armocement Structures, *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 36 (1968), 85—97.

4.5. A leningrádi 5. sz. autóbusszsin (20. ábra)

Ez az 500 autóbussz befogadására épült csarnok-épület 96 m fesztávolsággal 12 m széles héjmezőkből épült. Az egyes héjmezőket alátámasztó ívek kétszuklósak, s két szélükön egy-egy előfeszített vonórúddal bírnak. Az ívtartók tengelyvonala kör-

ívalakú; görbületi sugaruk 125 m, ívmagasságuk 9,6 m. A héjívек hosszirányban 8 szakaszra tagozottak; a középső hat szakasz gyűrűfelület alakú, a két szélső szakasz konoid alakítású. Az egyes szakaszokat keresztirányú bordák választják el egymástól. Ezek a bordák helyszíni betonozással készültek. Mindegyik szakasz hosszirányban négy elemre van tagozva. A szélső szakaszok héjelemei a középső szakasz héjelemeihez képest félosztással elvannak tolvá. A középső szakasz elemei a szegély-bordákön kívül két keresztbordával, a szélső szakasz elemei három keresztbordával bírnak. A középső szakaszon a héjelemek falvastagsága mindössze 4 cm, a bordák pedig 25 cm magasak. Az elemek kapcsolata részben hegesztéssel, részben helyszíni betonozással és a hézagba helyezett pótvasalással készült. A teljes betonszükséglet, a szegélyíveket, vonórudakat és oszlopokat is beleértve, 15 cm/m^2 , az acélszükséglet pedig 24 kg/m^2 volt. A vonórudakat előregyártott betonvályúkba helyezett acélhuzalokból állították elő. Utóbbiakat a készítés során több lépcsőben feszítették meg és feszített állapotban betonozták be. A héj szétszedhető rácsos acélállványzaton készült. Ennek felső részei a rácsos alátámasztó oszlopok tetejére helyezett síneken az ívekre merőleges irányban eltolhatók voltak. Ez a gyártási eljárás gyorsnak és gazdaságosnak bizonyult.

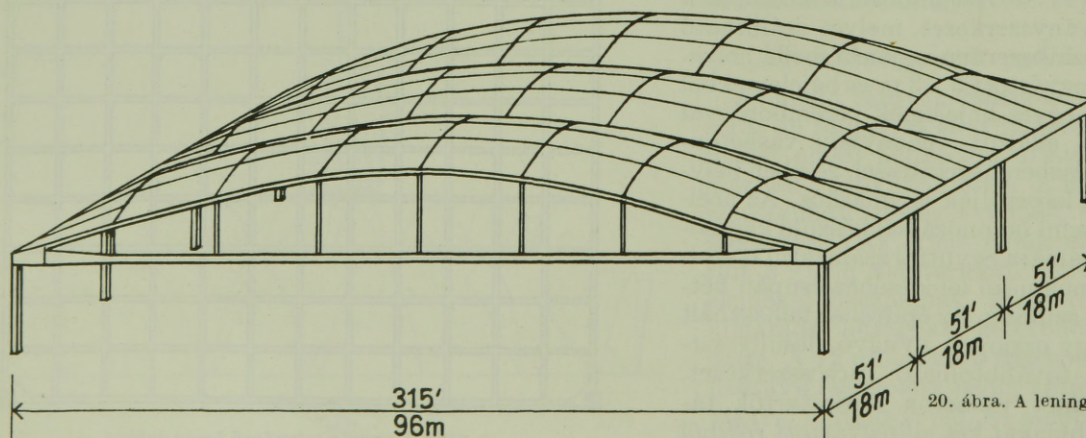
- [45] Sizov, A.—Shapiro, A. V.: Precast Cylindrical Roof Shell of a Bus Park Spanning 96 m. *Symposium on Problems of Interdependence of Design and Construction of Large-Span Shells for Industrial and Civic Buildings*, USSR Leningrad, 6—9 September 1966.

5. Egyéb héjak

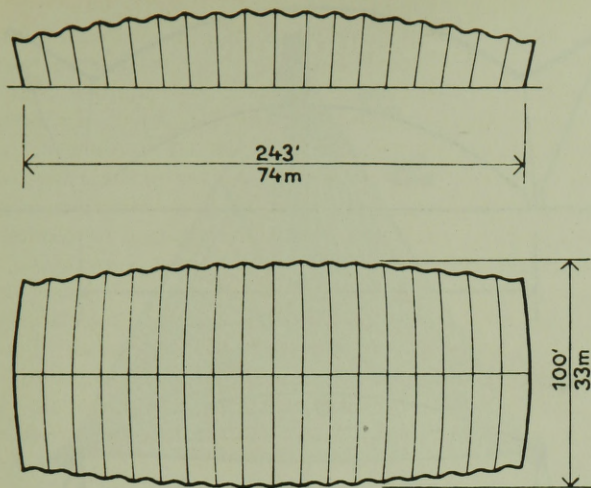
E cikkely keretében egyes különleges eljárással előállított héjszerkezeteket ismertetünk. A tárgyalásra kerülő szerkezetek közt egyes olyanok is szerepelnek, melyek gyakorlati alkalmazása még kísérleti vizsgálatokat igényel, ismertetésük azonban előállításmódjuk újszerű és érdekes volta miatt indokoltnak látszik.

5.1. A Los Angeles-i téli sportcsarnok (21. ábra)

A szóban forgó épület ívelt négyszögalaprajzú. Tetőzetét körív vezérgörbéjű gyűrűfelület szerint alakított hullámhéj alkotja. Az egyes héjhullámokat a helyszínen előregyártott, a gerincevonalban



20. ábra. A leningrádi 5. sz. autóbusszsin



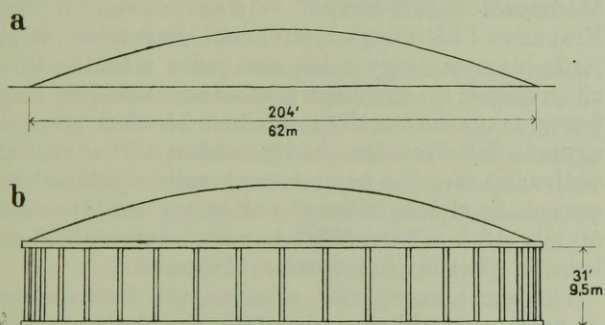
21. ábra. A Los Angeles-i téli sportcsarnok

egymáshoz csatlakozó két-két félívből állították elő. A négy leghosszabb félívet földzsálaton készítették el. A többi félívet az első négy félív tetején egymás felett összesen 9 rétegben betonozták. A kész félíveket alul betonfészkekbe illesztve, párosával egymásnak támasztották, az acélbetétek kiálló végét összeheszesztették, a kimaradó hézagot pedig kibetonozták. A műveletekhez mindössze egyetlen egy mozgatható középső állványzat volt szükséges. A felállított, s háromcsuklós ívtartóként kezelt félívek közt oldalt kimaradó hézagot utólag betonozták ki. A tervezők a tetőzetnek gyűrűfelülethez hasonló alakját az ily módon elérhető légköbmétercsökkenéssel indokolják. Aligha hihető azonban, hogy ez az előny felérne azzal a többletköltséggel, ami a készítés során a tetőzet különleges alakítása és bonyolultabb felállítása révén állt elő. A feladat hengeralakú bordázott falú tetőzettel sokkal egyszerűbben lett volna megoldható.

- [46] Bradshaw, R. R.: Precast Concrete Torroidal Vault. *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings V. 61 (1964), 257—264.
- [47] + + + : New Trends for Contractors. *Bulletin of the International Association for Shell Structures* No. 4 (1960), 54.

5.2. A brownswoodi ünnepi csarnok (22. ábra)

Brownswoodban (Texas) egy nagy fesztávolságú kupolát az első ízben nálunk (Olgay testvérek által) alkalmazott „lift slab”-eljárással építettek meg. Először az alaptesteket készítették el, majd a kupola alakjának megfelelő alakú földdombot képez-



22. ábra. A brownswoodi ünnepi csarnok

ték ki (22a ábra). Ennek pontos alakját a függőleges központi tengely körül körbeforgatott mintá-ívvvel biztosították. A kupolahéjat ezen a földdombon betonozták, majd a földön elkészített peremgyűrűjével együtt a vasbeton alapzatba befogott 36 acéloszlopra szerelt emelőszerkezet segítségével végleges helyére emelték, s ott rögzítették (23b ábra). Maga az emelési művelet 1 hetet vett igénybe.

- [48] Smith, M. L.: Earth Formes Domed Roof. Jacks Place it atop Columns. *Constr. Methods* 44 (1962), 84—87.
- [49] Orth, F.: Bau einer Stahlbetonkuppel auf einem künstlichen Erdhügel als Lehrgerüst und späteres Anheben der Kuppel in 9,45 m. *Der Bauingenieur* 39 (1964), 463—464.

5.3. Az Isler-féle héjak (23—25. ábra)

Svájcban, 1954 óta igen kiterjedten alkalmazzák az Isler mérnök által tervezett lapos, két irányban görbe héjakat. Ezek a héjak részben egyenes, vagy íves peremgerendával, részben minden peremgerenda nélkül készülnek.

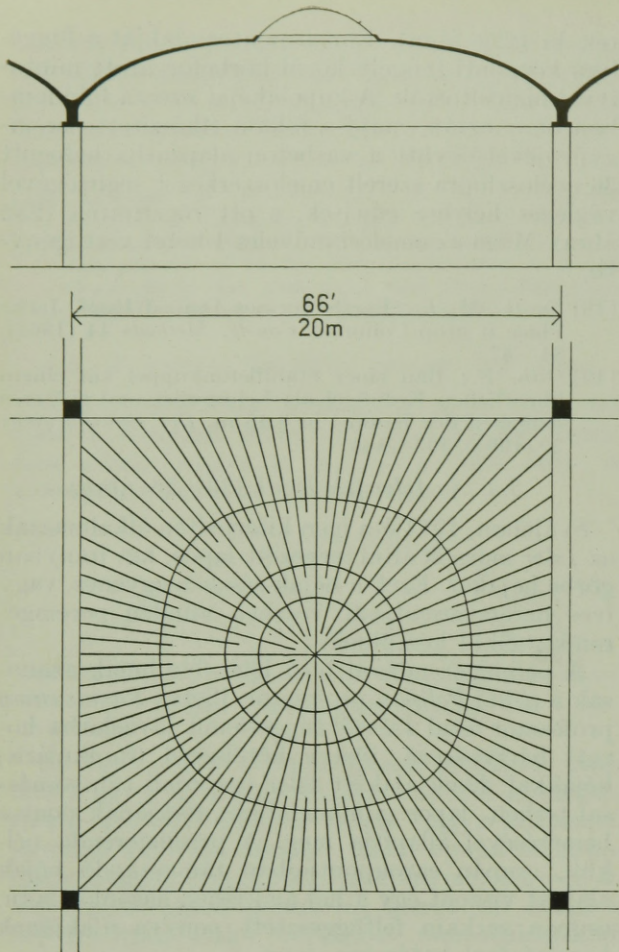
A peremgerendával bíró Isler-féle héjak azonosak a néhai Pelikán professzor, illetve Ramaswamy professzor által Isler-től függetlenül javaslatba hozott hártyszerű, illetve kötélyszerű (funikuláris) héjakkal. Ezek alakját Isler egyoldali túlnyomással terhelt, lapos gumimembrán alakjának pontos bemérésével állapítja meg. A peremgerenda nélküli, csupán sarokpontjaiban támaszkodó héjak alakját viszont egy a héj alakjához hasonló alakú, csupán sarkain felfüggesztett ponyva alakjának bemérésével határozza meg.

A peremgerendával bíró Isler-féle héjak számos kiváló tulajdonsággal rendelkeznek. E héjak középfelülete ugyanis ún. minimálfelület, ezért készítésükhöz minimális betonanyag szükséges. Ennek megfelelőleg súlyuk is minimális, ami viszont az alapozás szempontjából előnyös. E héjak további nevezetes tulajdonsága, hogy egész terjedelmükben nyomásnak — mégpedig nagyjából azonos nagyságú nyomásnak — vannak kitéve. Nyomott voltak miatt minimális vasalást igényelnek, hajszálrepedés mentesek, ami biztonságosabbá teszi a vízszigetelést.

Az Isler-féle héjakon a peremgerendák mentén a héj és a peremgerenda alakváltozása közti különbség a peremgerenda megfeszítésével könnyűszerrel kiegyenlíthető, így aztán a kétféle szerkezet csatlakozásánál legfeljebb minimális méretű hajlítónyomatékok jönnek létre. A vízszintes peremgerendával épült Isler-féle héjak peremgerendája könnyebb (10 tonnás) daruk pályatartójául is felhasználható. Ha nem kell darut alkalmazni, a peremgerenda méretei minimálisra redukálhatók, sőt a héjperem megvastagításával és íves feszítőhuzalok beépítésével a peremgerenda teljesen ki is küszöbölhető.

Az Isler-féle héjakon a lefedett térség megvilágítására, illetve szellőztetésére egyszerűen lehet egy, vagy több köralakú nyílást hagyni. E nyílásokat Isler átlátszó és felemelhető műanyag burákkal fedi le.

Az Isler-féle héjak helyszíni betonozással monolit kivitelben készülnek. Zsaluzatuk vázszerke-



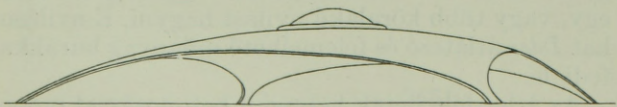
23. ábra. Isler-féle héj

zetéül több farétegből összeenyvezett radiálisan futó szaruíveket és körbefutó íves szelemenszerű gerendázatot alkalmaznak (23. ábra). Ezeket a sokszoros felhasználásra való tekintettel gondos időtálló kivitelben készítik el. A zsaluzatot alátámasztó vázszerkezeten zsalulemezül farost lemezeket használnak. Ezek a betonhoz tapadva, kiszaluzás után a héjkéreg alsó hőszigetelő rétegét alkotják. A héjkéreg vastagsága általában 8 cm.

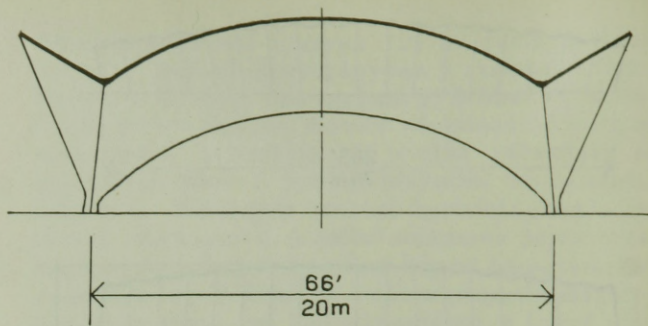
A 23. ábra egy 20×20 m-es alapterületű Isler-féle héjjal fedett egységekből összetett daruzott csarnok építmény metszetét, valamint a héj zsaluzatát alátámasztó szaruíveket és szelemeneket mutatja be. Hasonló vázú állványzaton készülnek a nagyobb méretű csarnokok is. A legnagyobb eddig épített Isler-féle csarnok 54×58 m alapterületű.

A 24. ábra egy Solothurnban 1961-ben épült virágkiállítási csarnokot szemléltet. Ennek íves peremtartóit a gallérszerűen előálló héjívек merevítik.

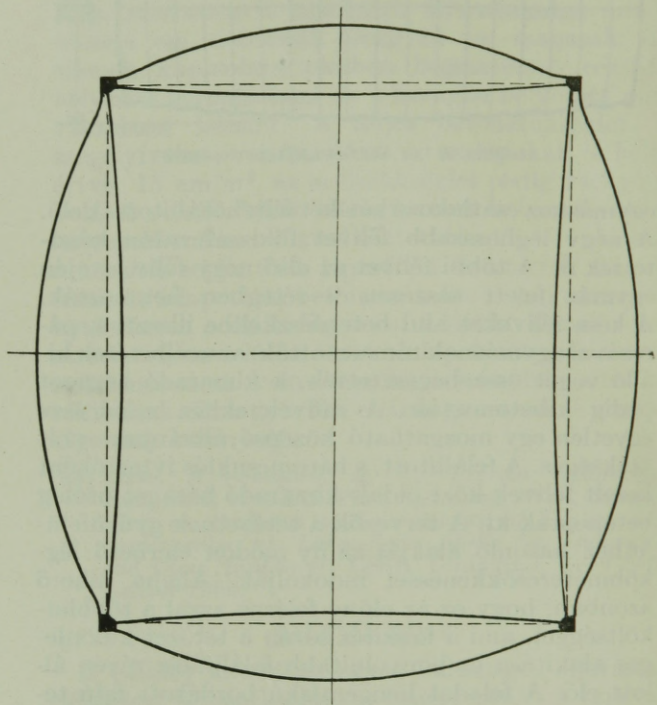
A 25. ábra viszont egy nagyméretű teljesen peremgerenda nélküli kísérleti héjat tüntet fel. Ennek kiviteli alakját Isler modellkísérletekkel állapította meg, teherbíróképességét pedig terhelési próbával igazolta.



25. ábra. Peremív nélküli Isler-féle héj



24. ábra. A solothurni virágkiállítás csarnoka



[50] Isler, H.: New Shapes for Shells. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 8 (1961), 41—50, 52—53.

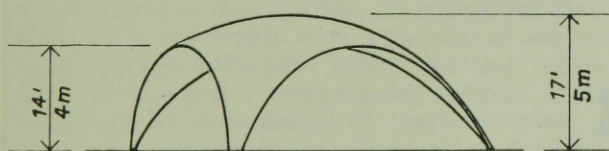
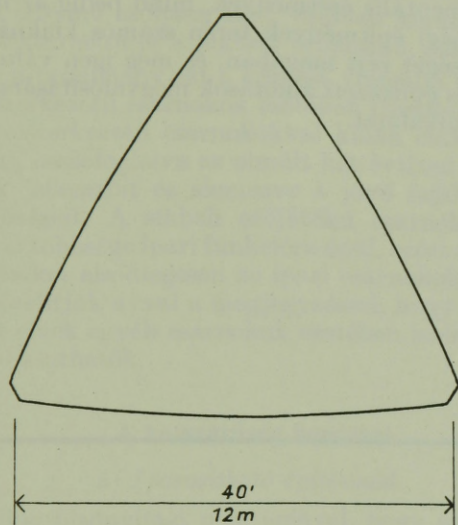
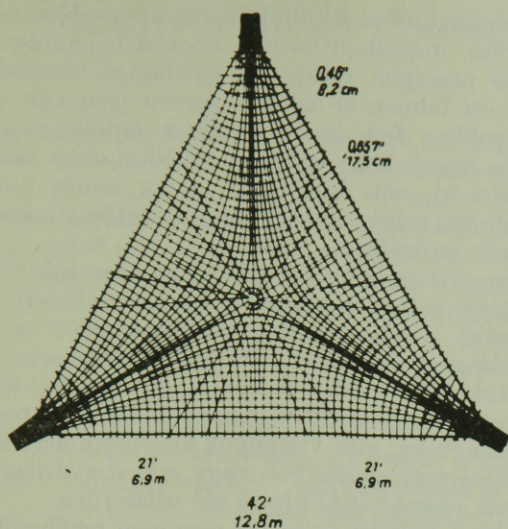
[51] Isler, H.: Technik und Topogie der Buckelschalen, *Bauen und Wohnen*, 19 (1965), 384—388.

[52] Isler, H.: Pneumatic Shape for Concrete Shells. *Proceedings of the 1st International Colloquium on Pneumatic Structures*, May 11 and 12, 1969, University of Stuttgart, Germany, 50—51.

5.4. A Marsh-féle héj

Marsh, J. H. a texasi műegyetemen érdekes eljárást dolgozott ki héjszerkezetek előállítására. Módszerét „Lift-Shape” eljárás néven a San Francisco-i héj világkonferencián ismertette. Az eljárás lényege, hogy a héj acélvázát a földön kiterítve készíti el, majd ezt a hálózatot középen megfogva magasba emeli, miközben kerületi pontjait egymás felé huzatja. Az ily módon térbelivé vált acélvázon magát a héjat betonlövélő eljárással készíti el. Az eljárás célszerű voltát egy hat lábon álló 50 láb (15,5 m) átmérőjű hatszög alaprajzú kupolaszerű kísérleti héj építésével igazolta.

Ugyanezt az eljárást alkalmazták Oleszkiewicz, S. és Parniewski, Z. mérnökök Krakkóban a műegyetem egy három lábon álló háromszögalaprajzú



26. ábra. A krakkói műegyetem kiállítási pavilonja

kiállítási pavilonjának építésére (26. ábra). A héj vastagsága közepén 6 cm, a sarokpontok környezetében 12 cm volt.

Nevezettek a héj vasalására a háromszögalap-rajzú forgáspároloidhéj főfeszültségi trajektóriá-ihoz [55] hasonló elrendezésű vasalást, s ezenkívül radiális acélbetéteket alkalmaztak. A középpontba futó acélbetéteket közepén, a héjsarkokba futó acélbetéteket pedig a héjsarkokban hegesztéssel rögzítették, egyebütt az acélbetéteket csak huzalal kötötték össze. Ez utóbbi kapcsolásmód lehetőséget nyújtott az emelési művelet során az acélbetétek elcsúszására, illetve elcsavarodására. Maga a helyére emelt vasalás igen merevnek bizonyult.

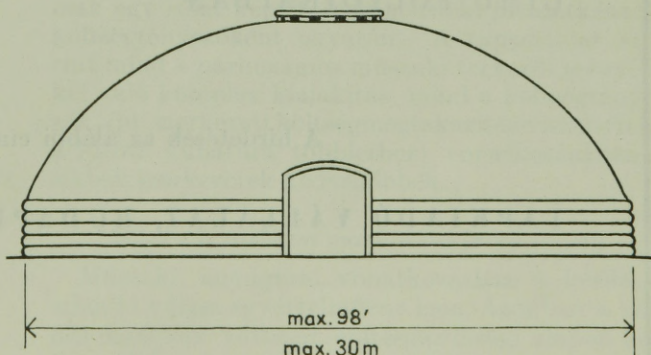
A texasi és krakkói kísérleti héjak bebizonyították, hogy héjszerkezeteket elő lehet állítani költségcsökkentés nélkül is. A zsaluzat megtakarítása révén — a többletvasalás ellenére — a krakkói héj esetében mintegy 25% költségmegtakarítás vált lehetővé.

- [53] Marsch, J. H.: Construction of Thin Shell Structures by the "Lift-Shape" Process. *Proceedings of the World Conference on Shell Structures San Francisco, 1962*. National Academy of Sciences — National Research Council, Washington, D. C. 1964, 447—452.
- [54] Oleszkiewicz, S.—Otrebski, A.—Parniewski, Z.: Experimental Lift-Shape Shell. *Journal, 10th Conference of the Polish Academy of Sciences and Polish Society of Civil Engineers*, Krynica 1964.
- [55] Csonka, P.: Spannungszustand flacher Rotationsparaboloidschalen von regelmässigen Dreieckgrundriss. *Bauplanung-Bautechnik*, 21 (1967), 343—345.
- [56] Oleszkiewicz, S.—Parniewski, Z.: Simplified Erection Method for Shell Structures. *Journal of the American Concrete Institute*, 64 (1967), 295—300.
- [57] Ohlematz, A.: Vereinfachte Herstellung von Schalen. *Der Bauingenieur* 43 (1968), 425.

5.5.A Bini-féle héj (27. ábra)

Neff, W. 1942-ben oly eljárást dolgozott ki, melyben héjak zsaluzatával felfújt légsátorral alkalmazott. Erre került a héj vasalása, majd betonlövellő eljárással a héj betonrétege. Ugyanezen módszerrel végzett kísérleteket 1954-ben Noyes és Salvadori is, de sem az általuk, sem a Neff által ily módon előállított héjak nem bizonyultak gazdaságosnak. Újabban White, P. végzett kísérleteket légsátor zsaluzatú héjak előállítására. Ő a betonréteget több rétegben hordta fel a felfújt légsátorra.

A Neff-féle eljárást Bini, D. tökéletesítette és tette gazdaságossá. Az ő eljárása abban tér el a Neff-féle eljárástól, hogy a héj a vasalását és a betonréteget nem a felfújt, hanem a földön kiterített légsátorra hordja fel, s csak ezután fújtat levegőt a légsátorba, s emeli fel ennek segítségével a héj vasalását és betonkérget. Ez az eljárás főként köralaprajzú építmények előállítására alkalmas. A héj vasalása három irányú acélbetétekből áll, ezekre kerül betonlövellő eljárással a 4—5 cm vastag betonréteg, majd egy erősen nyúlékony anyagból levő felső szigetelő hártya. Utóbbinak célja a vízszigetelésen felül az is, hogy a betont a légsátor megemelése során bizonyos mértékig megtámassza. Az említett szigetelő hártya elhelyezése után, a légsátorral a rajta levő vasalással és a még képlékeny



27. ábra. Bini-féle héj

állapotban levő betonréteggel együtt levegő befúvatásával felfújják, majd elkészítik a héjnak az alapszathoz csatlakozó sávját. A zsaluzatul szolgáló héjsátorban a túlnyomást a beton megszilárdulásáig tartják fenn. Ekkor a túlnyomást megszüntetik, mire a zsaluzatot alkotó légsátor elválnak a kész betonhéjtól, s a héj önfordóvá lesz. Ezek után körfűrészszel bejáratot nyílnak bontanak a héjban, majd azon át a zsaluzatul használt légsátrat eltávolítják. A kész héjfalban a használati célra megfelelően ajtónyílás és egyéb nyílások is bonthatók, s a héjhoz — ha úgy tetszik — dekoratív kiegészítő részek betonozhatók hozzá.

- [58] White, P.: Air-Supported Membrane Form for Concrete Domes. *Bulletin of the International Association for Shell Structures*, No. 30 (1967), 33—36.
- [59] Bini, D.: A New Pneumatic Technique for the Construction of Thin Shells, *Proceedings of the 1st International Colloquium on Pneumatic Structures*, May 11 and 12 1967, University of Stuttgart (1967) 52—55.
- [60] Csonka, P.: A légnyomással héjakról. *Mélyépítéstudományi Szemle* 7 (1967), 572—574.

*

Végigtekintve a külföldi héjépítéssel bemutatott példákban, megállapíthatjuk, hogy a héjépítéssel az egyes országok nyújtotta gazdasági lehetőségek, s az ott felmerülő igények szerint igen változatos irányokban fejlődik. Ma még a fejlődés annyira szerte ágazó, hogy egységes fejlődési irány nem jelölhető ki, sőt úgy tűnik, hogy szinte minden újabb építmény egy-egy újabb lehetőség kikísérletét szolgálja.

Nem vitás, hogy a héjépítéssel igen sokféle feladatnak változatos módon való megoldását teszi lehetővé, s a formai változatosság mellett se szeri se száma az előállítástechnika terén lehetséges változatoknak. Ugyanaz a feladat, amely adott körülmények között monolit építésmóddal oldható meg gazdaságosan, más viszonyok közepette helyszínen előregyártott elemekből, vagy éppen gyárilag előállított részekből állítható elő célszerűen.

A jövő fejlődés útjai ma még nem jelölhetők ki, kétségtelen azonban, hogy a héjépítéssel mind a monumentális építmények, mind pedig az ipari és gazdasági építmények terén számos kiaknázatlan lehetőséget rejt magában, és még igen változatos, igényes építészeti alkotások megvalósítására nyújt majd alkalmat.

HIRDESSEN A

MAGYAR ÉPÍTŐIPAR

CÍMŰ FOLYÓIRATBAN

A hirdetések az alábbi címre küldendők:

LAPKIADÓ VÁLLALAT, BUDAPEST VII., LENIN KÖRÚT 9—11.

Síkbeli erőjátékú vasbeton csarnokszerkezetek néhány kérdése

Dr. POZSGAI LAJOS

A Csarnokszerkezeteken a csarnok térelhatároló lefedő, és teherviselő szerkezeti elemeinek együttesét értjük. A csarnokszerkezet együttese minden esetben térbeli alakzat, azonban az erőjátékot illetően lehet síkbeli és térbeli szerkezetekről beszélni. Ha a csarnokszerkezet elemei lineáris feszültségállapottal jellemezhetők (rudak) és az erőjáték nem lép ki a külső teher iránya és az elem szilárdsági tengelye által meghatározott síkból, úgy *síkbeli szerkezetekről* beszélünk.

A vasbeton építés kezdeti ideje óta építenek síkbeli erőjátékú szerkezeteket, így ezeket a közhasználatban „hagyományos” szerkezeteknek is nevezik, míg a térbeli erőjátékú szerkezeteket (héjak, függőtetők, térrácsok, lemezművek, tartórácsok) a „korszerű” jelzővel illetik. Valóban helyes-e az ilyen értelmű szóhasználat, valóban korszerűtlennek tekinthetők-e a síkbeli erőjátékú csarnokok?

Ez a tanulmány ezt a kérdést vizsgálja a vasbeton szerkezetű csarnokok esetében (feszített beton és acélszerkezetű csarnokokkal külön cikk foglalkozik), összefoglalva az elmúlt két évtized fejlődésének jellemzőit és elemezve a jövő fejlődésének lehetőségeit. A síkbeli erőjátékú csarnokok túlnyomó többsége ipari funkcióra épül, ezért az egyes kérdéseket elsődlegesen az ipari csarnokok oldaláról közelítjük avval a megjegyzéssel, hogy a lerögzített elvek egyéb csarnokok esetében is érvényesnek tekinthetők.

A korszerűség ismérvei

a) Iparosítható építésmód

Külön bizonyítást nem igényel, hogy az építésmód korszerűsítését az iparosítottság fokával lehet mérni. A csarnok építésben a legmegfelelőbb iparosított eljárás az előregyártás. Az iparosított kivitel esetében a szerkezeti elem gyártása és szerelése térbelileg két különböző helyen történik, ezért a szállítás és szerelés meghatározó tényező a szerkezetfajta kiválasztásánál és szerkesztésénél. Az iparosított építésmódnak kedveznek az olyan szerkezetek, amelyek

- egyenes vonallal jellemezhetőek,
- súlypontjuk a szilárdsági tengelyen fekszik,
- elhelyezés után külön beavatkozás nélkül is önördőak, stabilak, ill. stabilizáló hatásúak.

b) Gazdaságos erőjáték

Az erőjáték gazdaságosságának elveit a számításban a következő tényezők segítik:

- az elemek feszültségállapota egyértelműen leírható legyen,
- a külső erőket dominánsan normál erők egyensúlyozzák,
- a térbeli együttműködés előnyeit kihasználják,
- a legújabb számítástechnikai és kísérleti eredményeket figyelembe veszik.

A rúdszerkezetek mint lineáris feszültségállapotú elemek, jól követik az elméleti idealizációt, a perem feltételek egyértelműek, ezért a megengedhető (határ) feszültségek viszonylag magasak lehetnek. Síkbeli erőjátékú szerkezetek számottevő hajlító igénybevételek nélkül csak ívszerkezetek, ill. rácsos elemek alkalmazásával alakíthatók ki. Ha a vízszintes erők felvételében vízszintes, ill. függőleges tárcsák is közreműködnek, úgy a hajlító igénybevételek csökkenthetők. Mivel csarnokszerkezetknél a födém mint vízszintes tárcsa, általában adva van, de a függőleges tárcsák kialakítása nem lehetséges, a funkcionális helyigény miatt, ezért hajlítás csökkentés általában nem mindig valósítható meg.

A csarnokszerkezetekre ható terhelések közül az egyenletesen megoszló jellegűek a jellemzőek és meghatározóak (saját súly, hó- és szélteher) tehát a térbeli együttműködés lehetősége nem használható ki előnyösen.

Síkbeli erőjátékú szerkezetek számításánál is számos olyan újabb kutatási eredmény alkalmazható, amelyek korábban ismeretlenek voltak, s amelyek révén a szerkezetek erőjátéka gazdaságosabbá tehető (képlékenységtan és stabilitás elmélet területén). A gépi számításmódok lehetővé teszik az összetett rendszerek pontos számítását és ezáltal a gazdaságosabb méretezést.

c) Formaképzési lehetőség

A hagyományos rúdszerkezetek mérnöki tudományos alapjait az elmúlt századokban fektették le, ehhez képest a XX. század mérnöki tudománya fejlesztette ki a térbeli szerkezetek elméleti alapjait, s ezzel lehetővé tette, egy addig elképzelhetetlenül gazdag építészeti formavilág kifejlesztését. Meglepő tény, hogy az építészek világszerte húzódnak ezen formavilágban való alkotástól és még reális ipari háttér, megfelelő mérnök-partner esetében is gyakran a síkbeli szerkezetek formavilágánál maradnak, kifejezetten esztétikai megfontolásból!

d) Komplex funkcionális igények

A korszerű csarnok korszerű funkcióit takar, jelentős épületfizikai és épületgépészeti igényekkel. A csarnok komplex egészéből a teherviselő szerkezetek csak egy részt képviselnek mérnöki feladatként és költségtenyezőként egyaránt. A tapasztalat szerint mind a párhuzamos műszaki tervezői igényekkel való komplex kialakítás, mind a költségtenyezők (pl. szerkezeti költségmegtakarítás viszonyítva a fűtött kubatúra többéhez) vonatkozásában a síkbeli szerkezetek kedvezőbbek.

Lehet-e a vasbeton csarnokszerkezeti anyag

Műszaki, anyagtani vonatkozásban a kérdésre adandó válasz egyértelműen: igen. Azonban a kérdés komplex választ építésgazdasági alapon kell keresni és a döntést a piaci mechanizmus szabályai

szerint számított komplex gazdaságosság (anyag, bér, szállítás, karbantartás, tűzvédelem) alapján lehet kialakítani.

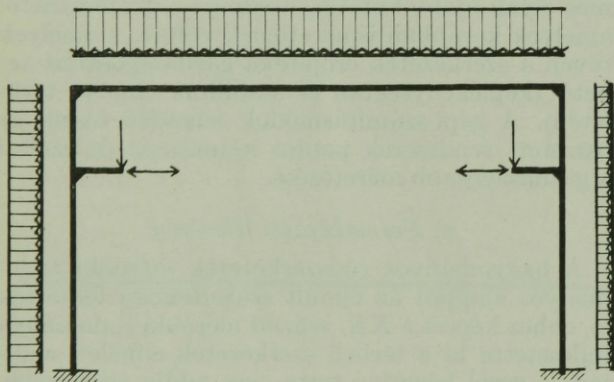
Az iparosított építésmódok olyan szerkezeteket kívánnak, amelyeknek fajlagos súlya (kg/épület m^2) kicsi, hogy a szállítási költségek alacsony szinten maradjanak. Ellentmondásosnak tűnik továbbá egy csarnokot olyan anyagból építeni, amely az esetleges teher (szél és hó) fajlagos értékénél többszörösen nagyobb fajlagos saját súlyt ad.

A komplex vizsgálatokon álló gyártmányfejlesztési tendencia azt mutatja, hogy a jellemzően nyomásra igénybe vett elemek vasbetonból, a hajlított elemek 18 m határig vasbetonból, e felett feszítettbetonból versenyképesek.

A főállások statikai rendszere és az építésmód

A főállások statikai rendszerét az alábbi sémákkal lehet jellemezni:

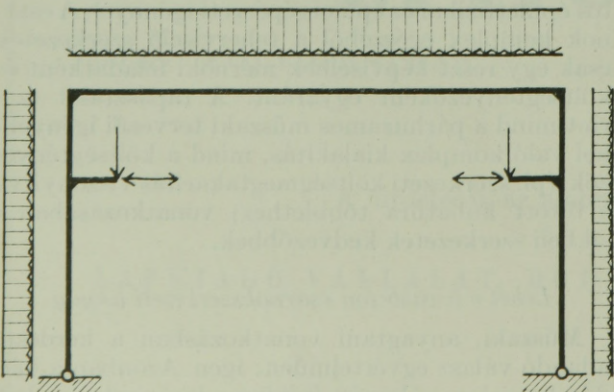
Befogott keret jellemzői: stabilitás szempontjából jól számítható, támaszpont-szögelfordulásra és süllyedésre érzékeny, monolitikus és helyszíni előregyártás építésmódnál szilárd talajoknál alkalmazható.



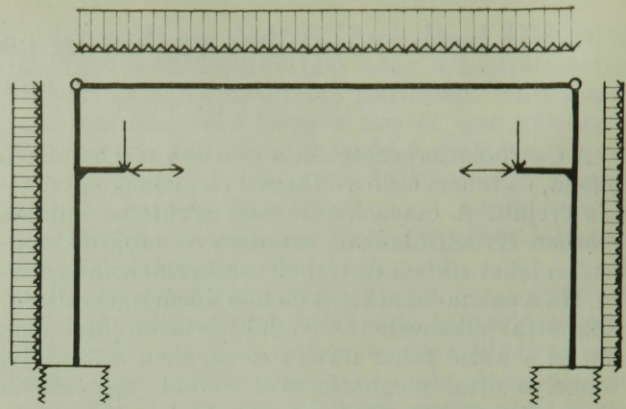
1. ábra. Befogott keret

Alul csuklós keret jellemzői: stabilitás szempontjából jól számítható, támaszpont-elmozdulásra érzékeny, monolitikus és helyszíni előregyártási építésmódnál jól alkalmazható.

Felül csuklós keret jellemzői: stabilitás szempontjából figyelembe veendő a talaj ágyazási té-



2. ábra. Alulcsuklós keret

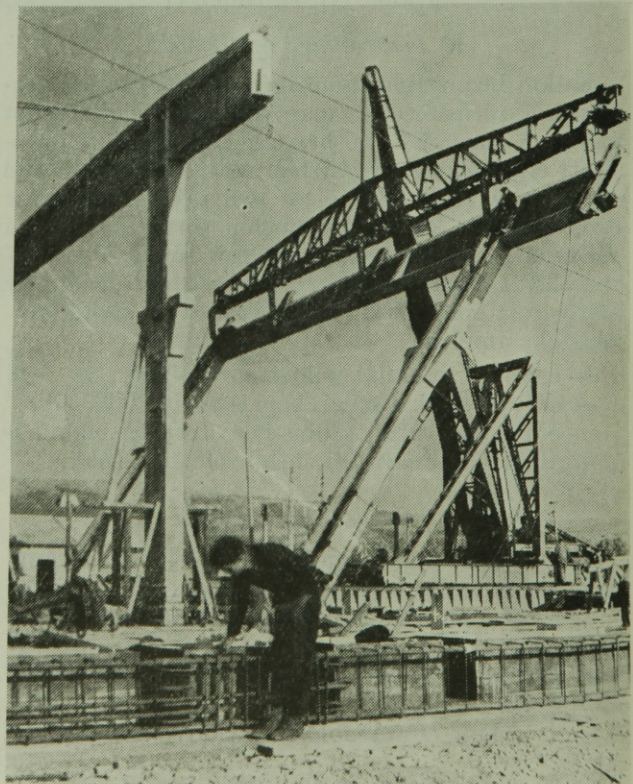


3. ábra. Felülcsuklós keret

nyezője, támasz-szögforgásra érzékeny, támaszpont süllyedésre nem érzékeny. Az előregyártott építésmód legcélszerűbb alakzata, jelentős daru oldallökések esetén célszerű a födém tárcsán keresztül több főállás együttdolgoztatása. (A felső csuklók minden esetben fix csuklóként idealizálhatók, mivel az egyszerű felfekvés miatt a súrlódási erő vízszintes elcsúszást nem tesz lehetővé, másrészt így minden oszlop azonos stabilitási feltételekkel számítható.)

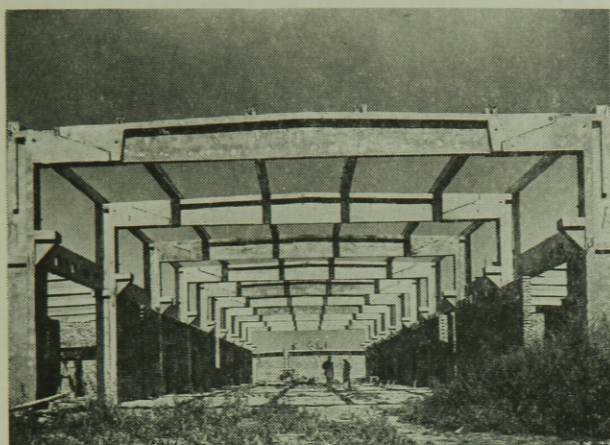
Az alábbi példák egyes gyakorlati alkalmazási módot mutatnak be. (Az egyes képeknél megadott geometriai adatok általános tájékoztatást szolgálnak, a statikai rendszerrel közvetlenül nincsenek kapcsolatban.)

Befogott keret helyszíni előregyártással, monolitikus rúdkapcsolatokkal könnyített I keresztmetszetekkel, hosszmerévítés: ideiglenes köracél, végleges monolit koszorú.



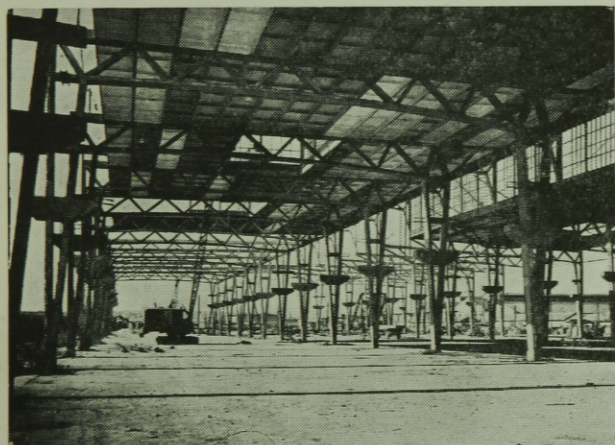
4. ábra. Alukohó csarnok. Oszlopállítás: $9,0 \times 20,00$ m. Építési év: 1951.

Befogott keret, helyszíni előregyártással, nyomatéki zéruspontba helyezett rúdkapcsolattal. Hosszmerevítés fióktartóval (5. ábra.)



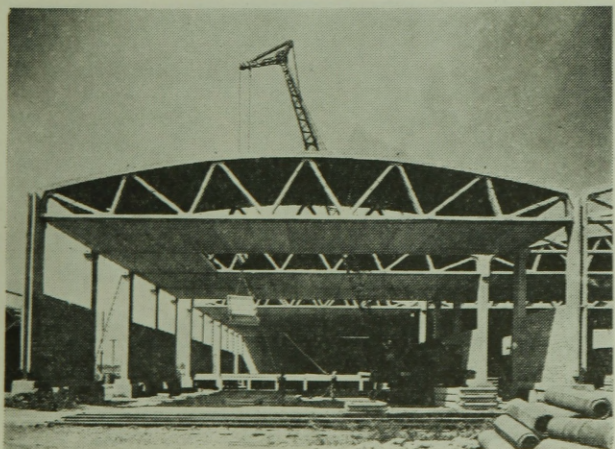
5. ábra. Gépgyári csarnokváz. Oszlopállás: 6,0 x 15,0 m. Belmagasság: 6,0 m. Építési év: 1956.

Alul csuklós keret, helyszíni előregyártással, igénybevételi ábrát követő változó magasságú tartószelvényekkel, utólagos kapcsolatok nélkül. Hosszmerevítés tetőpanellel és darugerendával (6. ábra.)



6. ábra. Trafógyár csarnok. Oszlopállás: 9 x 20,0 m. Belmagasság: 12,0. Építési év: 1957.

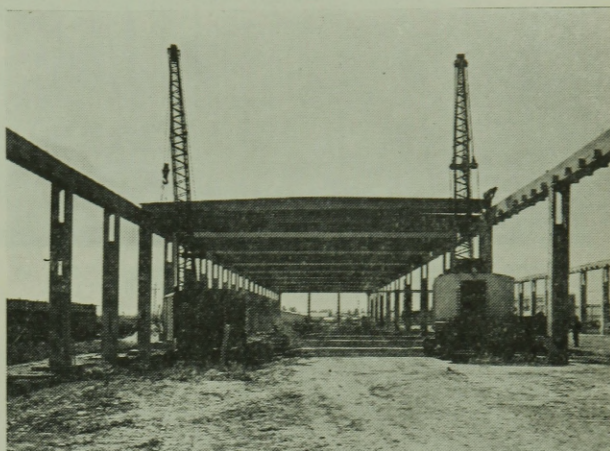
Felül csuklós keret, segédüzemi előregyártással, tömörszelvényű oszlopokkal, változó magasságú



7. ábra. Hűtőházi csarnokkeret. Oszlopállás: 5,0 x 20,5 m. Belmagasság: 6,0 m. Építési év: 1960.

rácsos főtartóval. Hosszmerevítés tetőpanellel, ki-töltő falazattal (7. ábra.)

Felül csuklós térbeli keret, segédüzemi előregyártással. Gerinclemezes, ill. rácsos oszlopokkal, hossz-irányú tömör főtartókkal, harántirányú feszített TT panelekkel (8. ábra.)



8. ábra. Kerámiaüzemi csarnokszerkezet. Oszlopállás: 12 + 18,0 m. Belmagasság: 6,20 m. Építési év: 1967.

Csomóponti kapcsolatok

A lefedő elemek, fióktartók, szelemenek általában kéttámaszú tartókként működnek, így egyszerű habarcsos terítéssel a kapcsolat könnyen kialakítható. A hézagkiöntések elsősorban a földem tárcsaszzerű működését szolgálják. Ezen elemek elhelyezés utáni többtámaszúsítására számos kísérlet történt, de az ebből nyerhető előnyök nem állnak arányban a kiviteli hibák okozta kockázattal.

A főállások elemeinek csomóponti kapcsolatai monolitikus építésmódnál nem adnak számottevő gondot, mivel az acélbetétek vezetése jól követheti az erőjátékot. Előregyártásos építésmódnál két probléma vetődik fel:

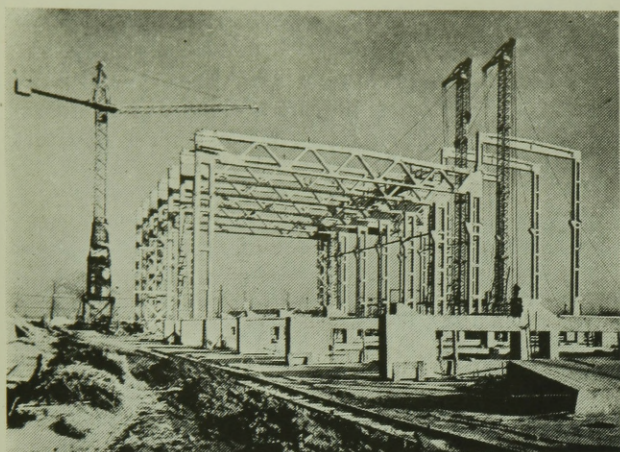
a) Hol daraboljuk fel a végleges szerkezeteket? Ha a maximális igénybevétel (nyomaték nyírás) helyén vágjuk el a szerkezetet, úgy a helyszíni kötések teherbírásának biztonsága kihat az egész szerkezet biztonságára. Ha az építési csomópontokat eltoljuk a max. igénybevételi helyektől, úgy az egyes elemdarabok súlypontja kívül esik a rúd szilárdsági tengelyén és különleges emeléstehnológiára van szükség.

b) Milyen legyen a kapcsolat?

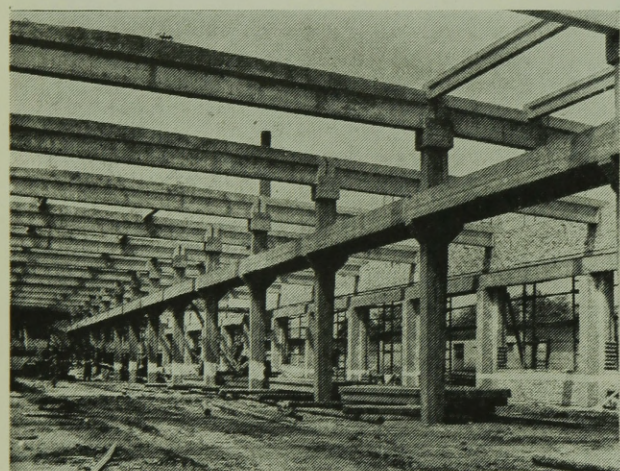
— nedves kapcsolat (vasbetonszerűen köti össze az elemeket; a betonminőség nem megbízható; a kiöntés aprólékos élő munkát igényel; a csomóponti teherbírás csak a kiöntő beton szilárdsága után vehető figyelembe), 11. ábra;

— hegesztett kapcsolat (az erőjáték vasbetonszerű folyamatosságában szingularitást jelent: a csomóponton korrózióvédelmi problémák adódnak; a hegesztés elvégzéséig ideiglenes támasztás vagy megfogás szükséges), 12. ábra;

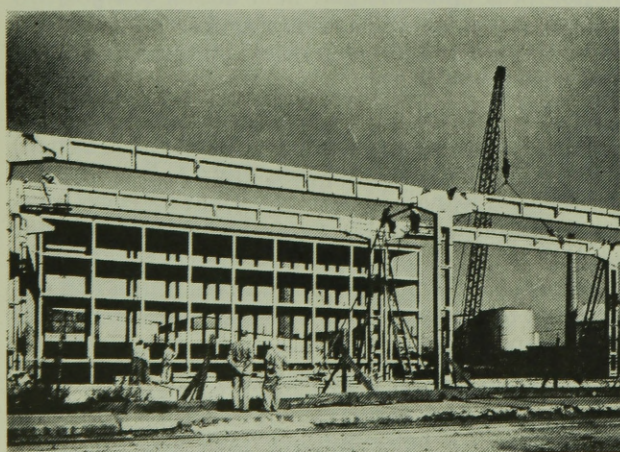
— száraz kapcsolat (építéstechnológiailag egyszerű, de az erőjátékban csak korlátozott értékű csuklóként vehető figyelembe), 10. ábra.



9. ábra. Vasöntödei csarnokváz. Oszlopállás: $24,0 \times 18,0$ m. Belmagasság: 13,70—19,0 m. Keretállás: 6,0. Építési év: 1953.



10. ábra. Gépgyári csarnokváz. Keretállás: 6,0 m. Fesztáv: 15,0 m. Belmagasság: 8,0 m. Építési év: 1952.



11. ábra. Vagongyári csarnokváz. Keretállás: 6,00 m. Fesztáv: 15,50 m. Belmagasság: 11,50 m. Építési év: 1958.

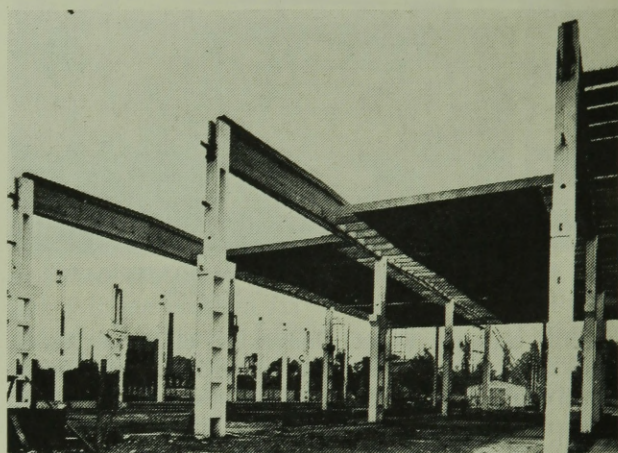
Rácsos vasbetonelemek

Mivel a rácsos tartó valamennyi eleme normál erőkkel van igénybe véve, ezért anyagfelhasználásban, szerkezeti súlyban rendkívül előnyös. A keresztmetszet területéhez viszonyított összetett inerciaértéke magas, ezért alakváltozásra merev elemek készíthetők rácsozással. A húzott rudak repedéskorlátozása rontja a szerkezet alkalmazhatóságát

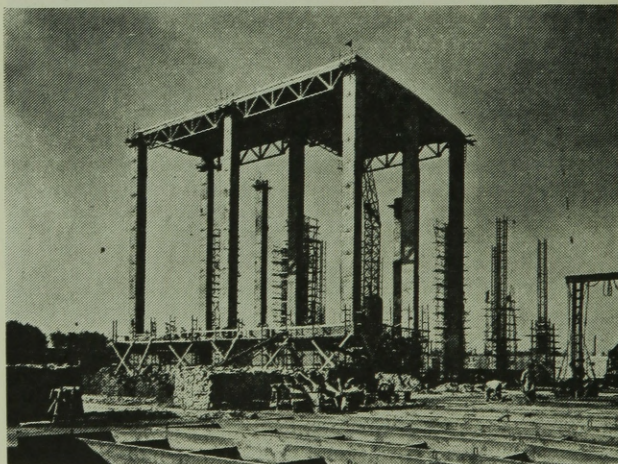
feltételeit. Elsősorban nyomással terhelt elemek esetén (mint pl. Vierendeel-oszlopok) versenyképesek.

Rácsos főtartó és oszlop kapcsolata, ideiglenes állapotra száraz csuklós kapcsolat, végleges állapotra a köracélok hegesztett toldásával és kibetonzásával nyomatékbiro kapcsolat, 9. ábra.

T szelvényű főtartó és tömör szelvényű oszlop száraz kapcsolata, az oszlopfej vastagításával kiképzett villában, 10. ábra.



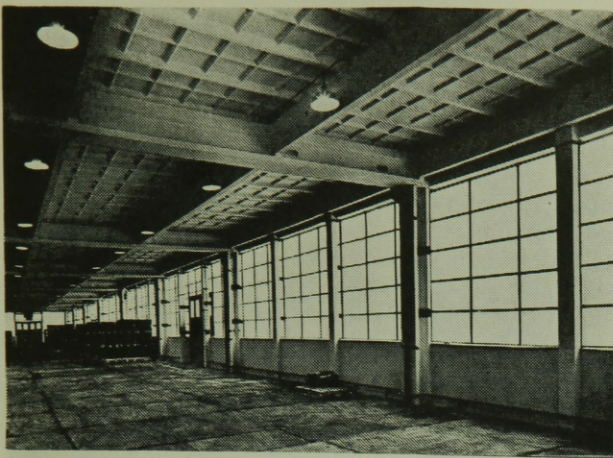
12. ábra. Házgyári csarnokszerkezet. Keretállás: 12,0 m. Fesztáv: 18,0 m. Belmagasság: 10,50 m. Építési év: 1963.



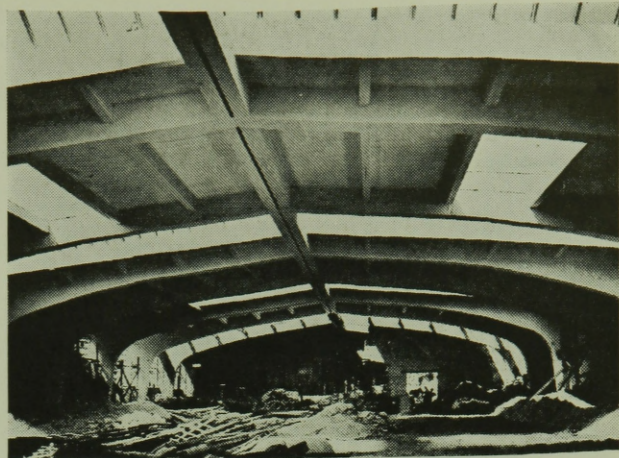
13. ábra. Kazánházi csarnok. Oszlopállás: $11,0 \times 14,50$ m. Belmagasság: 28,0 m. Építési év: 1955.



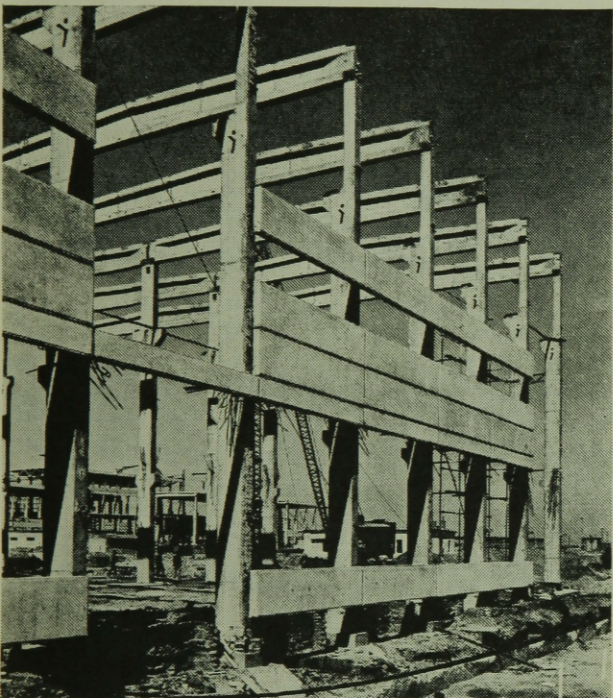
14. ábra. Többcélú típuscsarnok. Oszlopállás: $9,0 \times 9,0$ m. Belmagasság: 4,20 m. Építési év: 1962.



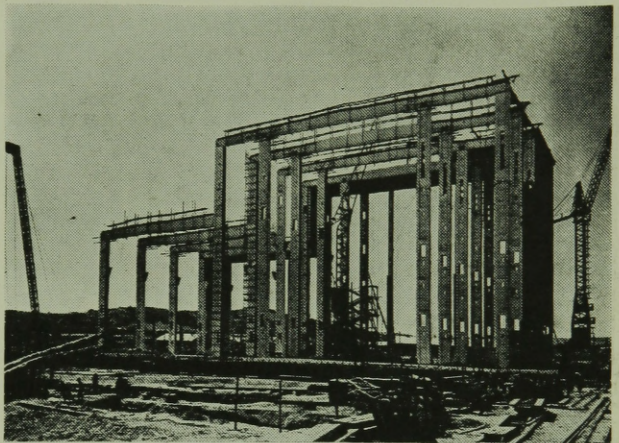
15. ábra. Többcélú típuscsarnok. Oszlopállás: $9,0 \times 9,0$ m. Belmagasság: 4,20 m. Építési év: 1962.



18. ábra. Gépgyári csarnokszerkezet. Keretállás: 6,0 m. Fesztáv: 18,0 m. Belmagasság: 5,50 m. Építési év: 1953.



16. ábra. Vegyipari üzemi csarnokszerkezet. Keretállás: 6,0 m. Panelméret: $1,20 \times 6,0$ m, ill. $0,60 \times 6,0$ m. Építési év: 1961.



19. ábra. Erőművi csarnokszerkezet. Keretállás: 9,0 m. Fesztáv: $24,50 + 8,0 + 23,0 + 9,0$ m. Belmagasság: 21,0, ill. 33,0 m. Építési év: 1952.

Gerinclemezes főtartó és konzolos oszlop kapcsolata. Ideiglenes állapotra száraz, végleges állapotra a köracélok hegesztett toldásával és kibetonozásával nyomatékbiró kapcsolat, 11. ábra.

Gerinclemezes főtartó és Vierendeel-oszlop száraz kapcsolata az oszlop szelvényből kiképzett villában. (Tetőfedés a főtartókon nyugvó vasbeton panelekkel.) 12. ábra.

Lefedő és térelhatároló elemek

A lefedő, ill. térelhatároló elemek viszik át közvetlenül a külső terheket, amelyeket fióktartókon közvetve vagy közvetlenül hárítanak a főállásra. Ha a főállás térelemként van kialakítva, úgy külön lefedő, ill. közvetítő elemekre nincsen szükség.

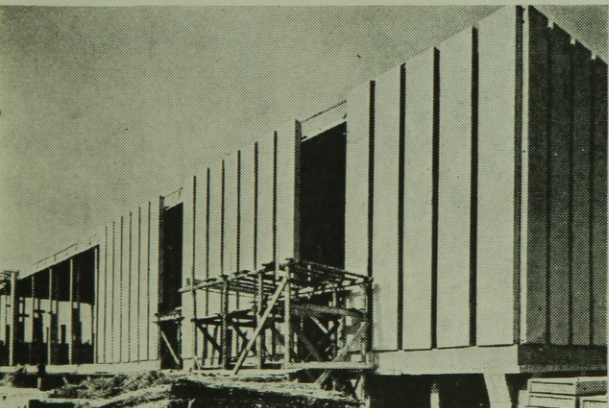
Tetőlefedés kőszivacs pallókkal, Vierendeel rácsos szelemenekkel, rácsos főtartókkal. (Merev vasvázás monolit üreges oszlopok), 13. ábra.

Vasbeton kispanel lefedés T szelvényű szelemenekkel és I szelvényű főtartókkal (típus csarnok).

Vízszintes elrendezésű oldalfal panelek, falpanel merevítő fióktartókkal, 15. ábra.

Vízszintes elrendezésű oldalfal panelek, a főállások oszlopaíra kapcsolva, 16. ábra.

Függőleges elrendezésű oldalfal panelek talpgerendára ültetve, tető peremhez rögzítve, 17. ábra.



17. ábra. Nyomdaipari csarnokfal. Panelméret: $1,25 \times 10,20$ m. Építési év: 1967.

Tömörszelvényű elemek

A monolitikus építmód zsaluzási technikája a négyszög szelvényeknek kedvez, lehetővé teszi az igénybevétel változást követő, változó magasságú elemek kialakítását.

Az előregyártásnál az emelési-szállítási súlyok csökkentése érdekében a négyszögszelvényeket az igénybevétel változásnak megfelelően könnyíteni kell általában I jellegű keresztmetszetek kialakításával.

A változó magasságú előregyártott szelvények tárolása és emelése nehezekebb, mint az állandó magasságúaké.

Változó magasságú négyszög szelvényű rúdelemek, monolitikus építés móddal, 18. ábra.

Gerinclemez, hevederezett, technológiai igények szerint áttört gerincű, helyszíni előregyártású elemek, 19. ábra.

Változó magasságú rácsos főtartó segédüzemi előregyártás. Aszimmetrikus rácselrendezése csökkenti a nyomott rudak igénybevételét és kihajlási hosszát. A karcsú rudazat csökkenti a másodlagos igénybevételeket (20. ábra.)

Aláfeszített rácsos főtartó üzemi előregyártás, a felső övben jelentős hajlításváltozásokkal (21. ábra.)

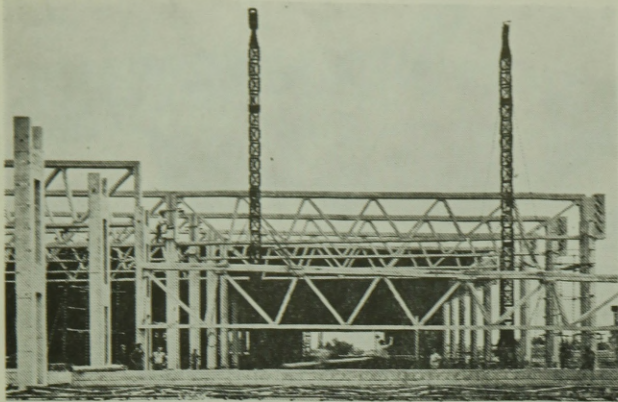
Igénybevételi ábrát követő Vierendeel oszlop, felső acél toldalékkal, helyszíni előregyártással (22. ábra.)

Öszvérszerkezetek

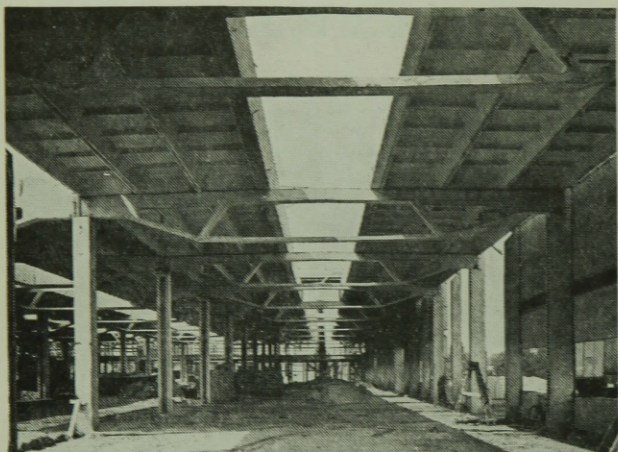
Gyakran előfordul, elsősorban a csarnok főtartóknál, a vasbeton és acélszerkezet együttes alkalmazása, az emelési súly csökkentése és húzott vasbeton elemek kiküszöbölése céljából. A vegyes szerkezet lehet öszvér jellegű, ahol a nyomott zóna vasbeton vagy a csatlakozó vasbeton födém együttdolgozóként működik, vagy a főtartó teljes egészében acél.

Vasbeton kazettás panelek, kamracsöves rácsos acélfőtartó üzemi előregyártással. A főtartó szerelési állapotban acélszerkezetként, végleges állapotban a kiöntött betonnal együtt dolgozó öszvér szerkezetként dolgozik, 23. ábra.

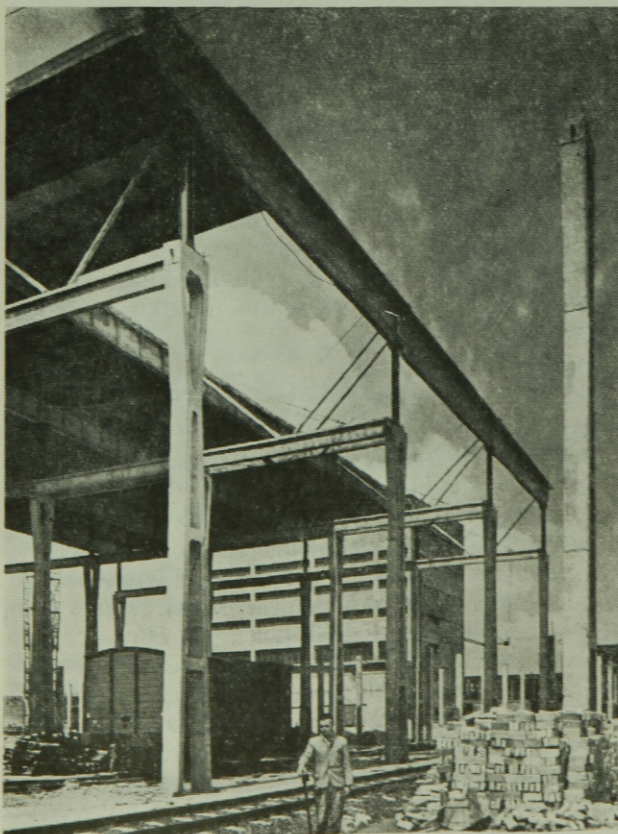
Langer jellegű öszvér tartó. A nyomott zóna vasbeton, a húzott öv és oszlopok acél anyagúak súlycsökkentés céljából. 40,0 m-es csarnokfeszítáv



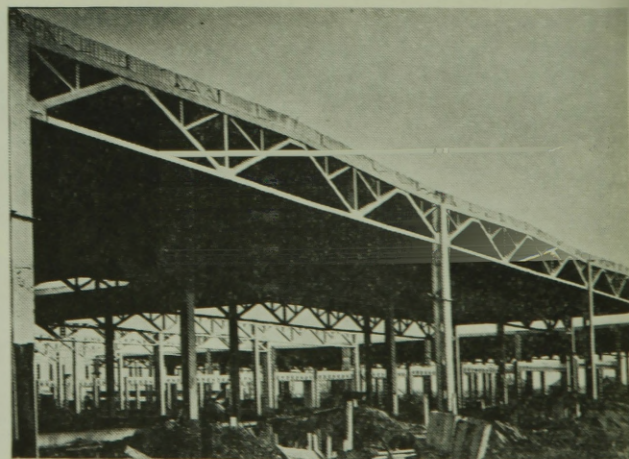
20. ábra. Hűtőházi csarnokszerkezet. Keretállás: 5,0 m. Fesztáv: 21,0 m. Belmagasság: 7,0 m. Építési év: 1965.



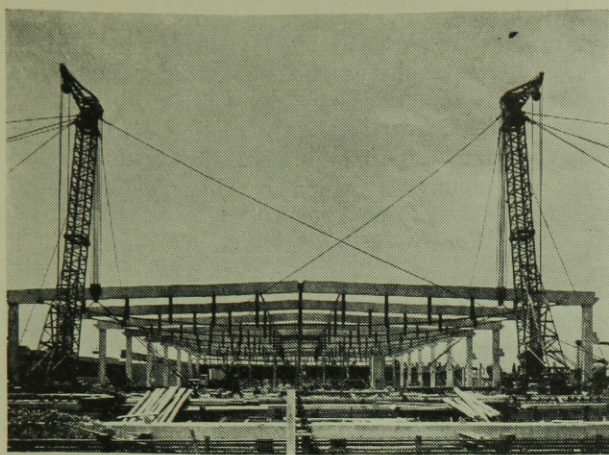
21. ábra. Többcéltípuscsarnok. Oszlopállás: 12,0 x 12,0 m. Építési év: 1969.



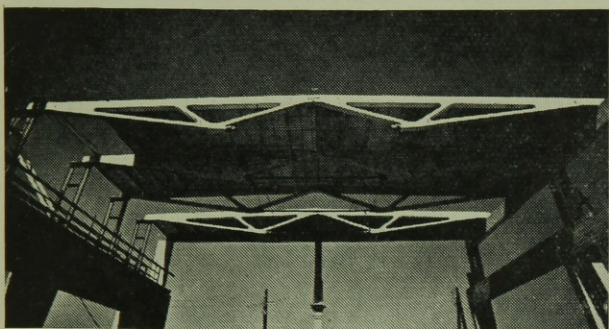
22. ábra. Cellulózgyári tárolócsarnok. Keretállás: 7,75 m. Fesztáv: 15,50 m. Belmagasság: 14,00 m. Építési év: 1969.



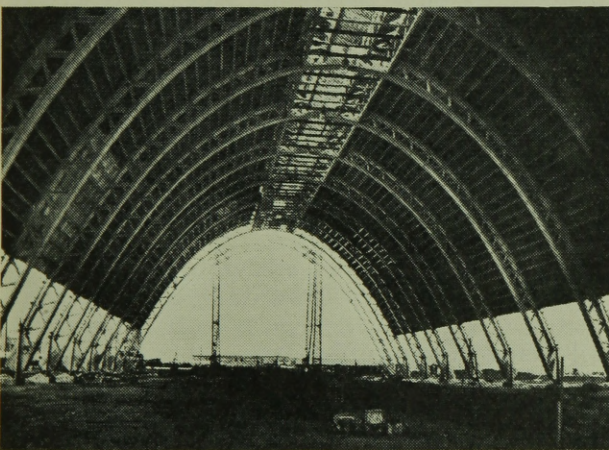
23. ábra. Többcéltípusi ipari csarnok. Oszlopállás: 12 x 18 m. Belmagasság: 4,20 m. Építési év: 1965.



24. ábra. Konzervgyári csarnokváz. Keretállás: 9,0 m. Fesztáv: 40,0 m. Belmagasság: 7,0 m. Építési év: 1964.



25. ábra. Gépjavító üzemi csarnok. Keretállás: 12,0 m. Fesztáv: 18,0 m. Rácsos szelemen kiosztása: 3,0 m. Építési év: 1966.

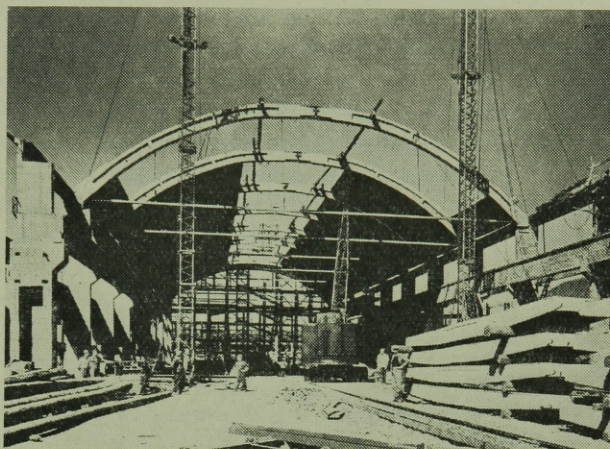


26. ábra. Műtrágyatároló csarnok. Keretállás: 12,00 m. Fesztáv: 46,15 m. Belmagasság: 23,0 m. Építési év: 1950.

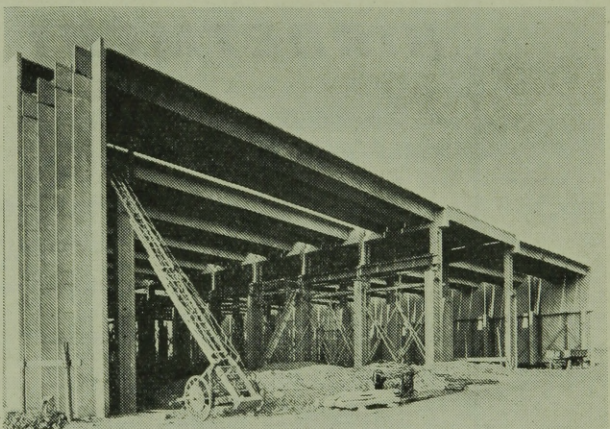
szi versenyképessé az ívszerkezeteket. A megépült néhány példa egyrészt különleges igényű és fesztávú feladat megoldásaként, másrészt mint kísérleti feladat értékelhető.

Helyszíni előregyártású rácsos ívszerkezet. A 46,15 m fesztávú daruzatlan csarnok vasbeton megoldásának különleges példája, 26. ábra.

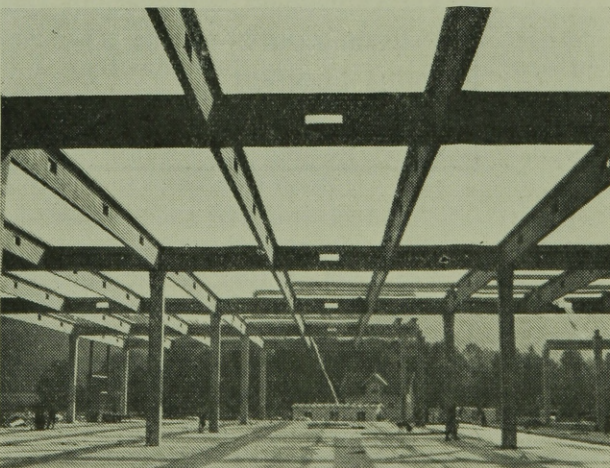
Helyszíni előregyártású I szelvényű ívszerkezet daruzott vasbeton csarnok esetén.



27. ábra. Hengerművi csarnok. Keretállás: 9,0 m. Fesztáv: 32,0 m. Csuklómagasság: 11,0 m. Építési év: 1953.



28. ábra. TMK csarnok. Fesztáv: 24,0 m. Panelosztás: 1,50 m. Belmagasság: 12,0 m. Építési év: 1969.



29. ábra. Élelmiszeripari csarnokváz. Szelemenfesztáv: 19,98 m. Főtartó fesztáv: 13,32 m. Belmagasság: 6,50 m. Építési év: 1969.

vasbetonos áthidalásának egy gazdaságos módja helyszíni előregyártásban, 24. ábra.

Őszvér jellegű előregyártott oszlopokon nyugvó rácsos szelemenek. Két fél darabból segédüzemben előregyártva. A legnagyobb húzó igénybevételű rúd acél elemből a helyszínen emelés előtt beszerelve (25. ábra.)

Ívszerkezet

Bár erőjátékuk igen gazdaságos, részben a funkció által igényelt csarnok űrszelvények eltérő volta, részben az emelésteknikai bonyolultsága nem te-

Összefoglaló

A síkbeli erőjátékú vasbeton csarnokszerkezetek

— korszerű megoldásai az iparosított építésmód-
nak a legcélszerűbben megfelelnek,

— a funkcionális optimum (ipari cél) és fesztáv
tartomány (9—24 m) miatt olyan igények kielégí-
tését teszik lehetővé, amelyeket térbeli szerkezetek,
ill. felületszerkezetek alkalmazásával nem lehet
gazdaságosan megoldani, a felületszerkezetek tar-
tományában viszont a síkbeliek nem versenyké-
pesek,

— a statisztikai adatok szerint a lefedett csar-
nokfelületek értékének túlnyomó többségét jelen-
tik,

— várhatóan a következő irányokba fejlődnek:

a) komplex térelemekből összerakott szerkezet,
a hajlított elemek feszített kivitelével,

b) könnyűpaneles csarnokok vasbeton tartóváza
Ezekre bemutatunk egy-egy példát.

T szelvényű feszített tetőpanelből és T szelvé-
nyű vasbeton falpanelből kialakított csarnokszer-
kezet. Az elemek egyszeresen teherviselő, komp-
lex térelhatárolók és teherhordók, szeletenként fe-
lülcsuklós kereteken működnek. Az elemek a T
szelvény miatt mindkét irányban merevek. (A da-
rupálya oszlopok függetlenek). Alapelvében és rend-
szerében a legfejlettebb vasbeton csarnokszerkeze-
tek közé sorolható, 28. ábra.

Beton egyenérték: 15,2 cm/m²

Acél trapéz lemez tetőfedés és oldalfal lezárású
csarnok, I szelvényű — feszített főtartók, I szel-
vényű feszített szelemenek és vasbetonoszlopok.

Betonegyenérték: 7,57 cm/m², 29. ábra.

HIRDETMÉNY

az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium országos nyilvános terv-
pályázatot hirdet

„Közművezetékek (nagyszelvényű csatornák, közműalagutak stb.)
kitakarás nélküli) csőelőresajtolásos és mechanikus-pajzsos-tübinges
(földalatti építési technológiáinak víztelenítési megoldásaira).”

A Bíráló Bizottságnak a beérkezett pályaművek díjazására és megvételére
100 000 Ft áll rendelkezésre.

A pályaművek beadási határideje: 1970. október 31.

A tervpályázati kiírás 1970. május 15-étől vehető meg az Építésügyi és
Városfejlesztési Minisztérium Gazdasági Hivatalában (Budapest, V. ker.
Beloianisz u. 2—4. fszt. 5.)

Bíráló Bizottság

Statikai működés

A *felületszerkezeteket* (lemezműveket, héjakat, függőtetőket) az jellemzi, hogy kettős feladatot töltenek be: térelhatároló és egyszersmind tartószerkezetek is. A *héjszerkezetekben* a vékony térelhatároló szerkezet alkotja a *nyomott* övet, a húzott öv pedig vonóvas vagy peremgyűrű formájában koncentráltan a szélén helyezkedik el. Ezzel szemben a *függőtető* térelhatároló szerkezete a *húzott* övet képezi, a nyomott övet pedig a peremtartó (vagy a lefeszítő szerkezet közvetítésével a talaj) képviseli.

A héjszerkezet tehát a horpadás veszélyének van kitéve. Ezért általában nem készíthetjük olyan vékonyra, hogy ki tudjuk használni anyagának szilárdságát, és nem készíthetjük például vaslemezéből sem. A függőtető kötélzetét viszont, mivel húzást szenved, olyan vékonyra vehetjük, amennyire csak megengedi az anyag szilárdsága. Ezért maga a kötélháló olcsó.

Csak az olyan függőtetőkkal fogunk foglalkozni, amelyek kétirányú kötélzetből állnak. Nem térünk ki sem a háromirányú kötélzetre, sem az utólag kibetonozott függőtetőkre, mivel az utóbbiak héjszerkezetté válnak, az előbbieket pedig ugyancsak közel állnak a héjszerkezetekhez és nem mutatják a függőtetők jellegzetességeit.

A kétirányban görbült membránhéjak kétirányú húzás-nyomást és nyírást egyaránt fel tudnak venni és ezáltal bármely megoszló terhet el tudnak viselni anélkül, hogy eredeti alakjukat meg kellene változtatniuk. A függőtetőeknek viszont egyáltalán nincs nyírási merevségük, ezért csak úgy tudják viselni a terheket, ha a teher valamelyik „kötélfelületének” alakját veszik fel. Minden újabb teherfajta tehát „be kell állniok”. A gyűrű viszont — mintegy a kötélzet hiányzó nyírási merevségének pótlására — lényegesen nagyobb igénybevételeket kap, mint a héj pereme. Mivel a legjobb esetben is csak azt érhetjük el, hogy a gyűrű tengelye vízszintes síkban kötélgörbéje lesz valamelyik teherkötélőrinek, a többi teher kötélőrire nyilván már nem lehet kötélgörbe. Így aránylag nagy nyomatékok ébrednek benne a vízszintes síkban. Csak abból a szempontból van kedvező helyzetben, hogy a nyomást koncentráltan veszi fel (ellentétben a héjjal).

A függőtetők jellegzetessége még, hogy a szokásos szerkezetekhez képest igen nagy deformációkat szenvednek, mégpedig három okból: Először is az újabb teherfajtákra való „beállítás” már maga is nagy lehajlásokkal jár. Továbbá mivel a hálóban nincs horpadásveszély, ezért nagyszilárdságú sodronyköteleket alkalmazhatunk és szilárdságukat teljesen ki is használhatjuk. Ez ismét nagyobb nyúlásokat okoz a szokásosnál. Végül a már említett vízszintes síkú nyomatékok miatt a peremek is deformálódnak, amiből — a háló lapossága miatt — ennek többszörösét kitevő kötél-lehajlások származnak.

E nagy deformációk miatt nem végezhetjük el a statikai számítást az eredeti alak alapulvételével, hanem figyelembe kell venni a kötélháló és a perem megváltozott alakját (II. rendű elmélet). A megváltozott alak figyelembevétele itt nemcsak korrekció-jellegű és nemcsak nagyobb pontosságra való törekvés esetén kell kiszámítani, hanem olyan számottevő a hatása, hogy néha a kötélőrk előjelét is megfordítja. Számpéldák tanúsága szerint teljesen hamis képet kapunk a függőtető erőjátékáról, ha az eredeti perem- és kötélalak alapulvételével számítjuk ki őket, sőt még az is megengedhetetlenül nagy hibát eredményez, ha a kötélháló alakváltozását ugyan figyelembe vesszük, de a peremet mozdulatlanak tekintjük [11].

Megemlítjük még, hogy a kötélzet deformációját több fokozatban kell figyelembe venni. A legegyszerűbb az, ha a kötélesomópontoknak csak a függőleges eltolódását vesszük számításba [5]. Ez általában kielégítő pontosságot ad a kötélre vonatkozóan. A kötélesomópontok vízszintes elmozdulásának számításbavételét nagymértékben bonyolítja a számítást [23]. Amint azonban már mondtuk, hiába vesszük pontosabban figyelembe a kötéldeformációkat: ha elhanyagoljuk a perem deformációit, teljesen rossz eredményeket kaphatunk.

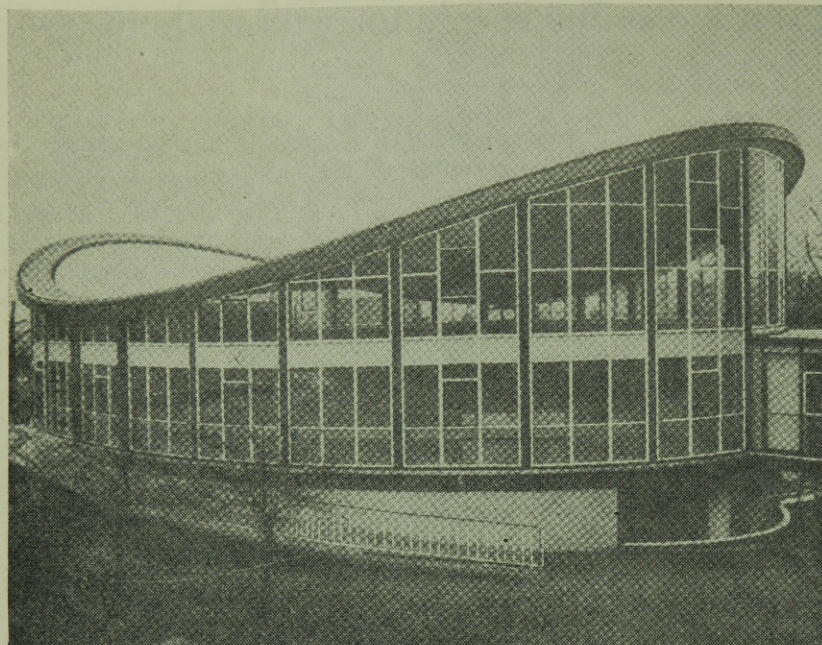
A perem és a kötélzet deformációit közelítően aránylag egyszerű eszközökkel számíthatjuk [11], a pontos számításhoz azonban — különösen szabálytalan perem esetében — nyilván elektronikus számítógépre programozott eljárás szükséges [22].

Az önsúly és a hőteher lefelé hat a függőtetőre. A szélből viszont általában az egész felületen vagy nagyrészen szívás keletkezik [2], ez tehát felfelé hat. Mivel a kötelek csak húzást tudnak felvenni, ezért meg kell őket feszíteni, hogy egyik teherfajtából se keletkezzék bennük nyomás. Ebből következik, hogy a kétirányú kötélzetnek ellenkező görbületet kell adni. A lefelé domborúakat hívjuk tartóköteleknek, a felfelé domborúakat pedig feszítőköteleknek. Mivel a terhek felvételén kívül még arról is gondoskodnunk kell, hogy a háló a szél dinamikus hatása következtében ne lebegjen be [26], ehhez azt kell biztosítanunk, hogy mind a két irányú kötélzetnek mindenütt legyen görbülete, azaz ne legyen egyenes szakaszuk.

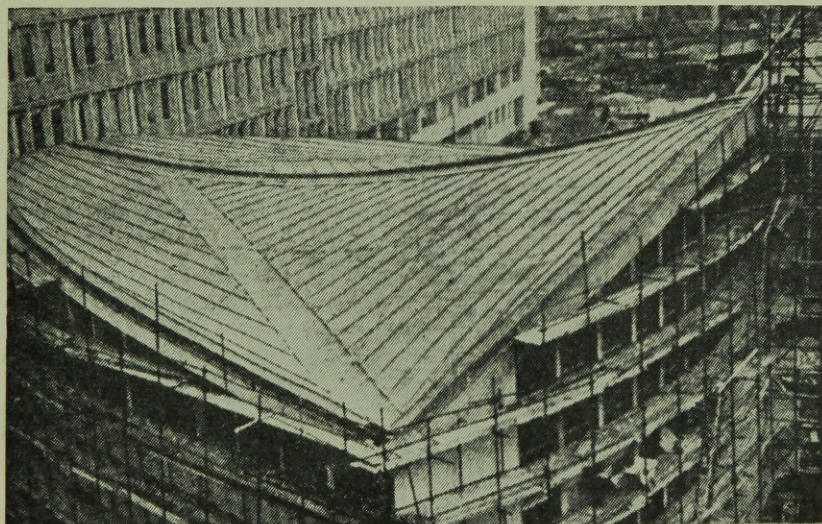
A fentiek miatt nyilvánvaló, hogy

ha egyrétegű függőtetőt tervezünk, ez csak hiperbolikus felület lehet (a kétirányú kötélzetnek ellenkezőképpen kell görbülnie), ha pedig csak egyirányban görbült (hengeres, kúpos) felületű függőtetőt akarunk tervezni, akkor ezt a felületen kívül vezetett kötélzettel kell merevíteni (kétrétegű függőtető).

A következőkben áttekintjük a függőtetők alapformáit és bemutatunk néhány jellegzetes megépült szerkezetet.



1. ábra



2. ábra

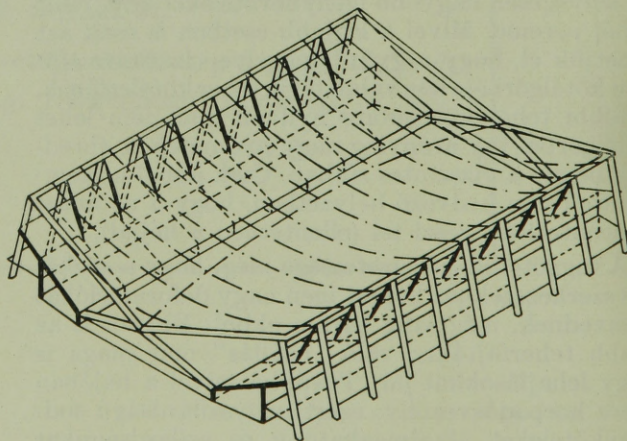
A kétirányban görbült (egyrétegű) függőtetők alapformái

A *hiperbolikus paraboloid* felületet alaprajzban körrel vagy *ellipszissel* határolva térbeli peremgyűrűt kapunk. Előnye, hogy a felület görbülete mindenütt egyenletes lesz.

Hátránya a kissé suta alak. 1. ábránkon bemutatjuk az angliai Catford-ban levő St. Dunstan kollégium ebédlőlefedését [4].

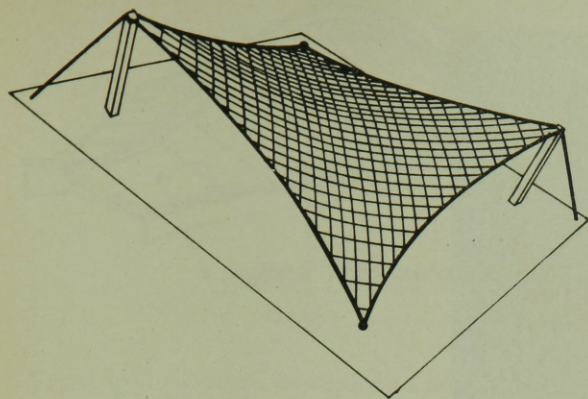
Ha a peremet *két* különböző síkban fekvő (vagy térben görbült) *ívből* tesszük össze, akkor határozottabb, kellemesebb formát kapunk, de vigyáznunk kell arra, hogy a peremívekre feszülő függőtető alakja ne (vagy legalább ne nagyon) térjen el az egyenletes görbületű hiperbolikus paraboloidtól. Ha ugyanis egyes helyeken túlságosan ellapul, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a szél hatására belebeg.

Ilyen, két ívre feszített szerkezetből áll a világ első nagy függőtetője: a Raleigh-aréna [16], [20]. Kedvelt formája ez világszerte az előadótermek és sportcsarnokok lefedésének [13], [16], [25], [6].

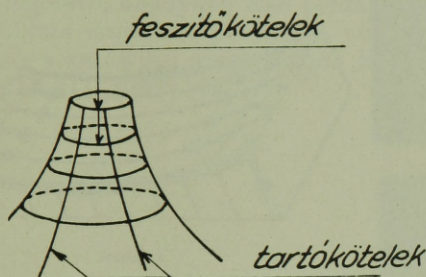


3. ábra

Ezzel az alakkal épült hazánkban is az első valódi függőtető [15]. 2. ábránkon bemutatjuk a pozsonyi Műegyetem gépészmérnöki karának auditorium-födémét, amely három ívre van kifeszítve [17].



4. ábra



5. ábra

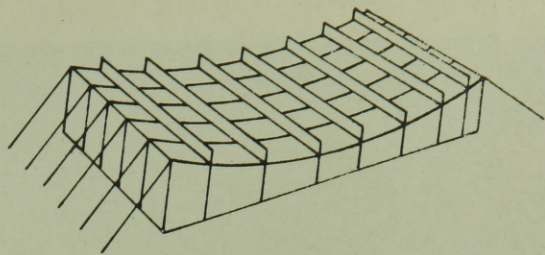
Peremgyűrű helyett természetesen *le is feszíthetjük* a függőtető széleit. Ez a megoldás szerepelt pl. a budapesti Tattersaal terveiben (3. ábra) [8].

Érdekes lehetőséget nyújt a hiperbolikus paraboloid a 4. ábrán vázolt *torznégyszög* létrehozására. A peremeket nemcsak merev gerendákkal alakíthatjuk ki, hanem peremkötelekkel is, amelyeknek természetesen kissé befelé kell görbülniök. Négy sarkát le kell horgonyozni a földhöz.

A másik, ritkábban alkalmazott hiperbolikus felület a *forgási hiperboloid*, amely szintén alkalmas egyrétegű függőtetők építésére, kissé szokatlan alakkal (5. ábra). Középen természetesen oszlopot igényel, széleit le kell feszíteni.

Az egyirányban görbült (kétrétegű) függőtetők alapformái

Ha a feszítőköteleket egyáltalán nem, vagy csak annyira görbítjük meg, hogy lehetővé tegyék a víz-elvezetést, akkor nem biztosítják a lebegésmentességet és az egész háló stabilitását. Szükséges tehát, hogy a háló felületén kívül alkalmazzunk külön



7. ábra

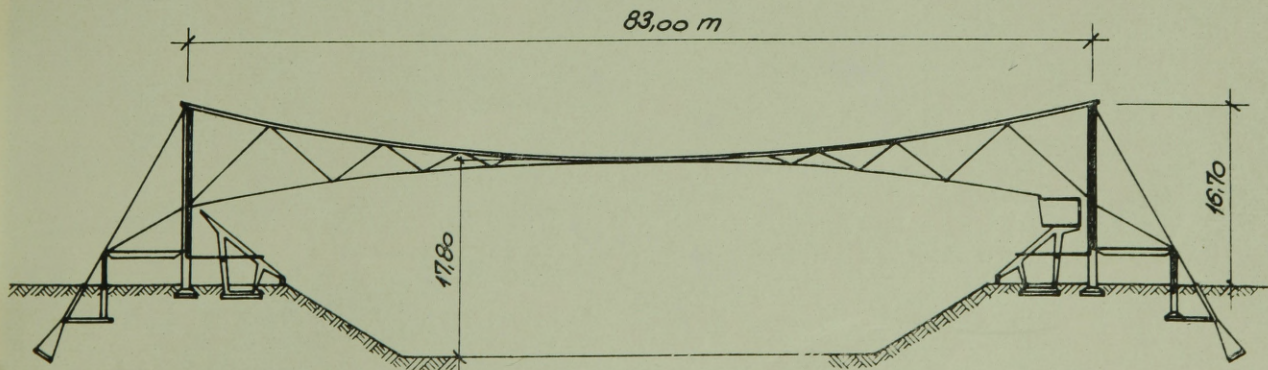
feszítőkötél-rendszert, vagy esetleg keresztirányú gerendákkal stabilizáljuk a függőtetőt.

Aláfeszített hengeres függőtetőket a svéd Jawerth épített nagyobb számban. 6. ábránkon bemutatjuk egyik legnagyobb alkotását: a stockholm—johannesovi jégstadiont [9].

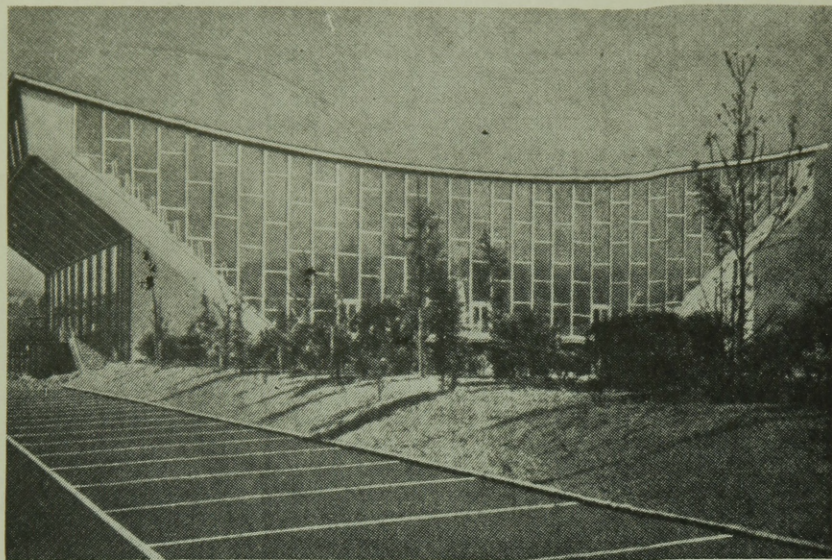
Ha el akarjuk hagyni a tető síkja alatt elhelyezkedő lefeszítő köteleket, akkor más módon kell gondoskodni a háló biztosításáról szélszívás és belebegés ellen. E célból vagy *gerendákkal* kell keresztirányban merevíteni [18], a két oldalfalhoz való letámasztással (7. ábra), vagy utólag összefüggő *héjszerkezetté* alakítják a függőtetőt (a fugák kiöntésével stb). Ez utóbbi esetben azonban már nem valódi függőtetővel van dolgunk, hanem nyírást és nyomást is bíró héjjal, amely a két oldalfalra is támaszkodva mindenféle erőhatásra stabilis marad. Jellegzetes példája ennek a wuppertali uszoda (8. ábra) [19], [20].

Meg lehet úgy is oldani a kötélerők felvételét, hogy nem horgonyozzuk le a köteleket a földhöz, hanem a vízszintes erőkomponenseket egymással egyensúlyoztatjuk ki. Így az alátámasztó szerkezet csak függőleges erőket kap. A tartóköteleket egy — a kötélzet érintősíkjában fekvő — nagy tartóba kötjük be, ezek az épület két szélére viszik ki a vízszintes erőt, ahol a párkány mentén egy-egy nyomott rúd támasztja ki őket egymáshoz (9. ábra).

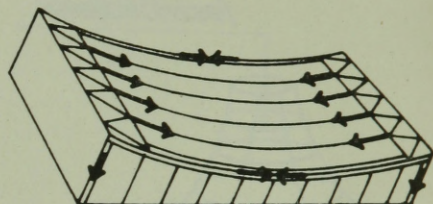
E szerint a statikai elv szerint épült meg a bécsi St. Maria Goretti-templom tetőszerkezete (10. ábra) [3]. A tartókötelek előregyártott üreges betontömbökben futnak. Megfeszítésükkel hajlításra is bizonyos fokig merev tartóelemeket kaptak. Ezeknek kell biztosítaniuk a szerkezet merevségét, mivel az egyébként meglehetősen nehéz héjalás önmagában véve csak a szélszívás okozta felemelkedést küszöböli ki, de nem gátolja meg sem a belebegést, sem az esetleges parciális terhek okozta nagy alakváltozásokat [10].



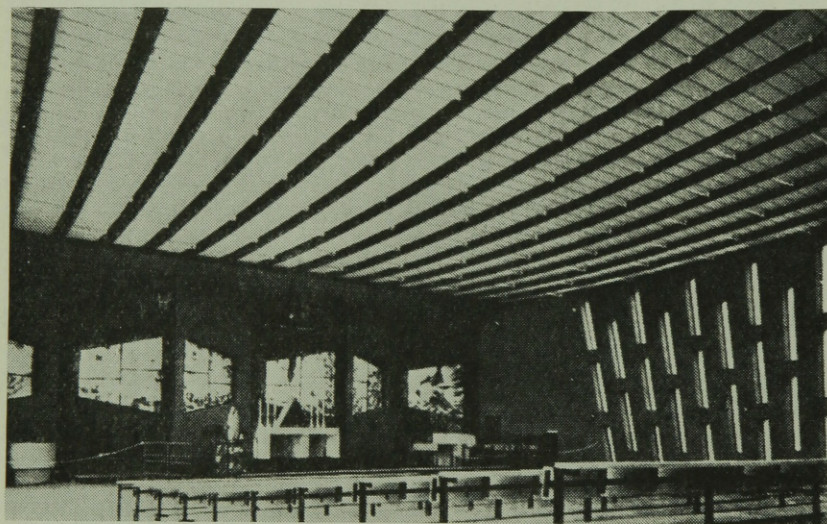
6. ábra



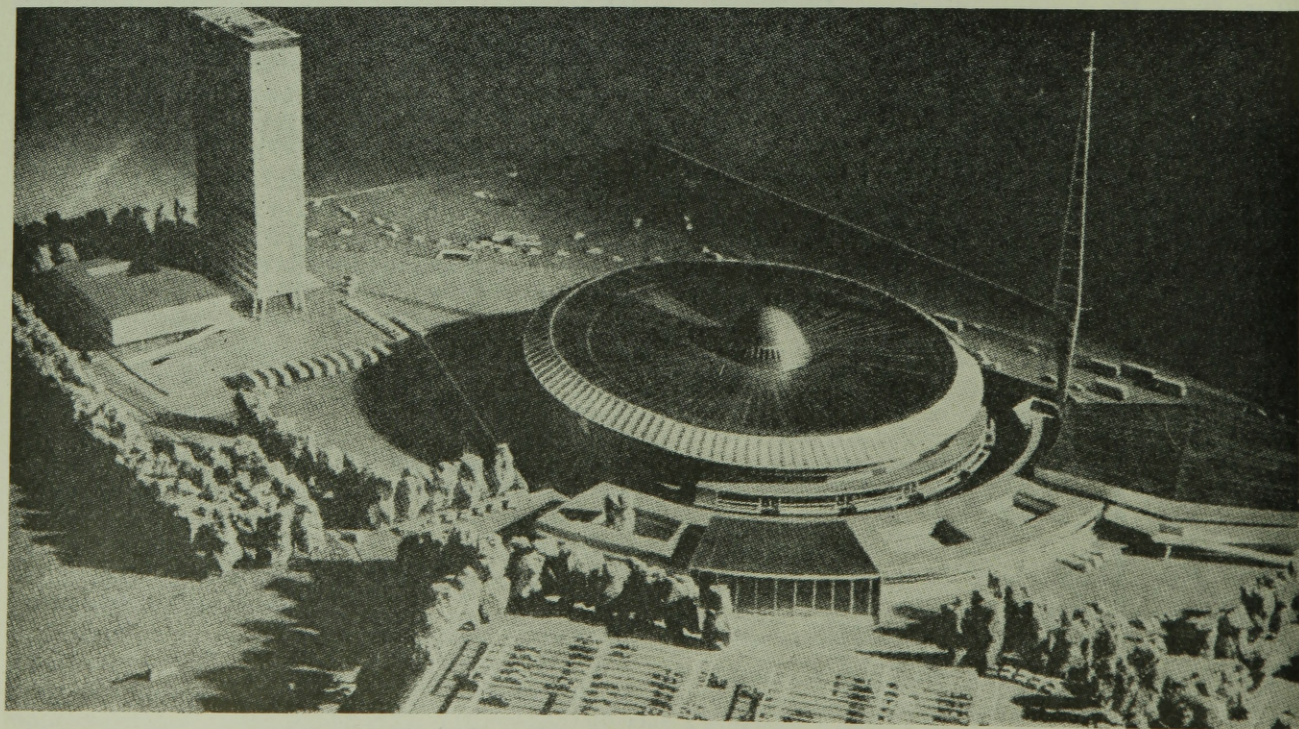
8. ábra



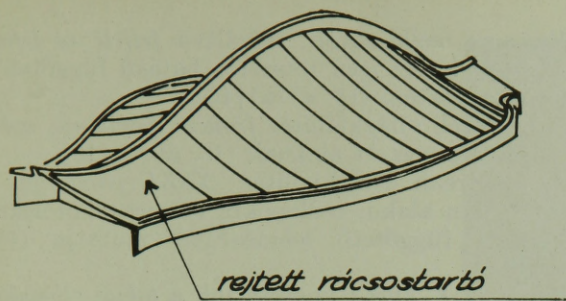
9. ábra



10. ábra



11. ábra



12. ábra

Végül igen egyszerű és szellemes kétrétegű alapforma a „biciklikerek” elvén felépülő körszimmetrikus függőtető, amelynek első példája a brüsszeli világkiállítás amerikai pavilonja volt [20], újabban pedig a katowicei sportcsarnok lefedéséhez alkalmazták (11. ábra) [12].

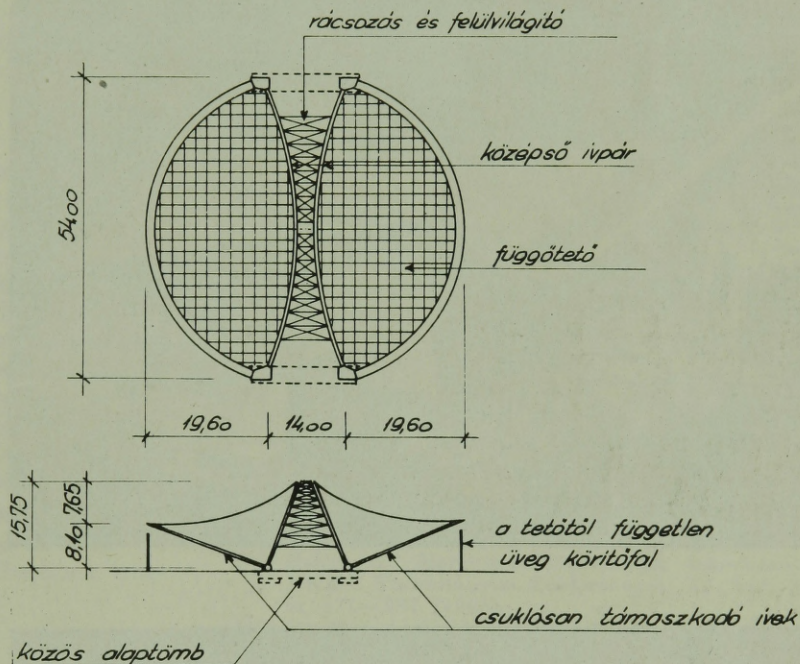
Összetett formák

Ezekben többnyire ívtartók választják el az egymás mellé helyezett „alapformák”-ból összetett szerkezetet.

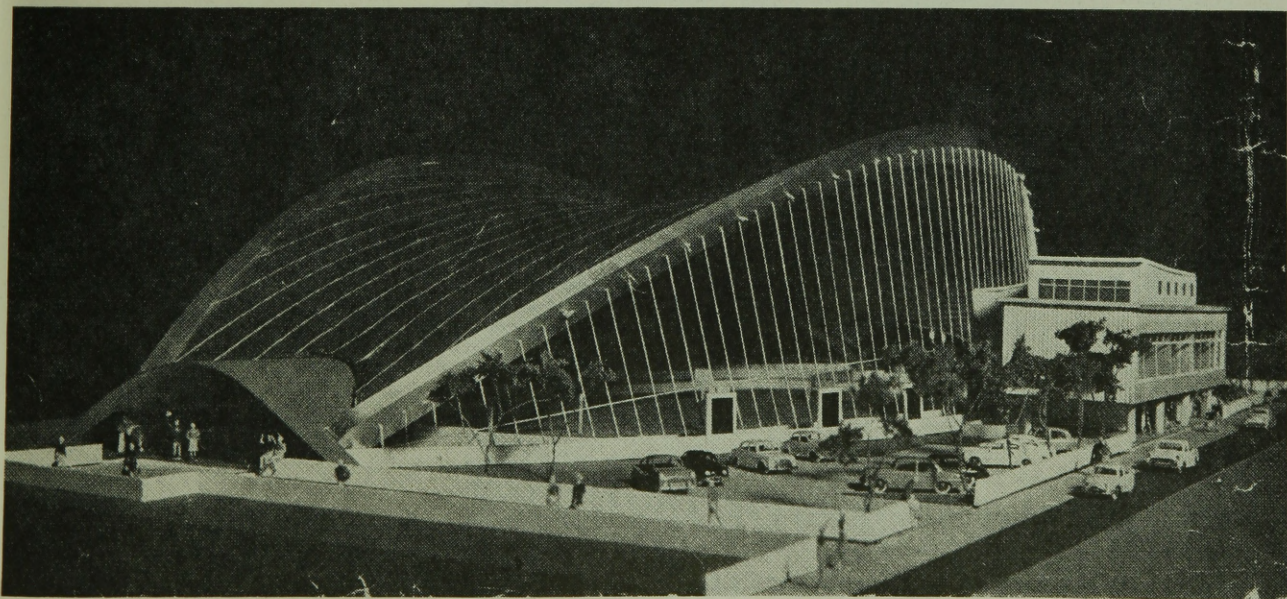
Egy ívet alkalmazott pl. Saarinen a New Haven-i (USA — Yale egyetem) jégstadionjához (12. ábra) [20].

Két ívvel és köztük bevilágító sávval oldották meg a lengyelországi Chorzowie-ban épült Hala Kwiatow („Virágok csarnoka”) lefedését (13. ábra) [7]. Ennek külön érdekessége, hogy a kötélhálókat nem a földhöz kötötték ki, hanem két fekvő helyzetű, a középső ívek alapjához csuklósan támaszkodó ív súlya feszíti le őket. A rossz alapozási viszonyok indokolták ezt a megoldást.

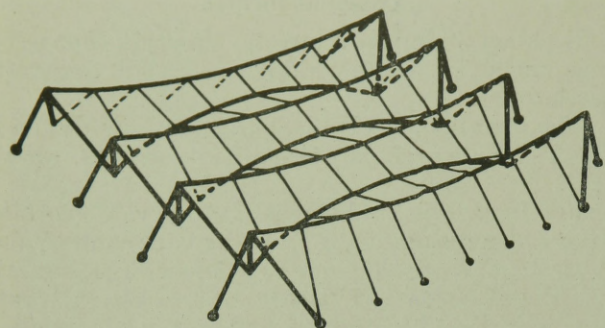
További szép példája a két ívre kifeszített függőtetőnek R. Sarger sportcsarnok-terve (14. ábra) [20].



13. ábra



14. ábra



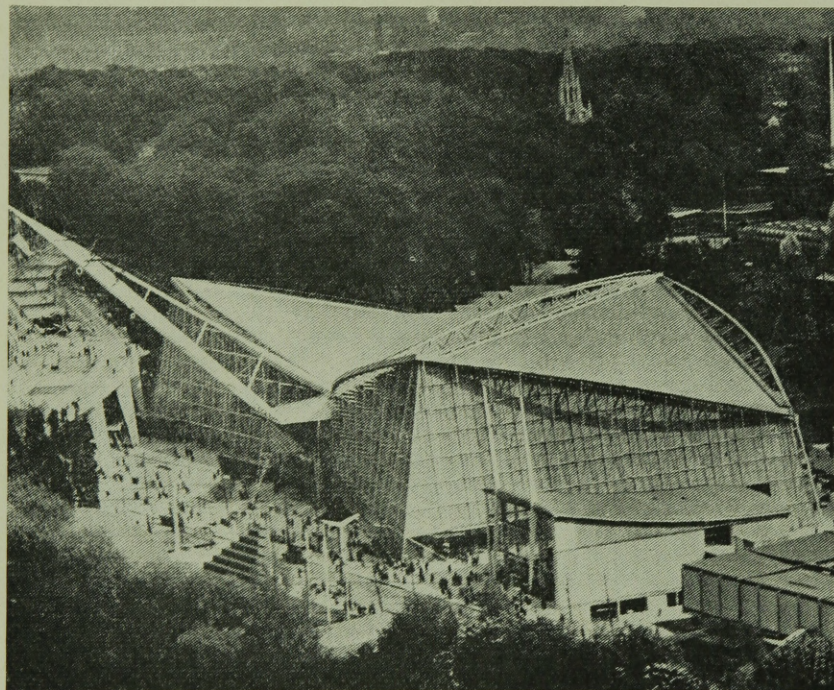
15. ábra

Egymás mellé sorolt, felváltva *felfelé és lefelé domborodó ívekre* igen tetszetős hatású függőtetőt lehet szerkeszteni (15. ábra) [16].

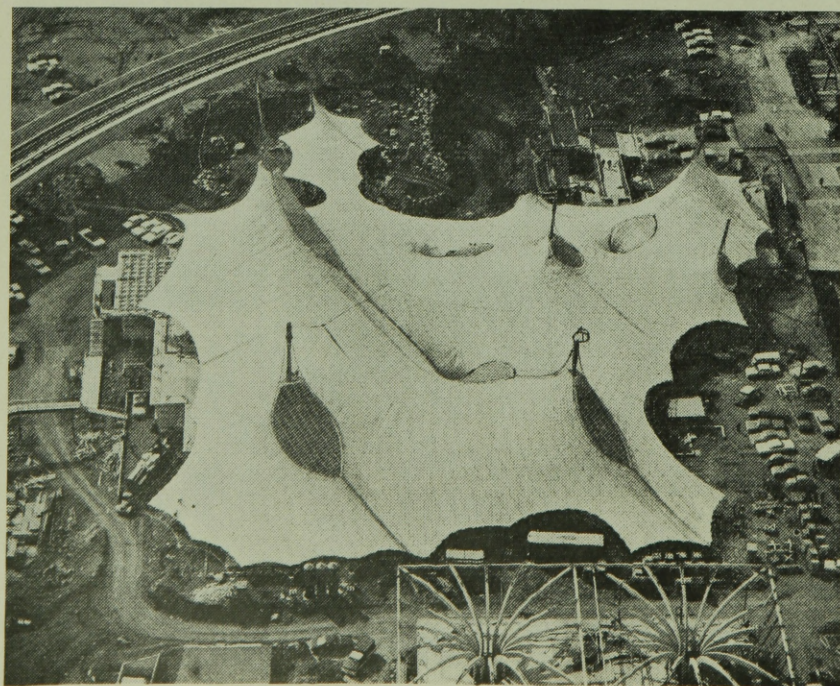
A brüsszeli világkiállítás *francia pavilonja* szép példája az összetett alaknak (16. ábra) [20].

A montreali világkiállítás *NSZK-pavilonja* a szabálytalan alakú, oszlopokra és peremkötelekre kifeszített függőtető lehetőségeit mutatja (17. ábra) [14].

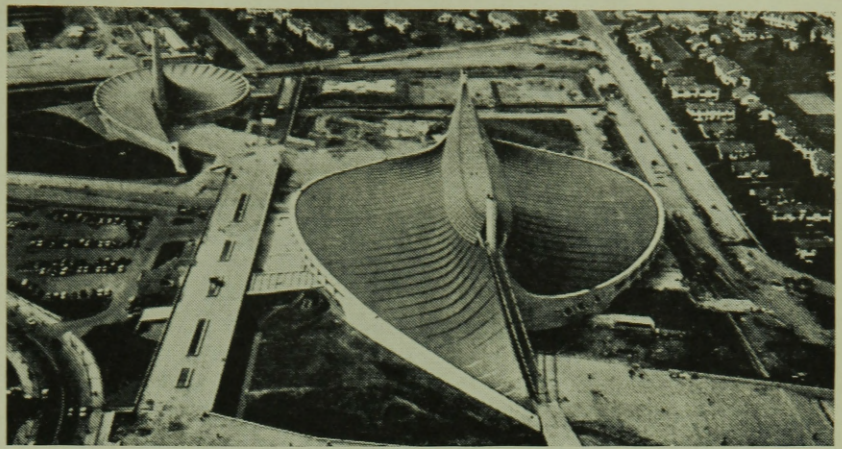
Végül a 18. ábrán bemutatjuk a *tokiói olimpiai sportcsarnokok* látképét [24]. E nagyszabású építmények már arra szolgálnak példát, hogy ha eltérünk a bemutatott alapformáktól, akkor el kell



16. ábra



17. ábra



térni a valódi függőtétőszerkezettől is. A képen látjuk, hogy a tető a szélek felé igen lapos, sőt a nagycsarnoké majdnem egyenes. A „tartóköteleket” nem is lehetett sodronykötélből kialakítani, hanem csak hajlításra merev tartókból.

Formálási lehetőségek

Az eddig elmondottak fényében megíthetjük: mennyire igaz az az elterjedt nézet, amely szerint a függőtétők új formalehetőségeket, nagy formagazdagságot biztosítanak a tervezőknek.

Egyrészt láttuk, hogy a formalehetőségek tulajdonképpen nagyon is kötöttek (hiperbolikus felületek, vagy — külön merevítő kötélzet esetében — egyirányban görbült [hengeres, kúpos] felületek). Másrészt azonban kétségtelen az, hogy függőtétőként egyszerűen, szaluzás nélkül lehet megépíteni olyan felületeket is, amelyeket vasbetonhéjból kivitelezni a szaluzás miatt igen nehéz lenne.

A függőtétőknek más szerkezetekkel való kombinálása (azaz: a „tisztá” függőtétő-szerkezettől való eltérés) viszont valóban igen széles körű lehetőségeket nyit meg a tervező előtt.

IRODALOM

- [1] L'architecture d'aujourd'hui. No. 78, 1958. június.
- [2] Beutler, J.: Beitrag zur statischen Windbelastung von Seilnetzwerken. Ergebnisse von Windkanaluntersuchungen. — Proceedings of the IASS Colloquium on Hanging Roofs, Continuous Metallic Shell Roofs and Superficial Lattice Roofs. Paris, 1962. — North-Holland Publishing Co. Amsterdam, 1963.
- [3] Beton- und Stahlbetonbau, 58. (1963). H. 7. 173—174.
- [4] Bobrowski, J.—Bardhan-Roy, B. K.: Three Roofs Formed by the Surfaces of Translation and Having Negative Gaussian Curvature. — Paper presented at the Symposium on Problems of Interdependence of Design and Construction of Large-span Shells for Industrial and Civic Buildings. Leningrad, 1966.
- [5] Eras, G.—Elze, H.: Berechnungsverfahren für vorgespannte, doppelt gekrümmte Seilnetzwerke. Bauplanung-Bautechnik, 15. (1961). H. 7. 349—354.
- [6] Inzenyrské stavby, 11. (1963). 2. 41—46.
- [7] Inżynieria i budownictwo, 1969/8—9. 372. old.
- [8] Ipari Építészeti Szemle (Az Iparterv közleményei). 17. sz. 1959. 73. old.
- [9] Jawerth, D.: Das Eisstadion Stockholm-Johanneshov. Technologie, Statik, Dynamik und Bauausführung. Stahlbau 35. (1966). H. 3. 86.
- [10] Jawerth, D.: Discussion. Mint [2], 108—109. old.
- [11] Kollár L.—Köröndi L.: Függőtétők tervezése és gyakorlati számítása. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1966.
- [12] Kuś, S.: Konstruktionslösungen von Hängedächern in Polen. Bauplanung — Bautechnik, 18. (1964). H. 9. 435.
- [13] Laul, K.—Kulbach, V.: Concert Shell in Tallin. Mint [4].
- [14] Leonhardt, F.—Egger, H.—Haug, E.: Der deutsche Pavillon auf der Expo '67 Montreal — eine vorgespannte Seilnetzkonstruktion. Stahlbau, 37. (1968). H. 4. 97. — H. 5. 138.
- [15] Műszaki Tervezés (ÉM), 1963. 4. sz. 36—38. old.
- [16] Otto, Frei: Das hängende Dach. Berlin, Bauwelt-Verlag, 1954.
- [17] Pozemni stavby, 11 (1963) 8. 417—420.
- [18] Roller B.: Merevített függőhálók számítása. Az ÉKME Tudományos Közleményei, XI. köt. 3—4. sz. 271—287. (1965).
- [19] Sanchez-Arcas, M.: Form und Bauweise der Schalen. Verlag für Bauwesen, Berlin, 1961.
- [20] Siegel, C.: A modern építészet szerkezetformái. Műszaki Kiadó, Budapest, 1969.
- [21] Stahlbau, 27. (1958). H. 4. 98—103.
- [22] Szabó J.: A térbeli tartórács egyenlete. ÉTI Tudományos Közlemények, 34. sz. Budapest 1964.
- [23] Szmodits K.: Függesztett tetőszerkezetek méretezési eljárásai. ÉTI Tudományos Közlemények, 14. sz. (1959).
- [24] Tsuboi, Y.—Kawaguchi, M.: Probleme beim Entwurf einer Hängedachkonstruktion anhand des Beispiels der Schwimmhalle für die Olympischen Spiele 1964 in Tokio. Stahlbau, 35. (1966). H. 3. 65—85.
- [25] Vasilyev, V. S. etc.: Saddle-shaped Hanging Cover for Auditorium. Mint [4].
- [26] Zetlin, L.: Elimination of Flutter in Suspension Roofs. Mint [2].

Engedjék meg, hogy a mai megtisztelő alkalommal oly kérdésekről szólhassak, amelyek jelenleg hivatásunk gyakorlásában időszerűek.

Mindenekelőtt megfelelő tanulságok levonása céljából rövid áttekintést szeretnék nyújtani az elmúlt cca. száz esztendő alatt bekövetkezett építőművészi fordulatokról.

Mindnyájunk előtt ismereteseek e század építőművészi felfogásainak kaleidoszkópszerű változásai, amelyek során oly sokfajta irányzat váltotta fel egymást, sok szöges átfordulással, sőt ellentmondással.

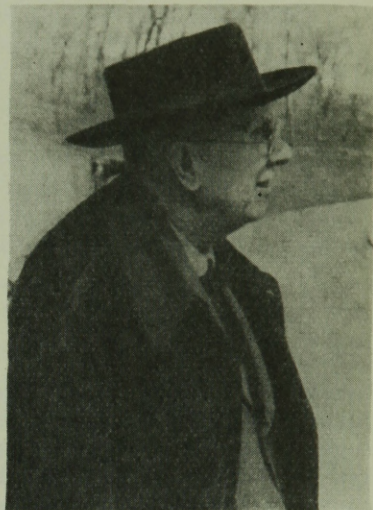
A múlt század második felében a történelmi formákat felhasználó eklektizmust a századfordulóban az ellenhatásaképpen előállott egyéni formákat alakító *szeccsszió* váltja fel, (a „Jugendstil”), majd lehiggadása során a történelmi formáknak a szeccsszióval kevert egyéni kezelése („modern román”, „modern barokk”). Ezt követték a *nemzeties* építészeti megteremtésre irányuló törekvések különféle útjai, így a szeccsszióban az egyéni formáknak magyaros és keleties díszítő elemekkel való helyettesítésével, azután a népies építészeti romantikus légkörének megteremtésével. Az I. világháborút megelőző években Európa-szerte visszakanyarodás történt a múlt század elejei *újklasszicizmushoz*. („Um 1800”), a háború után pedig a *barokk* formákhoz („neo-barokk”). Belejátszott mindezekbe a vasbetonszerkezetek megjelenése, és ennek révén életre kapott a *konstruktív gondolkodási mód*, amely lassanként beleszövődött az összes irányzatokba. Eleinte egyeztetésre törekedett a dekoratív elemekkel, majd azok lehántásával fokozatosan eluralta az épületet úgy külsőben, mint belsőben. Ezáltal jelentős tisztulást eredményezett, és a széles külföldön való elterjedése révén nemzetközi jelleget teremtett. A legújabb törekvések irányát, amelyek között ma is élünk, jelzik a rendeltetés maradéktalan és világos kielégítése, felhasználva az építőanyagbeli és szerkezeti fejlődés adta lehetőségeket, valamint a tökéletesedett technikai eszközöket.

Hogy ezekkel az irányváltoztatásokkal együttjárt a külső formai kifejezőmódok sokszínűsége és sűrű változása — amiben nem lebecsülendő szerepet játszottak az időnként felszínre került esztétikai elméletek —, az magától értetődő, a baj csak abból keletkezik, ha az épületek értékelésénél nem azok gyakorlati és művészi tartalmának minősége kerül döntő súlyként a mérlegre, hanem az, hogy minő formákba öltöztette be az épületet a keletkezéskor fennállott építőművészeti felfogás.

Ez a tény sok igazságtalanságot termelt ki, és pedig úgy pozitív, mint negatív értelemben. Sok gyarló épületet emelt már a napi kritika magas szintre azért, mert a legújabb formákat mutatja be, sokszor kirakatszerűen, és ugyancsak pálcát tört értelmes, átgondolt építmények felett csak azért, mert tartózkodó magatartásukkal félreálltak a divat áramlatai elől. Hogy az idő mennyire helyesbíti a pillanatnyi felfogások szülte téves ítéleteket, igazolja, hogy több évtized elteltével, már ma is egészen más szemmel látjuk a nem is oly távoli múltban figyelemre sem érdemesített, vagy legalábbis kéllőleg nem méltányolt épületeket.

Azon ma már túl vagyunk, hogy az eklektikus kornak Magyarországon is fennálló és európai viszonylatban is kimagasló színvonalú épületei részére kijáró tiszteletre fel kellene hívni a figyelmet.

Nem fordulunk már el, mint 50 évvel ezelőtt, a szeccssziós homlokzatoktól sem, amelyek stílusát a régebbi közvélemény és irodalom, mint „szerencsétlen irányzatot” könyvelt el, és a bécsi Otto



* Id. dr. Kotsis Iván építészmérnök, nyug. műegyetemi tanár előadása, mely f. é. január hó 24-én a Műszaki Egyetem Építészmérnöki Kara és annak meghívott vendégei előtt a gyémánt diploma átvétele alkalmával hangzott el, az Egyetem dékánja üdvözlő szavai után.

Wagner, a német Olbrich, és a Josef Hoffmann és a Wiener Werkstätte alkotásait művészi szempontból is, és a rákövetkező időkre gyakorolt jótékony hatásai miatt is magasra értékeljük. Úgynevezett „szerencsétlen irányzatok” ugyanis nincsenek, csak rossz építések vannak, akik az ún. szerencsés korszakban sem tudnak jó épületeket tervezni. Lechner Ödön magyaros és keleti díszítő elemeket beépítő szecessziós homlokzatain megérezzük a vérbeli architektikus oroszlánkörmeit; értékeljük Pecz Samu művészi biztonsággal kezelt középkori keretekkel kísért boltozatos, vas- és vasbeton konstrukcióit. Szeretjük Koós Károly, Tátrai, Árkay, Zrumetzky, Medgyaszay, Jánszky, Szivessy népies hangulatot egyéni művésztük szűrőjén keresztül nyújtó romantikus műveit, és ugyancsak magasra értékeljük a formai tekintetben korukat messze megelőző, és ma is frissen ható épületeit a század elejei évekből Lajta Béla, Málnai Béla, Kozma Lajosnak és társainak.

Egy épület értékállóságához kétféle kellék kielégítése szükséges, egy *gyakorlati* és egy *esztétikai*. Az elsőhöz tartozik a tisztaság az alapelrendezésben, lelkiismeretesség a szerkezetben, és értelmesség az anyagok felhasználásában, az utóbbihoz pedig az őszinteség, szépség és harmónia a kifejezésmódban. Ezek a gyakorlatilag és esztétikailag megalapozott értékek teszik az épületeket marandóvá, függetlenül attól, hogy keletkezésükkor fennállott felfogás *mi-féle formákba öltöztette őket*, mert vérbeli kvalitásaik immunissá teszik őket az idők forgató és mulandó felfogásbeli változásaival szemben. Irányzatok mennek és irányzatok jönnek; az igazi építőművészet azonban egyformán keresztüldolgozza magát azokon.

Mármost az elmondottakból egy következtetést kell levonnunk. Ahhoz, hogy igazságosan állapítsák meg egy épület értékét, nem kell bevárnunk a jövő generációnak nagyobb áttekintéssel és magasabb szinten megformált ítéletét, hanem már mi is tegyük magunkat túl a pillanatnyilag uralkodó ízlésbeli felfogás sokszor sajnálatosan döntő befolyásán, és lássuk meg az épület művészi és gyakorlati tartalmát, mert így tárgyilagosabb ítéletre jutunk el, amellet kirekesztjük az egymás iránti türelmetlenséget, ami főként a kartársak által vallott építőművészi felfogások különbözőségéből ered. Ismeretes mondás, hogy „minden út Rómába vezet”. Ez ide is érvényes, azzal az átszövegezéssel, hogy minden igaz és meggyőződéses törekvés, bármely úton is haladjon, az igazi művészi eredményhez vezet. Elismeréssel kell lennünk a múltak jó műveiért, akiknek formanyelvét *már* nem értjük meg, és ugyanakkor megértéssel kell viseltetnünk a fiatal generáció törekvéseivel szemben, akiknek nyelvezetét talán *még* nem értjük meg.

Az épületek értékelésénél közbelép egy tényező: a *korszerűség* kezdése, amelyet azelőtt a „modern” kifejezéssel illettek.

Nézzük meg, hogyan folyik bele ez a tényező az épületek minősítésébe?

Egy épületnek két mérhető tulajdonsága van: a *gyakorlati* és a *művészi*. E kettőnél a korszerűség eltérően mutatkozik: a gyakorlati vonatkozásban van, sőt dominál a korszerűség, a művésziiben egyáltalában nem merül fel.

Az építészet gyakorlati területén a korszerűség kérdése elég egyértelműen tisztázható; ha u. i. különféle rendeltetésű épületek gyakorlati követelményeit logikus alapelrendezéssel, gazdaságosan, helyesen megválasztott anyagokkal és szerkezetekkel oldjuk meg, elsődleg mindenben a mai korban rendelkezésre álló, legjobb műszaki lehetőségeket felhasználva, akkor az épület gyakorlatilag korszerű lesz.

Ahogy egy lokomotívról, egy hídról vagy egy fényképezőgépről meg lehet állapítani, hogy az korszerű-e, ugyanúgy lehet az épületről is. Magától értetődő, hogy nem a formák tesznek egy épületet korszerűvé, hanem a tartalma; ha egy ház lapostetejű, és nagy üvegfelületei vannak, attól még nem korszerű.

A korszerűség mindig csak *mai* érvénnyel értelmezhető, mert arról csak gyakorlati, vagyis technikai vonatkozásban lehet szó, és éppen ezért mint mindenfajta technikai alakzat esetében, itt is fennáll



a *fejlődés* lehetősége. Ezzel pedig éppoly sajnálatos, mint elkerülhetetlen módon együttjár az *avulás* ténye. Minden technikai alakítás amely a múltban korszerű volt, ma alkalmasint elavult, és ami ma korszerű, az a jövőben minden valószínűség szerint el fog avulni.

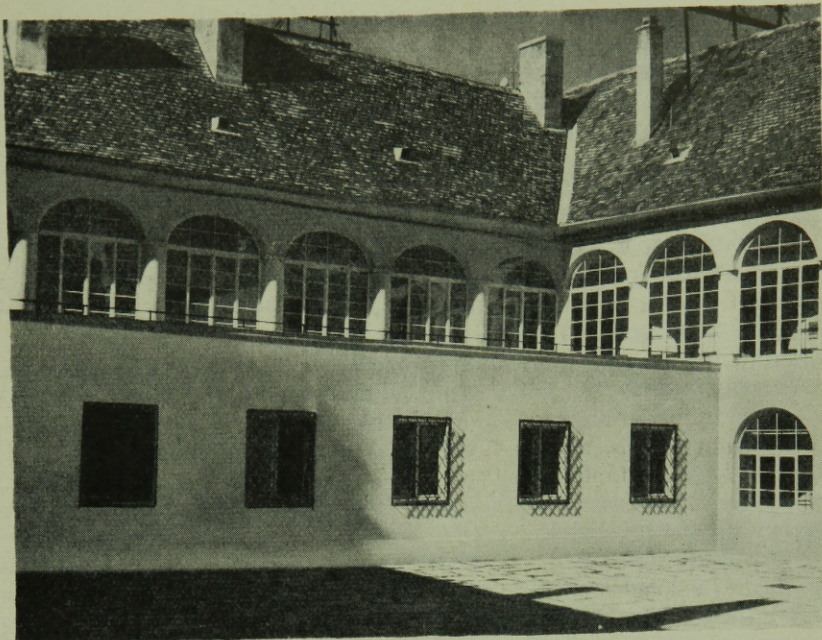
Meg kell jegyezni, hogy az épületeken a gyakorlati korszerűséget a technika rohamos fejlődése következtében mind nehezebb lesz biztosítani; számos esetben egy helyesen tervezett épület, mire felépül, máris korszerűtlen. Itt példákat a helyszűke miatt nehéz lenne elsorolni; csak egyet említek. Az áruház első formájában eklektikus homlokzatú volt, reneszánsz formákkal (a berlini régi Wertheim áruház); utána a jobb megvilágíthatóság miatt a gótikus templom oldalhomlokzatával képezték ki (Messel: Titz áruház régi szárnya); utána erős függélyes pillértagozással szecessziós formákkal jobban megnyitották (Olbrich Titz áruháza Essenben); majd vízszintes irányban, a mennyezetekkel párhuzamosan készítettek végigmenő ablaksávokat (Schoken áruház, Chemnitz); majd Dudok a rotterdami Bijenkorfnál a tökéletes bevilágítás végett teljes üvegfalú homlokzatot készített; míg végre ennyi kísérletezés után eljutottak oda, hogy legújabbán az állandó klíma és egyforma világítás miatt *egyáltalában nem készítenek ablakot*, hanem mesterséges világítást és szellőzést rendeznek be!

Másként áll a helyzet az építés másik komponensénél: a *művészetinél*. Itt korszerűség nincs, tehát fejlődés sincs, viszont avulás sincs. Művészet egy épületben vagy *van*, vagy *nincs*, de se nem fejlődhet, se el nem avulhat. Úgynevezett „korszerű szépség” nincs, „csak” szépség van.

A görög szentélyek több ezer, és a gót katedrálisok több száz éves koruk dacára ma is változatlanul tartják értékeiket, ugyanakkor Stephenson cca 200 éves első gőzgépe, avagy Blériot körülbelül 50 éves első repülőgépe ma már, ha felbecsülhetetlen mértékű, de mégiscsak muzeális értéket jelent, ami természetesen mit sem von le az illető technikai találmány horderejének értékéből az emberi civilizáció fejlődése terén.

Az építőművészetre mondtak természetesen fokozottan érvényesek a társaképzőművészetre és a szépművészetre is, amelyek tisztán művészi jellegűek minden technikai árnyalat nélkül; azoknak termékei időről időre *változnak*, de nem fejlődnek. A mai szobrászat nem múlja felül a görög szobrászatot, a drámairodalom Shakespeare-t és a zeneirodalom Beethovent; nem fejlődött, csak változott.

Összefoglalva tehát az elmondottakat: az építészetben a korszerűség csak gyakorlati vonatkozásban állapítható meg, és pedig teljes szabotossággal; művészeti vonatkozásban azonban a korszerűség kérdését nem lehet felvetni, mert a művészi szépség nincs korhoz kötve. A múltból származó épületek zöme ma gyakorlatilag korszerűtlen, viszont művészi értékük nemcsak hogy nem csökkent, de az idők múl-



tával mindinkább emelkedett; ezzel szemben kétséges, hogy több, mai korban készült épületünk kiváló gyakorlati korszerűsége dacára művészileg maradandó értékű lesz-e?

A korszerűség egymagában nem teszi az épületet idő- és értékállóvá; ehhez az kell, hogy egyúttal *építőművészet* is legyen benne.

Áttérve most a jelenkori építészetre azt köztudomásúan eluralja a *gyakorlatiasság* és a *technika*, mint ahogy az technikai fejlődés jellemezte korunkban nem is képzelhető el másképpen.

A *gyakorlatiasság* igényét magaután vonta az épületek rendeltetésének a régebbiekhez viszonyított megsokasodása, specializálódása, valamint az igényeknek az azelőttiekhez képest minden téren való felfokozódása. Ezek kielégítésére szolgál a második tényezőnek, a *technikának* a hatalmas felfejlődése, a szerkezeti és statikai ismeretek kibővülése, amelyeknek révén megoldhatatlan feladat ma már úgyszólván nincs. Belejátszik ezekbe a gyors és tömegtermelés igénye, amely a fokozott iparosodás, standardizálás, előregyártás, házgyári úton való előkészítés révén kíván kielégülni.

Az új elgondolások és szerkezetek csábító ereje kétségtelenül nagy abban az irányban, hogy félretéve minden, a múlt romantikájából örökölt esztétikai irányelveket vagy hagyományos nosztalgiát, teljesen átengedjük magunkat a szerkezetek által lehetővé tett gyakorlati megoldásokból kiadódó alakzatoknak, a maguk sterilitásában, talán matematikainak mondható szabatosságában, sőt olykor hidegségében, és *ebben* lássák a mai építészet fő jellemvonását. Csábító erő van ebben azért is, mert a tisztára technikai síkon való megoldások kétségtelen rendet és nyugalmat teremtenek, amivel kielégíteni vélük a korszerű megoldás igényeit.

Érzésem szerint ezek a minden szubjektivitást kirekesztő, tisztán mechanikus megoldások lassanként felfognak oldódni. Amíg ma, a technikai fejlődés forratagában nem jutott erő és idő a humanisztikus életformákra, úgy egy idő múlva óhatatlanul előtérbe fog kerülni az *egyéni elmélyülő művészi gondolkodás igénye*, amely az eddig kidolgozott műszakilag és gyakorlatilag tökéletesített megoldásokba újból melegséget fog önteni, és életörömet fog árasztani a technikai vívmányokkal telített emberiségre.

A jelek szerint ez a vágyakozás máris érezteti a hatását a mindennapi gyakorlatban is, ahol már nem elégszünk meg a technikailag haladott és gyakorlatilag kielégítő megoldások hideg korrektségével, hanem keressük épületeinken a melegséget és harmóniát, természetesen mai eszközökkel, mint ahogy azt minden kor is a saját eszközeivel tette.

Hogy csak néhány közelfekvő példát említsek, ma már kezdik a jóideig egyedül possibleknek tartott vízszintes sávokban végigmenő raszteres szalagablakok túlzott alkalmazását egyhangúnak tartani, megjegyezve, hogy bizonyos esetben azok indokoltak és ott helyén valók is, de sok esetben csak mesterkélt formalizmusból alkalmazzák azokat. Avagy félünk a nagy lakóházkomplexumok falanszterszerű jellegétől, amely utóbbinak enyhítését az építészeti közvélemény és a napisajtó egyaránt szorgalmazza, és igyekszünk ezek rideg voltát változatos beépítési módokkal, kellemes tömegcsoportosításokkal, színezéssel, a növényzet segítségével vételével, képzőművészeti alkotásokkal stb. csökkenteni. Sokszor fáj a környezetbe bele nem illő jelenléte egyes merev típusépületeknek, ami főként bántó, sokszor egyenesen megrontó egyes falusi képekben.

Van olyan felfogás, mely szerint az épületek ebből a szempontból két csoportra oszlanak: vannak egyrésztől tisztán technikai jellegűek, amelyek kizárólag gyakorlati célokat szolgálnak, amelyeket részben tömegtermeléssel állítanak elő, mint egyes gépeket, autókat, és vannak másrésztől olyanok, amelyeknél az egyéniség és a művészet kifejezésre jutnak.

Magam részéről nem osztom azt a felfogást, mert mindenfajta épületbe be lehet hozni az artisztikumot, (csak rátermett építész kell hozzá), és esztétikussá lehet tenni anélkül, hogy rendeltetésének kielégítése károsodást szenvedne.

Erre számos bel- és külföldi példa áll rendelkezésünkre; a legjobb példák közé tartozik a mi Ipari Épülettervező Vállalatunk működése, amely ipari és gyárápület tervezései során tiszteletreméltóan magas-szintű építőművészetet hívott életre.

A szépségre való törekvések utat találtak már a tisztára mérnöki és szerkezeti alakításoknál is, aminek esztétikája ma már egész irodalmat ölel fel. A hidak, vas és vasbeton szerkezetek megjelenésében a gyakorlatiasság és statikai korrektség mellett az esztétikumot is keressük, amit ma már közismerten nem díszítő elemek ráapplikálásával érünk el, mint régebben; hanem a szerkezetileg kívánatos alakzatok tiszta és oly formában való megjelentetésével, amelyben konstruktív szépségük még ki lesz hangsúlyozva. Tanulságos példák erre a két világháború között épült német birodalmi autóutak, amelyeknek viaduktjait, áthidalásait Bonatz professzor esztétikai irányítása mellett számos építész munkatárs közreműködésével építették, sőt maguknak az útvonalak vezetésének a megtervezésénél a mérnökök mellett esztétikai tanácsadóképpen Alvin Seifert, a neves kertépítő működött tanácsadói minőségben, és a bevágások, támfalak, rézsűk szép kialakítását elősegítették, sőt ügyeltek az útvonalaknak a tájbeli adottságokhoz illeszkedő megoldására is. Zárásként kell megjegyezni, hogy ez a közös működés a mérnökök és építészek legmegértőbb összhangjában ment végbe.

Összefoglalva tehát: az épületeken, szerkezetekben és minden-nemű műszaki építményen egyformán kifejezésre kívánjuk juttatni a szépséget, és pedig olyan eszközökkel, amelyek a konstruktív jelenségek iránt fogékony mai szemek előtt különleges formai beavatkozások nélkül teszik a kiképzést széppé. Ilyen eszközök az egészséges tömegalakítások, kellemes arányok, szép ritmusok a tömör falfelületek és nyílások között, és mindez művészi összefogásban, harmónikus egységben és dallamban.

Ebben az értelmezésben a romantika — ha ezt annak nevezzük — nemcsak manapság helyénvaló, de meg is fog maradni, amíg emberek élni fognak, akik a melegség, szépség és dal után vágyakoznak.

Nem hallgathatunk el itt egy érdekes jelenséget, amelyet lehet, hogy éppen az imént említett, és a standardizált keretektől való menekvés kívánsága hívott életre. S ez az, hogy amikor a fejlődés iránya általában az eltömegesedés felé mutat, más oldalról ezzel homlokegyenest ellentétben álló teljes kötetlenség, az egyéni megnyilatkozásnak meglepően túlzott hangja csendül fel; egy „l'art pour l'art” kiszabadulás mindenfajta logikus és konstruktív kötöttség alól, a szertelenséggel való kacérkodás, egy újfajta szecesszió, ha nem is formailag, mint az 1900-as, de szerkezeteiben és részlet-

megoldásaiban. Tarkaság és szeszélyesség az anyagokban, szokatlan formálása az alaprajznak, meglepő tetőformák, eltúlzott és a mai klímának meg nem felelő ablakfelületekkel, szertelen részletformákkal stb. Mindezek a maguk összességében — eltekintve a nem is mindig rokonszenves megjelenési formáiktól — komplikált kivitelezésükkel költségesek és sok karbantartást igényelnek.

Amidőn a túlzottan elsematizált épületekkel szemben azok feloldódását, és az egyéniség térfoglalását óhajtjuk, ugyanakkor és ugyanolyan igyekezettel távol kívánjuk tartani az ellenpóluson álló, és mind esztétikailag, mind gyakorlatilag egyaránt indokolatlan kilengéseket.

Helyénvalónak látom, hogy itt, a szertelenségek elleni fellépésről szólva, néhány mondatban megemlékezzem az *egyszerűségről* az építés területén. Ezt egy régi mottóval kell kezdenem:

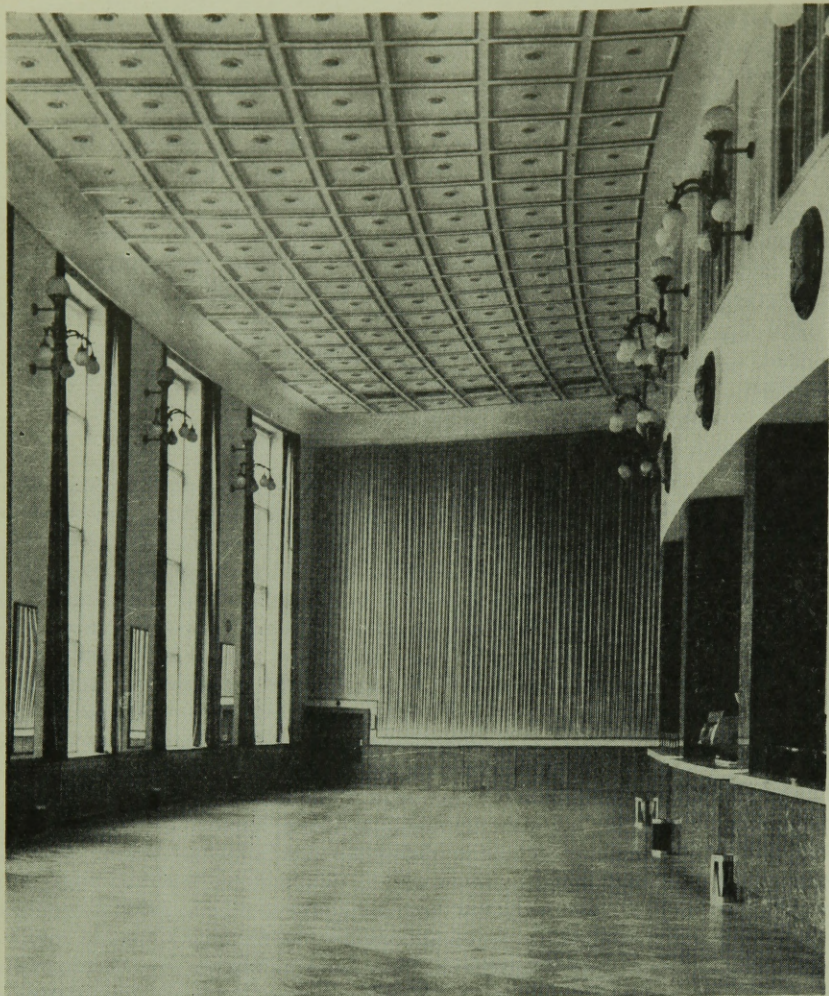
„Egyszerűség az igazság kapuja”

Amikor egy terv a megoldás során érik, akkor egyúttal egyszerűsödik is; egy terv akkor érkezik el a megérett állapothoz, ha az tovább már nem egyszerűsíthető. Sajnos ezt a tényt sokszor nem veszik figyelembe, és ha egy egyszerű terv kerül terítékre — itt főleg alapelrendezésbeli és koncepcionális vonatkozásokról van szó — azt hiszik, hogy azért egyszerű, mert a tervező keveset gondolkozott rajta, holott éppen az ellenkezője igaz; a komplikált terv mutatja a kellő átgondolás hiányát; a komplikált elrendezésű terv az éretlen és az egyszerű az érett. Ez a tény a társzművészetekben és az irodalomban is érvényes. Beethoven a Fideliohoz három Leonora-nyitányt írt; a legmagvasabb, a legmeggyőzőbb, a legegyszerűbb a harmadik; az első kettőt általában nem is játsszák. Bartók írja, hogy mennél érettebb lesz az ember, annál inkább felmerül benne a kívánság, hogy eszközeivel takarékoskodjék. A közmondás nem lehet sem bonyolult, sem hosszú, mert akkor nehezen jegyezhető meg, és unalmassá válik; csak akkor van súlya, ha egyszerű és rövid. Tolsztoj írta, hogy „*egy* jelző több, mint *két* jelző”. Az egyszerű beszéd megnyugtató, a bonyolult felidegesítő. Goethe írja, hogy „ha valakinek mondanivalója van számomra, annak egyszerűnek és világosnak kell lennie, mert problematikusból van bennem magamban is elég.” Mindenki tapasztalta, hogy bárminő tárgyú szövegezése első fogalmazásban terjengős és, csak többszöri átdolgozás után egyszerűsödik le, és érik meg. A tervek egyszerűsödését úgy alaprajzban, mint felépítményben csak szívós munkával lehet elérni; többször félretenni, és friss szemekkel újra, meg újra átdolgozni úgy, hogy semmi letörölni való sallang ne maradjon rajta.

A leegyszerűsített terv gazdaságilag is és gyakorlatilag is előnyös. A komplikált terv megépítési és karbantartási költségei magasabbak, üzemeltetése pedig körülményesebb, mint egy egyszerű és tiszta áttekinthetőségű épületé. A zavaros elrendezésű alaprajzok helyiségeiben a közlekedés, munka és tájékozódás tudat alatt fárasztóak, míg egy egyszerű és világos alapelrendezésű épületben könnyebb. Ez utóbbi tekintetében a helyzet ugyanaz, mint kisebb léptékben a szobaberendezéseknél: bonyolult és túlszűfolt bútorokkal berendezett szobában fizikailag is, és pszichológiailag is fárasztó a tartózkodás, míg egyszerű, világos elrendezésű és kevés bútorral berendezett helyiségben pihentető.

Az esztétikai szépség elvei és tartozékai, amelyekről az imént szóltam, minden korban azonosak voltak, csak a kifejezőmódok változtak. Ezért az építészeti szépség megismerésére és eltanulására nyugodtan fordulhatunk a *történelmi múlt*hoz, amely nemcsak tárháza a megragadó építészeti szépségeknek, de legjobb iskolája az ízlésnek. A nevelés alatt itt az ízlésfejlesztést, és esztétikai fegyelmezést értem; az első megéretteti és megszeretteti velünk az architektonikus szépségeket, az utóbbi megóv a szertelenségektől.

Én itt most nem a műemlékeknek *régészeti* szempontból való tanulmányozásáról szólok, ami a művészettörténeti és archeológiai kutatások keretébe tartozik, és természetesen kiegészítője az építészeti kultúrának, hanem a történelmi korú épületek esztétikai érté-



keiről, architektonikus koncepcióiról, valamint részletformáinak kifejezésbeli finomságairól, mely tulajdonságok minket, mint alkotó építészeket ragadnak meg és inspirálnak. Hogy ez a rezonancia, amit ezek bennünk keltenek, azután minő formában jut idővel a mi munkáinkban kifejezésre, az lényegtelen: koronként és felfogásonként változó. A tény az, hogy mint mondtam, ösztönzést, iskolázást és fegyelmezettséget szűrtünk le belőlük.

Más dolog azután az, hogy a régiség, a patina, történelmi illúziók az építészeti szépségeken *felül* még közelebb hozzák ezeket az épületeket, és sokféle színben tartják élénk, amely színekben azután a laikus nagyközönség előtt is élménynek hatnak, és megkapó látványként szemlélik; nekünk építészeknek azonban elsősorban az *építészeti alkotást* kell bennük látnunk, megértenünk, és felmérnünk, mert hiszen mi ennek az alkotó tevékenységnek vagyunk a folyótói és örökösei.

Az anatóliai tengerpart sziklás platóján álló, avagy a segestei enyhe dombok öbléből kicsendülő görög templomoknál a 3000 éves koruknál fogva kijáró tisztelet mellett minket, alkotó építészeket nem kevésbé kell megragadnia a forma és aránybeli szépségeiknek, valamint annak a művészi megérzésnek, amely azokat a környezetükbe oly csodálatos harmónia keretében beleillesztette.

Már az eddigiek során is több ízben szóltunk a harmónia megteremtéséről és megóvásáról a tervezések során. Ennek a harmóniára való törekvésnek ki kell terjednie az épületegyedeken túlmenően a nagyobb egységekre, épületesoporra, utcákra, terekre, és mindenfajta városképegyüttesre. Ezen a munkaterületen jelenleg egy újabb nehézséggel kell megküzdenuk.

Az újabb épületeknek a meglevő régiekhez való csatlakozásánál formai vagy stílusbeli eltérésekből nem keletkeznek szükségképpen

zavarok, mert újabb felfogású homlokzatok kellő tapintattal jól beilleszthetők a régiek soraiba, feltéve, hogy ezek az újak önmagukban is jók. Szép homlokzatok egymásmellé állítva ugyanis sohasem képeznek rossz együttest, mert azokat a formai különbözőségeken felül összeköti a mindegyiken egyformán meglevő művészi alkat egységessége, amire a történeti múltból számos közismert példa maradt fenn. Gondoljunk csak a velencei S. Márk térre, avagy számos középkori olasz városka főtereire, ahol a gót katedrális mellett reneszansz városháza és barokk paloták állnak.

A mai nehézségek nem *itt* vannak, hanem az újabb épületek tömegbeli, szabatosabban *magasságbeli* megnövekedésében, ami a városképekben a meglevőkhöz képest *léptékátállítódást* eredményez, és pillanatnyilag kétségtelenül zavart okoz.

Budapesten az 1830-as években a Hildék idejében a városmag léptéke a 2—3 emelet volt. Így épült ki a belváros, amelynek egyes épületei helyenként még fennállanak, és amelyek környezetében a Nemzeti Múzeum tömege érthetően dominálni tudott. Az 1867-es kiegyezés után megindult a főváros rohamos kiépülése, és eme félszázados építkezés alatt az azelőtti 2—3 emeletes mérték átállítódott 4—5 emeletre; tehát léptékmegemelés történt az azelőtti Hild-féléhez képest. Kétségtelen, hogy a maga idejében ez is hasonló meglepetést keltett, mint nekünk a mai; de akkor az ott várható zavart enyhítette az a szerencsés körülmény, hogy az akkor nagyfokú építő tevékenység során néhány évtized alatt az összes belsőségek átépültek erre a magasabb léptékre. Így a Belváros, a 2 körút, a Sugárút (a jelenlegi Népköztársaság útja) úgy, hogy a városbelsőben újból egy jóleső egyöntetűség alakult ki.

Most előttünk áll a városok egy újabb léptékmegemelése a *magasházakkal*. A városoknak világszerte beállott népesedése közben a telkek intenzív kihasználásának kényszere maga után vonta az épületek megmagasodását akár lakások, akár munkahelyek számára. Ezzel szemben az ellenállás meddő törekvés lenne, még akkor is, ha emlékeink és megszokott városképeink utáni érthető ragaszkodás fájlalna is ezek átalakulását, illetve eltűnését. Ez a nosztalgia érthető főként ma, amikor éppen benne vagyunk abban az átmenetben és nem látjuk az új városképek kialakulását, hanem egy pillanatnyilag sokszor bizonyos zavaros és léptékben megbomlott együttest. Főképpen feltűnő ez vidéki városainkban, ahol ez a léptékdifferencia még nagyobb, és az ebből adódó diszharmonia még bántóbb.

A mi részünkről a teendő egyedül az lehet, hogy a magas házak építésével szembeni reménytelen elvi ellenállás helyett odahassunk, hogy a magas beépítések helyett az összképre is figyelemmel állapítsuk meg, hiszen a magasház kérdése legalábbis annyira városépítési, mint telekbeépítési téma. Oda, úgy és akkorára építsük azokat, hogy a környezet összképét ne rontsák le még a jelenlegi, esetleg átmeneti időben se, hanem összhangban álló együttest alkossanak.

A magasházak elhelyezésénél éppúgy, mint mindenfajta városrendezési tervezésnél egyaránt indokolt a messzebbre látó tervezés, vagyis, hogy ne csak a mának tervezzünk, de holnapra is gondoljunk. Viszont ne indítsunk meg olyan beépítési programokat, amelyek megvalósítva kiválóak, de kivitelük nagy terjedelmük és a megvalósítás szemmel látható akadályai miatt a bizonytalan jövőbe tolódnak ki.

Ezt nem azért tartom aggályosnak, mintha a történelmi időbeli szemléletnek nem lenne türelme — akár több generáción keresztül — kívánni egy koncepciózus elgondolás megvalósulását, hanem azért, mert a felfogások a hosszabb periódusok folyamán sokszor megváltoznak, úgy, hogy a nagyszabásúnak tervezett elgondolás első ütemének megvalósulása után az eredeti alapkonceptiót megváltoztatják, és új elrendezési gondolat jut előtérbe, amely most már kényszerből és jól-rosszul, de más szellemben folytatja az első ütemben megépült részeket, ami zavaros együttest hozhat létre. Ha ez az átváltás a megvalósulás hosszúra nyúló folyamán azután többször megismétlődik, akkor végeredményben az első, nagy koncepció

átgondolt együttese véglegesen elködösödik és helyette egy áttekinthetetlen zavaros létesítmény áll elő.

Tehát csak akkor programot indítsunk meg, amelynek megépítésére a reális helyzet, körülmények és belátható idő lehetőséget nyújtanak.

Az előzőekben érintettük az utcaképek harmóniájának a kérdését. Legyen szabad itt egy kevésbé figyelemre méltatott, de szerény véleményem szerint éppen ebben a tekintetben fontos teendőre felhívnom a figyelmet.

A városok fejlődése során napirenden van a meglevő régebbi épületek átépítése, átalakítása, kiegészítése, hozzáépítése, és főleg emelétráépítése. Az ezek folyamán előálló homlokzati átalakulások érzékenyen érintik a városok, illetve utcák képeit, miért is ily műveleteknél gondos építész megfontolások szükségesek. Ide most nem vonjuk be a műemléki homlokzatok kérdését, amelyeket ily vonatkozásban a műemléki hatóságok gondolnak. A fontos az, hogy az újonnan keletkezett homlokzatrész a meglevővel együtt *egységes és befejezett* összképet adjon. Hogy ne legyen észrevehető a törés a régi és az új között, hogy az új résznek ne legyen a régitől eltérő jellege, hanem építészetileg olvadjon abba bele úgy, mintha azzal együtt épült volna.

Azt az általános és helyesnek tartott elméletet, hogy minden kiképzés mutassa meg a maga korát, jelen esetben csak óvatosan lehet alkalmazni, mert annak nyers és rideg keresztülvitele zavaros együtteseket eredményezhet, amit számos sajnálatos példa igazol. Főként óvnunk kell a sok jó eklektikus homlokzatot a túlzottan elütő hozzá- és ráépítésektől, valamint átalakításoktól, amelyeknél az eklektikus kiképzést vagy legalábbis a jelleget talán lecsendesített hangnemben, de folytatnunk kell. Senkire se hárult még lekicsinylés azért, hogy ily esetben a meglevő épületet követő, akár eklektikus szellemben is tervezett, feltéve, hogy értett annak formanyelvezetéhez.

Össze kell kapcsolnunk ezt a most említett munkakört egy másik tervezői területtel: a régi homlokzatok tatarozásával, ami az előzőhöz hasonlóan sajnálatosan kevés figyelemben részesült. Városaink nagy része a múlt század második felében épült ki, és az e körből származó homlokzatok mostanság érthetően tatarozásra szorulnak, aminek helyes végrehajtásához a legtöbb esetben nagyon kíváncsú tervező építész bevonása. E tekintetben a következő esetek foroghatnak fenn:

1. Ha a homlokzat jó, akkor a tatarozás során meg kell annak architektúráját változatlanul tartani. Ide tartoznak főként az eklektikus homlokzatok, amelyek, ha egyenként nem is kiemelkedő építőművészeti értékűek, de tartózkodó mivoltukban jól beleilleszkednek az utcaképekbe. Természetesen érvényes ez az eklekticizmus utáni, jelen századbeli bárminő irányzatú jó homlokzatokra is, a stílusoktól függetlenül.

2. Ha a homlokzat rossz, vagy legalábbis építészetileg nem kielégítő, akkor nem szabad betűszerinti tatarozás által a rossz kiképzés fogyatékoságának élettartamát meghosszabítani, hanem figyelembevéve az adottságait (nyílások, balkonok, rizalitok stb.) avatott kézzel át kell tervezni. A gyakori túltagolt architektúrát le kell csendesíteni, a túlsúlyolt tagozatokat és dekorációkat eltávolítani, és az egésznek nyugodtabb hangnemet adni. Ez az eset gyakori a túltagozott eklektikus homlokzatoknál, amelyekből ily áttervezés során, ha azok hozzáértő kezekből erednek, egészen kedvező homlokzatok alakíthatók, amelyek azok eklektikus eredetét nem tagadják meg, csak megtisztult alakban juttatják kifejezésre.

Fel kell a figyelmet hívni arra, hogy a rossz és túltagozott eklektikus homlokzatok tagozatainak gondolkodás nélküli teljes legyalulása és sima kialakítása, akár kölemezekkel burkolva is veszélyes lehet, ugyanis a teljesen sima és a mai korra jellegzetes homlokzathoz szorosan hozzátartozik a *homlokzatnak mai nyílás struktúrája*, amely lényegesen eltérő az eklektikus homlokzatok váltakozó rit-

musban elhelyezett, sőt eltérő formájú ablakaitól, valamint nehézséget okoznak az architektonikus rizalitok is, ki- és beugróik, amelyek a mai sima homlokzaton idegenek. Ily esetben első rátekinzésre kiderül, hogy az új köntös nem illik a vázra.

3. Vannak esetek, amikor a régi homlokzat teljes megújítása nemcsak lehetséges, de kívánatos is, ha a meglevő homlokzat nyílásainak alakja és arányai azt megengedik, ha az átalakítás gyökeres, és főleg, ha a hozzáépítés, vagy ráépítés terjedelmében *aránytalanul túlhaladja a régít*.

Hogy a 3 megoldás közül adott esetben melyik a helyénvaló, az építészeti tapintat kérdése.

A két világháború között Székesfehérvárott Schmidl Ferenc műegyetemi tanár úrral, akkori városi műszaki tanácsos kartársammal együtt számos ily munkát végeztünk, és legutóbb is felmerült a három fő utca összes homlokzatai esztétikai karbahelyezésének témája, amihez a felvételeket és terveket el is készítettem; az akció sajnos abbamaradt.

Méltóztassék megengedni, hogy utolsó fejezet gyanánt kitérhessek egy, az építészneveléssel összefüggő témára, nevezetesen az építőművész képzésnek sokat vitatott kérdésére. Állandóan napirenden tartott téma az, hogy mily mértékben lehet építőművészeket kiképezni, még szabatosabban: hogy vajon lehet-e építőművészetet egyáltalán tanítani.

A professzor urak és mindenki, aki építészoktatással foglalkozik, ugyanolyan jól tudják, mint szerény személyem, hogy az építésznövendékek művészi hajlamai egészen különbözőek. Vannak átlagos jó tehetségűek, akik idővel különféle fokban kifejlődnek, és vannak, akikben legalább is egyelőre, nem látjuk a művészi adottság nyomait, ami természetesen egyáltalán nem jelenti azt, hogy a tervező építész gyakorlat sokrétű ágazataiban ne tudnának hasznosan munkálkodni.

Meg kell itt mindjárt jegyezni, hogy ily megítélések során sokszor téves vélemények formálódnak, és az idők folyamán ezen a téren számos meglepetésnek voltunk már tanúi a múltban is, akár pozitív, akár negatív értelemben. Az ily előre szóló véleményezéseknél tehát felette óvatosan kell eljárunk.

Hogy a kérdésre helyesen felelhessünk, szükséges, hogy az építész tevékenység szélesebb területén megvizsgáljuk a szükséges művészi adalékmennyiséget, vagyis felmérjük, hogy a különféle tervezői munkálatoknál mily mértékű művészi bedolgozás szükséges.

Az építészet gyakorlati célokat elégít ki, tehát itt a kiképzésnek már a kiindulása is más, mint a „l'art pour l'art” művészeteknél, amelyeknek egyetlen célja a gyönyörködtetés. Az épület gyakorlati célját jó alapelrendezéssel, logikus szerkezetekkel, megfelelő anyagokkal, gazdaságosan kell kielégíteni és mindezt kívül-belül szép megjelenésben. Az épület tehát sok komponensből előálló termék, amelynek létrehozásában gyakorlati érzék, technikai felkészültség, és jó ízlés egyformán szükségesek. Mindezekre tehát rá *kell*, és rá is *lehet* nevelni mindenfajta építészhallgatót hajlamukra való tekintet nélkül, vagyis még akkor is, ha egyelőre nem mutatnak művészi készséget. A jó ízlésre a tervezésben éppúgy rá lehet nevelni bárkit, mint az ízléses öltözködésre és a jó modorra. Tehát a fő teendő, amely minden hallgató nevelésénél egyformán nélkülözhetetlen, elsősorban a logikus alapelrendezés, az épület üzemének kielégítése és a fegyelmezett részletmegoldások megtanítása, másodsorban, de az előzőekkel egyenlő mértékben a külső- és belső megjelenésben a tisztaságra, rendre és ízlésre való ránevelés, amelyekben fogva az épület esztétikailag kielégítő lesz, és a környezetben megnyugtató képet nyújt.

Ez a kétfajta beiskolázás minden külön rátermettségtől függetlenül mindenkinél teljesíthető, és annak eredményei megkövetelhetők.

Ami mármost a különleges műszaki adottságokkal rendelkező növendéket illeti, ezeknél a nevelés útja egyszerű és természetes, ezek az említett alapképzés mellett a művészi többletet fokozatosan bele

fogják munkáikba adni; hangsúlyozom itt az *alapképzést*; mint az építészeti gyakorlatban is, a kiindulás itt is mindig a helyes építési kompozíció megalkotásából történik, és a művészet annak folyamán *tudat alatt* fog a tervezetbe — hogy úgy mondjam — belépni annál a növendéknél és oly mértékben, akinél, és amily mértékben erre a rátermettsége megvan. Az ily növendékeket úgy kell kezelni, mint a különlegesen jó termésre alkalmas magot, melegágyba ültetni és gondosan kezelni, hogy kifejlődhessék; érlelő támogatással, tapintatos példamutatással és a szükséges művészi légkör megteremtésével az oktatók részéről.

Az ily növendékek tervezési munkáit inkább kísérni kell jóakaratú megértéssel, hogy a saját egyéniségükből fakadó irányzatuk kifejlődhessék, és gyümölcsöket hozzon. Ez a nevelés régen a képzőművészeti akadémiákon történt, vagy — mint pl. a bécsi műegyetemen — az oklevél megszerzése után a Mesteriskolán, ahol egy-egy kiemelkedő egyéniség vette gondozásba az ily növendékeket. Ez a kérdés tehát megoldottnak tekinthető, akár mesteriskolában, akár rátermett építész mellett konkrét tervezői gyakorlatban, ahol az élet és a praxis adja meg a fejlődés kereteit.

Komolyabb téma ennél a nagyobb tömegű, és már említett ún. *általagos adottságú* kategória kiképzése, amelyet rendkívül fontosnak tartok, és amely nehezebb és felelősségteljesebb feladat, mint a kiemelkedő tehetségeké. Számuk ú.is lényegesen nagyobb, mint az utóbbiaké, és így az épületek nagyobb tömegét is ők fogják tervezni: fontos tehát, hogy a technikai felkészültségen felül alapos ízlésbeli iskolázottsággal is rendelkezzenek, hogy esztétikus külsőket és belsőket alkossanak, hogy homlokzataik, amely nagyobb mennyiségük révén összességükben és végeredményben az utcaképeket fogják kialakítani, esztétikailag elfogadhatók, tiszták, csendesek és a környezethez harmónikusak legyenek. Úgy is lehet fogalmazni, hogy végső esetben a különleges művészi adottság hiányát szerénységgel párosult fegyelmezett ízléssel kell pótolniok. Ez a szükséglet egyébként is fennáll a városképek kialakítása során, amelyeknél nem kell minden egyes épületnél a feltűnő művészkedést mindenáron kiprovokálni, esetleg mesterséges eszközökkel, és nem kell az utcákat szegélyező minden egyes ház homlokzatán, amelyek összességükben a városképeket kiadják, ún. „egyéni művészkedést” bemutatni, mert ilyesformán egyrésztől kevesebb rossz homlokzat fog keletkezni, másrésztől a szerény és csendes alaphangú környezetből a közfigyelmet jogosan igénylő egy-két épület könnyen és erőlködés nélkül ki hangsúlyozható lesz.

Városképeinkben nem az a baj, hogy hiányzik mind enegyes épületről a művészet, — erre nincs is szükség — hanem az, hogy lépten-nyomon sok a bántó ízléstelenség, ami leggyakrabban éppen az egyéni művészkedők feltűnési vágyából ered. Ennek az ellenkezőjét találhatjuk meg a történelmi múltban, amelyeknek az utcaképeit, és a régi falvakban, amelyeknek a házsorait nem az ún. „művészek” emelték, hanem az ottani és akkori közszellem iratlanul is kötelező jó ízlése.

Ne túlozzuk el teljesítményeink értékét azzal, hogy azokat a kizárólagos és fenntartás nélküli művészetek kategóriájába soroljuk; ne is nevezzük magunkat építőművészeknek, legyünk csak *jó építészek*, ez is igen érdemes foglalkozás, és elismerő minősítés. Hogy azután épületeink művészi teljesítményűek lesznek-e, avagy sem, azt az utókor fogja megállapítani, függetlenül attól, hogy minek neveztük magunkat.

Legyen szabad végezetül néhány rövid szót ejtenem a tervező építész és a közönség kapcsolatáról, részben az általános szemlélet, részben saját tapasztalataim alapján.

Ez a kapcsolat nem kielégítő. Közönségünk nem értékeli a maga helyes mértéke szerint az építészeti kvalitásokat, és nem ítéli el kellőképpen a fogyatékosságokat. Sok jó igyekezetünk és eredményünk hullott terméketlen talajba a közönség meg nem értése következtében. Ez annál csodálatosabb, mert ugyanaz a közönségünk az irodalom, színművészet, zene, ének irányában közismerten világ-

viszonylatban is magas igényeket támaszt, és nagy megértést tanúsít ezeknek kiemelkedő, és sokszor csak mélyebb előképzettséggel megérthető termékeivel szemben is.

Mi építészek, jó igyekezetünkkel eléggé magunkra vagyunk hagyatva; valójában saját magunknak és egymásnak tervezünk; a közönség rezonálására alig számíthatunk. A tervező gyakorlatban működő kartársak nagyon jól tudjuk, hogy a közönség érdeklődése — tisztelet a kevés kivételnek — a technikai vonatkozásokra korlátozódik, a gyakorlatiasságra, tartósságra, a gazdaságosságra, és kevésbé, vagy alig mérhetően az építőművészet értékeire. Főként kevés elismerésre találnak a rejtett értékek, amelyek a felszín alatt húzódnak meg, ezzel szemben inkább fogékonyak az attraktív, feltűnő, pompázó jelenségekre, az újszerűségekre, és sajnos, sokszor a giccsre. Itt meg kell említenünk, hogy a régebbi időben a közönség értékjelző fogalma a „palota” elnevezés volt; ezzel fejezték ki a tettségüket és elismerésüket (igazságügyi palota, pénzügyi palota, bank-palota, palotaszálló, bérpalota). Ezt a szokást részben az eklekticizmus során épült történelmi stílusokban megszokott monumentális megjelenés nevelte is az emberekbe, és ez az elnevezés valójában nem az igazi építészeti érték felismerését jelentette. Ha ma ez a szokás alább is hagyott, helyette másfajta külsőségek ragadják meg a közönségünket: így kívül és belül feltűnő anyagok, újszerűség minden áron, rejtett, vagy neon csővilágítás, egzotikus részletek, ferdén vezetett lépcsőkarok, íves falak, bizonyos reklámszerűség, amelyeknek kevés közül van az igazi művészethez. Jó arányokkal épült, nemes egyszerűséggel tartózkodó és értelmes homlokzatokat és belsőket, amelyekben a művészet láрма nélkül húzódik meg, nehezen tudnak elismerni.

Nekünk építészeknek itt kétféle teendőnk van: *az egyik* a közönség nevelése — fárasztó munka, de meg kell tenni —, *a másik* a mi belső ügyünk: nem befolyásoltatni magunkat a nagyközönség téves véleményeitől, és figyelmen kívül hagyni azokat a társadalmi, vagy anyagi előnyöket, amelyeket a *népszerűség* közismerten nyújt, hanem ehelyett töretlenül követni a meggyőződésünket. Ez egyúttal a közönség nevelésének is egyik célravezető eszköze, mert a meggyőződéséhez ragaszkodó építész magatartása mindig megtalálja a hatását az építettőre, viszont ha mi az ő ízlésük érdekében feladjuk a magunk helyes törekvéseit, akkor nem várhatjuk, hogy a közönség engedjen a mi kedvünkért az ő helytelen építészeti elgondolásaiból.

Komoly, alapjában értékes, a divat mindenkori kilengéseitől mentes tervezői munka, és ennek révén a közönség nevelése legyenek a tervező építészek célkitűzései.

Erre a munkára adja meg a Műegyetem a jövőendő generáció részére a megalapozást. Szívből kívánjuk, hogy ez az alap tartós és szilárd legyen, hogy felépülhessen rajta az országnak a széles rétegeket is átfogó építőművészi kultúrája.

A gombaszerkezetek a szabályzati előírások tükrében

Dr. BÖLCSKEI ELEMÉR egyetemi tanár,
az MTA lev. tagja

1. Bevezetés

A gyakorlatban dolgozó mérnököknek már régebben feltűnt, hogy az egyes országok előírásai szerint számított gombaszerkezetek méretei között lényeges különbségek vannak. Jelen tanulmány célja ezek összevetése.* Az alábbiakban e vizsgálatokat és azok eredményeit kívánjuk röviden ismertetni. A kérdés különösen azért időszerű, mert a hazai előírások átdolgozása most van folyamatban.

A gombaszerkezet olyan kétirányban teherviselő vasbeton lemezszerkezet, mely a reá jutó — általában nagy intenzitású, egyenletesen megoszló — terheket közvetlenül, gerendák nélkül hárítja át a vele sarokmereven összekapcsolt oszlopokra.

A hagyományos gombaszerkezet — amint erre elnevezése is utal — az alátámasztó oszlop felső részének erőteljes kiszélesítésével, ún. gombafejjel készül. A kialakult típusokat az 1/a, b, c, ábra mutatja. Ugyanezen ábrán d. alatt az újabban alkalmazott, ún. fejnélküli gombaszerkezet látható.

A gombaszerkezetet már a vasbetonépítés első idején alkalmazták, és gyors elterjedése kis szerkezeti magasságának, borda nélküli megoldásának és viszonylag egyszerű kivitelezésének köszönhető.

Felhasználási területe a magasépítésben raktárak és üzemek nagy terhelésű födéme (2. ábra), a mélyépítésben híd pályák (3. ábra), víztárolók lemezei és alátámasztó szerkezetei.

2. Történeti áttekintés

A gombaszerkezet egyike a vasbetonépítés kis számú, valóban anyagszerű formáinak. A fejlődés menete mégis azt mutatta, hogy a konstruktőrök nehezen tudtak szakítani a bordával kialakított, hagyományos szerkezeti megoldásokkal.

A gombaszerkezet gondolata Amerikában már a múlt század 90-es éveiben felmerült, az első megbízható adat azonban O. W. Norcross 1901-ben benyújtott ilyen tárgyú szabadalma. A közhit az amerikai C. A. P. Turnernek tulajdonítja a szerkezet feltalálását, aki ugyancsak az USA-ban 1907-ben kapott szabadalmat. Érdekességként az eredeti szabadalom egyik rajzát a 4. ábrán bemutatjuk. Akárkié is volt azonban az elsőbbség, kétségtelen, hogy a szerkezet kifejlesztése és elterjesztése a Minneapolisen élő Turner érdeme. Közleménye a helyi kötöttárugyár háromszintes raktárának építéséről 1905-ben látott napvilágot.

Európában a gombaszerkezeteket kezdettől fogva jellegzetesen amerikai találmánynak tekintették. Amennyire a forrásokból megállapítható, elsőként 1908-ban a svájci R. Maillart tett kísérletet átvételükre, és cégének zürichi telepén kiterjedt vizsgálatokat végzett. A tapasztalatok hasznosítá-

sára első ízben 1910-ben, a Zürichi Raktározási Társaság giesshübeli tárházának építéskor került sor. Az egykori Monarchia területén gombaszerkezetek először az első világháború alatt épültek, Magyarországon pedig 1922-ben Karcagon. Szélesebbkörű alkalmazását a 30-as évek elején Enyedi Béla merész tervei tették lehetővé.

Az ún. fejnélküli gombaszerkezet gondolata a 30-as években felmerült, nagyobb mértékű használatára azonban csak az utóbbi két évtizedben került sor.

3. A vizsgált előírások áttekintése

Vizsgálatainkat elsősorban a két nagy ipari hatalom, az Egyesült Államok és a Szovjetunió előírásai alapján végeztük. Mindkét szabályzat a súlyt az elvi alapok mellett a gyakorlati tapasztalatra helyezi. Mindkét államban nagyszámú, 1:1 léptékű kísérletsorozatokat hajtottak végre, s előírásaik megalkotásánál ennek tapasztalatait vették figyelembe. Nem hagyhattuk figyelmen kívül a német DIN előírásokat sem, mert a magyar, gombafödémre vonatkozó szabályzatok a két háború között és az 50-es években is lényegében erre épültek. Vizsgálatainkat kiterjesztettük az Európai Betonbizottság közelmúltban készült ajánlásaira is, hisz ezeket ma Európa számos országában figyelembe veszik.

Vizsgálataink során e külföldi előírásokat hasonlítottuk össze a hazai gyakorlatban használt,

— 1953-ban megjelent MSZ 15 022-vel,

— 1961-ben megjelent IPARTERV házi szabvánnyal és

— 1968-ban megjelent MSZ 15 022/1 szabványtervezettel.

A szovjet SZNIP újabb előírásai kifejezetten a törési elméletre épülnek. A szélső mező igénybevételeinek meghatározásánál különbséget tesznek a megtámasztás módja szerint is. A teherbírás számítása során a vizsgálatokat

— egymásra merőleges egyes sávok egyedi törése,

— egymást keresztező sávok együttes törése és

— az oszlopok perforációja

szempontjából kell végrehajtani. Az előírások az oszlopok vizsgálatára is kiterjednek.

Az előírás kész képleteket ad meg, amelyek segítségével a gyakorlatban dolgozó tervező gyorsan és egyszerűen jut a megfelelő vasalásra vonatkozó adatokhoz.

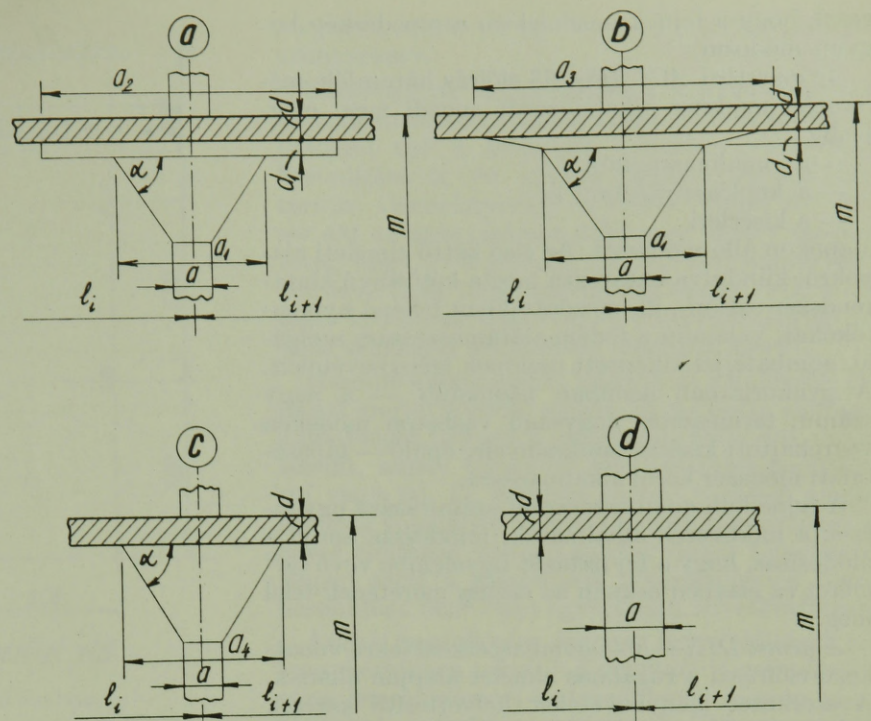
A szabályzat a teherbírás kimutatása mellett előírja a repedésmentesség, ill. -korlátozás, valamint a merevség vizsgálatát is.

A szabályzat intézkedik a gombaszerkezetek vasalásának elrendezéséről, a betétek elhagyásáról és toldásáról stb.

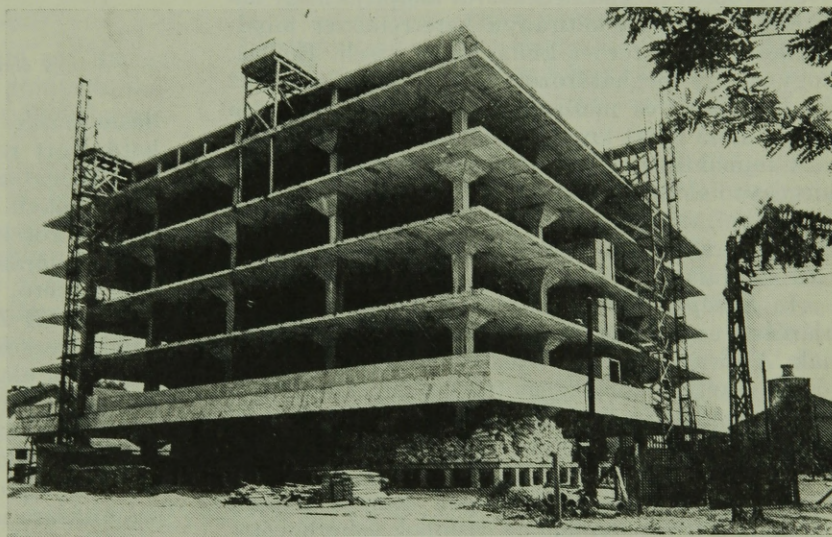
A fejnélküli gombaszerkezet számítására külön előírás nincs, mert a törésemélet eleve figyelembe

* Az összehasonlító számításokat a szerző vezetése mellett, az MTA Műszaki Mechanikai Munkaközösség megbízása alapján Almási József, Gnädig Béla, Kármán Tamás, Komlóssy István, dr. Lenkei Péter és Windisch Andor végezte.

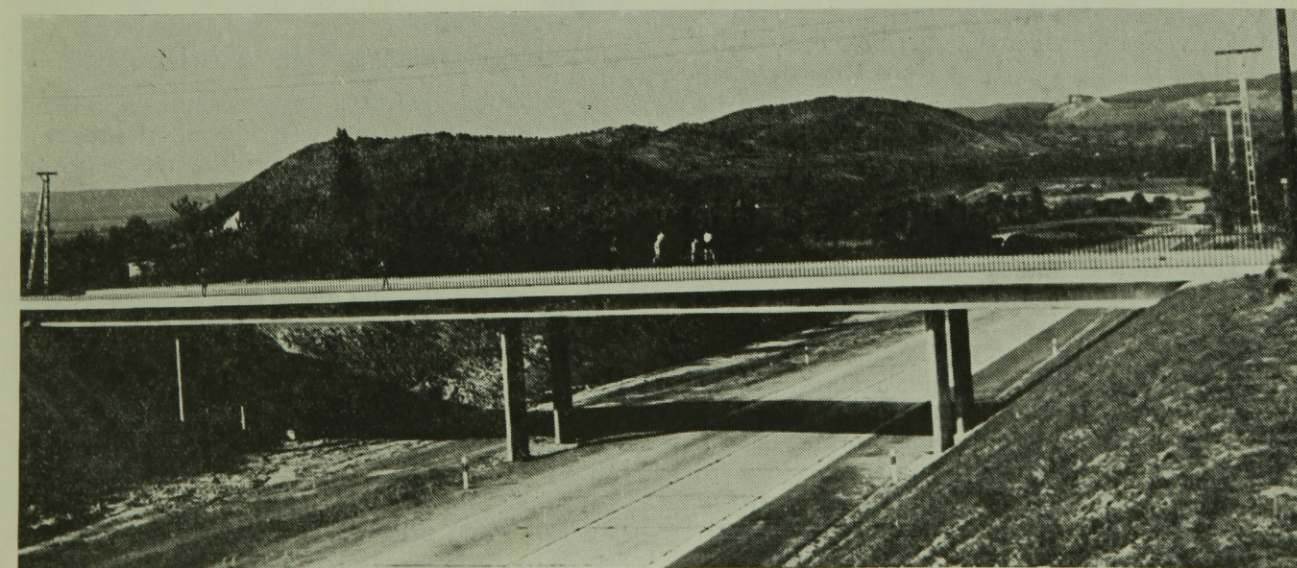
1. ábra. Gombaoszlop és lemez csatlakozása



2. ábra. Gombaszerkezetű raktár



3. ábra. Gombaszerkezetű közúti híd



veszi, hogy a fejnek megfelelően a repedéskép hogyan módosul.

Az amerikai ACI 318—63 előírás háromféle méretezési módszer alkalmazását engedi meg, mégpedig

- a rugalmasságtani,
- a képlékenységtani és
- a kísérleti

alapokon álló módszert. Az első kettő elméleti alapról kiindulva határozza meg a kétirányú keretrendszer oszlop-, ill. mezőszájában fellépő nyomatékokat, valamint a földem alátámasztására szolgáló, gombafejjel kiképzett oszlopok igénybevételeit. A gyakorlatban azonban leginkább — a nagy számú, természetes nagyságú vasbeton modellen végrehajtott kísérlet eredményeire épülő — tapasztalati módszer kerül alkalmazásra.

A fejnélküli gombaszerkezet számítására ugyanezek a módszerek alkalmasak, mindössze annyi a módosítás, hogy a fej hatását figyelembe vevő „c” méret ez esetben csupán az oszlop méretének felel meg.

A német DIN—1045 gombaszerkezetekre vonatkozó előírásai a rugalmas elmélet alapján állanak. A szerkezet igénybevételeit helyettesítő keretek belső erőinek meghatározásával állapítja meg, feltételezve, hogy a kétirányú keretrendszer mindegyike a teljes terhet külön-külön viseli. Előírja, hogy az így meghatározott lemez-igénybevétel az ún. oszlopsáv és mezőszáv között, a mezőközépen és a támasz felett hogyan oszlik meg.

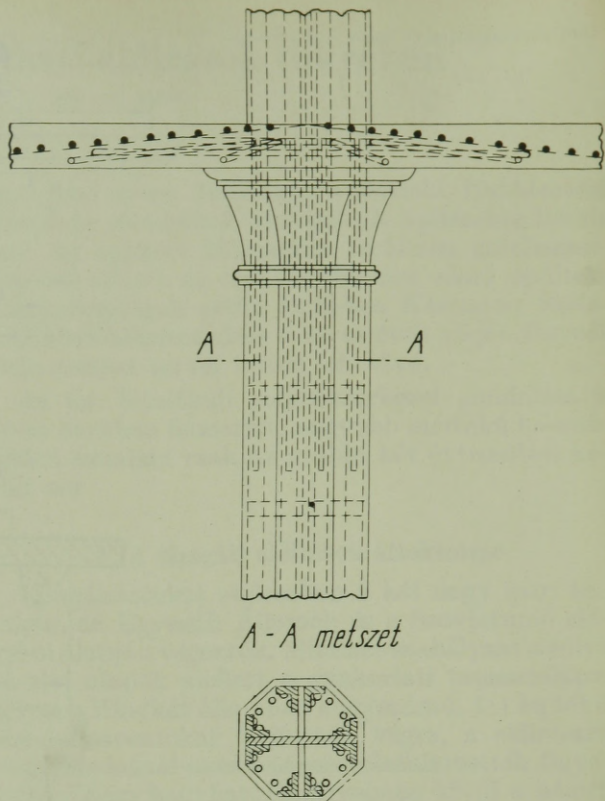
A fejnélküli gombaföldémre az utóbbi években kiegészítő előírás készült, amely elveiben azonos a fentiekkel, de az oszlopsáv szélességét a mezőszáv rovására csökkenti. Ugyanakkor előírja a perforációs vizsgálatot is.

Az Európai Betonbizottság CEB (Bulletin 67) ajánlásai ugyancsak a törésvonal-elméleten alapulnak. A javaslat — a szovjet szabályzathoz hasonlóan — kétféle törésképet tételez fel. Az egyik a középvonalakban futó pozitív és a fejek (pamlag-lemez) mentén kialakuló negatív törésvonalak rendszerére, a másik az oszlopok körül kialakuló, közel köralakú törésképre épül. Ennek alapján nemcsak a lemez, hanem az oszlopok igénybevételei is meghatározhatók.

Külön vizsgálatot igényel a perforáció. Az átfúródás vizsgálatára a CEB illetékes Bizottsága elfogadta Nylander professzor javaslatát, amely a nyírt felületen a beton és acélbetétek teherviselő képességét egyaránt figyelembe veszi.

A hazai előírások közül az első, amit az összehasonlítás során megvizsgáltunk, az 1953-ban kiadott MSZ 15022, Vasbetonszerkezetek című szabvány vonatkozó fejezete. Ennek rendelkezései általában megegyeznek az 1931. évi vasbeton szabályzat idevágó előírásaival, valamint a DIN 1045, a fentiekben ismertetett normáival. Lényegében tehát e szabályzat kétirányú keretrendszer rugalmas vizsgálatát írja elő mindkét irányban a teljes terherre.

Az 50-es évek építkezései azt mutatták, hogy a hazai előírások a gombaszerkezetek túlméretezésére vezetnek. Az IPARTERV-ben Komlóssy István összehasonlító tanulmányt és javaslatot készített, amely később a vállalat házi szabványaként kia-



4. ábra. A Turner-féle szabadalom egyik rajza

dásra került. E javaslat a fej méretei alapján meghatározott redukáló tényezővel csökkentett feszítávolsággal számítja a gombaszerkezet lemezének nyomatékait. A házi szabvány bizonyos feltételek mellett kötelezően előírja a perforáció vizsgálatát is. Az eljárás a fejnélküli gombaszerkezetekre is kiterjeszthető.

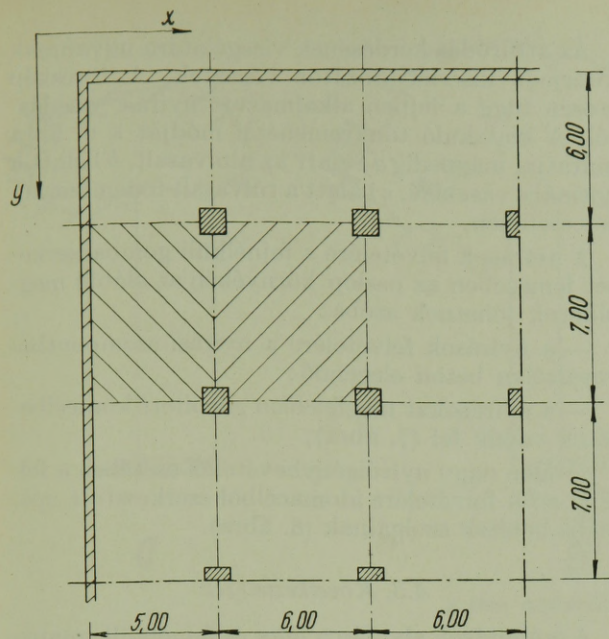
Az MSZ 15022/1 1968. évben készített tervezet a gombaszerkezetek számítására lényegében a törési elméleten alapuló közelítő eljárás használatát engedi meg. Ugyancsak a redukált feszítávolság alapján határozza meg a gombaszerkezet igénybevételeit. A csökkentő tényező a gombafej méreteitől függ. Az eljárás alkalmas a fejnélküli gombaföldém számítására is, bár fej hiányában a csökkentés minimális.

4. Összehasonlítás az igénybevételek alapján

A különféle előírások összehasonlítása céljából számításokat végeztünk egy, a gyakorlatban előforduló átlagos méretű és terhelésű, emeletközi, fejes és fejnélküli gombaszerkezeten. A vizsgált földem közbülső mezője 6,0 × 7,0 m-es, szélső mezője 5,0 × 7,0 m-es, s hosszabb oldalán felfekvő lemez (5. ábra).

A számítást a szovjet (SZNIP), az amerikai (ACI) a német (DIN) és az Európai Betonbizottság (CEB) előírásai, ill. ajánlásai alapján hajtottuk végre. Ugyanezt a szerkezetet megvizsgáltuk az MSZ 1953. évi 15022, az IPARTERV házi szabványa, valamint az 1968. évi MSZ 15022/1 tervezet alapján.

A kapott eredmények alkalmasak a gyakorlatban előforduló más méretű szerkezetek megítélésére is.



A vonalkázás a megvizsgált mezőket jelzi

5. ábra. A vizsgált gombaszerkezet alaprajza

4.1. Fejlesztett gombaszerkezet

Az összehasonlító számítás alapjául egy 18 cm vastag, vasbeton lemezzel készített gombaszerkezet szolgált, amelynek hasznos terhet 1200 kp/m^2 -ben állapítottuk meg.

A fenti adatokból kiindulva meghatároztuk a gombaszerkezet lemezében a lemez-, ill. oszlopsávban fellépő nyomatékok értékét. Az egy folyóméterre eső fajlagos nyomatékot ql^2/α alakban fejeztük ki, s az 1. táblázat az α osztókat tartalmazza. A táblázat 5. sora a sávokban fellépő pozitív és negatív nyomaték abszolút értékének átlagösszegeire jellemző osztót tünteti fel.

A táblázat 6. sorában a jelenleg még hivatalosan érvényben levő MSZ 15022 előírás alapján számítható átlagos össznyomatékot 100%-nak tekintve,

meghatároztuk az egyes szabályzatokra jellemző arányszámot.

Mint hogy az egyes előírások a nyomatékokhoz tartozó vasmennyiségeket eltérő módon számítják, indokolt volt a szükséges vasmennyiségek összehasonlítása is. Az átlagos fajlagos nyomatékhoz tartozó vasmennyiséget a 7. sor tünteti fel. A 8. sor azt az arányszámot adja meg, amely megmutatja, hogy — a jelenleg még hivatalosan érvényben levő MSZ 15022 szerint szükséges vasmennyiséget 100%-nak tekintve — hány százaléknyi vasalás szükséges a különféle előírások szerint.

Hasonló számításokat végeztünk a különféle előírások szerint a szélső mezőre is. Az egyes előírások különbséget tesznek a szélső megtámasztás módja szerint, amely történhet félgombafejek segítségével vagy fal, ill. gerenda révén. A szélső megtámasztás vonalában fellépő befogási nyomatékot az egyes előírások változó súllyal veszik figyelembe. Éppen ezért a számítások eredményeinek összehasonlítása nem vezet egyértelmű következtetésre.

Annak megítélésére, hogy az egyes előírások milyen mértékben tekintik a gombafödémeket a közönséges lemezfödémnél kedvezőbbnek, szintén összehasonlító számítást végeztünk. Megvizsgáltuk, hogy az előzőek szerint megállapított vasalással készített többtámaszú lemez az illető szabályzat szerint mekkora hasznos teher viselésére lenne alkalmas. Ezen etalon-tartó hasznos teherbírása a 2. táblázat szerinti értékekre adódott.

A táblázat második sorában a számításban feltetelezett 1200 kp/m^2 hasznos teherrel osztottuk a többtámaszú tartó által — az illető szabvány szerint — felvehető hasznos terhet. E számsor a vizsgált szabályzat gombaszerkezetekre vonatkozó „merészségére” jellemző. Ha az MSZ szerint számított értéket 1-nek tekintjük, a harmadik sor az ehhez viszonyított értékeket tünteti fel.

Végül az oszlopokra jutó nyomatékok összehasonlítása érdekében meghatároztuk az oszlopra jutó erő átlagos kulponosságát is. Ez alatt az

1. táblázat

Megnevezés	Szám	SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPARTERV	Javaslat
Lemezsáv (+)	1.	47,7	52,9	24,6	32,5	24,3	46,7	34,4
(-)	2.	17,0	52,9	22,9	32,5	23,4	42,1	33,1
Oszlopsáv (+)	3.	47,7	39,7	19,7	32,5	19,8	38,3	28,1
(-)	4.	17,0	15,8	7,6	16,2	7,8	14,0	11,0
Átlagos osztó	5.	12,5	15,8	7,5	13,0	7,6	14,0	10,8
Nyomatéki arányszám [%] ...	6.	61	48	101	58	100	54	70
F_v átl. [cm^2/m]	7.	6,67	9,36	23,14	11,91	12,95	6,94	8,52
Vasalási arányszám [%]	8.	51	72	179	92	100	54	66

2. táblázat

Megnevezés	SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPARTERV	Javaslat
P_h [kp/m^2]	562	355	1308	545	1280	575	723
P/P_h	2,14	3,38	0,92	2,20	0,93	2,08	1,66
Viszonyított merészségi szám	2,30	3,62	0,99	2,36	1,0	2,23	1,78

x, ill. y, y irányú külpontosságok számtani közepét értjük. A vonatkozó eredményeket a 3. táblázat tünteti fel.

4.2. Fejnélküli gombaszerkezet

Az összehasonlító számítás alapjául fejnélküli gombaszerkezet esetében egy 30 cm vastagságú vasbeton lemezzel készített szerkezet szolgált, amelynek hasznos terhe 500 kp/m² volt.

A gombalemez közbülső mezejére és az etalon-tartóra a számításokat végrehajtva fejnélküli gombaszerkezet esetében a 4., ill. 5. táblázatban feltüntetett eredményeket kaptuk.

A táblázatokban az MSZ (1953) nem szerepel, mert a fejnélküli gombaszerkezetet ez az előírás nem ismerte. A fejnélküli gombaszerkezet viszonylag új. A vonatkozó előírások éppen ezért nem támaszkodhatnak olyan hatalmas tapasztalati anyagra, mint a fejes gombaszerkezetek esetében, s tervezésüknél különös körültekintéssel kell eljárni. Különösen vonatkozik ez az átfúródás kérdésére.

E vonatkozásban is összehasonlító számításokat végeztünk, megvizsgálva, hogy példánk esetében a különféle előírások szerint számított szerkezetnél az oszlop átfúródására jellemző határerő hogyan viszonylik a mértékadó erőhöz. Megjegyezzük, hogy ahol a P_H/P_M érték egynél kisebb, ott a beton egymagában a nyíróigénybevétel felvételére nem alkalmas, vasalás vagy acélnyírófej alkalmazása szükséges. Számításaink eredményeit a 6. táblázat mutatja.

Az átfúródás kérdésének vizsgálatára ugyancsak kiterjedt kísérletsorozatot végeztek. A töréskép erősen függ a fejben alkalmazott nyírási vasalástól. A kialakuló tönkremenetel módját a 6. ábra mutatja, mégpedig a) alatt az alulvasalt, b) alatt a normális vasalású, c) alatt a túlvasalt födémszerkezet esetében.

A nyírások felvételére a fejnélküli gombaszerkezet lemezében az oszlop környékén az alábbi megoldások jöhetnek szóba:

— a nyírások felvételére a nyírási szempontból vasalatlan beton elegendő;

— a nyírásokat megfelelően görbített köracélbetétek veszik fel (7. ábra);

— igen nagy nyíróigénybevételek esetében a felépítő erők felvételére idomacélból szerkesztett, speciális betétek szolgálnak (8. ábra).

4.3. Következtetések

A számítások alapján a fejes és fejnélküli gombaszerkezetekre összeállított táblázataink egyaránt az alábbi eredményeket mutatják:

a) A különféle külföldi szabályzatok alapján meghatározott igénybevételek igen erősen szórnak. A legnagyobb és a legkisebb közti arány több mint 2. A vasalás mennyiségét tekintve az eltérések még nagyobbak. Itt a legnagyobb és a legkisebb aránya: 3,5. A „merészség” jellemző száma 1,0 és 3,62 közt változik.

3. táblázat

Megnevezés	SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPAR- TERV	Javaslat
Excentricitás [cm]	17,9	7,7	15,3	0,0	16,9	11,9	13,4

4. táblázat

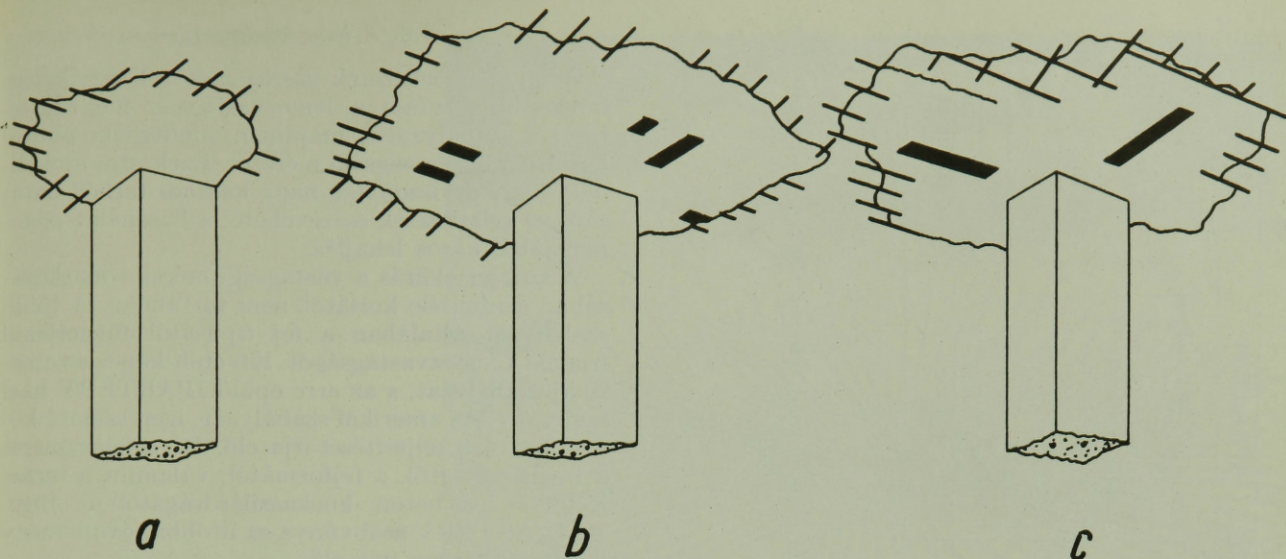
Megnevezés	Szám	SZNIP	ACI	DIN	CEB	IPAR- TERV	Javaslat
Lemezsáv (+)	1.	19,1	36,5	20,2	23,9	36,4	27,1
(-)	2.	19,1	36,5	13,7	23,9	32,8	27,6
Oszlopsáv (+)	3.	19,1	26,6	17,9	23,9	29,8	22,2
(-)	4.	19,1	12,7	5,5	12,0	10,9	9,2
Átlagos osztó	5.	9,6	11,7	5,6	9,6	10,9	8,8
Nyomatéki arányszám [%]	6.	58	48	100	58	51	64
F_v átl. [cm ² /m]	7.	4,77	6,80	10,61	6,06	6,68	5,13
Vasalási arányszám [%]	8.	45	64	100	57	63	48

5. táblázat

Megnevezés	SZNIP	ACI	DIN	CEB	IPAR- TERV	Javaslat
p_H [kp/m ²]	293	90	808	286	280	368
p/p_H	1,7	5,56	0,62	1,75	1,78	1,36
Viszonyított merészségi szám	2,75	8,98	1,00	2,83	2,87	2,20

6. táblázat

Megnevezés	SZNIP	ACI	DIN	CEB	IPAR- TERV	Javaslat
P_H/P_M	0,78	1,11	1,24	0,95	1,02	1,05
Arányszám [%]	0,63	0,90	1,00	0,77	0,82	0,85



6. ábra. A perforációs törés különböző formái

b) A külföldi előírások közül a legóvatosabb a rugalmasságtani alapokon nyugvó német előírás, legmerészebb az amerikai, amely természetes nagyságú modelleken végrehajtott kísérleteken alapszik. A szovjet előírás és a CEB ajánlása e kettő között foglal helyet. Ez a következtetés az a) pont alatt említett, mindhárom mennyiségre levonható.

c) A hazai előírásokat ugyanilyen szempontok szerint összevetve megállapítható, hogy az 1953. évi MSZ 15022 a legóvatosabb, az IPARTERV házi szabványa megítélésünk szerint túl merész, míg az 1968. évi MSZ 15022/1-ben szereplő javaslat a helyes középúton jár.

5. A szerkesztési szabályok összehasonlítása

A jelentősebb külföldi és a hazai előírásokat a gombaszerkezetekre vonatkozó szerkesztési szabályok szempontjából is összehasonlítottuk. Ennek so-

rán vizsgáltuk mindazokat az adatokat, amelyek a gombaszerkezetek kialakítása szempontjából jelentősek. Ilyenek a fej méretei, a lemezvastagság korlátai, az oszlopméretek, az egyes mezők oldalaránya és az egymást követő mezők fesztávolságának aránya.

5.1. A gombaszerkezet oszlopának és lemezének csatlakozása

A hagyományos gombaszerkezet fejjel készül, s a különféle szabályzatok általában három fejtípust ismernek. Elvileg ezek mindegyike készülhet négy-szög, ill. kör-alaprajzzal. Újabbban, amint említettük, az oszlop és a lemez csatlakozásánál fejet nem alakítanak ki. A különféle csatlakozások elrendezését az 1. ábra mutatja, míg a 7. táblázat a különféle szabályzatok szerint szükséges minimális méretekre vonatkozó előírásokat tünteti fel.

7. táblázat

Adat	SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPARTERV	Javaslat
d_1	$d_1 \cong 1,0d \div 1,5d$	$\cong d/4$	$\cong d/2$	$\cong 0,6d$	$\cong d/2$	$\cong \frac{d}{2}$ $\cong 18 \text{ cm} - d_1$	$\cong d/2$
a_1	$0,16l \cong a_1 \cong 0,24l$	—	$0,2l$	$\frac{l}{6} \cong a_1 \cong \frac{l}{4}$	$0,2l$	—	$0,2l$
a_2	$\cong a_1 + 0,18l \frac{d_1}{d}$	$l/3$	$0,4l$	$\cong a_1 + 0,36l \frac{d_1}{d}$	$0,4l$	képlet	$0,4l$
a_3	$\cong a_1 + 0,18l \frac{d_1}{d}$	—	$0,4l$	$\cong a_1 + 0,36l \frac{d_1}{d}$	$0,4l$	képlet	$0,4l$
a_4	—	—	—	—	$0,2l$	—	$0,2l$
α	$\cong 45^\circ$	—	$\cong 45^\circ$	$\cong 45^\circ$	$\cong 45^\circ$	$\cong 45^\circ$	$\cong 45^\circ$

SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPARTERV	Javaslat
$\geq l/40$ $\geq 10,2$ cm $\geq 4,0 + 0,024l$	$\geq l/36$ $\geq 12,7$ cm $\geq 2,5 + 0,028l$	≥ 15 cm	$\geq l_s/35$, ahol l_s = az átlós méret $\geq \frac{\sigma_a^* l}{35\,000 \gamma_s} \cdot \frac{p}{g+p}$	≥ 15 cm $\geq l/32$ (födém) $\geq l/40$ (tető)	közbelső födémeknél $\geq l/40$ = $l/36$ ≥ 12 cm = 14 cm tetőfödémeknél $\geq 20\%$ -kal kisebb	≥ 15 cm $\geq l/32$ (födém) $\geq l/40$ (tető)
$\cdot \left(1 - \frac{2c}{3l}\right) \sqrt{\frac{250}{K_{28}} q}$	$\cdot \left(1 - \frac{2c}{3l}\right) \sqrt{\frac{250}{K_{28}} q}$	≥ 15 cm	$\geq 21,3$ cm $\geq 28,4$ cm	≥ 15 cm $\geq 21,9$ cm	$\geq 17,5$ cm ≥ 12 cm	≥ 15 cm $\geq 21,9$ cm
$\geq 17,5$ cm $\geq 10,2$ cm $\geq 26,0$ cm		≥ 15 cm				

Megjegyzések:

1. Az összes hosszmeretek dimenziója cm
2. A g , p és $q = g + p$ egyenletesen megoszló terhek dimenziója Mp/m^2
3. Az ACI-ban szereplő „c” érték az oszlopfaj belsejében elhelyezhető, függőleges tengelyű, 90° -os esűesszögű, belső érintőkúpnak a lemez vagy a lemezvastagságú alsó síkjában mért átmérőjét jelenti. Az oszlopfaj nélküli megoldásnál a „c” méret az oszlop szélességét jelenti.
4. σ_a^* acél határfeszültség
5. Az l méret alatt általában a nagyobb fesztávolság értendő.

5.2. A lemezvastagság

A gombaszerkezetek szerkesztésének egyik legfontosabb kérdése a lemezvastagság megválasztása. A szabályzatok majdnem mindegyike alulról korlátozza a vastagsági méretet. Ezek arra szolgálnak, hogy a viszonylag nagy hasznos terhek hatására se keletkezzék észrevehető, a használat szempontjából káros lehajlás.

A szovjet előírás a vastagsági méret vonatkozásában semmiféle korlátot nem tartalmaz. A többi szabályzat általában a fej típusától függetlenül írja elő a lemezvastagságot. Kivételt képez az amerikai szabályzat, s az erre épülő IPARTERV házi szabvány. Az amerikai szabályzat, igen szigorú követelmények teljesítését írja elő. Itt a lemez méret a fesztávolságtól, a fejformától, valamint a terheléstől és a beton kockaszilárdságától is függ. Az IPARTERV szabványa ez utóbbi követelmény kielégítését nem írja elő.

Érdekes áttekinteni, hogy példánk esetében a különféle előírások milyen korlátokat szabnak a lemezvastagság megválasztására. A vonatkozó előírásokat a 8. táblázat felső részében, a példánk esetében számítható vastagsági méretet alul tüntettük fel. A példában szereplő számértékek meghatározásánál c értékét 70 cm-re választottuk, s a leggyakrabban használatos „a” típusú fejet alkalmaztuk, továbbá feltételeztük, hogy a szerkezet betonjának 28 napos kockaszilárdsága 200 kp/m^2 , a biztonsági tényező $1,3$, az acél határfeszültség 2700 kp/cm^2 .

A fentiekből látható, hogy a szerkesztési szabályok a lemezvastagság tekintetében szigorú korlátokat állítanak. E szempontból legenyhébb a DIN, amely szerint csupán a 15 cm-es alsó korlát áll fenn, míg az ACI és különösen a CEB igen szigorú előírásokat tartalmaz. Ezekben a lemezvastagság közvetlen összefüggésben van a hasznos teherrel, a fejformával, az alkalmazott beton-, ill. acél minőségével. A magyar előírások e tekintetben megítélésünk szerint a helyes középúton járnak.

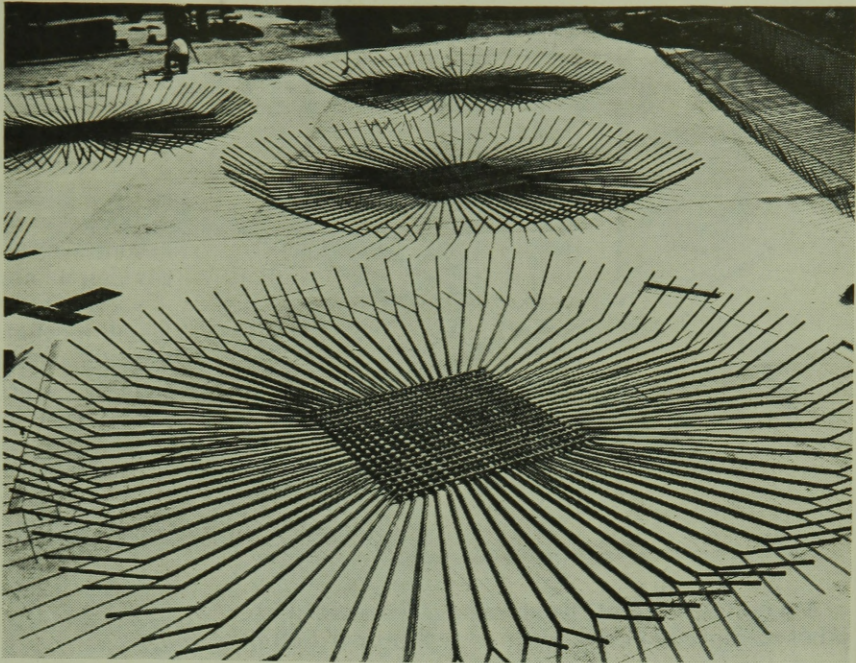
5.3. Az alátámasztó oszlopok mérete

A hagyományos gombaszerkezet elképzelt működése akkor valósul meg, ha az oszlopoknál jelentős befogás érvényesül. Ezért a legtöbb szabályzat az oszlopok minimális mérete tekintetében intézkedik, vagy a gombafödémeknél külön vagy általánosságban. A vonatkozó előírásokat a 9. táblázat felső részén közöljük, míg alul a különféle szabályzatok szerint számított, minimális oszlopméreteket tüntettük fel. Megjegyezzük, hogy számításainkban $4,0$ m-es oszlopmagasságból indultunk ki. E tekintetben az előírások gyakorlatilag egybehangzóak, kivéve az amerikai szabályzatot, mely szigorúbb a többinél.

5.4. A mezők oldalviszonya és a csatlakozó fesztávolságok aránya

A különböző szabályzatok gyakorlatilag közel azonos oldalarányt engednek meg a gombaszerkezet egyes lemezmezőinél, kivéve a DIN-t, amely

7. ábra. Fenéklemez nyírási vasalása a fej körül



korlátozást nem tartalmaz. Ezen előírások intézkedtek atekintetben is, hogy az egymáshoz csatlakozó mezők fesztávolságai között nagy különbségek ne legyenek. A részletes adatokat a 10. táblázat tartalmazza.

5.5. Értékelés a szerkesztési szabályok szempontjából

Az előbbiekből kitűnik, hogy a különféle külföldi előírások a szerkesztési szabályok vonatkozásában jelentősen eltérnek egymástól.

9. táblázat

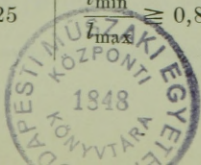
SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPARTERV	Javaslat
—	$\cong 25 \text{ cm}$ $I \cong 41\,600 \text{ cm}^4$ $I \cong \frac{l}{12} \cdot \frac{md^3}{0,5 + g/p}$	$\cong 30 \text{ cm}$ $\cong \frac{m}{15}$ $\cong \frac{l}{20}$	—	$\cong 30 \text{ cm}$ $\cong \frac{m}{15}$ $\cong \frac{l}{20}$	$\cong 25 \text{ cm}$ $\cong \frac{m}{15}$ $\cong \frac{l}{20}$	$\cong 30 \text{ cm}$ $\cong \frac{m}{15}$ $\cong \frac{l}{20}$
	25 cm 26,5 cm 40 cm	30 cm 26,6 cm 30 cm		30 cm 26,6 cm 30 cm	25 cm 26,6 cm 30 cm	30 cm 26,6 cm 30 cm

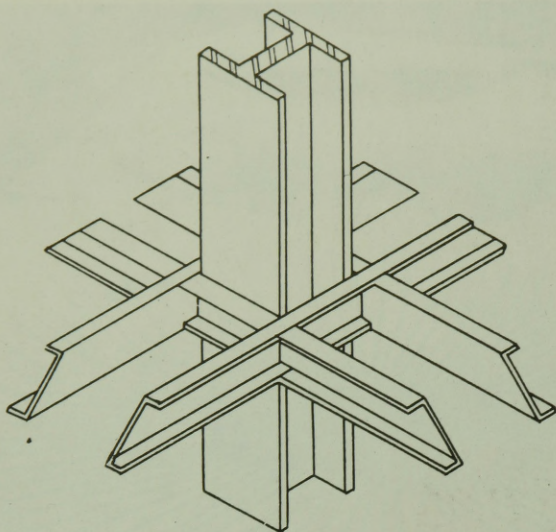
Megjegyzések

1. Az összes hossz méret dimenziója cm
2. A g és p egyenletesen megoszló terhek dimenziója Mp/m^2
3. m , emeletmagasság.

10. táblázat

	SZNIP	ACI	DIN	CEB	MSZ	IPARTERV	Javaslat
$\frac{l_x}{l_y}$	$\frac{2}{3} \cong \frac{l_x}{l_y} \cong \frac{3}{2}$	$0,75 \cong \frac{l_x}{l_y} \cong 1,33$	—	$\frac{2}{3} \cong \frac{l_x}{l_y} \cong \frac{3}{2}$		$0,8 \cong \frac{l_x}{l_y} \cong 1,25$	
$\frac{l_{i+1}}{l_i}$	$\frac{3}{4} \cong \frac{l_{i+1}}{l_i} \cong \frac{4}{3}$	$0,8 \cong \frac{l_{i+1}}{l_i} \cong 1,25$	$\frac{l_{\min}}{l_{\max}} \cong 0,8$	$\frac{3}{4} \cong \frac{l_{i+1}}{l_i} \cong \frac{4}{3}$	—	$\frac{l_{i+1}}{l_i} \cong 1$	—





8. ábra. Merev betét a perforációs igénybevétel felvételére

A gombaszerkezet lemeztavastagsága szempontjából az amerikai szabályzat és az Európai Betonbizottság javaslata számottevően szigorúbb mint a DIN, de különösen a szovjet előírásnál. Ez utóbbi, mint a magyar szabályzat is, a gombafödém lemeztavastagságára vonatkozó külön megkötelezéseket nem tartalmaz.

A szerkesztési szabályokra vonatkozó előírásoknál tehát ellentétes tendencia tapasztalható, mint az igénybevételek számítására vonatkozóak esetén.

Az alátámasztó oszlopok legkisebb mérete szempontjából lényegében ugyanez a helyzet. A szabályzatok általában közel azonos megkötelezéseket tartalmaznak, kivéve az amerikai előírást, mely ebből a szempontból is szigorúbb.

A három hazai szabályzati előírás között szintén jelentős különbségek vannak. Az 1953. évi MSZ

és a tervezet közel azonos előírásokat tartalmaz, viszont az IPARTERV házi szabánya — különösen a lemeztavastagság szempontjából — rendkívül enyhe.

6. Összefoglalás

Az épületek teherviselő szerkezeteire vonatkozó hazai előírások folyamatban levő átdolgozása szükségessé tette a gombafödémekkel kapcsolatos kérdések közelebbi vizsgálatát. A megállapítások röviden az alábbiakban foglalhatók össze:

— A hagyományos gombaszerkezet igénybevételeinek meghatározásával kapcsolatos vizsgálatok a külföldi előírások nagy eltéréseit tárták fel. Megítélésünk szerint a DIN és az erre támaszkodó korábbi hazai előírások túl óvatosak, míg az ACI túlságosan merészsnek tűnik. A szovjet előírás és az Európai Betonbizottság javaslata középúton jár. Úgy véljük, helyes, ha a hazai előírásokkal ezeket közelítjük.

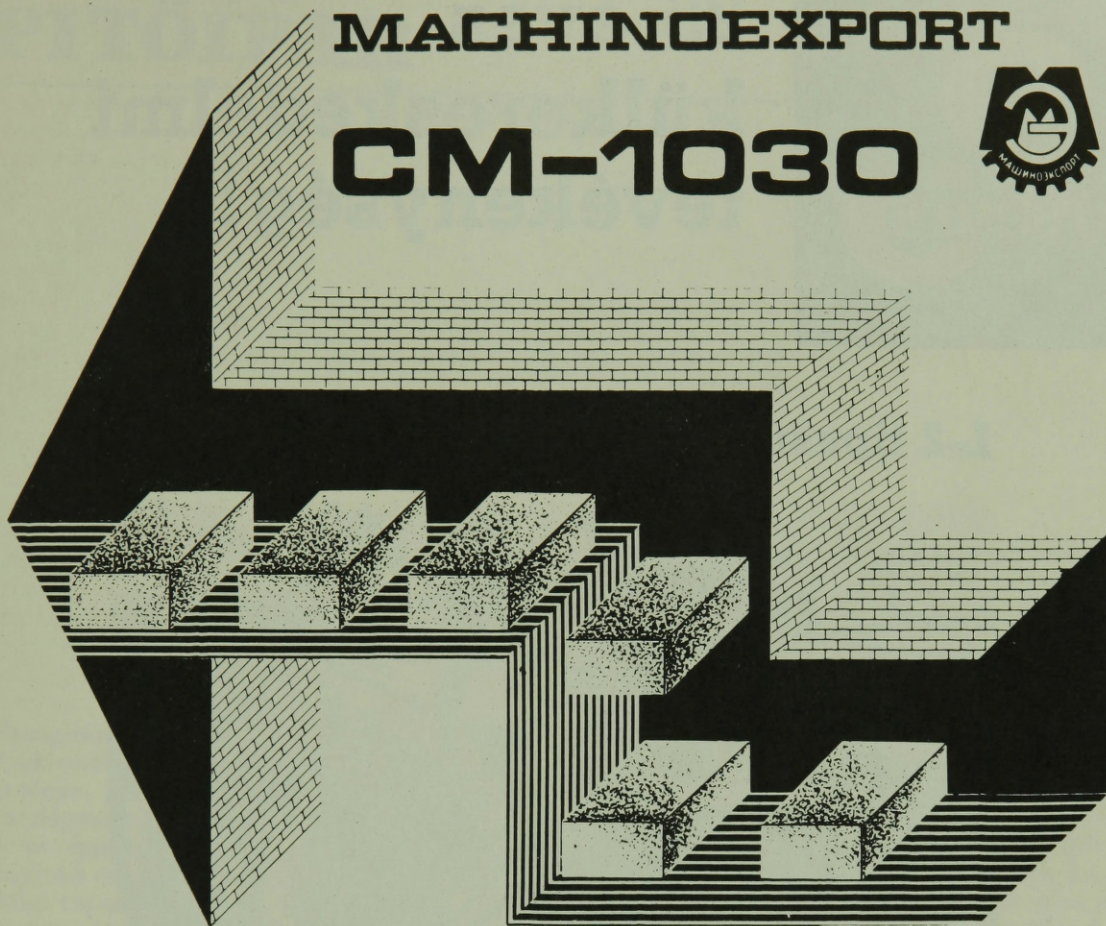
— Az utóbbi időben a fejnélküli gombaszerkezetek jelentősége számottevően növekedett, s ezért szükségesnek látszott a javaslatban ennek szerkesztésére és számítására vonatkozó előírásokat is megadni. A külföldi szabályzatok vizsgálata az előbbieken elmondottakhoz hasonló eredményre vezetett. A fejnélküli gombaszerkezetekre vonatkozó, tervezett előírás e megállapításokat már figyelembe veszi, de a támasz fölötti vasalás tekintetében mintegy 50% többletbiztonságot kíván meg.

— A szerkesztési szabályok összehasonlítása azt mutatta, hogy azok a szabályzatok, amelyek az erőtan vizsgálatnál merészebbek, a szerkezet méreteinek meghatározásánál a tervezőt nagyobb óvatosságra kényszerítik. A hazai korábbi előírások és a jelenlegi tervezet is nagyjából középúton halad.

A végleges szabályzat összeállításánál a feltárt összefüggéseket figyelembe fogjuk venni.

MACHINOEXPORT

CM-1030



Nagytermelékenységű téglagyárak számára

ajánlja a „MASHINOEXPORT” az

AUTOMATIKUS NYERSTÉGLA RAKODÓ BERENDEZÉST (SZM-1030)

A rakodó berendezés a nyers szilikát-tégla automatikus leszedését és csillébe rakását végzi a kemencébe történő betolás előtt

Termelékenysége: 3,4 ezer téglá óránként

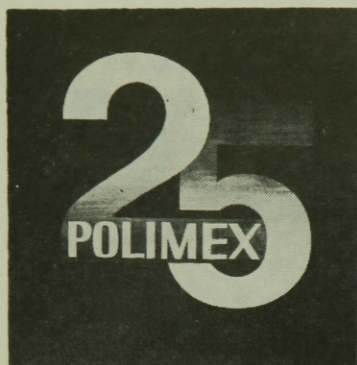
„MASHINOEXPORT” Szovjetunió, Moszkva V-330 * Telex: 207

Kérjük, látogassák a „MASHINOEXPORT” kiállítását a Budapesti Nemzetközi Vásár szovjet pavilonjában

A kiállított tárgyak működés közben láthatók

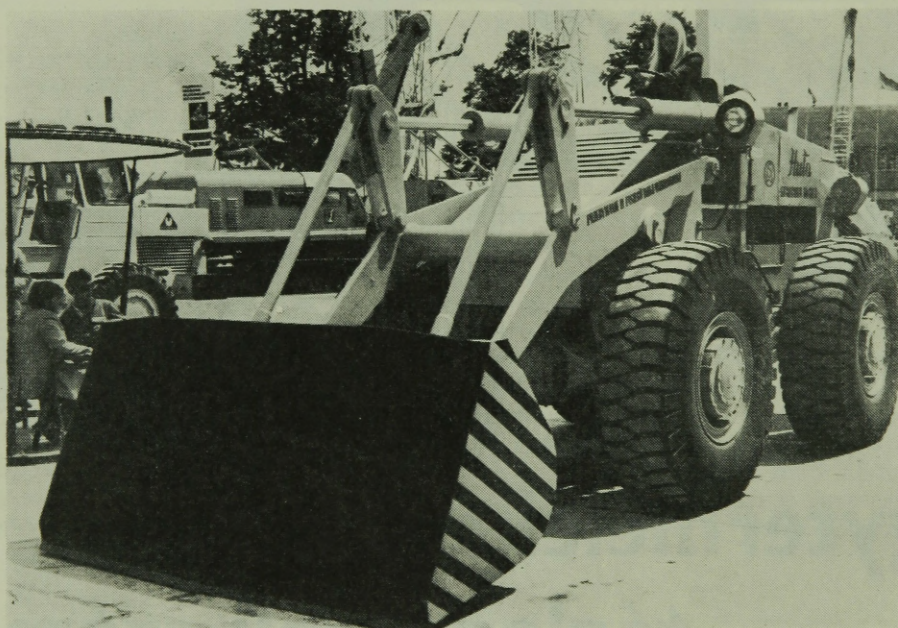
A szakemberek felvilágosítást adnak





25 éves külkereskedelmi tevékenység!

L-2 típusú hegybontó kanalas rakodó



Az L-2 típusú hegybontó kanalas rakodó ömlesztett anyagok, így homok, cement, kő, szén, gabona stb. minden elképzelhető rakodási munkájához készül.

Az eredményes üzemi vizsgálatok és a felhasználók pozitív kiértékelései alapján a rakodót előnyösen lehet felhasználni a cementgyárakban, mészégető és kerámia-üzemekben, külfejtéssel üzemelt bányákban, kőszén-bányákban és más ipari üzemekben az anyagok gépkocsikra és vasúti teherkocsikba rakodásához.

Rakodási munkákon kívül az L-2 típusú hegybontó kanalas rakodót földmunkákhoz is használják, elsősorban országutak, repülőterek, vasúti töltések, gátak és egyéb létesítmények építésénél tereprendezési munkákhoz. A rakodó alváza kétrészes, csuklós kivitelben készül. A rakodót a hátsó tengely hidraulikusan forgatja.

A gép homlokoldali részén vannak felszerelve a rakodómunka végzéséhez szükséges berendezések, a hajtómű a gép hátsó részében van elhelyezve. A hajtómű Leyland-féle licencia alapján gyártott UE-400 típusú diesel-motorból és 100 LE-s szokványos közlőművekből áll, mint amilyen a hidraulikus nyomatékátalakító, a hidraulikus sebességváltómű és a hajtótengelyek.

A puttony kapacitása 1,2 m³.



LENGYEL GÉPEXPORT—IMPORT VÁLLALAT

Warszawa, Czaczkiego 7/9, Lengyelország

Postafiók 815