

AZ ÉPÍTŐIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA * 1965. 10.



**MAGYAR
ÉPÍTŐ-
IPAR**

Mobil irodaépületek hőhidmentes alumínium szerkezettel

SEREGI GYÖRGY okl. mérnök
ALUTERV

Bevezetés

Az utóbbi években mind nagyobb igények mutatkoznak olyan épületszerkezetek felhasználására, melyek könnyen és gyorsan felépíthetők, majd szükség esetén áttelepíthetők. Ezen követelmények kielégítése annál tökéletesebb, minél inkább törekszünk az előregyártásra, vagyis a helyszíni munkák csökkentésére és az azonos elemek alkalmazására. Mivel ezen épületek felépítése gyakran közlekedési szempontból kedvezőtlen viszonyok között, gépi berendezésektől távol történik, ezért szerelésük kézi erővel oldható meg gazdaságosan és így az elemek kis súlya döntő követelmény. A gazdaságosságot növeli az egyszerű szerelhetőség. Előny, ha a helyszíni munkát irányított segédmunkásokkal lehet elvégezni.

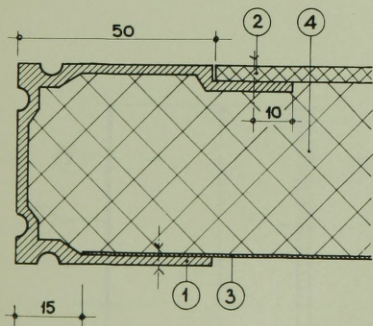
A fenti igények kielégítésére az Aluterv kidolgozta az ún. HUNGALU-típusú épületek több változatát melyek műanyagokkal kombinált alumínium-szerkezetű önhordó panelrendszerrel oldják meg a feladatot. A különféle oldalfal- és tetőpanelek modul méretekkel készülnek és így különböző alaprajzú épületek állíthatók össze. Ezek az épületek ideiglenes jellegűknél fogva vagy csupán nyáron [1] (hétvégi házak) üzemelnek vagy csak időszakos emberi tartózkodásra használják őket (pl. felvonulási épületek, raktárak, elárúsító pavilonok stb.).

Az először kidolgozott HUNGALU-típusú szerkezet önhordó panelkerete, valamint a nyílászárók szelvénye egy profilból kisasztolt elem, így a fémkeret a külső hőmérsékletet bevezeti az épületbe és ún. „hőhidat” képez (1. ábra), mely több szempontból is kedvezőtlen jelenség:

1. A levegőben levő páratartalom bizonyos relatív nedvességnél a hideg fém felületén lecsapódik és ún. „kondenzvíz” keletkezik.
2. Nyáron a külső meleget, télen a hideget besugározza az épületbe, ezzel rontja a hőszigetelő képességet.
3. A belső fémfelületek hideg tapintása kellemetlen érzés a lakóhelyiségekben.

Magasabb igények kielégítésére szükségesnek látszott, hogy ezen megoldást tovább fejlesszük, emberi tartózkodásra télen-nyáron alkalmassá tegyük, mobilitását pedig — éppen a gazdaságossági kérdések miatt — fenntartsuk. A megoldást a „hőhidmentes” önhordó panelszerkezet adta, megfelelő fűtést és hűtést biztosító épületgépészettel ellátva.

Az igények egyrészt raktári készletből építhető különféle irodaépületek, másrészt gyorsan felépíthető ideiglenes jellegű vidéki iskolaépület vonatkozásában jelentkeznek.



1. ábra. HUNGALU 1—5 típusú épület panelkeret metszete. „Hőhid” képződik a fémkereteken

1. Alu.-profilkeret
2. Belső burkolat (farostlemez)
3. Külső burkolat (merevített alu.-lemez)
4. Hőszigetelés (thermonit)

Míg az előbbinél egy-egy nagyobb beruházás alkalmával helyi tervezők, műszaki ellenőrök, építésvezetők és beruházók időszakos elhelyezéséről van szó, az utóbbinál a változó tanteremigények gyors kielégítéséről úgy, hogy az alaplétesítmények (tanári szoba, szertárak, tornaterem stb.) mellé települ a kisegítő tanterem. Ezekben az esetekben a mobilitás kihasználható és a többszöri felépítés minimális anyagvesztése az első beruházás többletköltségeit kiegyenlíti.

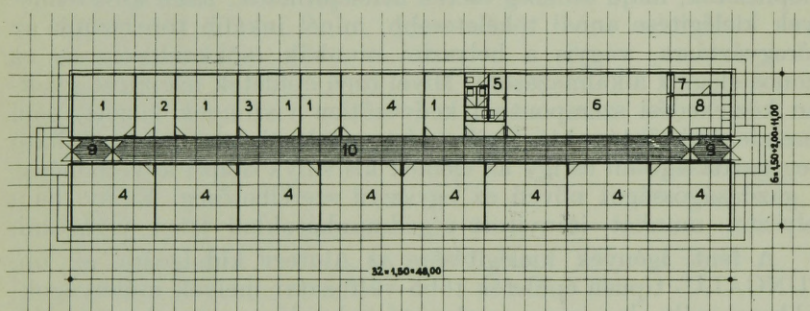
Természetesen az alábbiakban ismertetett épületszerkezet mobilitási igény nélkül is alkalmazható az említetteken kívül egyéb célokra is főként akkor, ha a gyors megvalósulás elsődleges szempont.

Modulméretek megválasztása

A kézi szereléssel mozgatható elemsúlyok, valamint a típus-szerkezeteknél a gyakorlatban alkalmazott méretegységesítés alapján a modulméretet 1,50 m-ben állapítottuk meg. Így a belső helyiségek méretei 1,5 m többszörösében alakíthatók ki, tehát a falpanelek szélessége 1,5 m. Az épület belmagassága, vagyis a falpanelek magassága 3,2 m.

Az alaprajzi kialakítási lehetőségeket a keresztirányú kétféle elrendezés határozza meg:

1. Középfolyosós elrendezésnél az épület szélessége 2×3 modul + 2 méter középfolyosó-szélesség. Itt két hosszirányú teherbíró válaszfalat kell beépíteni (2. ábra).



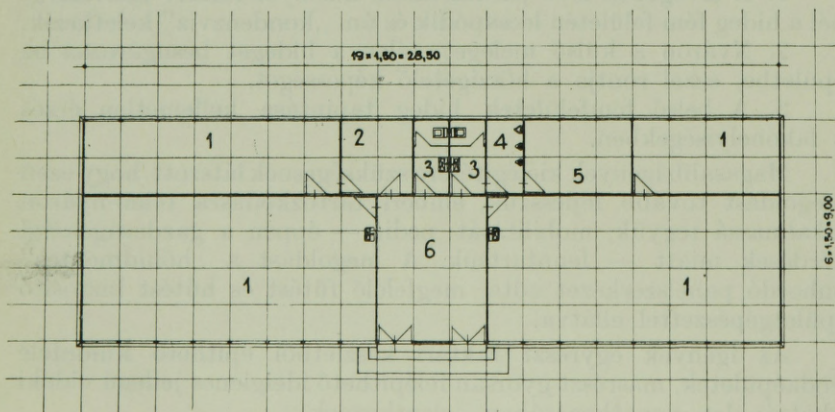
2. ábra. Középfolyosós irodaépület alaprajza

1. Vezető
2. Titkárság
3. Pénztár
4. Iroda
5. Mosdó, WC.
6. Étterem
7. Mosogató
8. Melegítőkonyha
9. Szellőző
10. Folyosó

2. Középfolyosó nélküli elrendezésnél az épület szélessége 6 modul. Teherhordó válaszfalat 4 modul után kell beépíteni hosszirányban (3—4. ábra).

Két tetőpanel beépítésével alakul ki a keresztmetszet, kétirányú lejtéssel. A tetőpanelek hossza 5,5, ill. 4,5 m. Szélességük a modulosztásnak megfelelően 1,5 m.

Mindkét esetben hosszirányban tetszőleges számú modul alakítható ki, a keresztirányú válaszfalak elhelyezése bármelyik modulosztásban lehetséges.

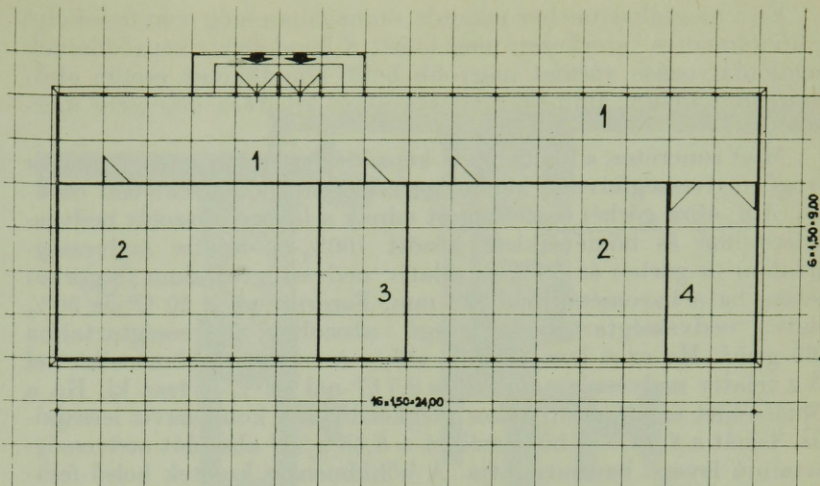


3. ábra. Tervezőirodai műterem alaprajza

1. Rajzterem
2. Vezető
3. WC.
4. Pissiroir
5. Hőközpont
6. Előtér

4. ábra. Kéttantermes iskola alaprajza

1. Folyosó
2. Tanterem
3. Raktár
- WC.- csoport



Hőhídmentes szerkezet beépítésének indokolása

A „hőhídmentes” fémkerettel szemben támasztott alapvető követelmény, hogy hőátbocsátási tényezője (k) kisebb vagy közel azonos legyen a keretbe foglalt legnagyobb k értékű felülettel. Esetünkben tehát szükséges, hogy a panelkeret, ill. a nyílászárók keretének k értéke közel azonos legyen a nyílászárókban elhelyezett 2 rétegű thermopán üveg k értékével. Ebben az esetben ugyanis a keretknél hővesztések nem lépnek fel és a kondenzvíz- képződés is előbb indul meg az üvegezett részekben, mint a „hőhídmentes” fémrészekben.

Vizsgáljuk meg a k értékek alakulását a HUNGALU- falpanel szerkezeteknél.

A falpanelek tömör felületeinek rétegződése az 5. ábrán látható. A nyílászárók 2 rétegű thermopán üvegezéssel vannak ellátva.

1. táblázat

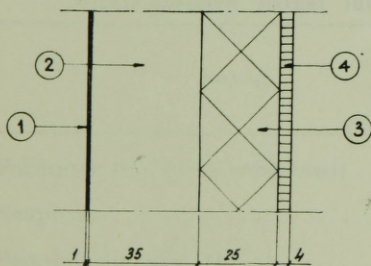
Könnyűszerkezetű homlokzati elemek hőátbocsátási tényezőinek összehasonlítása.

Felületi elem a homlokzaton	k kcal/m ² 0 C°
Kétrétegű thermopán üveg	2,7
Al—Mg—Si könnyűfém keret fényes	3,5
Al—Mg—Si könnyűfém keret anódosan oxidálva ...	4,5
ALSEC hőhídmentes keretprofil anódosan oxidálva .	2,0—2,5
ALISOL hőhídmentes keretprofil anódosan oxidálva	2,0—2,5
HUNGALU hőhídmentes keretprofil anódosan oxidálva	2,0—2,5
HUNGALU tömör falpanel	0,7

A számított és külföldön kísérletekkel is igazolt k értékeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. [2], [3], [4]. A megkívánt követelménynek tehát a hőhídmentes keretprofilok eleget tesznek. A HUNGALU- típusú „hőhídmentes” keretprofilnál a táblázatban közölt értéket a külföldiekével azért vehetjük azonosra, mert a hőhíd megszakítására alkalmazott papírbakelit hővezető képessége közel áll az ott alkalmazott műanyagéhoz. A feltevés kísérleti igazolása azonban célszerű volna.

Az elérhető hőmegtakarítást a 4,5-ös k értékű fémkeret és a 2,0—2,5 k értékű hőhídmentes fémkeret közti különbségből és a keretfelületeknek a teljes felületekhez való arányából lehet megközelíteni, ami 30 C°-os külső és belső hőmérséklet-különbség esetén közelítőleg 75 kcal/m².

A 3. ábrán közölt alaprajznál ez a megtakarítás mintegy 50 t. 4000 kcal értékű szénnek felel meg 25—30 éves üzemelési idő alatt.



5. ábra. Tömör falpanelek rétegződése

1. Külső burkolat (Al. 99,5)
2. Légréteg
3. Hungarocell hőszigetelés
4. Farostlemez

Ez a megtakarítás bár jelentős, önmagában még nem indokolja a „hőhídmentes” szerkezeti megoldást. A kondenzvíz képződésének megakadályozása viszont nagyobb belső fémfelületek esetén elsőrendű fontosságú, aminek gazdaságossági kihatása már nem mérhető.

Mint ismeretes, a kondenzvíz-képződés azzal függ össze, hogy a levegő nedvességfeltevő képessége csökkenő hőmérséklettel csökken. A 6. ábra görbéi összefüggést adnak a levegő abszolút nedvességtartalma és hőmérséklete között 100%-os relatív nedvességtartalom (*a* görbe) és 50%-os relatív nedvességtartalom (*b* görbe) esetén, ha a barométerállás 720 mm. Eszerint pl. a 20 °C-os 50%-os relatív nedvességtartalmú levegő abszolút nedvességtartalma 8,65 g/m³. Ha ez a levegő lehűl, akkor a csökkenő hőmérséklettel nő a relatív nedvességtartalma és 8,7 °C-nál 100%-ot tesz ki. Ha a hőmérséklet ez alá száll, akkor megkezdődik a kondenzvíz lecsapódás. Tehát a 8,7 °C-os hőmérséklet a 8,65 g/m³ abszolút nedvességtartalmú levegő harmatpontja. A hőhídmentes keretek belső felületeinek hőmérsékletét jelen esetben ezen harmatpont felett kell tartani, tehát jelentős hőmérsékletesésre van szükség télen a külső és belső fémfelületek között.

Általában gyakori, intenzív szellőztetéssel a kondenzvíz-képződést hőhidas fémkereteknél is el lehet kerülni, mivel a hideg levegő abszolút nedvességtartalma igen alacsony. Ezt a levegőt felmelegítve száraz meleg levegőt kapunk. Más a helyzet, ha a belső levegő nedvességgel telítődik. Pl. fürdőszobákban, mosóhelyiségekben, és konyhákban vagy ahol sok ember tartózkodik, (irodák, iskolák, vendéglátóipari helyiségek). Külön megemlíthető a légkondicionált levegő, amely igen magas relatív nedvességtartalmú. Ilyen esetben kívánatos a hőhídmentes szerkezet beépítése, (pl. üzetházak, irodaházak, üzemi csarnokok). Az AIAG svájci cég [2] széles körű kísérleteket végzett thermoblokkban elhelyezett hőhidas és hőhídmentes ablakszerkezetekkel egy- és kétrétegű üvegezéssel. A belső és külső felületeket -15 és +23 °C között változtatták különböző relatív levegő-nedvességtartalom mellett. A kísérletek egyértelműen bebizonyították, hogy a kétrétegű thermopán üvegezésen előbb jelent meg a kondenzvíz mint a „hőhídmentes” kereten.

A kísérletek szerint egyszeri üvegezés esetén szükségtelen „hőhídmentes” keretet alkalmazni.

Szerkezeti felépítés

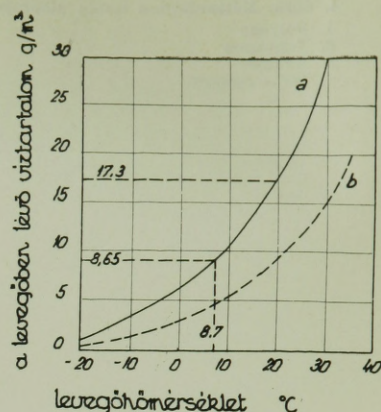
A „hőhídmentes” keretek általában egy belső és egy külső könnyűfém-profilból állnak, melyeket szigetelő (rendszerint műanyag) gerincdarab (betét) köt össze úgy, hogy a kétfajta tulajdonságú anyag szilárdságilag egységes profilt képez. A szigetelő betéttel szemben támasztott főbb követelmények:

1. Hőtágulási tényezője közel azonos legyen az alumíniummal.
2. Hővezetési tényezője minél kisebb legyen az alumíniumhoz viszonyítva.
3. Szilárdsága közelítse meg az alumínium ötvözetekét, napfény és nedvesség hatásának ellenálljon.
4. A szokásos fém-, ill. fa-megmunkálási módokkal a gyártási folyamat elvégezhető legyen.
5. Ára az alkalmazási módnak megfelelően ne legyen túl magas.

A külföldi megoldások közül két alaptípust említünk.

Az „Alsec” profil-szigetelőbetétjét speciális szintetikus kaucsukból sajtoltják (neoprén-típusú műgumi). Jellegzetes tulajdonsága, hogy szilárdságilag tökéletesen együtt dolgozik az alumínium elemekkel.

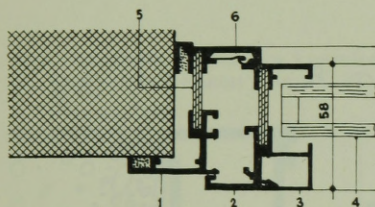
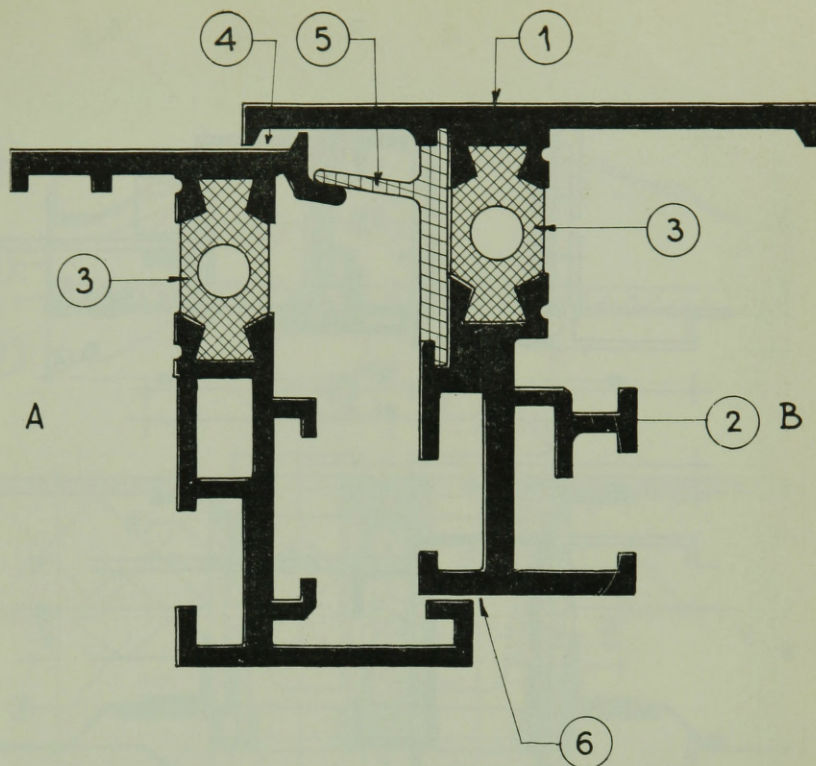
A két anyag közti csúsztatófeszültségeket feltehetően ragasztóanyaggal veszik fel. Az „Alsec” profilokat a félkészáru-gyártó mű állítja elő és a szigeteletlen tömör rudakhoz hasonló tűrésekkel szállítja. A készáru-gyártó üzemek a kész összetett profilok sarok-



6. ábra. A levegő nedvességtartalma a hőmérséklettől függően 720 mm-es barométerállásnál 100 %-os relatív nedvesség (*a* görbe) és 50 %-os relatív nedvesség (*b* görbe) mellett.

7. ábra. „Alsec” hőhidmentes nyílászáró szerkezet

- A) Szárnykeret (mozgó)
B) Tokkeret (fix)
1. Tokprofil külső rész
2. Tokprofil belső rész
3. Műgumi szigetelőrúd
4. Külső ütközés
5. Plasztikus tömítés
6. Belső ütközés



8. ábra. „Alisol” hőhidmentes nyílászáró szerkezet

1. Tokkeret
2. Szárnykeret
3. Üvegszorító
4. Kétrétegű thermopán üvegezés
5. Poliészter szigetelő gerinc
6. Műanyag tömítés

kötéseit elektromos tompahegesztéssel végezhetik. További kedvező tulajdonsága, hogy a kereteket anódikus oxidációnak lehet alávetni, mivel a szigetelt rúdra az oxidációs fürdő nem káros. A 7. ábra egy nyílászáró vízszintes metszetét mutatja „Alsec”-profilokkal.

Másik alaptípus az „Alisol”- konstrukció. Itt a két alu-profil összefogására egy poliészteres típusú műanyag gerincet alkalmaztak (8. ábra).

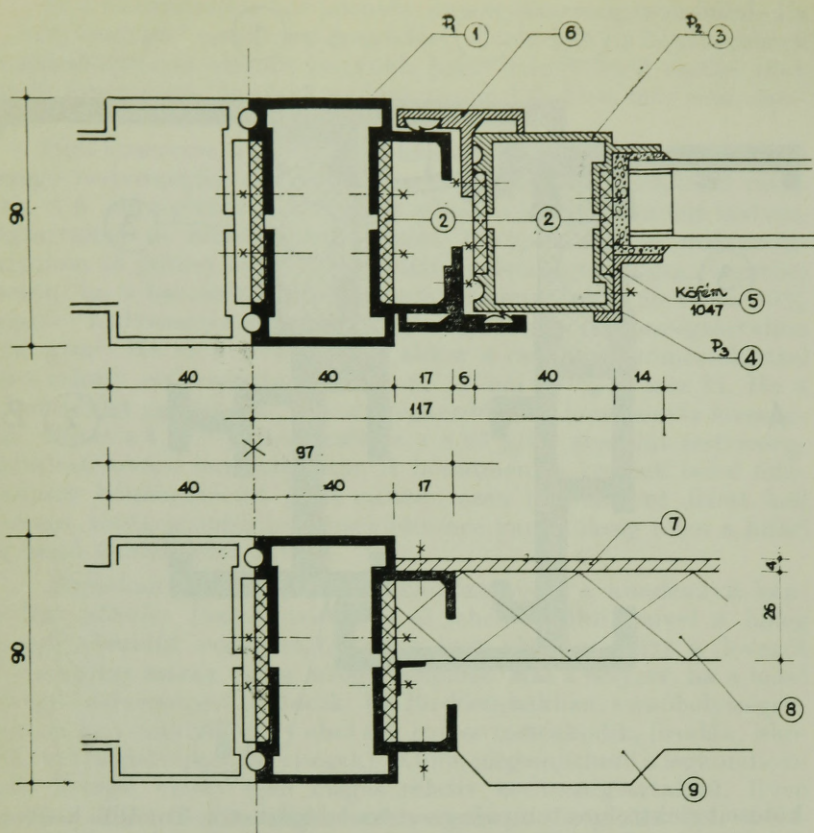
Nagyobb teherbírás esetén kettős gerincet alkalmaznak, és így zárt szekrényes idom keletkezik. A műanyag és fémrészek együttműködését speciális ragasztó biztosítja, mely plasztikus tulajdonságai miatt a kisebb tárgulási egyenlőtlenségeket is felveszi. Egyéb tulajdonságai hasonlóak az „Alsec” szigetelőanyagával.

Hazai lehetőségeinket megvizsgálva több anyag közül a papírbakelit (Rpb. II.) választottuk. Egyes alárendelt helyeken pedig, ahol szilárdsági követelmények nem voltak, a műanyag bevonatú farostlemezt. Ezen anyagok tulajdonságait a 2. táblázatban hasonlítottuk össze a külföldi szigetelőanyagokkal, ill. az Al-Mg-Si-ötvözetrel, melyből a fémrészek kialakítása történt (2. táblázat). A táblázat adatai szerint az alkalmazott műanyagok hőtágulási tényezője közel azonos az alumínium ötvözetrel. Ez utóbbi hővezetési tényezője viszont kb. 700-szor nagyobb a szigetelő műanyagokénál.

2. táblázat

Szigetelőbetétek fizikai tulajdonságainak összehasonlítása a fémkerettel „hőhidmentes” szerkezeteknél

Anyag	Fajsúly kg/dm ³	Szakító szilárdság kg/cm ²	Rugalmassági modulus kg/cm ²	Hőtágulási tényező 1/C°	Hővezetési tényező kcal/
Poliészter (üvegszál erősítéssel)	1,5	1500	100 000	25–30 · 10 ^{–6}	0,21
Neoprene.....	1,3	200	—	20 · 10 ^{–6}	0,2–0,3
Papírbakelit Rpb II.	1,35	1200	95 000	15–25 · 10 ^{–6}	0,3
Műanyag bevonatú farostlemez (dekorit)....	0,85	500	45 000	20 · 10 ^{–6}	0,09
Al—Mg—Si.....	2,7	2000	700 000	24 · 10 ^{–6}	180



9. ábra. „HUNGALU” hőhidmentes nagy ablakos falpanel

1. Belső panelkeret
2. Papírbakelit szigetelőgerinc
3. Ablakszárny belső keret
4. Ablakszárny külső keret
5. Üvegszorító
6. Ütköző profil
7. Farostlemez
8. Hungarocell
9. Alu.-hullámlemez

A „hőhidmentes” profil fémrészeinek kialakítása összetett feladat volt. Itt ugyanis nemcsak a nyílászárók tok- és szárnyrészeinek „hőhidmentes” kialakítását, hanem a különféle rendeltetésű külső és belső teherviselő panelkeretek „hőhidmentes” kialakításának igényét és a hőhidas belső válaszfalpanelek kereteit kellett lehetőleg ugyanazon profilokból kialakítani, ahol teherviselési igény nem mutatkozott. A profiloknak emellett a panelek kapcsolási lehetőségeihez is idomulni kellett.

A követelményeket három új profillal (P_1 , P_2 , P_3) sikerült kielégíteni. Ezek a profilok is főbb méreteikben azonosak és hol a panelkeretek vagy a nyílászárók „hőhidmentes” szárnyprofiljaként, hol egy tömör vagy ajtós válaszfal hőhidas keretként alkalmazhatók.

A „hőhidmentes” külső falpaneleknek három alaptípusa van:

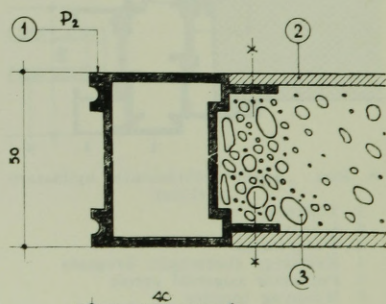
- ablakos, (nagy ablakos és felülvilágító)
- ajtós,
- tömör falpanel.

A nyílászárók a panelbe be vannak építve és összeszerelés után csak az üvegezést kell elhelyezni. A nagy ablakos panel vízszintes metszetei az ablakos valamint a tömör részeknél, a 9. ábrán láthatók. A „hőhíd” gondosan meg van szakítva. Az ablakos részek termopán üvegezésűek, a tömör rész felépítése az 5. ábrán látható.

A fémrészek és a szigetelőbetét együttdolgozásának biztosítására több megoldást próbáltunk ki. Így különböző osztástávolságú, sülyesztett fejű, menetnyomó horganyzott acélsavart és alumínium csőszegecset. Mindkét módszer bevált és a hajlító ill. nyomó próbákon az összetett szelvény együtt dolgozását igazolni lehetett [6]. E módszerek hátránya munkaigényességükben van, ezért a hazai kísérletek is megindultak különféle fémragasztók felhasználására.

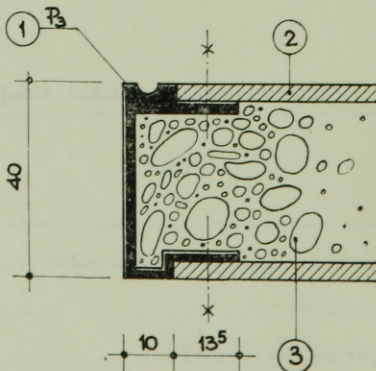
A belső válaszfalak hőhidas kivitelűek és a teherbíróképességi igénytől függően 56 mm, ill. 40 mm vastagságúak. Mindegyiken belül:

- ajtós és
- tömör válaszfalak készülnek.



10. ábra. „HUNGALU” hőhidas teherviselő belső válaszfalpanel keretének metszete

1. Panelkeret
2. Farostlemez
3. Hangszigetelés

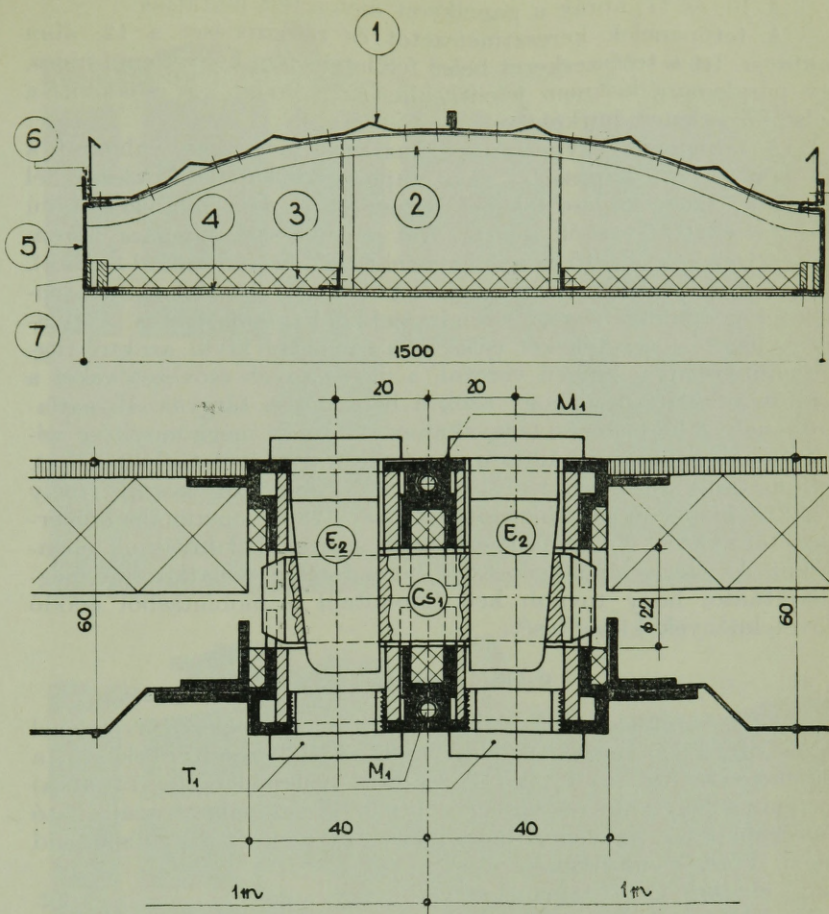


11. ábra. „HUNGALU” hőhidas belső válaszfalpanel keretének metszete

1. Panelkeret
2. Farostlemez
3. Hangszigetelés

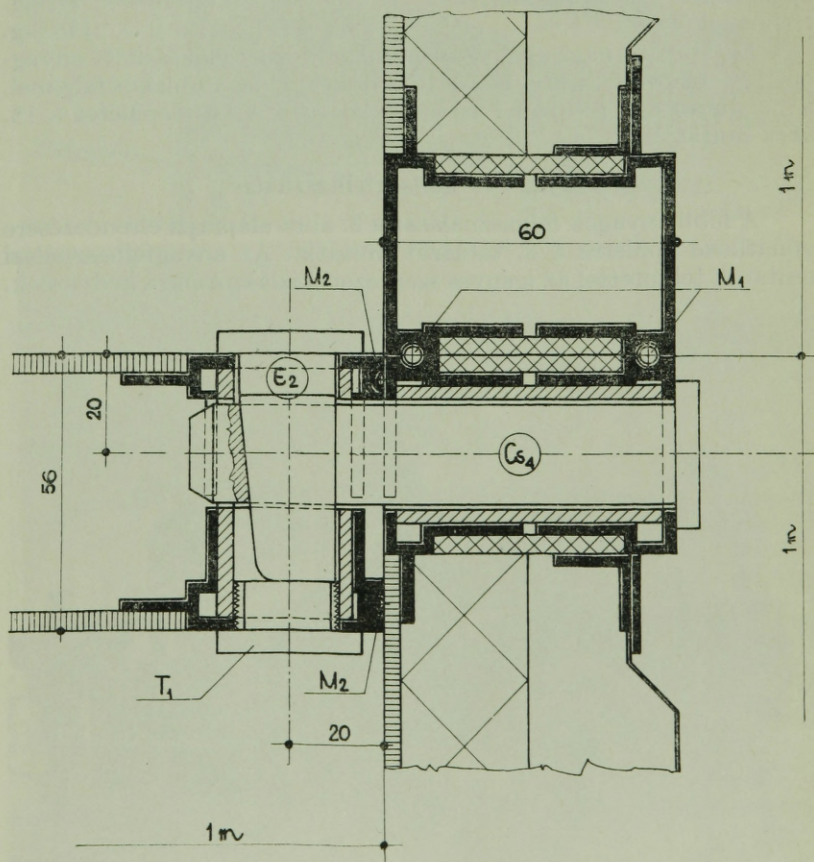
12. ábra. A tetőpanelek keresztmetszete

1. Tetőburkoló alumínium lemez
2. Íves borda
3. Hungarocell
4. Farostlemez
5. Változó magasságú tetőpanel-keret (acél)
6. Szigetelő horganylemez
7. Kapcsolótuskó



13. ábra. Falpanelek párhuzamos kapcsolása

- Cs₁ Ékes pályával ellátott csap
 E₂ Ék
 M₁ PVC-tömítőcső
 T₁ PVC-lezáródugó



14. ábra. Falpanelek merőleges kapcsolása

- Cs₂ Ékes pályával ellátott csap
 E₂ Ék
 M₁, M₂ PVC-tömítőcső
 T₁ PVC-lezáródugó

A 10. és 11. ábrák a panelkeret metszeteit mutatják.

A tetőpanelek keresztmetszetét és rétegződését a 12. ábra mutatja. Itt a tetőszerkezet belső felületein fém közvetlenül nincs, így páralecsapódás nem jelentkezik. A „hőhidat” is csökkenti a belső farostlemez burkolat.

A falpanelek egymással párhuzamos, merőleges, valamint a tetőhöz történő kapcsolása ékes-csapos gyorskapcsoló elemekkel történik. Ezen kapcsolóelemek vezetését a panelekbe kétirányú furattal ellátott tuskók segítik. Két panel összekapcsolása három helyen történik, a tető és a falpaneleké két helyen (13—14. ábra).

A mobil épületek tervezésénél különleges követelmények lépnek fel az épületgépészeti berendezésekkel kapcsolatban is. A villamos világítási vezetékeket célszerű a paneleken kívül, azoktól függetlenül műanyag csőben vezetni, a víz és egyéb csővezetékeket a padlószint alatt úgy, hogy azok a berendezési tárgyaknál csatlakozzanak. A berendezési tárgyakat az átszerelés megkönnyítése végett lábakra tanácsos állítani. Az ismertetett épületnél (3. ábra). automatikus vezérlésű légfűtő — hűtő berendezés készült, mely $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet biztosít télen és $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$ maximális hőmérsékletet nyáron. A számított értékeket mérésekkel kívánjuk ellenőrizni. Az összes épületgépészeti berendezésre vonatkozóan megállapítható, hogy tovább kell finomítani a mobilitásból adódó követelmények kielégítését.

Szállítás és szerelés

A fal- és tetőelemek üzemi előregyártása az üvegezés kivételével teljes egészében megtörténik. A nyílászárók, szerelvények stb. a panelekbe be vannak építve. A szállítás tehergépkocsin (15. ábra) történik a helyszínre. A legnagyobb méretű tetőpanel is szállítható tehergépkocsin. Az elemek mozgatását és szerelését négy fős brigád végzi. Főbb elemsúlyok:

nagy ablakos külső falpanel	70 kg.
ajtós külső falpanel	95 kg.
ajtós teherhordó válaszfalpanel	80 kg.
tetőpanel	146 kg.

Egy brigád napi nyolcórás munkaidő alatt előkészített anyagból 12—15 panelt szerel be. A 16. ábrán egy nagy ablakos falpanel, a 17. ábrán egy tetőpanel szerelése látható. A kész épületet a 18. ábra mutatja.

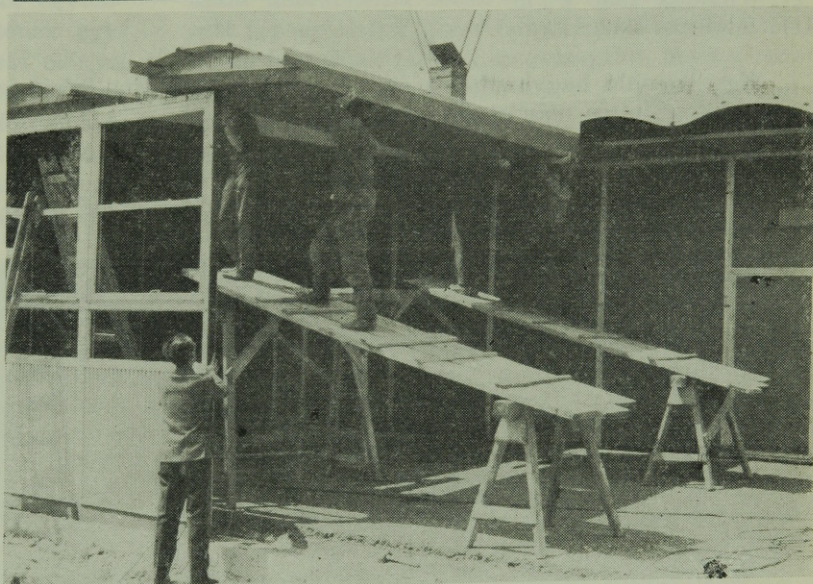
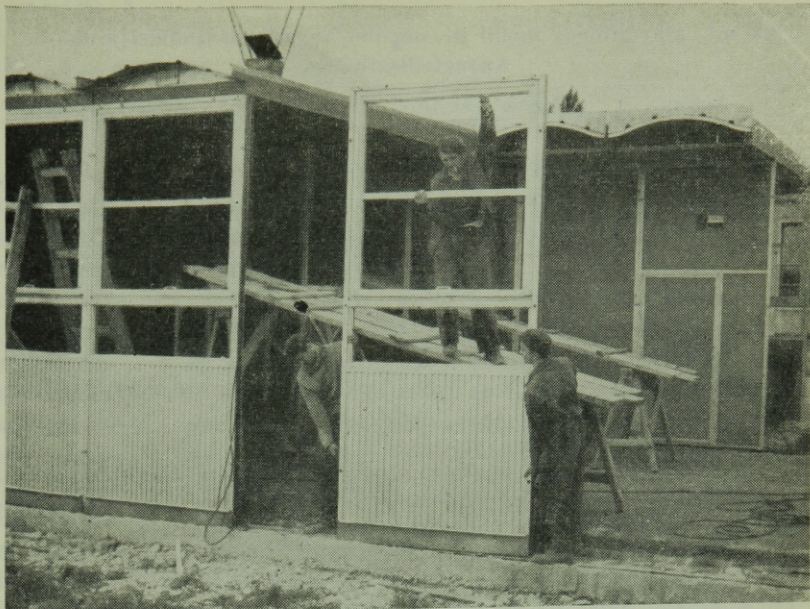
Anyag- és költségfelhasználás

A főbb anyagok felhasználását a 3. ábra alaprajzi elrendezésére vonatkozó épületre a 3. táblázat mutatja. Az anyagfelhasználási mutatók tekintettel az igényes szerkezeti kialakításokra kedvezőek.

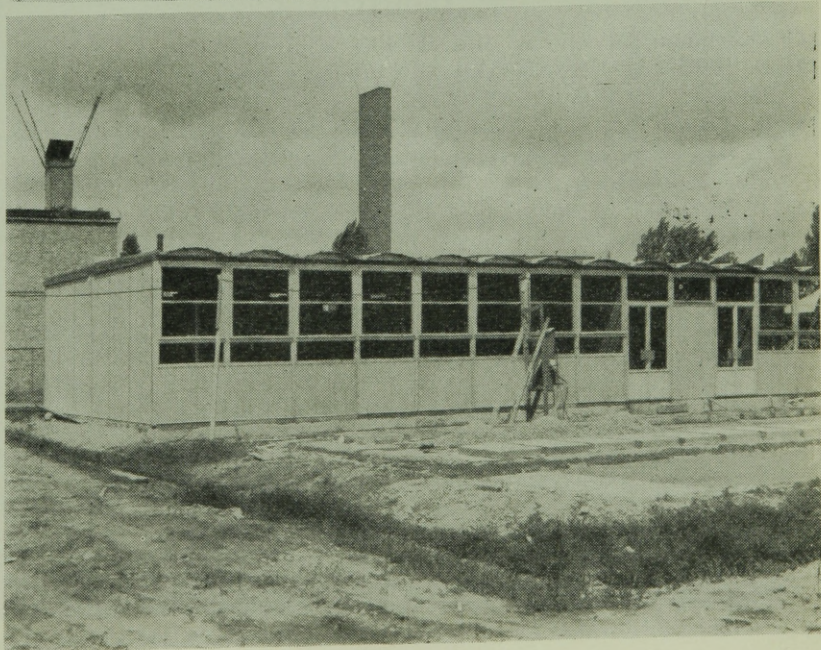


15. ábra. Falpanelek szállítása tehergépkocsin

16. ábra. Nagy ablakos falpanel szerelése



17. ábra. Tetőpanel szerelése



18. ábra. Mobil tervezőirodai műterem
távlati képe

264 m². alapterületű mobil irodaépület anyagfelhasználási mutatói.

Anyagfelhasználás.

Anyag	kg/m ²	kg/lm ³	m ² /m ³	m ² /m ²	m ³ /m ²	³ m/m ³
Al—Mg—Si 1.	8,65	2,7				
Al 99,5	1,39	0,45				
A. 37.12	15,27	4,79				
Farostlemez			2,77	0,87		
Papírbakelit	1,34	0,42				
Hungarocell					0,0338	0,0106

A mobil épületek gazdaságossága többszöri átépítés esetén mutatkozik. A fentiekben ismertetett épületgépészeti berendezésekkel felszerelt épületnél a költségek így alakulnak :

- I. felállítás 4600 Ft/m².
- II. felállítás 2890 Ft/m²
- III. felállítás 2320 Ft/m².

Egy hasonló hagyományos épület m² ára 2750 Ft. Tehát a harmadik felépítés már gazdaságos.

Összefoglalás

Az ismertetett „hőhidmentes” panelszerkezet tervezése, gyártása és szerelése számos értékes tapasztalatot nyújtott egy új építési mód kialakításához korszerű építőanyagok alkalmazásával. További tapasztalatszerzésre ad lehetőséget az épületek gyakorlati üzembe helyezése és megfigyelése. Az ismertetett szerkezeti rendszer felhasználása a mobilitási lehetőségek kihasználásakor indokolt. Raktári készletre gyártás esetén sürgős igények kielégítése egy-két hónap alatt megtörténhetne, hiszen a hagyományos építőipari munka csak az alapozásra terjed ki. Az ismertetett szerkezeti elvek kialakításában Kelecsényi Zoltán és Ásós József okl. építész-mérnökök vettek részt, e cikk szerzőjén kívül. A szerkezetek gyártását az ÉM FÉMMUNKÁS vállalat és az MHD váci gyáregysége végezte.

IRODALOM

- [1] Alumínium hétvégi ház. Műszaki Élet XV. évf. 16. szám.
- [2] E. Zurbrugg: Hőszigetelő Anticorodal ablakkeretek. Aluminium Suisse. N° 2/1956. 41—49. oldal.
- [3] R. Vögtlin: A Shell Tankers Művek rotterdami új építményének teljesen szigetelt „Alsec”-homlokzata. Aluminium Suisse. N° 5/1960. 260—265. oldal.
- [4] M. Spescha: „Alisol”-típusú, szigetelt könnyűfém. Ablakok és homlokzati profilok. Aluminium Suisse. N° 2/1963. 67—78. oldal.
- [5] M. Gottschalk: Könnyűfém az építészetben. Alumínium. Jún. 1962. 411—413. oldal.
- [6] Előregyártott építészeti elemek alumíniumból. ALUTERV 1963. Műszaki fejl. tanulmány. 3925 A.

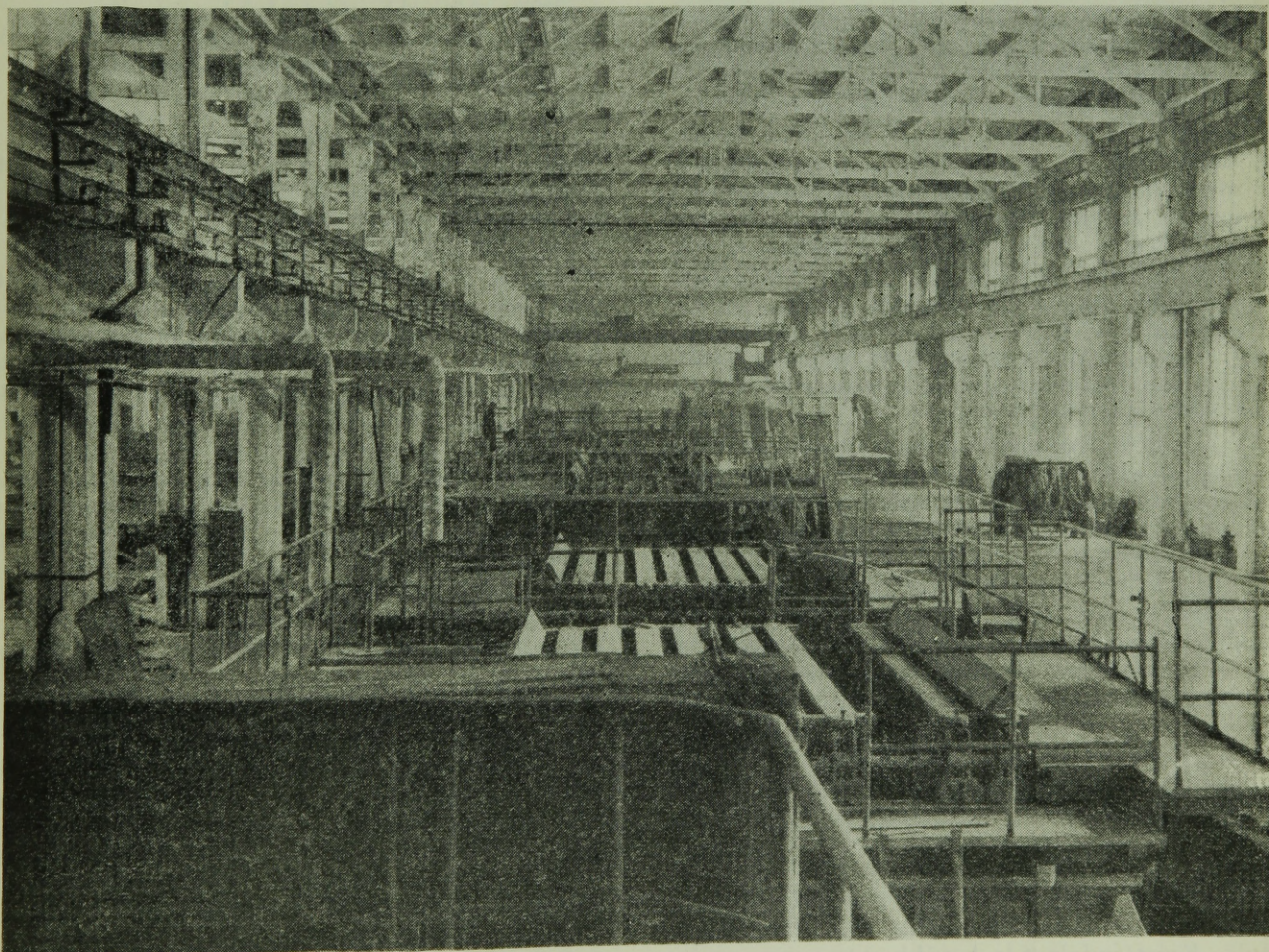
A panelgyártás ciklusidejének vizsgálata csoportzsalu alkalmazása esetén

Dr. PETHE BÁLINT

A panelos lakóházak homogén anyagú épületszerkezeteit — mindenekelőtt pedig a belső teherhordó fal-, födém- és válaszfalpanelokat — külföldön általában csoportzsaluban gyártják, álló helyzetben (1. ábra). A csoportzsalu alkalmazásának, az álló helyzetben történő panelgyártásnak ugyanis számos előnye van, a már hagyományosnak tekinthető aggregátrendszerű gyártással szemben. Így például a *csoportzsalu technológiának* minden más technológiával szemben *kisebb a helyigénye*. A csoportzsaluban gazdaságosan gyártható homogén anyagú belső fal- és födémpanelek térfogat szerint a lakóházhoz szükséges épületelemek kétharmad részét alkotják, de ugyanakkor a gyártásukhoz az összgyártótér egyharmada, illetve a gyártócsarnok területének egyhatoda elegendő. A csoportzsalu további előnyei közé tartozik: a be- és kiszaluzás műveleteinek teljes gépesítése és a mesterséges érlelés folyamatának meggyorsítása. Mindezek az előnyök együttevén a csoportzsalus technológiát hatékony gyártási móddá tették és széles körű bevezetését elő-

segítették. Jelenleg már külföldön — elsősorban pedig a Szovjetunióban — több száz házgyár működik, ahol a csoportzsalukat sikerrel és gazdaságosan alkalmazzák.

Az utóbbi időben hazánkban is üzembe helyeztek néhány csoportzsalut Dunaújvárosban és folyamatban van a budapesti házgyár építése is, ahol a vasbeton fal- és födémpanelokat szovjet rendszerű csoportzsaluban fogják készíteni. Az előbbieken megnevezett épületelemek gyártására ugyancsak csoportzsalus technológiát alkalmaznak a többi behozatalra kerülő szovjet házgyárban is (Győr, Miskolc stb.). Ezért úgy véljük, hogy érdeklődésre tarthat számot a csoportzsalu alkalmazása során a Szovjetunióban szerzett tapasztalatok ismertetése. Ennek során különösen fontosnak tartjuk megvizsgálni, hogy a csoportzsalu nyújtotta előnyöket a gyakorlatban milyen mértékben használják ki? Így például célszerű megvizsgálni, hogy a tömeges gyártás során a tervezett gyártási ciklusidőt a gyakorlatban betartják-e, és ha nem, mi ennek az oka?



1. ábra. Obuhovi Házépítő Kombinát gyártócsarnoka (Leningrád)

Csoportzsaluban gyártott vasbeton panelek ciklusidejének alakulása a Szovjetunió üzemeiben

A gyártó üzem				A panelgyártás ciklusideje					
megnevezése	helye	kapacitása (ezer m ² lakó- területben)	Mérték- egység	Kizsa- luzás	A cso- port- zsalu előkészí- tése betono- záshoz	Betono- zás	A gyár- tási mun- kaműve- letek össz. idő- tartama (5 + 6 + 7)	A beton mester- séges érlelése	Összesen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12. sz. Épület- elemgyár	Moszkva	100	óra %	3,5 15	4,5 19	2,0 8	10,0 42	14,0 58	24,0 100
Épületelemgyár . .	Vilna	25	óra %	2,1 13	3,5 22	1,4 9	7,0 44	9,0 56	16,0 100
Épületelemgyár	Kemerovo	25	óra %	2,0 11	4,0 23	1,5 9	7,5 43	10,0 57	17,5 100
1. sz. Épületelemgyár .	Kujbisev	140	óra %	1,5 11	3,5 26	1,5 11	6,5 48	7,0 52	13,5 100

1. A gyártási ciklusidő alakulása a csoportzsalu technológiánál

A csoportzsalu előbbieken ismertetett előnyei közül egyik leglényegesebb a mesterséges érlelés idejének lerövidítése. A teljesen zárt térben folyó intenzív gőzölés eredményeképpen ugyanis a beton 7—8 óra alatt eléri a tervezett kockaszilárdság 70%-át, így az elem — a műszaki előírások szerint — kiszaluzható. A betonozásra és az azt megelőző műveletek elvégzésére ugyanakkor a norma szerint 4—5 óra szükséges. Ennek megfelelően a *gyártás ciklusideje* — a szervezési és technológiai utasítások betartása esetén — *nem haladja meg a 12 órát*. Ez viszont azt jelenti, hogy folyamatos (három műszakos) üzemeltetéssel a csoportzsalukat naponta kétszer lehet a gyártás céljára igénybe venni.

A műszakilag megalapozott 12 órás gyártási ciklusidőt azonban sok üzemben még nem tartják be. A moszkvai CNIIEP zsilisca kutatóintézet több intézménnyel együttműködve megvizsgálta a csoportzsaluban gyártott vasbeton panelek tényleges ciklusidejének alakulását a Szovjetunió üzemeiben. Az 1. táblázatban közöljük a vizsgálat eredményét négy épütelelemgyárra vonatkozóan.

(Mind a négy üzemben a nálunk is ismert I-464 j., vagy annak helyi változatát jelentő I-605 j. panelházak épütelemeit gyártják). A táblázat adatai szerint a panelgyártás tényleges ciklusideje a vizsgált elemgyárakban 13,5—24,0 óra között változik, tehát lényegesen meghaladja a tervezett 12 órát.

A tervezettnél nagyobb gyártási ciklusidő hátrányosan befolyásolja a termelőkapacitás kihasználását és ezen keresztül az önköltség alakulását. Ezért indokolt a továbbiakban részletesen

megvizsgálni a ciklusidő növekedését előidéző tényezőket és ugyanakkor feltárni a gyártásra fordított idő csökkentésének lehetőségeit.

2. A betonozást megelőző munkafolyamatok időtartama

A gyártási ciklusidő vizsgálata során az 1. táblázatból indulunk ki, ahol az összes gyártási időt főbb termelési folyamatok szerinti bontásban adjuk meg. A közölt adatokból megállapítható, hogy a vizsgált üzemekben a *gyártási munkaműveletek összes időtartama 6,5—10,0 óra között változott*, míg a *mesterséges érlelésre 7—12 órát fordítottak*. A gyártási munkaműveletek nagyobbik hányadát a betonozást megelőző folyamatok tették ki. A csoportzsaluzatban gyártott panelek betonozását megelőző munkafolyamatok időtartama a négy üzemben 5—8 óra, vagyis a gyártással kapcsolatos munkaműveletek összes időtartamának 77—80%-át fordítják az előregyártott elemek ki- és bezsaluzására. Ez az időmennyiség aránytalanul sok, különösen ha figyelembe vesszük, hogy a rekeszfalak mozgatásán kívül lényegében a többi munkafolyamatot is gépesítették. (A sablonok olajozása például az 2. ábrán bemutatott módon történik.)

A közölt adatokból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a be- és kiszaluzás műveleteinek gépesítésével elérhető időmegtakarítás lehetőségét a gyakorlatban nem használják ki megfelelően. Ebből viszont az következik, hogy a munkafolyamatok gépesítése önmagában nem elegendő. *Folyamatos gyártásszervezés nélkül a gépesített munka hatékonysága nem realizálódik*. E megállapítás helyességét igazolják a 2. táblázatban közölt adatok, ahol egy db panelra vonatkozóan

percben megadjuk folyamatos gyártás esetén a betonozást megelőző munkafolyamatok átlagos időtartamát. Az időértékeket helyszíni mérések és megfigyelések alapján állapították meg a műszakilag megalapozott normák készítésénél alkalmazott alapelvek szerint.

A közölt adatok szerint egy panel be- és kiszaluzásával kapcsolatos munkák időtartama átlagosan 41 perc, tehát a *hatrekeszes csoportzsalu esetében 4,1 óra*. A megnevezett munkafolyamatok összes időtartama azonban még abban az esetben sem haladja meg a 4,5 órát, ha figyelembe vesszük a táblázatban nem szereplő néhány kisebb kiegészítő műveletet, illetve a technológiai szükséges állásidőt.

3. A betonozás időtartama

Egy csoportzsaluban általában hat panel készül; a panelok együttes térfogata eléri, illetve meghaladja a 10 m³-t. A *betonozás időtartamát* tehát csak abban az esetben lehet a tervezett 40–50 percre csökkenteni, ha a szükséges betonmennyiséget egy félórán belül megkeverik és a bedolgozás helyére szállítják. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a csoportzsaluk folyamatos és gyors betonellátásának biztosítása érdekében legalább 20 m³/óra kapacitású betonkeverő üzemre van szükség.

A betonkeverő üzem megfelelő kapacitásán kívül azonban fontos szerepet játszik a betonozás

2. táblázat

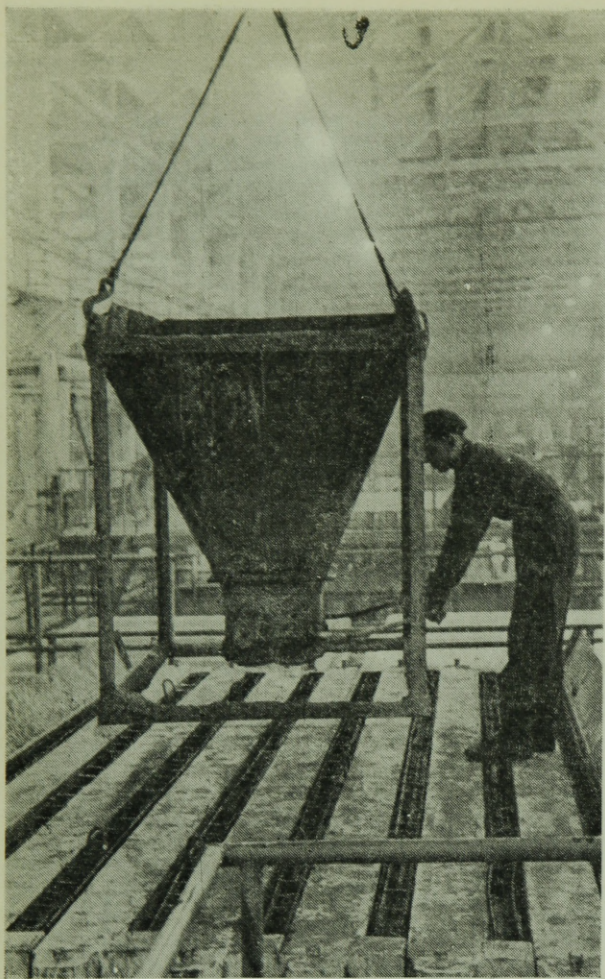
Csoportzsaluban gyártott panelek betonozását megelőző munkafolyamatok átlagos időtartama (percben, 1 db panelra vonatkozóan)

A munkafolyamat megnevezése		Idő-tar-tam
A kész panel kiszaluzása	A csoportzsalu rekeszfalának oldalirányú elmozdítása	1
	A panel felfüggesztése a darura és kiemelése a csoportzsaluból	6
	A panel elszállítása a tárolóhelyre	3,5
	A daru visszatérése a csoportzsaluhoz	0,5
	Összesen	11
A csoportzsalu egyik rekeszének előkészítése a betonozáshoz	Tisztítás	6
	Olajozás	9
	Armatúra elhelyezése	8
	A beépítésre kerülő idomvasak elhelyezése a sablonban	6
	A csoportzsalu rekeszfalának visszahelyezése	1
	Összesen	30
A megnevezett munkafolyamatok össz. időtartama		41



2. ábra. A csoportzsalu rekeszfalainak olajozása

időtartamának csökkentésében a betonkeverék szállítási módjának helyes kiválasztása is. A korszerű házgéárakban, illetve épütelelemgyárakban általában a kis helyet elfoglaló *pneumatikus szállítóberendezést* alkalmazzák a betonkeverék továbbítására. A pneumatikus betonszállítás azonban jelenlegi formájában nem a legalkalmasabb a csoportzsaluk betonigényeinek kielégítésére. Csővezetéken keresztül ugyanis csak plasztikus betonok szállíthatók kellő biztonsággal, míg a csoportzsalukba ugyanakkor a földnedves beton is könnyen és jól bedolgozható. Célszerűtlen és egyben gazdaságtalan lenne tehát, ha a csoportzsaluba a pneumatikus szállítás alkalmazásának érdekében a földnedves beton helyett plasztikusot dolgoznának be, mert ennek következtében növekedne a felhasznált cement mennyisége és a mesterséges érlelés időtartama. Ezért még a nagy kapacitású házgéárakban is *gyakran konténert (bunkert)* alkalmaznak a beton szállítására (3. ábra). A konténeres betonszállítás azonban már elavult és nem elégíti ki a folyamatos gyártásszervezés követelményeit. Alkalmazása esetén a betonozás időtartama 1,5–2,0 óra. Ezért az újonnan létesített elemgyárakban már, ahol első sorban földnedves betonkeveréket dolgoznak be, *szállítószalag-rendszert* alkalmaznak. A szállítószalagokról gyűjtő- és elosztóbunkerekén keresztül, lefolyócsúszdák segítségével jut el a betonkeverék

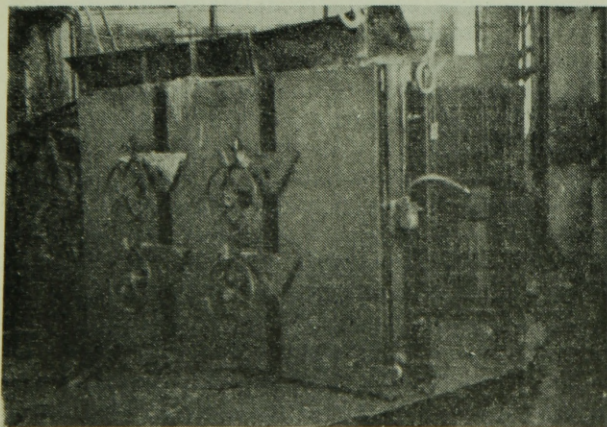


3. ábra. A beton szállítása konténerben

a bedolgozás helyére. A szállítoszalag-rendszer bár sok helyet foglal el és a bonyolult szerkezetű berendezések hibalehetősége is nagy, mégis jelenleg a leggazdaságosabb betonszállítási módnak tekinthető.

4. A beton mesterséges érlelésének időtartama

A beton mesterséges érlelése több időt igényel, mint a gyártással kapcsolatos munkaműveletek együttléve. Éppen ezért a gyártási ciklusidő csökkentése szempontjából nagy jelentőséggel bír



4. ábra. Legyezőszerűen szétnyíló csoportzsalu

minden olyan ténykedés, amelyik a beton érlelési idejének lerövidítését tűzte ki célul.

A beton mesterséges érlelésére fordított időt elsősorban a *gőzölés technológiájának tökéletesítésével* lehet csökkenteni. Az ilyen irányú kutatások során megállapítást nyert, hogy a mesterséges érlelés hatékonysága abban az esetben a legnagyobb, ha a 10—12 cm vastag panelban a hőmérséklet 3—4 órás gőzölés után eléri a 90°-ot. A gyors hőemelkedés mellett azonban fontos követelmény az egyenletes hőelosztás is. Éppen ezért célszerű a gőzölőtérbe mindkét oldalról egyidőben bevezetni a gőzt. A gőzvezetékhez pedig a gőzölőtérben „U” alakú leágazásokat kell csatlakoztatni, és pedig úgy, hogy a csőtoldalék egyik ága a gőzölőtér közepe táján, míg a másik az alsó részében foglaljon helyet. A kétoldalt belépő gőzvezetékhez csatlakozó perforált csőtoldalékok a gőzölőtér közepéig nyúlnak be és így annak alsó felét egyenletesen melegítik. A gőz kibocsátására szolgáló kerek nyílások a csőtoldalékok alsó felületén helyezkednek el. A gőzölőrekeszek ilyen kialakításával számottevően csökkenthető a mesterséges érlelés időtartama. A beton szilárdulása egyenletesebbé válik és a panel különböző részeinek szilárdsága közötti eltérés nem haladja meg a 10%-ot (a korábban általánosnak tekinthető 25—50%-kal szemben).

Ugyancsak a gőzölés hatékonyabbá tételét szolgálja a panelek felső, egyetlen nyitott felületének megfelelő letakarása is. A takarót olyan hő- és páraszigetelő anyagból, illetve anyagokból kell kialakítani, amelyek aránylag könnyűek, tartósak és emellett a hőveszteséget a minimumra csökkentik.

A mesterséges érlelés időtartamát ezenkívül a *betongyártás technológiájának módosításával* is lehet csökkenteni. A földnedves betonok alkalmazásából származó előnyökre már utaltunk. További előny érhető el, ha kötőgyorsítót használnak.

Ma már hagyományosnak tekinthető a nátriumklorid, illetve a kalciumklorid alkalmazása, melynek mennyiségét általában a felhasznált cement súlyának 1%-ában állapítják meg.

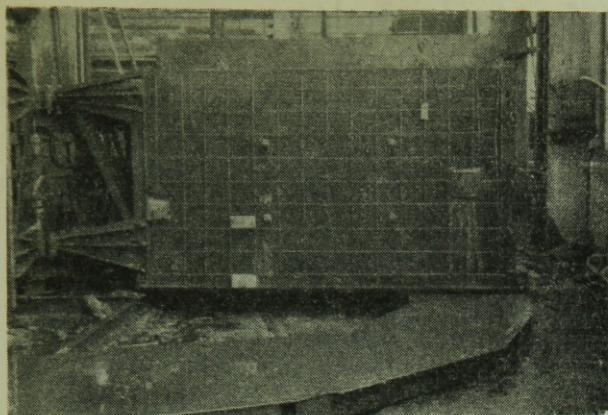
Jelentős mértékben — 1—2 órával — csökkenthető a gőzölés időtartama *nagy kezdőszilárdságú cement* alkalmazása esetén.

Végül megemlítjük az *utóérlelés módszerét*, melynek segítségével többletköltség nélkül csökkenthető a mesterséges érlelés ideje. E módszer azon a megfigyelésen alapszik, hogy álló helyzetben gyártott panelek 70 kg/cm² kockaszilárdság elérése után minden károsodás nélkül kiszaluzhatók. Ilyen szilárdságot pedig 4,5 órás gőzölés után kötőgyorsítót nélkül is el lehet érni.

A tervezett szilárdság elérésének biztosítása céljából azonban szükséges az ilyen korábban kiszaluzott paneleket 2—3 napig az érlelőteren (lehetőleg a gyártócsarnokban, vagy közvetlenül mellette) tárolni.

5. A csoportzsalu tökéletesítése

A Szovjetunióban több kutatóintézet foglalkozik a gyártás technológiájának fejlesztésén túl a csoportzsalu tökéletesítésével is. Így az utóbbi időben módosították a rekeszfalak mozgatásának



5. ábra. Válaszfalpanelek gyártása legyezőszerűen szétnyíló csoportzsaluiban

korábban alkalmazott rendszerét. Ezáltal gyorsabbá tették a be- és kiszaluzást. Ezenkívül figyelemre méltók a 4. ábrán bemutatott legyezőszerűen szétnyíló csoportzsaluval kapcsolatos kísérletek is. Az ilyen csoportzsalu különösen alkalmas vékony válaszfalpanelek gyártására (5. ábra).

*

A csoportzsalus gyártástechnológiában rejlő előnyök hazánkban is közismertek. E lehetőségek teljes kihasználása azonban nem olyan egyszerű feladat. Különösen nem lesz az hazánkban, ahol a gyakorlat hiánya miatt a kezdeti szakaszban csak részben tudjuk kihasználni a csoportzsalu-nyújtotta előnyöket. A szovjet tapasztalatok hazai hasznosítása azonban átsegít bennünket ezen az akadályon.

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének lapja, az

IPARGAZDASÁG

ipari nagyvállalatok vezetésének fejlesztését szolgáló javaslatok tudományos kidolgozására hirdetett pályázatának eredménye

A pályázatra beérkezett 54 pályamű értékelésére alakított bizottság és a felkért bírálók javaslatai alapján szerkesztő bizottságunk 1965. május 21-én a következő döntést hozta:

5000,— Ft-os díjat kapott

a „Komplett termékek műszaki világszintje és export-gazdaságossága” jellegű és című pályázat. A pályázó:

Bucsy László (Hajtómű és Felvonógyár)

A bizottság a kitűzött díjak számát felemelve a következő pályaműveket részesítette egyenként

3000,— Ft-os díjban

„Termelés” jellege: Gáti Jenő—Kárpáti László (Budapest).

„Organisatio Fy 47” jellege: Simán Gyula (Papíripari V.).

„C—O—S—A” jellege: Kovács László—Szarka György (Ganz-MÁVAG).

„Társadalmi hasznosság” jellege: Dénes József—Zalatnai Ottó (Magyar Posztógyár).

A kitűzött díjakon felül, a bizottság javaslatára, az alábbi értékes pályaműveket 500,— Ft pénzjutalomban és elismerésben részesítettük:

„Anyaggazdálkodás 22” jellege: Sebestyén György—Strasser Gyula (Lenfonó és Szövőipari V.).

„373”6 jellege: Séllei János—Németh József (Balatonalmádi),

„Ellenőrzés-szervezés 1965” jellege: Majoros István—Dr. Pitroff Pál (Egyesült Izzólámpa és Villamosági Rt.),

„Szumuláció” jellege: Fekete András (Budapest)

„Zöld pelikán” jellege: Dr. Bakó József—Dr. Lengyel Károly (Műszeripari Kutató Intézet—Mérés-technikai Központi Kutató Laboratórium),

„Gyártástechnológiai ágazatok koncentrációja” jellege: Takács Áron (Villamos Berendezések és Készülék Művek),

„Gyártásszervezés” jellege: Németh Antal—Sereg Ferenc (Csepel Vas- és Fémművek — Telefongyár),

„Takarékosság 1965” jellege: Cserta Péter (Pécsi Hőerőmű V.),

„Teoria dell' Organizzazione” jellege: Farkas Gyula (Szigetszentmiklós)

„Gazdasági tartalék” jellege: Dr. Bardos László—Séllei János (Fűzfőgyártelep — Balatonalmádi),

„Önelszámolás” jellege: Gáspár Béla (Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt.),

„Ipari nagyvállalatok termelésirányítási rendszere”: Bucsy László (Hajtómű és Felvonógyár).

A 7000,— Ft-os pályadíjat nem adtuk ki, mert erre méltó munka nem érkezett be.

Az IPARGAZDASÁG c. folyóirat a díjazott pályaműveket folyamatosan publikálja.

A szerkesztő bizottság nevében

Dr. Harsányi István s. k.
főszerkesztő

Keretszerkezetek számítása szélterhelésre differencia-egyenletek segítségével

Dr. CSONKA PÁL
Kossuth díjas

1. Bevezetés

Sok emeletes keretszerkezeteknek szélnyomásra való számítása általában igen hosszadalmas és fárasztó művelet, főleg akkor, ha a keretoszlopok a keretgerendákhoz képest aránylag merevek. Ilyen esetekben ui. a szokásos iterációs számító eljárások konvergencia-viszonyai rendkívül kedvezőtlenek.

Az alábbiakban az efféle esetekben is célszerűen alkalmazható számító eljárást mutatunk be. Az ismertetendő eljárás differencia-egyenletekkel dolgozik s mint ilyen, akkor használható célszerűen, ha az emeletmagasságok, valamint a rudak merevségi viszonyai számos egymás feletti emeleten azonosak.

2. Számítási feltevések, jelölések

Vizsgálataink sok emeletes derékszögű oly keretszerkezetekre vonatkoznak, melyek rúdjaiknak merevségi viszonyai az ún. *arányos keretek* [1] merevségi viszonyaitól legfeljebb kevésbé különböznek.

A vizsgálandó keretszerkezetnek az 1. ábrán vastag vonallal kihúzott *szabályos szakasz* az emeletmagasság állandó. Ugyanitt az egymás felett álló oszlopok minden emeleten azonos keresztmetszetűek, az egymás felett levő keretgerendák pedig azonos merevségűek. A keretszerkezet vékony vonallal kihúzott alsóbb emeletein az emeletmagasságok a szabályos szakasz emeletmagasságaitól eltérők lehetnek, s más lehet az oszlopok keresztmetszete, illetve a keretgerendák merevsége is.

A keretszerkezet emeletszintjeit felülről lefelé haladó sorszámmal látjuk el. A legfelső emeletszint sorszáma 0, a szabályos szakasz legalsó emeletszintjéé pedig s .

A keretszerkezetre ható szélerőket az egyes emeletszintek magasságában ható összpontos erőként vesszük számításba. Értékük a szabályos szakasz közbenső emeletszintjének magasságában P , a legfelső szinten $P/2$. A többi emeletszinten az összpontos szélerő tetszőleges $P_s, P_{s+1}, P_{s+2}, \dots, P_{s+t-1}$ értékű lehet.

A keretszerkezet anyagát tökéletesen rugalmasnak, erőjátékát síkbelinek, az E rugalmassági modulust pedig a szerkezet egészén állandónak feltételezzük. Az alakváltozások számításakor csak a hajlítónyomatékok hatását vesszük tekintetbe, a derék- és nyíróerőknek a szerkezet alakváltozására gyakorolt hatását figyelmen kívül hagyjuk.

A fenti kikötések folytán az oszlopok alakváltozását teljes hosszukban azonosnak tekinthetjük, s a keretszerkezetet közönséges oly konzollal helyettesíthetjük, mely alul mereven, az egyes emeletszintek magasságában pedig rugalmasan van befogva. E konzolt *helyettesítő tartónak* [2] nevezzük. A helyettesítő tartó keresztmetszetének tehetetlenségi nyomatéka az azonos szinten levő

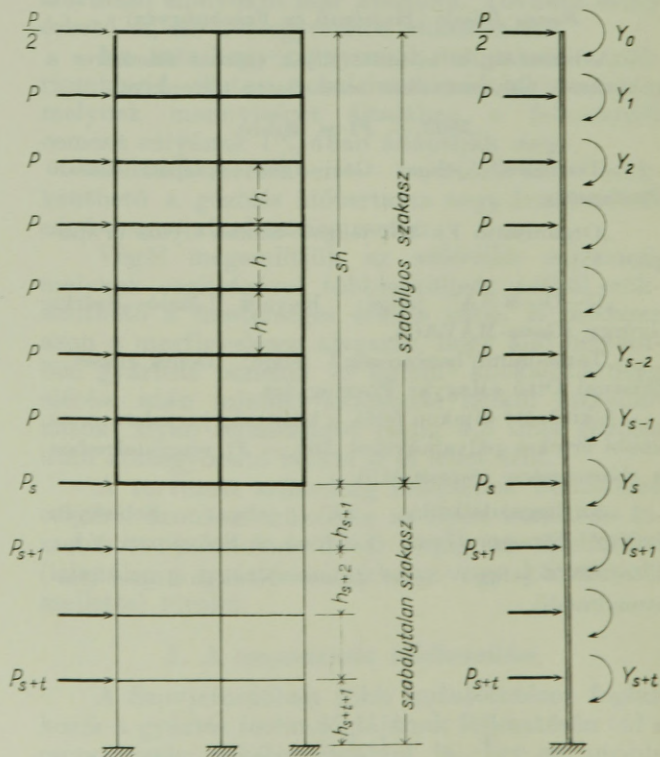
oszlopkeresztmetszetek tehetetlenségi nyomatékának összegével egyenlő, a rugalmas befogások ágyazási tényezője viszont az azonos szinten levő gerendavégek merevségének összegével egyezik. A helyettesítő tartó keresztmetszetének tehetetlenségi nyomatékát a szabályos szakaszon J betűvel, a szabályos szakasz alatti emeleteken pedig rendre $J_{s+1}, J_{s+2}, \dots, J_{s+t}$ betűvel jelöljük. A rugalmas befogások ágyazási tényezője a szabályos szakaszon K , a szabályos szakasz alatti emeletszinteken pedig rendre $K_{s+1}, K_{s+2}, \dots, K_{s+t}$.

Az n -edik emeletszint magasságában a helyettesítő tartóra átadódó rugalmas befogónyomaték betűjele Y_n . A helyettesítő tartó hajlítónyomatéka közvetlenül az n -edik emeletszint felett, illetve alatt M_n , illetve L_n .

3. Illeszkedési feltételek

A keretoszlopok és keretgerendák hézagmentesen illeszkednek egymáshoz, tehát a kapcsolatok helyén az oszlopoknak és a gerendáknak azonos szöggel kell elfordulniuk. Ugyanez az *illeszkedési feltétel* a helyettesítő tartó esetében úgy fogalmazható, hogy a tartó tengelyvonalának elfordulása az egyes emeletszintek magasságában ugyanakkora tartozik lenni, mint az ugyanott működő rugalmas befogónyomaték által előidézett elfordulás.

A helyettesítő tartó tengelyvonalának elfordulását a vizsgált keresztmetszet alatti nyomaték-



1. ábra. Sok emeletes keretszerkezet

2. ábra

ábra redukált területével fejezzük ki. Az n -edik emeletszint alatti ezen területet F_n betűvel jelöljük. Az F_n területet a terheknek és a rugalmas befogónyomatékoknak megfelelő két részből: F_n^I -ből és F_n^{II} -ből rakjuk össze.

Az F_n^I redukált területet számításához tudnunk kell, hogy ennek az i -edik és $(i-1)$ -edik emelet-

szintek közé eső részlete.

$$\frac{Ph^2}{4EJ} (2i^2 - 2i + 1); \quad 1 \leq i \leq s.$$

Ha tehát a szabályos szakasz alatti redukált területrészek összege F^I , akkor az n -edik emelet-szint alatti redukált terület:

$$F_n^I = \frac{Ph^2}{4EJ} \sum_{n+1}^s (2i^2 - 2i + 1) + F^I = \frac{Ph^2}{2EJ} \sum_{n+1}^s i^2 + \frac{Ph^2}{4EJ} (s-n) - \frac{Ph^2}{2EJ} \left[\frac{s(s+1)}{2} - \frac{n(n+1)}{2} \right] + F^I = \frac{Ph^2}{2EJ} \sum_{n+1}^s i^2 - \frac{Ph^2}{4EJ} (s^2 - n^2) + F^I; \quad 0 \leq n \leq s-1,$$

illetve némi átalakítással

$$F_n^I = \frac{Ph^2}{2EJ} \sum_{n+1}^{s+1} i^2 - \frac{Ph^2}{2EJ} (s+1)^2 - \frac{Ph^2}{4EJ} (s^2 - n^2) + F^I; \quad 0 \leq n \leq s.$$

Az F_n^{II} redukált terület esetében a szabályos

szakasz alatti redukált területrészt F^{II} -vel jelölván, az F_n^{II} redukált terület így fejezhető ki:

$$F_n^{II} = \frac{h}{EJ} \left[(s-n) \sum_0^{n-1} Y_i + \sum_n^s (s-i) Y_i \right] + F^{II}; \quad 1 \leq n \leq s.$$

Innen némi átalakítással

$$F_n^{II} = \frac{h}{EJ} \left[(s-n) \sum_0^n Y_i - (s-n) Y_n + \sum_n^s (s-i) Y_i \right] + F^{II}; \quad 0 \leq n \leq s.$$

A keresett F_n redukált terület az F_n^I és F_n^{II} redukált területrészek összege:

$$F_n = \frac{Ph^2}{2EJ} \left[\sum_{n+1}^{s+1} i^2 - (s+1)^2 - \frac{s^2 - n^2}{2} \right] + \frac{h}{EJ} \left[(s-n) \sum_0^n Y_i - (s-n) Y_n + \sum_n^s (s-i) Y_i \right] + F^I + F^{II}; \quad 0 \leq n \leq s.$$

Az F_n redukált területet ismervén, az illeszkedési feltétel a szabályos szakaszon így fejezhető ki:

$$F_n = -\frac{1}{K} Y_n; \quad 0 \leq n \leq s.$$

Ha megállapodunk a

$$\beta = \frac{Kh}{EJ} \quad (1)$$

jelölésben, a szóban forgó illeszkedési feltételt ekként fogalmazhatjuk:

$$\beta \left[\frac{Ph}{2} \sum_{n+1}^{s+1} i^2 - \frac{Ph}{2} (s+1)^2 - \frac{Ph}{4} (s^2 - n^2) + (s-n) \sum_0^n Y_i - (s-n) Y_n + \sum_n^s (s-i) Y_i \right] + K(F^I + F^{II}) + Y_n = 0; \quad 0 \leq n \leq s. \quad (2)$$

A nem szabályos szakaszon az illeszkedési feltételek:

$$\begin{aligned} F_{s+1} &= -\frac{1}{K_{s+1}} Y_{s+1}, \\ F_{s+2} &= -\frac{1}{K_{s+2}} Y_{s+2}, \\ &\dots\dots\dots \\ F_{s+t-1} &= -\frac{1}{K_{s+t-1}} Y_{s+t-1} \end{aligned} \quad (3)$$

4. A feladat differencia-egyenlete

A (2), illetve (3) alatti folytonossági feltételt az egyes emeletszintekre felírva, lineáris egyenletrendszert kapunk. Ebből az egyenletrendszerből

az $Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_{s+t-1}$ ismeretlenek mindenkor kiszámíthatók.

A számításnak imént jelzett módja azonban az ismeretlenek nagy számára való tekintettel igen körülményes. Épp ezért az alábbiakban a feladat megoldására más módszert — a differencia-egyenletek módszerét — alkalmazzuk. Ezáltal lehetségessé válik majd a szerkezet szabályos szakaszára vonatkozó $(s+1)$ egyenletet egyetlenegy egyenletté összevonni.

A feladat differencia-egyenletének előállításához írjuk fel a (2) illeszkedési feltételt a szerkezet szabályos szakaszának $(n-1)$ -edik és $(n+1)$ -edik csomópontjára:

$$\beta \left[\frac{Ph}{2} \sum_n^{s+1} i^2 - \frac{Ph}{2} (s+1)^2 - \frac{Ph}{4} (s^2 - n^2 + 2n - 1) + (s-n+1) \sum_0^n Y_i - (s-n+1) Y_{n-1} + \sum_{n-1}^s (s-i) Y_i \right] + K(F^I + F^{II}) + Y_{n-1} = 0, \quad (4)$$

$$\beta \left[\frac{Ph}{2} \sum_{n+2}^{s+1} i^2 - \frac{Ph}{2} (s+1)^2 - \frac{Ph}{4} (s^2 - n^2 - 2n - 1) + (s-n-1) \sum_0^{n+1} Y_i - (s-n-1) Y_{n+1} + \sum_{n+1}^s (s-i) Y_i \right] + K(F^I + F^{II}) + Y_{n+1} = 0. \quad (5)$$

Az utóbbi két egyenlet közül az első nyilván csak az $n \geq 1$ esetben, a második pedig csak az $n \leq s-1$ esetben értelmezett.

Ha most a (4) és (5) egyenleteket összeadjuk, majd az így nyert összegből a (2) egyenlet kétszeresét levonjuk, a következő eredményre jutunk:

$$Y_{n+1} - (2 + \beta) Y_n + Y_{n-1} = P\beta hn. \quad (6)$$

Ez az egyenlet — *a feladat differencia-egyenlete* — egyszerű összefüggést állapít meg a szabályos szakasz $Y_0, Y_1, \dots, Y_s$ rugalmas befogónyomatékai közt.

5. A differencia-egyenlet általános megoldása

A feladat differencia-egyenletének általános megoldása a homogén egyenlet általános megoldásából és az inhomogén egyenlet egyik partikuláris megoldásából rakható össze:

$$Y_n = Y_{nh} + Y_{ni}. \quad (7)$$

A *homogén* egyenlet általános megoldásának előállításához meg kell határoznunk a

$$\lambda^2 - (2 + \beta)\lambda + 1 = 0$$

karakterisztikus egyenlet gyökeit:

$$\lambda_{1,2} = 1 + (\beta/2) \pm \sqrt{\beta + (\beta/2)^2} \quad (8)$$

A gyököket ismerve, a homogén differencia-egyenlet általános megoldása:

$$Y_{nh} = A\lambda_1^n + B\lambda_2^n,$$

illetve a

$$\lambda_1 \lambda_2 = 1$$

összefüggés figyelembevételével

$$Y_{nh} = A\lambda_1^n + B\lambda_1^{-n}. \quad (9)$$

Itt az A és B mennyiségek egyelőre határozatlan állandók.

Az *inhomogén* egyenlet egyik partikuláris megoldása esetünkben elsőfokú polinom, mert a differencia-egyenlet külső tagja is az. Ezek szerint a szóban forgó partikuláris megoldás

$$Y_{ni} = an + b$$

alakú. Ha ezt a kifejezést a (6) differencia-egyenletbe behelyettesítjük, az

$$a(n+1) + b - (2 + \beta)(an + b) + a(n-1) + b = P\beta hn$$

összefüggést kapjuk, ezt pedig a lehetséges egyszerűsítések után így írhatjuk:

$$-an - b = P\beta hn.$$

Az előbbi egyenlet tetszőleges n esetében csak akkor teljesülhet, ha

$$a = -P\beta h, \quad b = 0.$$

Fenti értékek figyelembevételével a szóban forgó partikuláris megoldás ekként alakul:

$$Y_{ni} = -P\beta hn. \quad (10)$$

Ha ezek után a (9) és (10) alattiakat a (7) képletbe behelyettesítjük, a differencia-egyenlet általános megoldásaként ezt a képletet kapjuk:

$$Y_n = A\lambda_1^n + B\lambda_1^{-n} - P\beta hn. \quad (11)$$

Ez a képlet természetesen csak a szerkezet szabályos szakaszán, vagyis csupán a $0 \leq n \leq s$ szakaszon érvényes.

6. Az A és B együtthatók meghatározása

A (11) alatti általános megoldás képletében szereplő A és B együtthatóknak nem tulajdoníthatunk tetszőleges értéket. Ezeknek az állandóknak olyanoknak kell lenniük, hogy az általános megoldás feleljen meg a szabályos szakasz két tetszőleges csomópontján a (2) alatti illeszkedési feltételnek. Természetesen, az evégett felírandó két illeszkedési egyenleten felül még a (3) jelű illeszkedési egyenletet is fel kell írni, mégpedig annyiszor, ahány födémszint van a nem szabályos szakaszon. Ily módon, ha a nem szabályos szakaszon az emeletszintek száma $t-1$, az $A, B, Y_{s+1}, Y_{s+2}, \dots, Y_{s+t-1}$ ismeretlenek meghatározására összesen $t+1$ illeszkedési egyenletet állíthatunk fel. Ezek az egyenletek az ismeretlenek meghatározására éppen elégségesek.

7. A rudak végnomatékai

Az $A, B, Y_{s+1}, Y_{s+2}, \dots, Y_{s+t}$ ismeretleneket meghatározva, a helyettesítő tartó $Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_s$ rugalmas befogónyomatékainak az értékét a (11) képlet segítségével számíthatjuk ki. Ha ez megtörtént, vagyis ha valamennyi rugalmas befogónyomatékot már meghatároztuk, hozzáláthatunk a helyettesíthető tartó M_n és L_n hajlítónyomatékának számításához. A számítást egyszerű statikai megfontolások alapján ugyanúgy végezhetjük el, ahogy az egyszerű konzolok esetében szokásos.

Mindezek után most már visszatérhetünk a helyettesítő tartóról az eredeti keretszerkezetre. E keret n -edik keretgerendájának végnomatékait úgy kapjuk meg, hogy az Y_n rugalmas befogónyomatékot a gerendavégek merevsége arányában szétosztjuk.

Hasonlóképp járhatunk el az eredeti keret szerkezet oszlopvégein keletkező nyomatékok számításakor is. E nyomatékot akkor kapjuk meg, ha az M_n , illetve L_n nyomatékokat az oszlopkeresztmetszetek tehetetlenségi nyomatéka arányában szétosztjuk.

8. Számpélda

Mutassuk be, miként lehet a 3. ábrán feltüntetett emeletes keretszerkezet esetében a szélérők okozta nyomatékokat meghatározni.

A szóban forgó keretszerkezet adatai:

$$\begin{aligned}s &= 8, & t &= 0, \\h &= 3,0 \text{ m}, & h_{s+1} &= 6,0 \text{ m} \\J &= 0,01 \text{ m}^4, & J_{s+1} &= 0,03 \text{ m}^4, \\K &= 0,0048 \text{ E m}^3.\end{aligned}$$

A számításba veendő teherértékek

$$P = 0,9 \text{ t}, \quad P_s = 1,35 \text{ t}.$$

A fenti értékekkel számolva, az (1) képlet szerint

$$\beta = \frac{Kh}{EJ} = \frac{0,0048 \cdot E \cdot 3,0}{E \cdot 0,01} = 1,44,$$

a (8) képlet szerint pedig

$$\lambda_1 = 1 + 0,5 \cdot 1,44 + \sqrt{1,44 + 0,25 \cdot 1,44^2} = 3,1194.$$

$$\begin{aligned}F^I &= \frac{h_{s+1}}{2EJ_{s+1}} \left[\frac{P}{2} 8h + \frac{P}{2} (8h + h_{s+1}) + 7P \cdot 4h + 7P(4h + h_{s+1}) + P_s h_{s+1} \right] = \\&= \frac{6,0}{2E \cdot 0,03} [0,45 \cdot 24,0 + 0,45 \cdot 30,0 + 7 \cdot 0,9 \cdot 12,0 + 7 \cdot 0,9 \cdot 18,0 + 1,35 \cdot 6,0] = 22 \, 140 E^{-1} \text{tm}^{-2},\end{aligned}$$

illetve

$$\begin{aligned}F^{II} &= \frac{h_{s+1}}{EJ_{s+1}} \sum_0^8 Y_n = \frac{h_{s+1}}{EJ_{s+1}} \sum_0^8 (A\lambda_1^n + B\lambda_1^{-n} - Phn) = \\&= \frac{h_{s+1}}{EJ_{s+1}} \left(A \frac{1 - \lambda_1^9}{1 - \lambda_1} + B \frac{1 - \lambda_1^{-9}}{1 - \lambda_1^{-1}} - 36Ph \right) = \frac{6,0}{E \cdot 0,03} \left(A \frac{1 - 3,1194^9}{1 - 3,1194} + B \frac{1 - 3,1194^{-9}}{1 - 3,1194^{-1}} - 36 \cdot 0,9 \cdot 3,0 \right) = \\&= (2 \, 639 \, 200 A + 294,35 B - 19 \, 440) E^{-1} \text{tm}^{-2}.\end{aligned}$$

Fentiek felhasználásával az $n = 7$ emeletszintre vonatkozólag a (2) illeszkedési egyenlet

$$\begin{aligned}1,44 \left[\frac{0,9 \cdot 3,0}{2} (8^2 + 9^2) - \frac{0,9 \cdot 3,0}{2} 9^2 - \frac{0,9 \cdot 3,0}{4} (8^2 - 7^2) + (4229,9 A + 1,4717 B - 75,6) \right] + \\+ 0,0048 E (22 \, 140 + 2 \, 639 \, 200 A + 294,35 B - 19 \, 440) E^{-1} + (2874,3 A + 0,00035 B - 18,9) = 0\end{aligned}$$

illetve rendezés után

$$21 \, 633,5 A + 3,5324 B - 4,968 = 0. \quad (13)$$

Az $n = 8$ szintre nézve viszont a (2) illeszkedési egyenlet így alakul:

$$0,0048 E (22 \, 140 + 2 \, 639 \, 200 A + 294,35 B - 19 \, 440) E^{-1} + 8966,0 A + 0,000 \, 11 B - 21,6 = 0.$$

Innen

$$21 \, 634,2 A + 1,4130 B - 8,640 = 0. \quad (14)$$

A (13) és (14) egyenletekből

$$A = 0,000 \, 512 \, 52 \text{ tm},$$

$$B = -1,732 \, 38 \text{ tm}.$$

Fenti értékeket (12)-be betéve, az Y_n rugalmas befogónyomatékokra az alábbi képletet kapjuk:

$$\begin{aligned}Y_n &= 0,000 \, 512 \, 52 \cdot 3,1194^n - \\&- 1,732 \, 38 \cdot 3,1194^{-n} - 2,7 \text{ n}.\end{aligned} \quad (15)$$

1. táblázat

Az Y_n nyomatékok értéke

n	Y_n (tm)
0	— 1,732
1	— 3,254
2	— 5,573
3	— 8,142
4	— 10,770
5	— 13,355
6	— 15,730
7	— 17,427
8	— 17,005

Így a feladat differencia-egyenletének általános megoldása a (11) képlet értelmében

$$Y_n = 3,1194^n A + 3,1194^{-n} B - 0,9 \cdot 3,0 n \quad (12)$$

Számpéldánkban a szabályos szakasz alatt egyetlen födém sincs, miért is esetünkben csupán az A és B együtthatók ismeretlenek. Ezek meghatározására elegendő két illeszkedési egyenlet, pl. az $n = 7$ és $n = 8$ emeletszintekre vonatkozólag a (2) alatti illeszkedési feltételt felírni. A számítás során szükségünk lesz az F^I és F^{II} területekre, vagyis a szélterhekből, illetve a rugalmas befogónyomatékokból a földszinti szakaszon keletkező redukált nyomatéktábrák területeire. A szóban forgó területek

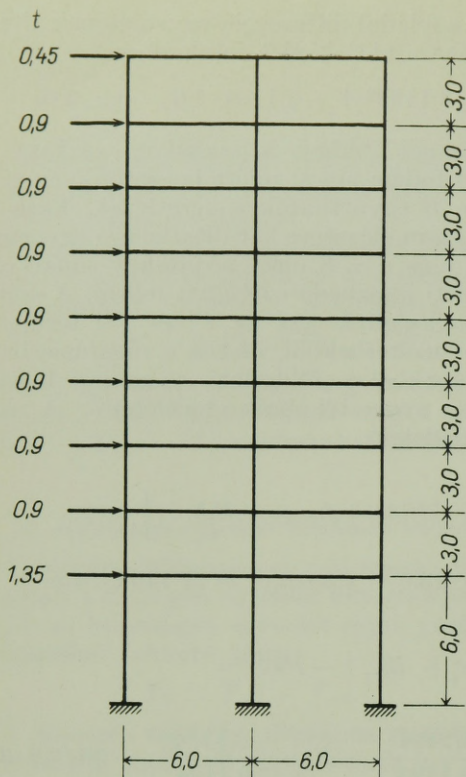
Ezek után az Y_n nyomatékokat már számítani tudjuk. A számítás eredményét az 1. táblázat tünteti fel.

Ismervén az Y_n rugalmas befogónyomatékok értékét, a helyettesítő tartón közvetlenül az egyes emeletszintek alatt, illetve felett keletkező M_n , illetve L_n nyomatékokat is már meg tudjuk állapítani. A szóban forgó nyomatékokat a 4. ábrán látható terhelési vázlat alapján ugyanúgy számít-

2. táblázat

Az M_n és L_n nyomatékok értéke

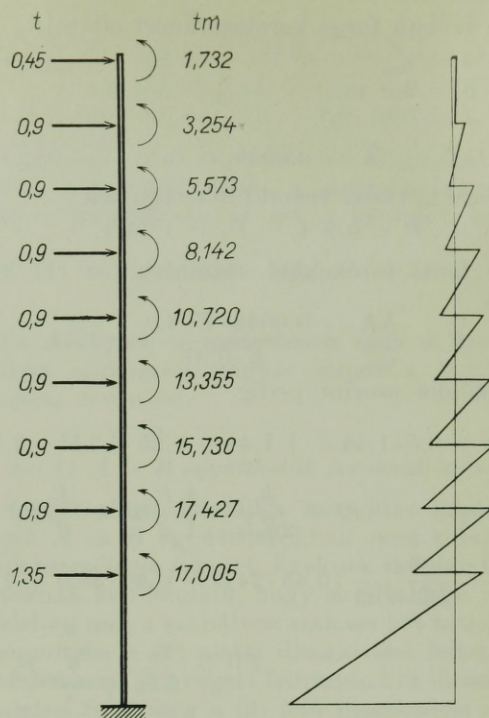
n	M_n (tm)	L_n (tm)
0	—	— 1,732
1	— 0,382	— 3,636
2	+ 0,414	— 5,159
3	+ 1,591	— 6,551
4	+ 2,899	— 7,871
5	+ 4,279	— 9,076
6	+ 5,774	— 9,956
7	+ 7,594	— 9,833
8	+ 10,417	— 6,588
9	+ 42,012	—



3. ábra. Számpélda

hatjuk, mint közönséges konzoltartó esetében. A számítás eredményét a 2. táblázat tartalmazza.

A helyettesítő tartó Y_n , M_n és L_n nyomatékainak meghatározása után magának az eredeti keretszerkezetnek a nyomatékát már egyszerű nyomatékosztással határozhatjuk meg. Ez alkalommal az oszlopvégeken keletkező nyomatékokat úgy kapjuk meg, hogy a helyettesítő tartó M_n , illetve L_n nyomatékait az oszlopkeresztmetszetek tehetetlenségi nyomatéka arányában az egyes oszlopokra szétosztjuk. A keretgerendák végein keletkező nyomatékokat viszont az Y_n nyomatékok szétosztása útján határozhatjuk meg. Ez utóbbi esetben a szétosztást a gerendavégek merevsége arányában végezzük.



4. ábra. A számfeladatként tárgyalt keretszerkezet helyettesítő tartójának terhelési vázlatja és nyomatékábrája

IRODALOM

- [1] Csonka, P.: Über proportionierte Rahmen. *Die Bautechnik* 33 (1956), pp. 33—34.
- [2] Mandl, J.: Erweiterung der Methode Csonka. Stockwerkrahmen mit geschossweise ungleichen Stielen. *Die Bautechnik* 34 (1957), pp. 369—372.
- [3] Cross, H.—Morgan, N. D.: Continuous Frames of Reinforced Concrete. New York, John Wiley et Sons, Inc. (1932), pp. 228—283.
- [4] Habel, A.: Zur Windberechnung vielgeschossiger Stockwerkrahmen nach Takabeya. *Die Bautechnik* 37 (1960), pp. 307—309.
- [5] Csonka, P.: Beitrag zur Berechnung waagerecht belasteter Stockwerkrahmen. *Die Bautechnik*. 39 (1962), pp. 237—240.
- [6] Csonka, P.: Die Grösstmomente der durch Windlast belasteten Stockwerkrahmen. *Bauplanung-Bautechnik* 16 (1961), pp. 336—337.
- [7] Csonka, P.: Analysis of the Wind Load Effect on Rigid Joined Multi-Storied Building Frames. *Acta Technica Hung.* 34. (1961), pp. 135—150.

Debrecen fejlesztésének közművesítési feltételei*

SZERDAHELYI LÁSZLÓ

Az utóbbi években mind több szó esik Debrecenről — és nem minden ok nélkül.

Debrecen az ország egyik iparilag és kommunális ellátás szempontjából legelmaradottabb területének központjában fekszik. A város lakossága az utolsó 50 év alatt megkétszereződött, a közelmúlt esztendőik statisztikai adatai szerint pedig évente 2—3500 bevándorlóval gyarapodik. 1955 óta országosan is kiemelkedő fejlődésnek indult iparilag és kommunális ellátottságát tekintve olyannyira, hogy a fejlődés ütemében az ország addig legerősebben fejlődő vidéki városát, Miskolcot is elhagyta. A tervbe vett regionális központok közül viszonylag Debrecen legintenzívebb fejlődése várható, különösen a tervezett jelentős iparfejlesztés révén. Az iparfejlesztésnek Debrecenben sok kedvező adottsága van, mint pl. az a körülmény, hogy itt vannak az ország legnagyobb munkaerő tartalékai, helyi és közeli energiaforrásokkal rendelkezik.

Ez a szinte ugrásszerű fejlődés azonban súlyos feladatokat is ró egy város fejlesztésében érdekelt valamennyi szakemberre, a központi tervezés, a műszaki és gazdasági tervezés, a kivitelezés terén egyaránt. És itt mindenekelőtt fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ahhoz, hogy Debrecenből (ebből az elmaradott és korszerűtlen városból) a gyors fejlődés ütemét megtartva — vagy éppen növelve — minden tekintetben korszerű, egészséges város fejlődhessék, rendkívül megfontolt intézkedésekre, korszerű fejlesztési, telepítési és építési tervekre, és gyors kivitelezésre van szükség. Gondolunk itt elsősorban a gondosan előkészített távlati fejlesztési tervek (OT-feladat), ezek alapján ésszerű és koncentrált lakás- és ipartelepítési tervek (ÉM- és tanácsi feladat).

A város közművesítési nehézségei — amelyek gyors, hatékony intézkedések és beruházások híján előbb-utóbb, sőt bizonyos fokig már ma is Debrecen fejlesztésének gátjává válnak — kizárólag ilyen előrelátó műszaki-gazdasági tervezés, koncentrált telepítések és beruházások segítségével oldhatók meg időben és gazdaságosan.

Az alábbiakban ismertetjük Debrecen város közművesítési helyzetét, a megoldásra váró problémákat, azok lehetséges módját és a legsürgősebb tennivalókat.

I. Vízellátás

Debrecen hidrogeológiai viszonyai ismertek. A város vízellátása szempontjából — a 30—32 °C max. vízhőmérsékleti határ figyelembevételével — legföljebb az 5—600 m mélységig feltárható rétegvizek jöhetnek számításba.

A felső talajvíztartó rétegekre — adottságaik folytán — folyamatos üzemű, nagy teljesítményű, önálló vízmű nem telepíthető. A 15—100 m közötti rétegvizek hasznosítása — előzetes feltárást követően — szóba jöhet, mérlegelni kell azonban a réteg korlátozott kiterjedését és utánpótlódását.

A Városi Vízmű és a jelentősebb intézmények kútjai a 100—200 m közötti jelentős vízáadó rétegre települtek. Sajnos, a legutóbbi vizsgálatok tanúsága szerint a vízműtelepek termelése meghaladta az utánpótlódó vízmennyiséget, a rétegvíz statikus szintje az elmúlt évek során jelentős mértékben csökkent. E réteg további igénybevétele csak abban az esetben lehetséges, ha kiterjedését a várostól kb. 10 km-re K-re végzett feltárásokkal megállapították.

Összefoglalva tehát Debrecen térségében — a javasolt feltárásokkal — a felszín alatti vízkészlet teljes mértékben kihasználásra kerül.

Jelenlegi helyzet

Az összes kitermelt és felhasznált víz 1963. év csúcsfogyasztású napjain

saját üzemeltetésű kutakból kb. 17 000 m³/nap
Városi Vízművek hálózatából kb. 33 000 m³/nap
összesen, kereken 50 000 m³/nap

A város vízbeszerzése jelenleg a Vízművek termelésének megengedhetetlen felfokozásával történik.

Távlati helyzet

A város- és iparfejlesztés következtében az 1967—1970-es esztendőikben a vízellátás nem látszik biztosítottnak és mintegy 5—10 000 m³/nap vízhiánnyal kell számolni. Ezt sem fokozott víztermeléssel, sem vízkorlátozással nem lehet megfelelő mértékben kiküszöbölni.

Ezzel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy — éppen a Városi Vízmű jelenlegi és várható nehézségeire hivatkozva — egyes nagyfogyasztók önálló víztermelésre kívánnak berendezkedni. Semmi esetre sem kívánatos, hogy akkor, amikor ezek az „önálló” művek ugyanannak a vízáadó rétegnek a megcsapolását, ugyanannak a vízkészletnek a fogyasztását jelentik — ez a helytelen és gazdaságtalan fejlesztés bekövetkezzék. Az így végrehajtott fejlesztés alapján ugyanis azt a furesz képet kapjuk, hogy a Vízmű hatáskörén és ellenőrzésén kívül közel ugyanolyan mértékben veszik igénybe az üzemek, intézmények a 100—200 m közötti vízáadóréteget, mint maga a Vízmű.

A város fejlesztési programja szerint az 1980-ra várható lakosság 220 000 fő lesz, ebből 190 000 fő intenzíven beépített lakóterületen. Ekkor figyelemmel

— a városi lakosság jelentős számszerű növekedésére,

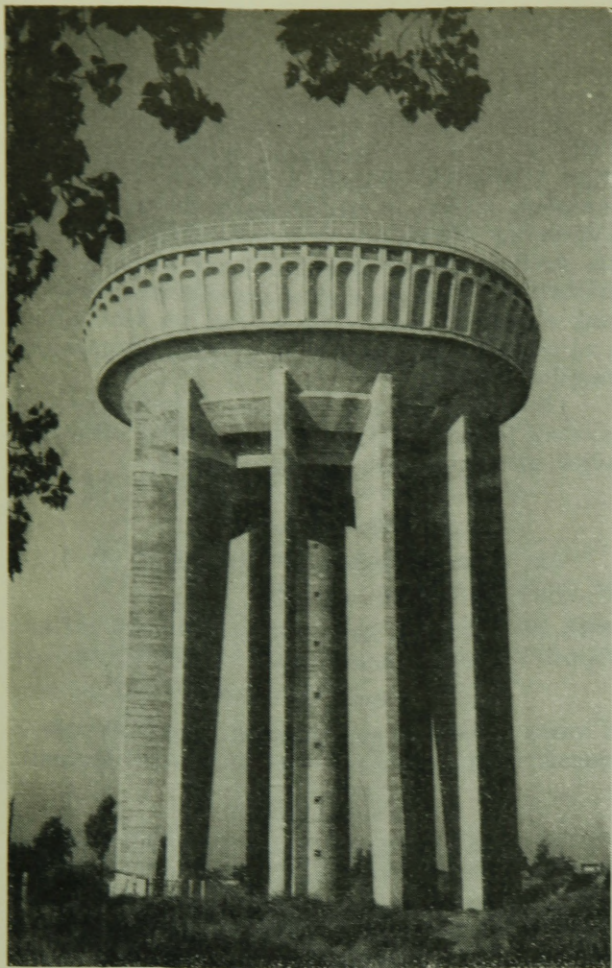
— a városiasodás folytán állandóan emelkedő vízfejadagra,

— a meglevő iparok és intézmények nagymértékű bővítésére, valamint

— az új ipari üzemek és intézmények létesítése során jelentkező fokozott vízigényre,

a vízellátási nehézségek az elkövetkező években előreláthatólag rohamosan fognak növekedni, az összes vízszükséglet pedig eléri a kb. 180 000 m³/nap vízmennyiséget.

* A cikk 1965. júniusában íródott



1. ábra. 3000 m³-es víztorny (Tervező: ÉM MÉLYÉPTERV)

Debrecen fejlesztése vízellátási szempontból az alábbi következményekkel jár:

- az egész várost magas igénnyel közművesíteni kell,
- 190 000 lakos fog hideg-meleg vizes, fürdőszobás komfortban részesülni,
- a korszerű városrendezés folytán mintegy 1000 ha rendszeres öntözéssel gondozott, zöld terület jön létre,
- a kor színvonalára bővül és emelkedik a város szociális intézményeinek tömege és
- mindez jelentős ipartelepítés kölcsönhatásaként jön létre.

A mélységi vízkészlet a meglevő I., II. és építés alatt álló IV. sz. vízműtelepekkel, valamint a vállalatok által üzemeltetett saját kutakkal 60 000 m³/nap nagyságrendű. Optimális esetben számításba vehető egy V. sz. vízműtelep max. 15 000 m³/nap kapacitással, továbbá 5000 m³/nap felszínközeli rétegvíz kitermelése. A távlati vízszükséglet viszont közel 200 000 m³/nap nagyságrendű.

Ilyen korlátozott vízszerezési lehetőségek és ugrásszerű fejlesztés, növekedés mellett szakítani kell a hagyományos szemlélettel. Debrecen vízellátását nem egyszerű vízszerezési és szétosztási, hanem vízgazdálkodással egybekötött komplex kérdésnek kell tekinteni.

Vizsgálva a vízmérleg jelenlegi és távlati alakulását, valamint Debrecen vízellátásának a közeljövőben várható nehézségeit, a szükséges teendők az alábbiak:

1. A lehető legsürgősebben fel kell tártani és meg kell építeni az V. sz. vízműtelepet, amely a Debrecenről DK-re feltételezett vízadórétegekből előreláthatólag max. 15 000 m³/nap víztermeléssel és kereken kb. 90 millió Ft-os beruházással átmenetileg megoldhatja a város legszükségesebb és legsürgősebb igényeit.

2. A későbbiekben 80 000 m³/nap nagyságrendű ivóvíz-minőségű, tisztított felszíni vizet kell bevezetni Debrecenbe a Keleti Főcsatornára telepített felszíni vízműből. Figyelemmel a KFCS felszíni vízmű nagyságára, illetőleg tervezésének és kivitelezésének mintegy 7 év átfutási idejére, az előbbivel párhuzamosan meg kell kezdeni a kutató-, előkészítő és tervezési munkákat. Amennyiben az V. sz. vízműtelep beváltja a hozzá fűzött reményeket, a felszíni vízmű kivitelezése később kezdődhet, vagy hosszabb átfutási idejű lehet. Csak így biztosítható, hogy a megnövekedett igények fellépéséig, 1972-ig a felszíni vízmű kapacitása rendelkezésre álljon. Másrészről pedig, amennyiben a hidrogeológiai feltárások nem vezetnének sikerre, és nem állna rendelkezésre az V. sz. telepől a fenti vízmennyiség, csak így lehet felkészülni a felszíni vízmű építésének esetleges előrehozatalára. Meg kell jegyeznünk, hogy a vázolt megoldással tekintettel vagyunk a népgazdaság teherbírására is, mert az összesen mintegy 350 millió Ft-os két beruházás lényegében több ütemre bontva és időben elhúzva valósítható meg.

3. A mélységi vízkészletet a lehetőségek szélső határáig a lakosság számára kell biztosítani.

Függetlenül azonban az előbbiektől, szükséges, hogy a város területén elszórtan jelentkező víz-igények kielégítését korszerűen, központosan és gazdaságosan oldják meg. Ennek érdekében meg kell akadályozni az „önálló vízművek” létesítését, egyszerűsített vizont a Városi Vízmű megfelelő felújításával biztosítani kell az igényeknek a városi hálózathoz történő kielégíthetőségét.

4. A város vízellátási rendszerét úgy kell kialakítani, hogy biztosítható legyen mintegy 40 000 m³/nap vízmennyiség másodlagos felhasználása kooperációs megoldások segítségével.

5. A MÉLYÉPTERV által 1964-ben készített tanulmány, illetőleg az abban szereplő három vízellátási változat mérlegelése alapján az illetékes szerveknek döntenüik kell és meg kell indítaniuk a tervezést, a beruházást, a vízbeszerzést, valamint a hálózatépítést és a kapcsolódó létesítmények vonalán.

Kivitelezési kérdések

Az elmúlt évek során két olyan jelentős objektum épült Debrecenben, amely a város vízellátásának javulásához, illetőleg korszerűsítéséhez nagymértékben hozzájárult.

A város keleti felében épült az új 3000 m³-es víztorny, melynek elsősorban nyomástartó szerepe van. A vasbeton szerkezet kivitelezését az

ÉM Hajdú megyei ÁÉV végezte, csúszószaluzatos megoldással. A IV. sz. vízműtelep építése a Vámspércs felé vezető út mentén még folyamatban van, de már jelenleg is mintegy $4\text{--}5000\text{ m}^3/\text{nap}$ vizet termel. Elkészülte után kb. $15\,000\text{ m}^3/\text{nap}$ teljesítményű lesz. Az elmúlt években, 1960—63 között a városban kereken 25 km nyomóvezeték épült, de ennek zöme kis átmérőjű nyomócső.

Debrecen város vízellátásának korszerű megoldásához szükséges, még hátralevő létesítmények megvalósítása a következő évtizedben olyan jelentős feladatot ró az építőiparra, amit az csak ugrás-szerű fejlődés révén lesz képes megoldani, hiszen csak a felszíni vízmű és az V. sz. vízműtelep kereken 350 millió Ft-os beruházást jelent 5—7 év alatt. A hálózaton végrehajtandó felújítások és beruházások, valamint a kapcsolódó beruházások pedig további kb. 300 millió Ft beépítést igénylik. Mindez évi 60—70 millió Ft értékű beruházás megvalósítását teszi szükségessé Debrecenben az elkövetkező években, ami rendkívüli feladatot jelent és — ennek megfelelően — rendkívüli megoldást is igényel. Erre tehát már most fel kell készülnie az építőiparnak.

II. Csatornázás és szennyvíztisztítás

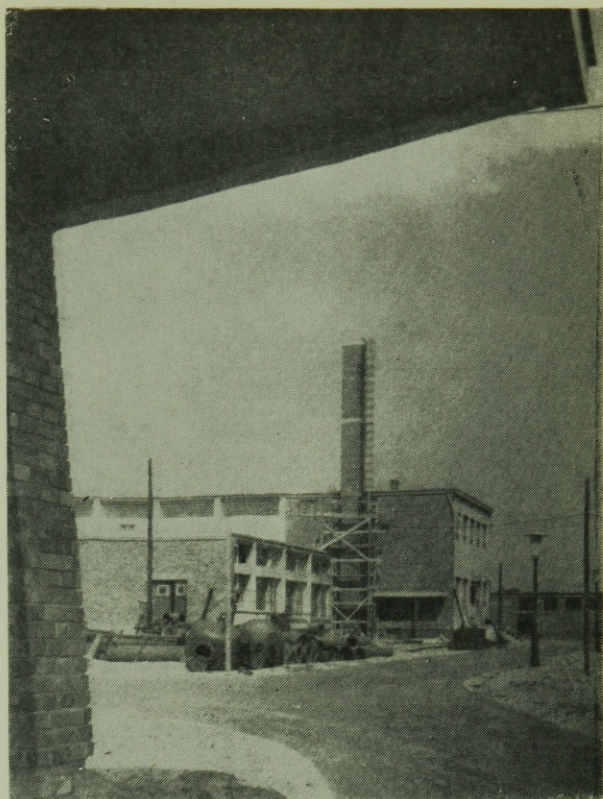
Jelenleg a város területének 30%-a, a lakosság 63%-a van közcsonatnával ellátva.

Debrecen szennyvíztisztító telepét a város DNY-i részén 1927-ben helyezték üzembe. Kapacitását 90 l/mp szárazidei szennyvízmennyiség figyelembevételével, annak ötszörösére, 450 l/sec-ra méretezték. A telep 4 db ülepítőmedencéből, 6 db légoxidációs, illetve tározó tőegységből és a környezetében kiépített 113 kh magas vezetésű öntöző-csatornával ellátott — mezőgazdasági öntözőtelepből állt. A tavak szorosan egymás után kapcsolva üzemeltek, összterületük cca 65 ha volt.

Az üzembe helyezés óta közegészségügyi szempontok miatt az öntözést megszüntették és felszámolták az I. és IV. tőegységet is. A repülőtér bővítése miatt pedig az V—VI. (mai nevén lovász-zugi) tőegység egy részét is igénybe vették. A fejlődés következtében viszont a szennyvíz napi csúcsértéke majdnem a négyszeresére nőtt.

Jelenleg a lakosság és ipartelepek közös szennyvize — évi átlagban napi $22\text{--}25\,000\text{ m}^3$ — négy párhuzamosan kapcsolt ülepítőmedencén folyik át, gravitációsan. Az ülepítés határfoka alacsony, részben a medencék kedvezőtlen hidraulikai kialakítása, nagyobb rész azonban a túlterhelés miatt. Az ülepítőkből a szennyvíz az 1,8 km hosszú nyílt tápcsatornán keresztül jut a jelenleg már csak 15 ha felületű oxidációs tóba, melyből a túlfolyón a Tocó-vízfolyásba ömlik. A tavon, mivel felülete évek folyamán jelentősen lecsökkent, a szennyvíz rövidebb idő alatt folyik át, mint az az előírt tisztítási határfokhoz szükséges volna.

A közcsonatát 1911. évben kezdték kiépíteni. A lakott terület esésviszonyai miatt kiválóan alkalmas csatornázásra, mert ÉK-ról DNY-i irányban 13 m esése van. Emiatt a szennyvíz elvezetése gravitációs úton — mindennemű átemelés nélkül — történik.



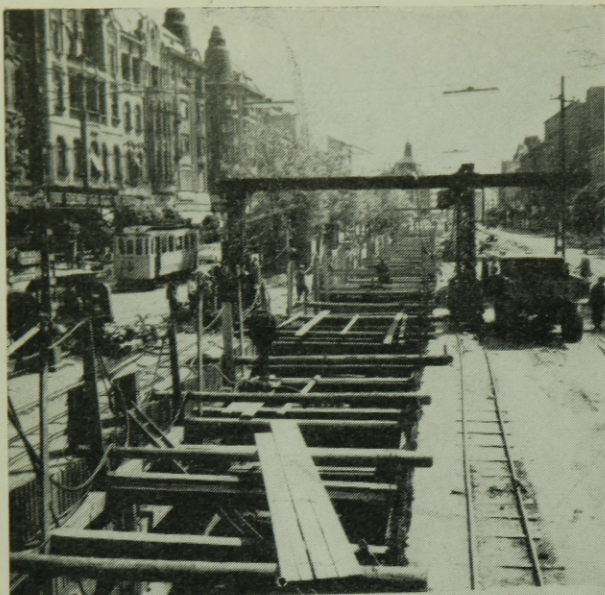
2. ábra. Az épülő IV. sz. vízműtelep (Tervező: ÉM MÉLYÉPTERV)

A jelenlegi 92 km hosszú csatornahálózathoz 74 km, tehát a jelenlegi hálózat 78%-a 1911—1938 között épült betonból, illetve vasbetonból. A főgyűjtő 180/220 cm zárt szelvény, amely azonban a Szoboszlói—István út torkolatánál nyílt árokban folytatódik és betorkollik a régi Tocó medrébe. A főgyűjtő és gyűjtők kiépülése után a hálózat fejlesztése a mellékágakra szorítkozott.

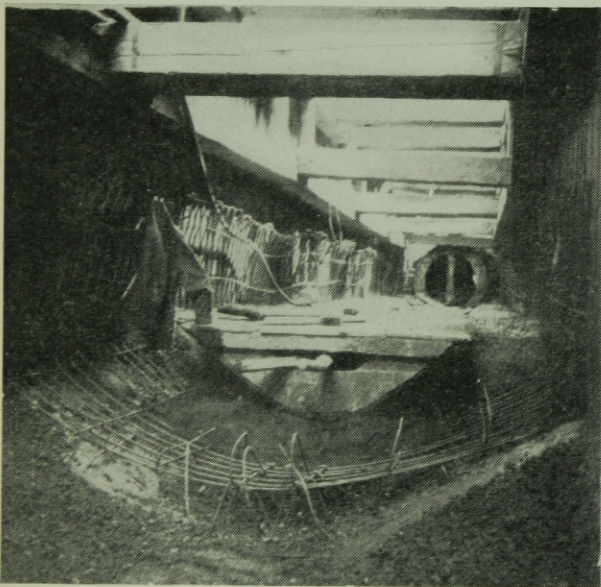
A csatornázás zömében a városmagra és ettől É-ra az Orvostudományi Egyetem — Klinikák területére terjed ki és eredetileg $15\,000\text{ m}^3/\text{nap}$ szennyvíz elvezetésére tervezték. 1962. évben végzett mérések szerint azonban nyári csúsfogyasztási napokon kb. $30\,000\text{ m}^3$ szennyvizet vezet le, bizonyos mértékig kedvezőtlen hálózati elosztásban. A hálózat állaga — egyes rövidebb szakaszokat kivéve — az eddigi vizsgálatok szerint kielégítően jónak mondható.

Jelenlegi helyzet

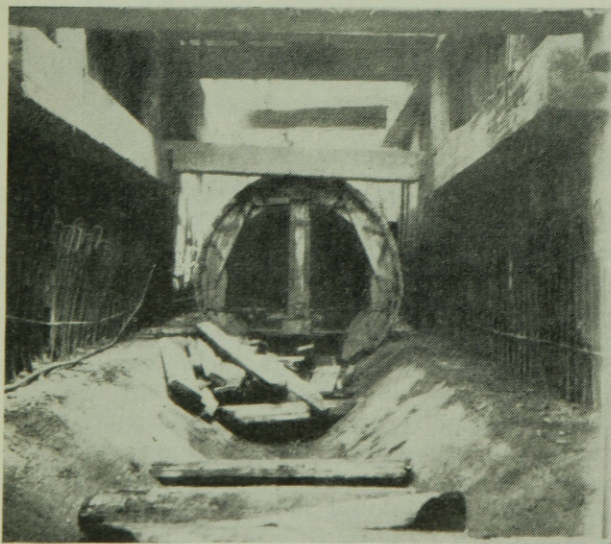
A fejlesztési tervek készítésénél a teljes meglevő hálózatot átépítés nélkül vették figyelembe és ezt szervesen beillesztették a perspektív elképzelésbe. A város fokozatos fejlődése miatt azonban a meglevő gyűjtőhálózat elégtelennek bizonyult. A jelenleg $30\,000\text{ m}^3$ vízterhelésből származó napi szennyvízmennyiség óracúcsa már 500 l/mp, és a városban működő üzemek ipari szennyvízterhelése következtében az 1962-ben végzett mérésekkor 750 l/mp óracúcs is jelentkezett. Ez a szennyvízmennyiség ugyan az egyesített rendszerű csatornahálózaton zavartalanul le tud vonulni, kritikus pontok azonban már most is adódnak a hálózaton. Ilyen a Böszörményi úti csatornának a Bartók



3. ábra. Az épülő délisori főgyűjtő Vöröshadsereg úti szakasza
(Tervező: ÉM MÉLYÉPTERV)



4. ábra. Az épülő főgyűjtő vasszerelése az 5 m mély munkaárokban



5. ábra. A főgyűjtő zsaluzása és dúcolása

Béla út sarkán levő aknája, a Kishegyesi úti zápor-kiömlőnek a Hatvan utca — Nyugati utca keresztezésében levő elosztóműtárgya.

A szennyvíz-elvezetés további kritikus kérdése a Szoboszlói úti gyűjtő nyílt árokszakasza az István út keresztezésétől. A tömény szennyvizek innen a holt Tó-có-ágon a tisztítótelepig nyílt árkon vonulnak le, nagyfokú eliszapolódást és rothadást idézve elő az árókban.

A város szennyvíz-elvezetési rendszerének korszerűsítése egy új főgyűjtő kiépítésével már megkezdődött. Az épülő — és a képsoron látható — ún. délisori főgyűjtő veszi át a szennyvíz-elvezetés döntő szerepét, melynek kiépítése jelenleg a város központjában folyik. A szennyvizeknek a jelenlegi tisztítótelepre való vezetése a délisori főgyűjtőből gravitációsan nem oldható meg. A tisztítás végleges megoldásáig a szennyvíz ideiglenes átemelő telepét azonban már úgy kellene megtervezni, hogy az bővíthető megoldásban a végleges átemelő telep egy részét alkothassa.

A csapadékvíz-elvezetés meglevő hálózata erősen rekonstrukcióra szorul. (A csúcsérték ugyanis megközelíti a $10 \text{ m}^3/\text{mp-et.}$) A belváros szempontjából megoldást jelent ugyan a délisori főgyűjtő kiépítése, nagyobb probléma jelentkezik azonban a befogadónál. A jelenlegi állapotban zápor esetén 3—4 óráig tartó kiöntések jelentkeznek a befogadó vízfolyásnál, nemcsak a város alatti, mezőgazdasági területeken, hanem a településhez közel eső területeken is. Mind égetőbb feladattá válik tehát a befogadó rendezése, illetve a záporvizeknek időleges tározása.

Távlati helyzet

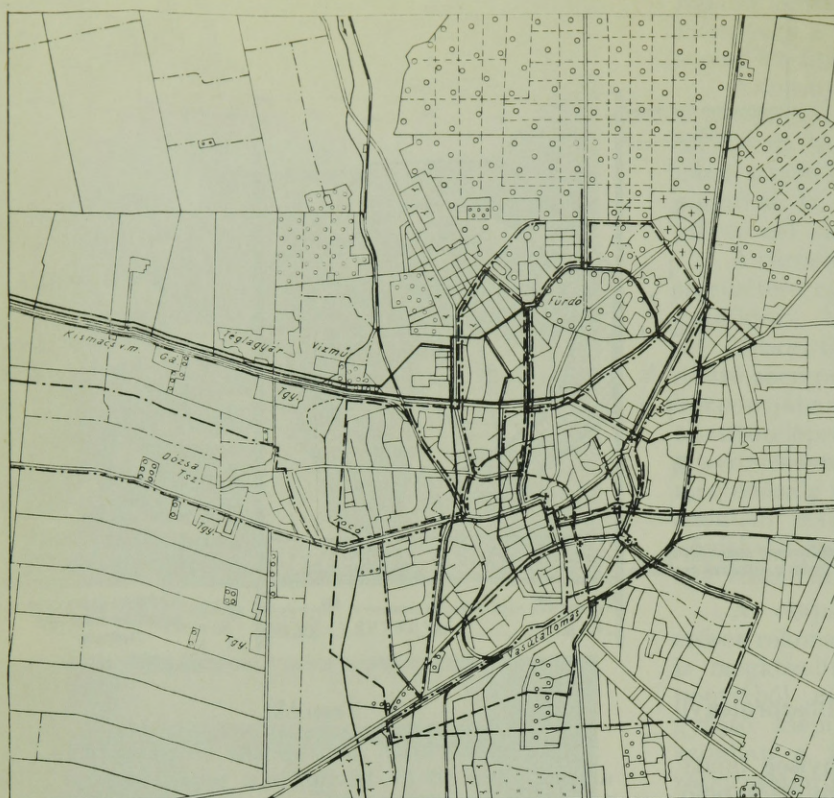
Az elmondottakból látható, hogy mind a szennyvíz-elvezetés, mind pedig a szennyvíztisztítás fennálló problémáinak mielőbbi megoldása a város egyik legsürgősebb és legfontosabb feladata. További elhúzódnak a város tervezett nagyarányú fejlesztésének egykönnyen át nem hidalható akadályává válhat.

A jelenlegi problémák ismertetése után át térnénk a kérdés perspektivikus vizsgálatára. Az 1961-ben készített városrendezési terv 130 000 főben irányozta elő a város fejlesztési lélekszámát. A terv jelenleg átdolgozás alatt áll és a tervezett lélekszám 220 000 főre növekedett. Ebből mintegy 190 000 fő kerül számításba a szennyvíz-elvezetés szempontjából. Egyidejűleg nagyarányú iparfejlesztés indul meg, így a városi hálózaton levezetett szennyvízmennyiség perspektivikusan mintegy $130\,000 \text{ m}^3/\text{nap}$ lesz. Ez az a vízmennyiség, amellyel a meglevő hálózat áttervezése során számolni kell. A délisori főgyűjtővel tehermentesített belvárosi hálózat kielégítőnek mondható a jövőben. Természetesen a korábban előirányzott tehermentesítő csatornák és a Vágóhíd utcai záporkiömlő építése továbbra is szükséges. Nagyobb problémát jelent az új lakótelepek csatornázása. A telepítés súlypontja ÉNy-ra tolódik a Népköztársaság útja és Böszörményi út közötti területre. Itt mintegy 8000 lakás épül a következő öt éves tervekben. Az első ütemben épülő lakások

[illegible]

Fokozott problémát jelent a városi csapadékvizek növekedése a befogadó szempontjából. A mértékadó csapadék alapján a területről levezetésre kerülő vizek mennyisége túllépi a befogdó 4 m³/mp kapacitását, így a befogadó elégtelensége miatt tározni kell. A tározás mértékét rendkívül befolyásolja az a körülmény, hogy a szennyvízöntöző telep létesül-e és milyen megoldásban.

A legsürgősebben — 1980-ig — megépítendő gyűjtőcsatornák és a központi szennyvíztisztító



Jelmagyarázat:

- | | | |
|-----------|-------------------------|------------------|
| ————— | Távlati vízhálózat | } gerincezetékek |
| - - - - - | Távlati csatornahálózat | |
| ----- | Távlati gázhálózat | |

telep 270, illetőleg 150 millió Ft-os becsült költség tehát (a mellékgyűjtők, valamint a lakó- és ipartelepek belső csatornáin kívül) ismét mintegy 420 millió Ft-os olyan beruházási volumen, amelynek múlhatatlan szükségességével a következő tervidőszakban feltétlenül számolni kell.

III. Gázellátás

A városi gázüzem 1963-ban fennállásának századik évfordulóját ünnepelte. Részben ennek a következménye, hogy a jelenlegi, meglevő berendezések egy része régi keletű és elavult.

A két szakaszos üzemű gázkemence és a két koksztgenerátor mellett csak a két 1000 m³/ó teljesítményű földgázbontó tekinthető viszonylag újnak.

Az elmúlt években kiépített földgáztermelő, illetőleg -szolgáltató berendezések az alábbiak:

3 db hévízkút a megfelelő gyűjtő- és sűrítő-berendezéssel,

3,5 km NÁ 200 mm Ø-jű nagy közepnyomású (6 att) földgázvezeték a Gázmű területén levő nyomásszabályozóval.

A földgázt — a közepnyomású hálózaton keresztül, részben közvetlenül, — a városi gázhoz való keveréssel, fűtőérték-növelés révén — részben közvetve hasznosítják.

A meglevő hálózat teljes hossza 1963 végén 161 km volt, ebből fővezeték 129 km. A régi fekte-

tésű öntöttvascső az összhossznak kb. 40%-a. A termelt, illetve szolgáltatott gázmennyiség 15,5, illetőleg 14,2 millió m³ volt 1963-ban, szemben az 1960. évi 10,9, illetőleg 10,1 millió m³-rel. A fogyasztóhelyek száma évente átlag 800—850-el növekedett és 1963-ban elérte a 12 800-at, amiből 12 500 háztartás volt. Ez utóbbi szám az ellátottság alacsony fokára utal.

Rohamosan emelkedő gázigények

A város gázellátásának fejlesztésére az első tanulmány 1955-ben készült. E szerint mindössze 5000 lakás és körülbelül 200 ipari fogyasztó részesült vezetékes ellátásban, az évi fogyasztás pedig még csak 5,2 millió m³ körül járt. Az élet azonban rohamosan túlhaladta a tanulmány adatát. 1960-ban — a második tanulmány készítése idején — a fogyasztók száma már megkétszereződött, a telítettség fok már 30%-ra emelkedett. Ebben a tanulmányban a MÉLYÉPTERV alternatívaként vizsgálta a tisztán városi gázzal, tisztán földgázzal és a vegyes ellátással történő üzemet. A tanulmány elemzéseinek, valamint a földgázkészlet gazdálkodási szempontjainak figyelembevételével készült el 1963-ban Debrecen földgázra való átállásának beruházási programja.

A beruházási program elkészítését négy alapvető szempont indokolta:

— a lakosság kulturált ellátása, már sürgette a megoldást,

— a meglevő berendezések a csúcsfogyasztás igényeit már nem tudták kielégíteni,

— a város fejlesztése mind ipari, mind háztartási vonatkozásban indokoltá teszi a földgáz-ellátást,

— a rendelkezésre álló földgázmennyiség lehetővé tette a városnak tisztán földgázra való átállítást.

A földgázellátásra való átállás, amely — figyelemmel a meglevő berendezésekre és létesítményekre — részben beruházás-jellegű, részben pedig felújítás-jellegű munkálatokat tartalmaz, célul tűzte ki a szolgáltatás mennyiségi növelését, a háztartások jelenlegi 31%-os telítettségének 80%-ra való felemelését, a szolgáltatás minőségi színvonalának javítását, a szociális szükségletek maximális kielégítését, az önköltség csökkentését részben a vezeték-átmérő csökkentésével, részben a termelési határfok emelése révén.

Az ipar koncentráltan nagy gázmennyiséget igényel és közelítő számítások szerint 1975-ig évi 18, 1980-ig 25 millió m³ igénye lesz.

A vezetékes gázzal ellátandó lakások száma — a program szerint — 1980-ra kerekén 46 000 lakás, de mintegy 24 000 lakás hálózati ellátását — a koncentráció érdekében — nem javasolták. Ebből kb. 10 000 fogyasztó bekapcsolható a PB-gázellátásba.

A háztartási gázigény a lakások részleges gázfűtésével 13,8, az összes lakás fűtésével 41,6 millió m³/év. Ez utóbbi változat azonban csak abban az esetben valósítható meg, ha a jelenleginél nagyobb óránkénti csúcsmennyiség átvétele válna lehetővé.

A kisipar, az intézmények és kommunális létesítmények várható fogyasztási értéke 1600 m³/óra gázmennyiségre becsülhető.

Összegezve tehát az évi gázszükséglet 47,3 millió m³. Tekintve, hogy a városba vezethető csúcsmennyiség 13 000 m³/óra, a csúcsok kiegyenlítésére megfelelő tárolókapacitás közbeiktatása szükséges.

A város földgázra való átállításának előfeltétele a város határán kívüli fogadó- és szabályozó-állomás megépítése, ami az OEGH tervei szerint 1966—67-re megvalósul.

Debrecen területén az alábbi létesítmények, illetőleg létesítménycsoportok megvalósítása szükséges az egységes és korszerű gázellátás kialakítása érdekében:

a) Az ún. déli nagy-középnomású vezeték kiegészítéseként a Ny-i nagy-középnomású gerincvezeték kiépítése.

b) A középnomású hálózat — amely a nagy-középnomású érkező gázt a körzeti nyomásszabályozókhoz juttatja — a 4 fő ágából áll. Ezek kiépítésével, körhálózattal, kétoldali gázellátás biztosítható. Ezeken kívül még két átkötő vezeték szerepel a beruházási programban.

c) Három darab nagyközép-középnomású és 11 db közép-kisnyomású körzeti szabályozó létesítése mellett a kisnyomású gerinchálózat ki-

alakítása, a meglevő rendszer fölülvizsgálata és új bekapcsoló vezetékek építése szükséges.

d) A gázszolgáltatás biztonsága érdekében 1980-ig összesen 86 000 m³ tárolótérfogatot kell megépíteni. Ebből kettő 5 att és kettő 7 att nyomású gömbtároló.

A rendelkezésre álló műszaki és pénzügyi lehetőségek, valamint a városi gáztermelés fokozatos csökkentése mellett, az teljes átállítást 1964—75 között három, illetőleg négy ütemben lehet megvalósítani:

I. ütem 1964—65. ... 3200 fogyasztó

II/A ütem 1966—67. ... 3300 fogyasztó

II/B ütem 1968—70. ... 2000 fogyasztó

III. ütem 1970—75. ... 2800 fogyasztó

E program költség-előirányzata pontosan 149,7 millió Ft, amely összegből mintegy 100 millió Ft-ot tesz ki a kisnyomású vezetékhálózat. Teljes földgázfűtés esetén a költségek kb. 175 millió Ft-ra emelkednének.

Szilárd tüzelőanyaggal való összehasonlítás azt eredményezi, hogy az évi megtakarítás mintegy 130,5 millió Ft, amit összevetve a 150 millió Ft-os beruházási összköltséggel, azt kapjuk, hogy a beruházás tizennégy és fél hónap szilárd tüzelőanyag-szükségletével egyenértékű. Nem kétséges tehát, hogy a gázellátás sürgős kiépítése népgazdasági szempontból indokolt és gazdaságos.

IV. Táv hőellátás

Debrecen hőenergia-mérlegében nem kis szerepet játszanak a meglevő és rekonstrukció előtt álló TITÁSZ Erőmű, az egyes üzemek meglevő és sok esetben fejlődő kazántelepei, valamint a Ny-i ipartelepek létesítendő hőközpontja.

Tekintettel azonban arra, hogy a város távfűtési és hőenergia-ellátási kérdései most vannak részletesebb vizsgálat alatt, így ezzel korai lenne foglalkoznunk.

Annai azonban mindenesetre bizonyos, hogy Debrecen közművei között a hőenergia-ellátás nem elhanyagolható tényező és éppen ezért legfőbb ideje, hogy a számos különféle szempontból készült tanulmány után végre egységes és komplexen koordinált terv készüljön és a beruházásokat ilyen terv alapján hajtsák végre. Annál is inkább szükséges ez, mivel a hőenergiával kapcsolatos létesítmények beruházási költségei — legyen az termelés vagy elosztás — köztudomásúan igen jelentősek, tehát nem közömbös, hogy gazdaságosan létesülnek-e s gazdaságos-e a kihasználásuk.

V. További teendők

Ily módon áttekintve az erősen fejlődő Debrecen közműhálózatát, a várható igényeket és az igények kielégítéséhez szükséges tennivalókat, megállapítható, hogy valamennyi érdekelt szerv és hatóság — Városi Tanács, ÉM, OVF, NIM és nem utolsósorban az OT — rendkívüli feladatokkal áll szemben. Ezeknek a feladatoknak a megoldása különleges és rendkívüli intézkedéseket igényel, minden egyes közműágazatban külön-külön is és a város jövőbeni fejlődése és élete pedig együttesen. Debrecen esetében szinte több évtizedes

mulasztások sorozata terheli a maiak vállát, amelyek gyors korrigálása komoly erőfeszítést kíván a legkülönbözőbb területeken.

Összefoglalásképpen néhány olyan gondolatot — és tennivalót — említünk meg, ami talán az előzmények ismeretében elősegítheti a halmozottan jelentkező problémák megoldását.

Koordinálás

Sok szó esett már — e cikk keretein belül és ezen kívül egyaránt — a koordinálás szükségességéről. Bizonyos kezdeti lépéseket már tettünk is a helyes úton. Végigtekintve azonban Debrecenben csak a közművesítés terén megoldásra váró feladatokon, világossá válik, hogy itt olyan intenzív koordinációs tevékenység végrehajtását követeli meg az élet felső és középszinten egyaránt, amire városméretekből hazánkban még nem volt példa.

A MÉLYÉPTERV mind a városméretű, mind lakó-, illetőleg ipartelep-méretű tervezés során a legmesszebbmenőkig igyekezett és igyekszik a jövőben is szem előtt tartani és érvényesíteni a koordinációs elveket és szempontokat. Sajnos, — meg kell állapítani —, hogy egy- vagy akár több tervezővállalat minden igyekezete meghiúsulhat, ha a felsőbb szintű műszaki-gazdasági tervezés térbeli és időbeli koordinációja nem előzi meg, vagy legalábbis nem elég rugalmasan követi az alsóbb — tervezővállalati — szintű koordinációs törekvéseket. Ezzel kapcsolatban csak emlékeztetni szeretnénk a debreceni úgynevezett nyugati iparterület komplexen koordinált telepítésével kapcsolatos 1962 novembere óta húzódó problémákra és nehézségekre, amire talán az ez év végére készülő beruházási program tesz végre pontot.

Remélhető, hogy a GB 1964. évi határozata alapján — az egy településen belül megvalósuló beruházások egyes kérdéseiről — hozott OT — PM — ÉM rendelet helyes utat nyit és biztosít a koordináció számára.

Koncentráció

Ma már senki előtt sem kétséges, hogy mind a lakó- mind az iparterületek vonatkozásában a koncentrált telepítés a legolcsóbb, és a leggazdaságosabb is.

Ma nincs az országban egyetlen olyan hatóság vagy szerv, amely konkrét adatokat gyűjtött volna arra vonatkozólag, hogy az elmúlt két évtized során végrehajtott beruházásainknál miképpen alakultak a közművesítés járulékos és kapcsolódó beruházásainak költségei. Ennek következtében nincs is összehasonlítási alapunk annak bizonyítására, hogy a múltbani dekoncentrált építkezések milyen megterhelést jelentettek a népgazdaságnak pénzügyi és műszaki téren. Tervezési tapasztalataink alapján azonban nem látszik lehetetlennek 100 milliós nagyságrendű beruházási megtakarítás elérése sem egyetlen, néhány üzemből álló komplex ipartelep létrehozása esetén és akkor még nem is szóltunk a kivitelezés és üzemeltetés során jelentkező további nyereségekről. Ezért küzdenek a tervezővállalatok számszerű bizonyítás

útján is éppen a debreceni ipartelepítés, konkrétan a Debreceni Konzervgyár és a Ny-i iparterületek telepítése ügyében a koncentrált elhelyezésért.

A debreceni koncentrált lakótelep építkezésének is egyik legnagyobb akadálya a koordináció hiányában elmaradt előközművesítés. A közművesített területeken viszont a szanálási nehézségek teszik lehetetlenné a koncentrált lakótelepítést. Nyilvánvaló, hogy a koordinált és koncentrált közművesítési beruházások gyors és hatékony lebonyolítása nélkülözhetetlen előfeltétele a lakótelepítésnek is.

Tervezés

A műszaki tervezés vonalán a legsürgősebb teendő, hogy — a konkrét beruházások megvalósításához szükséges közműtervezéssel párhuzamosan — a lehető legsürgősebben elkészüljön Debrecen város általános rendezési terve és az egyes közműágazatok beruházási programja az egész város területére. Csak ily módon lehet olyan tervanyagot adni az illetékesek kezébe, aminek segítségével a pénzügyi fedezetet a kellő időben biztosítani tudják.

Kivitelezés

Mindaz, amit az előbbiek során fölvázoltunk, erőteljesen húzza alá azt, hogy Debrecen térségében az elkövetkező évek során rendkívüli feladatok megoldása vár az építőiparra. Senki előtt nem lehet kétséges, hogy a 15 év alatt megvalósítandó mintegy 2 milliárd Ft volumenű közműberuházás lebonyolítása a jelenleg ebben a körzetben rendelkezésre álló építőipari apparátus számára mind a létszám, mind pedig műszaki felkészültség szempontjából tekintve súlyos feladatot jelent. Ahhoz tehát, hogy Debrecen közműveit a város fejlesztésével arányosan és párhuzamosan, kellő időben, a megkívánt színvonalon ki lehessen építeni, az építőiparnak is már ma meg kell kezdenie felkészülését.

Összefoglalás

Az elmondottak élénken mutatják, hogy egy város — jelen esetben Debrecen — fejlesztése milyen nagy horderejű kérdés és milyen óriási kihatással van a fejlesztésre a közművesítés és viszont. A kettő kölcsönhatása vitathatatlan: fejlesztés nélkül nincs közművesítés, de közművesítés nélkül nincs fejlesztés sem.

Az a körülmény viszont, hogy Debrecen fejlesztése közművesítés vonalán ilyen jelentős igényekkel jelentkezik, — nem tekinthető egyedi esetnek. Amennyiben valaki azt javasolná, hogy mivel Debrecen fejlesztése ilyen drága, fejlesszünk inkább egy másik várost, helytelen úton járna, mert ma már valamennyi vidéki nagyvárosunknál elértünk egy olyan stádiumba, amikor a fejlesztés csak ugrásszerű mennyiségi és minőségi változással hajtható végre. Nem beszéltünk akkor még olyan regionális és településpolitikai szempontokról, amelyek nem is teszik lehetővé azt, hogy bármilyen megfontolásból eltekintsünk Debrecen fejlesztésétől.

A korszerű épületbontás egyik módszere a robbantásos épület eltávolítás. (I. Magyar Építőipar 1964. évi 8—9. számát.)

A robbantóerő ipari, széles körű felhasználásának megindulása a múlt század végére tehető. Az ipari robbanóanyag-gyártás kifejlődése (Nobel) és a robbantóerő hatása számítási módszereinek kialakulása (Boreszkov, Chalon, Hauser stb. képletei) lehetővé tette a robbantás elterjedt alkalmazását a bányászatban, a mélyépítőipari földmunkában. Épületek robbantására azonban még nem került sor a század első éveiben sem, miután nem merült fel a tömeges szanálási igény, illetve az ezzel kapcsolatos munkaerő-hiány. Az épületek robbantását az is hátráltatta, hogy a bontási anyagok nagyfokú épségére törekedtek a hagyományos korszerű újrafelhasználás érdekében. Az első világháborúban végrehajtott katonai épületrobbantások számos tapasztalati adatot nyújtottak, majd az 1930-as évek vége felé több helyen (Svédországban, Angliában, az USA-ban) hajtottak végre méretezett robbantásos bontást. A II. világháború újabb számítási és gyakorlati eredményei, majd a háború utáni hatalmas mennyiségű — jórészt veszélyes állapotú — épületrom eltakarítási igénye teljes mértékben kifejlesztették a robbantásos épületbontást. A méretezés teljesen precízzé vált, a részletes utasítások, készletgyűjtemények, technológiai leírások a beépített területen belüli — eddig szinte elképzelhetetlen, házsorból való — épület-kirobbantást is lehetővé tették. Hazánkban a kezdeti — részben káderhiány okozta — idegenkedés után napjainkra az építőipar kapacitáshelyzete „rákényszerítette” a kivitelezőket és a beruházókat a gyors és kis munkaerő-igényű robbantásos bontásra és igen szép eredményekre tekinthetünk vissza. Gondoljunk a Haaspalota alsó részének, az Engels téri épület, az Elevátorház, a Roosewelt téri romok és legutóbb a Nemzeti Színház robbantására.

1. Az épületrobbantások típusai

Az épületrobbantások kivitelezési megoldása több tényezőtől függ, ezek közül a legfontosabbak: a robbantandó épület állapota, elrendezése, statikai és szerkezeti jellege, a környezet védelmi igénye, távolsága a robbantandó épülettől és a rendelkezésre álló robbantóeszközök (gyújtógépek lövésszáma, robbanóanyag-fajta stb.) jellege. A felsorolt tényezők figyelembevételével az alábbi fő csoportosítások ismereteseek:

1.1 A robbantás *kiterjedése szerint* megkülönböztetünk:

1.11. Egy, vagy több épület *teljes* robbantását (1. ábra).

1.12. Épületrészek (szerkezetek) robbantását. Ez utóbbi lehet:

1.121. Szintenkénti (pl. az összes II. emeleti pillér egyszerre),

1.122. Szerkezetenkénti, (2. ábra.) és

1.123. egyedi, részleges robbantás. (3. ábra.)

1.2. A robbantás *időkialakítása szerint* lehetséges:

1.21. *Egy tűzbeni* robbantás, ekkor az elhelyezett összes töltetet egyidőben robbantjuk fel.

1.22. *Eltolt idejű* robbantás (millszekundumos) esetben az egyes szerkezetekben elhelyezett tölteteket (csoportokat) néhány tized, vagy század másodperc időkülönbséggel robbantjuk. (4. ábra.) Ezáltal előrepesztést, a szerkezeti kötések előzetes feloldását, adott dőlési irányba való „elhúzást”, az összedőlés megkönnyítését érhetjük el. Igen eredményes módszer.

1.23. *Külön idejű* robbantáskor az egyes szerkezeteket egymástól függetlenül, más-más időpontban robbantják.

1.3. A robbantási *hatás szerinti* felosztás az alábbi:

1.31. Adott irányba való eldöntés (5. ábra).

1.32. Összerogyás.

1.33. Vegyes hatású (pl. felső rész eldől, alsó rész összerogyik).

1.4. A robbantási *töltetrendezés szerinti* csoportosítás:

1.41. *Összpontosított* töltettel való robbantás. (Pl. egy kis bunkerban egy központos töltetet helyezünk el a szétvetéshez.)

1.42. *Sorozatban telepített* töltetű robbantás. Ekkor a töltetek elhelyezésére szolgáló lyukakat, kamrákat a szerkezetben, épületben a méretezés szerint nagyobb mennyiségben kell kialakítanunk. A töltetlyukak elrendezése lehet:

1.421. Egy vagy több sorban, hálósan, vagy kötésben (6. ábra).

1.422. Egyenletes, vagy változó sorrendezésben. Pl. az ék alakú elrendezés a falsarkoknál „elhúzó” hatás elérésére alkalmas (7. ábra).

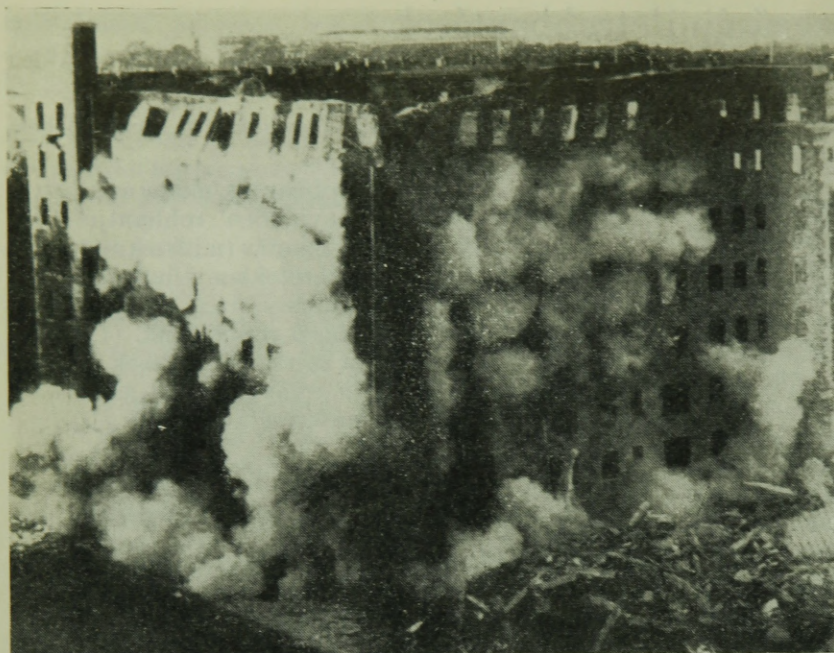
1.423. Vízszintes, vagy ferde lyuktengellyel. Az utóbbi „csúsztató” hatású elrendezés.

A fenti csoportosítás alapján — a robbantási terv elkészítése után — *komplex* jellemzést adhatunk egy-egy épületrobbantásról: „Az épületet teljes egészében, egy tűzbeni robbantással rogyasztják össze sorozatban telepített, a falközelekben négy soros kötésben elhelyezett vízszintes irányzású, a sarkokban négy-nyolc sorban változó, a sarok felé vastagodó kétirányú ékelrendezésű, 45°-ban kifelé, lefelé mutató irányzású lyukakban elhelyezett töltetekkel”.

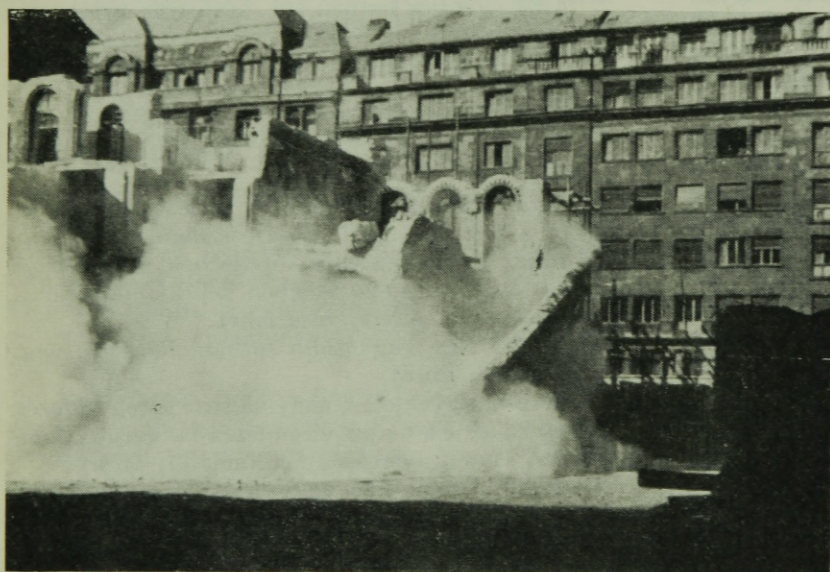
A fenti hosszú, „műleírást” megfelelő kódjelekkel is szokták külföldön helyettesíteni.

2. Az épületrobbantások méretezése

A robbantási méretezés gondos, körültekintő munkát igényel. A munka során a robbantó mérnök a statikussal, az organizátorral *együtt* vizsgálja meg az épületet a helyszínen, felfedik a „gyenge pontokat”, korrodált tartókat, kifogyott pilléreket, megvizsgálják a robbantással átvágásra kerülő keresztmetszetek legkedvezőbb és lehetőleg legkisebb méretű helyeit. Megvizsgálják az épület



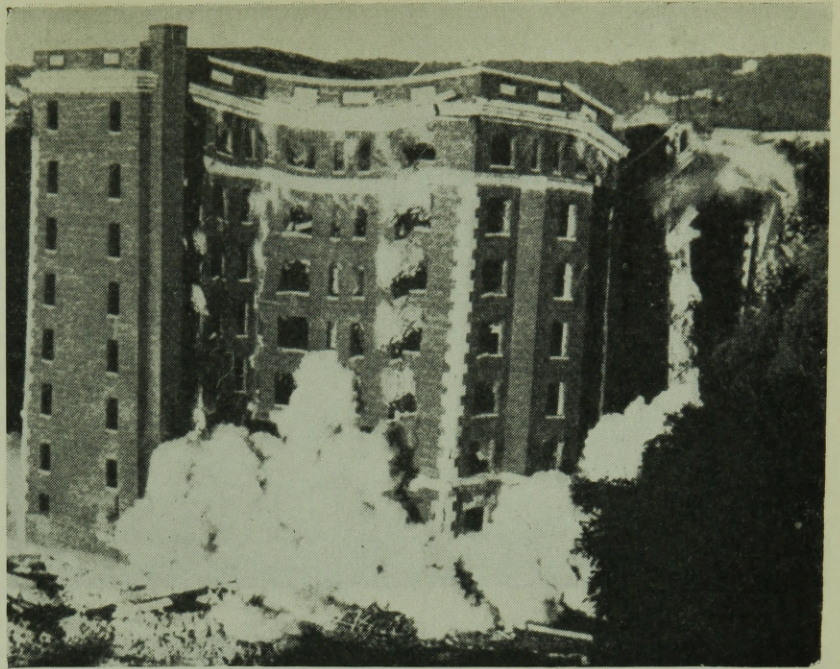
1. ábra. Teljes épület robbantása



2. ábra. Egy faltest lerobbantása
(Szerző felvétele)



3. ábra. Falszakasz beomlasztása
(Szerző felvétele)



anyagainak effektív minőségét (pl. a pincefal ugyan p c.-habarcsba rakott I. osztályú téglából készült, de erősen átázott). Ezután kerül sor a méretezésre.

2.1. Megállapítandó a *biztonsági határolás*, az egyszerre robbantható töltetmennyiség. Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat (továbbiakban ÁRBSZ) VI. melléklete alapján megvizsgáljuk, hogy a legközelebbi védendő objektum milyen távolságra van. Ezután:

2.11. a légnyomás veszélyes távolságára vonatkozó képlet és

2.12. a szeizmikus rezgés miatti veszélyes távolságra vonatkozó képlet alapján kiszámított

töltetmennyiség közül a *kisebbiket* kell választanunk.

$$2.11. r_1 = K_1 \cdot \sqrt{q} \quad \text{és} \quad q = \left(\frac{r_1}{K_1} \right)^2$$

$$2.12. r_s = \frac{K_s}{\sqrt[3]{n} \sqrt[3]{q}} \quad \text{és} \quad q = \left(\frac{r_s}{K_s} \right)^3 n$$

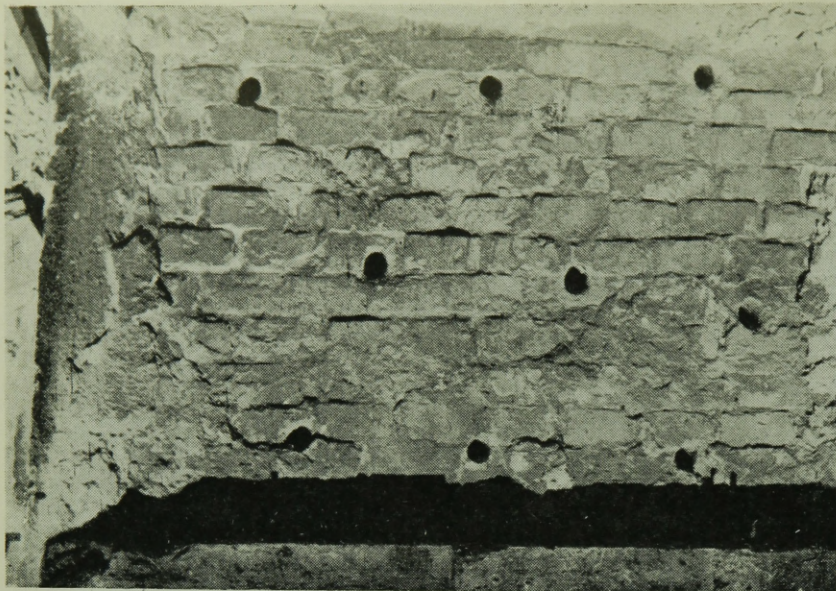
ahol r = a robbanás helyéig számított távolság méterben,

q = a robbanóanyag-töltet kg-ban,

n = a robbanási hatásmutató (külszíni várható tölcser m -ben megadott su-



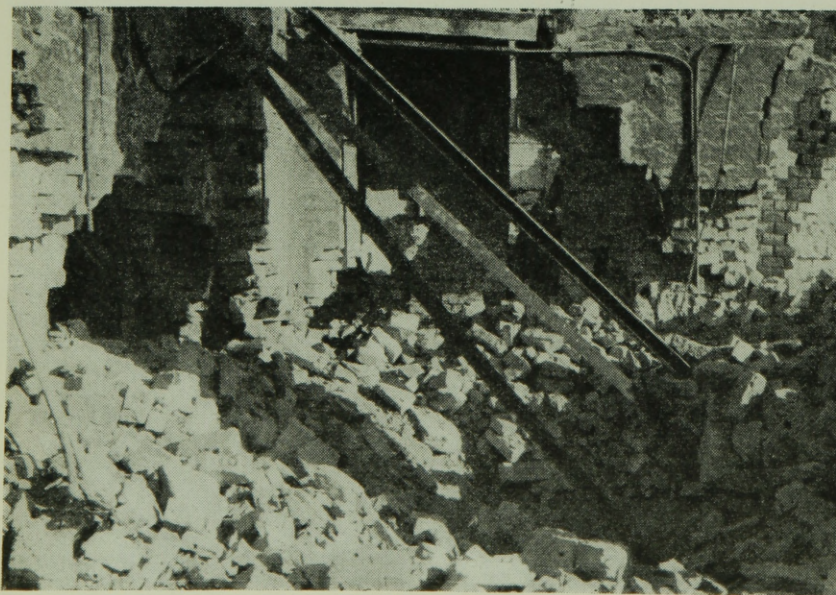
5. ábra. Kémény adott irányba való eldöntése
(Szerző felvétele)



6. ábra. Kötésben elhelyezett sorozatosan telepített töltetlyukak (Szerző felvétele)



7. ábra. Ék-alakú sarok töltet-elrendezés (Szerző felvétele)



8. ábra. Helytelen lyuktavolság — az álló bordák miatt a dőlés elmaradt (Szerző felvétele)

garának és a legkisebb ellenállási vonalnak, előtétnek m-ben megadott nagyság viszonya).

K_1 = az ÁRBSZ 8. táblázatában található tényező,

K_s = az ÁRBSZ 3. táblázatában található talajtényező.

A határolás persze utólag is elvégezhető a romboláshoz szükséges robbanóanyag-mennyiség kiszámítása után; ilyenkor kiderülhet, hogy a kívánt (pl. egy tűzbeni) módszerhez nagyobb biztonsági távolságra van szükség, s ekkor a számítást más robbantási módszer (pl. részletenkénti, szintenkénti) feltételezésével újból el kell végezni, és esetleg ez sem ad kedvező eredményt. Ezért helyesebb az előzetes határolás, mert mindjárt ehhez alakíthatjuk a legmegfelelőbb robbantási módszert.

2.2. A keresztmetszetek átütéséhez szükséges robbanóanyag mennyiségének (töltet) meghatározását különféle képletekkel végezzük el.

E képletek egy része tapasztalati, másik része elméleti számításokon, adatokon alapul. A szakirodalomban több száz robbantási képlet ismeretes. Ezek közül az épületrobbantáshoz két alapvető fajta található:

2.21. *Gyűjtőképletek.* Ezek fajlagos módon, 1 légm³ különféle típusú épületre megadják adott robbanóanyagféle alkalmazása mellett szükséges robbanóanyag mennyiségét. A gyűjtő képletek lehetnek:

2.211. *Összpontosított töltetre vonatkozóak:* azaz megadják pl.: „Földszintes, könnyű szerkezetű (0,33 m falvastagság, fafödém és tető), bedeszkázott ablakú épület összedöntéséhez légm³-enként 0,40—0,60 kg paxit szükséges az épület közepén, a földön elhelyezett, fojtás nélküli összpontosított töltet kialakítására.” E képleteket azonban rendszerint csak sürgős esetekben, kisebb épületeknél, kieső helyen alkalmazzák.

2.212. *Sorozatban telepített töltetekre megadottak:* Ez esetben a megadott képlet alapján kiszámított töltetmennyiséget a töltetelrendezésre vonatkozó (később tárgyal) elvek szerint szét kell osztani az épület robbantásra kerülő keresztmetszeteiben. Más esetben egy átlagos töltet-helyre adják meg a szükséges robbanóanyag-mennyiséget adott épülettípus esetén, és ezt az „átlagadagot” kell „finomítani” az elhelyezés során; azaz pl. a sarkokba valamivel többet kell elhelyezni. Ilyen képlet pl. Weichelt 37. képlete, mely zárt, több födémes, tetős épületekre az 1 töltet helyre jutó töltetet (L) kg-ban az alábbiak szerint adja meg teljes, egy tűzbeni robbantásnál:

$$L = (w + \frac{1}{6}w)^3 \cdot c \cdot d$$

ahol w = az előtét a töltet és a külszín közti legkisebb ellenállás vonala m-ben,

$\frac{1}{6}w$ = átlagos pótlékolás w -re m-ben,

c = táblázati érték az épület szerkezeti jellegére vonatkozóan,

d = táblázati érték: fejtési tényező.

2.22. *Alapképletek.* Az átütésre kerülő keresztmetszetekre adják meg a robbanóanyag-

mennyiséget. Ahány helyen szükséges átütni a szerkezeteket, annyszor kell az egy keresztmetszethez szükséges töltetmennyiséget számításba venni. Az alapképletek két fő típusa ismeretes:

2.221. *Elnyírási képletek.* Fa- és vasrudak, vékony (max. 7,5 cm) vaslemezek, fa- és vasoszlopok elvágásához szükséges robbanóanyag mennyisége az elnyíró keresztmetszet felületével arányos.

2.2211. Vas- és acélobbantásnál:

$$L_{gr} = F \cdot K$$

ahol F = az átütendő keresztmetszet cm²-ben, pl. egy I 20-nál 33,5 cm²,

K = táblázati érték, mely a töltetelhelyezéstől, a robbantás helyétől (pl. víz alatt) függően 25—75-ig változik. Szekrényes tartók belsejében, csövekben a K értéke $\frac{K}{4}$; $\frac{K}{2}$ is lehet.

2.2212. A fa robbantásnál:

$$\text{gömbfánál } L_{gr} = D^2 \cdot K,$$

$$\text{szegletes fánál } L_{gr} = a \cdot b \cdot K$$

ahol D = a fa átmérője cm-ben, a és b az oldalhosszúságok cm-ben,

K = táblázati érték, mely a töltetelhelyezéstől (pl. szabadon elhelyezett töltetnél $\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$;

míg befűrt töltetnél $\frac{1}{8} - \frac{1}{10}$) ; és a fa minőségtől függ (pl. nedves fánál 33% pótlék veendő fel).

2.222. *Kidobási képletek.* Tömör, nagyobb kiterjedésű anyagok (föld, kő, fal, beton) rombolásánál használatosak. Mai alakjukat többek között Boreszkov orosz tudós dologozta ki. Ez a képletcsoport a legerterjedtebb a gyakorlatban. Alapelvük az, hogy fűrt lyukban elhelyezett töltet legjobb hatásfokát az ún. normál tölcser esetében éri el, s ekkor az előtét: $w = r$ -rel, a tölcser felszínén mért sugarával. A robbanóanyag-szükséglet a kidobott tölcser köbtartalmával arányos, így

$L = K w^3$ mert a tölcser térfogat

$$\frac{\pi r^2 w}{3};$$

$$\text{és } w = r \text{ és } \frac{3,14}{3} \quad (1)$$

L = (a szakirodalomban Q -val is jelölve) a kivetéshez szükséges robbanóanyag-mennyiség,

$K = 1 \text{ m}^3$ adott anyag térfogat egységének kivetéséhez szükséges robbanóanyag-szükséglet, táblázati érték.

(Ha $w = r$, úgy az előbbi képlet módosított formái használatosak.)

Pl. beton vagy téglafalak robbantásának képlete:

$$L_{kg} = w^3 \cdot K \quad (w \text{ méterben}).$$



9. ábra. Tűlfúrás miatti ellentétes oldalon kialakult kidobás (Szerző felvétele)

K tényező három összetevőből, azok szorzatából áll:

c_t = falterhelési tényező (táblázati érték),
 c_f = falanyagminőségi tényező (táblából),
 d = elhelyezési, fojtási tényező.

A felsorolt két fő típusú képleten kívül még több fajta is ismeretes, így pl. a felfektetett töltet méretezése (épületrobbantásnál ritka) és a

2.223. *Vegyes összetételű képlet vasbeton robbantásához.* Ennél a képletnél *egyrészt* figyelembe kell venni a vasbetét elvágásához szükséges töltet mennyiségét és elhelyezését, *másrészt* a beton áttöréséhez szükséges töltet méretezését. Sokszor csak a beton lerobbantására kerül sor, a vasváz elvágását más módon végzik. A tapasztalati képletek szerint a vasbeton betonjának áttöréséhez a kidobási és az elnyírási képlet „öszvér” alakja adja meg a töltetnagyságot:

$$L_{kg} = (w + \frac{1}{6} w)^2 \cdot q$$

ahol q = fajlagos robbanóanyag-szükséglet általában 1 m^2 -re (táblázati érték).

A számításba jövő keresztmetszeteken végighaladva, elvileg összesíthetjük a robbanóanyag-szükségletet. A méretezés során az egyes töltetek nagysága, elhelyezése, a töltetek robbantásmódja, végső soron pedig a teljes, egyszerre robbanó töltetmennyiség és a biztonsági határolás szoros kölcsönhatásban vannak.

Általában a teljes, egy tűzbeni robbantás nem mindig lehetséges a biztonsági határolás miatt. Ezért két, vagy több töltetcsoporthoz millszekundumos eltolással való robbantása ajánlatos, ezáltal csökken az „egyszerre” robbanó töltetmennyiség, sőt kedvező rezgéscsökkentő interferencia is érhető el esetenként. Ha még így is nagy az egyszerre robbanó töltetmennyiség, át kell térni a részletenkénti épületrobbantásra. A millszekundumos csoportokat, a részletrobbantási területeket célszerűen az épület nagyobb szerkezeti egységei (pl. lépcsőházi fal, födémek, traktusok) mentén választjuk meg. Az így kialakított, egyszerre

robbanó töltetcsoporthoz méretezésénél aztán az alábbi irányelveket kell figyelembe venni:

a) csak befűrt, fojtott tölteteket alkalmazunk, mert a felfektetett töltetekhez azonos hatás elérésére 100—500%-kal több robbanóanyag kell, amellet a felfektetett töltetrobbantási légnyomás igen nagy,

b) a befűrt tölteteket úgy kell kiosztani, hogy a lyuksorok tengelytávolsága maximálisan $2w$ lehet, különben a hatósugarak nem metszik át egymást, álló bordák maradnak, labilis állapot keletkezik és nem következik be a dőlés (8. ábra). A sarkoknál a lyukakat sűríteni kell, mivel átlós irányban a w is nagyobb,

c) a lyukmélység maximálisan a szerkezet vastagságának $\frac{3}{4}$ -e, de inkább $\frac{2}{3}$ -a lehet, különben „tűlfúrás” következik be és a töltet az ellenkező irányban hat, ami igen veszélyes állapotot idézhet elő (9. ábra),

d) a töltetek robbantási hatásának vizsgálatánál ügyelni kell arra, hogy a dőlés, roskadás egyirányú, egyértelmű legyen, különben a dőlő szerkezetek „összagabalyodnak” és a törmelék feldolgozása igen nehéz feladatot jelent,

e) általában csak kisebb brizanciájú robbanóanyagokat lehet lakott területen számításba venni (pl. paxitot),

f) a fojtási hatás és porlekötés fokozására célszerű a hagyományos homok-, agyagfojtások helyett a kavics-, vízfojtásokra áttérni.

A különböző méretezési képletek alkalmazásánál rendszerint gondot okoz a „ K ” tényezők helyes értékelése. A „ K ” tényezők valóban országoként, a különböző robbanóanyagoktól, építésmódoktól függően rendkívül változatos nagyságúak. Ezért javasolható, hogy esetenként egyes szakirodalmi adatok átvétele előtt több sorozatos próbarobbantásokat kell végezni a hazai „ K ” tényező helyes értékének kialakítására, sőt szükséges lehet ilyen próbarobbantások elvégzése az adott, új feladat helyén is.

10. ábra. Jól sikerült robbantás egy részlete a Nemzeti Színház bontásánál (Szerző felvétele)



3. A robbantásos bontás kivitelezésének egyes kérdései

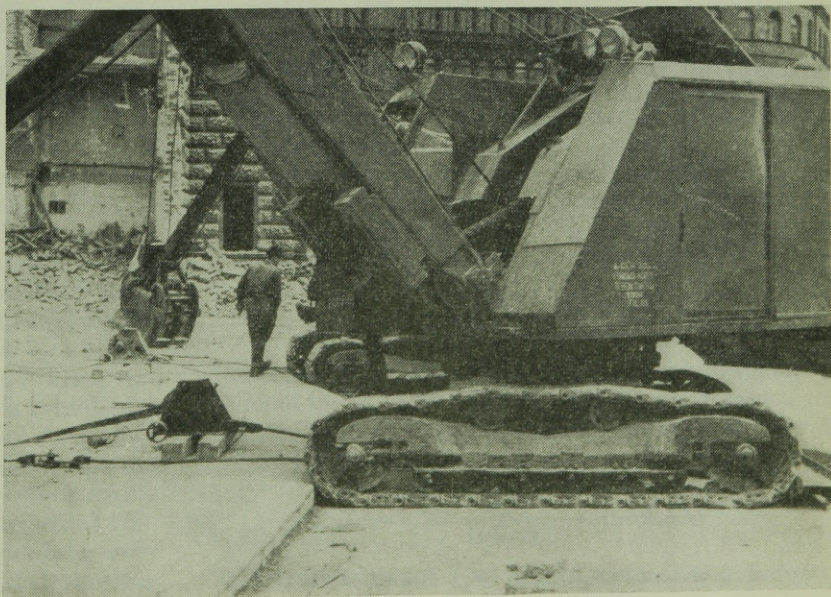
A gyakorlati robbantásra vonatkozó előírások részletesen megtalálhatók az ÁRBSZ vonatkozó fejezeteiben. Foglalkoznunk kell azonban az ÁRBSZ-en túlmenő fontos szervezési kérdésekkel, melyekre csak mostanában kezdünk nagyobb figyelmet fordítani.

3.1. *A robbantás technikai eszközei.* A tölteteket beléjük helyezett gyutacsokkal, a közvetítő (általában csak villamos) hálózaton keresztül, a gyújtógép betáplálta energiával robbantjuk. Meg kell mondanunk, hogy a gyújtógépek tekintetében pótolnivalónk van. Az építőiparban rendelkezésre álló különféle kondenzátoros, elektrodinamós, nem millszekundumos gyújtógépek teljesítménye maximálisan 150—300 lövés. Nagyobb arányú robbantásokat, ahol a még pontosabb időeltolásokat akár 1000 lövésig több variánsban is végre kell hajtani, csak a legkorszerűbb, rendszerint tranzisztoros megoldású, valamint a több szériás

millszekundumos gépek beszerzésével lehet megoldani. És ilyen feladatok nemcsak a bontásnál, de a mélyépítőipar, a földmunkák területén nagy mennyiségben adódnak.

3.2. *A robbantási rezgésmérés.* A köztudatban helytelen nézetek terjedtek el a robbantási hatás tekintetében. Bár bebizonyosodott, hogy a zsúfolt, robogó autóbusz nagyobb rezgést képes előidézni, mint egy jól méretezett nagyméretű robbantás (pl. Nemzeti Színháznál, l. a 10. ábrát), helyes ha az utólagos viták elkerülésére előzetes környezeti állagfelmérést és menet közbeni szeizmografikai, egyszerűbb mechanikai vagy optikai, vagy más módszerekkel rezgésméréseket végzünk. Egyébként korszerűen foytott és elrendezett robbantásoknál még az akusztikai hatás is elenyésző.

3.3. *Erőtani segítés és biztosítás.* Magas falak, pillérek, falszakaszok robbantásánál a pontos méretezés ellenére is fennállhat a kibicsaklás, a megcsavarodás veszélye. Ezért a gyakorlati tapasztalatok alapján belterületen szükségesnek lát-



11. ábra. Csőrlőtelepítés a rakodódaruhoz (Szerző felvétele)



12. ábra. Robbantás utáni gépi rakodás
(Szerző felvétele)

szik a csörlős ellenbiztosítás. A robbantásra kerülő szakasz középső és felső részének szerkezeti pontjait lehetőleg jól telepített (11. ábra) utászcörlő kötelével rögzíteni kell. Megállt töltetek esetében is biztonságos eljárás, az esetleg elégtelen robbantási hatás (alulméretezés) utáni lehúzást is elvégezhetjük.

3.4. *Szállításszervezés.* A gyors bontási átfutás érdekében a törmelékből a téglá kiválogatását és tisztítását nem a robbantási helyszínen oldjuk meg. Így — a hagyományos bontáshoz képest — a szállítási igény 50—100%-kal is megnövekedhet (12. ábra). Mivel a robbantásos bontások rendszerint részleges megoldásúak, igen pontos szervezést igényel a gépi törmelékfelrakás, szállítás, robbantási előkészítés és robbantás egymáshoz viszonyított — idő- és térbeni — szervezése, különben óhatatlanul állásidők keletkeznek, álló gépek fognak egymásra torlódni.

4. A robbantásos bontás értékelése

Hazánkban kétségenkívül a leggyorsabb, kis munkaigényű és gazdaságos bontásmód a robbantás. Bár minden robbantásnál különböző adottságok folytán az eredmények különfélék, megállapítható, hogy

átfutási időben 35—60%-os rövidülés,
létszámszükségletben 40—70%-os csökkenés,
szerkezetbontási költségekben 25—80%-os csökkenés,
szállítási költségekben átlagosan 50%-os emelkedés,
globál beruházási összegben 25—40%-os csökkenés volt megfigyelhető. A bontási anyagok pusztulása ugyan emelkedett, de ez mintegy 10—12%-ra tehető. Megjegyzendő, hogy téglatörmelék-beton előállításában a téglatörés ténye közömbös lenne, sőt még az eddig hulladékba került negyedtéglák is felhasználhatók lennének.

IRODALOM

- Weichelt F.*: Handbuch der gewerblichen Sprengtechnik. Halle 1963.
Andrejev K.—Beljajev F.: Teorija vzrűvcsatűch veseszto. Moszkva.
M. H. S. Műszaki tartalékos tisztek kézikönyve. Budapest, 1964.
Baton L. L.: Vzrűvnűe rabotű. Moszkva 1960.
Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat. Budapest 1965.
Hickel H.: Die Sprengarbeit im Baugewerbe. Zürich 1959.
Lázár Jenő: Korszerű robbantási és töltetszámítási módszerek. M. T. Budapest. 1954.

Az építőipar fejlődését, elsősorban a termelékenység növelését az épületsúlyok csökkentése és a helyszíni építési folyamatoknak a szerelési munkákra korlátozása biztosítja. A ballonépületek e szempontokat messzemenően kielégítik, ezért hasznosnak látszik ezt a hazánkban ismeretlen, vagy alig ismert építési módot a külföldi szakirodalom alapján röviden ismertetni.

A ballonszerkezet alapelve azonos a közönséges ballonéval: az önmagában nem alaktartó, csak húzószilárdsággal rendelkező hártya mestersegesen létesített belső túlnyomással megfeszítve alaktartóvá, sőt jelentős terhek hordására is alkalmassá tehető.

A ballon- vagy más szóval pneumatikus épület ötlete *F. W. Lanchester* angol mérnöktől származik. Találmányát 1917-ben szabadalmaztatta. Gyakorlati megvalósítására csak a harmincas évek közepén került sor, amikor *W. Neff* elkészítette első ballonzsaluzatú vasbeton héjszerkezetét. A ballonszerkezetek jelentős fejlődését csak a második világháborút követő időtől számíthatjuk az Egyesült Államokban. Az utóbbi években már Európában is több sikerült ballonszerkezet alkalmazásáról tudunk.

1. Légtechnika

A ballonszerkezetek építésének alapfeltétele a szükséges túlnyomás biztosítása. Mivel a túlnyomás magában a belső térben van, nemcsak műszaki, hanem biológiai hatásait is meg kell vizsgálnunk. Az egészséges emberi szervezet tartósan 0,2 és 3 at közötti légnyomást képes elviselni (az alsó határ kb. 12 000 m tengerszint feletti magasságnak, a felső 30 m víz alatti mélységnek felel meg). Ilyen értékek természetesen csupán különleges esetben jöhetnek szóba. Közhasználatú épületben csak olyan túlnyomás alkalmazható, amelyet bárki lehetőleg észrevétlenül elbír. 0,1 at légnyomáskülönbség még fokozatos átmenet nélkül is könnyen elviselhető, de már észrevehető (kb. 800 m magasságkülönbség jelent ekkora légnyomásváltozást). Ennél kisebb nyomáskülönbségek biológiai szempontból nem jelentenek problémát.

A túlnyomás szükséges mértékét a terhelés és a szerkezet alaktartása határozza meg. A ballon súlya 0,5—3 kg/m², tehát jelentéktelen, a hőteher (amit sokszor számításba sem kell venni, pl. idényjellegű, vagy megfelelően fűtött épületben) és a szélnyomás együttes értéke — figyelembe véve a szokásosnál kisebb biztonság szükségességét, amelyről a későbbiekben még szó lesz — kb. 100 kg/m²-re vehető fel. Ez 0,01 at (100 mm vízoszlop) túlnyomásnak felel meg, vagyis a biológiai szempontból megengedhető nyomáskülönbségnél egy nagyságrenddel kisebb. A kísérletek szerint a ballon megfelelő mérsékelt alaktartásához azonban erős szélben is kb. 0,002 at (20 mm vízó.) túlnyomás elégséges (ilyen légnyomáskülönbség erősebb szélben közönséges épületen is keletkezik).

A szükséges túlnyomás közönséges ventillátorral biztosítható.

Vizsgáljuk meg ezután a túlnyomás fenntartásának *energiaszükségletét*. A gyakorlatban alkalmazott túlnyomás 25 mm vízoszlopot nem szokott meghaladni. Ilyen nyomáskülönbség esetén a nyílásokon legfeljebb $v = 10$ m/sec (36 km/h) sebességgel távozik a levegő. Ez a sebesség kisméretű nyílásoknál a kilépő ellenállás és az ellenállási alaktényező miatt elég jelentősen csökken, tehát a 10 m/sec feltételezése a számításban meglehetősen biztonságot jelent. Távozzék az épületből a levegő F felületű nyíláson (általában csak az ajtóknál, valamint a ballon és az alap csatlakozásánál van légvesztés, mivel a műanyagok légzáróak). A pótlandó légmennyiség tehát $q = v \cdot F = 10 F$ m³/sec = 36 000 F m³/h. Másrészt ha az épület térfogata V és az óránkénti légsere n -szeres, $q = n \cdot V$ m³/h. Eszerint n és F között adott — 25 mm vízó. — túlnyomás és V térfogat esetén az alábbi összefüggés adódik

$$n \cdot V = 36\,000 F$$

Az óránkénti légszerezszám, n kb. 3 és 15 között változhat. A megfelelő szellőzéshez legalább háromszoros légsere kívánatos, a 15-nél nagyobb érték viszont már kellemetlen huzatjelenséget okozhat. A fenti összefüggés alapján n -et vagy F -et alkalmasan megválasztva, a másik adatot és a pótlandó q légmennyiséget könnyen meghatározhatjuk. Az ehhez szükséges teljesítmény

$$N_{kw} = 1,25 \frac{q \cdot \Delta p_0}{102 \cdot \eta}$$

ahol N_{kw} a teljesítmény kW-ban,

- 1,25 az indítóáram miatt szükséges szorzó,
- q a betáplálandó levegő mennyisége, m³/sec,
- Δp_0 a kívánt túlnyomás vízoszlop mm-ben,
- 102 a dimenziók átszámítása miatt szükséges tényező,
- η a hatásfok, általában 0,7.

Az *energiaszükségletet* vizsgáljuk meg két egyszerű példán. Legyen a ballon mindkét esetben félgömb-alakú, a Δp_0 túlnyomás a gyakorlatban szokásos 25 mm vízoszlop.

Az első példában a gömb átmérője 10 m. Ekkor $V \sim 260$ m³. A *légszerét* vegyük az elfogadható legnagyobb, 15-szörösre. A szabad nyílás az $n \cdot V = 36\,000 F$ összefüggésből

$$F = \frac{15 \cdot 260}{36\,000} \sim 0,1 \text{ m}^2$$

lehet, vagyis még a nagy légsere megengedése ellenére is jó légzárást kell biztosítani. A szükséges légpótlás $q = v \cdot F \sim 10 \cdot 0,1 = 1$ m³/sec, ennek megfelelően a teljesítmény

$$N = 1,25 \frac{1 \cdot 25}{102 \cdot 0,7} \sim 0,44 \text{ kW}$$

Kilowattóránként 1,80 Ft-tal számolva a felhasz-

nált elektromos energia ára $0,44 \cdot 24 \cdot 1,80 \sim 20$ Ft/nap.

A második példában legyen az átmérő 50 m, ebből a térfogat $V \sim 33\,000 \text{ m}^3$. A szabad nyílást vegyük fel 3 m^2 -re. A légcser

$$n = \frac{36\,000 \cdot 3}{33\,000} \sim 3,3$$

szellőzés szempontjából megfelelő. A levegővesztesség $q = v \cdot F \sim 10 \cdot 3 = 30 \text{ m}^3/\text{sec} = 108\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. A szükséges teljesítmény

$$N = 1,25 \frac{30 \cdot 25}{102 \cdot 0,7} \sim 13 \text{ kW}$$

tehát még ilyen nagy méreteknél sem jelentős. A napi fogyasztás $13 \cdot 24 \cdot 1,80 \sim 560$ Ft/nap.

A példából azt láthatjuk, hogy a túlnyomás biztosítása nem kíván nagy energiafelhasználást, a ballonépületek üzemeltetése gazdaságos. Az üzemeltetés — amely más szerkezetekhez képest többletként jelentkezik — a fenti energiafogyasztásból, valamint a légtechnikai berendezés jelentéktelen fenntartási költségéből adódik. Jelöljük az időegységre jutó üzemeltetési költséget $K_{\bar{u}}$ -vel, a ballonépület építési költségét K_b -vel, a vele azonos igényeket kielégítő hagyományos szerkezetét K_h -val (tehát az építésnél mutatózó megtakarítás $K_h - K_b$). Az adatok ismeretében kiszámíthatjuk, milyen maximális t használati időre gazdaságos ballonépületet létesíteni:

$$t = \frac{K_h - K_b}{K_{\bar{u}}}$$

Megjegyzendő, hogy ha a hagyományos épületnél is szükséges mesterséges szellőzés, ennek üzemeltetési költségét természetesen a $K_{\bar{u}}$ -ból le kell vonni.

A példák másik tanulsága, hogy kisméretű épületeknél a túlnyomás a szellőzést is bőségesen biztosítja, sőt a túlzott légcser

A légcserével kapcsolatban oldható meg az épület fűtése is. Ha nem kívánunk a külső és a belső hőmérséklet között nagy különbséget elérni — tehát téli üzemb

megoldható. Fűtőanyagként olaj, gáz stb. használható.

Nyáron problémát okozhat a túlzott felmelegedés, bár ezt a túlnyomás miatti állandó légcser

2. Szerkezetek

A ballonok általában megfelelő húzószilárdságú műanyagfóliából (PVC stb, $300\text{--}2000 \text{ kg/cm}^2$ szakítószilárdság), legtöbbször hálób

A túlnyomásos épületek nyílásainak kiképzésére különös figyelmet kell fordítani. Közös

Az alapozás is a szokásostól eltérő megoldás. A túlnyomás és a szélszívás hatására keletkező felfelé ható erőket lehorgonyzással kell felvenni. Kisebb méretű épületek esetén egyszerű leterhelés (pl. homokzsákokkal) is elképzelhető, ami különösen akkor előnyös, ha az épület gyakori áthelyezésére kell számítani. Szokásosak a monolit, vagy előregyártott beton-, ill. vasbeton alapok. A vasbeton alapok megfelelő kialakításával a talaj is bevonható a leterhelésbe. Sokszor csak a lehorgonyzó cölöpök alkalmazása ad kielégítő megoldást. A fűt cölöpök technológiájának fejlődése ezt a módszert is gazdaságossá teheti.

Fokozott gondot kell fordítani az alap és a ballon kapcsolatára. Sűrűn elhelyezett kapcsolóelemek esetén nem keletkeznek a ballonban feszültségcsúcsok és a csatlakozásnál levő hézag is olyan mértékben csökkenthető, hogy nem okoz jelentős légcserét.

3. Statikai számítás

A ballonszerkezetek egyik régebbi építési módhoz sem hasonlítható tulajdonságai a méretezés terén is a szokásostól eltérő problémákat okoznak és különleges megoldásokat tesznek lehetővé. Másként lehet megfogalmazni például a biztonság

¹ A légtechnikai fejezet Soltész Zoltán gépészmérnök (KGMTI) közreműködésével készült, akinek ezúton is köszönetet mondok.

ságot, ami a pneumatikus szerkezetek gazdasági előnyét nagymértékben fokozza. Más szerkezetek — még a viszonylag legkönnyebb függőtetők is — a ballonhoz képest súlyosak, másrészt olyan merev anyagokból készülnek, amelyeknek megengedhető alakváltozása viszonylag csekély. Így ha a hágyományos szerkezetek akár csak rövid ideig is jelentősebb túlterhelést kapnak, a nagy maradó alakváltozás miatt tönkremennek, míg kedvezőtlen esetben leomlanak és ezáltal — nagy súlyuk miatt — az anyagi veszteségen kívül emberáldozatot is követelhetnek. Ennek nagy valószínűséggel való elkerülése érdekében az építőanyagok szilárdsága csak tört részében használható ki. A szükséges biztonság az anyagminőség egyenletességének fokozásával és a számítási módszerek fejlődésével bizonyos mértékig csökkenhet ugyan, de jelentős változást e téren már nem várhatunk. A ballonszerkezetek ezzel szemben bizonyos alakváltozásokra érzéketlenek (így pl. a ballon helyi behorpadása — ha nem is kívánatos — a túlnyomás fokozásával nyomtalanul megszüntethető), és tönkremenetelük sem okoz katasztrófát. A ballonn keletkező repedés következtében ugyanis az épület nem omlik hirtelen össze, csak a nyomás csökkenésével lassan leereszkedik. A ballon jelentéktelen súlya miatt azonban akkor sem történik komoly baleset, ha az összeomló épületben még emberek tartózkodnak. Viszont kisebb repedés esetén lehetséges, hogy a tartalék ventillátorok segítségével a szükséges túlnyomás a javítás idejéig biztosítható. Ilyen megfontolások alapján a pneumatikus szerkezetek biztonsága a hágyomá-

nyos épületekhez képest lényegesen csökkenthető. A számításban ezt elsősorban az előírások szerinti szél- és hőteher redukálásával, és a túlnyomás lehetőség szerinti minimális értékre csökkentésével szokás figyelembe venni.

A ballonszerkezetek veszélytelensége lehetővé teszi azt is, hogy kisebb számítási pontossággal elégedjünk meg. A számítás, ha a ballon megnyúlásától eltekintünk, a héjszerkezetek szokásos megoldását követheti. Az alakváltozások elhanyagolása azonban az anyag tulajdonságaitól függő, de mindenképpen elég jelentős eltérést okoz a tényleges és a számított erőjáték között. A ballonszerkezetek számítása még korántsem megoldott, a gyakorlatban közelítő számításokat és modellkísérleteket alkalmaznak. A számítási eljárásokat elsősorban az alakváltozások figyelembevételével és a szélteher (amely itt legtöbbször a terhek zömét adja) nagyságának és eloszlásának pontosabb megállapításával kell fejleszteni. A klasszikus héjelmélet pontosabb számításait éppen a fentiek miatt nincs értelme alkalmazni (pl. ha a szélteher gyakorlatilag az egyetlen terhelés, a szokásos, egyszerű matematikai formulával kifejezhető, de a valóságtól eltérő szélteher-eloszlást feltételező „pontos” számítás megbízhatatlan eredményt ad).

A ballonszerkezetek számítása három lényeges részből áll:

a) *A túlnyomás meghatározása*

Azt kell biztosítani, hogy bármely pontban a minimális főfeszültség még húzás legyen, ellenkező esetben ugyanis horpadás keletkezik. Biztonságos



1. ábra. Kiállítási pavilon (USA) felfújás közben



2. ábra. Kiállítási pavilon (USA)

megoldás, ha a belső túlnyomás a maximális kívülről befelé ható terheléssel egyenlő. A gyakorlatban a légtechnikával kapcsolatban említett 0,002—0,003 atmoszférát szokás alkalmazni.

b) *A ballonban keletkező feszültségek*

A számítás a szélteher eloszlása miatt rendkívül bonyolult. Ha közelítésként az egész felületen a maximális p_s szélszívást tételezzük fel, a belső nyomás értéke pedig p_b , gömbfelület esetén a körszimmetrikus membránhéjak elméletéből a metszeterőkre

$$n_\varphi = n_\delta = n = \frac{p_s + p_b}{2} R = \text{konst.}$$

közelítő értéket kapunk (ahol n_φ a meridiánirányú,

n_δ a gyűrűirányú metszeterő, R a gömb sugara, p_s a szélszívás, p_b a túlnyomás). A túlnyomás változó lehet, itt a legnagyobb értéket kell számításba venni. A metszeterők ismeretében a ballonban keletkező feszültség könnyen meghatározható.

c) *A lehorgonyzó erő számítása*

Az alapozásnál jelentős felfelé ható erőket kell felvenni, a lefelé ható erők elhanyagolhatók. A függőlegesen felfelé ható erők közül az előbb meghatározott n érték támasznál vett függőleges komponense adódik. A vízszintes szélérő alapsíkra vonatkozó nyomatékát szintén függőleges erőkkel kell egyensúlyozni, ennek maximális értékét közelítőleg a p_s érték 50%-kal való növelése útján vehetjük figyelembe, tehát a maximális lehorgonyzó erő

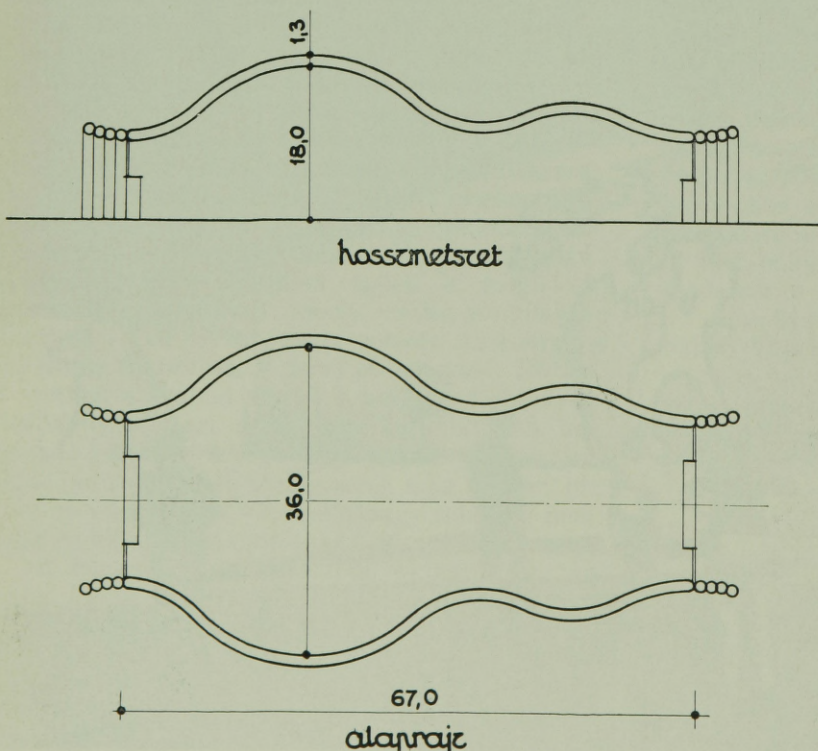
$$v \sim \frac{1,5p_s + p_b}{2} R \sin \varphi$$

(ahol φ a ballon vízszintessel bezárt szöge a lehorgonyzás helyén).

A fenti közelítő számítást egyszerű példával illusztrálhatjuk. Legyen a félgömb felületű ballonépület átmérője 50 m, tehát $R = 25$ m. A szélszívás értékét közelítőleg $p_s = 50$ kg/m²-re vehetjük fel, a túlnyomást $p_b = 0,003$ at = 30 kg/m²-re. A ballonban keletkező maximális metszeterő

$$\begin{aligned} n &\sim \frac{50 + 30}{2} \cdot 25 = \\ &= 1000 \text{ kg/m} = 10 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

2 mm vastag műanyagot alkalmazva tehát a feszültség $10/0,2 = 50$ kg/cm², ami a PVC előbb említett 300 kg/cm² minimális szilárdságát figyelembe véve biztonságosan megfelel.



3. ábra. „Atom a béke szolgálatában” vándorkiállítás pavilonja

A lehorgonyzó erő maximális értéke, mivel $\varphi = 90^\circ$

$$v \sim \frac{1,5 \cdot 50 + 30}{2} \cdot 25 \sim 1300 \text{ kg/m}$$

amelynek felvétele nem jelent különösebb problémát.

4. Alkalmazás

A ballonszerkezetek felhasználása elsősorban ideiglenes jellegű létesítményeknél indokolt. Előnyeik fokozottan jelentkeznek, ha a gyors építés és bontás-áthelyezés lényeges követelmény, valamint ha nagy, közbelső alátámasztás nélküli tér lefedését kell megoldani. Helyes alkalmazásuk a tapasztalatok szerint jelentős megtakarítást eredményezhet.

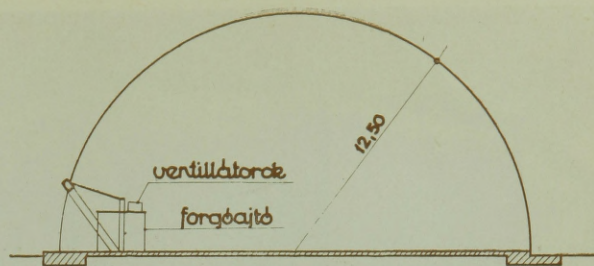
Kiállítási csarnokok építésénél funkcionális, formai és építés-technológiai szempontból egyaránt kiemelkedő a ballonszerkezet előnye. Az Egyesült Államokban épült kiállítási pavilon-együttes (terv. W. Bird, 1—2. ábra) [2] öt félgömbkupolából áll, melyek közül a középső 49,5 m, a többi 30 m átmérőjű. A látogatók forgóajtón közlekednek, a kiállítási tárgyak szállítását légszilip segítségével oldották meg (a képen látható dongafedésű épületrész).

A későbbi fejlődés során az egyszerű félgömb helyett összetettebb felületeket is alkalmaztak. 1960-ban nyílt meg az atomerő békés felhasználását bemutató vándorkiállítás Buenos Airesben (terv. V. A. Lundy, W. Bird, 3. ábra) [1]. Szerkezeti érdekessége, hogy a belső túlnyomás ellenére a jobb hőszigetelés érdekében kettős falú kivitelen készült, a forgóajtókon kívüli dongaszerű előtető pedig — mivel itt már nincs túlnyomás — egymás mellé helyezett kör-keresztmetszetű felfűjt tömlők-ből áll.

Európában az első ballonépület a Pan American Airways háromnegyed gömb alakú pavilonja volt az 1958-as brüsszeli viláikiállításán.

Az NDK-ban 1964-ben készült az első ballonépület az újvidéki és a turkui (Finno.) mezőgazdasági kiállítás német pavilonja céljára (terv. J. Bauer, G. Naundorf, H. Rühle, H. Jurzig, 4. ábra) [5]. A 25 m átmérőjű félgömb alakú ballon Dederon szövetre öntött PVC-ből készült, súlya $0,65 \text{ kg/m}^2$, ára 15 marka/m^2 . A gömbfelületet háromszög alakú műanyag elemek összevarrásával alakították ki. A pavilon felállítását (az alapozást is beleértve) 5 fő 5 nap alatt végezte el. A felfűjtás mindössze kb. 10 percig tartott. Öt ventillátort helyeztek el a bejárat forgóajtó fölött, amelyek közül a szükséges nyomásnak megfelelően csak kettő, vagy három működik, a többi tartalék. Az első kísérlet kedvező tapasztalatai alapján az NDK-ban további ballonzsákok létesítését tervezik.

Kiállítási épületeken kívül ipari és mezőgazdasági célra is előnyösen alkalmazhatók pneu-

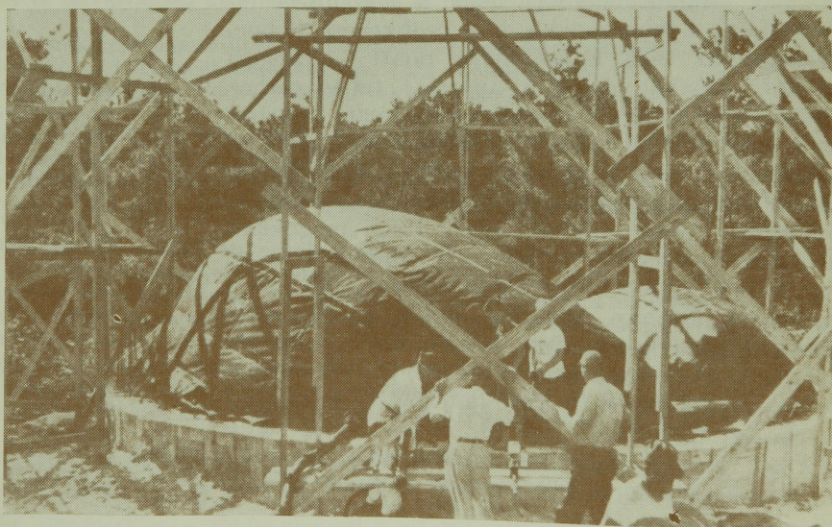


4. ábra. Kiállítási csarnok (NDK)

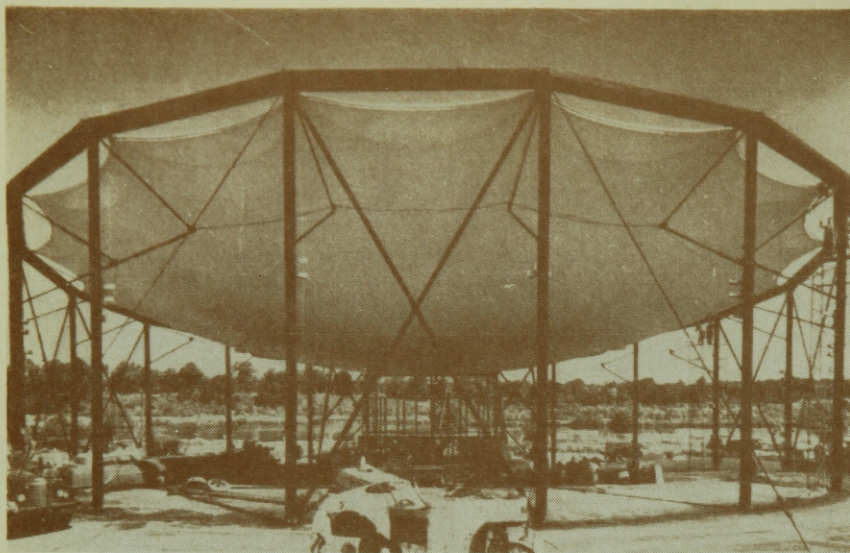
matikus szerkezetek. Melegház építése, ipari szerelési munkák közvetlen időjárás hatás (eső, fagy) elleni védelme például gazdaságosan oldható meg ilyen módon. Lengyelországban, Csehszlovákiában és az NSZK-ban építkezések téliesítésére sikerrel alkalmaznak belső túlnyomásos ballonokat.

Lengyelországban 1963 telén egy épület alapozása készült ballon alatt [4]. A védőtető 84 m hosszú, 20 m széles, két végén negyedgömbbel lezárt hengerfelület. A járműközlekedés miatt az épület két végén légszilipet alakítottak ki, így egyirányú közlekedéssel az anyagszállítás jól megszervezhető. A három részben készült ballon teljes súlya 1460 kg (kb. $0,55 \text{ kg/m}^2$). Mivel itt a teljes alaktartás nem elsőrendű követelmény, a szokásosnál kisebb túlnyomást alkalmaztak. Ezáltal sikerült elérni, hogy a kerületen csak 500 kg/m lehorgonyzó erő szükséges. A lehorgonyzást a talajba 50 cm távolságban levert acéltüskékkel oldották meg, így a szerkezet anyagvesztés nélkül a lehető leggyorsabban áthelyezhető más munkahelyre. Két, egyenként $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ teljesítményű ventillátort helyeztek el, a felfűjtás után csak az egyik működött, a másik tartalék volt. A költségek kedvezően alakultak, a védőépület ára kb. 330 zloty/m^2 (ennek 75% -a a ballon), az üzemben tartás $5\text{--}600 \text{ zloty/nap}$. Mivel a műanyagok fáradását elsősorban a napsugárzás okozza, ezek a téli védőépületek várhatóan hosszú élettartamúak lesznek.

Hasonló kísérletek folynak Csehszlovákiában is [6]; az NSZK-ban az A.-Weissrodt-cég (Borg-holzhausen) már rendelésre szállít különböző méretű védőépületeket [3].



5. ábra. Vasbeton híjszerkezet ballonzsaluzata felfűjtás közben



6. ábra. Párnaszerkezettel fedett színház (USA)

Mint már említettük, a felfújott ballon zsalszuzat-ként is alkalmazható. Az 5. ábrán egy 9,15 m átmérőjű, héjszerkezettel fedett lakóház zsalszuzatát láthatjuk felfújás közben (terv. E. Noyes, W. Neff). Nagyobb héjszerkezetek zsalszuzásához azonban a ballonok az eddigi kísérletek szerint nem váltak be a betonozás közbeni egyenlőtlen terhelések okozta nagy alakváltozások miatt.

Érdemes megemlíteni, hogy esetleg már a közeljövőben sor kerülhet ballonépület felhasználására az űrkutatásban is [2]. Például a Holdon létesített űrlaboratórium, vagy később egyéb rendeltetésű épület céljára a megfelelő biztonság érdekében kettős, vagy többszörös falú, cellás kiképzésű, sugárvédő réteggel ellátott ballonok valószínűleg előnyösen alkalmazhatók. Mivel a külső nyomás ez esetben gyakorlatilag zérus, és szélteher sincs, a belső nyomás mértékét kizárólag a belső tér használati követelményei határozzák meg.

A pneumatikus szerkezetek másik, bővebben nem tárgyalt válfaja az ún. párnaszerkezet. Itt a használati térben nincs túlnyomás, hanem a térelhatároló elemek felfújott gumipárnához hasonlóak. Annak ellenére, hogy a légzsilipek elmaradása, a lehorgonyzó erők csökkenése (lehorgonyzás itt csak a szélszívás miatt szükséges) komoly előnyt jelent, a „párna” teljes térhez viszonyított kisebb keresztmetszete miatt legtöbbször nagyobb nyomást és erősebb ballont kell alkalmazni, ezért a párnaszerkezetek összköltsége általában lényegesen nagyobb. Alkalmazásuk egyes esetekben mégis indokolt lehet. Ilyen megoldást láthatunk például a 3. ábrán a bejáratok előtt. Az eddigi legnagyobb párnaszerkezet, egy 2000 személyes színház, 1959-ben épült az Egyesült Államokban (Boston Arts Center, ter. C. Koch, M. Ross, P. Weidlinger, W. Bird) [2]. Alaprajza 44 m sugarú körbe írt tizenhatszög, a maximális szerkezeti magasság 7 m (6. ábra). Mivel itt a „párna” csak a vízszintes lefedést adja, kedvező lencseformában volt kiképezhető és ezért 25 mm

vízoszlopnyomás elégséges. A párna acélszerkezetű gyűrűre van függesztve, a gyűrű tartóoszlopai egyben a sátorponyvával megoldott (a képen nem látható) oldal-falakat is hordják. Az épület falai egy szélvihar következtében súlyos károkat szenvedtek, ugyanakkor a lefedés sértetlen maradt.

5. Összefoglalás

A korszerű, termelékeny építési eljárással készülő ballonszerkezetek elsősorban gyorsan felállítható és veszteség nélkül bontható-áthelyezhető, ideiglenes jellegű, nagy fesztávolságú épületek céljára alkalmasak. Állandó fenn-tartási költségük általában elenyésző az építésnél mutatkozó megtakarításhoz képest. Sorozatgyár-

tással, könnyen bevezethető nagyipari jellegű előállításal előnyük hatványozottan jelentkezhet. Építésükre külföldön már jelentős tapasztalatok állnak rendelkezésre. Kíváncsúnak látszik, hogy ezt az építőiparunk általános fejlesztési irányának megfelelő korszerű építési eljárást hazánkban is mielőbb alkalmazzuk, ha az épülettel szemben támasztott követelmények ezt indokoltá teszik. Ez a kis ismertetés természetesen csak a figyelem felhívását szolgálhatja, csupán nagy vonalakban vázolja a ballonépületek alapvető műszaki tulajdonságait és megvalósításuknak reális lehetőségeit. Következő lépés — elméleti és kísérleti kutatások útján — az új építőanyagok tulajdonságainak pontos megismerése, a szerkezeti részletek, a statikai és légtechnikai számítások, valamint az építéstechnológia kidolgozása. Csak ezek után remélhetjük, hogy hazai viszonyaink között is sikerrel tudjuk e korszerű építési eljárást alkalmazni, amely a szerkezeti fejlődésen és gazdasági eredményeken kívül újszerű építészeti formákhoz, megoldásokhoz vezethet.

Siófokon 1965 augusztusában átadták az első magyar gyártmányú ballonszerkezetű raktár épületet. (tervező: Lukács Sándor).

IRODALOM

- [1] Bandel, H.: Die luftgefüllte Hülle der Ausstellung „Atome für den Frieden“ der USA in Süd-Amerika. (Der Bauingenieur, 1961. 4. sz.)
- [2] Otto F.: Pneumatische Konstruktionen. (Berlin, 1962.)
- [3] We-Ho Trocknungs- und Temperierungsgeräte als Winterbaueinrichtungen. (Die Bautechnik, 1962. 2. sz.)
- [4] Kalinski, B.: Ausführung von Gründungsarbeiten unter Traglufthallen. (Bauplanung-Bautechnik, 1964. 8. sz.)
- [5] Bauer—Naundorff—Rühle—Jurzig: Konstruktion und Ausführung einer pneumatisch-stabilisierten Tragluftstruktur (Lufthaus). (Bauplanung-Bautechnik 1965. 1. sz.)
- [6] Fortschritte der Konstruktion von Traglufthallen. (Bauplanung-Bautechnik, 1965. 2. sz.)

A csúszózszaluzatos technológiának kavicsbeton alkalmazása esetében igen nagy múltja van (1). Előnyei és hátrányai — főleg ipari műtárgyak vonatkozásában — általában ismertek. Ha a technológia jellegéből következő szigorú feltételeket biztosítják és az előírásokat betartják, alkalmazása jelentős gazdasági előnnyel jár. Lakóépületek kivitelezésekor azonban sajátos problémák kerülnek előtérbe (28). Ide tartoznak: a térelhatároló falak hőszigetelésének biztosítása, az épületfizikai, esztétikai és időállósági követelményeket kielégítő felületképzés módja, a csatlakozó födémelek kialakítása... stb.

Már a technológia első európai alkalmazásakor (3) felmerült a könnyűbeton lakóépületekhez való felhasználásának célszerűsége (4, 9—12), azonban az építéstechnika akkori szintjén a jelentkező problémák (a nagy tapadófeszültségből származó gyakori repedések, felszakadások) részletes tisztázására nem volt lehetőség, ezért az első próbálkozások eredményei is hosszú időre feledésbe merültek.

A második világháborút követő években világszerte előtérbe került a könnyűbeton-falú öntött-házak készítése különböző rendszerű táblás zsaluzatok felhasználásával. (Részletes történeti áttekintést lásd 20, 36, 39, 43, 51, 54, 56, 61—63, 69).

Az ÉTI-ben 1958 óta foglalkozunk könnyű adalékokkal készülő öntött betonok rendszeres kutatásával (43). A középnyomás és magas öntötházak, kedvező műszaki gazdasági mutatóik alapján (61) az elkövetkező években mind nagyobb volumenben kerülnek megvalósításra.

Az egyszemcsés öntött betonra vonatkozó kutatások alkalmával kirajolódtak ezen módszer korlátai is: a beton tömörítése nem gépesíthető, az érdes falfelület viszonylag vastag vakolat felhordását követeli meg, az inhomogenitásból adódóan nagy szórásértékek adódnak és BK 140-es betonminőség felett már hőszigetelési problémák is felvetődnek. Mivel azonban az öntött építési mód még számos tartalmat rejt magában — ezeket pedig a további rendszeres kutatások révén lehet felfedni — részletes vizsgálat tárgyává tettük a szóban forgó terület világszínvonalát és több irányú kísérleteket folytattunk a BK 100-as feletti minőségű, enyhe vibrálással könnyen tömöríthető, jó hőszigetelő képességű, lehetőleg vakolatmentes felületképzést biztosító könnyű-adalékos öntöttbeton kidolgozása érdekében.

Az említett tulajdonságokkal részben rendelkező betonokat külföldön táblás zsaluzatban már alkalmaznak (39, 43, 74), így a célszerű hazai betonösszetételt és a csúszózszaluzatos technológiánál való alkalmazás módjait, annak betontechnológiai és azzal szorosan összefüggő építéstechnológiai vonatkozásait kívántuk tisztázni.

A problémákról és eredményekről kívánunk a következőkben beszámolni.

A csúszózszaluzatos technológia kialakulása

Irodalmi adatok alapján (1, 8—9) az első csúszózszaluzatban előállított műtárgy 1905-ben, Amerikában (Philadelphia) készült. Az egymással versenyző vállalatok többféle zsaluzási rendszert dolgoztak ki, közülük a legismertebb a Mac Donald- (13) eljárás. Elsősorban körkeresztmetszetű, magas műtárgyak kivitelezésénél alkalmazták szívesen, 1920 után azonban már a legkülönbözőbb alaprajzi elrendezésű ipari épületeket készítették ezzel az eljárással. A húszas évek közepén számos európai ország és építőipari vállalat figyelt fel erre a gazdaságos módszerre, több ország zsaluzatot importált és amerikai szakértőket hívott meg a kísérleti műtárgyak építéséhez.

A csúszózszaluzat első európai alkalmazására a Szovjetunióban került sor kukoricatároló silók kivitelezésénél, Észak-Kaukázusban. A munkálatok leírása az 1926. év folyóirataiban megjelent (3). Az 1930-as évek elején a szovjet kormány hatalmas gabonátárházak létesítését rendelte el. A csúszózszaluzatos technológia alkalmazásával a silók napok alatt készültek el.

A második, csúszózszaluzatot alkalmazó európai ország — amiről kevesen tudnak — Magyarország volt. Ezzel a technológiával készült a csepeli vámmentes kikötő gabonátárháza (8). A műtárgy terveit dr. Mihailich Győző készítette. A műtárgy építését 1926. júliusában kezdték meg és 1928. augusztusában fejezték be. Beöntésre került 21 000 m³ vasalt kavicsbeton. A műtárgy 96 m hosszú, 37 m széles, 46—57 m magas. A betont a zsaluzat kopogtatásával tömörítették. A 18 db nyolcszögletű siló egyidejű öntésekor (a falvastagság 21,5 cm) a 17,8 m-es magasságot 242 munkaóra alatt érték el.

Egyéb szóba jöhető kivitelezési móddal összehasonlítva a következőket kapták: ácsmunka-megtakarítás 50%, faanyag-megtakarítás 65%, betonacél-megtakarítás, 15 %, betontöbblet 20 %.

Az előnyök ellenére a felmerülő problémák miatt a következő években ismételt alkalmazást nem nyert.

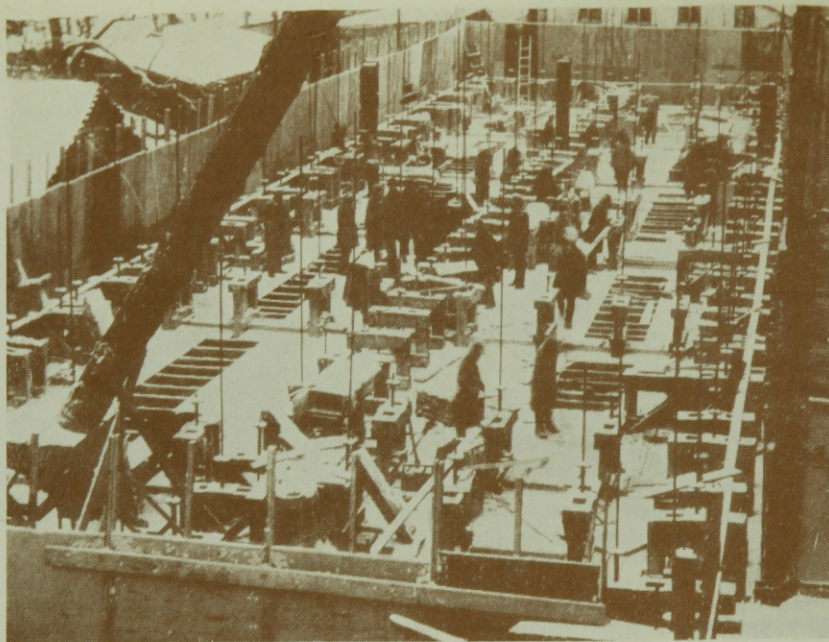
Az orosz és magyar csúszózszaluzatos kísérletek kedvező tapasztalatai alapján a németek is hasonló kivitelezéshez fogtak. Korábban idegenkedtek ettől az eljárástól (5).

A 20-as évek végén a Szovjetunióban a csúszózszaluzatos módszert könnyűbetonból készített öntötházak kivitelezéséhez is felhasználták. Egy ilyen csúszózszaluzatos lakóépület munkaterületét láthatjuk az 1. ábrán is.

A kedvező tapasztalatokat látva az amerikaiak is terveket dolgoztak ki lakóépületek csúszózszaluzatos kivitelezésére, azonban az első lakóépület elkészítésére csak 1956-ban került sor (38).

Tekintettel arra, hogy a Szovjetunió óriási építőipari igényeinek kielégítését ezzel a módszerrel nem látták biztosítottnak, másrészt könnyűbeton esetében a beton és zsaluzat érintkezési síkjában fellépő nagy súrlódó- és tapadófeszültségek miatt gyakori felszakítások adódtak, óriási beruházások eszközölésével megvalósították a kézielem, közép- és nagyblok, panel, nagypanel és térelemeket előállító poligonokat, elemgyárakat és házgyárakat, melyeknek eredményei ismeretesek. A csúszózszaluzatos eljárás pedig egyes speciális ipari műtárgyak tökéletes és gazdaságos kivitelezésének módjaként maradt meg (59, 70).

Az említett időszakban más országok is foglalkoztak a csúszózszaluzatos technológia meghonosításával, melyek közül tartósan kiemelkedő helyet foglalt el Svédország, ahol a módszert jelentősen tökéletesítették, elsősorban kavicsbetonból készülő ipari és lakóépületeknél, illetve, egyéb speciális műtárgyaknál. Míg a csúszózszaluzat alkalmazása a többi európai országban egy időre visszaesett,



1. ábra. Csúszózszaluzatos lakó-
épület munkaterülete indulás
előtt. Moszkva, 1929.

Svédország élre tört és berendezéseit igen sok országba exportálja. A svéd Concretor-Prometo típusú sajtókat 1940-ben találták fel és 1947-ben alkalmazták először (49).

A második világháború után, az ország újjáépítésével kapcsolatos nagy feladatok az építésügyi szakembereket arra ösztönzik, hogy az eléjejtett technológiát újra pártfogásba vegyék. Így kerül sor 1949-ben Benkő József irányítása alatt a hajdúnánási silók kivitelezésére a csepeli emelőberendezések alkalmazásával (30).

Ezen időpont után a hazai alkalmazás területén szünet következett be, annak ellenére, hogy több műtárgy építésénél felmerült a csúszózszaluzatos módszer alkalmazásának célszerűsége. 1951-ben az angol (22), 1952-ben a román (23) és szovjet (24) szakirodalomban összefoglaló tanulmány, majd 53-ban már műszaki előírás is készül. A témát ismételten 1953-ban Mester István veti fel (15), részletes előadást tart a Mérnöki Továbbképző Intézetben a gazdaságos állványozásról, amelynek keretében kimerítően ismerteti ezt a gazdaságos zszaluzási módszert. A téma a „Gazdaságos állványozás, zszaluzás és dúcolás” című irányterv-gyűjteményben is bőséges teret kapott, különösen a zsalszerkezet csomóponti kérdéseit illetően.

1954-ben csúszózszaluzással sikerrel megépült a Debreceni Erőmű 20 m átmérőjű, 32 m magas hengeres hűtőtornya. A gyakorlati megvalósítás előtt igen sok akadályt kellett elhárítani. Így fel kellett kutatni az 1927-ben Csepelen használt elárvultan heverő emelőorsókat. Le kellett küzdeni a csepeli, valamint a hajdúnánási siló építések felépített zavarok és nehézségek megismétlésétől való kivitelezői félelmet. A témát részletesen 1955-ben Homonnai Tamás ismerteti (27).

A sikereken felbuzdulva Valkó Ödön 1956-ban (29) beszámol a külföldi csúszózszaluzatos építésmód gyakorlatáról és felveti a módszer lakóépületekhez való alkalmazásának célszerűségét. Felhívja azonban a figyelmet a felületképzés és hőszigetelés megoldásának szükségességére.

1956-ban a Mérnöki Továbbképző Intézet előadássorozatában a téma Marjalaki Sándor megfogalmazásában önálló szerepet kap (30).

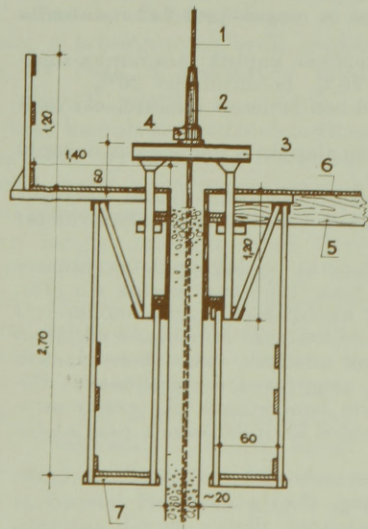
A hazai kivitelezésnél, mint már szó volt róla, 1959-ig kézi mozgatású, támrudakon haladó csavarorsós emelőket és fa-emelőjármokat alkalmaztak. Ezen a területen előrehaladást jelentett a Thoma József által szabadalmaztatott „Robot” nevű emelőgép és „Fregoli” acél-emelőjárm alkalmazása (55) (2. ábra).

Az 1961. évi öntöttbeton-kísérletek, valamint az egyszemesés kohóhabsalak-betonból készülő középmagas kísérleti öntötttűzházak betontechnológiai tapasztalatai alapján 1962 elején a szerző rögzíti a közép- és magas épületekhez alkalmazható vibrálható könnyűbetonok készítésének alapelvét, és a csúszózszaluzatos technológiánál való alkalmazásuk lehetőségét (61), és folytatja a korábban megkezdett erre irányuló kísérleteket.

1962 májusában a Mélyépterv (Thoma József), az ÉM 1. sz. Mélyéptető Vállalat (Horváth József) és az ÉTI (Fischer György) megállapodtak abban, hogy az első két szerv a csúszózszaluzat lakóépületekhez való kialakítását, ill. a lakóépületek tervezését, az ÉTI pedig a könnyűbeton összetételét és felhasználását, ill. annak módzatait tisztázza. E megállapodás az OMFb megbízására jött létre.

1962. november végén befejezést nyert a Duna melletti erőműnél egy 200 m magas, 9 m átmérőjű, csúszózszaluzattal készült vasbeton kémény építése.

1962-ben jelent meg a Műszaki Könyvkiadó kiadásában Mohácsi László értékes, hézagpótló műve, amiben a korszerű zszaluzási módszerek alkalmazásával kapcsolatos valamennyi fontosabb kérdést érinti (63). A mű egyúttal az 50-es évek gazdag szakirodalmi összefoglalója is.



2. ábra. A beton és a zszaluzat kapcsolata

Az irodalmi források áttekintéséből kitűnik, hogy az 50-es években a csúszószaluzatos építési mód elsősorban a kapitalista, de a szocialista országokban is rohamos fejlődést kap.

Ezen a téren a szocialista országok közül az NDK (65) elsősorban ipari műtárgyak vonatkozásában, és Románia került az élre (67, 68). Romániában a lakóépületek külső falait hőszigeteléssel ellátott folyami homokos kavicsal készült betonból öntik.

1962 októberében megjelenik az ÉM ÉDOK „Csúszószaluzás” című 6. sz. füzet (60).

1962 decemberében Thoma József és társai a közösen végzett kutatási munka tapasztalatait összefoglalva, javaslatot tesznek a csúszószaluzatos lakásépítés technológiájára.

Összefoglalva a mondottakat — az áttanulmányozott gazdag irodalmi anyag alapján — megállapíthatjuk, hogy az öntött építési mód csúszószaluzatos változatának lakóépületek céljára való bevezetésével, ill. fejlesztésével igen sok országban foglalkoznak, azokon a területeken és olyan feladatok között, ahol a gazdaságosság vagy egyéb szempont alkalmazását indokolja.

Vibrálható, teherhordó-hőszigetelő kohóhabsalak öntöttbeton kutatása

A betonösszetétel meghatározása

Kötőanyagok

Tekintettel arra, hogy a kísérletek BK 100 feletti minőségű öntöttbeton előállítására irányultak, a vizsgálatokhoz elsősorban a legkönnyebben beszerezhető *tatai 500-as* minőségű portlandcementet, mivel bizonyos esetekben fennállt a nagy kezdőszilárdság igénye *tatai 600-as* minőségű portlandcementet és figyelembe véve azt a körülményt, hogy a Budapesthez legközelebb eső cementgyár a DCM, *váci 500-as* portlandcementet alkalmaztunk.

Adalékanyagok

Mivel hazánkban nagy tömegben előállított megbízható tulajdonságokkal rendelkező mesterséges könnyű adalékanyagnak egyelőre egyedül a kohóhabsalakat tekinthetjük, kísérleteink zöméhez a Dunai Vasműben előállított és osztályozott állapotban a laboratóriumba szállított *0—7 mm*, ill. *7—15 mm szemmagyságú kohóhabsalakat* használtuk fel.

A *0—7 mm-es* (44 súly %, 1 mm alatti szemecskéket tartalmazó) frakció kiszáritott halmaztérfogatsúlya *975 g/l*, a *7—15 mm-es* frakció (mely 15,4 súly % 7 mm alatti szemecskéket tartalmaz) kiszáritott halmaztérfogatsúlya *790 g/l*, szétmorzsolódási tényezője 0,95 volt.

Az egyszemcsés kohóhabsalak-beton és közzúalékos öntöttbeton részletes kutatásai során egyértelmű megállapítást nyert, hogy a jelenlegi törőberendezésekkel aprított adalékanyag szemszerkezete az alacsony finomrész (*0—1 mm* alatti) tartalom miatt nem teszi lehetővé megfelelő tömörségű és ennek következtében kielégítően sima betonfelület előállítását. Ezen követelmény csak egyéb finom alkotórészek további adagolása révén elégíthető ki. Ilyen rendeltetéssel alkalmaztunk finom adalékanyagként folyami homokot, traszt, pernyét és örölt granulált kohósalakat.

Bár köztudomású, hogy a *0—1 mm-es folyami homok* könnyűbetonokhoz való adagolása a hőszigetelés szempontjából kedvezőtlen, ezt a megoldást egyszerű volta révén gyakran alkalmazzák. Az adatok összehasonlíthatósága céljából néhány alkalommal mi is felhasználtuk.

Közismert az *örölt tufa* kohéziónövelő hatása, ami a táblás szaluzatba nagy magasságból (*3—4 m*) öntött könnyűbeton szegregálódási hajlamát csökkenti, továbbá a térfogatsúlya és hőszigetelésre kedvező hatással lehet, valamint hidraulikus tulajdonságai is hasznosíthatók.

A *pernyének*, mint általában értéktelen, terhes hulladékanyagnak felhasználásával világszerte foglalkoznak. Külön területet képez az építőipari felhasználás. Nálunk is néhány évvel ezelőtt történtek kísérletek az építőipari alkalmazására (mészpernyebeton nagyelemek gyártása, pernyekavics gyártása stb), azonban bizonyos kedvezőtlen tapasztalatok és nehézségek miatt az alkalmazás üteme megtorpant. Újabbban nagyon helyesen, ismét előtérbe került az átgondolt építőipari hasznosítás fontossága.

Kísérleteinkhez a csepeli pernyét választottuk ki abból kiindulva, hogy az alkalmazandó pernye a lehető legmegbízhatóbb tulajdonságokkal rendelkezzen és a főváros közelében legyen beszerezhető, mivel a közép, ill. magasházak zöme a fővárosban kerül megépítésre.

A tömör struktúrájú könnyűbeton készítés térfogatsúlya a viszonylag magas szemcsepórus-tartalommal és jó hőszigetelő tulajdonságokkal rendelkező kohóhabsalak alkalmazása ellenére *2000 kg/m³* körüli értékű, tehát általános körülmények között hőszigetelési tulajdonságai kedvezőtlenek. Ezért a finom alkotórészeknek is jó hőszigetelési tulajdonságokkal kell rendelkezniük. A külföldi gyakorlat régen ismeri az *örölt és öröletlen granulált kohósalak* ilyen szempontból kedvező tulajdonságait.

Az öntött építési mód klasszikus hazájában, Ausztriában alkalmazott betonösszetételt és eljárást egy ideig szabadalmi titkok homálya fedte. Később az irodalomból (39) sikerült néhány általános szempontot megadni az eljárásról, nevezetesen, hogy a betonból a természetes homokot részben vagy teljesen kihagyják és helyette jó hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkező *örölt vagy aprított granulált kohósalakat* és légpórusképzőt alkalmaznak. Ezt a betonféleséget nevezték el „Thermocrete” betonnak. Ebből készítették a Lenau Strasse 21 emeletes lakóépületét.

Pl. a B 200-as minőséget a mi kohóhabsalakunkkal azonos halmaztérfogatsúlyú adalékanyag alkalmazása esetén az alábbi összetétellel érik el:

PZ 375-ös cement	325 kg/m ³
öntődei csiszolóhomok	165 kg/m ³
7—15 mm-es kohóhabsalak	430 kg/m ³
aprított granulált kohósalak	1120 kg/m ³ (15 súly % 0,2 mm alatti szemecskéket tartalmazó)
keverővíz legalább	200 kg/m ³
Készítési térfogatsúly	2240 kg/m ³

Tájékoztatásul megvizsgáltuk, hogy a granulált kohósalak aprítása útján hasonló szemszerkezetű (*15 súly % 0,2 mm alatti frakciót tartalmazó*) anyagot milyen munkaigénnyel lehet előállítani.

Az aprítást görgős keverőben (Rollpanit) végeztük nedves állapotban. 100 kg természetes nedvességtartalmú (légszáraz) anyaghoz 9,35 kg vizet adtunk és a berendezést különböző ideig járattuk, majd ellenőriztük a szemszerkezetet, ill. annak változását.

A kapott adatokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A táblázat adataiból kitűnik, hogy még a 20 percig tartó járatás mellett is csak a *0—0,5 frakciók* összmennyisége éri el a 21 %-ot. Pedig már egy ilyen megmunkálás is igen munkaigényes.

Frakciók mérethatára mm-ben	Az egyes frakciók mennyisége súlysúlyszázalékban, ha a Rollpanitban való járatás időtartama pere				
	0	0,5	1	5	20
0—0,2	1,92	2,92	3,33	7,77	13,37
0,2—0,5	4,10	3,65	6,32	6,90	7,87
0,5—1	15,58	15,35	15,90	21,45	25,00
1—3	34,93	41,35	44,50	44,40	44,35
3—7	39,90	24,40	27,90	18,82	9,18
7 felett	4,57	2,33	2,05	0,66	0,23
Száraz térfogatsúly g/l	1360	1496	1510	1688	1748
Nedves halmaztérfogat-súly g/l	1285	1335	1400	1465	1590

Csúszózsálszaluzatos kísérletek során alkalmazott finom adalék jellemzői

2. táblázat

Vizsgált anyag megnevezése	Vizsgálat ideje	Litersúlya g/l	Szemszerkezet	
			Szemnagyság mm	Súly %
Őrölt granulált salak	62. VIII. 14.	1470	0—0,02	24,9
			0,02—0,09	22,5
			0,09—0,2	21,3
			0,2 fölött	31,3
Csepeli pernye	62. VIII. 14.	637	0—0,02	41,5
			0,02—0,09	21
			0,09—0,2	19,5
			0,2 fölött	18
Dunahomok	62. VIII. 14.	1520	0—0,2	10,8
			0,2—0,5	73,2
			0,5 fölött	16

A granulált kohósalak helyszíni őrlése a tapasztalatok szerint költséges művelet, azonban a magasabb szilárdsági kategóriáknál a finom szemcséjű granulált kóhósalaktól eltekinteni valószínűleg nem tudunk, ezért a gyári őrlésű granulált kohósalakot minimális mennyiségben igyekeztünk adagolni, helyettesítésére pedig pernyét használtunk fel.

A pernye oxidos elemzése a következő adatokat szolgáltatotta:

SiO₂: 55,77%; Al₂O₃: 33,02%; CaO: 3,76%; MgO: 0,95%; SO₃: 2,03%; izzítási veszteség: 4%.

Az alkalmazott finom adalékanyagok legfontosabb jellemzőit a 2. táblázatban gyűjtöttük ki.

Kiegészítő anyagok

Konzisztenciajavító anyagként Kerasol légpórusképzőt használtunk. Ez a javítóanyag a víz felületi feszültségét csökkentő és nedvesítő hatását növelő (un. felületaktív) szerves anyag, melyet a beton keverővizében a cementsúlyra számított mintegy 0,05—0,2%-nyi mennyiségben oldva adagolunk a betonhoz.

A Kerasol állati fehérjéből alkálikus lebontással és semlegesítő, valamint stabilizáló anyagok hozzáadásával készített folyékony termék. Sötétbarna színű, sajátos szagú, erősen habzó, viszkózus folyadék.

Mivel egyes speciális esetekben, amikor a teherhordó öntöttfalak készítése igen gyors ütemben halad, (pl. csúszózsálszaluzatos megoldás nagy emeléssebességgel), szükség lehet a kezdőszilárdságok lényeges emelésére, ilyen irányú kísérleteket is folytattunk. Kötésgyorsító anyagként az építőipari gyakorlatban széleskörűen alkalmazott kalciumkloridot (CaCl₂) használtunk fel a beton keverővizében oldva,

Az alkotórészeket súly szerint adagoltuk. Az adalékanyagok légszáraz állapotban kerültek felhasználásra.

A betont Nagarat-típusú 150 l-es 70-es fordulatszámú laboratóriumi kényszerkeverőgéppel kevertük. Először az adalékokat és a cementet kevertük össze, majd a vizet öntöttük hozzá. Szilárdulásgyorsítási kísérleteknél a CaCl_2 -t előzőleg vízben feloldottuk. Kerasol adagolása esetében a légpórusképzőt legalább a keverővíz felében oldottuk, először adagolva a Kerasol nélküli, majd a kerosolos vizet. A keverés időtartama a víz hozzáadásától számítva 2—3 perc. A megkevert beton fél órán belül bedolgozásra került. Általában 20 cm élhosszúságú kockákat és $25 \times 25 \times 7$ cm-es méretű hőszigetelő lapokat készítettünk. A próbatestek betonját laboratóriumi, terheletlen állapotban 2800 percenkénti fordulatszámú 0,5 mm amplitúdójú asztalvibrátorral tömörítettük.

A vibrálás időtartama 5—50 sec. között változott.

A próbatestek térfogatsúlyát készítéskor, töréskor és kiszáritott állapotban vizsgáltuk. A megzilárdult betont különböző korban törtük, a szilárdulási ütem megállapítása céljából. A próbatesteket törésig 20°C hőmérsékletű, 70—90% relatív nedvességtartalmú klímaterben tároltuk.

A beton készítése és vizsgálata

Mindenekelőtt az adalékanyagok megfelelő arányát kellett meghatározni. Ennél a kérdésnél a következőkből indultunk ki: Adott tulajdonságokkal rendelkező durva adalékanyag felhasználása esetében akkor kapjuk a legnagyobb szilárdságot és legkisebb zsugorodást, ha a durva adalékszemcsék az adott térfogatot kitöltik és egymáson illeszkednek. A vibrálhatóság és vakolatot nem igénylő felületképzés igénye azt követeli meg, hogy a szemcsék közötti halmazpórusokat apróbb szemcséjű durva adalékkal, illetőleg cementhabarccsal töltsük ki.

A csúszószaluzatos eljárás elsősorban nagy emelési sebességet diktál, ami megköveteli a beton fiatal korban való terhelhetőségét. Ez a követelmény viszonylag magas kezdőszilárdságokat tesz szükségessé.

Első lépésként különböző szemnagyságú és mennyiségű adalékanyagok felhasználásával, közel azonos cementtartalom mellett, tájékoztató keverékeket készítettünk, hogy adatokat kapjunk a térfogatsúly, 28 napos nyomószilárdság, konzisztencia, tömöríthetőség, felületi jelleg, valamint a hőszigetelés megkövetelt igényeinek biztosítási lehetőségeiről. A fontosabb adatokat a 3. táblázatban foglaltuk össze.

Az adatokból látható, hogy a pernyés összetételek kisebb térfogatsúlyt és valamivel jobb nyomószilárdságot adnak. Igaz, hogy a tufás összetétel hőszigetelése valamivel kedvezőbb, azonban az örölt tufa előállítására a pernye beszerzési költségeinek többszöröse.

A V_y — V_z keverékeknél az örölt granulált kohósalaknak a beton térfogatsúlyára és hővezetési tényezőjére gyakorolt hatását ellenőriztük. Az adatokból látható, hogy azonos tömörítési feltételek mellett a térfogatsúly és nyomószilárdság értéke jelentősen emelkedik. A magas térfogatsúly ellenére a hővezetési tényező viszonylag alacsony, ami a korábbi feltételezést támasztja alá.

Mivel a tervező által szükségesnek tartott egy napos minimális nyomószilárdságot még a BK 350-es betonminőség esetében sem sikerült elérni, úgy döntöttünk, hogy szilárdulásgyorsítás céljából a későbbiekben CaCl_2 -vel és 600-as minőségű cementtel készült összetételeket is vizsgálunk.* (4. táblázat)

Különböző finom adalékokkal készített betonok adatai

3. táblázat

A sorozat jele		V_c	V_d	V_e	V_k	V_s	V_t	V_r	V_x	V_y	V_z
A betonban levő alkotó anyagok mennyisége kg/m^3	7—15 mm kohóhabsalak	737	680	676	647	513	490	528	468	557	498
	3—7 mm kohóhabsalak	—	—	—	420	—	—	—	—	—	—
	0—7 mm kohóhabsalak	—	—	—	—	513	490	528	468	557	498
	0—1 mm kohóhabsalak homok	663	612	614	—	—	—	—	—	—	—
	Örölt granulált kohósalak	—	—	—	413	—	—	—	—	168	498
	Csepeli pernye	—	—	—	—	98	284	—	—	—	—
	Örölt tufa	—	—	—	—	—	—	150	403	—	—
	Mészhidrát	—	—	—	52	—	—	—	—	—	—
	Tatai 500-as cement	316	318	300	207	308	326	300	313	316	346
	CaCl_2	—	—	—	13	—	—	—	—	—	—
	Víz	284	190	210	248	183	310	194	313	224	240
	A tömörítés mértéke sec	10	50	10	15	10	10	15	10	10	10
Készítési térfogatsúly γ_k		2000	1800	1800	2000	1620	1900	1700	1965	1840	2080
Kiszáritott térfogatsúly γ_{sz}		—	—	—	1900	—	1650	—	1690	—	1880
Hővezetési tényező λ		—	—	—	0,503	—	0,48	—	0,445	—	0,489
Nyomószilárdság kg/cm^2	1 napos σ_1	—	—	—	—	—	—	—	22	—	39
	14 napos σ_{14}	—	—	71	—	825	148	107	136	130	287
	28 napos σ_{28}	142	94	965	248	89	183	86	154	125	358
Relatív minőség σ_{28}/Ct		0,45	0,30	0,32	1,19	0,29	0,56	0,29	0,49	0,40	1,03
Relatív súly $10\sigma_{28}/\gamma_k$		0,71	0,52	0,53	1,37	0,55	0,96	0,50	0,78	0,68	1,72

* A szilárdulásgyorsításra vonatkozó kísérleteket Somogyi Jenő, a témafelelős munkatársa vezette

Szállárulásgyorsításra és összetételre vonatkozó részletes kísérletsorozat

A sorozat jele		E _a	E _b	E _g	E _h	E _u	E _k	E _l	E _m	E _p	E _r	E _g	E _x	E _z	E _{zs}	E _t	E _v	E _w	E _y	F _a
Adalekanyag 1 mm szemmagyság alatt súly %		30	30	30	30	30	35	35	35	35	35	35	45	45	45	35	35	35	35	30
0—7 mm kohó-habsalak		718	715	652	665	672	840	828	850	588	620	622	—	—	—	610	623	625	630	670
7—15 mm kohó-habsalak		600	597	560	545	553	365	359	358	508	510	511	770	788	740	526	536	535	535	550
A betonban levő alkotóanyagok mennyisége kg/m ³	Csepei pernye	182	181	184	179	—	182	180	180	180	180	182	180	180	180	160	163	160	160	180
	Őrölt granulált kohósalak	—	—	—	—	181	—	—	—	90	90	—	150	150	—	120	117	120	120	—
	Bányahomok	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91	300	320	450	—	—	—	—	—
	Tatai 500-as cement	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300
	Tatai 600-as cement	300	299	306	298	301	304	300	298	299	300	301	300	300	300	260	265	260	260	—
Cement-súlyra vonatkozó	Víz	200	199	212	224	174	244	234	230	226	225	214	241	252	241	224	218	232	207	240
	CaCl ₂ %	—	3	2	2	3	—	3	3	3	3	3	3	3	3	—	3	3	3	3
	Kerasol %	—	—	—	3	—	—	—	2	—	2	—	—	2	—	—	—	2	—	—
Készítési térfogatsúly kg/m ³		2000	2000	1920	1920	1920	1935	1910	1925	1900	1935	1930	1950	2000	1950	1900	1930	1940	1920	1950
Vibrálás időtartama sec.		30	15	5	10	10	5	5	5	5	10	5	5	30	5	10	5	5	10	20
Nyomó-szállárdság kg/cm ²	3 óra	4	6	11	24	24	2	10	9	15	18	15	13	10	7	2 ⁵	13	7	10	6
	6 óra	7 ⁵	20	28	45	41	7	22	20	35	39	29	29	28	22	8	30	21	24	15
	12 óra	25	42	48	68	61	19	37	36	50	57	48	48	51	42	22	48	38	38	30
	24 óra	53	70	71	92	82	42	54	52	69	74	69	69	74	63	45	68	58	57	47
	26 nap	—	—	273	280	197	202	225	230	235	294	261	243	296	235	214	222	272	220	266

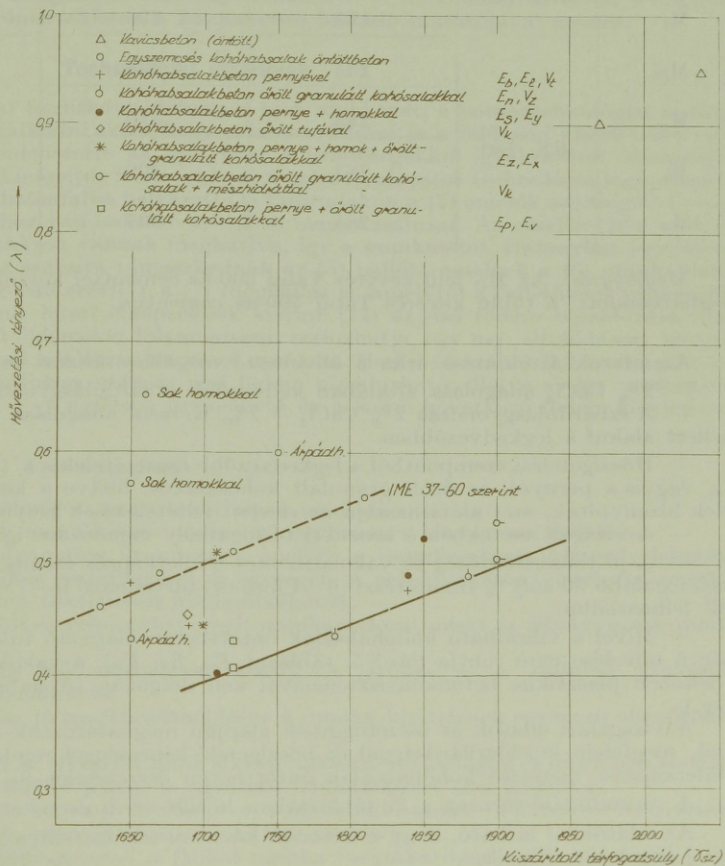
Megjegyzés : Betonkeverési idő 2 perc

A szilárdulásgyorsító és légpórusképző hatását, valamint a betonok szilárdulási ütemét a 4. táblázat, a kiszáritott térfogatsúly és hővezetési tényező közötti összefüggéseket, illetve adatokat a 3. ábra és 5. táblázat tünteti fel.

5. táblázat

A tömörítés mértékének, a CaCl_2 és Kerasol adagolásának hatása a pernyével, illetve őrlött granulált kohósalakkal készült kohóhabsalak-betonok szilárdulási ütemére

		Tervező által kért szilárdulási ütem	Relatív szilárdság a CaCl_2 nélküli beton 28 napos betonszilárdságának százalékában									
			300 kg/m ³ cementtartalom pernyével					260 kg/m ³ cement-tartalom pernye + őrlött granulált salakkal				
A sorozat jele			E_k	E_a	E_g	E_l	E_m	E_h	E_t	E_y	E_v	E_w
Kalciumklorid a cement súly %-ában		—	—	—	2	3	3	3	—	3	3	3
Kerasol a cement súly ezrelékében		—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	2
Víz mennyiség kg/m ³		—	244	200	212	234	230	224	224	207	218	232
Tömörítési idő sec.		—	5	30	5	5	5	10	10	10	5	5
Beton kora vizsgálatkor	3 óra	2,86	0,97	1,98	5,45	4,95	4,46	11,87	1,17	4,68	6,08	3,27
	6 óra	5,72	3,46	3,7	13,85	10,9	9,9	22,3	3,74	11,2	14	9,8
	12 óra	25	9,4	12,35	23,75	18,3	17,8	33,7	10,3	17,75	22,4	17,75
	24 óra	42,8 57,0	19,9	26,2	35,1	26,7	25,7	45,6	21	26,6	31,8	27,1
	28 nap		100	—	135	111	114	138	100	102,7	103,7	127



3. ábra. Különböző összetételű öntött-betonok kiszáritott térfogatsúlyának és hővezetési tényezőjének összefüggése

Bk-140-es és Bk 280-as minőségű vibrálható kohóhabsalak öntöttbeton tájékoztató összetétele

Beton-alkotórészek megnevezése	Alkotórészek mennyisége	
	Bk-140	Bk-280
0—7 mm-es kohóhabsalak (0—1 mm-es rész legalább 30 súly%)	660 kg	660 kg
7—15 kohóhabsalak	560 kg	560 kg
Csepeli pernye	180 kg	180 kg
Örölt granulált kohósalak	—	100 kg
500-as minőségű cement	250 kg	—
600-as minőségű cement	—	300 kg
Víz (kb.)	250 kg	250 kg
Kerasol 2 ⁰ / ₀₀ a cement súlyára vonatkoztatva	500 g	600 g
Készítési térfogatsúly kg/m ³	1900,0	2050,0
Kiszáritott térfogatsúly kg/m ³	1700,0	1860,0

7. táblázat

A beton térfogatsúlya és nyomószilárdsága

A sorozat jele	Tervezett beton-minőség	28 napos nyomó szilárdság kg/m ³	Cementtartalom kp/m ²	Készítési térfogatsúly kg/m ³	Kiszáritott térfogatsúly kg/m ³
M _z	BK 140	178	262	1975	1725
M _r		195	296	1930	1640
M _{zs}	BK 280	255	294	1950	1720
M _w		285	310	2020	1670
M _s		283	309	2010	—
M _x		281	307	2000	1670

Megjegyzés: Az M_{zs} jelű keverés Tatai 600-as cementtel készült és a 2⁰/₀₀ Kerasol hatására kissé meghabosodott; a többi keverés Tatai 500-as cementtel.

Az adatok áttekintése után a következő megállapításokat tehetjük:

- 2% CaCl₂ adagolása általában kedvezőbb szilárdulásgyorsítást eredményez mint a 3%-os.
- A szilárdulásgyorsítás 2% CaCl₂ + 2⁰/₀₀ Kerasol adagolása és közepes intenzitású tömörítés mellett alakul a legkedvezőbben.
- Hőszigetelési szempontból a legkedvezőbb összetételeknek (3. ábra) az E_p, E_n, E_b, E_s, E_y, V_b, V_k, vagyis a pernyés, az örölt granulált kohósalakos, illetve a kettő keverékét tartalmazó összetételek bizonyultak, ami alátámasztja az eredeti feltételezések helyességét.
- A vizsgált esetekben a készítési térfogatsúly ingadozása igen csekély volt (kb. 5%).
- A jó tömöríthetőség és vakolatmentes felületképzés szempontjából egyrészt 7—15 mm, másrészt legalább 30 súly% finom részt (0—1 mm-es) tartalmazó 0—7 mm szemnagyságú kohóhabsalakot kell felhasználni.

— Mivel a vibrálható kohóhabsalak öntöttbeton alapvető tulajdonságait a keverővíz bizonyos mérvű növelése nem rontja (lásd 5. táblázat E_y, E_r, E_w), a vakolatmentes felületképzés biztosítása érdekében plasztikus betonkonzisztenciával kell dolgozni. (A habarcsból vízkiválás nem engedhető meg.)

A vizsgálati adatok és összefüggések alapján meghatároztuk a BK 140-es és BK 280-as minőségű, megfelelő kezdőszilárdsággal és hőszigetelő képességgel rendelkező, vibrálható, vakolatmentes felületképzést biztosító kohóhabsalak öntöttbeton összetételét (6. táblázat).

A reprodukáló-sorozat a 7. táblázatban közölt eredményeket szolgáltatta.

Az adatokból látható, hogy a betonok készítési térfogatsúlya alig, nyomószilárdsága ezzel szemben jelentősen változik.

A kidolgozott BK 140- BK 280-as minőségű, 250—350 kg/m³-es cementtartalmú teherhordó-hőszigetelő kohóhabsalak-beton megfelelő kezdőszilárdsággal, kiszáritott állapotban legfeljebb 1860 kg/m³-es térfogatsúllyal rendelkezik, merülővibrátorral könnyen tömöríthető és tömör borítású, termerev zsaluzat alkalmazása esetében vakolatot nem igénylő felületképzést tesz lehetővé.

Az ilyen betonból készített 30 cm vtg., vibrálással tömörített falszerkezet viszonylag magas térfogatsúlya ellenére hőtechnikai szempontból kb. 40 cm vtg. téglafallal egyenértékű.

$$\left(\lambda \text{ kiszáritott} = 0,4 \frac{\text{kkal}}{\text{m. ó. } ^\circ\text{C}} \right)$$

A beton tájékoztató szilárdulási üteme a 28 napos kockaszilárdság százalékában a következő :

	3 óra	6 óra	24 óra	3 nap	7 nap
BK 140	0,9—1,2	2—2,5	14—18	45—55	65—75
BK 280	1,0—1,3	2,5—3	20—25	35—45	55—65

A kezdőszilárdság fokozása legkedvezőbben a cement súlyára vonatkoztatott 2 súly % CaCl₂- adagolással érhető el. Ebben az esetben a relatív nyomószilárdság az alábbiak szerint változik :

	3 óra	6 óra	12 óra	24 óra
BK 140)	2—3	8—10	16—18	24—28
BK 280)				

A beton és a zsaluzat közötti súrlódási szög kb. 1 cm-es kúproskadással rendelkező betonok esetében, ha az érintkező felület :

	Kavicsbeton	Kohóhabsalakbeton
Olajozott, gyalult deszka	27°	35°
Olajozott vaslemez	21°	31°

A beton hajlító-húzószilárdsága.

A 4×4×16 cm-es méretű 10 cm-es támaszközzel centrikusan terhelt kohóhabsalak beton próbatestek hajlító-húzószilárdsága a 20 cm élhosszúságú kockák nyomószilárdságának

3 órás korban	9—12 % -a
1 napos korban	15—20 % -a
28 napos korban	22—28 % -a

A friss beton szilárdulás közbeni méretváltozása (zsugorodása). A kohóhabsalak-beton zsugorodása 18 órás korra vetítve (azonos szilárdság mellett) a kavicsbeton zsugorodásánál kb. 30 %-kal nagyobb, és a beton 6—7 napos korában állandósul.

Értéke kavicsbetonnál

Értéke kohóhabsalak-betonnál

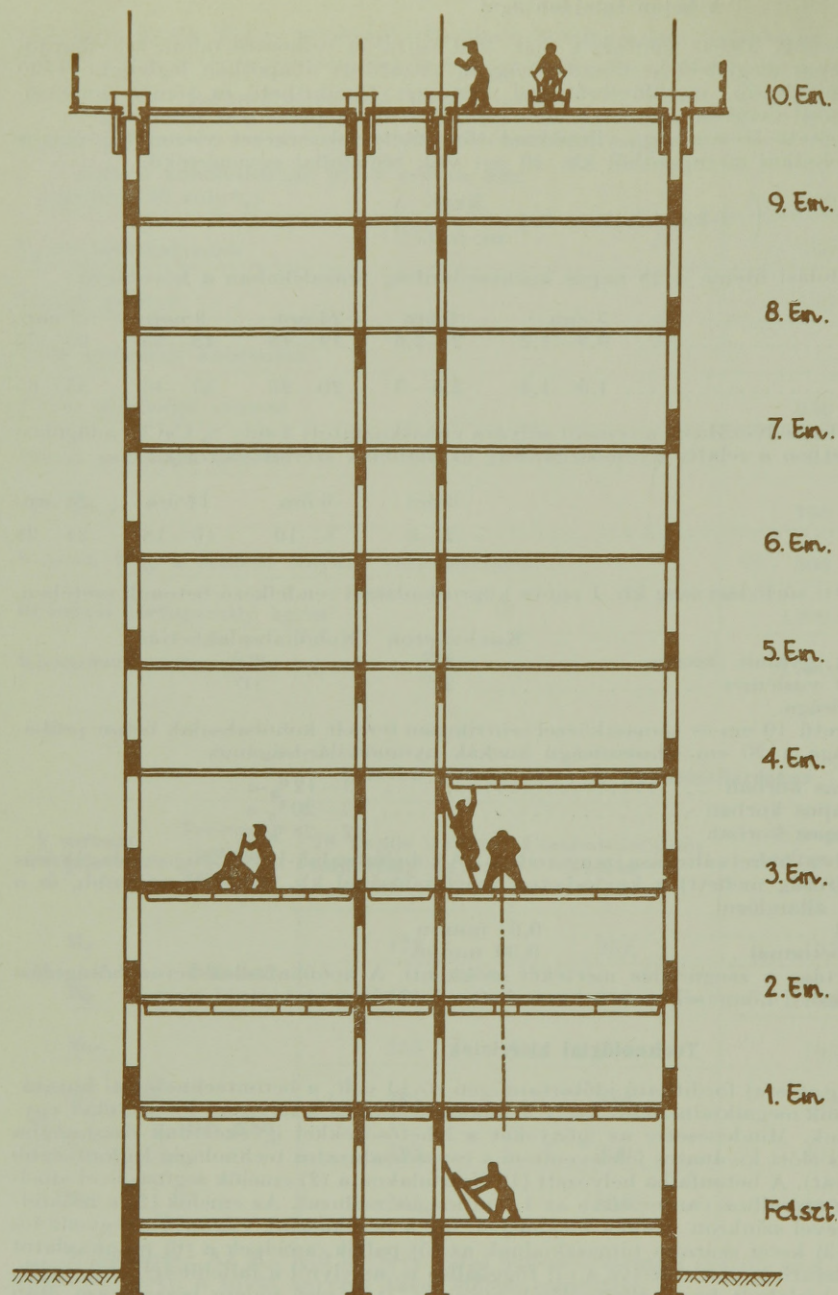
A beton nedvesen tartása a zsugorodás mértékét csökkenti. A kohóhabsalak-beton hőtágulási együtthatója 40—60 °C közötti hőmérsékleten a kavicsbeton hasonló mutatójával azonos.

Technológiai kísérletek

Mivel a fejlesztésre (kutatásra) fordítható időtartam igen rövid volt, a betontechnológiai kutatások során kénytelenek voltunk megalkudni azzal, hogy a laboratóriumi és a félüzemi kísérleteket egymással átfedésben folytassuk. Mindenesetre az igényeket a lehetőségekkel igyekeztünk összhangba hozni. A részletes tárgyalás előtt kívánatos feleleveníteni a csúszózszaluzatos technológia legfontosabb mozzanatait (lásd 2., 4. ábrát). A betonfalba helyezett (1) támrudakon a (2) emelők segítségével emelkedik a (3) keret, melynek száraihoz van erősítve az 1,2 m magas zsaluzat. Az emelők (2) a működő rendszerek (4) segítségével szinkron vannak meghatva, így a munkaszint viszonylag egyenletes emelkedése biztosított. A (3) keret szárai támaszkodnak az (5) pallók, amelyek a (6) munkaplatót tartják. Ugyancsak a keretszárhoz van erősítve a (7) függőállás is, amelyről a falfelületet utókezelik. A kísérletek időpontjában kialakult hazai elképzelések szerint (73) az első födém bezsaluzása után (4. ábra). az ácsbrigád a következő födémeket folyamatosan zsaluzhatja, egy nap eltolódással követik ezt a vasszerelő, további egy nappal később a betonozó munkák. Megfelelő számú födém bezsaluzása és betonozása, illetve a beton szilárdulása után az első födém kiszaluzható, illetve az így visszanyert zsaluzat a födémbe vagy falban levő nyíláson átemelhető és a soron következő födém készítésénél felhasználható.

A csúszózszaluzás előnyei

- Nem feltétlenül igényel költséges, nagy teherbírású emelődarut.
- A falak építési ideje egyéb monolitikus módszerrel egybevetve lényegesen csökken.
- A megszakítás nélküli, folyamatos üzemmenet, melyet a csúszózszaluzás biztosít, lehetővé teszi az egész létesítmény monolitikus összefüggését és egységét. A nemkívánatos vízszintes munkahézagok szakszerű kivitelezés esetén tökéletesen kiküszöbölhetők.
- A zsaluzattal együtt készült és vele együtt emelt munkapadozat miatt az állványozási munka elmarad.
- A csúszózszaluzás minimális fafelhasználással készül. A jármok és a zsaluhéj (szakszerű kezelés esetén) igen sokszor felhasználhatók.
- A munkában levő épületrész jó megközelíthetősége a munka kivitelének egyszerű ellenőrzését teszi lehetővé.
- Megfelelő zsaluhéj esetében az elkészült falak síkbeli mérettűrése kielégítő és megfelelő konzisztenciájú beton felhasználásakor a felület jellege is egyszerű felületképzést tesz lehetővé.
- A technológiából adódóan a beton jó minőségben való előállításának előfeltételei megvannak (hozzáférhető, látható, tömöríthető, nincs szétoztályozódási veszély).
- Az emelés folyamatának gépesítésével a fizikai munka megtakarítása válik lehetővé.



- A létesítmény keresztmetszeti méreteit a technológiai, statikai és gazdasági szempontok határozzák meg. Elvileg tetszőleges alaprajz kivitelezhető.
- A csúszózszaluzatos építési munkák kivitelezéséhez viszonylag kevés építési terület szükséges.
- Az egyes munkafázisok kényszerű egymásba kapcsolódása egyenletes menetű és gyorsaságú folyamatos, szalagrendszerű munkát eredményez, illetőleg tételez fel.

A csúszózszaluzás hátrányai

- Nagyobb a kezdeti beruházási költség. Az emelőjármok és emelőberendezések előállítására költséges.
- Tartalék gépek és erőforrás készenlétben tartása szükséges. A munkák egymásra építettsége miatt valamelyik szakaszban előálló zavar a többi leállítását is maga után vonja.
- Az egyes munkafolyamatok pontos időbeni koordinálása. Az összes munkák — kezdve a jármok elkészítésével, a zsaluhéj összeépítése, a jármok felhúzása, vasszerelés, betonozás — csak a leg gondosabban és legpontosabban összehangolt munkával végezhető eredményesen, mely fokozott figyelmet és így drágább munkát is igényel.
- A csúszózszaluzáshoz szükséges minimális falvastagság miatt a statikailag szükséges betonkeresztmetszetenél nagyobb keresztmetszetet kell alkalmazni.
- A földémbekötési lehetőség biztosítása és a koszorúk koncentrált munkaigénye csökkenti az emelkedés sebességét.
- A zsaluhéj emelése közben fennáll a betonrepedés és beragadás veszélye, különösen a sarkok és csatlakozások helyén.

— Különös gonddal kell végezni az emelést és betonozást, mert ellenkező esetben helyrehozhatatlan következményekkel kell számolni (függőleges és vízszintben tartás, emelési sebesség stb.).

— A csúszózszaluzással való építkezés megköveteli, hogy azt speciális építési és üzemtechnikai ismeretekkel rendelkező építésszervező és művezető irányítsa, továbbá, hogy a szakmunkások az ilyen építési mód minden technikai részletét alaposan ismerjék.

A zsaluzattal szemben támasztott betontechnológiai követelmények

- Falképző síkja (termerevsége) legyen a megengedett tűrésen belül.
- A betonban levő nedvesség hatására ne duzzadjon.
- A burkolat (zsaluhéj) legyen tartós és sokszor felhasználható.
- Ne folyjon ki a cementhabarcs az esetleges rések között.
- Ne legyen túlzottan nedvszívó.
- A teljes zsaluzatmező felső éle legyen pontosan vízszintben.
- A könnyebb zsaluzatemelés érdekében a zsaluzat alsó falvastagságképző mérete legyen nagyobb a felsőnél.
- A zsaluzat húzásának iránya legyen függőleges.
- Az emelés legyen egyenletes ütemű az egész bezsaluzott mezőben.
- Tegye lehetővé a beton könnyű bedolgozását és tömörítését.
- Biztosítsa a zsaluzatból kijövő friss betonfelület utókezelésének és végleges kiképzésének lehetőségét.

A betonnal szemben támasztott követelmények

- Biztosítsa az előírt szilárdulási ütemet és végszilárdságot.
- Külső falak esetében biztosítsa megfelelő hőszigetelést.
- Jól tömöríthető legyen. A konzisztencia tegye lehetővé a vibrálást, de ne okozzon túlzott cementlé-lesurgást.
- A zsaluzatban lezajló vibrálás a kijövő betonfal méretét károsan ne befolyásolja.
- A zsaluzat emelése közben a beton ne repedezzen meg, ne szakadjon fel és ne szóródjon ki.
- A zsaluzatban a beton felfelé ne mozogjon.
- A beton és a zsalufelület közötti súrlódó- és tapadóerő lehetőleg alacsony legyen.
- A zsaluzatból kijövő beton legyen egyenletesen tömör.
- A kijövő falfelület struktúrája egyszerű felületképzést lehetővé tegyen.

Laboratóriumi előkísérlet

A kísérleteknél igyekeztünk megközelíteni a valóságos helyzetet. Az ÉTI telepén először egy T alakú kísérleti falszakasz épült. A zsaluzatot jelentős közreműködésünk révén 1962. VIII. 3-án állították fel az 1. sz. Mélyépítő Vállalat dolgozói (5—6. ábrák).

A bevezető megbeszélés során a szerző — korábbi kísérletei alapján — ismertette a könnyűbetonok csúszózszaluzatos alkalmazásának módjait, és annak várható műszaki, gazdasági vonatkozásait. Rögzítette az egyes könnyűbetonfélések alapvető tulajdonságainak, felhasználásuk módszereinek ismeretében a félüzemi kísérletek betontechnológiai munkatervét.

A munka ennek megfelelően került végrehajtásra.

A csúszózszaluzat belső burkolására többféle alternatívát próbáltunk ki, ún. gumilemez, horganyzott lemez, vinidur lemez, poliészter hullámlemez és műanyag fólia.

Az első kísérlet (1962. VIII. 16—17.) zsaluzatszerelési és betontechnológiai okokból (nagy tapadó- és súrlódóerők) eredménytelen volt, mert a betonozott rétegeket felszakította (7. ábra). Megfelelő szerelés után (kónusz és fix vég) a vibrálható kohóhabsalak-beton falszerkezet könnyebben húzható volt (1962. IX. 13—26.) és műszaki mutatói a várakozásnak megfeleltek. A betonozás előrehaladását a 8. ábra érzékelteti.

Betonozás közben a zsaluzatban levő beton felülete a burkolat minőségétől függetlenül gyakran megrepedezett, aminek oka véleményünk szerint a nagy kezdőszilárdságú könnyűbetonok zsalufelülethez való erőteljes tapadása.

A merülővibrátoros tömörítés egyébként könnyűszerrel végrehajtható volt.

A következő falnál (9. ábra) törekedtünk a kezdeti szilárdság növelésére. Ezért 500-as minőségű cement helyett ezúttal 600-as minőségű portlandcementet adagoltunk. Az előbbi falaktól való további eltérés, hogy a falvastagságokat 20, illetve 15 cm-re csökkentettük.

Ennél a kísérletnél a falak felülete már valamivel jobban sikerült. Az emelés során ugyan az emelőket kezelő emberek figyelmetlensége miatt a fal síkja a függőlegestől eltért, de ezt a hibát ellenőrzött gépi meghajtás mellett kiküszöbölhetőnek tartjuk. Ugyancsak megtörtént, hogy a támrúd-védő hüvelyeket nem burkolták be és azok a hosszú állás következtében úgy a betonba kötöttek, hogy nem lehetett kihúzni őket; a tapadóerő következtében egy ilyen hüvely el is szakadt.

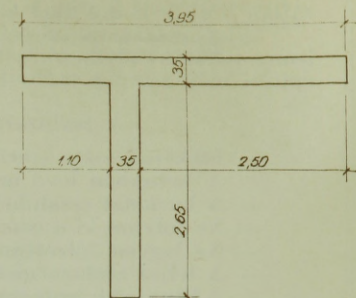
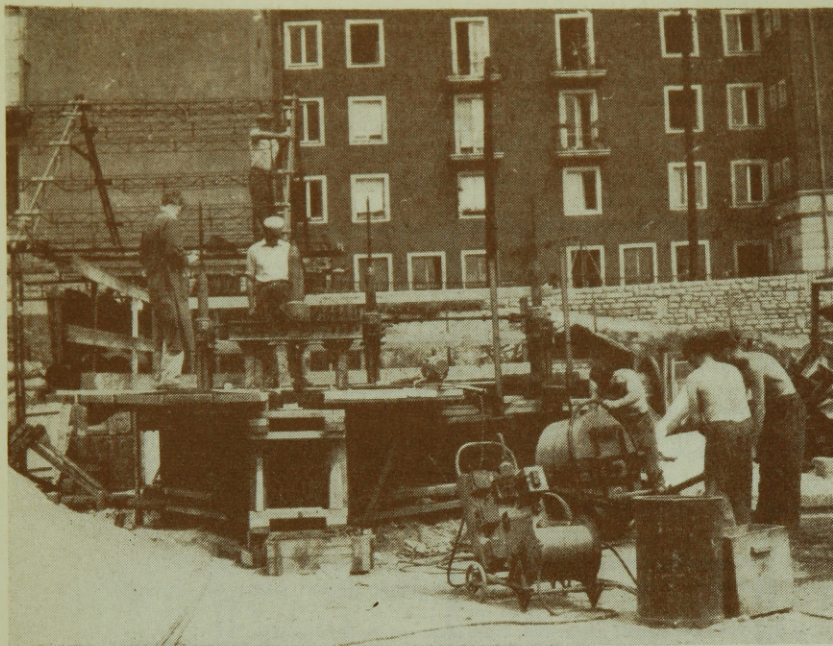
A kísérletek sajnos még nem adtak választ a csúszózszaluzat emelési gyorsaságának kérdésére, de azt a helyi körülmények miatt sem tudtuk eldönteni, mivel nem rendelkezünk azokkal a műszaki feltételekkel, amelyek ezt lehetővé tették volna.

Mivel betonozás közben itt is észleltük a friss betonfelület megrepedését, az ÉTI Épületfizikai Osztályán dolgozó munkatársakkal (Galambos Sándor és Vajda Zoltánné) abban állapodtunk meg, hogy atomfizikai vizsgálattal ellenőrizzük az idom vékonyabb falának relatív térfogatsúly-változását.

Sajnos a mérési pontok tényleges térfogatsúlyának és nyomószilárdságának ellenőrzésére megfelelő magmintavevő berendezés hiányában ez ideig nem kerülhetett sor.

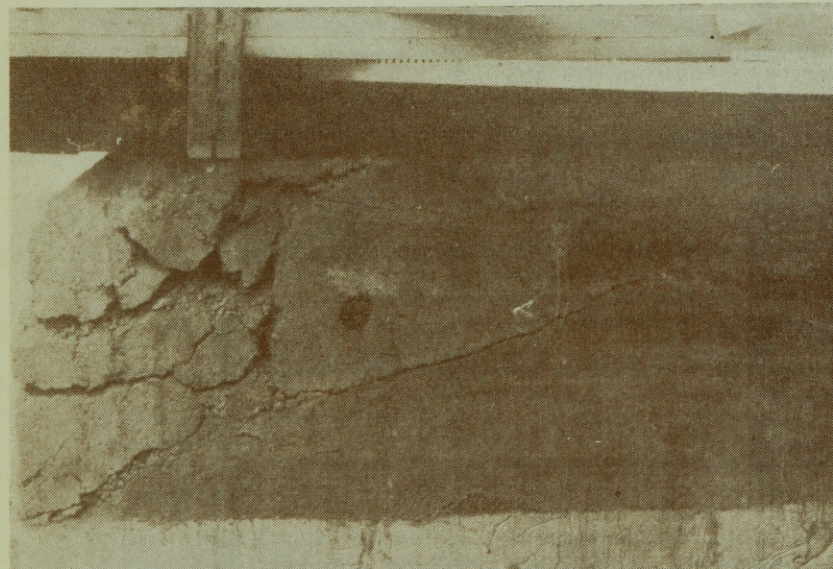
A kapott adatokat az alábbi 10. ábrán foglaltuk össze. Az összefüggések áttekintése után a következő megállapításokat tehetjük:

- A sablon első teljes megtöltését követő emeléseknél a zsaluzat a betont meglazítja, tömörségét csökkenti,
- Legtömörebb a beton 87 cm-es magasságban, ahol a beton legkönnyebben és legmegbízhatóbban tömöríthető,
- Feljebb haladva az emeléssel és betonozással a tömörség csökken, kb. a 165 cm-es magasságban éri el az átlagértéket, tovább haladva pedig az átlagtömörség értéke alá esik,



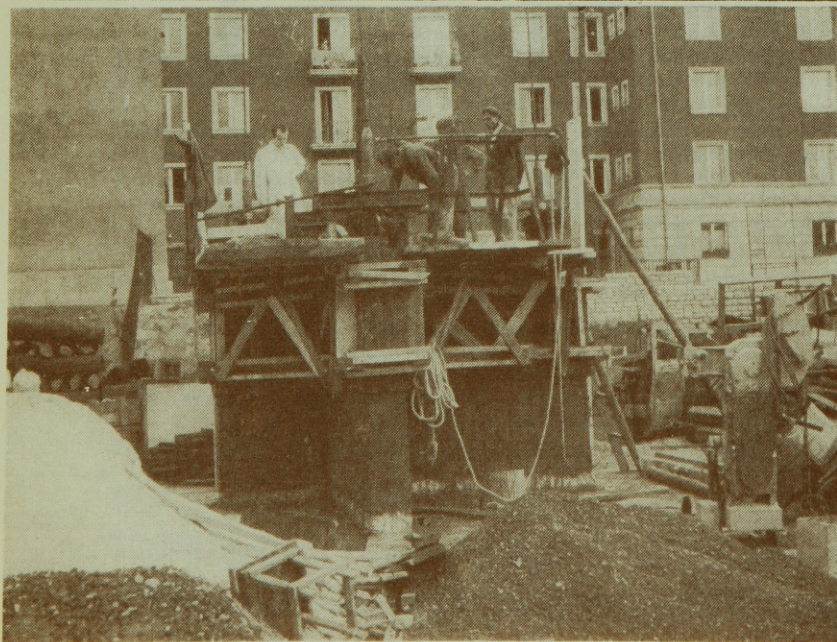
5. ábra.
Az első T-idom alaprajzi méretei

5. ábra. Az első T-idom alaprajzi méretei



6. ábra. Első öntési kísérlet. Kezdődik a betonozás

7. ábra. A zsaluhéj hajlatának elégtelensége, és a beton gyors dermedése miatt a falvég felszakad



8. ábra. Kohóhabsalak-beton falszerkezet készítése csúszózsaluzatban

— A csökkenés irányában a maximális eltérés 60% (36×191), a növekedés irányában pedig 50% ($166, 192 \times 113$).

Kísérleti épületrész készítése csúszózsálatban

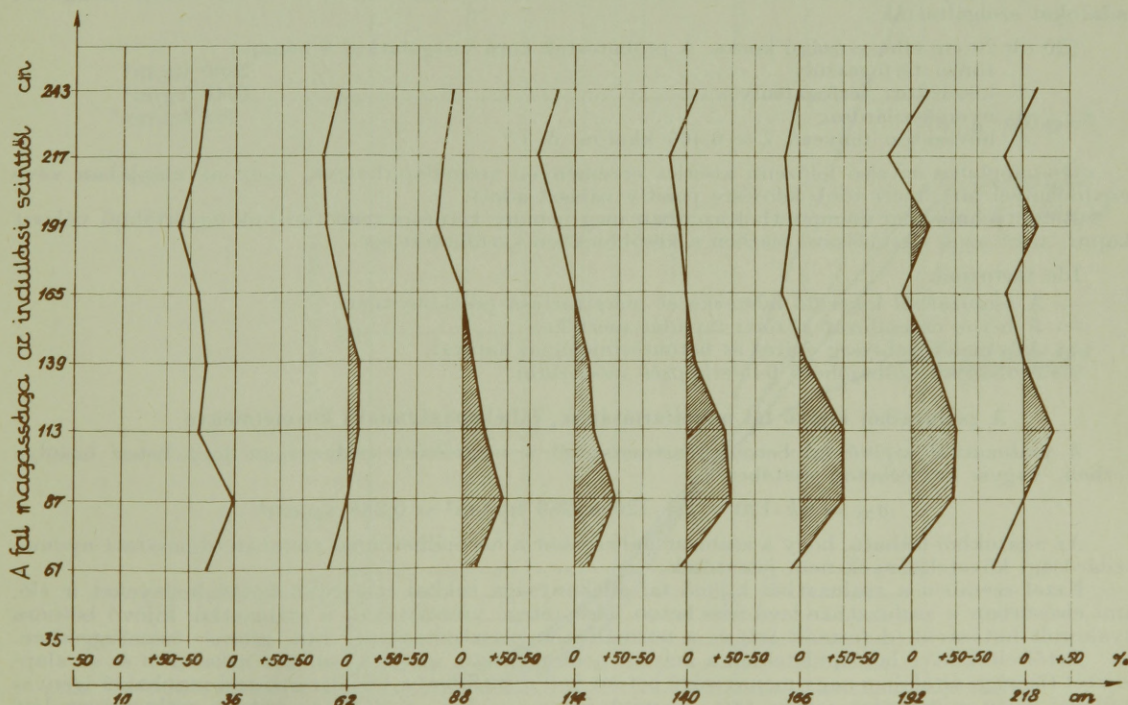
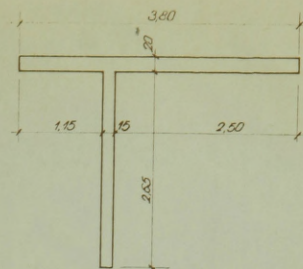
1963. IV. hó 11-én az ÉTI-ben az ÉTI, Mélyepíterv, 1. sz. Mélyépítő Vállalat, TTI, ÉKME képviselőinek jelenlétében megbeszélés zajlott le, ahol meg tárgyalták a budafoki kísérleti lakótelepen építendő csúszószaluzatos öntött középnyagás házak építését megelőző első kísérleti épületrész készítésének részleteit.

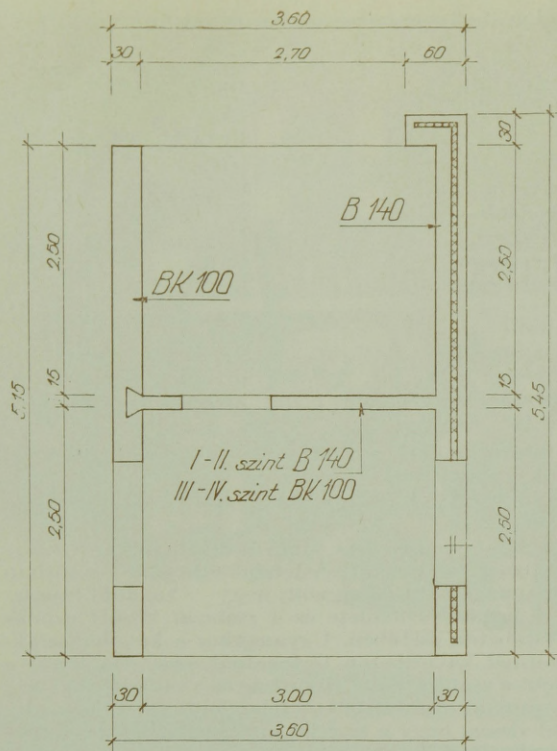
A Mélyépterv 27—1400—57/b tervszámú műleírása szerint: „A kísérleti faltest esőmőszölt beton sávalapokra készül. A faltest H alaprajzú (lásd 11—13. ábrát) 4 szintű, 11,2 m módon részben kohóhabsalak-beton, részben kavicsbeton, e hőszigetelő betétes szendvicshal ...”

A kísérleti építmény tervezője a Mélyépterv, kivitelezője az 1. sz. Mélyépítő Vállalat, beruházója és betontechnológusa (a kohóhabsalak-beton vonatkozásában) az ÉTI volt.

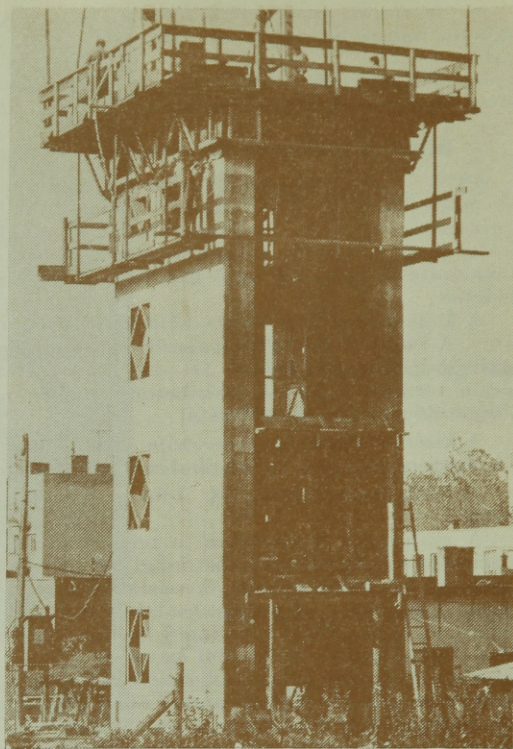
A falak öntését 1963. IX. 3-án az éjszakai műszak kezdte el a megadott receptúra és technológia szerint.

A zsaluzatot a kivitelező a teljes zsaluzatmagasság bebetonozása után indította meg. A meginduláskor a kohóhabsalak-betonból öntött oldalon a beton felszakadt. A felszakadás oka elsősorban a zsaluzat kis kónuszossága. A másik, szintén nem elhanyagolható ok az volt, hogy — további tapasztalataink szerint — a kohóhabsalak-beton zsaluzattal érintkező felülete és a zsaluzat között azonos korban jóval nagyobb tapadóerő lép fel, mint a kavicsbeton esetében. Ugyanakkor a kohóhabsalak-beton térfogatsúlya 250–400 kg/m³-rel kisebb a normál kavicsbeton térfogatsúlyánál. Ha tehát a zsaluzat mozgatása nélkül dolgozzuk be a könnyűbetont a zsaluzatba, a szilárdság és a tapadófértés növekedése következtében, annak megindításakor a beton az alsó rétegektől felszakadhat. A harmadik ok a zsaluzat figyelmen kívül hagyása. Ez arra vezethető vissza, hogy a kísérlet kivitelezésében résztvevő dolgozók kavicsbeton alkalmazásához szoktak, amely kevésbé érzékeny az emelésnél előforduló gyenetlenségekre. Utasítottuk a kivitelezőt, hogy a zsaluzat emelése során, különösen a kohóhabsalak-betonból öntött falazati oldalon 20–25 cm-nél mélyebbre bebetonozatlan gödröt ne hagyjon, és a kohóhabsalak-beton tömörítését merülővibrátortól végezze. Figyelmeztettük, hogy 10 °C hőmérséklet fölött CaCl₂ adagolására 30 cm falvastagság esetén 2 m/24 órás emelési sebesség alatt nincs szükség. A kohóhabsalak-betonban az adalékanyag jellegénél és a beton összetételénél fogva közvetlenül a bedolgozás után olyan összetartó erők jelentkeznek, amelyek a beton állékonyságát, a kavicsbetoné fölé emelik. Tulajdonképpen a friss-beton e tulajdonsága teszi lehetővé az azonnal kiszaluzható kohóhabsalak-betonból készülő blokkok gyártását is. Ezután a betonázás további üteme zökkenőmentes volt. A beton felszakadása és az ezzel járó repedések keletkezése csak akkor következett be ismét, amikor a zsaluzattal egybeépített munkaszint a figyelmen kívül hagyott vízszintestől több centiméterrel eltért vagy a betonozatlan gödör mélysége az előírtat jóval meghaladta.





11. ábra. Négyszintes, előkísérleti, csúszózszaluzatos műtárgy alaprajza. H-idom



12. ábra. Rálátás a hőszigeteléssel bélt kavicsbeton falra

Az emelési sebességek az alábbiak voltak :

IX. 3. és 4-én.....	2,02 m/nap (24 óra)
IX. 5-én	3,30 m/nap (24 óra)
IX. 7—8-án	1,55 m/nap (24 óra)
IX. 9-én	2,28 m/nap (24 óra)

vagyis az átlagos napi emelkedés kereken 2 m/24 órát tett ki.

A laboratóriumban és a helyszínen készített ellenőrző próbatestek adatait a 8. táblázat, az összefüggéseket pedig a 14. ábra tünteti fel. Az ábrából látható, hogy 3 napos korig a betonminőségek jól fedik a tervező által kiírt értékeket, 28 napos korban azonban azoknál lényegesen magasabbak.

Az építmény lebontása után a kohóhabsalak-falból kifűrészelt minták a következő vizsgálati adatokat szolgáltatottak :

(20 db 20 cm élhosszúságú kocka. A próbatestek kora vizsgálatkor 8 hónap.)

1. törési térfogatsúly	2060 kg/m ³
2. kiszáritott térfogatsúly.....	1940 kg/m ³
3. nyomószilárdság	303 kp/cm ²
4. hővezetési tényező $\lambda = 0,465$ kkal/m. ó. C°	

Összefoglalva az első félüzemi kísérlet eredményeit megállapíthatjuk, hogy az alapján véve eredménnyel járt, mert több kérdésre pozitív választ adott.

Betontechnológiai szempontból azonban még néhány kérdésre nem tudunk egyértelmű választ kapni, azért azok tisztázására részben a későbbiekben kerülhetett sor.

Ide tartoznak :

- A zsaluzatból kikerülő falszerkezet mérettartása (állékonyasága).
- A beton és zsaluzat közötti tapadás mértéke.
- Az emelési sebesség építés és betontechnológiai határai.
- A valósan szóbajöhető felületképzés módjai.

A zsaluzatból kijövő fal mérettartásának, (állékonyaságának) követelménye

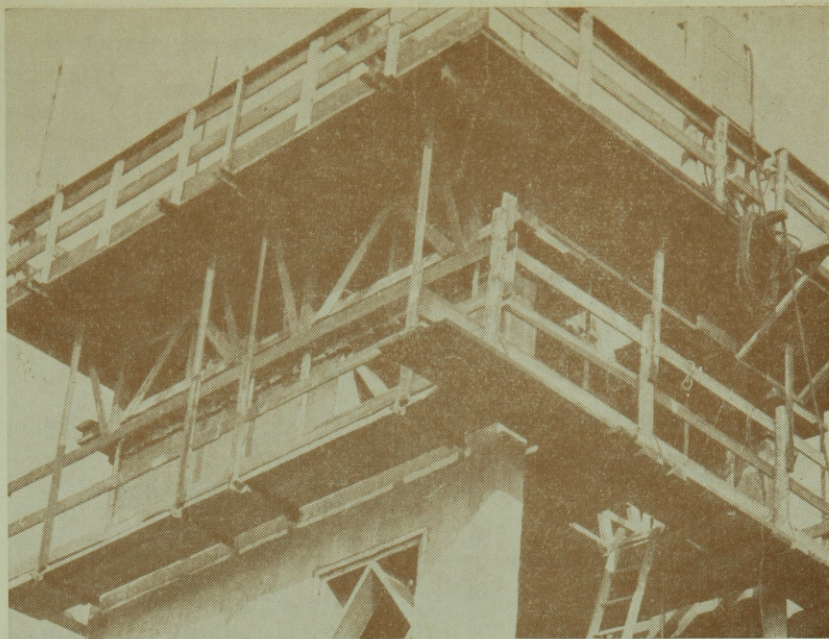
A zsaluzatból kijövő fal betonkeresztmetszetét a megtöltött zsaluzatban levő beton önsúlya terheli, vagyis kavicsbeton esetében

$$\sigma_{ny} = \gamma \cdot k \cdot 120 = 2,4 \cdot 120 = 288 \text{ kp/cm}^2 = 0,288 \text{ kp/cm}^2$$

Az adatokból látható, hogy a zsaluzat indításakor a normálbetonnal szemben támasztott nyomószilárdsági követelmények nem jelentősek.

Ezzel szemben a zsaluzatból kijövő fal állékonyasága sokkal szigorúbb követelményeket ír elő, ami elsősorban a zsaluzatban levő friss beton felső rétege vibrálásának a zsaluzatból kijövő betonra gyakorolt hatásával (deformált fal) és a normálbeton plaszticitásával van szoros összefüggésben.

Ettől eltekintve lakóépületeknél a helyzet nem aggasztó, mivel a zsaluzat méreteitől és az alaprajztól függően általában nagy mennyiségű betont kell a zsaluzatba bedolgozni, ami munkaidő-igényes művelet lévén, viszonylag sokáig tart. A mintaforma (gödör) megtöltése után a zsaluzat emelése általában megkezdhető (lassú betonozási ütemnél elvileg már korábban is elkezdhető az emelés).

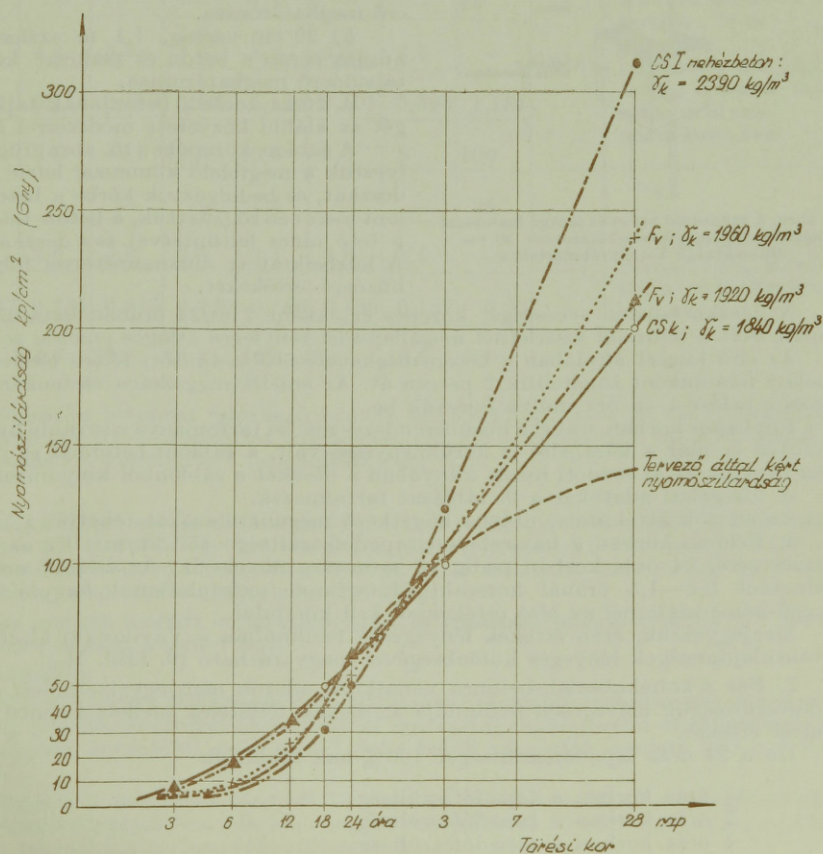


A beton és zsaluzat érintkezési síkjában fellépő tapadó- és súrlódófeszültség értékének meghatározása

Maga a zsaluszerkezet önsúlya és mozgó terhelése (a támrudak révén) a már hordképes idősebb betonra hárul és így a friss betont nem terheli (2. ábra).

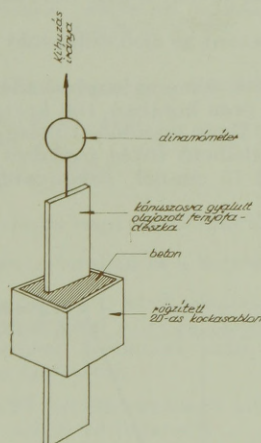
A zsaluzat mozgatása közben fellépő erők a zsaluzatban levő betont az alsó szilárduló betonrétegről fel akarják szakítani.

Vavilov kísérleti adatai alapján (9) egy 20 cm vastag, 1 m széles, 9 cm-es kúproskadással rendelkező *normálbetonnal* megtöltött csúszózsuzaluzat tapadása a beton 4 órában 150 kp/zsaluhéj m², 16 órában állásidő után 272 kp/m². (A betont szurkálással tömörítették.) Ilyen tapadófeszültség esetén a minimális elméleti falvastagság 12,4 cm, mely érték jól egyezik a fellelhető többi irodalmi adatokkal. Biztonság kedvéért különleges intézkedések nélkül kavicsbetonból 15 cm-nél vékonyabb falat nem szoktak készíteni.



14. ábra. Négyzintes, előkísérleti, csúszózsuzaluzatos műtárgy H-idom ellenőrző próbateljesítményeinek adatai

		Laboratóriumi próbatestek		Helyszíni betonozás ellenőrző próbatestjei		
		F_v	F_w	C_{sk}	CSK_I	CS_I
Adalékanyag 1 mm alatti része súlyszázalék		30	30	30	30	Műszaki előírás szerinti összetétellel készített B 140-es minőségű kavicsbeton
Friss beton össze- tétele kg/m ³	0—7 mm kohóhabsalak	687	670	647	740	
	7—15 mm kohóhabsalak	562	548	533	610	
	Csepeli pernye	183	180	176	200	
	Váci 500-as cement	305	298	292	—	
	Tatai 600-as cement	—	—	—	335	
Víz		223	218	186	215	
Cementsúlyra vonatkoztatott CaCl ₂ súly%		—	2	2	—	2260
Készítési térfogatsúly kg/m ³		1960	1920	1840	2100	
Kiszárított térfogatsúly kg/m ³		1720	1690	—	—	



15. ábra. A szilárduló beton és mozgó fazsaluzat közötti tapadóerő meghatározása 20 cm élhosszúságú betonpróbatesteken

Könnyűbeton esetében is a legnagyobb problémát a sűrűdő-, illetve tapadóerő meghatározásának bonyolultsága okozza. A szakirodalomban erre vonatkozó adattal nem találkozunk.

Mivel a könnyűbetonok alkalmazhatósága szempontjából e tényező ismerete nélkülözhetetlen, laboratóriumi körülmények között igyekeztünk képet kapni a könnyűbeton és zsaluzat közötti tapadófeszültség nagyságáról.

A vizsgálat két részből állt.

a) 20 cm élhosszúságú kocka mintaformába bedolgozott beton és mozgó fazsaluzat között fellépő súrlódó- és tapadóerő meghatározása.

b) 20 cm vastag, 1,1 m széles emeletmagas falelemek húzása során a beton és zsaluzat között fellépő súrlódó- és tapadóerő meghatározása.

A 20-as kockák betonjának tapadó- és súrlódófeszültségét az alábbi közvetett módszerrel állapítottuk meg:

A sablon közepébe (15. ábra) függőleges állapotban elhelyeztük a megfelelő kónusszal lefelé vékonyodó, alul kinyúló deszkát, és bedolgoztuk körbe a betont. Ezt követően a sablont mereven rögzítettük, a beton tetejét leterheltük (az ábrán a tető nincs feltüntetve), és a deszkát függőlegesen kihúztuk. A közbeiktatott dinamométerrel folyamatosan rögzítettük a húzóerő- értékeket.

A deszka emelési sebességét közepes értéként 2 m/24 órában határoztuk meg. Ez a sebesség azonos volt a felüzemi kísérletnél megállapított tényleges átlagos emelési sebességgel (12—13. ábra).

Az első húzást általában a beton megkeverésétől számított félóra elteltével hajtottuk végre. Az emelést félóránként ismételtük 2 percen át. Az emelés magassága esetenként 2—5 cm volt. A rendszeres emelést 4—6 óra múlva fejeztük be.

Egynapos korban, mivel a húzóberendezés mérési tartománya a további húzóerő-felvételt nem tette lehetővé és már a leterhelés is körülményessé vált, a sablont betonnal és deszkával együtt 180°-kal elfordítottuk és az eredeti húzás irányában a deszkát a sablonból kinyomtuk.

A vizsgálati adatokat a 9. táblázat tartalmazza.

Az adatok áttekintése után a következő megállapításokat tehetjük:

1. Félórás korban a kavicsbeton tapadófeszültsége 350 kp/m². Ez az érték kb. 3 óras korban kétszeresére, 24 óras korban pedig 18-szorosára növekszik. Az adatok arról tanúskodnak, hogy a zsaluzatot 0,5—1,5 óránál hosszabb időtartamig mozdulatlanul hagyni nem szabad. Magasabb levegő-hőmérsékletnél az alsó értékekből kell kiindulni.

Megjegyezzük, ezen értékek lényegesen felülmúlják a Vavilov (9) által kapott adatokat, ami a betontulajdonságok lényeges különbségével magyarázható (9. tábl. M_n).

2. Bár a kohóhabsalak-betonra vonatkozó adatok nem egyértelműek, annyi bizonyos, hogy tapadófeszültségük lényegesen felülmúlja az azonos feltételek mellett kapott kavicsbetonra vonatkozó adatok értékét.

Ha a 24 óras tapadófeszültséget 100%-nak tekintjük

1/2 óras korban a tapadófeszültség.....	7,3 %
2 óras korban a tapadófeszültség.....	13,0 %
4 óras korban a tapadófeszültség.....	17,0 %

20 cm élhosszúságú kockasablonban végrehajtott tapadóvizsgálat adatai

Soro- zat- jele	Vizsg. ada- tok	A beton kora a húzás időpontjában óra									σ_{28} kp/ cm ²	Jellemző adatok
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	24		
M_n	σ	—	—	—	—	—	—	—	—	39	329	Kavicsbeton
	Δl	6,8	3,5	4	3,4	3,4	2,8	3,5	3,4	—		
	T	0,035	0,036	0,041	0,043	0,058	0,069	0,079	0,084	0,645		
	T_{rel}	5,4	5,6	6,3	6,7	9	10,7	12,3	13	100		
M_l	σ	—	—	—	—	—	0,5	—	—	19	128	M_l -száraz deszká- val kisebb térfogat- súllyal készült
	Δl	—	5,4	2,6	3,8	3,6	3,7	3,5	3,5	—		
	T	0,059	0,111	0,231	0,228	0,203	0,202	0,189	0,268	0,548		
	T_{rel}	10,8	20,2	42,2	41,6	37	36,8	34,5	48,9	100		
M_t	σ	—	—	—	—	—	1,2	—	—	29	266	Kohóhabsalak-beton pernye + őrlött granulált kohó- salak- adalékkal
	Δl	4	3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	—		
	T	0,079	0,090	0,097	0,081	0,065	0,052	0,076	0,080	1,46		
	T_{rel}	5,4	6,2	6,6	5,5	4,5	3,6	5,2	5,5	100		
M_w	σ	—	—	—	—	—	1,7	—	—	33	285	
	Δl	5,8	3,0	3,9	3,6	3,1	1,5	3,3	3,5	—		
	T	0,047	0,088	0,080	0,069	0,078	0,098	0,216	0,351	1,61		
	T_{rel}	2,9	5,5	5	4,3	4,8	6,1	13,4	21,8	100		
M_p	σ	—	—	—	—	—	1,3	—	—	24	216	Kohóhabsalak-beton pernye + őrlött granulált kohósalak adalékkal +2‰ Kerasol a cement súlyra vonatkoztatva
	Δl	4,1	2,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,5	3,6	—		
	T	0,085	0,131	0,116	0,153	0,160	0,124	0,101	0,095	1,184		
	T_{rel}	7,2	11	9,8	12,9	13,5	10,5	8,5	8	100		
M_r	σ	—	—	—	—	—	1,4	—	—	26	195	Kohóhabsalak-beton pernye +2‰ Kera- sol a cement súlyra vonatkoztatva
	Δl	3,9	3,6	3,6	3,6	3,6	3,4	3,6	3,6	—		
	T	0,149	0,237	0,234	0,215	0,220	0,186	0,196	0,189	0,95		
	T_{rel}	15,7	25	24,6	22,7	23,2	19,6	20,6	19,9	100		

Megjegyzés: A csúszódeszka betonnal érintkező felülete 684 cm² volt. σ — 20 cm élhosszúságú kocka nyomószilárdsága kp/cm². Δl — a zsálat emelkedése cm. T — emelés átl. tapadófeszültsége kp/cm². T_{rel} . 24 órás tapadáshoz viszonyított tapadófeszültség %.

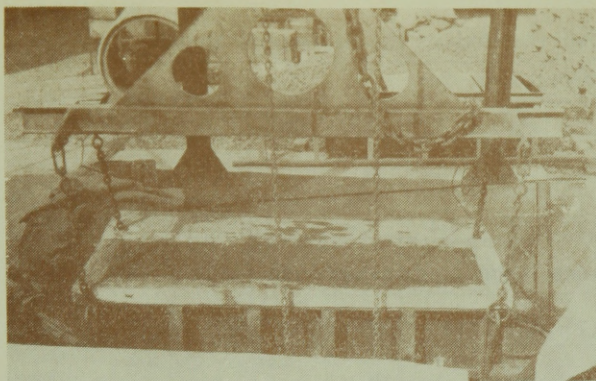
A 2. esetben a budafoki csúszózsálatos kísérleti épületnél felhasználásra kerülő zsáluanyagot (fekete deszka) használtunk fel, és abból egy 111 cm széles, (illetve hosszú) 21 cm vastag és 120 cm magas belső befoglaló méretű falmintázó idomot készítettünk lefelé szélesedő méretekkel. Az idomot egy középblokkgyártó sablon belső terébe szabtuk be (16. ábra).

A beton csak abban az esetben maradt le, ha ellensúllyal és vasalással lehorgonyoztuk (17. ábra). Kavicsbeton és könnyűbeton-falakat készítettünk.

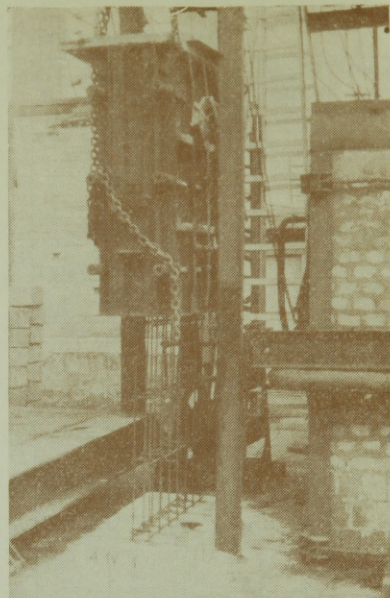
A következőket tapasztaltuk:

Egynapos korban 40 kp/cm², illetve 28 napos korban 300 kp/cm²-es nyomószilárdsággal (kúproskadás 1 cm alatt) rendelkező, merülővibrátorral tömörített 21 cm vastag kavicsbeton és csúszózsálat érintkező felületén a betonozás kezdetétől számított 2 órán belüli mozgítás mellett 300 kp/m²-es tapadófeszültség jön létre.

Ez az érték kb. kétszerese a korábban tárgyalt lényegesen plasztikusabb (9 cm kúproskadás) alacsonyabb kezdő- és végcsúszózsálatokkal rendelkező, ennyire szürkálással tömörített ($\sigma_{1 \text{ nap}} = 15,8$; illetve $\sigma_{28} = 100$ kp/cm²) normál-beton tapadófeszültségének.



16. ábra. A középblokk-sablonba helyezett csúszóbetét



17. ábra. A felszakítás megakadályozására a betont megvasaltuk, és betonhasábokkal leterheltük

Az adatok alapján a teljesen megtöltött zsaluzat fal-folyóméterére jutó tapadóerő az emelés kezdetén $F_{\max} = 300 \cdot 2 \cdot 1,2 = 720$ kg/falbm.

A függőleges falú fémsablon és normálbeton közötti tapadófeszültség a fazsaluzat hasonló mutatójának mintegy 40–50 %-a.

A kohóhabsalak öntöttbeton faltestek és fazsaluzat között fellépő tapadófeszültség 0,5–4 órás korban 820 és 1840 kp/m² között változott, ami a kockán végzett tapadási vizsgálat átlagos adataival egyezik.

A 0,5–6 órás korban húzott kisebb térfogatsúlyú könnyűbetonból készített faltest tapadófeszültsége 240–1360 kp/m² között változott.

A könnyűbeton 21 cm-es falvastagság mellett egyetlen esetben sem csúszott ki egyenletesen a zsaluzatból. Állandóan repedezett és felgyűrődött a zsaluzattal érintkező szakaszokon.

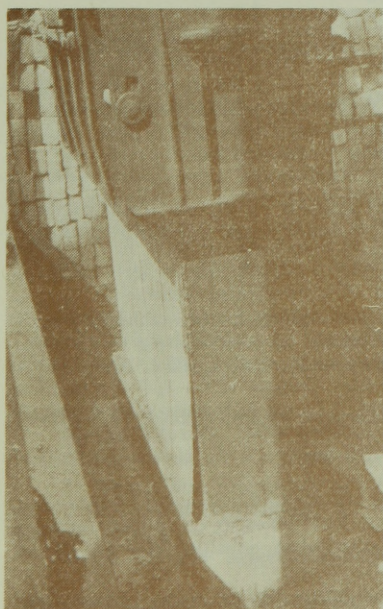
Összefoglalva a mondottakat, azt a következtetést kellett levonnunk, hogy amennyiben a tapadófeszültség valmilyen módon lényegesen nem csökkenthető, kohóhabsalak öntöttbetont fából készült csúszózsáuzatban készíteni nem szabad.

A tapadás nagysága és növekedésének üteme arról tanúskodik, hogy a könnyűbeton és a zsalu-felület csatlakozásánál a könnyűbeton szakirodalomban ismeretes ún. „önvákuum” jelensége lép fel.

A könnyű adalékoknál és könnyűbetonoknál előforduló „önvákuum” részletes vizsgálatával A. A. Arakelján és M. Z. Szimonov foglalkoztak.

Szimonov kifejtette, hogy az önvákuumnak lehet pozitív és negatív következménye is.

A mi esetünkben az utóbbi változat érvényesül, vagyis az önvákuum a betonban levő cement-habarcot és zsaluzatot egymáshoz tapasztja, amit még fokoz a kohóhabsalak szemecék érdes, fába könnyen kapaszkodó felülete, és a fazsaluzat kismérvű szívóhatása.



18. ábra. Az olajozott PVC-betét könnyen leválik, és sima felületet biztosít

A tapadóerő csökkentése

Az alkalmazott módszer lényege, hogy a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező betétlemezt a betonozás előtt a zsaluzatba helyezük, ideiglenesen rögzítjük, a szóban forgó réteget betonnal megtöltjük és tömörítjük, újból behelyezünk egy betétsort, és a ciklus ismétlődik. Ilyenformán a beton a betét felületéhez tapad, és a betét és zsaluzat között gyakorlatilag csak a súrlódásból származó feszültség lép fel. Vagyis a beton és a betét mozdulatlan helyzetben van, és a zsaluzat csúszik felfelé.

A betéttel szemben támasztott követelményekből kiindulva, az erre a célra alkalmas anyagok közül a hazánkban is gyártott ún. kemény PVC-re esett a választás.

A zsaluzatból kijövő megszilárdult beton a betéttel együtt marad le, és az a szükséges időpontban a betonról leválasztható és újból behelyezhető.

Ha a PVC-lemez betonnal érintkező síkját elhelyezés előtt beolajozzuk, sima, glettelésre kiváló, ép élő falazatot kapunk (18. ábra).

Megjegyezzük, hogy az olajozatlan PVC-betét az önvákuum-jelenség következtében a betonfelülethez tapadt, és azt csak a ráragadt cementhabarccsal együtt lehetett leválasztani.

A vizsgálat nagyon fontos adatokat és tapasztalatokat szolgáltatott. A betonfelületen húzás közben semmiféle káros elváltozást, repedést, gyűrődést nem észleltünk. A mintafal az igen magas emelési sebesség ellenére méreteit pontosan tartotta és felülete glettelésre alkalmas volt.

A kísérlet tanulságait az alábbiakban foglalhatjuk össze :

A cserélhető PCV-betét alkalmazása révén a tapadófeszültség gyakorlatilag megszűnik és csak súrlódás érvényesül, melynek értéke :

$$\text{indulási súrlódó feszültség } S_i = 80 \text{ kp/m}^2.$$

A falszerkezetek készítésének sebessége

A gyakorlatilag szóba jöhető emelési sebességet több tényező határozza meg. Legfontosabbak a következők :

1. A zsaluzat emelési sebességének felső határát az emelőberendezés maximális kapacitása határozza meg.

2. A szerkezetemelés adott helyzetre vonatkoztatott sebességét a kijövő beton állékonyságának szempontjából a beton szilárdulásának üteme határozza meg. A beton szilárdulásának üteme pedig sok tényezőtől függ (cementtartalom, a cement minősége, konzisztencia, tömörítés módja és mértéke, szilárdulásgyorsítók alkalmazása, hőmérsékleti viszonyok stb.).

A kavicsbetonból csúszózsályzatban készített szerkezetek nemzetközi gyakorlatában az emelés kezdetét a betonozás beindítását követő 4—5. órában adják meg. Az általunk végzett ellenőrző kísérletek adatai alapján kevésbé plasztikus beton esetében az emelés előbb elkezdhető.

Ha a 2,8-as biztonságot elegendőnek tartjuk, az indításkor megkövetelt nyomószilárdság

$$\sigma_i = 1 \text{ kp/cm}^2$$

Ezen szilárdságot általános feltételek mellett a betonminőség 1 %-ból kiindulva már BK 100-as minőségű betonnal is 3 óras korban biztosítani lehet. Ebből következik, hogy a zsaluzatindítás minimális időpontja, a betonozás megkezdését követő 3 óra, vagyis

$$t_{\text{indítási}} = 3 \text{ óra}$$

Ami a további menetet illeti, ebben a vonatkozásban ugyanaz a követelmény : a zsaluzatból a beton 3 óránál korábban ne jöjjön ki.

$$t_{\text{folyamatos}} = 3 \text{ óra}$$

Három óra elteltével pedig állékonysági problémák — szakszerű kivitelezés esetén — nincsenek. Az előbbiekből következik, hogy különleges intézkedések nélkül a szerkezetemelés maximális sebessége

$$V_{\text{max}} = \frac{m}{3 \text{ ó}}$$

ahol m — a csúszózsályzat magassága m-ben.

1,2 m-es zsaluzatmagasság esetében

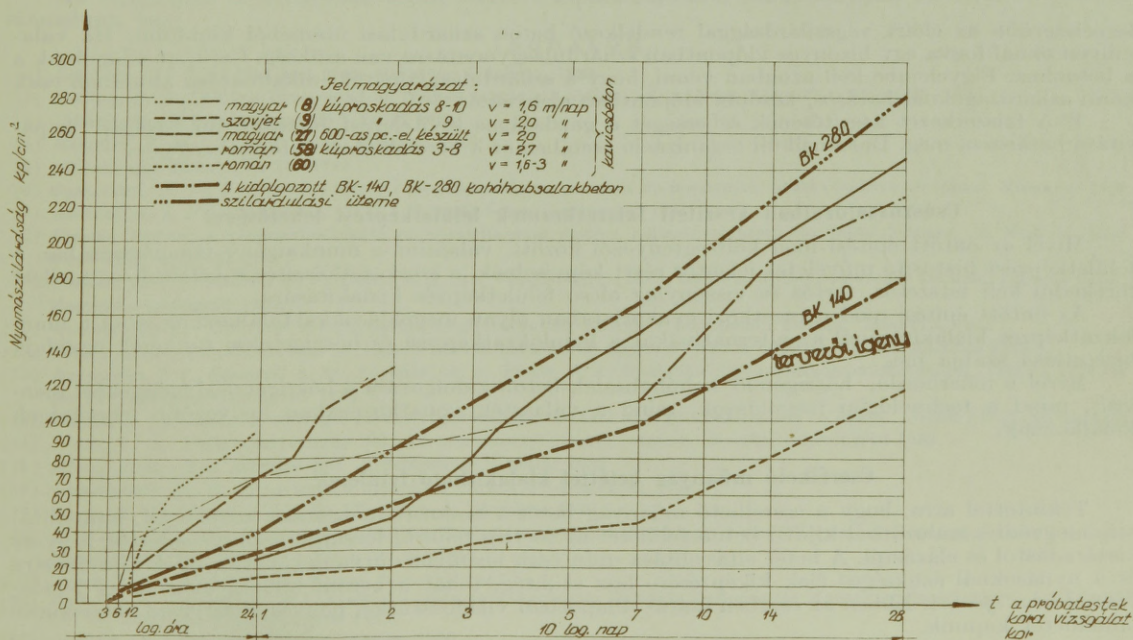
$$V_{\text{max}} = \frac{1,2}{3} = 0,4 \text{ fm/óra} = 9,2 \text{ fm/24 óra}$$

A beton megkövetelt szilárdulási ütemével kapcsolatban is egymásnak homlokegyenest ellentmondó álláspontokkal találkozunk (19. ábra).

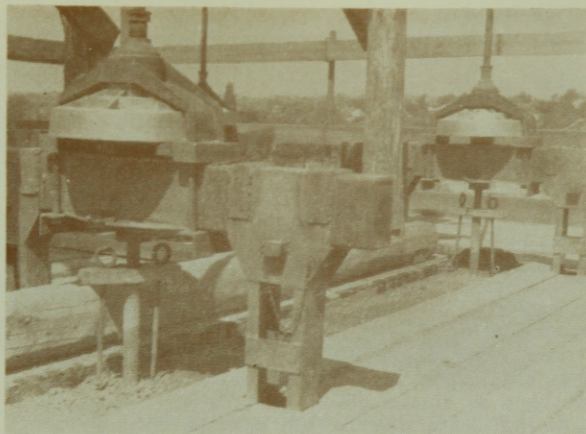
Az ábra adataiból látható, hogy a nagy kezdőszilárdságra vonatkozó, tervező által megadott nyomószilárdsági követelmények túlzottak, ilyen értékekre kb. 3 m/nap emelési sebességnél nincsen szükség.

3. A falszerkezet készítésének sebességét a szerkezettel szemben támasztott teherbírási követelmények szabják meg.

Ez azt jelenti, hogy a falszerkezet nem akármilyen ütemben és mértékben terhelhető. A kiindulási adatokat ebben az esetben a statikai számítások szolgáltatják. Olyan emelési sebességek irandók elő, amelyek betartása esetén a beton teherbírása a szükséges mértékben növekszik. Ilyen szempontból



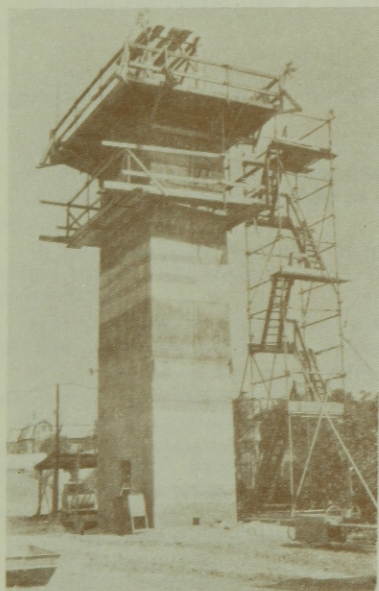
19. ábra. Az 1,6—3 m/nap emelési sebességhez tartozó, csúszózsályzatban készített falszerkezetek betonjának szilárdulási üteme, (Hazai és külföldi adatok egybevetése)



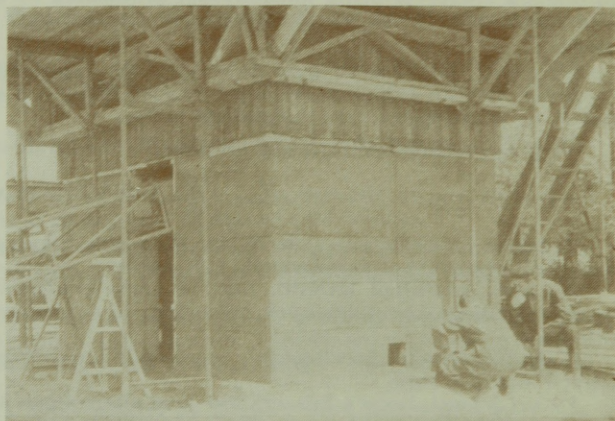
20. ábra. A kísérleti légsajtó, emelőjárom és munkaszint kapcsolata



21. ábra. A zsaluzatból kikerülő betonfelület műanyag betétek alk. nélkül



23. ábra. A budafoki előkísérleti építmény általános képe



22. ábra. A zsaluzatból kikerülő betonfelület műanyag betétek alkalmazása esetében

legcélszerűbb az előírt végszilárdsággal rendelkező beton szilárdulási üteméből kiindulni. Ha valamilyen oknál fogva egy bizonyos időpontban szilárdulásgyorsításra van szükség, CaCl_2 -ot adagolunk a betonhoz. Figyelembe kell azonban venni, hogy a szilárdulásgyorsítók alkalmazása általában csak korai szilárdságoknál hatásos, későbbi időpontban elenyésző.

4. A falszerkezet készítésének sebességét a gazdaságos kivitelezést biztosító ún. „célgép” kapacitása határozza meg. Daru nélküli organizáció esetében ez a berendezés a betonkeverő gép.

Csúszózsályuzatban készített falszerkezetek felületképzési lehetőségei

Mivel az öntött építési mód költségtényezői között, valamint a munkaigény vonatkozásában a felületképzést biztosító műveletek jelentős részt képviselnek, a szerkezetkészítés tökéletesítése mellett törekedni kell tetszetős, tartós és viszonylag olcsó felületképzés kialakítására.

Az öntött építési mód nemzetközi gyakorlatában olyan megoldásokkal találkozunk, ahol a homlokzatképzés kialakításánál az alternatívákat a homlokzatképzési és hőszigetelési funkciók egyidejű biztosítása szabja meg.

Mivel a teherhordó, hőszigetelő kohóhabsalak-beton kidolgozása a hőszigetelési igényektől mentesít, mind a technológiai megoldások, mind a választék vonatkozásában kedvezőbb lehetőségek kínálóznak.

Cserélhető műanyag betéttel kialakítható felületek

Tekintettel arra, hogy a cserélhető műanyag betét a zsályuzat mozgatása közben áll, eltávolításáig megvédi a zsályuzatból kijövő beton felületét az esetleg felülről lecsurgó szennyeződéstől, a gyors kiszáradástól és elázástól. A betét eltávolítása után csak bizonyos durva egyenetlenségek kijavítására és a nyílásoknál szükséges élek kiképzésére lesz szükség, tehát a betonfelület gyakorlatilag *felületképzést nem igényel*. Ebben az esetben száraz állapotban világosszürke, nedves állapotban sötétszürke falfelületet kapunk.

— Ugyanazon felület az épület vázának elkészülte után tetszés szerinti színben fröccsköléssel látható el, vagy

— fehér cementtel és fehér homokkal készített, enyhén porizált habarccsal a függőállványról le-glettelhető, tetszés szerint színezhető.

— A cserélhető betét domborulatos előállítására tetszőleges homlokzatminta képzésére ad lehetőséget.

Bennmaradó burkolatok alkalmazása

Olyan burkolatok alkalmazhatók, amelyek zsaluzattal érintkező síkja lehetővé teszi a zsaluhéj csúsztatását, megfelelő épületfizikai, időállósági, esztétikai tulajdonságokkal, megfelelő hőtágulási együtthatóval és a betonhoz kötő képességgel rendelkeznek, vagy arra alkalmasak vannak téve (ragasztás), valamint méretük és tulajdonságaik a technológiai követelményeket kielégíti.

Budafoki előkísérlet tapasztalatai

A tapadóerő csökkentése, a kísérleti légsajtó kipróbálása, a lakóépület csúszózsuzalatos kivitelezésénél jelentkező speciális építéstechnológiai folyamat elsajátítása, és az előbbiekben vázolt felületképzési lehetőségek néhány változatának tényleges kipróbálása céljából, az első kohóhabsalakbeton-falú középmagas csúszózsuzalatos kísérleti öntőtház előkísérleteként a Budafoki Kísérleti Lakótelepen a TTI, Mélyépterv, Mélyépítő Vállalat és ÉTI egybehangolt tervei alapján 1964. VI. 30—VII. 4-e között elkészült egy 4 m hosszú, 2 m széles befoglaló méretű, 30 cm falvastagságú, 4 szintes könnyűbeton-épületrész (20—23. ábra).

A betont az első szintnél készült szakaszon a kemény PVC) lemezbetétek közé öntötték, a második szintnél a beton és a zsaluhéj közé műkö és sejtetített habarcsréteget iktattak, a harmadik és negyedik szintnél pedig közvetlenül a csúszózsuzalzat deszkahéjai közé dolgozták be a betont.

Az előkísérleti építmény függőleges falai 3,2 m/24 órás átlagsebességgel készültek. Az előkísérlet a következő legfontosabb tapasztalatokkal szolgált:

— A PVC-betéttel bélelt szakaszon a betonozás és emelés egész folyamata alatt a könnyűbetonban semmiféle káros elváltozást (felgyűrődés, repedés) nem észleltünk.

— A PVC-betét nélküli szakaszon a nagy súrlódó- és tapadófeszültség, mikrovákuum és a zsaluzati rendszer vízszintes síkhoz viszonyított egyenetlen emelkedése következtében emelkedéskor a beton gyakran feltüremlett, egyes helyeken felszakadozott. A falszerkezet egy helyen az építmény függőleges helyzetből való kitérésének helyesbítése alkalmával a kitéréssel ellentétes oldalon szemmel könnyen észrevehető módon megrepedt. A repedés közel vízszintes helyzetű, és 1 cm nagyságrendű.

— Az ellenőrző próbatések betonjának cementtartalma és minősége (BK 140), valamint a szilárdulás üteme az előírt értékeknek megfelelt.

— A zsaluzat szerelésének pontatlansága, a változó betonkonzisztencia, a helyenként elégtelen tömörítés és a zsaluzati rendszer vízszintes síkhoz viszonyított egyenetlen emelkedése miatt sem a belső, sem a külső falsíkok vékony glettréteg felhordásával nem alakíthatók ki megfelelő minőségben.

A tapasztalatok alapján a következő megállapításokat tettük:

— Vasalatlan könnyűbeton-falszerkezet csúszózsuzalzatban — különleges óvórendszabályok nélkül — közvetlenül a zsaluhéjjal érintkezve megbízhatóan nem készíthető.

— A cserélhető műanyag betétek alkalmazása kizárja ugyan a felszakítás lehetőségét, de kivitelezése nehézkes, a lemezek könnyen elmozdulnak húzás közben, és viszonylag gyorsan tönkremennek, ugyanakkor a betétek ára is egyelőre magas, ezért ez a megoldás csak kivételesen indokolt esetben alkalmazható.

Összefoglalva a laboratóriumi és félézemi kísérletek tapasztalatait kijelenthetjük, hogy azok jelentős segítséget nyújtottak a csúszózsuzalatos lakóházépítés technológiai sajátosságainak megismerésében, feltárták az eljárásban rejlő lehetőségek kiaknázásának és a problémák kiküszöbölhetőségének útját.

Ilyen előzmények után alakítottuk ki az első csúszózsuzalzatban kivitelezendő könnyűbeton-falú középmagas kísérleti lakóépület betontechnológiáját és építéstechnológiáját.

Az előkészítés és kivitelezés során szerzett tapasztalatokról tanulmányunk következő részében számolunk be.

I R O D A L O M

- [1] Ketcham, M.: Wals bins and grain elevators. Colorado, 1923
- [2] Couling, O. B.: Moving forms used on framed concrete building. „Eng. News Record” t. 94 No 23. 1925
- [3] „Sztroityelnaja promüslennoszty” No 12 1926
- [4] Mihajlov, R. M.: Tyoplúj beton. Moszkva 1928
- [5] „Beton und Eisen” No 13. 1929
- [6] Gyenyiszov, A. V.: Podvizsnüje formü i mechanizáciáj zs. b. rabot na posztrojke moszkvoszkovo elevátorá. Moszkva 1929
- [7] Alexandrin, I. P., Szkrantajev, B. G.: Tyoplúj beton. Leningrad, 1931
- [8] Freytag Ferenc: A vámentes kikötő gabonátárházának építése, különös tekintettel az öntött betonra. M. M. É. E. Köz-lönye 1931. I. 1—21. old.
- [9] Vavilov, M. V., Szorokin, N. V., Csekalin, A. A.: Vüpolnyenyije zs. b. szooruzsenyij v podvizsnüh formah., vüpuszk No 4., Moszkva—Leningrad 1931
- [10] Konorov, A. V.: Opütnoje sztroytelsztvo tyeplobetonnüh zdányij v podvizsnüh formah, Moszkva, 1931
- [11] Popov, N. A.: Projektyiroványije ljegkobetonnüh monolitnüh sztyen., VORSZ. vüpuszk No III. Moszkva 1933
- [12] Budnyevics, L. I., Gezeneczej A. Sz., Lopuhin, Sz. N., Popov, N. A.: Opálubká sztyén ljegkobetonnüh zdányij., VORSZ vüpuszk No IV. Moszkva—Leningrad 1932
- [13] Leppin, H.: L'emploi de coffrages mobiles, Système Mac Donald dans les construction en beton. „Genie Civil” No 22, 1932
- [14] Popov, N. A.: Proizvodstvennüle faktorü procsnosztij ljogkih betonov. Moszkva—Leningrad 1933
- [15] Böhm, F. G.: Das Arbeiten mit Gleitschalungen. Berlin 1935
- [16] Selkovnyikov, Sz. G.: Podvizsnájá opálubka. Moszkva—Leningrad 1935
- [17] Popov, N. A.: Novüle vidü ljogkih betonov. Moszkva 1939
- [18] Cammerer, J. S.: Der Wärmeschutz und das Verhalten gegenüber Feuchtigkeit von Wänden aus Hüttensteinen und Hütten-schwemmsteinen. Stahl und Eisen H. 24. 1942
- [19] Golorin, M. G.: Podvizsnüle formü. Moszkva 1947
- [20] Price, W. H., Cordon, W. A.: Tests of Lightweight-Aggregate Concrete Designed for Monolithic Construction. Aci Journal vol. 20. April No 8. p. 581—600. 1949.
- [21] Drechsel, W.: Die Gleitschalung, Berlin. 1950.
- [22] Hunter, L. E.: Construction with moving forms. Concrete Public Ltd. London. 1951.
- [23] Brădescu, Al.: Cofraje alunecatoare. Bucuresti. 1952.

- [24] *Uszenko, V. M.*: Opalubka zs. b. monolitnűh konsztrukcij promüslennűh szooruzsenij. Moszkva. 1952.
- [25] *Mester István*: Csúszózszaluzás készítése. Magyar Építőipar 7. sz. 1953.
- [26] *Iscas*: Normativul 03.04—53 privind intrebuintarea cofrajelor alunecătoare la executarea lucrarilor de beton armat. Bucuresti 1953
- [27] *Homonnai Tamás*: Hengeres hűtőtorony építése csúszózszaluzással. Magyar Építőipar 1. sz. 21—28 old. 1955.
- [28] *Beuteführ*: Gleitschnellbau. „Schweiz, Bauzeitung” No 4. 1955
- [29] *Valko Ödön*: Csúszózszaluzás alkalmazása a nyugati államokban. Magyar Építőipar 1 sz. 47—52 old. 1956
- [30] *Marjalaki Sándor*: Csúszó és kúszó zszaluzások építési mód és alkalmazási területe. MFI 3311. Budapest. 1956.
- [31] *Brădescu, Al*: Proiectarea si executarea constructiilor in cofraje alunecătoare, editia II. Bucuresti 1956
- [32] *Junttila, A.*: Csúszózszaluzat és előregyártott elemek alkalmazása a kivitelezés meggyorsítására. ACI Journal. Febr. 1956.
- [33] *Selkovnyikov, Sz. G.*: Podvizsnája opalubka. Izd. 3. Moszkva 1956.
- [34] *Chomczyk*: Műszaki fejlesztés a csúszózszaluzások terén „Budowictwo Przemyslowe” No 5. 1957.
- [35] *Nennig, E.*: Les coffrages glissants mode de construction rapide. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Serie: Beton, beton armé (45) No 111—112. mars-avril 1957.
- [36] *Bauman, E. W.*: Lightweight-Aggregate Concrete for Structural USE. ACI Journal. Vol 29. No 12 p. 1165—1167 June 1958
- [37] *Böhm, F. G.*: Das Arbeiten mit Gleitschalungen, Ed. II. Berlin 1958
- [38] *Dogett, J. H.*: First Slip-Formed Apartment Building in the United States. ACI Journal vol 29. No 9. March p. 767-772. 1958
- [39] *Ott, F. K.*: Betontechnologische und konstruktive Erfahrungen und Entwicklungen beim Bau von Hochhäusern aus Hüttenbimsbeton, Beton, Dusseldorf. 1958. No 3 p. 84., No 7. s. 192, 197—204, 203—208.
- [40] *Sztukanov, A. A., Szokolov, M. V., Rükov, V. N.*: Opüt sztroityelsztva zs. b. szilosza dljá hrányénijá cemento v szkolzjáscej opalubke Gosztrójzdat, 1958
- [41] *Epstein, A. Sz.*: Tyeplotprovodnoszty ljogkih betonov. „Sztroityelnája promüslennoszty” 1958. No 4. p. 25—27
- [42] *Ujhelyi János*: Mesterséges adalékanyagok felhasználásával készülő könnyűbetonok technológiájának kidolgozása. 6.sz. ÉTI-jelentés 1959
- [43] *Fischer György*: Az egyszemcsés kohóhabsalak öntöttbeton betontechnológiájának kidolgozása. ÉTI-jelentés, kézirat. bibl. 200 Bp. 1959
- [44] *IME-37-59*: Ideiglenes Műszaki Előírás kohóhabsalakbetonok összetételének tervezésére, a beton készítésére és ellenőrzésére (második helyesbített és kiegészített kiadás) Budapest. ÉDOK 1959
- [45] *Jámbor J.*: Neautoklavovany penobetonn s gruboztnnou vyplnou „Stavebnicky Casopis” 1959 No 3. s. 127—139., No 4. s. 239—261
- [46] *Kratochvíla*: Egy csúszózszaluzatos szlovákiai lakóház építésénél szerzett tapasztalatok. „Stavba” 1959 No 5.
- [47] *Klimov P. P.*: Tyeplotprovodnoszty slakobetonov na kotyelnűh i granulirovannűh slakih. Szbornyik NII Sztrojfiziki i org. konsztrukcij p. 10—15 Moszkva 1959
- [48] *Ogyincov B. N., Belikova M. Sz.*: Gázobetonnűje izgyéljia na izvesztkovoslakovom vjzascsem. „Sztroityelnűje Matyerialű” 1959 No 9.
- [49] *Szoroikin N. V., Suhman Z. Sz.*: Mechanizirovannűj podjom podvizsnoj opalubki pri vozvegyenyiji elevatorov i drugih szooruzsenij. Hleboizdat. 1959
- [50] *Lašincov B. V.*: konsztruktyivnűje ljogkije betonű na slakovoj pemze i armirovannűje izgyéljia iz nyih. „Beton is zselezobeton” 1960. No 5.
- [51] *Reinsdorf S.*: Leichtbeton. Band I. Leichtbetone aus porigen Zuschlagstoffen. Berlin 1961
- [52] *Rolló Géza*: Öntöttbeton építési rendszer alkalmazási lehetőségei a középmagas házak építésénél 14.29/1961 TTI-tanulmány
- [53] *Insztrukcija po izgotovlénijju ljogkih betonov na iszkusztvennűh porisztűh zápolnyityelják sz porizovannűm cementnűm kámnym. NIIZsB. Moszkva 1961*
- [54] *Rudnai Gyula*: Könnyűbeton. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1961
- [55] *Thoma József, Kossuth-díjas*: Légekondenzátoros hűtőtorony építése csúszózszaluzással. Magyar Építőipar 1961. 5. sz. 201. old.
- [56] *Fischer György*: Kőzúalékokkal készülő egyszemcsés beton előállítására vonatkozó kísérletek. ÉTI jelentés, kézirat. Budapest, 1961. bibl. 280
- [57] *Lux László, Kossuth-díjas*: Az építőipar 20 éves perspektivikus terve. Magyar Építőipar 1961. 10. szám
- [58] *Dinescu Tudor*: Executarea cu cofraje glisante unor hoteluri cu 10 etaje la Mamaia. „Rev. constr. si a mat. de constr.” 1961 No 4.
- [59] *Tipovuje tyechnologicseszkiye kártű na proizvodstvo rabot ... szkolzjáscej opalubki szilosznűh korpuszov sz kruglűmi sziloszami diametriom 6 metrov., NIOMTP. Moszkva 1961*
- [60] *Munkaszervezés 6. száma* „Csúszózszaluzás”. ÉDOK Budapest 1962. október
- [61] *Fischer György*: Árpád-hídi 9 emeletes kohóhabsalak öntöttbeton falú lakóépületek készítésének betontechnológiai tapasztalatai. ÉTI jelentés, kézirat. Budapest. 1962 ápr. bibl. 55.
- [62] *Fischer György*: Egyszemcsés kohóhabsalak öntöttbeton technológiájának kidolgozása. 20. sz. ÉTI-jelentés Budapest ÉDOK. 1962
- [63] *Mohácsi László*: Korszerű zsazuzási módszerek. Budapest, Műszaki Könyvkiadó 1962
- [64] *Pocanachi, A., Dinescu, T.*: Contributii la executarea locuintelor cu cofraje glisante. Executarea unui bloc-turn la Cluj. „Rev. constr. si a met. de constr.” 1962. No 8.
- [65] *Peters, G. és tsai*: Zur DDR — Gleitbautagung 1962 Bauplanung Bautechnik. 1962. No 12 s. 573—598
- [66] *Sztukanov, A. A.*: O tyechnológii vozvegyenyija sziloszov v szkolzjáscej opalubke. „Mont. i spec. robotű v sztrvityelsztve”. 1961. No 8.
- [67] *Dinescu, T. és tsai*: Constructii de locuinte din beton armat executate cu cofraje glisante. Bucuresti. Inst. de Doc. Technica 1962.
- [68] *Incerc*, Normativ pentru executarea constructiilor cu cofraje glisante (red II). 1962
- [69] *Proposed Recommended Practice for Concrete Formwork*. ACI Committee 622. ACI Journal. 1962. Vol. 59 No 8. p. 993—1046.
- [70] *Kejmach, L. Volűncev, V. A.*: Sztroityelsztvo vűszotnűh zs. b. szooruzsenij. Goszstrójzdat Moszkva, 1962
- [71] *Popov, N. A., Stein, Ja. S., Tacskova, N. A.*: O tyeplotprovodnoszty betonov na osznoze slákovoj pemzű. „Sztroityelnűje materialű” 1962 No 3.
- [72] *Raljevics, V. A., Pjatjenkov, V. M.*: Uszoversensztvoványije konsztrukcij podvizsnűh form. „Promüslennoje sztroityelsztvo” 1962. No 5.
- [73] *Thoma József, Kossuth-díjas és társai*: „Öntőtházak építése csúszózszaluzással”, OMFB-tanulmány. Budapest 1962 dec.
- [74] *Vinkeloe, R.*: Schüttbeton- Thermocrete aus schwerem konrfestem Hüttenbims. „Die Bauwirtschaft 1962. Ausgabe B. No 14.
- [75] *Nagy Bertalan*: Épülethatároló szerkezetek hőtechnikai vizsgálata. ÉTI tudományos közlemények 21. sz. BP 1962