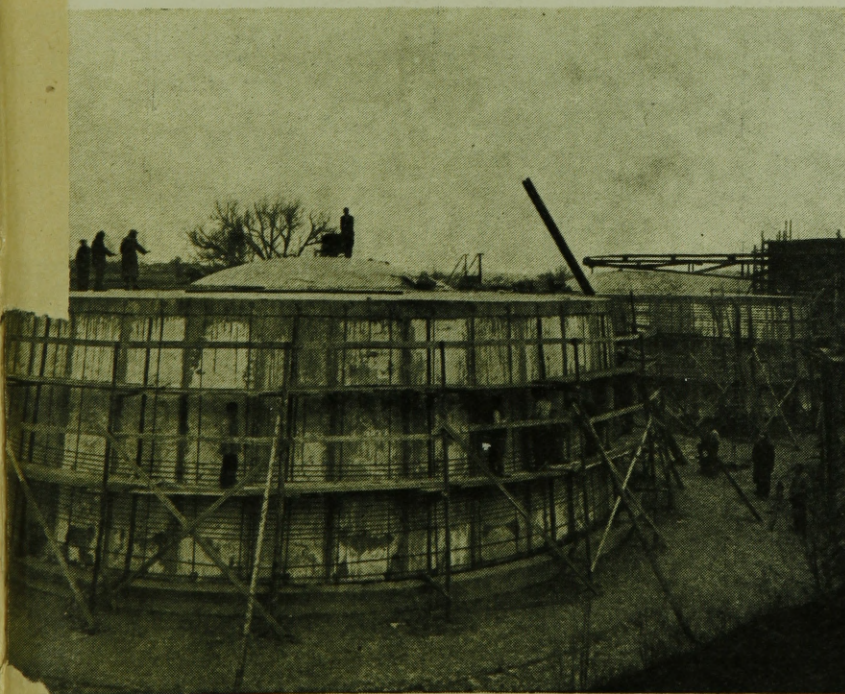


VIII

1959. 11.



MAGYAR
ÉPÍTŐIPAR

Főszerkesztő:
LUX LÁSZLÓ

★

A szerkesztőbizottság tagjai:

Bonta József
Gádoros Lajos
Gnädig Béla
Gyengő Tibor
Hergár Viktor
Katona József
Lévai Andor
Román Andor
Rudnai József

★

Szerkesztő:
Rojkó Ervin

★

Felelős kiadó:
Solt Sándor

★

Szerkesztőség:
Budapest, V., Deák Ferenc utca 10.
Telefon: 181-041

★

Kiadja:
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, V.,
Bajcsy-Zsilinszky út 22.

Megjelenik havonként

Előfizetés egy évre: 72,— Ft

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Csordás Tibor</i> : A tömeges lakásépítés tervezési tapasztalatai Csehszlovákiában és az NDK-ban	477
<i>Izsák Sándor</i> : A nagyblokkos lakásépítés új irányai a Szovjet- unióban	486
<i>Gerle György</i> : A műszaki tervezők szerepe a regionális ter- vezésben	492
<i>Bölcskei Elemér</i> : Hajlított héjak általános elmélete.....	494
<i>Gabos György</i> : Alkalmazzunk cementtalajt épületek alap- anyagául	505
<i>Csanda Ferenc</i> : Föld alatti vezetékek és ezek hibahelyeinek felderítése elektronikus műszerekkel	510
<i>Szócsik Dezső</i> : Pécsi 10 000 m ³ -es víztároló medencék.....	516
<i>Papp Ferenc</i> : Az ÉM MÉLYÉPTERV „Szennyvíztisztítással kapcsolatos műtárgyak statikai méretezése” c. házi tervpályázata	522

Címlapon: Huzalfeltekerés a 2 × 1500 m³-es pécsi medencénél

A tömeges lakásépítés tervezési tapasztalatai Csehszlovákiában és az NDK-ban

CSORDÁS TIBOR

Csehszlovákiában és az NDK-ban a tömeges lakásépítés műszaki alapelvei és a fejlesztés célkitűzései sokban hasonlóak. A legjellemzőbb erre talán a Bauzeitung 1958. 8. számának az adata, amely szerint az előregyártott rendszerrel épített lakások aránya 1957-ben mindkét

államban 13—13% volt s Csehszlovákiában és az NDK-ban is úgy tervezik, hogy ezt az arányt 1960-ban 53%-ra emelik.

Részletesebben: az előregyártott lakóházépítés színvonalára — a nagyblokkos és paneles építésmód megkülönböztetésével — az alábbi adatok jellemzőek:

		Nagyblokk	Panel
Csehszlovákia	1957	10%	3%
NDK	1957	13%	—
Csehszlovákia	1960	40%	13%
NDK	1960	50%	3%

Lényegében azonosak az állami eszközökkel épített lakások alapterületi méretezésére és felszerelésére vonatkozó irányelvek is. (Egy lakás átlagos alapterülete 55 m²).

Az építészeti tervezésre mindkét államban rendkívül erős hatással vannak az előregyártott építés tipizálási követelményei. Nem az a főtörekvés, hogy az épületek városépítészeti és lakásalaprajzi szempontból minél változatosabbak legyenek, hanem az, hogy *megfelelően kialakított lakások előregyártásával a lakás-termelést a maximális mértékben fokozzák*. A tervezési irányelvek állandóbbak mint nálunk, ez lehetővé teszi, hogy a tervezők *első-sorban* a szerkezetek és az építési technológia fejlesztésére központosítsák törekvéseiket.

Számunkra igen tanulságos az a határozottság, amellyel az épí-

tőipar irányítói Csehszlovákiában az *előrefalazott téglablokkos és paneles* építésmódot, az NDK-ban pedig a *középblokkos* építésmódot rövid idő (4—5 év) alatt a lakásépítés legfőbb módszerévé tették.

Az előkészítés és a tervezés módszerei a két államban nem azonosak. A kutató-kísérletező munka az NDK-ban koncentráltan folyt, az Építési Akadémia irányításával. Csehszlovákiában viszont sok kutatóintézet, kivitelezési vállalat, előregyártó üzem párhuzamosan kezdte meg az új építésmódok kialakítását. (Igy váltak az előrefalazott téglablokkos építésmód első központjaivá Brno, Most és Ostrava, a paneles pedig Gottwaldov, Bratislava és Prága).

A magyar lakásépítés technológiai fejlesztése során az illetékes szervek elsősorban az NDK-ban kialakult közép- és nagyblokkos

rendszert kívánják szélesebb területen bevezetni, habosított kohósalak alapanyagú könnyűbeton felhasználásával. Ez a választás megfelel építőanyagbázisunk és az építőanyagkutatás jelenlegi helyzetének, az üzemi előregyártás és a gépesítés mai színvonalának, illetve a közeljövőben elérhető fejlesztési lehetőségeknek.

Az előregyártott lakóházépítési módszerek bevezetése *új követelményeket támaszt* a tervezőkkel szemben. Új szemléletet igényel a beruházó és jóváhagyó hatóságoktól is. A csehszlovák és kelet-német tervezési gyakorlat ismerete segítséget nyújthat a magyar tervezési eredmények értékeléséhez s a további fejlesztési szempontok kialakításához.

Csehszlovákia

Csehszlovákiában az 1948—53 között épített lakóépületek téglaszerkezetűek voltak, előregyártott gerendák közötti salakbeton betéttestes födémrendszerrel. A házak túlnyomórésze magastetővel készült. Általában központi fűtés létesült. A többszintes lakóházak 85%-át építették típus-tervek alapján.

1953—54-ben új típus szekciósorozatokot dolgoztak ki, az egy-kétemeletes és a három-négyemeletes lakóépületekre.

Ezek a tervek alaprajzi és szerkezeti szempontból is lényegesen eltértek az előző években tömegesen épített lakóházak terveitől.

1. ábra. Típuszekció 3—4 emeletes lakóházak céljára. Belső téglapillérek, külső teherhordó téglafal, 3,60 m tengelytávolságú előre-gyártott harántkiváltók

A téglablokkok előrefalazása 1952-ben Brnóban kezdődött meg. Az egy épülethez szükséges falblokkok változatszáma kezdetben 72—75 volt, ezt legújában sikerült 25-re csökkenteni. A téglablokkok előrefalazása az építéshelyhez közel (5—10 km) eső téglagyárakban történik, fedett munkatérben, fél-automatikus berendezéssel. Tömör téglát vagy üreges téglát használnak és a tömböket durva vakolattal látják el. A tömbök maximális súlya 1500 kg, legnagyobb mérete $180 \times 190 \times 45$ cm. A legutolsó értékelések szerint ez a módszer már lényeges gazdasági eredményre vezetett: a kőműves munkák 9%-kal olcsóbbak a hagyományos

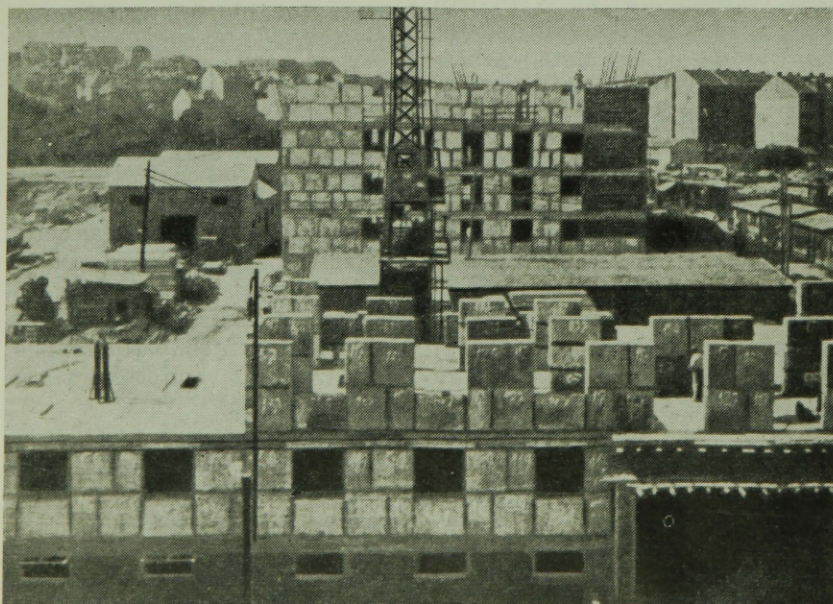
Az előrefalazott téglablokk, előregyártott belső vb. váz és homlokzati falpanel kombinációját először Gottwaldov-Otrokovicén alkalmazták 1953-ban. Jelenleg Prága—Vrsoviceban is folytatnak ilyen rendszerű építéseket. A szerkezeti rendszer a következő: 3,60 m-es harántállások, előregyártott belső pillérváz. A külső fal 45 cm vastag előrefalazott téglablokkokkal és 222/299/14 cm méretű, 575 kg súlyú ablakos vb. panelekkel készül. Előregyártott harántkiváltókat és 13 cm vtg. üreges vb. födémpanelt alkalmaznak.

Átlagos elemsúly 1075 kg. Egy 2-szobás lakás súlya kb. 48 t. A födém burkoló és hangszigetelő szerkezete : 1 cm kiegyenlítő homok, 2 réteg farostlemez, 1 réteg kátránypapír, 3 cm cementes-trich + aszfaltba rakott parketta. A belső válaszfal, illetve a külső panel konstrukciója (a zárójelbe tett számok a külső panelre vonatkoznak). 1,5 (2 cm) rabbitzhálóra felhordott vakolat, 3 (6 cm) Wellit-kátránnyal itatott hullámpapír és ismét rabbitzra felhordott vakolat. Ezek az első kísérletek szobanagyságú válaszfal panelek alkalmazására. A válaszfalak merevítését a hullámpapírban kialakított vb. csíkok biztosítják (3. ábra).

A 3. kísérleti rendszer az előregyártott vb. keretvázaz, kitöltő

A kísérletek főleg a következő rendszerekkel történtek :

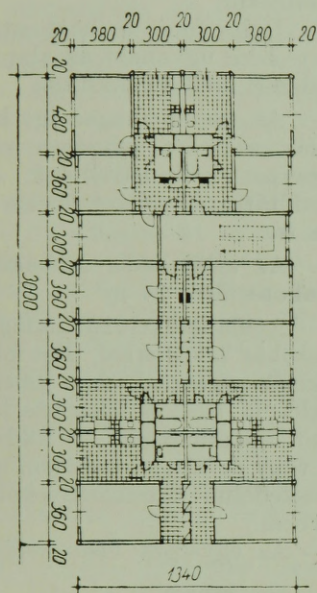
1. előrefalazott téglablokkok,
2. téglablokk, előregyártott vb. váz és külső falpanel kombinációja,



478

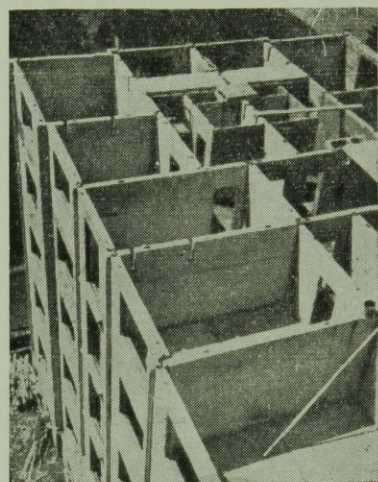
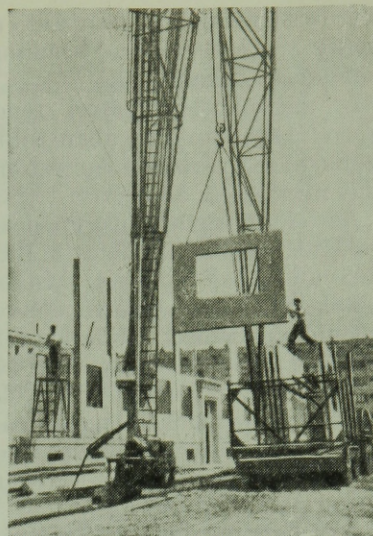


3. ábra. Előregyártott belső vb. vázas, előre-falazott téglablokkos és kitöltő-paneles építésmód



4. ábra. Előregyártott panelvázás épület alaprajza. („G”-rendszer)

1953—54-ben építették meg a Gottwaldov-i „G” épületet, mely az azóta számos példányban felépített panelház prototípusának tekinthető. Az épület kétszekciós, 4 emeletes, összesen 40 lakást tartalmaz. Az alapozás, a pincefödém és a pincefalak monolitikusak. Minden további szerkezet nagy panelekkel készült. A harántirányú falpanelek teherhordóak, a külsők nem teherhordóak, de dobozszerűen együttműködnek. Födém: 10 cm vtg. tömör vb. lemez. Főpárkányt burkolattal együtt előregyártották. Tető: az utolsó födémről független önálló szerkezet. A központi fűtés felmenő vezetékeit a függőleges panelekbe, a kritálfűtés csőigyoit a födémpanelekbe előre beépítették. A külsőfalpanel rétegződése (belülről) 7 cm szilikork, 10 cm granulált kazánsalakbeton, 2 cm vízzáró beton és 1 cm külső vako-lat. A belső teherhordó panel 12 cm Ø-jű hengeres üregekkel könnyített, 16 cm vtg. vb. panel cement, kazánsalak és kavics alapanyaggal. A válaszfalpaneleket cement, feketeszén-salak és kohósalakból készített keverékből gyártották. Az elemeket 20 t-ás traylerrel szállították az építéshelyre. A szerelésre speciális, kétkonzolos portáldaru szolgál. Az épület szerelése rendkívül gyorsan történt. Az 1 főre eső termelési érték kb. 100%-kal emelkedett. Padló és falburkolat szintetikus anyagból



5—6. ábra. „G” rendszerű panelvázás
épületek szerelése

panelek szisztéma. Ennek a prototípusát Prága—Dablicén építették meg 1953—54-ben. A későbbi években további építkezések folytak Prága—Dejvicében. A rendszert elsősorban a magasházak építésére tartják kedvezőnek. Az eddigi kísérletek azonban 3—4 emeletes épületekkel folytak. A födémszerkezet eredetileg alul kazettás panelekből állt és igen anyaggazdaságos volt. Később mégis az üreges, alul-felül sík födémelemekre tértek át (Szim-Kár), mert ez kevesebb munkát igényel.

A legfejlettebb rendszernek a váznélküli teherhordó paneles rendszert lehet tekinteni. Előregyártott panelfalakkal 1946 óta folytat kisebb méretű kísérletek, elsősorban Gottwaldovban, földszintes és egyemeletes házaknál.



7. ábra. „G” rendszerű panelvázás épületek Prágában

készített műanyag (szopalit és igelit), a konyhában beépített berendezés készült.

A nagypaneles építési rendszerrel 1956-ban Prágában több ezer lakásos városrész építése indult meg (4—7. ábra).

Az előregyártott nagypaneles rendszer másik változatát a Bratislava-i „Ba” épületen kísérelték ki. Ennek alapelve a Szovjetunióban ismert Mihajlov-féle rendszer: előfeszített vb. ráma-ba helyezett keramzit blokkokból álló falpanelek és ugyancsak előfeszített kazettás födémpanelek. Az építés céljára 4 t teherbírási portáldaru szolgál.

A csehszlovák lakásépítési szakértők szerint az eddigi nagy kísérletek és eredmények ellenére sem tekinthető megoldottnak a tömeges lakásépítés iparosítása. Elsősorban gazdaságossági szempontból vitatják az eddigi eredményeket, de az 1953—54-ben kidolgozott típustervek alaprajzai sem bizonyultak megfelelőnek.

1956 végén országos tervpályázatot írtak ki az 1958-tól építendő lakóépületek típusterveire. Külön pályázati kategóriát képeztek a 2—3 emeletes épületek (kályhafűtéssel és központi fűtéssel) ill. az 5—6 emeletes épületek.

A tervpályázat programjában a következők alapelvek voltak a leglényegesebbek:

1. Ugyanazon beépített terület mellett növelni kell a szobák számát.

2. A lakások 70%-át 2—2,5 szobával szükséges építeni.

3. Az átlagos lakásra eső beépített terület 76 m² lehet.

5. Felsőszobákat (hálófülkéket) is helyes tervezni.

6. Csökkenteni kell az egy lakásra jutó anyag és munka mennyiségét.

7. Egy beépített légm³ súlya (ismert anyagokkal) legfeljebb 360 kg lehet.

8. Az átlagos lakás építési költségét 80 000 csehkoronában irányozták elő.

A tervek közül egy sem hozott olyan megoldást, amely alkalmas lett volna arra, hogy típustervként kidolgozzák. Ezért a Tipizálási és Tudományos Intézetet új program alapján újabb tanulmánytervek készítésével bízták meg.

A Prágai Tanulmányi és Tipizálási Intézet 1958 márciusában adta ki a legújabb típussekcíók és típusépületek terveit. Az új típustervek az 1958—1960 közötti időszakban építendő 2—6 szintű téglaszerkezetű lakóházak céljára szolgálnak.

A tervezés programját az Állami Építési Bizottság 1957 májusában hozott határozata képezi. A határozatot megelőzőleg

a típustervező intézet számos tanulmányt készített. A javasolt lakástípusok egy része a Hosti vari filmműteremben makettben felépült és a berendezett lakásokat az Állami Építési Bizottság, a Tervhivatal, a Szakszervezetek Központi Tanácsa, a Nótanács, az Építőművész Szövetség és más érdekelt szervek munkatársai felülvizsgálták.

Az Állami Építési Bizottság a típustervek programját a következő irányelvekkel hagyta jóvá:

— Egységesen egyetlen födémfeszítávot (5,00 m) kell bevezetni és az 1,00 m födém-modult kell alkalmazni.

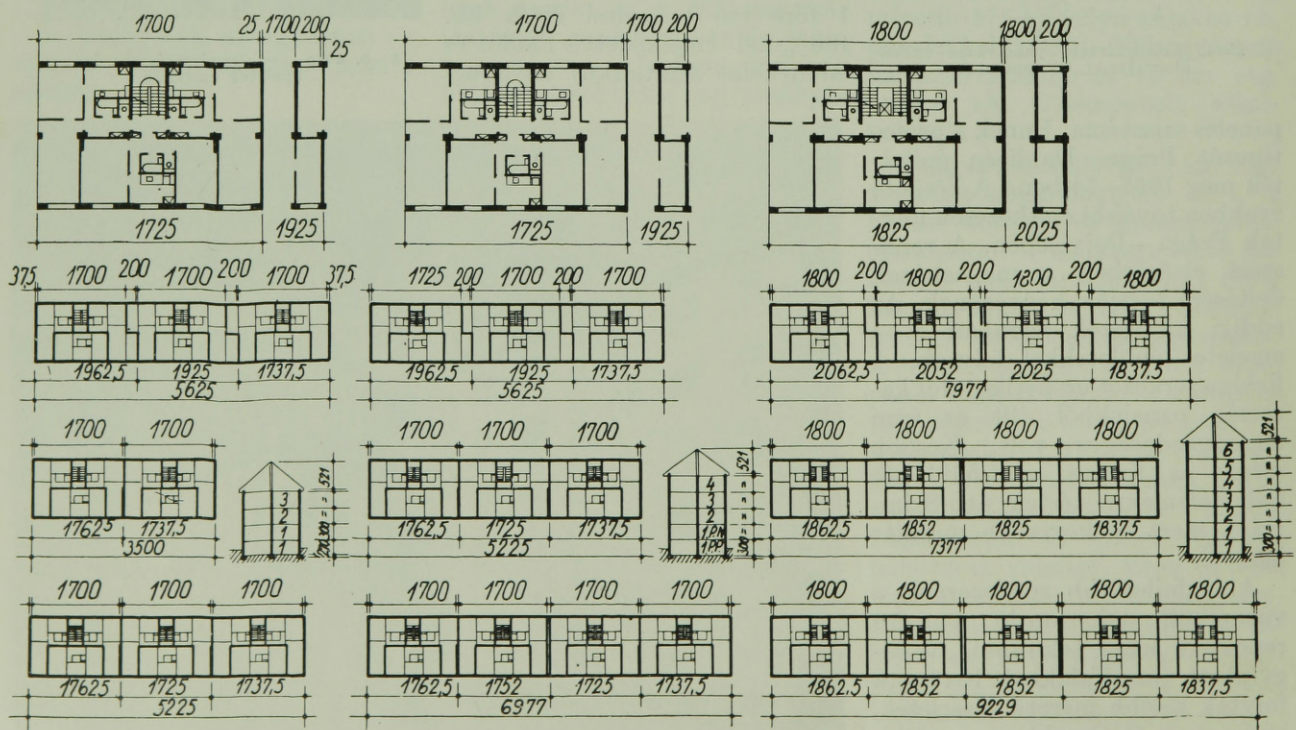
— Helyi fűtés és központi fűtés részére ugyanazt az alaprajzi rendszert kell kialakítani.

— Az összes magassági kategóriák számára egységes vizes-csoportot kell létrehozni, központi fűtés és szilárdtüzelés esetére is.

— Az átlag-lakás szobaszáma 2, lakóterülete 34 m².

— Az alapszekcióháromfogatú, kétszobás lakásokkal. Ezt olyan szekciók egészítik ki, amelyek másfél, ill. két- és félszobás lakásokat tartalmaznak. A földszinten vagy az alagsorban nem lehet kereskedelmi létesítményeket elhelyezni.

— Az egységes vizescsoportot



8. ábra. 1958—60. évi típussekcíósorozatok, 1—2, 2—3 és 4—5 emeletes lakóházak céljára. Azonos alaprajzi és szerkezeti diszpozíció, azonos előregyártott vizescsoport

az alábbi változatokban szükséges megtervezni:

a) A konyhában szénfűtéses tűzhely, a fürdőszobában éjjeli áramot hasznosító vízmelegítő tartály. (A fürdőszobát a konyhán keresztül fűtik és szellőztetik).

b) Gáztüzeléses változat. (A gáz-vízmelegítő és a gáz-fűtő berendezés a konyhában van).

c) Gáztűzhelyes konyha, központi fűtés és melegvíz szolgáltatás. (A WC-t és a fürdőszobát ventilátorral ellátott közös elszívó berendezéssel szellőztetik).

— A függőleges tartószerkezetek alapanyaga az üregestégla, változatként könnyű betonfajták tervezendők.

— Alapvető emelő-eszközöként a 16 tm-es, 30 tm-es és 45 tm-es toronydarut kell alkalmazni.

— Meg kell szervezni az egységes vízes csoport gyári előállítását.

— Az átlagos 34 m²-es lakóterület betartása mellett az egy lakásra eső építési költség 59 000 cseh korona. (Ez mintegy 20—25 %-kal kevesebb, mint az 1954—55. években épített átlagos lakásoké).

Az irányelvek és a tanulmánytervek alapján 3 típusú sorozatot dolgoztak ki: a két-háromszintes, a három-négyszintes és az öt-hatszintes épületek és szekciók terveit (8. ábra).

Mindhárom kategória típusait alaprajzi és szerkezeti szempontból is alárendelték a teljes egységesítés és a maximális gazdaságosság előírt követelményeinek.

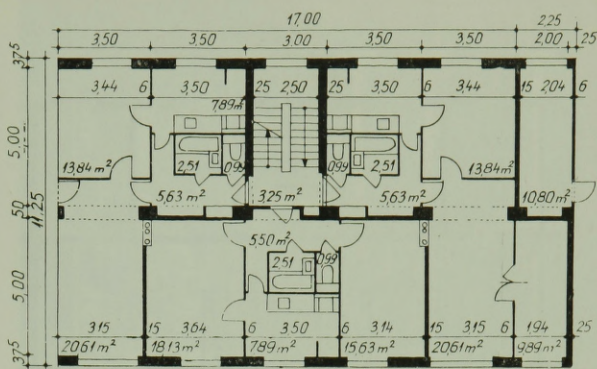
Az egységesítést a modulizált méretek és az univerzális vízes csoport alkalmazása révén oldották meg. Az építési költségek csökkentését a beépített terület és a lakóterület csökkentésével, a funkcionális igények mérséklésével, a szerkezet egyszerűsítésével és kisebb mennyiségű anyag beépítésével érték el.

Az összes sorozatokban mellőzték a sarokszekciókat és a különleges idomú szekciókat.

Az épületek architektúrájának megoldásánál egyszerű eszközöket használtak. A kiviteli terveket a típusútervek dokumentációiban homlokzati részletek képzések nélkül oldották meg. A részletek képzés megtervezése az adaptálók feladata.

A szerkezetek vonatkozásában elérték az elemek megkövetelt

9. ábra. 1958—60. évi típussekcio, 3-4 szintes épületek céljár



egységesítését. A külső falazat üreges téglából előrefalazott blokkokból áll, a középpillérek betonblokkokból készülnek. A blokkok kialakítását a gépesítési fokozat figyelembevételével oldották meg.

A fűdémpanelek az egy-két emeletes épületeknél 50 cm széles, a magasabb épületeknél 1,00 m széles üreges vb. elemek.

A 3 toronydarutban jellegzetes a szerkezeti rendszer határozott egységesítése. Az új típusútervek szerint kivitelre kerülő többszintes lakóházak — az egyemeletestől az ötemeletesig — azonos alaprajzi és szerkezeti diszpozícióval építhetők, kevés változatosságú előregyártott falazati és fűdémekkel, nyílászárószerkezettel. A vízesblokk tömeges előállítására új üzemeket létesítettek (9. ábra).

Vitatható, hogy ez a maximális egységesítési törekvés nem vont-e törvényszerűen maga után a lakáselrendezés több-kevesebb hibáját, túlzott leegyszerűsödését. Az is vitatható, hogy a személyfelvonóval ellátott öt-hatemeletes házak nem igényelnék-e más alaprajzi és szerkezeti rendszert, mint a kisvárosi jellegű egyemeletes házak —, mégis a csehszlovák koncepcióból — a tervezési programból is és az elért megoldásból is — világosan kirajzolódik a tömeges lakóházépítés legfőbb tipizálási célja: az elemek tömeggyártásának megszervezése s vele együtt egy új építési módszer rohamos bevezetése — lehetőleg az egész építőipar területén.

A fentiekben ismertetett típusútervsorozatok az 1958—60. évi nagyblokkos lakóházépítéshez szolgáltatnak tervezési alapot.

1960—1970 között az állami lakásépítés alapja a paneles rend-

szerek lesz, mely már 1957-től tömeges építésmóddá vált, főleg Prága, Gottwaldov és Pozsony területén. A közelmúltban és ma a panel-szerkezetű lakóépületek legjobb tervezési megoldásait analizálják a kutatóintézetekben és országos pályázatokon. Az Architektura ČSR 1959. évi I. száma már tájékoztatást nyújt egy 1958-ban lezajlott pályázat eredményéről. A tervek lényegében megőrzik és továbbfejlesztik a jelenlegi típusútervek alaprajz-tipizálási koncepcióját: általában állandó „lakásmag” képzésére törekzenek (konyha, fürdő, WC., étkező vagy nappali szoba) és e körül a mag körül — a hálókahelyiségek számának változtatásával — alakítják ki a különböző családlétszámnak megfelelő lakásfajtákat. Jellemző továbbra is, hogy a lakások térkapcsolatai egyszerűek. A szerkezeti rendszer túlnyomórészt harántfalas. A lakások minden esetben központi fűtésesek.

Német Demokratikus Köztársaság

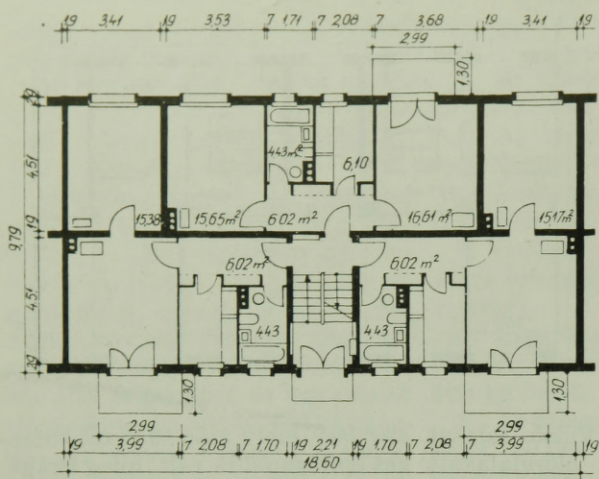
Az NDK-ban az építéstechnikai fejlesztés elméleti és tervezési feladatait az Építési Akadémia tűzi ki és a tudományos intézetek oldják meg. Az Akadémiához tartozó intézetek, laboratóriumok és kísérleti telepek összlétszáma kb. 1000 fő.

A két legfontosabb intézet: az Institut für Bautechnik und Ökonomie és az Institut für Typung.

A középblokkos lakásépítésnek mindkét intézet fejlesztési feladatkörében központi helye van.

1954-ben a tömeges lakásépítés legfőbb módszerének a téglatoromlétkon anyagú középblokkos építésmódot jelölték meg, tekintettel arra, hogy a háborús rombolások következtében a legtöbb

10. ábra. 1957—58. évi
hosszfalás típus-
szekció



NDK-beli nagyvárosban óriási mennyiségű téglatörmelék kerülhet felhasználásra.

A középblokkos lakásépítési metódust 1955-ben kezdték meg. 1956-ban 2000, 1957-ben 6—7000, 1958-ban 12 000 lakás épült ezzel a módszerrel. Az új építésmód gyors bevezetése érdekében speciálisító vállalatokat (pl. VEB Volksbau Berlin és VEB St. Dresden), vagy vállalati részlegeket alakítottak.

A fejlesztés fő célkitűzése a gazdaságosság fokozása volt. Az első évben nem érték el megfe-

lő eredményt. (A tervek nem kifejezetten a középblokkos építkezés céljára készültek, az előregyártott falblokkokba biztonsági vasalást helyeztek el, sokféle elemre volt szükség, az elemek különböző súlya miatt a toronydaruk nem voltak kihasználva).

1957-ben több típusú sorozatot dolgoztak ki a középblokkos építkezések céljára. Az Építési Akadémia, valamint az Építési Minisztérium tanácsának döntése alapján az „L4” és a „Q3” jelű típusú sorozatokat fogadták el az 1958. évi berlini épít-

kezések számára. Az „L4”-sorozat szerkezeti rendszere hosszfalas, a „Q3”-sorozaté teherhordó harántfalas. A gazdaságosabbnak bizonyult harántfalas épületekben a belső teherhordó harántfalak 19 cm vastagok, a külső falak 29 cm-esek. A falblokkok téglatörmelék-betonból készülnek B. 50-es és B. 75-ös betonminőséggel. A belső fal térfogatsúlya $1,8 \text{ t/m}^3$, a külsőé $1,6 \text{ t/m}^3$. Az elemek maximális súlya 750 kg. Az építés főgépe a 12 t/m-es Rapid I. daru. Födém szerkezetként az ún. Zwickaui födém elemeket, előfeszített, üreges vb. paneleket, illetve előregyártott vb. gerendák közötti betéttetes födém használnak. (Az utóbbiakat felbetonnal). (10—12. ábra.)

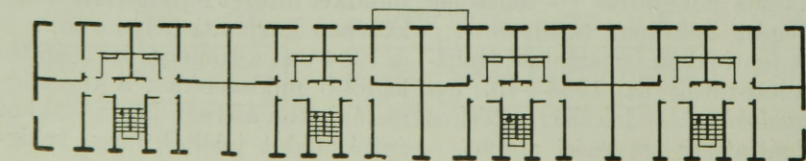
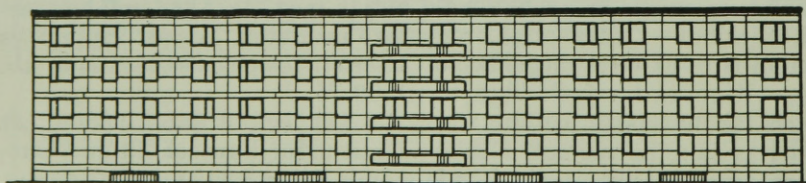
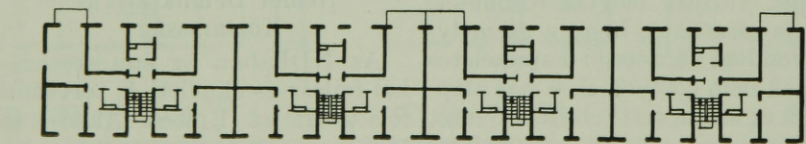
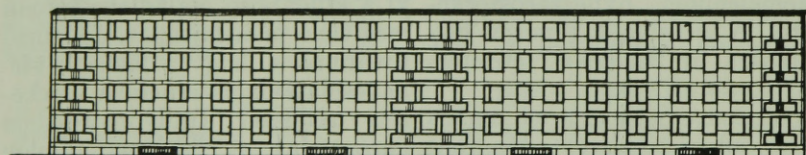
A hagyományos építésmóddal szemben 1958-ban már lényeges építési idő- és munkaerő megtakarítást, kisebb méretű anyagmegtakarítást értek el.

A Bauzeitung egy 1958. évi közlése szerint a 3 emeletes lakóház 100 m² alapterületére vonatkozó munkahelyi munkaóraszükségletét a hagyományos, illetve a középblokkos (fejlesztett) építésmód szerint az 1. tábl. tünteti fel.

Falazati anyagmegtakarítás a hagyományos építésmóddal szemben kb. 20%-os. (Tömör téglafalazatú normál emelet súlyadata $1,1 \text{ t/m}^2$, — ugyanez az adat a Q3 jelű típusú alapján $0,9 \text{ t/m}^2$.) A harántfalas típusú épületeknél mintegy 30%-os födémacél megtakarítást értek el.

A keletnémet szakértők a fejlesztés fő problémájának a befejező munkák helyzetét tekintik. Míg a nyersépítkezés időtartama a felére csökkent, a befejező munkáknál ezt a tempót nem tudták követni, bár itt is érték el eredményeket. Nem tartják megfelelőnek a jelenlegi tetőszerkezeteket, a válaszfalakat, az elektromos szerelvények szerelés módját, a vakolás módszereit és a homlokzatképzés mostani megoldásait. Nem tekinthető teljes értékűnek a padlóburkolás kivitele sem.

A tervezés-típusálás új fejlődési fokozatának tekintik a „Q6” jelű szekciót. Ez a kétfogatú szekció csökkenti az előregyártott falazati elemek változatait. Ugyanakkor előírja a falazatok vastagsági méretének csökkentését és ezzel együtt — ugyan-



11—12. ábra. 1958. évi harántfalas típusú épületek középblokkos építkezések céljára. Négysekcios épületek 2-, illetve 3 szobás lakásokkal

1. táblázat

Munkanemek	Tömörtégla		Téglatörmelék-betonblokk	
	óra	%	óra	%
Építéshelyberendezés és alapozás	165	7 %	140	11 %
Tetőszerkezet, födém, falazat, lépcső	875	39 %	245	20 %
Belső- és külső vakolás	340	16 %	180	15 %
Padló, nyílászáró szerk. (vagy ajtó-ablakfal elemek)	325	15 %	255	20 %
Villany, gáz, vízvezeték, egészségügyi berend. fűtés	310	14 %	225	18 %
Festő és egyéb	195	9 %	195	16 %
Összesen:	2210	100 %	1240	100 %

azon súlyhatár (750—800 kg) figyelembevételével — az elemek hosszúsági és szélességi méretének növelését. (A külső fal vastagságát 22 cm-re irányozzák elő). A „Q6” jelű szekció lakásaiban mindössze egyfajta vizesblokk szerepel. Egyetlen szekció alaprajzi alternatívái lehetővé teszik 1—4 szobás lakások kialakítását, a szerkezet megváltoztatása nélkül (13—16. ábra).

A lakás-típusterveket állami irányelvek alapján dolgozzák ki. A jelenlegi irányelvek két legfőbb adata:

1. Egy lakásra eső hasznos alapterület átlaga 55 m².

2. Egy lakás építési költsége átlag 22 000 DM (az 1956—57. évi 28 000 DM-mel szemben).

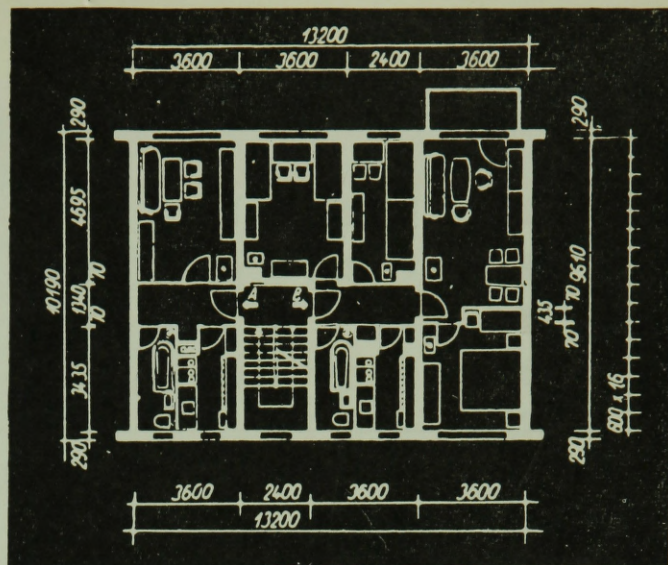
A lakóépület tipizálás terén a Típustervezési Intézet jelenlegi legnagyobb feladata az, hogy kidolgozza a szalagrendszerű építésmódnak megfelelő típusterveket. Az építkezést 12 ütemre kívánják bontani és az egyes ütemek elvégzésére speciális kivitelező részlegeket szerveznek.

Kelet-berlini előregyártó üzemek

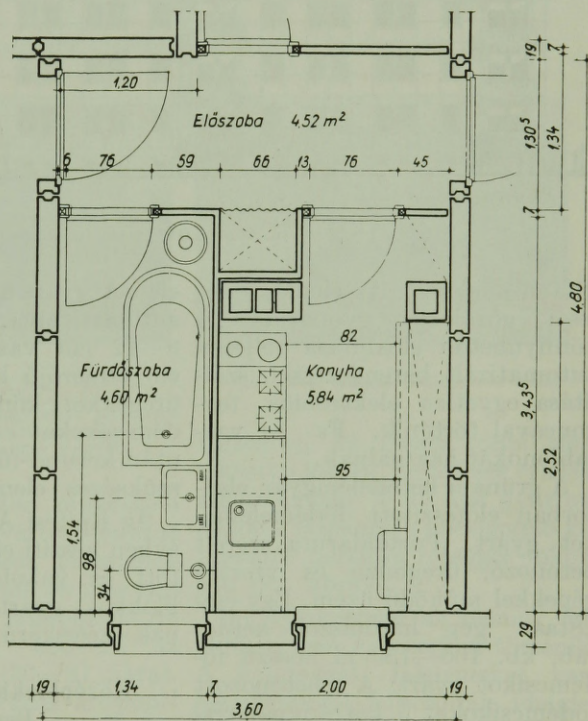
A berlini előregyártó üzemek között a rummelsburgi a legnagyobb kapacitású. A blokkok betonozása álló vassablonokban történik. A betont sínen mozgó portáldarukkal szállítják a sablon-sorozathoz, a vibrálást a sablon két hosszoldalára helyezett vibrátorokkal végzik. Bevibrálás után a sablont leszerelik és tovább szállítják, az elemek a helyszínen érlelődnek. Szállításuk az

ktorokkal történik

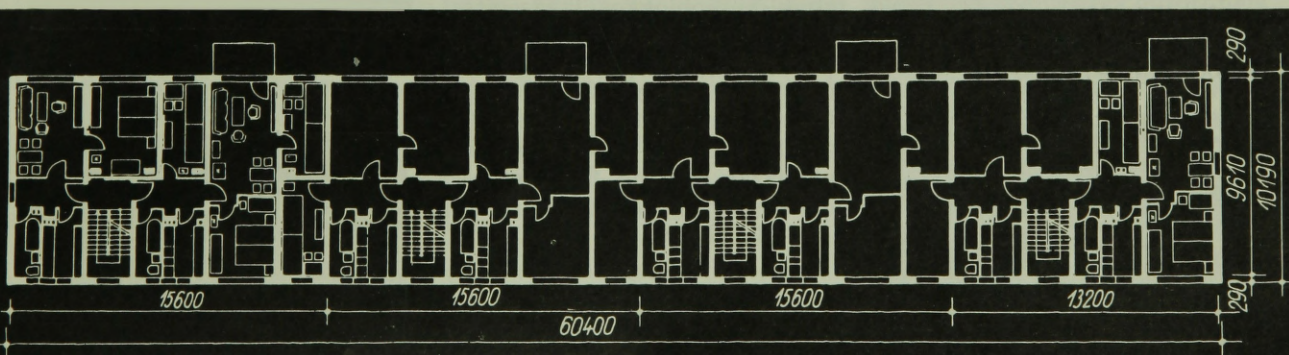
üzem fedett üzmrészben el-
térrel rendelkezik



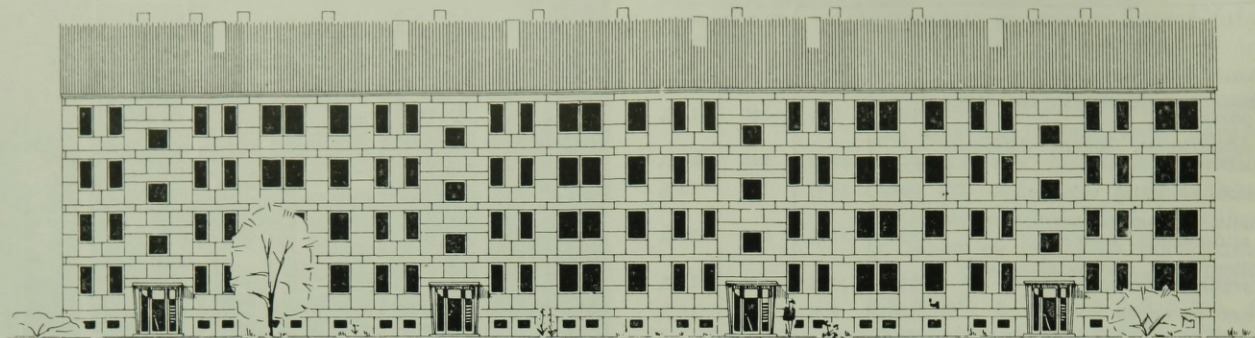
13. ábra. „Q6” jelű típussekcio alaprajza. (Az 1960-tól épülő középblokkos lakóházak alapterve. A két lakás közötti határfal változtatásával — a terv lényeges módosítása nélkül 1-4, illetve 2-3 szobás lakások építhetők. Az alaprajzon megfigyelhető, hogy a vizescsoport „jobbos” és „balos” változatát is kiküszöbölték.)



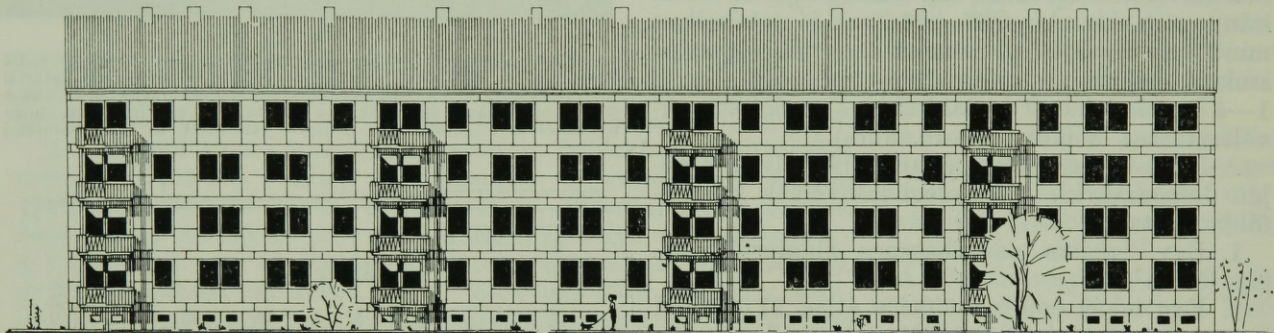
14. ábra. „Q6” jelű típussekcio vizescsoportja



15. ábra. „96” jelű típussekcioiból összeállított épület emeleti alaprajza



Ufcai homlokzat



Kerti homlokzat

16. ábra. „Q6” jelű típuszekcióból összeállított épület homlokzata

(Stand-módszer). Az elemek érlelését gőzöléssel gyorsítják. A könnyűbeton előállítását teljesen automatizált berendezéssel, szállítását egyetlen elektromos targoncával történik. Fa- és vas-sablonokat használnak.

A grünaui betonelemgyár első sorban előfeszített födémlemeget gyárt. Portáldarura szerelt betonozó, üreghúzó és vibráló gépekkel működő üzem. Egy-egy „Stasa” gép háromszor kétdarab, kb. 100–150 m hosszú födémcsíkot gyárt. A lebetonozott födémcsíkokat kátránypapírral borítják és újabb réteget betonoznak fölette, így 10–12 réteget betonoznak egymás fölött. Egy gép egy gyártási és érlelési periódusban kb. 3000 m² födém-

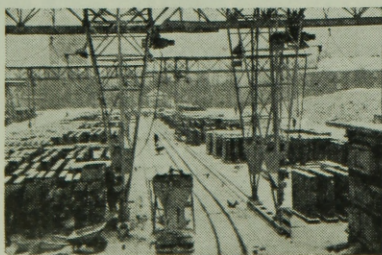
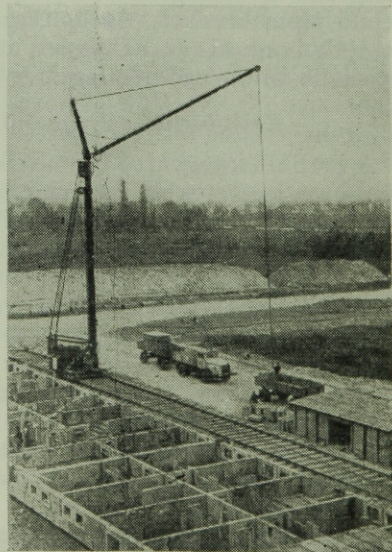
elemet gyárt úgyszólván teljesen automatizálva. A födémlemegek 9–12 cm vastagságúak, kb. 4 cm átmérőjű körkeresztmetszetű üregekkel könnyítettek. A födémcsíkokat a megszilárdulás után korund-fűrészszel szeletelik a szükséges elemhosszakra.

Az Építési Akadémia ebben az évben készíti elő a fektetve gyártott és vakolattal ellátott falblokkok gyártási technológiájának széleskörű bevezetését.

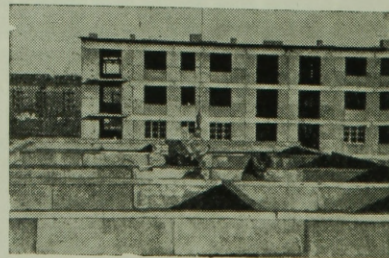
Középblokkos építkezések Berlinben

Kelet-Berlinben 13 építéshelyen folyik középblokkos lakásépítés. A legtöbb lakótelepen egy-egy építési ütemben 200–300 lakás épül. Az épületek 3 emeletesek, 3–6 típuszekcióból állnak. Kizárólag fogatolt szekciókból álló lakóházak épülnek, függőfolyosós épületek vagy kockaházak nem (18–19. ábra).

A beépítés leggyakoribb fajtája a laza, sávos elrendezés. Néhány telepen az épületeket egészen mechanikusan a toronydaruk legjobb kihasználásának megfelelően helyezték el. Általában



17. ábra. Berlin—rummelsburgi falblokk-gyártó üzem



18–19. ábra. Berlini középblokkos építkezések

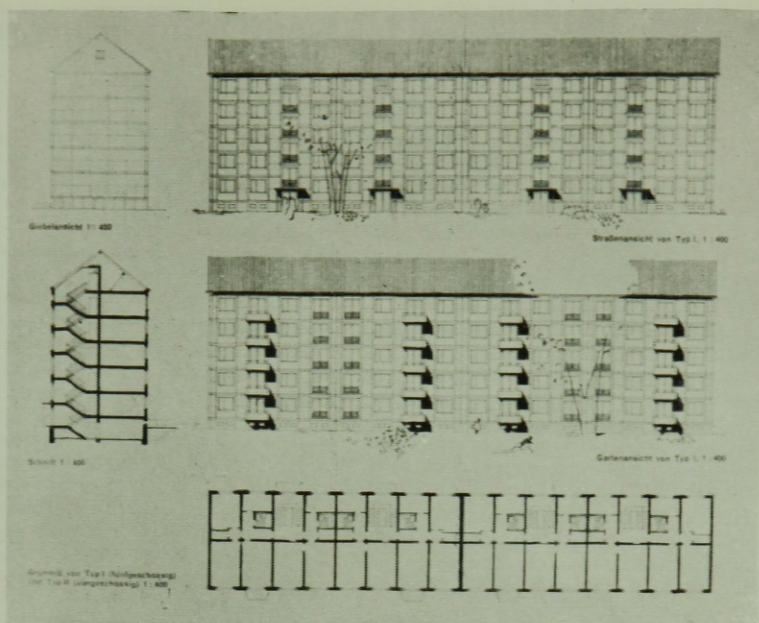
hosszú (50—100 m) épületeket terveztek, hogy egy-egy toronydarupályával minél több lakást építhessenek. A lakások úgyszólván kizárólag 2—2,5 szobásak. Alaprajzi elrendezésük rendkívül egyszerű. A konyhák beépített berendezésűek. Éléskamra helyett kamra-szekrényt terveznek. Külön WC nincs. A lakótelepek túlnyomó része központi fűtéssel van ellátva. A lépcsőházak 2,20 méter szélesek. A pincében nem építenek életvédelmi helyiségeket, ellenben itt biztosítják a lépcsőházon való átjárást az épület túlsó oldalára.

Az elektromos vezetékeket két-tós PVC burkolatban a födém alsó síkján a vakolatban, vagy a hangszigetelő rétegben vezetik. A belső vakolást egyes építkezéseken szórópisztollyal végzik.

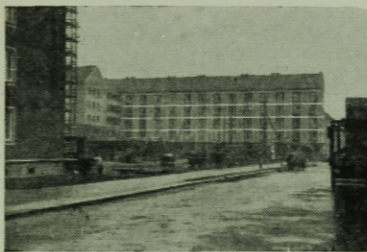
Drezda

A drezdai előgyártott falazatú lakásépítés módszere lényegesen eltér a berlinitől. Itt — az alkalmazott „Baumeister” toronydaruk révén — 2 tonna az emelési súlyhatár, ezért emeletmagas falelemekkel dolgoznak. Helyi típus-terveket dolgoztak ki a berlini Típustervezési Iroda „Q3” jelű típus szekcióinak továbbfejlesztéseként. Általában lift nélküli, 4 emelet magas, 4—5 szekciós épület-tömböket építenek.

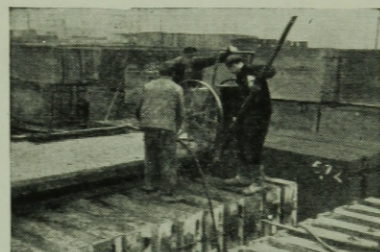
A négyemeletes házak lakásai 50%-ban kétszobásak, 50%-ban 3 és 4 szobásak. Az alaprajzok itt is elsősorban a szerkezeti előregyártás követelményeinek felelnek meg. A lakóigényeket főleg a szobák számával elégítik ki, a mellékhelyiség-csoport egészen egyszerű: külön WC-fülke és éléskamra nem készül, de itt már megjelent a járható ruhásszekrény. A szerkezeti rendszer teherhordó harántfalas, egyetlen födémfeszítávval. Három épület-típus valamennyi teherhordó szerkezetéhez összesen 40 féle előregyártott elemre van szükség. A



20. ábra. Drezdai nagyblokkos lakóépület helyi típusterve



21. ábra. Drezdai nagyblokkos lakóház. (A homlokzat is kifejezi az épület szerkezeti rendszerét: a teherhordó előregyártott falpillérek és a köztük helyezett ablakos panelek más síkban fekszenek és más színűek)



22. ábra. Drezdai előregyártó üzem

homlokzati rendszer művészién kifejezi az előregyártott falazat jellegét: az ablakos falpanelek más síkban fekszenek és más színűek, mint a tömör falblokkok. Az épületeknek igen kedvező az építészeti hatásuk (20—21. ábra).

Az elemek gyártása központi telepen történik, nyitott térségben. Nemcsak falelemeket gyártanak, hanem vb. kiváltókat, erkély-, lépcső-, födém- és tetőelemeket is. A téglatörmelék-beton-faltömböket álló beton-sablonokban gyártják (a beton-szállítás magasított csillepályán

történik). Az összes többi elem fektetve készül. Gőzöléses érlelést alkalmaznak. A vb.-ból gyártott ablakos falpanelek hőszigetelő képességét heraklit réteggel fokozzák (22. ábra).

Az építkezésen az elemek felállítása igen egyszerűen történik. A homlokzati falelemeket vashevederekkel kapcsolják ideiglenesen a harántelemekhez. Egyéb kitémasztás vagy lehorgonyzás normális körülmények között nem szükséges. A befejező munkák viszonylagos lassúsága Drezdában is problémát okoz az építkezések gyorsított ütemű lebonyolításában.

A nagyblokkos lakásépítés új irányai a Szovjetunióban

IZSÁK SÁNDOR

Az SZKP és a szovjet kormány 1957-ben elhatározta, hogy az elkövetkező 10—12 év alatt megszünteti a lakáshiányt. A feladat nagyságára csak akkor lehet következtetni, ha számításba vesszük, hogy ehhez a mostani hétéves tervidőszak alatt kb. 15 millió lakás (hozzávetőlegesen 650—660 millió m² lakésterület) megépítése szükséges. Ez több, mint amennyit 1917 óta összesen építettek a Szovjetunióban.

Természetes, hogy ilyen hatalmas program megvalósításához olyan új építési módszerek tömeges alkalmazása szükséges, melyek az építési ütem meggyorsítása mellett nagyméretű anyagmegtakarítást is eredményeznek, a szerkezetek könnyítéséhez vezetnek. Ezt a célt szolgálják a SZU különböző területein már tömegesen alkalmazott ún. „teljesen szerelt” blokkos és paneles építési módok.

Bár a fejlesztés irányának vizsgálata a tömeges lakásépítés területén a panelek, ezt követően a térbeli elemek felhasználása felé mutat, a blokk építés még hosszú ideig a legkorszerűbb módszerek között fog szerepelni.

E feltételezés helyességét alátámasztja az is, hogy a paneles építés, de még inkább a térbeli elemek tömeges bevezetéséhez egész sor új anyag kísérleti bevezetése, új gyártó kapacitások megteremtése szükséges. Ugyanakkor a blokkos építéshez szükséges anyagok nagy mennyiségben állnak rendelkezésre, a blokkok gyártása viszonylag egyszerű és a korszerű téglalapításban alkalmazott szállító, emelő stb. berendezések jól felhasználhatók a blokkos építésnél is.

Betonblokkos építés

A blokkos építés mai korszerű formájának kialakulását két fejlődési szakasz előzte meg.

Az első szakaszban a nagyblokkos lakóépületek külseje semmiben sem tért el a hagyományos épületektől. Az eltérést csak a falazóelemek anyaga és mérete okozta. A felületi képzés nélküli blokkokból készített fal homlokzatát vakolták. Szerkezetileg ebben az időben három elrendezési módot alkalmaztak: 1. külső és belső (hosszanti és haránt) teherhordó falak; 2. külső teherhordó fal és belső beton, vasbeton vagy acélváz, végül 3. önálló külső falak és belső teherhordó vb.

váz. Kevés kivételtől eltekintve ebben az időben a hagyományos szerkezetekre készített típustervek alapján építettek. Az alapok tradicionális módon (terméskő, téglák) készültek, a külső falak vasalatlan — vagy részben vasalt — salakblokkokból, a belső falak szintén salakblokkokból, de kisebb vastagsági mérettel épültek; egy emelet magasságban alkalmazott blokkok sorok számát, a blokkok méretét a rendelkezésre álló emelőszerkezet kapacitása határozta meg; az épület többi szerkezete az akkor szokásos módon került kivitelezésre.

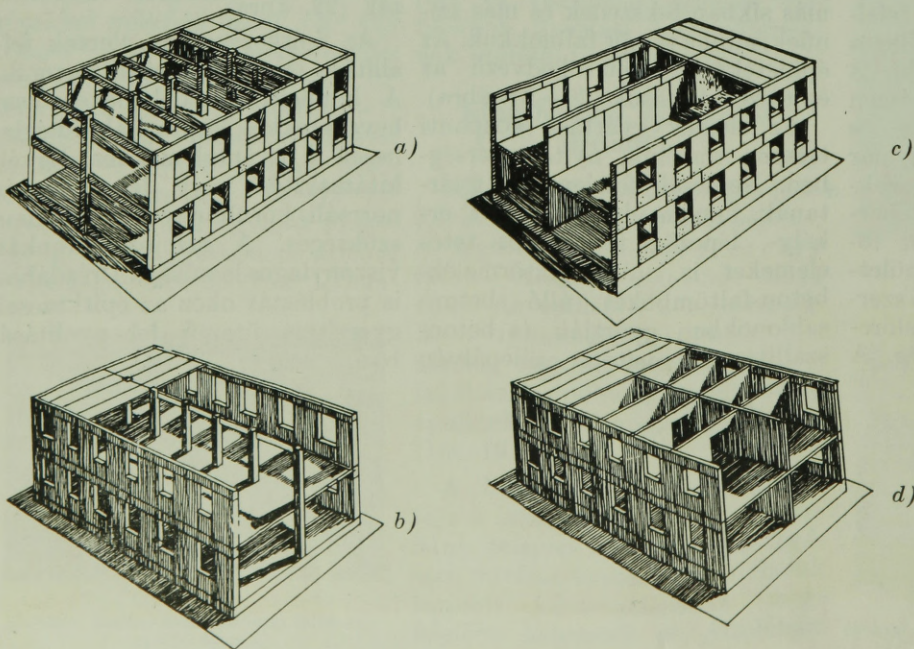
A blokképítés második szakaszában fejlődik a technológia és homlokzatilag már a blokkrendszer külső kifejezésére is törekednek. Az első időben egy oldalon, (külső) kiképzett blokkokat alkalmaztak, a belső falfelületet vakolták. Az épületek alapjait nagyméretű beton és vasbeton blokkokból, a lábazatot külső betonréteggel ellátott salakblokkokból építették. A külső főfalakat felületi képzéssel ellátott salakblokkokból falazták (a legjellemzőbb a terméskőfalazatok utánzása). Emeletenként 4—5 sor blokkot alkalmaztak. A belső falak blokkjait vagy mindkét oldalon vagy csak egyik oldalon felületi képzéssel látták el. A kiképzés nélküli oldalon száraz vakolat burkolatot kapott. A válaszfalak rendszerint gyárilag előállított faszerkezetű panelek voltak. A lépcsők vagy monolit vasbetonból, vagy különálló fokokból készültek, előre-gyártott, alul sík pihenőkkel.

Az említett két szakaszra a vízszintes irányú, kötésben falazott elemek a jellemzőek. A blokkok majdnem kizárólag salakbetonból készültek.

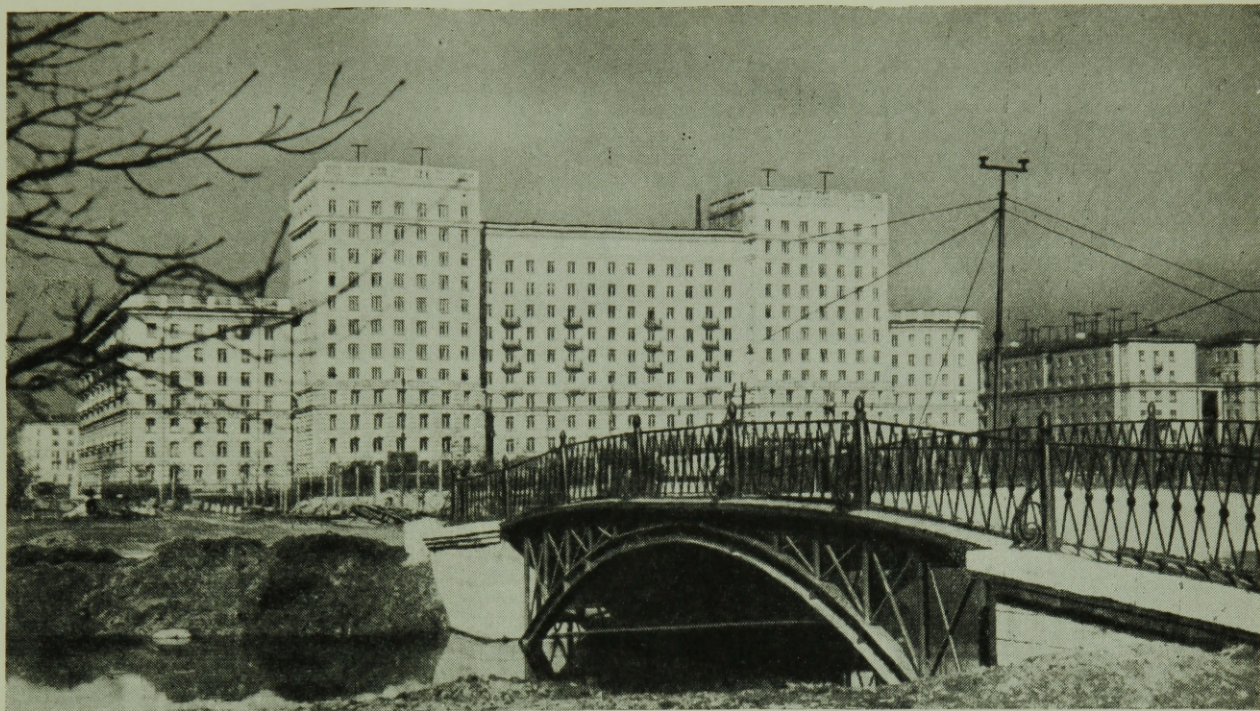
A korszerű nagyblokkos építés főkérdéseit — az elemek méreteinek nagyobbitását és a blokk típusok számának csökkentését — csak a kétsoros (három elemes — ablakközi-, kiváltó és parapet blokk) falképzés bevezetése oldotta meg. A leggyakoribb szerkezeti megoldás a teherhordó belső hosszanti és külső főfal. Ebben az időszakban mindinkább kialakult a modul is — melyet végül is 25 cm-ben állapítottak meg (a külső főfal blokkvastagságának fele). E modul alapján határozták meg az összes többi előregyártott szerkezet méreteit.

A kétsoros (három elemes) blokk kiosztással épülő lakóépületek legáltalánosabban használt szerkezeti rendszereit az 1. ábra tünteti fel.

E szerkezeti rendszerekre a legjellemzőbb az álló



1. ábra. A nagyblokkos épületek főbb szerkezeti típusai. a) haránt kiváltókkal; b) hosszanti kiváltókkal; c) hosszanti belső teherhordó fallal; d) teherhordó válaszfalakkal



2. ábra. Nagyblokkos lakóház Leningrádban, 400 lakás. (14 200 m² lakóterület)

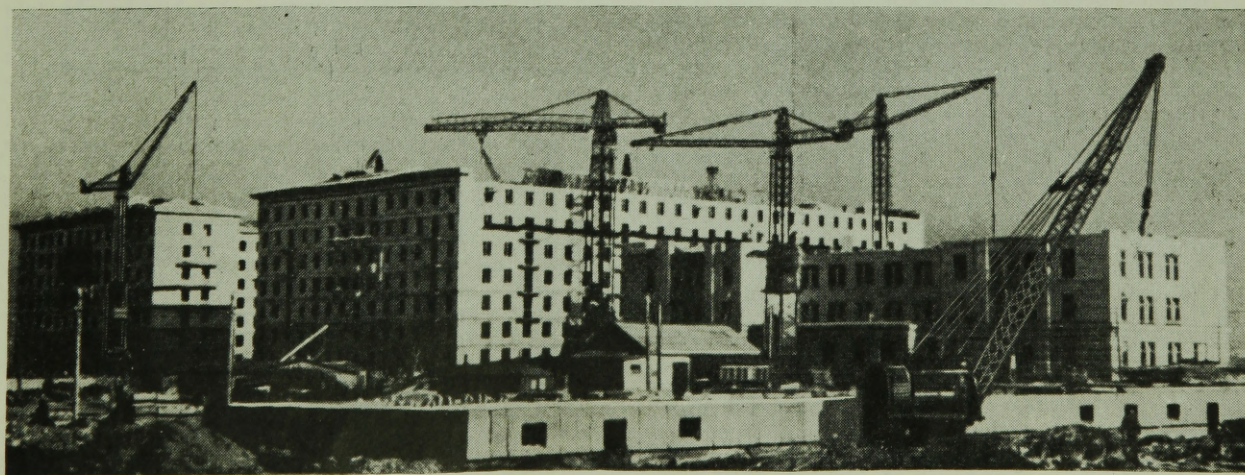
elemek alkalmazása, a szerkezet összeinte homlokzati fel-tárása. A falazó-nagyblokkok anyaga az adalék jellege szerint salakbeton, szilikátbeton, habsalakbeton, keramzit-beton, pernyebeton, habpernyebeton stb. lehet.

Kétsoros blokk kiosztással építenek már több éve Leningrádban, Moszkvában és más városokban. A Leningrádban épülő lakóházak alapja 3 tonna súlyig terjedő beton és vasbeton blokkokból áll, a lábazati blokkok betontól készülnek, a homlokzati oldalon színezett cementsimítással. A külső falak anyaga salakbeton, a blokkok vastagsága 50 cm. Gyári előállítás esetén a külső falblokkok homlokzati felületét színezett habarcsvakolattal, belülről javított habarcsvakolattal látják el. A belső falak két elemből — falblokkból és kiváltóblokkból állanak. A blokkok mindkét felületét már a gyárban vakolják. A födemelemek azonosak a korszerű téglapítésnél használt nagyelemű szerkezetekkel. A falblokkok maximális súlya 3 tonnáig, a parapet blokkoké 0,8 tonnáig, a kiváltó blokkoké 1,2 tonnáig terjed. A válaszfalak nagypanelesek (szobanagyságúak), gipszsalakból vagy salakbetontól készülnek (2—6. ábra).

Bizonyos mértékű fejlődés tapasztalható a legutóbbi időben a moszkvai cseremuskai kísérleti lakótelepen épített nagyblokkos épületek szerelésénél. A 4 szekciós lakóépületek (7. ábra) szerelését két szakaszban végzik. Míg az egyikben a toronydaru segítségével a blokkos falakat, födémeket, válaszfalakat és más előregyártott elemeket szerelnek, addig a másik szakaszban a befejező munkálatok folynak. A falazást a darutól legtávolabb eső részen kezdik, ezután elhelyezik a belső falakat majd a daruhoz közel eső külső falat szerelik össze. A födémek elhelyezése előtt helyezik be a daru segítségével a belső berendezési tárgyakat — radiátorokat, fürdőkádakat, csővezetéseket, válaszfallapokat stb.

Falazott téglablokkos építés

A nagyblokkos építésnél alkalmazott fő anyag — a salakbeton — mellett a fejlődés során, más anyagok is megjelennek. Elsősorban kell megemlíteni a falazott téglablokkok alkalmazásának elterjedését főleg azokon a területeken, például az Ukrán Köztársaságban, ahol a téglapítés erős tradíció. Alkalmazásának fő oka a még

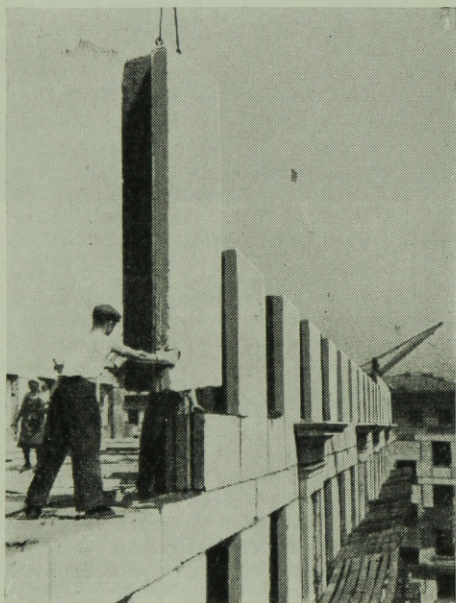


3. ábra. Lakóházépítés Leningrádban

jelentős számban rendelkezésre álló nagykapacitású téglagyár, melyeknek termékeit — a kisméretű téglát — az építési technika mai színvonalán csak gyárilag (ritkábban a helyszínen) előrefalazva célszerű felhasználni. Ilyen módszer mellett meg lehet teremteni az összhangot a téglanyagú falépítés és az előregyártott (a legtöbb esetben panel) födém szerelése között. A falazott téglablokkokból készülő lakóházak összes többi szerkezete rendszerint megfelel az általánosan alkalmazott típusoknak.

A falazott téglablokkokat rendszerint az építési helyhez közel eső téglagyárak állítják elő. Két munkásból álló csoport a falazó automata segítségével műszakonként $16\text{--}17\text{ m}^3$ blokkot falaz. A legutóbbi időben bevezették a fugázott nyerstégla és a burkoló réteggel ellátott téglablokkok gyártását is.

A kievi jó tapasztalatok alapján a falazott téglatömbös építést a Szovjetunió több városában vezették be. A már fentebb említett moszkvai kísérleti lakótelepen e szerkezeti rendszerben építették az 5. és 6 jelű háromemeletes épületeket (8. ábrán és 9. ábrán).

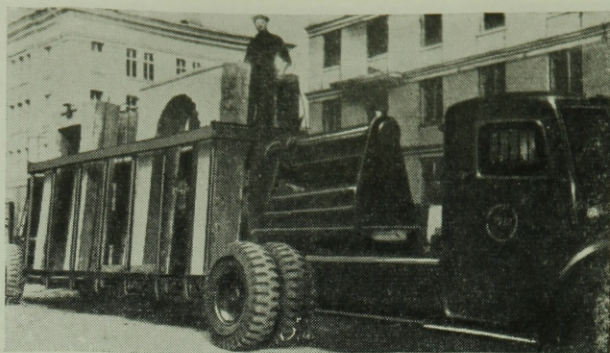


4. ábra. Kétsoros blokkos épület építés közben

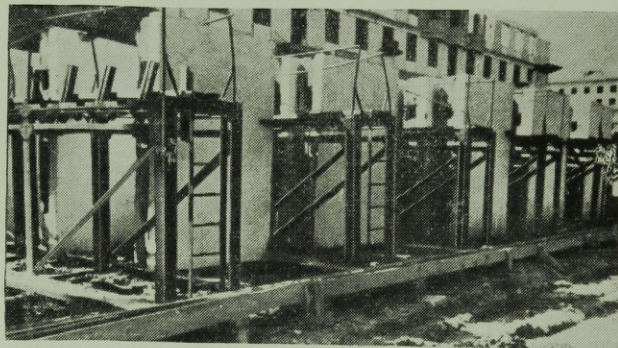
Szilikalcit anyagú blokkok

A salakbeton viszonylag magas térfogatsúlya (1600 kg/m^3) ellentmond annak a törekvésnek, hogy a blokkméretek növelésével egyidejűleg a térfogatsúly csökkenése is megoldható legyen.

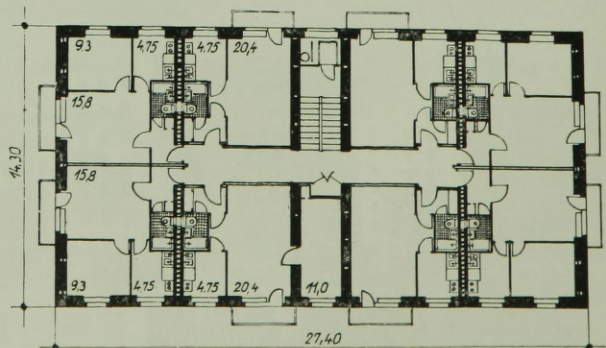
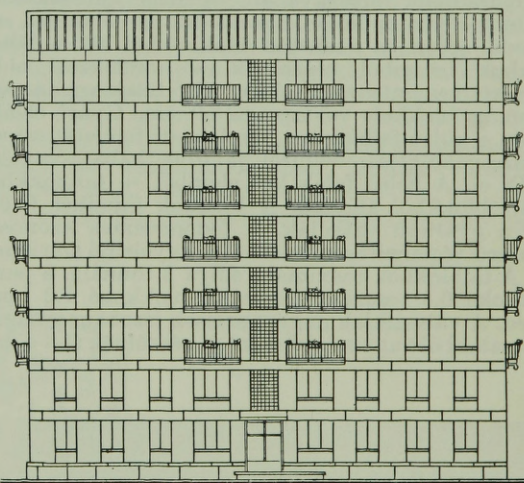
Külön nehézséget okoz az a körülmény, hogy a hőerőművek fűtőanyagául egyre szélesebb körben alkalmaznak a gázt, ami a salakmennyiség csökkenését eredményezi. A kérdés megoldásának egyik útját a Szovjetunióban a szilikalcit, valamint a hab- és gázszilikalcit alkalmazásában látják. A szilikalcit mészből és homokból készül, a száraz keveréket dezintegrátorban dolgozzák meg, ami a szilárdság növekedését eredményezi. A szilikalcit az adalekanyagok mennyiségétől függően különböző szilárdsággal készülhet. Azonos nyersanyagból habosító hozzáadásával habszilikalcit, alumíniumpor bekeverésével gázszilikalcit állítható elő. A térfogatsúly nagymértékben függ a formázás módjától is. Így az öntött szilikalcit térfogatsúlya 1600 kg/m^3 , a vibrált szilikalcité $1700\text{--}1800\text{ kg/m}^3$, a sajtolt szilikalcité $1800\text{--}1900\text{ kg/m}^3$, míg a gáz- és habszilikalcité $900\text{--}1100\text{ kg/m}^3$. Az Eszt Szocialista Köztársaság eddigi tapasztalatai alapján jelenleg Moszkvában kezdik meg a szilikalcit nagyblokkok bevezetését. A Moszkva melletti Nagatino lakótelepen épült kétszecsikós 3 emeletes lakóház külső falait nagyméretű, 40 cm vastag habszilikalcit blokkokból építik. A blokkok külső felületén 4 cm -es szilikalcit védőburkolat van. Az épület



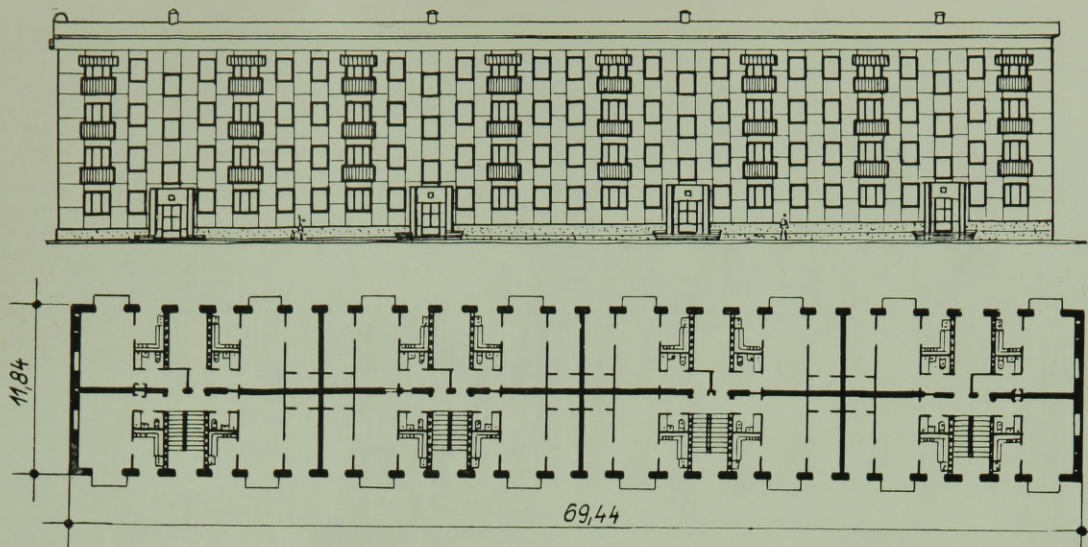
5. ábra. Blokkszállító kocsí — 12 tonna teherre



6. ábra. Blokkok helyi raktározása



7. ábra. A cseremuskai (Moszkva) kísérleti lakótelepen épített 7 emeletes lakóház homlokzata és egy szekciójának alaprajza



8. ábra. 3 emeletes falazott téglablokkos lakóház homlokzata és alaprajza

homlokzati kialakítása kétsoros (háromeleemes). A teherhordó harántfalak 2,8 és 3,2 m-re vannak egymástól. A 20 cm vastag harántfalak öntött szilikalcit blokkokból, a 16 cm vastag födémlemez, valamint a lépcsőpihenők és lépcsőfokok vasalt szilikalcitból készülnek. A lakások közötti válaszfalak két rétegesek. Szerkezeti-
leg 2 db 10 cm-es habszilikalcit lapból és 6 cm-es lég-
réteggel készülnek.

A 10., 11. és 12. ábrán feltüntetett épület kivitelezésénél öttagú szerelőbrigád dolgozik. Az eddigi időmérések azt mutatják, hogy a ház összeszereléséhez összesen 20 munkanap szükséges.

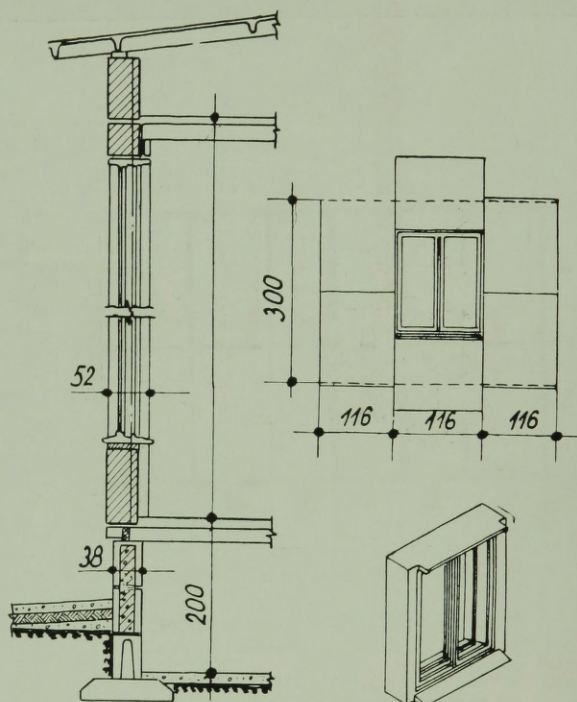
Tégla nagypanelek

A nagyblokkos építés területén a téglá felhasználásának új módszereit vezetik be a Szovjetunióban. Az új építőelem a téglá nagypanel.

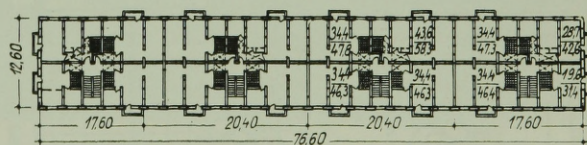
A téglafalalnak egész sor jó tulajdonságuk mellett néhány hátrányuk van. Elsőnek kell megemlíteni, hogy a külső téglafalalban — melyek egyidejűleg töltik be a tételhatároló és teherhordó szerepet — a hőtechnika alapokon megállapított vastagság esetén a téglák szilárdságilag nincsenek kihasználva. A téglafelhasználás gazdaságtalan a belső teherhordó falakban is. Ugyanis a hézagok tökéletlen kitöltése folytán a téglák, illetőleg habarcs szilárdságánál alacsonyabb szilárdságú falat nyerünk. E két hiányosság kiküszöbölése érdekében kezdték el a kísérleteket vibrált teherhordó téglapanelek előállítására. A kísérletek azt mutatták, hogy a vibrálás folytán a hézagok teljesen kitöltődnek és így a téglapanel szilárdsága megközelíti a téglák nyomószilárdságát. A kísérletek eredményeképpen megállapították, hogy: 1. vibrálás alkalmazása esetén szobanagyságú vékony teherhordó téglapanelek készíthetők, 2. a négymeletig terjedő épületekben a panelek féltégla vastagok lehetnek, 3. a téglák kötésebe rakása nem befolyásolja a panel szilárdságát.

A kísérletek eredményeire támaszkodva Moszkvában kísérleti építkezést folytatnak téglapanel elemekkel. A nagyszekciós, négyemeletes, 80 lakásos épület szerkezeti sémája — teherhordó haránt válaszfalak és önhordó külső falak. Az épület 18 fajta téglapanel falelemből áll, beleértve a belső falak 7 típusát. A panelek vastagsága 14 cm, magasságuk 250 cm (emeletmagasság padlóvonalától padlóvonalig 2,70 m), legnagyobb hossz 350 cm.

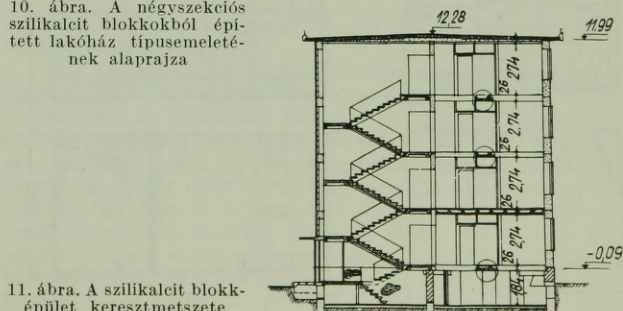
A szerelési feszültségek felvételére a panelekbe betonvasvázat helyeztek el. A panelek összekötése a beépített fémbetétek hegesztésével történik. A külső falpanelek összvastagsága habkeralit vagy habüveg szigetelő réteggel együtt 26 cm, külső felületük festhető, belső felületük tapétázható (13—14. ábra).



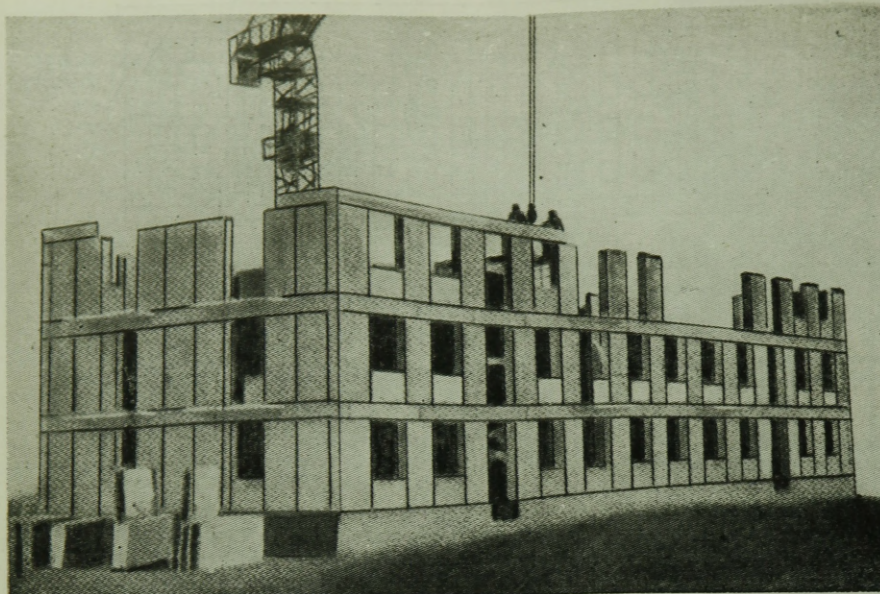
9. ábra. Az 5. jelű lakóépület homlokzati blokk kiosztása és az alkalmazott vasbetonkeretes ablakblokk



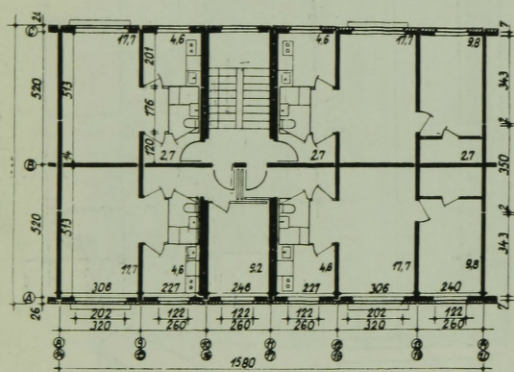
10. ábra. A négyszekciós szilikacit blokkokból épített lakóház típusemeletének alaprajza



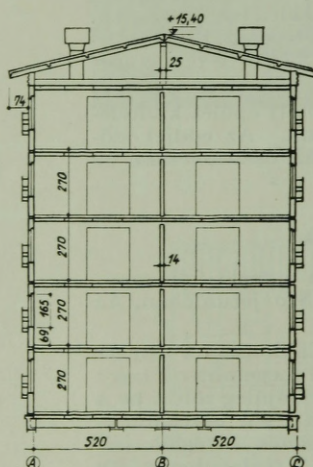
11. ábra. A szilikalcit blokk-
épület keresztmetszete



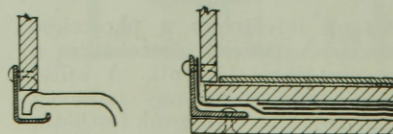
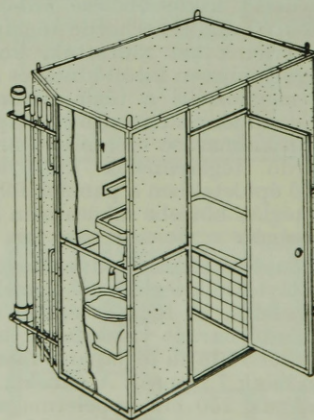
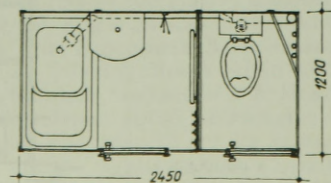
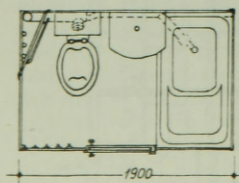
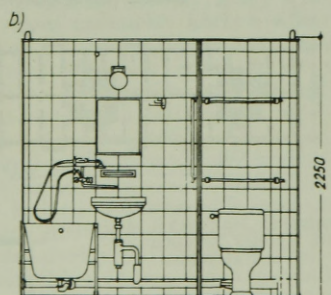
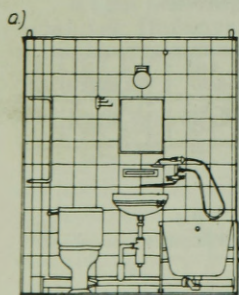
12. ábra. A szilikalcit blokkos kísérleti épület szerelés közben



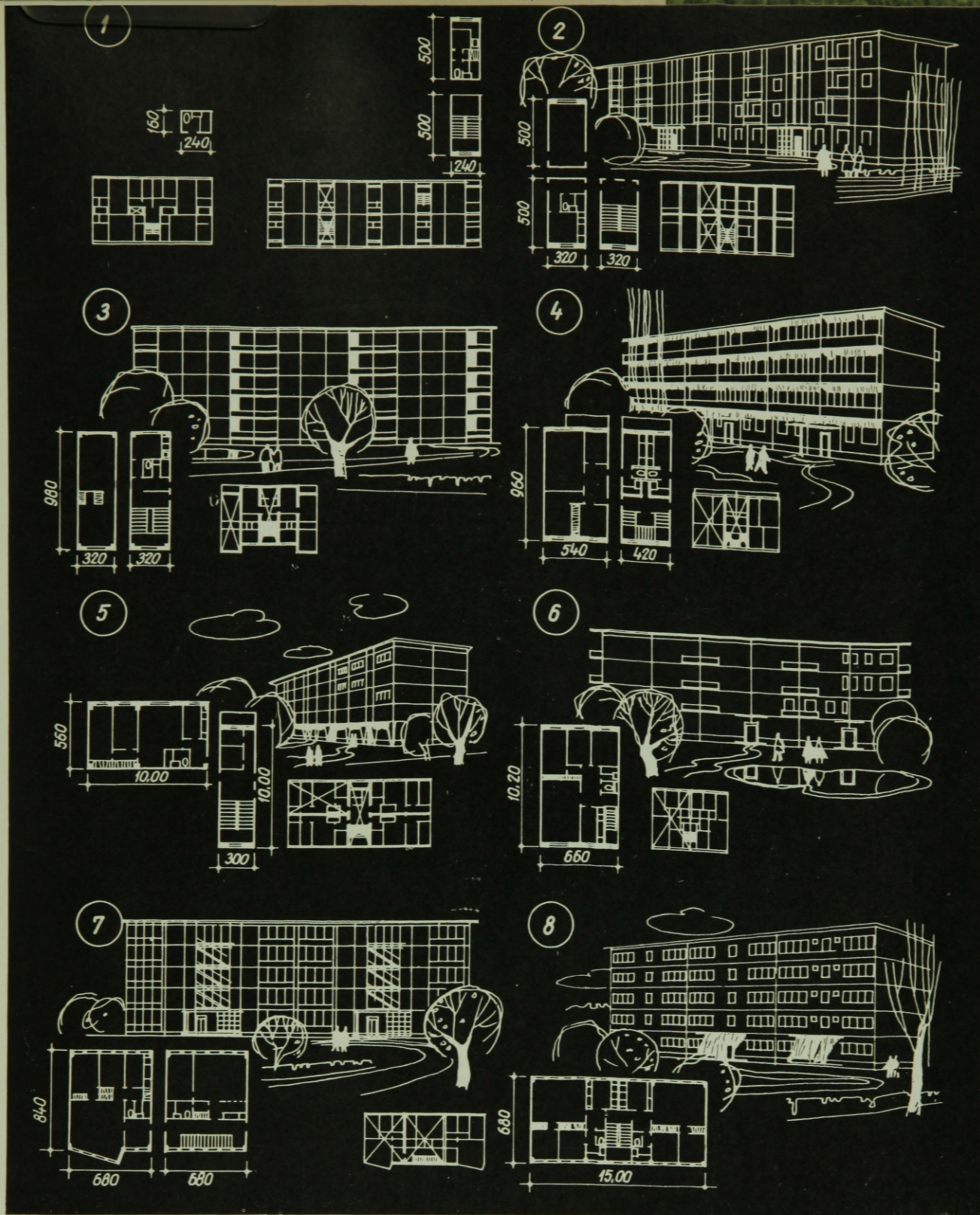
13. ábra. Téglaház típus szekciója



14. ábra. Téglapanelház keresztmetszete



15. ábra. Előregyártott fürdőszoba és WC kabinok



16. ábra. Lakóépületek térbeli elemekből történő összeszerelése

A nagyblokkos építés jövője

A szovjet építészek és konstruktőrök a blokk és panelépítkezés előnyeivel nem elégednek meg. A legkorszerűbb előregyártott szerkezetek alkalmazása esetén is a mai szerkezeti rendszerű épületek felhúzására fordított munkának csak kb. 25%-át végzik gyárban, míg a többi 75% az építéshelyen kerül felhasználásra. Ez elsősorban azzal magyarázható, hogy az építéshelyen a 0 ciklus (földalatti rész) építése és a szerkezetek szerelésén kívül egy egész sor szerelés utáni és befejező munkát kell végrehajtani. Így az építéshelyen építik meg a csővezetéseket, elektromos vezetékeket, itt sze-

relik fel a lakás berendezéseit, itt végzik a padlózó és tetőfedő munkákat stb.

Az építéshelyen végzett munka jelentős csökkentését azáltal kívánják elérni, hogy megkezdtek a térbeli — falakkal és födémmel határolt — teljesen kiképzett és felszerelt nagyelemek tervezését és kísérleti gyártását. Anélkül, hogy a jelen ismertetésben részletesen ki térnénk az eddig elért eredményekre, N. Oszterman, G. Anopov, E. Rac és V. Szoroker cikkében (Architektura i sztroityelstvo Moszkvi 1959. 4. szám, 13—21. oldal) közölt néhány ábrát adunk közre a már megvalósított térbeli épületgépészeti blokkoktól — az egy térbeli elemet képező teljes szekcióig terjedő gondolatsorral (15—16. ábra).

A műszaki tervezők szerepe a regionális tervezésben

GERLE GYÖRGY

A regionális tervezésnek a múlt év áprilisában megjelent 2030/1958. sz. kormányhatározattal hazánkban is életbeléptetett rendszere új és nálunk még szokatlan feladatok hatalmas tömegét állította tervező szervezeteink elé. Ezeknek a feladatoknak a jelentősége az országos településhálózat, a területfelhasználás és a népesség ellátottságának tervszerű arányos fejlesztésében szükségessé teszi, hogy mielőbb kialakítsuk az eredményes végrehajtásukhoz szükséges módszereket és szervezeti feltételeket. Ehhez segítséget nyújthat a regionális tervezés eddigi fejlődésének és célkitűzéseinek rövid elemzése.

A regionális tervezés szükségességét a tervezési munkát igénylő feladatok kétirányú fejlődése vetette fel. Elsősorban — a kisebb feladatokból a nagyobbak felé haladva — ahogyan az épülettervezés feladatai fokozatosan kiterjedtek az építészeti együttesek és azon keresztül a települések egy részének és egész települések szerkezeti összefüggéseinek megkomponálására ugyanúgy, a települések tervezése során is szükség-szerűen felmerült az igény az egymással összefüggő települések egységes rendszerének megtervezésére. Ez az igény — a települések gazdasági, szociális-kulturális, valamint igazgatási jellegű munkamegosztásának fejlődésével — fokozatosan szükségessé tette a települések hálózatainak regionális, országos, sőt számos esetben nemzetközi vonatkozásban összefüggő fejlesztését és a tervekben is egyre nagyobb és magasabbrendű együttesek összefoglalását.

Az igények másik irányú fejlődése a népgazdasági tervezés területén mutatkozott, ahol fokozatosan világossá vált, hogy a népgazdaság fejlesztésére meghatározott feladatok csak akkor teljesíthetők hatékonyan a rendeltetésüket, ha a gazdasági tervek megállapításánál és területi bontásánál, — különösen a beruházások telepítésénél (diszlokációjánál) — az országos igények és kapacitások felmérésén kívül figyelembe vesszük a helyi adottságokból és azok területi összefüggéseiből eredő fejlesztési igényeket és lehetőségeket is és a természetföldrajzi, gazdaságföldrajzi, valamint településhálózati adottságokra felépített területi rendszerbe illesztjük be a népgazdasági tervekben elhatározott új létesítményeket. Mint a népgazdasági tervezés kezdeti időszakának gyakorlata igazolta, a regionális tervek nélkül alkalmazott népgazdasági tervek telepítési hibákra, területi aránytalanságokra, az ország egészének egyenlőtlen fejlődésére vezetnek, ami végső fokon a területi adottságoknak és a népesség munkakapacitásának helytelen kihasználását, valamint ellátottságának egyenlőtlenségét eredményezi és így összeegyeztethetetlen a szocializmus gazdasági alaptörvényével. Ily módon a regionális tervezés szükségességét és célkitűzéseit a népgazdasági tervezés területi vetületének szükségszerű megtervezése is meghatározza.

A regionális tervezés kialakulásának az előbbieken vázolt két útvonala is szükségszerűen a regionális tervek rendeltetésének kettősségére és két fő regionális tervfajta kialakulására vezetett.

Az egyik — az általános városrendezési tervek kiterjedélyesedése — a helyi adottságok alapján megállapítja a területfelhasználás ésszerű módját, a települések és a közlekedési hálózatok optimális rendszerét, vagyis a tervezési terület fejlesztésének kerekeit — éppúgy, mint ahogyan az általános városrendezési terv a város fejlesztésének kereteit állapítja meg. A regionális terveknek ezt a fajtáját — amint ezt az Országos Építészeti Szabályzatnak a regionális tervekkel foglalkozó előkészítő tárgyalásain már előirányoztuk — általános regionális terveknek nevezhetjük. Ezek — a mint a városrendezési tervek is már minőségileg eltérő feladatokat rónak a tervező szervekre az épülettervezés feladataihoz képest — tovább szélesítik és differenciálják a városrendezés terén már kialakult tervezői feladatköröket.

Hasonlóan széleskörű és differenciált feladatokkal állunk szemben, amikor az előzőekben vázolt általános regionális tervekbe betelepítjük a népgazdasági tervekben elhatározott beruházásokat és azok területi kapcsolódásait, vagyis amikor elkészítjük a regionális tervek második főcsoportját: a *regionális telepítési terveket*.

Mindkét feladatot szükségszerűen megelőzi a tervezés területi egységeinek: a régióknak és azok összességeként az egész országnak *regionális vizsgálata*, amely a természetföldrajzi, gazdaságföldrajzi és településhálózati adottságok megfelelő elemzése útján tárja fel a *vizsgált terület fejlesztési szükségleteit és fejlesztési lehetőségeinek anyagi alapjait*.

Ezek a feladatok igen nagy terjedelműek és különösen sokrétűek. A területi fejlesztés szempontjából jelentős szakmák — valamennyi iparág, a mező- és erdőgazdaság, a közlekedés, a vízgazdálkodás stb. — és az azokkal összefüggő minden tudományág — a műszaki tudományok, a természettudomány és a közgazdaságtudomány csaknem minden ágazata — közreműködését, ezeknek a közreműködő ágazatoknak koordinálását és az így nyert eredményeknek *településtudományi szempontok által vezérelt szintézisét* teszik szükségessé.

Nyilvánvalóan túlzás volna azt állítani, hogy ezek a feladatok összességükben építészeti jellegű feladatok. Az építészeti a regionális tervezésben egyrészt mint tapasztalati adottság szerepel, abban a vonatkozásban hogy az általános városrendezési tervek kidolgozásának fő szervezői is építészek, akik általában minden országban, ahol ilyen feladatok szükségessége már felmerült, hajlamosaknak és alkalmasaknak mutatkoztak a számos szakmai és tudományos ágazat segítségével együttesen megoldható, településtudományi szintézist igénylő tervezési munkák irányítására és szervezésére. A regionális tervezés másik építészeti vonatkozása, hogy — bár a területfelhasználás optimális módjának és az egyes telepítési kérdések megoldásának megállapítása számos ágazat együttműködését igénylő, komplex feladat — a megoldás konkrét következményei települések, ipari üzemek és egyéb létesítmények helyének, közlekedési, energetikai és vízgazdálkodási hálózatok nyomvonalának meghatározása, a települések rendeltetésének biztosítását szolgáló intézmények helyének és nagyságrendjének megállapítása útján realizálód-nak, vagyis *építmények tervezésével, telepítésével és megvalósításával kapcsolatos* — tehát *építésügyi* — feladatok.

Ez a körülmény önmagában természetesen még nem teszi a regionális tervezés feladatainak végrehajtására alkalmassá a már meglevő építészeti, ill. városrendezési tervező irodákat. A Budapesti Városépítési Tervező Vállalat városrendezési osztályának — amely a budapesti körzet regionális tervezésével foglalkozik — szervezete elvileg megközelíti a regionális tervezés igényeinek megfelelő felépítést. Ez az osztály általános tervi (városépítészeti), gazdasági (közgazdasági, ipar-gazdasági), közlekedési és közművesítési, valamint zöldterületi (mezőgazdasági és üdülőtérületi) szakosztályokból áll. A Városépítési Tervező Vállalat három — az ország három része szerint illetékes — osztályán belül egy-egy, építészeti, ipari közgazdászokból, agronómus, földrajzszakos és közigazgatási szakértőkből álló brigád végzi a regionális munkákat. A közlekedési, közművesítési és vízgazdálkodási feladatokat pedig altervező útján — egy-egy szakmai összekötő közreműködésével — oldják meg. Bár a regionális tervezés bevezetésének eddigi időszaka alatt már mindkét vállalat jelentős fejlődésen ment keresztül, még egyiket sem tekinthetjük a regionális tervezés ma már ismeretes célkitűzéseit hiánytalanul és egyben leg-gazdaságosabban kielégítő szervezetnek.

Mindenekelőtt meg kell állapítanunk, hogy a teljesértékű regionális tervezés keretében számos olyan

szakfeladatot kell megoldani, amelyek szakszerű elvégzésére alkalmas részlegeket helytelen — sőt számos esetben lehetetlen — volna a regionális tervezés központi tervező szervének kebelében koncentrálni. Így szükségszerűen be kell rendezkednünk arra, hogy egyes — az adott feladat elvégzésére legalkalmasabb — tervező, kutató, vagy adatgyűjtő szerv munkájára támaszkodjunk és ezek tevékenységét ne csak a részükre megadott munka-program útján koordináljuk, hanem a központi tervező szervén belül biztosítsuk egyrészt az ott, másrészt az altervezők által elért eredmények szintézisét. Ez a követelmény a szokásos altervezői kapcsolatokat messze meghaladó, szerves együttműködést tesz szükségessé a résztvevők között. Ilyen követelményeket hiánytalanul kielégítő regionális tervek nálunk egyelőre még nem készültek; első sorozatuk most készül. Ennek tapasztalatai fognak lehetőséget adni a most következő évek során át ránk váró regionális tervezési feladatok végrehajtására alkalmas szakértői gárda és szervezeti formák létrehozására.

A nálunk ezideig bevezetett műveletfajtákon kívül azonban rövidesen fel kell készülnünk néhány olyan újszerű követelmény kielégítésére is, amelyeket a regionális tervezés feladat körének gazdasági jellege — különösen döntő szerepe a beruházások területi elhelyezésében — rövidesen meg fog követelni a munkában résztvevő tervező szervezetektől.

Elsősorban rá szeretnék mutatni arra, hogy a regionális tervezés — mint a tervezés minden más fajtája is — csak akkor nevezhető eredményesnek, ha nem egyszerűen csak az adott feladat műszaki megoldására törekszik, hanem a feladat lehetséges — és az egyéb (szociális, honvédelmi, esztétikai stb.) szempontokat hiánytalanul kielégítő — megoldásának műszaki változatai közül a leggazdaságosabbnak a megvalósulását szolgálja. E téren ma még nagyrészt csak gyakorlati tapasztalatokon alapuló, de lényegében szubjektív megállapításokra támaszkodunk, amelyeknek alátámasztására — minthogy teljes mérvű helyettesítésük nem lehetséges — minél előbb be kell vezetnünk a műszaki megoldások gazdasági elemzésének tu-

dományosan megalapozott, objektív módszereit is. Ez a feladat a regionális tervezés területén egyrészt még jelentős közgazdaságtudományi kutatómunkát és adatgyűjtést igényel, másrészt pedig — a megoldáshoz szükséges elemek nagy száma és a problémák sokrétűsége folytán — igénybe kell vennünk az egyik legkorszerűbb tudományág: a kibernetika segítségét is.

A másik újszerű műveletfajtát — a gyakorlatban nálunk ezideig még nem alkalmazott — regionális telepítési tervek követelik meg, amelyek tulajdonképpen a régió fejlődésének élő térképei. Ezek a tervfajták — alaptérképként használva az általános regionális tervek területfelhasználási tervlapját — a terven ábrázolható pontossággal tüntetik fel mindazokat a területi kapcsolatokat és következményeket, amelyeket az egyes népgazdasági tervekben meghatározott beruházások figyelembe veendő telepítési változatai eredményeznek az általuk érintett körzetben. Ilyen formában ez a tervfajta rokonjellegű az ipari nagyberuházásoknak nálunk már korábban bevezetett vezértervéhez (generálplán, genplán) és kidolgozási módszerei is szükségszerűen sok tapasztalat átvételét igénylik a nagy ipari tervező irodák (KGMTI, VEGYTERV, ERŐTERV, IPARTERV stb.) ilyen feladatokkal foglalkozó részlegeitől.

Még arra is rá kell mutatnom, hogy a telepítési változatok eldöntéséhez szükséges tervfajták kidolgozása minőségileg is különbözik az egyes beruházásokra vonatkozó helykijelölési dokumentációk anyagától, minthogy ott nemcsak a beruházások sajátos feladatainak gazdaságos kielégítése a cél, hanem az is, hogy a megvalósításra kerülő beruházások összességükben biztosítsák az érintett terület tervszerű, arányos fejlődését. Ehhez pedig mélyreható közgazdasági elemzés útján kell előirányozni a telepítések különböző változatainak eredményeképpen előálló gazdasági helyzetet, ami a regionális tervező szervek szakágazati és közgazdasági szakértői számára az eddigi tervezési problémáikat meghaladó feladatokat fog jelenteni.

NEMCSAK

új magyar- és idegennyelvű

HANEM

antikvár szakkönyveket

IS

vásárolhat és eladhat a

**MŰSZAKI
KÖNYVESBOLT
ANTIKVÁRIUM-ban**

**BUDAPEST,
VII., Lenin körút 7. sz.
Telefon: 221-082.**

Hajlított héjak általános elmélete

BÖLCSKEI ELEMÉR

1. A dolgozat célja

Jelen dolgozat célja tetszés szerinti terhelésű, általános görbe felület alakú, állandó vastagságú hajlított héjak (görbe lemezek) térbeli derékszögű koordináta rendszerre vonatkoztatott általános egyensúlyi, illetve alakváltozási összefüggéseinek felállítása.

2. Számítási feltevések

Számításaink során az alábbi feltevésekből indulunk ki:

a) A lemez vastagsága másik két méretéhez viszonyítva csekély.

b) A középfelület normálisán elhelyezkedő pont az alakváltozás után a deformálódott középfelület normálisára esik.

c) Az alakváltozások a lemezvastagsághoz képest kicsinyek.

d) A lemez anyaga homogén és izotróp. A Hooke-féle törvényt követi, tehát a nyúlások és feszültségek között lineáris összefüggés áll fenn.

e) A lemez középfelületére merőleges feszültségek elhanyagolhatóan csekélyek.

3. A felület és a vizsgált felületelem geometriai jellemzői

Legyen a görbe lemez középfelületének egyenlete

$$z = f(x, y)$$

Jelöljük ennek első differenciálhányadosait

$$p = \frac{\partial f}{\partial x} \quad \text{és} \quad q = \frac{\partial f}{\partial y}$$

második differenciál hányadosait pedig az

$$r = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}; \quad s = \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}; \quad t = \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

betűkkel. Legyen továbbá a [görbe lemez középfelületén kijelölt A pont helyzetvektora

(1. ábra) és ennek abszolút értéke

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

A középfelület zx , illetve zy síkokkal párhuzamos metszetgörbéjének érintő vektora $\vec{t}^x$, illetve $\vec{t}^y$. Ezek koordinátái és abszolút értékei

$$\vec{t}^x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ p \end{bmatrix} \quad \vec{t}^y = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ q \end{bmatrix}$$

$$|\vec{t}^x| = \sqrt{1 + p^2} \quad |\vec{t}^y| = \sqrt{1 + q^2} \quad (1)$$

A felület normálvektorát $\vec{t}^x$ és $\vec{t}^y$ vektorok vektorális szorzataként kapjuk. Tehát a normálvektor koordinátái és abszolút értéke

$$\vec{n} = \vec{t}^x \times \vec{t}^y = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 1 & 0 & p \\ 0 & 1 & q \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} -p \\ -q \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$|\vec{n}| = \sqrt{1 + p^2 + q^2} = T \quad (2)$$

A további számításainkban szükségünk lesz a $\vec{t}^x$ és $\vec{n}$ vektorra merőleges $\vec{n}^x$ vektorra, valamint a $\vec{t}^y$ és $\vec{n}$ vektorra merőleges $\vec{n}^y$ vektorra. E vektorokat és abszolút értéküket az alábbi összefüggésekkel határozhatjuk meg:

$$\vec{n}^x = \begin{vmatrix} i & j & k \\ -p & -q & 1 \\ 1 & 0 & p \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} -pq \\ 1 + p^2 \\ q \end{bmatrix}$$

$$\vec{n}^y = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 1 & q \\ -p & -q & 1 \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + q^2 \\ -pq \\ p \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$|\vec{n}^x| = T \sqrt{1 + p^2} \quad |\vec{n}^y| = T \sqrt{1 + q^2}$$

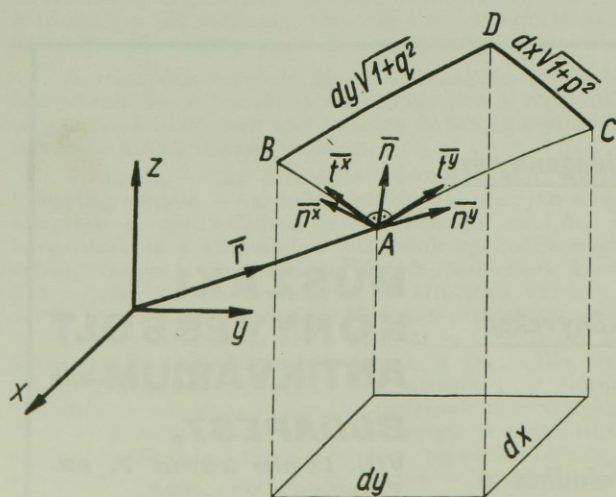
A lemez középfelületének — az (x, y) síkban kijelölt dx, dy oldalhosszúságú derékszögű négy-szög felett elhelyezkedő — elemi része, általános alakú felületelem lesz. Ezen általában térbeli elemi felületrész a felület érintő síkjában fekvő $dx \sqrt{1 + p^2}$, illetve $dy \sqrt{1 + q^2}$ oldalhosszúságú sík parallelogrammának tekinthető, amelynek (x, z) , illetve (y, z) koordináta síkokkal párhuzamos oldalai egymás között α szöget zárnak be. A felületelem oldalai által bezárt szög szögfüggvényeit a felület első parciális differenciál hányadosaival fejezhetjük ki, mégpedig

$$\cos \alpha = \frac{pq}{\sqrt{1 + p^2} \sqrt{1 + q^2}};$$

$$\sin \alpha = \frac{T}{\sqrt{1 + p^2} \sqrt{1 + q^2}} \quad (4)$$

összefüggésekkel.

A vizsgált lemez a felületi normális irányban mérve v vastagságú. Az elemi rész középfelülete a fent leírt $dx \sqrt{1 + p^2}$, illetve $dy \sqrt{1 + q^2}$ oldalhosszúságú ferdeszögű parallelogramma. A



1. ábra

valóságos felületelem nem hasáb, hanem a két-irányú görbület következtében a domború oldal felé szélesedő „lék” alakú elem lesz. A héjvastagság irányában — az érintkezősíkkal párhuzamosan — vett metszet szintén paralellogramma alakú, amelynél az oldalak által bezárt szög azonos a középfelület hasonló szögével, de az oldalhossz változó. A középfelület felett v magasságban levő felület-elem oldalhossza u. i.

$$\begin{aligned} ds^{xv} &= dx \sqrt{1+p^2} \frac{R^x+v}{R^x} \\ ds^{yv} &= dy \sqrt{1+q^2} \frac{R^y+v}{R^y} \end{aligned} \tag{5}$$

összefüggésekkel írhatók le, ahol R^x , illetve R^y a középfelület $\vec{t}^x$, illetve $\vec{t}^y$ érintővektora és az $\vec{n}$ normálvektor által meghatározott síkban — tehát mindkét esetben normál síkban — mért görbületi sugár. A normálmetszetek görbülete általában

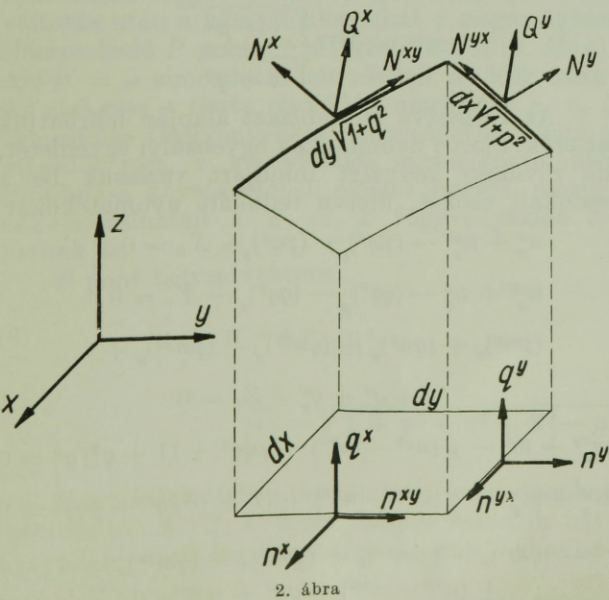
$$\frac{1}{R} = \frac{ra^2 + 2sab + tb^2}{\sqrt{1+p^2+q^2}}$$

képletből számítható, ahol a, b, c a normálmetszet érintőjének iránycosinusait jelenti. Tehát a $\vec{t}^x$ -en, illetve $\vec{t}^y$ -on átmenő normál metszetben a görbület

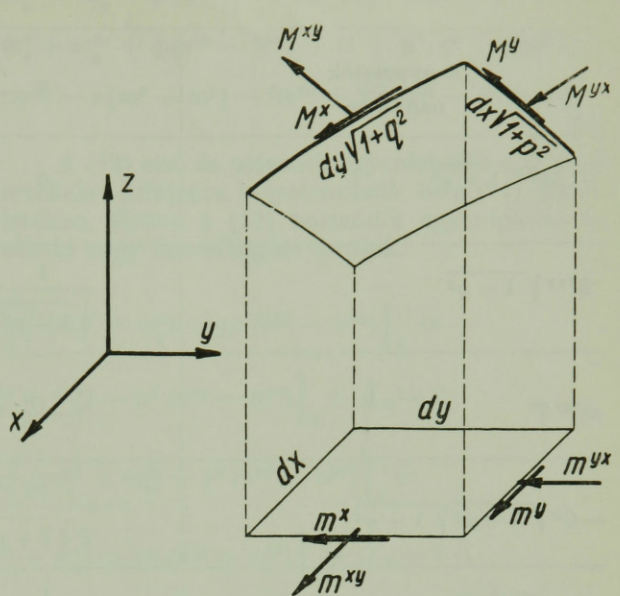
$$\begin{aligned} -\frac{1}{R^x} &= \frac{r}{(1+p^2)T} \\ -\frac{1}{R^y} &= \frac{t}{(1+q^2)T} \end{aligned} \tag{6}$$

4. Egyensúlyi egyenletek

Vizsgáljuk a $z = f(x, y)$ felületből kivágott dx, dy alaprajzú felületelem egyensúlyát. Jelöljük a héjfelületre ható és a felület érintősíkjaiba eső (x, z) , illetve (y, z) síkokkal párhuzamos tényleges feszítőerőket N^x -szel, illetve N^y -nal. Az érintő síkban fekvő ugyanilyen irányú nyíróerők fajlagos értékei legyenek N^{xy} , illetve N^{yx} . Szükségünk lesz továbbá a felületi normállissal $\vec{n}$ -el párhuzamos irányban ható Q^x , illetve Q^y nyíróerőkre is (2. ábra).



2. ábra



3. ábra

Hasonló módon értelmezzük és jelöljük a tényleges hajlító nyomatékokat is (3. ábra). Legyen M^x, M^y az x , illetve y irányú hajlítónyomaték, amelynek vektora a megfelelő hajlítási síkra merőleges. M^{xy} , illetve M^{yx} a hasonlóképpen értelmezett csavaró nyomaték.

A héjfelület dx, dy alaprajzú elemére ható térbeli erőrendszer egyensúlyát három vetületi és három nyomatéki egyenlet fejezi ki.

Ezek könnyebb felírása céljából a felületelemre ható erőket az I., illetve a nyomatékokat a II. táblázatban állítottuk össze. Feltüntetve itt az erők, illetve nyomatékok nagyságát, valamint irányvektoruk koordinátáit.

I. táblázat

Az erő nagysága	Az irányvektor		
	x	y	z
$N^x \sqrt{1+q^2}$	$\frac{1}{\sqrt{1+p^2}}$	0	$\frac{p}{\sqrt{1+p^2}}$
$N^{xy} \sqrt{1+q^2}$	0	$\frac{1}{\sqrt{1+q^2}}$	$\frac{q}{\sqrt{1+q^2}}$
$Q^x \sqrt{1+q^2}$	$-\frac{p}{T}$	$-\frac{q}{T}$	$\frac{1}{T}$
$N^y \sqrt{1+p^2}$	0	$\frac{1}{\sqrt{1+q^2}}$	$\frac{q}{\sqrt{1+q^2}}$
$N^{yx} \sqrt{1+p^2}$	$\frac{1}{\sqrt{1+p^2}}$	0	$\frac{p}{\sqrt{1+p^2}}$
$Q^y \sqrt{1+p^2}$	$-\frac{p}{T}$	$-\frac{q}{T}$	$\frac{1}{T}$

A nyomaték nagysága	Az irányvektor		
	x	y irányú vetülete	z
$-M^x \sqrt{1+q^2}$	0	$\frac{1}{\sqrt{1+q^2}}$	$\frac{q}{\sqrt{1+q^2}}$
$M^{xy} \sqrt{1+q^2}$	$\frac{1}{\sqrt{1+p^2}}$	0	$\frac{p}{\sqrt{1+p^2}}$
$N^{xy} T$	$-\frac{p}{T}$	$-\frac{q}{T}$	$\frac{1}{T}$
$-Q^x \sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}$	$-\frac{pq}{T \sqrt{1+p^2}}$	$\frac{1+p^2}{T \sqrt{1+p^2}}$	$\frac{q}{T \sqrt{1+p^2}}$
$M^y \sqrt{1+p^2}$	$\frac{1}{\sqrt{1+p^2}}$	0	$\frac{p}{\sqrt{1+p^2}}$
$-M^{yx} \sqrt{1+p^2}$	0	$\frac{1}{\sqrt{1+q^2}}$	$\frac{q}{\sqrt{1+q^2}}$
$-N^{yx} T$	$-\frac{p}{T}$	$-\frac{q}{T}$	$\frac{1}{T}$
$Q^y \sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}$	$\frac{1+q^2}{T \sqrt{1+q^2}}$	$-\frac{pq}{T \sqrt{1+q^2}}$	$\frac{p}{T \sqrt{1+q^2}}$

Legyen a héjfelület koordináta síkokra vonatkoztatott terhelésének az x , y , z irányban mért intenzitása a

$$X_0(x, y); \quad Y_0(x, y); \quad Z_0(x, y)$$

terhelés függvényekkel jellemezve.

Számításaink egyszerűsítése céljából az egyensúlyi egyenleteket nem a tényleges erőkre, illetve nyomatékokra fogjuk felírni, hanem az ún. redukált erőkre, illetve nyomatékokra. A redukált erők, illetve nyomatékok a tényleges erők, illetve nyomatékok x , y , illetve z irányú vetületének vízszintes irányban mért intenzitását jelentik. A redukált erőket, illetve nyomatékokat a megfelelő kisbetűkkel és ugyanazokkal az indexekkel jelöljük.

A redukált erők a tényleges erőkből a 2. ábra alapján az alábbi összefüggésekkel számíthatók.

$$\begin{aligned} n^x &= N^x \frac{\sqrt{1+q^2}}{\sqrt{1+p^2}} & n^y &= N^y \frac{\sqrt{1+p^2}}{\sqrt{1+q^2}} \\ n^{xy} &= N^{xy} & n^{yx} &= N^{yx} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} q^x &= Q^x \frac{\sqrt{1+q^2}}{\sqrt{1+p^2+q^2}} \\ q^y &= Q^y \frac{\sqrt{1+p^2}}{\sqrt{1+p^2+q^2}} \end{aligned}$$

A redukált nyomatékok a tényleges nyomatékokból a 3. ábra alapján, az alábbi összefüggések segítségével számíthatók.

$$m^x = M^x \quad m^y = M^y \quad (8)$$

$$\begin{aligned} m^{xy} &= M^{xy} \frac{\sqrt{1+q^2}}{\sqrt{1+p^2}} \\ m^{yx} &= M^{yx} \frac{\sqrt{1+p^2}}{\sqrt{1+q^2}} \end{aligned}$$

Az I., illetve II. táblázat alapján felírhatjuk az erők, illetve nyomatékok egyensúlyi egyenletét, de rövidség kedvéért mindjárt vezessük be a redukált erőket, illetve redukált nyomatékokat.

$$\begin{aligned} n_x^x + n_y^{yx} - (pq^x)_x - (pq^y)_y + X_0 &= 0 \\ n_x^{xy} + n_y^y - (qq^x)_x - (qq^y)_y + Y_0 &= 0 \\ (pn^x)_x + (qn^y)_y + (qn^{xy})_y + (pn^{yx})_y + \\ &+ q_x^x + q_y^y + Z_0 = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} m_x^{xy} + m_y^y - p(n^{xy} - n^{yx}) + pqq^x + (1+q^2)q^y &= 0 \\ m_x^x + m_y^{yx} + q(n^{xy} - n^{yx}) + (1+p^2)q^x + pqq^y &= 0 \\ - (qm^x)_x + (pm^{xy})_x + (pm^y)_y - (qm^{yx})_y + \\ &+ (n^{xy} - n^{yx}) - qq^x + pq^y = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

A (9) és (10) egyenletekben a műveleteket végrehajtva, majd a harmadik egyenletből levonva az első p -szeresét és második q -szorosát, az alábbi összefüggéseket kapjuk.

$$n_x^x + n_y^{yx} - (pq^x)_x - (pq^y)_y + X_0 = 0$$

$$n_x^{xy} + n_y^{yy} - (qq^x)_x - (qq^y)_y + Y_0 = 0 \quad (11)$$

$$rn^x + s(n^{xy} + n^{yx}) + tn^y + T(Tq^x)_x + T(Tq^y)_y + Z_0 - pX_0 - qY_0 = 0$$

$$n_x^x + n_y^{yx} + \left[\frac{p(1+q^2)}{T^2} (m_x^x + m_y^{yx}) - \frac{p^2 q}{T^2} (m_x^{xy} + m_y^y) + qp(n^{xy} - n^{yx}) \right]_x + \left[-\frac{p^2 q}{T^2} (m_x^x + m_y^{yx}) + \frac{p(1+p^2)}{T^2} (m_x^{xy} + m_y^y) - p^2(n^{xy} - n^{yx}) \right]_y + X_0 = 0$$

$$n_x^{xy} + n_y^{yy} + \left[\frac{q(1+q^2)}{T^2} (m_x^x + m_y^{yx}) - \frac{q^2 p}{T^2} (m_x^{xy} + m_y^y) + q^2(n^{xy} - n^{yx}) \right]_x + \left[-\frac{q^2 p}{T^2} (m_x^x + m_y^{yx}) + \frac{q(1+p^2)}{T^2} (m_x^{xy} + m_y^y) - pq(n^{xy} - n^{yx}) \right]_y + Y_0 = 0$$

$$rn^x + s(n^{xy} + n^{yx}) + tn^y + T \left[-\frac{1+q^2}{T} (m_x^x + m_y^{yx}) + \frac{pq}{T} (m_x^{xy} + m_y^y) - qT(n^{xy} - n^{yx}) \right]_x + T \left[\frac{pq}{T} (m_x^x + m_y^{yx}) - \frac{1+p^2}{T} (m_x^{xy} + m_y^y) + pT(n^{xy} - n^{yx}) \right]_y + Z_0 - pX_0 - qY_0 = 0 \quad (13)$$

$$rm^{xy} - s(m^x - m^y) - tm^{yx} + T^2(n^{xy} - n^{yx}) = 0$$

A (13) egyenletben már csak az alábbi 8 ismeretlen szerepel:

$$\begin{matrix} n_x, & n_y, & n^{xy}, & n^{yx} \\ m^x, & m^y, & m^{xy}, & m^{yx} \end{matrix}$$

5. Az alakváltozás vizsgálata

Vizsgáljuk a $z = f(x, y)$ alakú héj középfelülete felett v magasságban levő P pont mozgását. A középfelület mozgását az x, y, z irányokban az

$$\xi = \xi(x, y); \quad \eta = \eta(x, y); \quad \zeta = \zeta(x, y)$$

elmozdulás függvényekkel jellemezzük. Az alakváltozás után a középfelület felett v magasságban elhelyezkedő P pont P' helyzetbe kerül (4. ábra). A $\overline{PP'} = \overline{e^v}$ elmozdulás két részből tevődik össze. Az első rész a tiszta eltolódás, amelyet a ξ, η, ζ elmozdulás függvényekkel jellemezhetünk, míg a második rész, a középfelület normálvektorának elfordulása következtében előálló mozgás, amelynek koordinátáit a Ξ, H, Z függvényekkel írhatunk le.

P pont helyzetvektora

$$\overline{p} = \overline{r} + \frac{\overline{n}}{|\overline{n}|} v$$

$$|\overline{n'}| = \sqrt{1 + p^2 + q^2 + 2(-pA - qB + C) + A^2 + B^2 + C^2}$$

Ezen kifejezésben az alakváltozási tagokat tartalmazó, A, B, C mennyiségek második hatványait — mint másodrendűen kicsiny mennyisé-

$$m_x^{xy} + m_y^y - p(n^{xy} - n^{yx}) + pqq^x + (1 + q^2)q^y = 0$$

$$m_x^x + m_y^{yx} + q(n^{xy} - n^{yx}) + (1 + p^2)q^x + pqq^y = 0$$

$$rm^{xy} - s(m^x - m^y) - tm^{yx} + T^2(n^{xy} - n^{yx}) = 0 \quad (12)$$

A (12) első és második egyenletéből a q^x és q^y értékeket kifejezve helyettesítsük be a (11) egyenletekbe, illetve a (12) harmadik egyenletébe. Az alábbi négy összefüggést kapjuk.

míg P' helyzetvektora

$$\overline{P'} = \overline{r} + \overline{e} + \frac{\overline{n'}}{|\overline{n'}|} v$$

összefüggésekkel írható le, ahol $\overline{e}$ az elmozdulásvektor, $\overline{n}$ az eredeti felület normálvektora, míg $\overline{n'}$ a deformált felület normálvektora. Az elmozdulásvektor tehát

$$\overline{PP'} = \overline{e^v} = \overline{e} + \left[\frac{\overline{n'}}{|\overline{n'}|} - \frac{\overline{n}}{|\overline{n}|} \right] v$$

E vektor-egyenletben szereplő mennyiségeket a felületelmélet alapján határozzuk meg.

Az alakváltozás után a felület normálvektora

$$\overline{n'} = \begin{bmatrix} i & j & k \\ 1 + \xi_x & \eta_x & p + \zeta_x \\ \xi_y & 1 + \eta_y & q + \zeta_y \end{bmatrix}$$

lesz s ezt rendezve

$$\overline{n'} = \begin{bmatrix} -p + (q\eta_x - p\eta_y - \zeta_x) \\ -q + (-q\xi_x + p\xi_y - \zeta_y) \\ +1 + (\xi_x + \eta_y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -p \\ -q \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix}$$

összefüggésekre jutunk. E vektor abszolút értéke

geket — elhanyagolva és rendezve

$$|\overline{n'}| = T \left(1 + \frac{-pA - qB + C}{T^2} \right)$$

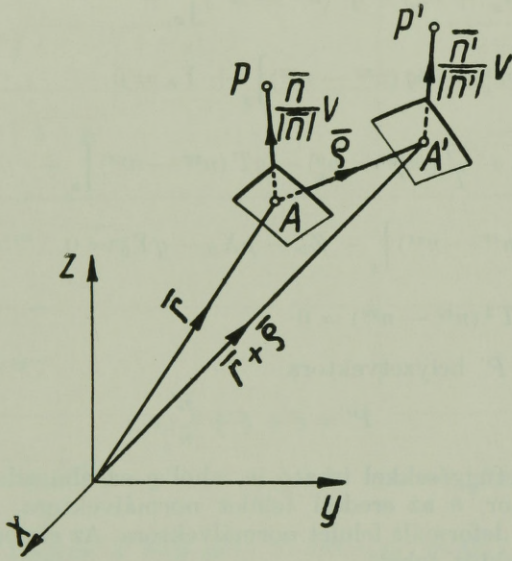
összefüggést kapjuk.

Fenti mennyiségeket az elmozdulásvektor mátrixába helyettesítve

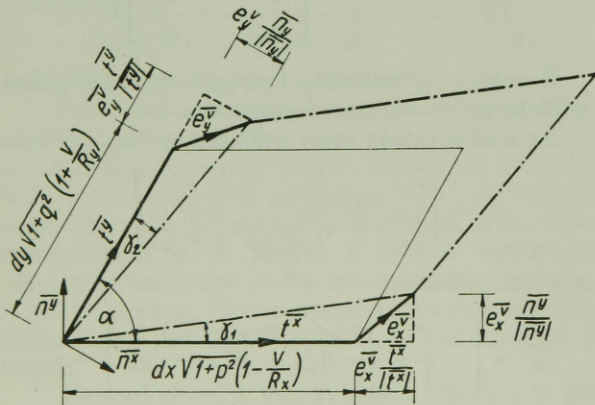
$$\bar{e}^v = \begin{bmatrix} \xi + \frac{1}{T} (-p + A) \left(1 + \frac{pA + qB - C}{T^2}\right) v + \frac{p}{T} v \\ \eta + \frac{1}{T} (-q + B) \left(1 + \frac{pA + qB - C}{T^2}\right) v + \frac{q}{T} v \\ \zeta + \frac{1}{T} (1 + C) \left(1 + \frac{pA + qB - C}{T^2}\right) v - \frac{1}{T} v \end{bmatrix}$$

összefüggésre jutunk, amelyet rendezve

$$\bar{e}^v = \begin{bmatrix} \xi + \frac{v}{T^2} \{ (1 + q^2) (p\xi_x + q\gamma_x - \zeta_x) - pq (p\xi_y + q\gamma_y - \zeta_y) \} \\ \eta + \frac{v}{T^3} \{ -pq (p\xi_x + q\gamma_x - \zeta_x) + (1 + p^2) (p\xi_y + q\gamma_y - \zeta_y) \} \\ \zeta + \frac{v}{T^3} \{ p (p\xi_x + q\gamma_x - \zeta_x) + q (p\xi_y + q\gamma_y - \zeta_y) \} \end{bmatrix}$$



4. ábra



5. ábra

E kifejezésben az első tag a tiszta eltolódás, a második tag pedig a felületi normális szög elfordulása következtében előálló mozgás. Ha ez utóbbiakat — mint már említettük — a megfelelő görög nagybetűkkel jelöljük, akkor

$$\bar{e}^v = \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{bmatrix} + v \begin{bmatrix} \Xi \\ H \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi \\ \Psi \\ X \end{bmatrix}$$

összefüggésre jutunk.

6. A fajlagos nyúlások és szögváltozás

Állapítsuk meg a vizsgált térbeli parallelogramma alakú héjelem v magasságban levő felületelemén fellépő fajlagos nyúlásokat. Fajlagos nyúlás alatt — a ferdeszögű rendszerben is — az elmozdulásvektor vizsgált irányú vetületének és az eredeti oldalhossznak hányadosát értjük, vagyis

$$\varepsilon^{xv} = \frac{\bar{e}^v}{|\bar{t}^{xv}|} \frac{\bar{t}^x}{|\bar{t}^x|}$$

$$\text{ahol } \bar{r}^v = \begin{bmatrix} x - \frac{p}{T} v \\ y - \frac{q}{T} v \\ z + \frac{1}{T} v \end{bmatrix}$$

$$t^{xv} \begin{bmatrix} 1 - \frac{v}{T^3} \{ r(1 + q^2) - pqs \} \\ 0 - \frac{v}{T^3} \{ s(1 + q^2) - pqt \} \\ p - \frac{v}{T^3} \{ pr + qs \} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - vD \\ 0 - vE \\ p - vF \end{bmatrix}$$

E vektor hossza, vagyis abszolút értéke, a másodrendű tagokat elhanyagolva:

$$|\bar{t}^{xv}| = \sqrt{1 - 2vD + p^2 - 2vpF} =$$

$$= \sqrt{(1 + p^2) \left\{ 1 - \frac{2v}{1 + p^2} (D + pF) \right\}} =$$

$$= \sqrt{1 + p^2} \left\{ 1 - \frac{v}{(1 + p^2) T^3} r(1 + p^2 + q^2) \right\} =$$

$$= \sqrt{1 + p^2} \left\{ 1 - \frac{r}{(1 + p^2) T} v \right\} =$$

$$= \sqrt{1 + p^2} \frac{R^x + v}{R^x}$$

tehát a keresett fajlagos nyúlás

$$\varepsilon^{xv} = \frac{R^x}{R^x + v} \left\{ \frac{\xi_x + p\zeta_x}{1 + p^2} + v \frac{\Xi_x + pZ_x}{1 + p^2} \right\} \quad (14)$$

Hasonló gondolatmenettel

$$\varepsilon^{yv} = \frac{R^y}{R^y + v} \left\{ \frac{\gamma_y + q\zeta_y}{1 + q^2} + v \frac{H_y + qZ_y}{1 + q^2} \right\} \quad (15)$$

Meg kell határoznunk még a szögváltozás értékét is. A szögváltozás alatt a ferdeszögű koordináta rendszerben a tengelyek által bezárt szög torzulását értjük. Ez két részből tevődik össze (5. ábra).

$$\gamma^v = \gamma^{1v} + \gamma^{2v}$$

Tehát

$$\gamma^{1v} = \frac{R^x}{R^x + v} \frac{1}{\sqrt{1 + p^2}} [\xi_x + v \Xi_x, \gamma_x + v H_x, \zeta_x + Z_x] - \frac{1}{T \sqrt{1 + p^2}} \left[\frac{-r q}{1 + p^2} \right]$$

s ezt kifejtve

$$\gamma^{1v} = \frac{R^x}{R^x + v} \frac{1}{T(1 + p^2)} [-pq\xi_x + (1 + p^2) \gamma_x + q\zeta_x + v \{pq\Xi_x + (1 + p^2) H_x + qZ_x\}] \quad (16)$$

Hasonló gondolatmenettel

$$\gamma^{2v} = \frac{R^y}{R^y + v} \frac{1}{T(1 + q^2)} [(1 + q^2) \xi_y - pq\gamma_y + p\zeta_y + v \{(1 + q^2) \Xi_y - pqH_y + pZ_y\}] \quad (16)$$

7. Fajlagos belső erők és nyomatékok

Vizsgáljuk meg a héj dx, dy alaprajzú elem felett elhelyezkedő azon részét, amelyet a középfelület érintővektorai és a normálvektor által

meghatározott síkokkal párhuzamos síkok metszenek ki a lemezből.

A lemez metszett felületein működő tényleges fajlagos erőket az alábbi összefüggések szolgáltatják :

$$\begin{aligned} N^x &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^y + v}{R^y} \sigma^x dv & M^x &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^y + v}{R^y} v \sigma^x dv \\ N^y &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^x + v}{R^x} \sigma^y dv & M^y &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^x + v}{R^x} v \sigma^y dv \\ N^{xy} &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^y + v}{R^y} \tau^{xy} dv & M^{xy} &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^y + v}{R^y} v \tau^{xy} dv \\ N^{yx} &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^x + v}{R^x} \tau^{yx} dv & M^{yx} &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^x + v}{R^x} v \tau^{yx} dv \\ Q^x &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^y + v}{R^y} \tau^{yz} dv & Q^y &= \int_{-h/2}^{+h/2} \frac{R^x + v}{R^x} \tau^{yz} dv \end{aligned} \quad (17)$$

Ezekben az egyenletekben $\sigma^x, \sigma^y, \tau^{xy}, \tau^{yx}, \tau^{xz}, \tau^{yz}$ a ferdeszögű rendszerben értelmezett feszültségeket jelentik.

8. A Hooke-féle törvény ferdeszögű koordinátákban

Az alaprajzban derékszögű négyszög alakú felületem a héjfelületen a valóságban ferdeszögű paralellogramma lesz. Szükségünk lesz tehát az α hajlásszögű x, y koordináta rendszerben értelmezett σ^x, σ^y , illetve τ^{xy} feszültségek, valamint ugyanebben a rendszerben értelmezett $\varepsilon^x, \varepsilon^y$ nyúlások és γ szögváltozás közötti összefüggésekre. Ez a Hooke-féle törvény, amelynek ferdeszögű koordinátákra is érvényes összefüggéseit P. Lardy állította fel [3] s ezeket — a levezetések mellőzéseivel — az alábbiakban közöljük :

$$\begin{aligned} \varepsilon^x &= \frac{1}{E \sin \alpha} (\sigma^x + (\cos^2 \alpha - \mu \sin^2 \alpha) \sigma^y + 2 \tau \cos \alpha) \\ \varepsilon^y &= \frac{1}{E \sin \alpha} [\sigma^x (\cos^2 \alpha - \mu \sin^2 \alpha) + \sigma^y + 2 \tau \cos \alpha] \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{1 + \mu}{E} [\sigma^x \cos \alpha + \sigma^y \sin \alpha + 2 \tau]$$

Ezekből az egyenletekből, ha a fajlagos nyúlások, illetve a szögváltozás segítségével a feszültségeket akarjuk kifejezni, e három ismeretlenes egyenletrendszert a feszültségekre kell megoldani.

Ha a szögfüggvényeket a középfelület egyenletének parciális differenciálhányadosaival fejezzük ki

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1 - \mu^2} \frac{\sqrt{1 + p^2} \sqrt{1 + q^2}}{T^2} \{(\varepsilon^x + \mu \varepsilon^y) T - \gamma p q\} \\ \sigma_y &= \frac{E}{1 - \mu^2} \frac{\sqrt{1 + p^2} \sqrt{1 + q^2}}{T^2} \{(\mu \varepsilon^x + \varepsilon^y) T - \gamma p q\} \\ \tau &= \frac{E}{2(1 - \mu^2)} \frac{1}{T^2} \{\gamma [2(1 + p^2)(1 + q^2) - (1 + \mu) T^2] - (1 + \mu) (\varepsilon^x + \varepsilon^y) p q T\} \end{aligned} \quad (18)$$

összefüggéseket kapjuk.

9. A fajlagos belső erők és nyomatékok,
mint az alakváltozás függvényei

A feszültségek képletébe a fajlagos nyúlások
(14) (15), illetve szögváltozás (16) összefüggéseit
behelyettesítve

$$\begin{aligned}\sigma^x &= \alpha \frac{R^x}{R^x + v} (\delta^x + v \Delta^x) + \alpha \frac{R^y}{R^y + v} (\vartheta^x + \Theta^x) \\ \sigma^y &= \alpha \frac{R^x}{R^x + v} (\delta^y + v \Delta^y) + \alpha \frac{R^y}{R^y + v} (\vartheta^y + \Theta^y) \\ \tau &= \frac{\alpha}{2} \frac{R^x}{R^x + v} (\delta^{xy} + \Delta^{xy}) + \frac{\alpha}{2} \frac{R^y}{R^y + v} (\vartheta^{xy} + \Theta^{xy})\end{aligned}$$

egyenletekre jutunk, ahol

$$\begin{aligned}\delta^x &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{T^3} \{(1+q^2) \xi_x - pq \gamma_x - p \zeta_x\} \\ \Delta^x &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{T^3} \{(1+q^2) \Xi_x - pq H - p Z_x\} \\ \vartheta^x &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{(1+q^2) T^3} \{-(1+q^2) pq \xi_y + (p^2 q^2 + \mu T^2) \gamma_y - (p^2 q - \mu q T^2) \zeta_y\} \\ \Theta^x &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{(1+q^2) T^3} \{-(1+q^2) pq \Xi_y + (p^2 q^2 + \mu T^2) H_y - (p^2 q - \mu q T^2) Z_y\} \\ \delta^y &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{(1+p^2) T^3} \{(p^2 q^2 + \mu T^2) \xi_x - pq (1+p^2) \gamma_x - (pq^2 - \mu p T^2) \zeta_x\} \\ \Delta^y &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{(1+p^2) T^3} \{(p^2 q^2 + \mu T^2) \Xi_x - pq (1+p^2) H_x - (pq^2 - \mu p T^2) Z_x\} \\ \vartheta^y &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{T^3} \{-pq \xi_y + (1+p^2) \gamma_y + q \zeta_y\} \\ \Theta^y &= \frac{\sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}}{T^3} \{-pq \Xi_y + (1+p^2) H_y + q Z_y\} \\ \delta^{xy} &= \frac{1}{(1+p^2) T^3} \{[T^2 (1-\mu) + 2 p^2 q^2] [-pq \xi_x + (1+p^2) \gamma_x + q \zeta_x] - (1+\mu) pq T^2 (\xi_x + p \zeta_x)\} \\ \Delta^{xy} &= \frac{1}{(1+p^2) T^3} \{[T^2 (1-\mu) + 2 p^2 q^2] [-pq \Xi_x + (1+p^2) H_x + q Z_x] - (1+\mu) pq T^2 (\Xi_x + p Z_x)\} \\ \vartheta^{xy} &= \frac{1}{(1+q^2) T^3} \{[T^2 (1-\mu) + 2 p^2 q^2] [(1+q^2) \xi_y - pq \gamma_y + p \zeta_y] - (1+\mu) pq T^2 [\gamma_y - q \zeta_y]\} \\ \Theta^{xy} &= \frac{1}{(1+q^2) T^3} \{[T^2 (1-\mu) + 2 p^2 q^2] [(1+q^2) \Xi_y - pq H_y + p Z_y] - (1+\mu) pq T^2 [H_y - q Z_y]\}\end{aligned} \quad (19)$$

Fenti adatok alapján a továbbiakban állapítsuk meg a tényleges fajlagos erők és nyomatékok értékeit

$$N^x = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \frac{R^y + v}{R^y} \sigma^x dv = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \frac{R^y + v}{R^y} \frac{R^x}{R^x + v} (\delta^x + v \Delta^x) dv + \alpha \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \frac{R^y + v}{R^y} \frac{R^y}{R^y + v} (\vartheta^x + v \Theta^x) dv$$

Hajtsuk végre a kijelölt integrálási műveleteket :

$$\begin{aligned}N^x &= \alpha \frac{R^x}{R^y} \delta^x \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \frac{R^y + v}{R^x + v} dv + \alpha \frac{R^x}{R^y} \Delta^x \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \frac{R^y + v}{R^x + v} v dv + \alpha \vartheta^x \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} dv + \alpha \Theta^x \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} v dv = I + II + III + IV \\ I &= \alpha \frac{R^x}{R^y} \delta^x \left[v + (R^y - R^x) \log \left(1 + \frac{v}{R^x} \right) \right]_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} = \\ &= \alpha \frac{R^x}{R^y} \delta^x \left[h + (R^y - R^x) \log \frac{1 + \frac{h}{2R^x}}{1 - \frac{h}{2R^x}} \right] = \\ &= \alpha \frac{R^x}{R^y} \delta^x \left[h + (R^y - R^x) \left(\frac{h}{R^x} + \frac{h^3}{12 R^{x3}} + \dots \right) \right] \cong \\ &\cong \alpha \frac{R^x}{R^y} \delta^x \left[h \frac{R^y}{R^x} + \frac{h^3}{12} \frac{R^y - R^x}{R^{x3}} \right] = \alpha h \delta^x + \frac{\alpha h^3}{12} \frac{1}{R^x} \left(\frac{1}{R^x} - \frac{1}{R^y} \right) \delta_x\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \alpha \frac{R^x}{R^y} \Delta^x \int_{-h/2}^{+h/2} \left[v + (R^y - R^x) \frac{v}{R^x + v} \right] dv = \\
&= \alpha \frac{R^x}{R^y} \Delta^x \left[\frac{v^2}{2} + (R^y - R^x) (v - R^x \log \left(1 + \frac{v}{R^x} \right)) \right]_{-h/2}^{+h/2} = \\
&= \alpha \frac{R^x}{R^y} \Delta^x (R^y - R^x) \left(h - R^x \log \frac{1 + \frac{h}{2R^x}}{1 - \frac{h}{2R^x}} \right) = \\
&= \alpha \frac{R^x}{R^y} \Delta^x (R^y - R^x) \left[h - R^x \left(\frac{h}{R^x} + \frac{h^3}{12 R^x^3} + \dots \right) \right] = \\
&= \frac{\alpha h^3}{12} \left(\frac{1}{R^y} - \frac{1}{R^x} \right) \Delta^x \\
I &= \alpha h \delta^x \\
V &= \alpha \Theta^x \left[\frac{v^2}{2} \right]_{-h/2}^{+h/2} = 0
\end{aligned}$$

végeredményben tehát :

$$N^x = \alpha h (\delta^x + \delta^y) + \frac{\alpha h^3}{12} \left(\frac{1}{R^y} - \frac{1}{R^x} \right) \left(\Delta^x - \frac{\delta^x}{R^x} \right)$$

Hasonló gondolatmenettel állapíthatjuk meg a további erők és nyomatékok kifejezéseit. A részletszámításokat mellőzve végeredményben az alábbi összefüggésekre jutunk :

$$\begin{aligned}
N^x &= L (\delta^x + \delta^y) + K \left(\frac{1}{R^y} - \frac{1}{R^x} \right) \left(\Delta^x - \frac{\delta^x}{R^x} \right) \\
N^y &= L (\delta^y + \delta^x) + K \left(\frac{1}{R^x} - \frac{1}{R^y} \right) \left(\Theta^y - \frac{\delta^y}{R^y} \right) \\
N^{xy} &= \frac{1}{2} L (\delta^{xy} + \delta^{yx}) + \\
&\quad + \frac{K}{2} \left(\frac{1}{R^y} - \frac{1}{R^x} \right) \left(\Delta^{xy} - \frac{\delta^{xy}}{R^y} \right) \\
N^{yx} &= \frac{1}{2} L (\delta^{xy} + \delta^{yx}) + \\
&\quad + \frac{K}{2} \left(\frac{1}{R^x} - \frac{1}{R^y} \right) \left(\Theta^{xy} - \frac{\delta^{xy}}{R^y} \right) \quad (20) \\
M^x &= -K \left[\left(\frac{1}{R^y} - \frac{1}{R^x} \right) \delta^x + \Delta^x + \Theta^x \right] \\
M^y &= -K \left[\left(\frac{1}{R^x} - \frac{1}{R^y} \right) \delta^y + \Delta^y + \Theta^y \right] \\
M^{xy} &= -\frac{K}{2} \left[\left(\frac{1}{R^y} - \frac{1}{R^x} \right) \delta^{xy} + \Delta^{xy} + \Theta^{xy} \right] \\
M^{yx} &= -\frac{K}{2} \left[\left(\frac{1}{R^x} - \frac{1}{R^y} \right) \delta^{xy} + \Delta^{xy} + \Theta^{xy} \right]
\end{aligned}$$

10. A hajlított héjak általános differenciál egyenlete

Az egyensúlyi egyenletek tárgyalása során kimutattuk, hogy az $n^x, n^y, m^{xy}, m^{yx}, m^x, m^y, m^{xy}, m^{yx}$ ismeretlenek között (13) összefüggés áll fenn.

E redukált erőkre illetve nyomatékokra felírt egyenletbe a tényleges erők, illetve nyomatékok ξ, η, ζ elmozdulásfüggvényekkel kifejezett, majd megfelelően redukált értékeit helyettesítve :

$$\begin{aligned}
g(p, q, r, s, t, \xi, \eta, \zeta, X_0, Y_0, Z_0) &= 0 \\
h(p, q, r, s, t, \xi, \eta, \zeta, X_0, Y_0, Z_0) &= 0 \\
i(p, q, r, s, t, \xi, \eta, \zeta, X_0, Y_0, Z_0) &= 0 \quad (21) \\
j(p, q, r, s, t, \xi, \eta, \zeta, X_0, Y_0, Z_0) &= 0
\end{aligned}$$

összefüggéseket kapjuk. Fenti négy egyenletben most már csupán a ξ, η, ζ ismeretlenek szerepelnek.

Négy egyenletünk van három ismeretlennel azonban kimutatható, hogy a negyedik egyenlet azonosságra vezet. Tehát ezt figyelmen kívül hagyva végeredményben három ismeretlenes három egyenletből álló differenciálegyenletrendszer nyertünk. Ezt a megfelelő kerületi feltételek mellett megoldva, meghatározhatók a ξ, η, ζ , elmozdulás függvények s ezek ismeretében előző fejezet végképletei alapján meghatározhatók a belső erők.

E differenciálegyenletrendszer tehát tetszés szerinti alakú és tetszőleges terhelésű hajlított héjszerkezetre felírható. Egy konkrét feladat esetében nem kell mást tenni, mint a kérdéses felület egyenletének első, illetve második differenciálhányadosait képezni s azokat fenti egyenletbe behelyettesíteni. Az így nyert egyenletből meghatározhatók a vizsgált héj középfelületének mozgásai és belső erői.

Ezzel bevezetőben kitűzött feladatunkat megoldottuk. E megoldás használhatóságának igazolására a továbbiakban néhány jellegzetes példát mutatunk be. Fenti egyenlet alkalmas ugyanis a síklemezek, a tárcsák, a membránhéjak s bármilyen alakú hajlított héj problémájának tárgyalására.

11. Példák

a) Síklemez differenciál egyenlete

A felület egyenlete jelen esetben

$$z = f(x, y) = 0$$

tehát

$$p = 0, q = 0, r = 0, s = 0, t = 0.$$

Legyen a terhelés

$$Z_0 = p(x, y); Y_0 = 0; X_0 = 0$$

Az egyensúlyi egyenletek minthogy nyomó- és nyíróerők nincsenek

$$q_x^x + q_y^y + p(x, y) = 0$$

$$m_x^x + m_y^y + q^x = 0$$

$$m_x^{xy} + m_y^y + q^y = 0$$

A második egyenlet x -szerint, a harmadikat y -szerint differenciálva helyettesítjük az első egyenletbe :

$$-m_{xx}^x - 2m_{xy}^{xy} - m_{yy}^y + p(x, y) = 0$$

A nyomatékok

$$m^x = K(\zeta_{xx} + \mu \zeta_{yy})$$

$$m^y = K(\mu \zeta_{xx} + \zeta_{yy})$$

$$m^{xy} = (1 - \mu) \zeta_{xy}$$

s ezeket az egyensúlyi egyenletbe visszahelyettesítve

$$\zeta_{xxx} + 2\zeta_{xyy} + \xi_{yyy} = \frac{p(x, y)}{K}$$

összefüggést kapjuk.

b) *Tárcsa differenciál egyenlete*

A tárcsa középfelülete sík, melynek egyenlete:

$$z = 0$$

tehát

$$p = 0, q = 0, r = 0, s = 0, t = 0.$$

A terhelés a tárcsa síkjába esik, vagyis

$$Z_0(x, y) = 0; Y_0 = Y_0(x, y); X_0 = X_0(x, y)$$

Hajlítás nem lép fel, így eleve tudjuk, hogy

$$m^x = 0; m^y = 0; m^{xy} = 0; m^{yx} = 0; q^x = 0; q^y = 0$$

Induljunk ki az alakváltozási egyenletből. Ez síklemez esetében

$$(S_1 + S_2)_{xy} - P_{yy} - Q_{xx} = 0$$

alakú lesz. Az alakváltozások

$$\varepsilon_{yy}^{xx} + \varepsilon_{xx}^{yy} = \gamma_{xy}^{xy}$$

$$\varepsilon^{xy} = \frac{1}{E} (n^x - \mu n^y)$$

$$\varepsilon^{yy} = \frac{1}{E} (n^y - \mu n^x)$$

$$\gamma^{xy} = \frac{2(1 + \mu)}{E} n^{xy}$$

összefüggésekkel írhatók le. Ezeket az alakváltozási egyenletbe helyettesítve

$$n_{yy}^x - \mu n_{yy}^y + n_{xx}^y - \mu n_{xx}^x = 2(1 + \mu) n_{xy}^{xy}$$

kapjuk. Vezessük be a feszültségfüggvényt. Mint tudjuk

$$n^x = h F_{yy}; n^{xy} = -h F_{xy}; n^y = h F_{xx}$$

tehát

$$F_{yyyy} + F_{xxxx} - 2\mu F_{xxyy} = -2F_{xxyy} - 2\mu F_{xxyy}$$

Ezt rendezve

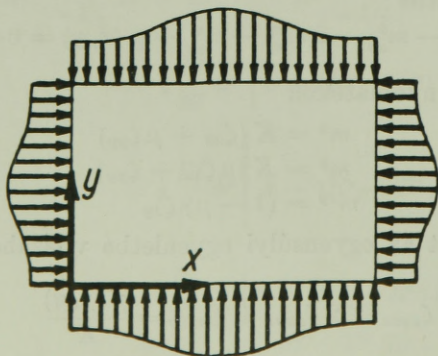
$$F_{xxxx} + 2F_{xxyy} + F_{yyyy} = 0$$

összefüggést kapjuk, amely a síktárcsa, vagy más-
képpen a síkbeli feszültségállapot differenciál
egyenlete.

c) *A lemezhorpadás*

A nyomott lemez (6. ábra) eredetileg sík. Az
egyensúlyi egyenleteket a $z = \zeta(x, y)$ kihorpadt
alakra írjuk fel s tételezzük fel, hogy ennek és
differenciálhányadosainak második hatványa zé-
rus, vagyis

$$\zeta^2 = \zeta_x^2 = \zeta_x \zeta_y = \zeta_y^2 = 0$$



6. ábra

Az egyensúlyi egyenletek

$$n_x^x + n_y^{yx} + X_0 = 0$$

$$n_x^{xy} + n_y^y + Y_0 = 0$$

$$\zeta_{xx} n^x + 2\zeta_{xy} n^{xy} + \zeta_{yy} n^y + q_x^x + q_y^y = 0$$

$$m_x^x + m_y^{yx} + q^x = 0$$

$$m_x^{xy} + m_y^y + q^y = 0$$

$$n^{xy} - n^{yx} = 0$$

alakban írhatók fel. q^x és q^y értékeit a negyedik
és ötödik egyenletből kifejezve a harmadikba
helyettesítve

$$\zeta_{xx} n^x + 2\zeta_{xy} n^{xy} + \zeta_{yy} n^y - m_{xx}^x - 2m_{xy}^{yx} - m_{yy}^y = 0$$

összefüggést kapjuk. Feltévéseink esetében

$$m^x = K(\zeta_{xx} + \mu \zeta_{yy})$$

$$m^y = K(\zeta_{yy} + \mu \zeta_{xx})$$

$$m^{xy} = (1 - \mu) K \zeta_{xy}$$

E kifejezéseket előző egyenletünkbe helyet-
tesítve

$$\zeta_{xx} n^x + 2\zeta_{xy} n^{xy} +$$

$$+ \zeta_{yy} n^y - K[\zeta_{xxxx} + 2\zeta_{xxyy} + \zeta_{yyyy}] = 0$$

összefüggést kapjuk.

Ezt rendezve

$$K(\Delta \zeta) = \zeta_{xx} n^x + 2\zeta_{xy} n^{xy} + \zeta_{yy} n^y = 0$$

végeredményre jutunk. Ez mint ismeretes a lemez-
horpadás differenciálegyenlete.

d) *A membránhéjak differenciálegyenlete*

A membrán feszültségi állapot esetében

$$m^x = 0; m^y = 0; m^{xy} = 0; q^x = 0; q^y = 0$$

tehát az egyensúlyi egyenletek

$$n_x^x + n_y^{yx} + X_0 = 0$$

$$n_y^y + n_x^{xy} + Y_0 = 0$$

$rn^x + s(n^{xy} + n^{yx}) + tn^y + Z_0 - pX_0 - qY_0 = 0$
könnyen belátható, hogy

$$n^{xy} = n^{yx}$$

s bevezetve a feszültségfüggvényt

$$rF_{yy} - 2sF_{xy} + tF_{xx} + (Z_0 - pX_0 - qY_0) = 0$$

eredményre jutunk. Ez a membránhéjak köz-
ismert differenciálegyenlete.

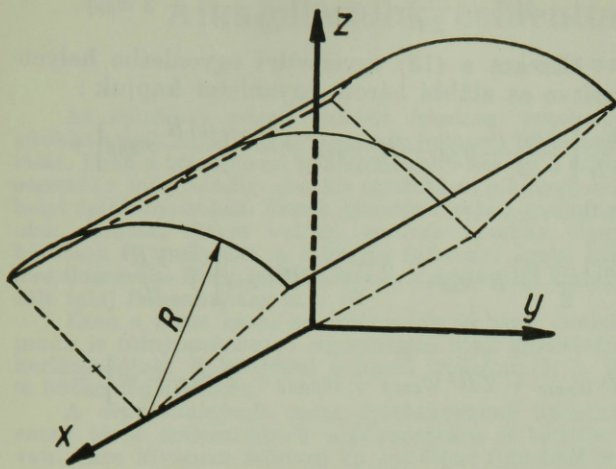
e) *Hajlított kördonga*

A felület egyenlete és differenciálhányadosai
a következők (7. ábra):

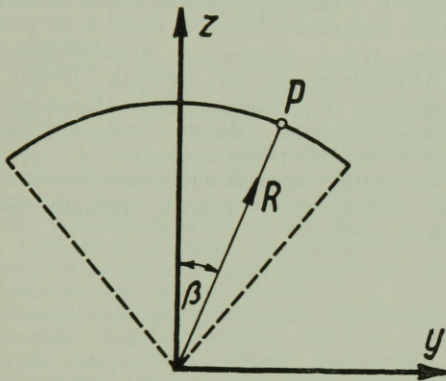
$$z = \sqrt{R^2 - y^2}$$

$$z_y = q = -\frac{y}{\sqrt{R^2 - y^2}} \quad p = 0$$

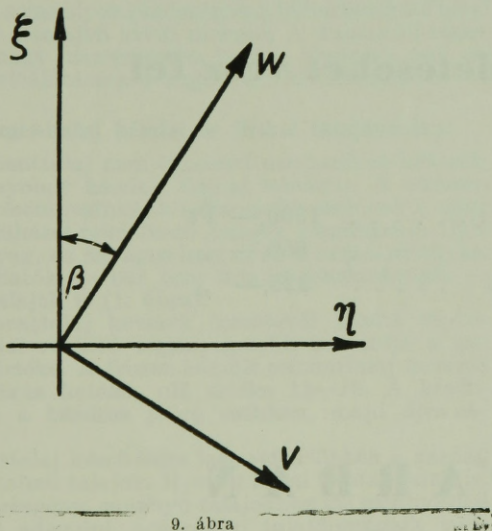
$$z_{yy} = t = -\frac{R^2}{\sqrt{R^2 - y^2}} \quad s = 0 \quad r = 0$$



7. ábra



8. ábra



9. ábra

A görbület

$$\frac{1}{R} = -\frac{t}{\sqrt{R^2 - y^2}^3}$$

Tekintettel arra, hogy a W. Flüge által levezetett összefüggések hengerkoordinátákban vannak felírva, transzformáljuk fenti képleteinket erre

a koordináta rendszerre (8. ábra)

$$z = \sqrt{R^2 - y^2} = R \cos \beta$$

$$y = R \sin \beta$$

$$z_y = -\frac{y}{\sqrt{R^2 - y^2}} = -\operatorname{tg} \beta$$

Transzformáljuk az elmozdulásokat is (9. ábra)

$$\xi = u$$

$$\eta = v \cos \beta + w \sin \beta$$

$$\zeta = -v \sin \beta + w \cos \beta$$

A felület és elmozdulás függvény megfelelő differenciálhányadosait képezve és (12) egyenletekbe helyettesítve :

$$\delta^x = \xi_x = u_x$$

$$\delta^y = \mu \xi_x = \mu u_x$$

$$\delta^{xy} = (1 - \mu) \frac{\eta_x + q \zeta_x}{\sqrt{1 + q^2}} = (1 - \mu) v_x$$

$$\Delta^x = \Xi_x = -w_{xx}$$

$$\Delta^y = \mu \Xi_x = -\mu w_{xx}$$

$$\Delta^{xy} = (1 - \mu) \frac{H_x + q Z_x}{\sqrt{1 + q^2}} = (1 - \mu) \frac{1}{R} (v_x - w_{\beta x})$$

$$\vartheta^x = \mu \frac{\eta_y + q \zeta_y}{1 + q^2} = \frac{\mu}{R} (w + v_\beta)$$

$$\vartheta^y = \frac{\eta_y + q \zeta_y}{1 + q^2} = \frac{1}{R} (w + v_\beta)$$

$$\vartheta^{xy} = (1 - \mu) \frac{\zeta_y}{\sqrt{1 + q^2}} = (1 - \mu) \frac{\mu_\beta}{R}$$

$$\Theta^x = \mu \frac{H_y + q Z_y}{1 + q^2} = \frac{\mu}{R^2} (v_\beta - w_{\beta\beta})$$

$$\Theta^y = \frac{H_y + q Z_y}{1 + q^2} = \frac{1}{R^2} (v_\beta - w_{\beta\beta})$$

$$\Theta^{xy} = (1 - \mu) \frac{\Xi_y}{\sqrt{1 + q^2}} = -(1 - \mu) \frac{w_{\beta x}}{R}$$

összefüggésekre jutunk.

Ezeket a (25) egyenletekbe helyettesítve a tényleges erők és nyomatékok kifejezéseit kapjuk

$$N^x = L \left[u_x + \frac{\mu}{R} (v_\beta + w) \right] + \frac{K}{R} (-w_{xx})$$

$$N^y = L \left[\mu u_x + \frac{1}{R} (v_\beta + w) \right] - \frac{K}{R} \left(-\frac{w}{R^2} - \frac{w_{\beta\beta}}{R^2} \right)$$

$$N^{xy} = L \frac{1 - \mu}{2} \left(v_x - \frac{u_\beta}{R} \right) +$$

$$+ \frac{K}{2R} (1 - \mu) \left(\frac{v_x}{R} - \frac{w_{\beta x}}{R} \right)$$

$$N^{yx} = L \frac{1 - \mu}{2} \left(v_x + \frac{u_\beta}{R} \right) -$$

$$- \frac{K}{2R} (1 - \mu) \left(-\frac{w_{\beta x}}{R} - \frac{u_\beta}{R^2} \right)$$

$$M^x = \frac{K}{R} \left(-u_x + R u_{xx} - \frac{\mu}{R} v_\beta + \frac{u}{R} w_{\beta\beta} \right)$$

$$M^y = \frac{K}{R} \left(R\mu w_{xx} + \frac{w_{\beta\beta}}{R} + \frac{w}{R} \right)$$

$$M^{yx} = \frac{K}{2R} (1 - \mu) \left(\frac{u_{\beta}}{R} - v_x + 2 w_{\beta x} \right)$$

$$M^{xy} = \frac{K}{2R} (1 - \mu) (-2 v_x + 2 w_{\beta x})$$

Ezeket a (13) egyensúlyi egyenletbe helyettesítve az alábbi három egyenletet kapjuk :

$$R^2 u_{xx} + \frac{1 - \mu}{2} u_{\beta\beta} + \mu R w_x + \frac{1 + \mu}{2} R v_{x\beta} + \frac{K}{R^2 L} \left[\frac{1 - \mu}{2} u_{\beta\beta} - R^3 w_{xxx} + \frac{(1 - \mu) R}{2} w_{x\beta\beta} \right] + \frac{XR^2}{R} = 0$$

$$\frac{1 + \mu}{2} R u_{x\beta} + v_{\beta\beta} + \frac{1 - \mu}{2} R^2 v_{xx} + w_{\beta} + \frac{K}{R^2 L} \left[\frac{3(1 - \mu)}{2} R^2 v_{xx} - \frac{3 - \mu}{2} R^2 w_{xx\beta} \right] + \frac{YR^2}{L} = 0$$

$$\mu R u_x + v_{\beta} + w + \frac{K}{R^2 L} \left[\frac{1 - \mu}{2} R u_{x\beta\beta} - R^3 w_{xxx} - \frac{3 - \mu}{2} R^2 v_{xx\beta} + R^4 w_{xxxx} + 2 R^2 w_{xx\beta\beta} + w_{\beta\beta\beta\beta} + 2 w_{\beta\beta} + w \right] + Z \frac{R}{L} = 0$$

A negyedik egyenlet — mint arról könnyű meggyőződni — azonosságra vezet. Az egyenletek a W. Flügge által bevezetett egyenletekkel teljes azonosságot mutatnak. Ez egyben kontrollja levezetett képleteinknek.

IRODALOM

1. Flügge W.: Statik und Dynamik der Schalen (Berlin, 1934.)
2. Girkmann, K.: Flächentragwerke (Wien, 1946.)
3. Lardy, P.: Die Elastizitätstheorie der Parallelo-

grammförmigen Scheibe (Schweizerische Bauzeitung, 1945. Nr. 11. p. 419—422.).

4. Böleskei, E.: Deformation des voiles minces (Acta Technica Hungarica Tom. V. Fasc. 4. p. 489—506.)
5. Wlassow, W.S.: Allgemeine Schalentheorie und ihre Anwendung in der Technik (Berlin, 1958.)
6. Fuchssteiner, W., Schäder, A.: Allgemeine Schalenrundgleichungen (Beton- und Stahlbetonbau, 1956. Jul. p. 145—153.)
7. Lurie J.: Statika uprugih obolocsek (Moszkva, 1953.)
8. A. L. Goldenveizer: Teorija uprugih obolocsek (Moszkva, 1953.)

A Műszaki Könyvkiadó hirdetésekét vesz fel az alábbi díjszabás szerint:

Egészoldalas hirdetés ára	1300,— Ft
Féloldalas hirdetés ára	650,— „
Negyedoldalas hirdetés ára	325,— „

HIRDESSZEN AZ

É P Í T Ő I P A R B A N

A hirdetések az alábbi címre küldendőek:

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, V., BAJCSY-ZSILINSZKY ÚT 22

A befizetéseket az MNB 44 csekkzámlára kérjük

Alkalmazzunk cementtalajt épületek alapanyagául

GABOS GYÖRGY

Az építőipar megnövekedett feladatai kötelességünké teszik a helyi építőanyagok fokozott felhasználását. Ezen a téren hazai gyakorlatunk elmarad a szükségéstől: még mindig igen kis mértékben alkalmazzunk helyi építőanyagokat. Ennek jelentős részben gazdasági okai vannak, illetve voltak, vannak azonban olyan kérdések is, melyeket a műszaki fejlesztés során kell megoldanunk. Ezek közé tartozik a cementtel stabilizált talaj felhasználása is.

Ezen a téren hazai eredményeink és hazai irodalmunk is túlnyomórészt a cementtalaj utak készítésére korlátozódtak. E kérdéssel a hazai irodalom (1, 2, 3) is bőven foglalkozott.

A cementtalajnak, mint építőanyagnak azonban ennél jóval szélesebbkörű alkalmazására is lehetőség van. Erre kívánom felhívni az építőipar figyelmét az alábbi összeállítással. Az összeállítás kisebb részben a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatnál, valamint a sztalinvárosi építkezéseken végzett kísérleteken, nagyobb részben tavalyi tanulmányutam alkalmából a Szovjetunióban látott eredményeken és a szovjet irodalmon alapszik (4).

Kétségtelen, hogy a helyi építőanyagok közül legnagyobb mennyiségben fordulnak elő a különböző talajfélések és ezek termelhetők ki leggazdaságosabban. Természetesen a talajok önmagukban építkezési anyagul csak kivételes esetben (földtöltések stb.) használhatók fel, rendszerint tulajdonságaikat javítani kell. Legfontosabb, hogy a talajokat vízállókká tegyük és szilárdsági tulajdonságaikat növeljük.

Ez különböző anyagok hozzáadásával érhető el, ezek közül általában a leggazdaságosabb és legjobb műszaki eredményeket adja a cement.

A Szovjetunióban kiterjedten alkalmazzák a cementtalajokat építőanyagként, részben tömbebeton szerkezetek (alapozások, kitöltő falazatok, aljzatok stb.) létesítésére, részben gépi úton, nagy tömegben, sajtolt téglaszerű elemeket állítanak elő, az utóbbi időben még cserepet is készítenek belőle.

Nálunk a cementtalajnak építőanyagként való alkalmazásának óriási jelentősége volna. Alföldünkön úgyszólván semmilyen gazdaságosan felhasználható helyi építőanyag a talajon kívül nincsen. A dunántúli részeket pedig nagy kiterjedésben borítja lösztalaj, ami cementtalaj előállítására a legjobban felhasználható.

I. A cementtalaj kémiai és fizikai tulajdonságai

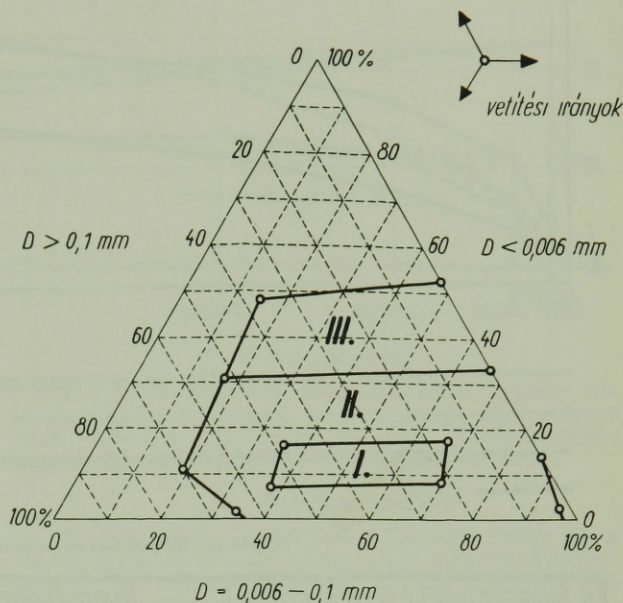
A cementtalaj nem egyszerű mechanikus keverék, hanem bonyolult kémiai, fizikai rendszer. A cementtalaj készítésére leginkább a finomabb szemcséjű, nagy fajlagos felülettel rendelkező talajok alkalmasak. Ilyenek: az agyag, az agyagos homok és a homokos agyag. Felhasználhatók — bár nem mindig gazdaságosan — homokos talajok is (1. ábra).

A cementtalaj keverék összetevői között végbenő kémiai reakció leglényegesebb mutatója a keverék pH értéke. A frissen készült cementtalaj keverék erősen bázikus hatású, pH értéke 12—13. A későbbiekben ez a bázikus jelleg csökken, majd újra növekszik.

Cementtalaj készítésére legmegfelelőbbek a gazdag kalciumtartalmú talajok. Ilyenek hazai lösztalajaink is. A mészben szegény, savanyú talajokhoz kis mennyiségű meszet kell adagolni, szilárdsági tulajdonságaik javítására.

1. Cementtalaj nyomószilárdsága

A nyomószilárdság az építőanyagok egyik legfontosabb tulajdonsága. A Szovjetunióban kiterjedt kísérleteket végeztek különböző átmérőjű hengerek törésével, valamint különböző élhosszúságú kockák törésével. Megállapították azokat a viszonzyszámokat is, amelyek segítségével a különböző nagyságú próbatesteken végzett kísérleti eredmények a betonteknológiában szokásos 20 cm élhosszúságú kockák adataira



- I. Stabilizátorok alkalmazása nélkül készülő burkolatok számára
- II. Maximális szilárdságot biztosító szemszerkezet.
- III. Cementtalaj készítéséhez felhasználható.

1. ábra: Optimális szemszerkezet cementtalaj készítése szempontjából

számíthatók át (1. táblázat). A Szovjetunió előírásai szerint a cementtalajból készült alapok — a megfelelő szilárdsági értékek figyelembevételével — a sovány betonhoz hasonlóan méretezhetők.

1. táblázat: Cementtalaj nyomószilárdságának és a próbatestek méreteinek összefüggése

Próbatestek mérete cm		Nyomószilárdság kg/cm ²		Szilárdság átszámítási tényezője különböző méretű próbatestek esetén	
henger átmérője	kocka élhossza	28 napos korban	3 hónapos korban	28 napos korban	3 hónapos korban
—	20	22	30	1	1
—	7,07	25	34	0,80	0,88
4	—	35	38	0,63	0,79

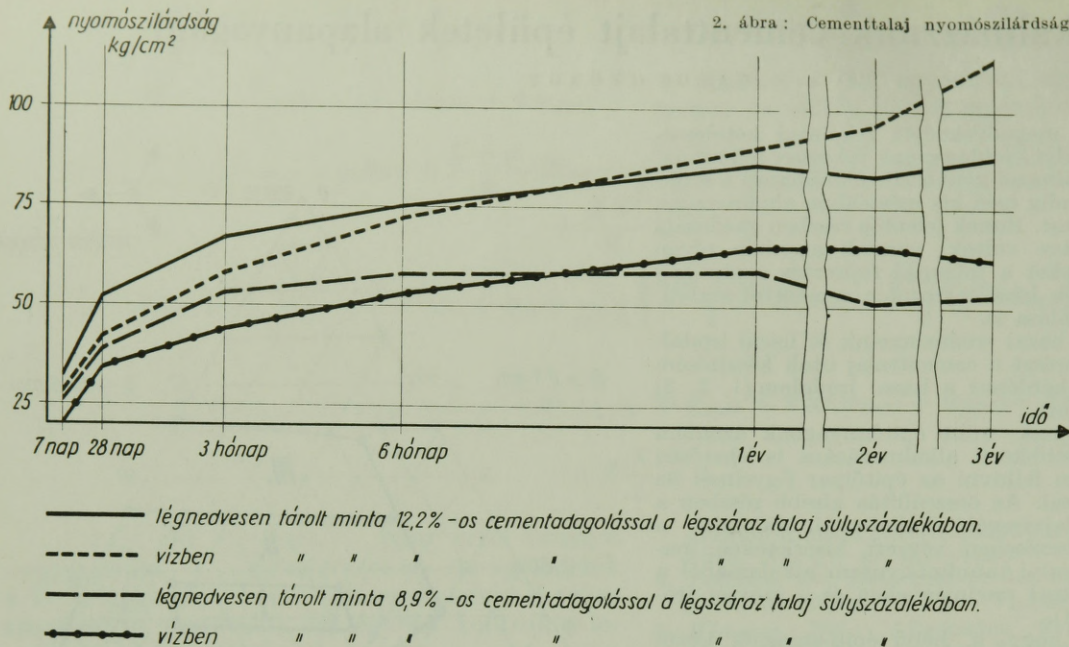
A Szovjetunióban végzett kísérletek alapján a cementtalajok nyomószilárdságát a 2. ábra tünteti fel. A kísérletek alapján az alábbi általános megállapítások tehetők:

a) A cementtalaj szilárdsága lényegében a talaj összetételétől, elsősorban szemszerkezetétől függ. Legnagyobb szilárdság azokkal a talajokkal érhető el, ahol az agyagrézszeccskék mennyisége nem több 20%-nál és a plasztikus index értéke maximum 15%.

b) A cementtalaj minősége homok adagolásával javítható, ha a felhasználásra került talaj túl sok agyagot tartalmaz (2. táblázat). Ugyancsak javítja a cementtalaj tulajdonságait a savanyú talajok kis mértékű meszezése is.

c) A cementtalaj nyomószilárdsága a szilárdulás első szakaszában viszonylag alacsony, az idő előrehaladásával azonban jelentősen növekszik. Így pl. legnévad állapotban tárolt próbatest szilárdsága 2 éves korában 28 napos korának kétszeresét éri el. Vízben való tárolás esetén ez a szám 2,5—3-ra emelkedik.

2. ábra: Cementtalaj nyomószilárdsága az idő függvényében



2. táblázat: Homokozás és meszezés hatása a cementtalaj szilárdságára

A talajhoz adagolt anyagok mennyisége %			Keverési arány talaj : cement : víz % (a mész számításán kívül hagyásával)	Nyomószilárdság értéke kg/cm ² -ben az alábbi időpontokban													
				7 nap		28 nap		3 hónap		6 hónap		1 év		2 év		3 év	
				légnedvesen tárolva	vízben tárolva	légnedvesen tárolva	vízben tárolva	légnedvesen tárolva	vízben tárolva	légnedvesen tárolva	vízben tárolva	légnedvesen tárolva	vízben tárolva	légnedvesen tárolva	vízben tárolva	légnedvesen tárolva	vízben tárolva
—	—	8,7	74,0 : 6,7 : 19,3	17	10	27	22	34	32	28	31	28	22	20	24	23	—
—	—	12	71,8 : 8,9 : 19,3	26	22	48	35	54	42	62	58	43	60	23	62	30	—
—	0,5	12	71,8 : 8,9 : 19,3	26	22	40	33	44	37	45	45	52	60	57	62	—	74
50	—	12	73,8 : 9,2 : 17,0	32	30	56	34	66	46	74	70	68	80	—	—	—	—
100	—	8,7	77,9 : 7,0 : 15,1	28	23	34	32	47	54	71	66	80	98	90	106	96	151
100	0,5	8,7	77,9 : 7,0 : 15,1	16	19	31	26	54	48	82	86	95	110	—	—	—	—
100	—	12	76,0 : 9,4 : 14,6	39	33	58	46	66	60	90	98	90	101	90	106	96	145
100	0,5	12	76,0 : 9,4 : 14,6	23	23	42	32	76	75	100	104	116	143	—	—	—	—
200	—	12	78,0 : 9,7 : 12,3	30	18	48	32	60	56	66	64	72	88	86	116	—	—

d) A cementtalaj összekeveréséhez használt víz pH értéke legalább 4 legyen, szulfáttartalma nem lehet 5 g/l-nél több és nem tartalmazhat humuszos szennyeződések.

Sós talajok, ha nátrium-kalciumsókat legfeljebb 1,5%-ban tartalmaznak, cementtalaj készítésére felhasználhatók.

2. Cementtalaj húzószilárdsága

A 3. ábra tünteti fel a kapott kísérleti eredményeket. Ezen összeállításból láthatjuk, hogy a cementtalaj húzószilárdsága $1/5$ -től $1/6$ -a az ugyanazon talajból készült minták nyomószilárdságának.

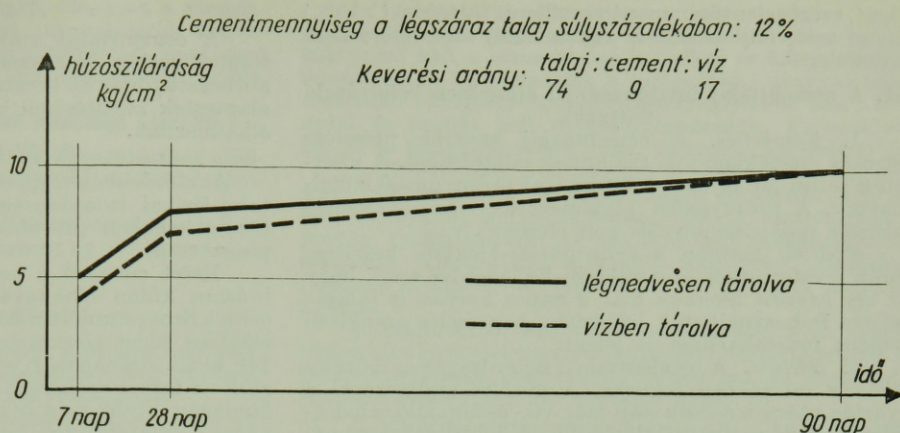
3. Cementtalaj hajlítószilárdsága

A cementtalaj hajlítoszilárdságát a habarcsból készült próbatestek hajlítoszilárdságának megállapítására kidolgozott módszer szerint határozták meg.

3. táblázat: Cementtalaj nyomószilárdsága, hajlítószilárdsága és összenyomódási modulusa

Cementtartalékosság a légtér- száraz tartaj súlyszázalékában %	A bedolgozásnál alkalmazott nyomás kg/cm ²	Nyomószilárdság kg/cm ²		Hajlítószilárdság kg/cm ²		Összenyomódási modulus kg/cm ²	
		28 napos korban	90 napos korban	28 napos korban	90 napos korban	28 napos korban	90 napos korban
9	20	28	32	9	12	—	18000
15	20	42	61	13	20	—	29000
9	100	36	45	15	18	68200	53000
15	100	58	70	19	25	78100	76000

3. ábra: Cementtalaj húzószilárdsága az idő függvényében



Amint a 3. táblázatból látható, hajlítószilárdsága 1/3—1/4 része a nyomószilárdságnak.

4. Cementtalajok összenyomási modulusa

Az összenyomási moduluszt 1 : 4 viszonyú hasábon határozták meg. A viszonzyszám az alapél hossza és a magasság közötti összefüggést tünteti fel.

A cementtalaj a betonhoz hasonló tulajdonságokat mutat: rugalmas és maradandó alakváltozása van. Az összenyomódási modulusz számítása során a teljes alakváltozást figyelembe veszik. Ez azzal indokolható, hogy a számítást a tényleges terhelési állapotnak megfelelően végzik.

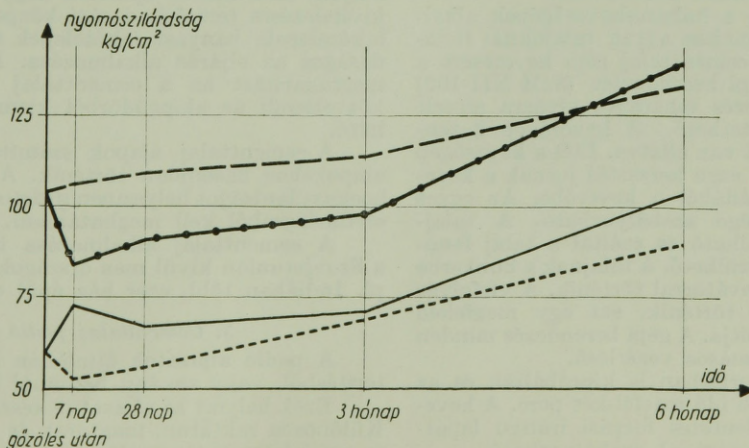
A cementtartalom és a próbatest előállításánál alkalmazott nyomás fokozásával együtt nő az összenyomódási modulusz értéke is. A kapott értékek elég tág határok között változnak: 20 kg/cm² nyomás alkalmazása esetén átlagosan 20 000 kg/cm², 100 kg/cm² nyomás alkalmazása esetén 70 000 kg/cm².

5. Fagyállóság

A cementtalaj egyik legfontosabb minőségi jellemzője a fagyállóság. A fagyállósági érték meghatározása úgy történik, hogy vízben és légnedves körülmények között tárolt próbatesteket egymásután 25-ször váltakozva — 17 és +20° között fagyasztásnak és felengedésnek tesznek ki. Hazai kutatások e téren nem történtek. A külföldi kísérleti eredmények nem teljesen egyértelműek. Általában a nyomószilárdság csökkenése a 25-ös fagyasztási periódus után 20—35% volt.

6. Vonalas zsugorodás (tágulás)

A kapott értékek azt mutatják, hogy a cementtalaj vonalas tágulása vagy zsugorodása nem jelentős, közel áll a betonértékhez.



4. ábra: Gőzölés hatása a cementtalaj szilárdságára

7. Hővezetőképesség

A hővezetőképesség meghatározására végzett kísérletek eredményeképpen a számításba vehető átlagos érték 0,5—0,6 kg. kal/m. fok. óra. Ez kedvezőbb, mint a közönséges égetett téglánál kapott érték.

8. Vízfelvétel képesség

A cementtalaj vízfelvétel képessége közel áll a rendes agyagból készült égetett téglá vízfelvétel képességéhez. A szovjet szabvány szerint meghatározva 16% körüli értéket ad.

9. Térfogatsúly

A cementtalaj térfogatsúlya a próbatestek legyártása után a keverési víztartalom megtartása esetén 2,02—2,24 t/m³, kiszáritott állapotban 1,7—2,0 t/m³.

II. Cementtalaj készítésére alkalmas talajok

Fentiekből kitűnik, hogy a cementtalaj szilárdsága és más fizikai jellemzői nagy mértékben függenek az alkalmazott talaj minőségétől. Ezen belül is döntő szerepet játszik a talaj szemszerkezete. A cementtalajok szempontjából gazdaságosan alkalmazható talajok meghatározására igen sokféle eljárás ismeretes. A Szovjetunióban az 1. ábrán bemutatott háromszög diagramot használják. (Az ábrát a nálunk szokásos elrendezésnek megfelelően átdolgoztam.) Látható ebből, hogy hazai talajféléseink, elsősorban a dunántúli löszök, cementtalaj készítésére kiválóan alkalmasak.

Az agyagrészecskék mennyisége egymaga nem jellemző teljes mértékben a talajra. Ismernünk kell az agyagtalajok ásványi összetételét is. Ezeknek meghatározása ma már a DTÁ. vizsgálatokkal korszerűen és gyorsan történhet.

Az elvégzett kísérletek szerint a montmorillonit tartalom károsan befolyásolja a cementtalajok szilárd-

A próbatestek előállítása 20 kg/cm² présnyomással történt.

ságát, ezért jelentősen montmorillonit tartalmú (>10%) agyag talaj felhasználása cementtalaj készítésére nem javasolható.

III. A cementtalaj tulajdonságait előnyösen befolyásoló tényezők

1. *Tömörítés.* A cementtalaj keverék préselése jelentős mértékben fokozza annak szilárdságát. A kísérletek során 20 kg/cm²—100 kg/cm² présnyomást alkalmaztak. A présnyomás alkalmazásával és növelésével jelentős szilárdságnövelés volt elérhető.

Fentiek alapján a cementtalaj-blokkok készítése során présformázás javasolható. Ez lehetővé teszi, hogy az így készült blokkok már 2 napos korban is falazás céljára felhasználhatók legyenek. A préselés ezenkívül cement megtakarítást is jelent.

2. *Gőzölés.* A cementtalaj szilárdságát a gőzölés jelentős mértékben fokozza. A gőzölés segítségével a gyártás utáni második nap már víz- és fagyálló cementtalaj elemek voltak előállíthatók. A kísérletek eredményét a 4. ábra tünteti fel. Ez az ábra mutatja azt is, hogy a vízben való tárolás általában kedvezőbb értéket eredményez. A gőzölés bevezetése különösen a nagyobb építkezéseknél, a helyszíni előregyártás során jöhet mint gazdaságos és technikailag haladóbb módszer számításba.

3. *A cementtalaj alkotórészeinek vibrációs őrlése.* Az elvégzett kísérletek tanulsága szerint a talaj vibrációs őrlése nem gazdaságos, azonban a cementtalaj készítéséhez célszerű vibrációs őrléssel készült nagy fajlagos felületű cementet használni. Ez utóbbi 20—25%-os cementmegtakarítást eredményezhet.

IV. Cementtalaj előállítására szolgáló gépi berendezések

1. A cementtalaj előállításának gépesítése, ezen belül elsősorban a megfelelő keverőgép típus kiválasztása, illetve megkonstruálása a cementtalaj utak szükségleteiből indult ki. Különböző traktorvontatású gépeket alkalmaznak. A keverésnél probléma volt az optimális víztartalmú talaj előállítása. Az eredeti (in situ) talaj víztartalma csak a legtrikább esetben azonos az optimálisan keverhető, illetve bedolgozható talaj víztartalmával. A száraz talaj nedvesítése még aránylag könnyen megoldható problémát jelent, a szárítás azonban igen nehézkes, munkaiigényes és így költséges munkafolyamat.

Későbbben próbálkoztak habarcskeverő gépek alkalmazásával. Ezzel a munkaiigényes munkafázisok egy része (talaj őrlése, szárítása) kiküszöbölhető volt. Természetesen a felhasznált talajnak az optimális víztartalom közelében kellett lenni. A $P_i > 10\%$ -ú kövérebb talajokat előzőleg szárítani kell és homok hozzáadásával soványítani.

A habarcskeverőgéppel a keverés időtartalma száraz keverés esetén 1—2 perc, vízzel való keverés esetén 2—3 perc.

A habarcskeverőgépek alkalmazása általában a minőségi követelményeket kielégítette, mégis alkalmasságuk nem bizonyult célravezetőnek, igen sok volt a meghibásodás. Mindazon esetekben, amikor a habarcskeverőgép kihasználási foka 50%-nál nagyobb volt, a habarcskeverőgépek általában befulladtak.

Összefoglalva, tehát a habarcskeverőgépek alkalmazása csak sovány homokos agyag talajoknál indokolt, amíg $P_i < 7\%$. A cementtalaj gépi keverésére a Szovjetunióban külön gépi berendezést (SzM NII-100) konstruáltak. A berendezés teherautó alvázra szerelt és folyamatosan üzemeltethető. A keverőgép 2 tengelyes, 64 keverő lapáttal van ellátva. Elöl a keverőgép felett van az etetőnyílás, ezen keresztül jutnak a keverék összetevői az etetőládából a keverőbe. Az egyes adalékanyagok mennyisége szabályozható. A talaj-bunker vibrátorral vibrálható és ezáltal a talaj fennakadása a bunkerben elkerülhető. A talajnak a bunkerbe való szállítása serleges elevátorral történik. A vízfolyás állandó nyomás mellett történik, ezt egy megfelelő automatikus szelep biztosítja. A gépi berendezés minden elektromotorja gombnyomással vezérelhető.

A berendezést gyakorlatban is kipróbálták és az igen jól bevált. A keverési idő másfél-két perc. A keverési idő különben az ellentétes forgási irányú lapát-sorok számának változtatásával szabályozható.

2. Tömítő gépek

A cementtalaj utak tömítésére minden korszerű tömítő eszköz felhasználható. Legcélszerűbb a gumi-abroncsos tömítőberendezés alkalmazása. Cementtalaj alaptestek készítésénél különböző méretű vibrátorokat alkalmaznak.

3. Blokkgyártó prés

Az előzőekben tárgyaltaiból kitűnik, hogy a cementtalaj fizikai tulajdonságait, víz és fagyállóságát jelentős mértékben növeli az előállításkor alkalmazott présnyomás.

Ezért célszerű a cementtalajok nagyüzemi előállítására külön blokkgyártó prés szerkesztése. Erre a célra a Szovjetunióban 95 kg/cm² nagyságú présnyomást előállító gépet szerkesztettek. A gép teljesítőképessége 140 blokk óránként. Kiszolgáló személyzete 4 főből áll, akik az összes szükséges mellékmunkát elvégzik. A gép önmagán kívül más segédberendezést nem igényel és végzi a talajaprítást, keverést stb. is. A kész blokkok mérete 30×15×10 cm. Súly: 8—10 kg.

A tapasztalatok szerint a salakbeton blokkok előállítására szolgáló prés-berendezések legtöbbször cementtalajblokkok előállítására is alkalmazhatók.

Készítenek mozgó talajblokkgyártó berendezést is.

V. Példák a cementtalaj felhasználására

1. Cementtalaj utak

A cementtalaj utak készítésének technológiájával, az elkészült utak tapasztalataival a hazai irodalom bőven foglalkozik, sőt az Akadémia Építési Főbizottsága javaslatot is dolgozott ki szélesebb körű bevezetésükre.

A mezőgazdaság nagyüzemi átalakulásával kapcsolatban egyre nagyobb számban létrejövő tanyaközpontok, utazó központok szükségessé teszik az olyan útépitési mód bevezetését, amelynek során nagymértékben hasznosíthatók a helyi-szállítási költséget nem igénylő — építési anyagok, továbbá felhasználhatók nagymértékben a tsz-ek helyi erőforrásai (munkaerő, mezőgazdasági munkagépek) is. Így ezen a téren az eddig végzett kísérleti jellegű szakaszokon túlmenően a rendszeres építési tevékenység bevezetése volna a feladat.

2. Alapok és falak készítése cementtalajokból

A kis emeletszámú, egyszerű szerkezetű épületeknél az általában alkalmazott alapozási rendszer az úsztartott kőalapozás, vagy a soványbeton. Előbbi különösen olyan vidéken, ahol terméskő a helyszínen található.

Hazánk nagy részén azonban a terméskő felhasználásával készülő alapozás a magas szállítási költségek miatt nem gazdaságos. Ugyancsak túlzottan költséges a soványbeton alapozás is. Az évekkel ezelőtt javasolt rövid fűtő cölöpökkel történő alapozás, mely a fentiek-nél némileg gazdaságosabb, nem tudott elterjedni. Így előnyös és szükséges az alapoknak cementtalajokból történő készítése, annál is inkább miután ez a munkafolyamat nagymértékben gépesíthető. Olyan helyen, ahol kisebb épületek nagy számban kerülnek kivitelezésre (mezőgazdasági központok, vidéki kisebb lakótelepek, bányász lakótelepek stb.) különösen gazdaságos az eljárás alkalmazása. Fokozza az elérhető megtakarítást ha a cementtalaj alapok készítéséhez közvetlenül az alapgödörből kiemelt talaj felhasználható.

A cementtalaj alapok számítása a sovány beton alapokéhoz hasonlóan történik. A számításba veendő kockaszilárdságot helyszínen gyártott próbatestek törési eredményeiből kell meghatározni.

A cementtalaj alkalmazása lakóházak építésénél a Szovjetunió kivül más országokban is elterjedt. Így pl. Indiában több ezer ház épül cementtalajból.

3. Cementtalaj padló aljzatok

A padló aljzatok általában zúzott kőből homok terítésből, vagy sovány betonból készülnek.

Ezek helyett az aljzat is készíthető cementtalajból. Különösen raktárak, magtárak és hasonló alapterületű és egyenletesen megoszló terheléssel terhelt padlózatok

aljazatának készítésére használható előnyösen a cementtalaj. A Szovjetunióban szerzett tapasztalatok kedvezőek. Természetesen erős fizikai hatásoknak, pontszerű terheléseknek kitett aljazatok nem készíthetők belőle.

VI. A munkák ellenőrzése és minőségi átvétele

Cementtalajok alkalmazásának bevezetésekor különösen eleinte az átlagosnál hatékonyabb minőségi ellenőrzés szükséges.

Meg kell vizsgálni a felhasznált anyagok minőségét, a keverést és a bedolgozást, valamint az esetleges tömörítést.

VII. Gazdasági mutatók

A Szovjetunióban elvégzett gazdasági-műszaki kiértékelés a cementtalajok felhasználásának gazdaságosságára az alábbi főbb eredményeket adta:

a) Alapok esetén a cementtalaj alkalmazása kb. 40%-os költségmegtakarítást eredményez.

b) Aljazatok esetén a megtakarítás 30%—50%.

c) Falazóblokkok esetén a megtakarítás 10%.

Fokozza a megtakarítás jelentőségét, hogy az részben hiánycikknek számító építési anyagból (terméskő, cement stb.) adódott, részben pedig szállítási költség megtakarításból, ami ugyancsak építőiparunknak egyik szűk keresztmetszete.

Hazai tapasztalatok még csak kis mennyiségben állnak rendelkezésre. A Sztálinvárosban végzett kísérleti jellegű alkalmazásnál (1952-es árszinten) kb. 45%-os megtakarítás adódott alapok, illetve aljazatok készítése során. A hazai kisebb szállítási távolságokat figyelembe véve az a)—c) pontban közölt megtakarítások nálunk valószínűleg 5—10%-kal csökkentendők, de a cementtalaj alkalmazása mindenképpen gazdaságos.

VIII. Hazai teendők a cementtalajnak, mint új építőanyagnak bevezetésével kapcsolatban

A fenti ismertetésből látható, hogy a cementtalaj bevezetésének igen nagy gazdasági előnyei vannak. A forintban kifejezett megtakarításon kívül jelentős építőanyag és szállítási kapacitás megtakarítás is mutatkozik, és így építőiparunk két szűk kapacitásán sikerül ezzel enyhíteni.

Az ipari bevezetés előtt természetesen bizonyos teendőket kell elvégezni, amelyek nélkülözhetetlenek a cementtalajból készült szerkezeti elemek használatának megnyugtató bevezetéséhez.

A legfontosabb teendők a következőkben foglalhatók össze:

1. Laboratóriumi kísérleteket kell végezni a hazai talaj- és cementfajtákkal. Ezek során részletesen tanulmányozni kell a cementtalajok fizikai és kémiai tulajdonságait. A kísérleteknek a cementtalaj utakkal kapcsolatban elvégzett kísérletek eredményeiből kell kiindulni és azokat kell továbbfejleszteniük. Felhasználhatók a Szovjetunióban már elvégzett kísérletek is.

2. Kísérleteket kell végezni a cementtalaj keverésére, bedolgozására és tömörítésére, valamint idő és fagyállóságának megállapítására. Itt is részben támpontul szolgálhatnak az utakkal kapcsolatban már elvégzett kísérletek, valamint kiindulási alapként támaszkodhatunk a fentiekben ismertetett eredményekre.

3. Számításba kell venni a cementtalajok készítésére alkalmas (jelenleg rendelkezésre álló), valamint a perspektivikusan beszerzendő gépparkot és meg kell tervezni esetleg egy-két speciális gépet is.

4. Kísérleti építkezést kell szervezni, ahol a cementtalaj mint építési anyag felhasználásra kerül. A kísérleti építkezés helyéül elsősorban Sztálinváros javasolható, ahol talajmechanikailag legalkalmasabb lösztalaj van és a helyi vállalatok gépesítése is alkalmas a kísérletek elvégzésére.

Ezenkívül a Sztálinvárosban lévő sok műszaki dolgozó ellátja a kísérleti épületek viselkedésének huzamosabb időn keresztül történő szakszerű megfigyelését.

5. Brosúrát, illetve műszaki előírást kell készíteni az előzőekben elvégzett kísérletek alapján. Ez már végleges javaslatokat tartalmazhat a cementtalajnak mint új építési anyagnak bevezetésére.

IRODALOM

- (1) Magyar Tudományos Akadémia Építési Főbizottsága által létrehozott Bizottság jelentése: „Talajszilárdítás az útépítésben” (1959).
- (2) *Kézdi Árpád*: „Talajmechanika I—II.” Tankönyvkiadó (1952—59).
- (3) *Kézdi Árpád*: „Cementtalajok vizsgálata és méretezése”. Közlekedési Kiadó (1951).
- (4) *Aszkanov—Tonkin*: „Cementtalaj épületek és létesítmények”. Moszkva (1957).
- (5) *Raymond, S.*: „The Stabilization of Soil with Cement” (Civil Engineering 1958).
- (6) *Olare, K. E.*: „Soil Stabilization in Germany. Extensive development of machinery (Engineering 1954. 178 köt.).
- (7) *Methods of test for stabilized Soils.* (1957. Angol szabvány).

Föld alatti vezetékek és ezek hibahelyeinek felderítése elektronikus műszerekkel

CSANDA FERENC

Az üzemek, gyártelepek, városok és lakótelepek nagy része a föld alatti vezetékek terveinek részleges vagy teljes megsemmisülése, a vezetékek időközbeni módosítása, átalakítása, a tervnélküli építkezések stb. miatt nem rendelkezik olyan tervekkel, amelyek a vezetékek helyét a tényleges állapotnak megfelelően, megbízhatóan tüntetik fel. Ezek a hiányok, s a belőlük származó nehézségek és károk különösen a háború sújtotta országokban jelentkeznek, de kisebb- nagyobb mértékben csaknem valamennyi országban is előfordulnak.

A különféle víz-, csatorna-, gáz-, villamos-, fűtő-vezetékek valóságos helyzetét feltűntető tervek nemcsak a további tervezésekhez, bővítésekhez, átalakításokhoz szükségesek, de az üzemeltetéshez és karbantartáshoz is. Fontosak ezek a tervek az érintett területen történő építkezésekhez (épületek, utak, újabb vezetékek stb.) is. Számos esetben származott már időkiesés, nehézség és kár, ha egy-egy munkagödör, vagy munkaárok kiásása közben nem várt vezetékre bukkantak.

A közöltek miatt azokon a helyeken, ahol a vezetékek helyét, anyagát, méretét, állapotát stb. egyáltalában nem, vagy csak részben ismerik, az egyes vezetékeket fel kell kutatni, meg kell állapítani azok vízszintes és magassági helyzetét a szükséges műszaki adatokkal együtt. Éppen ezért ennek a kérdésnek mindinkább nagyobb a jelentősége.

A vezetékek valóságos helyzetét feltűntető tervek készítésére, a vezetékek hibahelyeinek megállapítására, illetve felülvizsgálására irányuló munkák általában a következő csoportokba oszthatók :

I. A vezetékek helyének felderítése.

II. A felderített vezetékek vízszintes és magassági geodéziai felmérése ; a szükséges helyszínrakoz, tervek elkészítése.

III. A hibahelyek, hiányosságok megállapítása, a vezetékek felülvizsgálata. Ezek a feladatok az előzőektől függetlenül önálló munkákként is kezelhetők.

IV. Az I., II., és III., pontokban közölt munkákat szükségképpen még kiegészítheti a hiányosságok megszüntetésére, a helyes és zavartalan üzemeltetéshez szükséges műszaki tervek készítése.

Az esetek túlnyomó részében az I. pontban említett munkák, tehát a felkutatás, felderítés, valamint a III. pontban ismertetettek közül a hibahelyek megállapítása a legnehezebb.

Ebben a cikkben a felkutatási, felderítési és a hibahelyek megállapítási munkákkal foglalkozom.

A föld alatti vezetékek vízszintes és magassági helyzetét ott, ahol nem áll rendelkezésünkre a vezetékeknek megfelelő számú felülről is észlelhető pontja, tartozéka (akna, szerelvények stb.), egyszerű módon, közvetlenül nem állapítható meg.

Az egyes vezetékek helyének külső feltárással, kiásással történő megállapítása igen hosszadalmas

és költséges munka, de sokszor körülményes is, mert burkolatok bontásával, a forgalom és az üzem akadályoztatásával stb. jár. Éppen ezért törekednek olyan eljárások kidolgozására, illetve készülékek, műszerek építésére, amelyekkel az említett költséges és körülményes munkák megtakaríthatók.

E törekvések eredményeképpen ma már több eljárás, módszer, készülék és műszer ismeretes. Ez idő szerint vezetékkutatásra és nyomás alatt álló vezetékek hibahelyeinek megállapítására legjobban az elektronikus műszerek a legmegfelelőbbek, s ezeknek van a gyakorlatban a legnagyobb jelentőségük.

Az alábbiakban ezekkel az elektronikus műszerekkel és alkalmazásukkal foglalkozom.

Az elektronikus vezetékkutató műszerek alkalmazhatósága szempontjából a vezetékeket két csoportra osztjuk :

A) Fémanyagú vezetékek.

B) Nem fémanyagú vezetékek.

E megkülönböztetés azért szükséges, mert más az eljárás fémanyagú és más a nem fémanyagú vezetékeknél.

A) Fémanyagú vezetékek felderítése

A keresendő, fémanyagú, öntöttvas, acél, ólom stb. vezeték, a különféle kábelek és az elektronikus vezetékkutató műszer közötti kapcsolat lehet :

1. fémes
2. indukciós (adóval vagy adó nélkül).

1. Fémeskapcsolatú eljárás

Az elektronikus vezetékkutató műszer elvét egy fémes kapcsolatú műszeren keresztül mutatom be :

Az elektronikus vezetékkutató műszernek két lényeges fő része van : az elektromos rezgéseket gerjesztő generátor (továbbiakban : adó) és a nyomvonal, illetve a mélység megállapításához szükséges kereső, a hozzá tartozó erősítővel és fejhallgatóval (a továbbiakban : vevő).

Az 1. ábrán egy adó és vevő látható. A készülék 110 és 220 volt feszültséggel használható. Ott, ahol a vezetékes áram biztosítása nehézségbe ütközik, telepes, illetve akkumulátoros készüléket alkalmazhatunk.

A 2. ábra a nyomvonal, illetve mélység megállapításának elvét tünteti fel. Az elektromos rezgéseket gerjesztő generátor egyik kimenő végét a keresendő fémes vezetékhez csatlakoztatjuk. Ez történhet tolózáracon, locsoló szelepeken, vagy tűzcsapokon stb. A generátor másik kimenő végét vas-szonda segítségével földeljük. Így a vezeték körül ekvipotenciál felületű elektromágneses tér keletkezik. Első lépésben tételezzük fel, hogy ezek

az elektromágneses rezgések koncentrikus hengerfelületek mentén terjednek.

A nyomvonal megállapítása a vevővel történik oly módon, hogy a vevő lapját vízszintesen tartva (a vevő nyele függőleges) a csővezeték várható irányára merőlegesen addig haladunk, amíg a fejhallgatóban észlelt bűgő hang csökken, illetve csaknem teljesen megszűnik (az ábrán „A” helyzetet). A gyakorlatban a vevőnek a nyomvonalától jobbra-balra való elmozdításával ez a hely határozottan, pontosan és gyorsan megállapítható.

A fejhallgatóban észlelt bűgő hang abból ered, hogy a vezeték körül megfelelő frekvenciával váltakozó hengeralakú ekvipotenciál felületek keletkeznek, s az elektromágneses tér erővonalai a vevő lapját metszik. Az erővonalak a vevő lapját akkor nem metszik, ha a vevő lapja úgy helyezkedik el, hogy érintője az erővonalaknak. Ez a vevő lapját vízszintesen tartva a vezeték függőlegesében következik be s ebben az esetben ezen a helyen nem indukálódik a vevőben az adóberendezés frekvenciájával azonos rezgésszámú villamos áram.

A vezeték magassági helyzetét ugyanezen elv alapján határozhatjuk meg oly módon, hogy a vevőlapot a függőlegeshez képest 45° -os szögben elforgatjuk s az előzetesen megállapított nyomvonallra merőleges irányba távolodva figyeljük azt a helyet, ahol a fejhallgatóban a bűgő hang ismét minimumra csökken. (Az ábrán „B” helyzet.)

Ezen a helyen a vevő lapja ismét érintőlegesen helyezkedik el az ekvipotenciál hengerre. Mivel 45° -os síkot állítottunk elő, ez a vízszintes távolság a 2. ábrán látható „a” hossz levonása után azonos a mélységgel. Vannak olyan vevők is, amelyeknél a köralapú lap helyett, köralakú keret vagy csúcsban végződő hengeres részt találunk. Ezek is azonos elven működnek, csupán érzékenységükben mutatnak eltérést.

A gyakorlatban azonban az eljárás nem ilyen egyszerű. A Mélyépítési Tervező Vállalat (MÉLY-ÉPTERV) hosszú idő óta folytatott helyszíni és laboratóriumi kísérletei, megfigyelései, valamint elméleti számításai azt igazolják, hogy az elektromágneses rezgések általában nem koncentrikus hengerfelületek mentén terjednek.

A 3. ábra pl. olyan esetet tüntet fel, ahol az elektromágneses rezgések ferde tengelyű ellipszis henger felületek mentén terjednek. Ezen az ábrán is figyelmen kívül hagytam azt a körülményt, hogy az erővonalak a talajból kilépve bizonyos változást mutatnak. Ez azonban nem befolyásolja az elv megismerését. Az, hogy ezeknek a görbéknek eltérése a körtől milyen mértékű és alakú, továbbá az, hogy pl. a 3. ábrán feltüntetett esetben az ellipszis milyen dőlésű és irányú, számos tényező függvénye. Közrejátszhatik a talaj minősége, nedvességi állapota, a vezeték mérete, mélysége s nem utolsó sorban az adó, valamint a földelő vas-szonda elhelyezése.

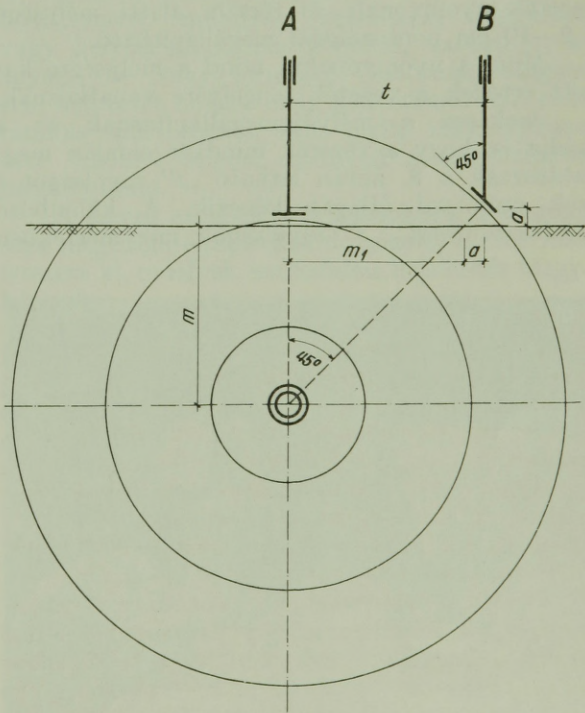
Az ábrán feltüntetett esetben a fenti elv figyelembevételével a vevő által jelezett nyomvonal Δ_1 értékkel tér el a valóságostól. Mélységmegállapításakor az eltérés még nagyobb. Jelen esetben ez a Δ_2 érték már számottevő.

A Δ_1 és ξ értékére a hosszú időn át folytatott



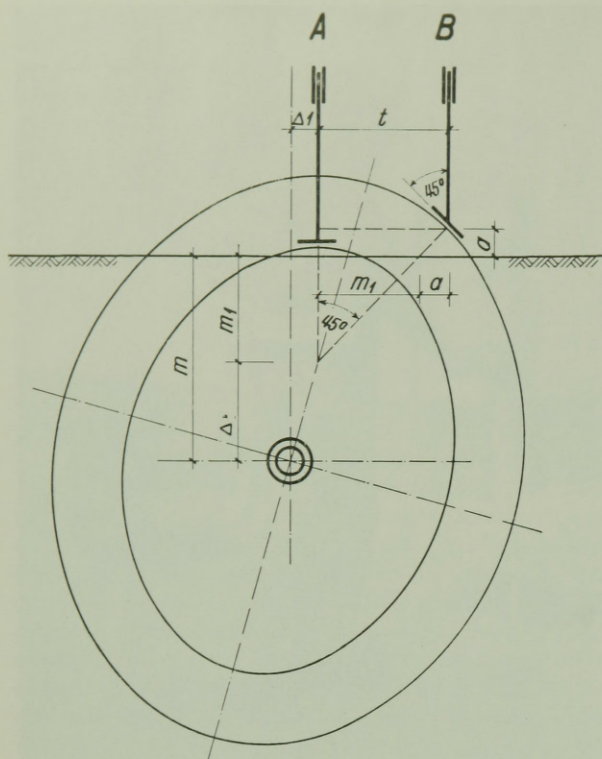
1. ábra

kísérletek, megfigyelések, valamint elméleti megfontolások alapján megbízható adatokkal rendelkezünk. Ezeket az adatokat az előzőekben már említett befolyásoló tényezők figyelembevételével táblázatba foglaltuk. Ennek használatával most



$$m = t - a$$

2. ábra



$$\begin{aligned} t &= m_1 + a & m &= m_1 + \Delta_2 \\ m_1 &= t - a & \Delta_2 &= \Delta_1 \xi \\ m &= t - a + \Delta_1 \xi \end{aligned}$$

3. ábra

már a vezetékek vízszintes és magassági helyzete általában $\pm 1-5\%$ pontossággal megállapítható. Ez pedig a gyakorlatban támasztott követelményeket kielégíti. Pl. a 2 m mélyen levő ismeretlen vezeték nyomvonala és térszín alatti mélysége $\pm 2-10$ cm pontossággal megállapítható.

Mind a nyomvonalra, mind a mélységre kapott értékek a vezeték tengelyére vonatkoznak.

Szokásos a mélységmegállapításnak az a módja is, hogy a vezeték mindkét oldalán meghatározzák a 3. ábrán látható „t” távolságot s ezek számtani átlagát képezik. A különböző oldalokról mért, „t” távolságok nagymértékben



4. ábra

különözhetnek egymástól s a belőlük kapott számtani átlagok sok esetben nem adnak megbízható értéket. Ezért ezt az eljárást fenntartással kell használni.

A fémes csatlakozású eljárást alkalmazva, ügyelni kell a földelő szonda helyes elhelyezésére, mert ez nagymértékben befolyásolhatja az eredményeket. A szonda elhelyezése a helyi viszonyoktól függően többféle lehet. Bizonyos körülmények között pl. magára a vezetékre is köthető. Általánosságban azonban arra törekedjünk, hogy a szonda lehetőleg minél messzebbre (10–50 m) kerüljön a keresett vezetéktől. Az adó és a földelés közelében nem kapunk megbízható értékeket.

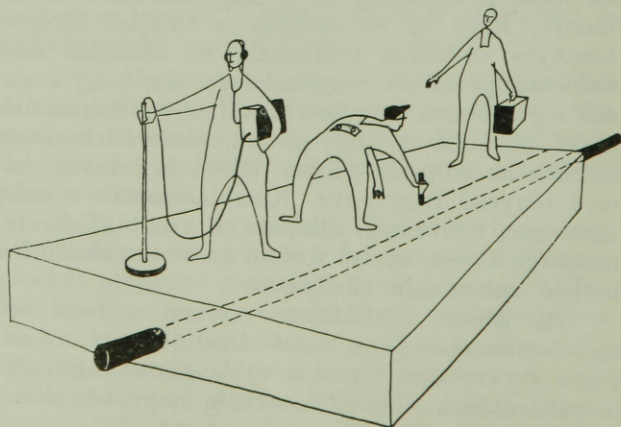
A fémes csatlakozású eljárásnak lényeges követelménye, hogy a szonda elhelyezését a legkedvezőbb ellenállás (ohm-érték) figyelembevételével végezzük. Ezért az adóhoz szervesen tartozik egy Ohm-mérő is. A műszeren a szonda vezetéket a mért ellenállásnak megfelelő helyen kell csatlakoztatni. Fémes kapcsolatú eljárást mutat be a 4. ábra is.

2. Indukciós kapcsolatú eljárás

Használatosak olyan adóberendezések is, amelyek nem teszik szükségessé a keresett vezetékekkel a közvetlen (fémes) kapcsolatot.

Ezzel az eljárással a vezeték keresése következőképpen történik. A vezeték egy ismert pontját használjuk fel kiindulásul. Az adót lehetőleg pontosan e fölé helyezzük oly módon, hogy az adó hossz tengelye párhuzamos legyen a vezetékekkel. Ezután a vevővel megfelelő távolságban (5–25 m) a fémes kapcsolatú eljáráshoz hasonló módon keressük a vezetéket. A vevőben a bűgő hang minimumra csökkenése jelzi azt a helyet, ahol a keresett vezeték fölött vagyunk. Bizonyos távolság után az adó energiája észrevehetően csökken. Ilyenkor az adót a már felkutatott nyomvonalon a kereső után visszük és a kutatást folytatjuk.

A kutatás oly módon is végezhető, hogy az adót nem helyezzük le a terepre, hanem egy személy a vevőt 10–25 m távolságban követi az adóval. Így a munka folyamatos lehet tetszés szerinti hosszúságban. A jó eredmény elérése végett figyelni kell arra, hogy az adó lehetőleg pontosan a már felkutatott vezeték fölött legyen. A mérést vázlatosan az 5. ábra tünteti fel.



5. ábra

Ha a keresendő vezetéknek egyetlen ismert pontja sincs, vagy pedig annak megállapítása a feladat, hogy van-e valamely területen a földben fémanyagú vezeték, a következő eljárás alkalmazása célszerű.

A vevővel és adóval egymástól 15—20 m távolságban párhuzamosan több irányban bejárjuk a területet, s a vevőben figyeljük a bűg hangot. Jó eljárás az is, amikor a vevő áll, az adó pedig megfelelő távolságban mozog. A fejhallgatóban jelentkező bűg hang után a vezeték helyének megállapítása a már ismertetett módon történik.

Az indukciós eljárásnak további módja az, amikor a vezeték megállapításához csak a vevő szükséges. Ez a módszer feszültség alatt levő villamos vezetékek, kábelek felderítésére alkalmazható. Ilyenkor a vezeték saját frekvenciáját használjuk fel. A vezeték helyzetének megállapítása egyébként itt is az előzőekben már ismertetett módon történik.

Hogy melyik eljárást alkalmazzuk, s melyikkel kapunk jobb eredményt, az a helyi körülményektől függ. Általában városokban, sűrűn lakott településeken, üzemekben és gyárakban, ahol a vezetékek sűrűbben helyezkednek el, a fémcsatlakozású módszerrel megbízhatóbb adatokat kapunk. Ezzel az eljárással egymással párhuzamosan vagy egymás fölött haladó vezetékek esetén is megfelelő eredményt kapunk. Az indukciós mérés ilyenkor avval a veszéllyel járhat, hogy egyik vezetékről akaratlanul is áttérünk a másikra.

Az alkalmazandó műszer típusát is a helyi körülmények szabják meg. Pl. olyan helyen, ahol nem kell számolni sok zavaró körülménnyel, alkalmazhatjuk a kis teljesítményű (0,5 watt) készüléket, míg zsúfolt területen és zavaró körülmények esetén a különleges nagyteljesítményű (8—40 watt) készülékek alkalmazása célszerű.

Az adók egy része már olyan módon készül, hogy alkalmasak fémcsatlakozásra is. A használatos adók általában 1000—1100, illetve 10 000 Hz frekvenciával dolgoznak, de vannak ezektől eltérő frekvenciával dolgozó adók is. Az olyan adók, amelyek mind fémcsatlakozású kapcsolásra is használhatók, rendszerint két frekvenciával rendelkeznek (1,1 és 10 kHz). Hogy melyik frekvenciát alkalmazzuk, azt a helyi körülmények szabják meg. Indukciós eljáráshoz általában a nagyobb frekvenciát használjuk.

A kimenő teljesítmény általában 0,5—10 watt között változik, de vannak ennél nagyobb teljesítményű adók is. A kimenő ellenállás több fokozatú lehet, pl. 5, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 stb. ohm. A készülékek egy része már tranzisztoros. Az energiaforrás lehet 110, 220 voltos váltóáram, vagy akkumulátor, illetve elem.

Az újabb műszereken mikroampermérő is található. Ennek segítségével a vezeték helyzete nemcsak hangból, hanem optikai úton a műszer mutatójának állásából is megállapítható. Meg kell még jegyezni, hogy az adók üze me folytonos vagy impulzusos lehet. Ennek megfelelően a fej-

hallgatóban észlelt hang is vagy folytonos vagy impulzusos.

A fémcsatlakozású eljárásoknak hatótávolsága az adó helyzetének megváltoztatása nélkül, a helyi körülményektől függően, vízszintes értelemben többszáz méterig terjedhet, a hatómélység pedig általában 8—10 m. Az indukciós módszert használva a vízszintes hatótávolság kisebb, úgyszintén a hatómélység is.

Elfedett szerelvényeszekrények, aknafedlapok felderítése

Gyakran nehéz feladat az elfedett, betemetett, útburkolattal stb.-vel eltakart tűzcsapok, tolózárok, locsolószekrények és egyéb szerelvények szekrénye és aknafedlapok felkutatása.

E munkák végzését megkönnyítik az e célra készített műszerek. Ilyen pl. a szekrénykutató műszer, amely kereső keretből és fejhallgatóból áll, a hozzá tartozó erősítővel. A műszer hatómélysége kb. 50—80 cm. A keresett szerelvények helyét a hallgatóban jelentkező hangból állapítjuk meg.

Használatosak a mágneses kereső készülékek is. Ezek mindössze kb. $8 \times 10 \times 13$ cm nagyságúak és kb. 40 cm mélységig alkalmasak általában minden olyan anyag felkutatására, amely mágneses vagy mágnesesítható. Ezzel a műszerrel jól megállapíthatóak a fentiekben kívül a falban vakolat alatt levő vezetékek is. A vezeték vagy szerelvény helyét a műszer mutatója jelzi. Ügyelni kell arra, hogy használat közben a műszer ÉD-irányba álljon.

B) Nem fémanyagú vezetékek felderítése

A nem fémanyagú, tehát a különböző azbesztcement, műanyag vezetékek, előgyártott, vagy helyszínen készített beton, vasbeton-, kőagyag-, fa- vagy terméskő csatornák, alagutak stb. helyzetét hosszú ideig közvetlenül sem elektronikus műszerekkel, sem pedig más eljárással nem lehetett olcsón, könnyen s megbízhatóan megállapítani.

A szerző ezeknek a feladatoknak a megoldására megfelelő eljárásokat dolgozott, illetve kísérletezett ki, amelyek szabadalmi bejelentés tárgyát képezik.

Ezek az eljárások egyaránt alkalmazhatók földbe, betonba, épületek falába stb. helyezett nem fémanyagú vezetékek és csatornák helyzetének meghatározására is, függetlenül attól, hogy a vezetékekben, illetve csatornáknak van-e nyomás, illetve gravitációs-e az áramlás avagy nincs bennük folyadék.

Hibahelyek megállapítása

A közműhálózatok felderítési munkáival célszerűen együtt jár a hibahelyeknek a megállapítása is, bár ez a munka függetlenül a felderítéstől önálló munkaként is kezelhető. A helyes, gazdaságos üzemeltetés megkívánja, hogy az egyébként ismert vezetéket is rendszeresen felülvizsgálják és a hibákat megszüntessék.



6. ábra

Először a nyomás alatt álló vezetéken levő rejtett szivárgási, csőrepedési helyek megállapításával foglalkozom, függetlenül attól, hogy a vezeték anyaga fém-e, vagy nem. Legnagyobb jelentőségű a vízvezetéki elfolyások helyeinek megállapítása. Világszerte általános szükséglet a vízzel való takarékoság. Ennek egyik módja a hálózati veszteségek minimumra való csökkentése. Gyakori jelenség az, hogy a termelt vízmennyiségnek 15—35, sőt egyes helyeken még ennél több százaléka is nem jut el a fogyasztókhoz, hanem felhasználatlanul rejtett repedéseken, töréseken elfolyik, elszivárog. Ezek a veszteségek igen számottevőek. Pl. Egy 100 000 lakosú város vízellátásában, ha csak 10%-kal csökkentjük a hálózati veszteségeket, már ez is évi több, mint 700 000 m³ víz megtakarítását eredményezi.

Az alábbi eljárással a vízvezetéki hálózatokon levő hibák helyeinek meghatározását ismertetem, de az eljárás értelemszerűen alkalmazható minden földbe fektetett nyomás alatt álló vezetékre is, függetlenül attól, hogy azok anyaga fém-e, vagy nem. Így tehát ez az eljárás érvényes a különféle víz-, gőz-, levegő-, olaj- stb. vezetékekre is.

A hibahely megállapítása általában két részben történik. Először közelítőleg állapítjuk meg a helyet, s csak ezután kerül sor a pontos meghatározásra.

a) A hibahely közelítő meghatározása a helyi körülményektől függően többféle módon történhet. Általánosságban a hibakereső készüléket több könnyen hozzáférhető helyen érintkezésbe hozzuk a vizsgálandó vezetékekkel. Ez történhet a szerel-

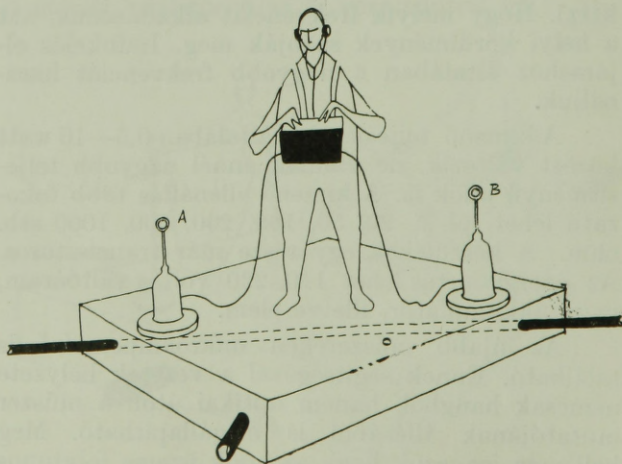
vények orsóihoz, száraihoz, tűzcsapokhoz, locsolószelepekhez stb. kapcsolással. Az egyes helyeken észlelt zörejek erősségéből következtethetünk a hiba közelítő helyére.

A hibakereső készülékek többfélék. A legegyszerűbbek, de egyben a legkisebb teljesítményűek az erősítő nélküli zseb-, ill. kézi hallgatók. Az erősítővel ellátott hibakereső készülékek már komoly fejlődés eredményei. Ezekkel a vezetéken levő hibahelyeken fellépő elfolyási zörejek 1700—20 000-szeres értékre erősíthetők (6. ábra). A készülékek külső áramforrást nem igényelnek. Egy részük már tranzisztoros. Az érintő rudak hossza a szükségnek megfelelően változtathatók. Egy részük alkalmas víz alatti érintkezésre is. Az újabb hibakereső készülékekkel már a különböző helyeken észlelt zörejek nagysága optikai úton is megállapítható és összehasonlítható. A beépített mutató skálán jelzi a zörejek erősségét. A mérés megkezdésekor mind a mutatót, mind pedig a hangerőt is beszabályozzuk. Arra kell ügyelni, hogy az első mérés után a mutató állásán már ne változtassunk.

b) Ha az előzőekben ismertetett eljárással a hiba közelítő helyét már megállapítottuk, következik a hibahely pontos körülhatárolása. Ez is többféle módon történhet. A gyakoribb eljárások közül néhányat ismertetek:

Ismert nyomvonalú vezetéken jól alkalmazható az egy geofonnal való keresés. A készülékkel a vezeték tengelye fölött lépésről lépésre közelítjük meg a hiba helyét. Akkor vagyunk a hibahely fölött, amikor a fejhallgatóban jelentkező hang, illetve a készülék mutatójának a kilengése a legnagyobb. Az érintési zavarok kiküszöbölése végett, a geofont — annak lehelyzése után — kezünkkel ne érintsük.

Dolgozhatunk két geofonnal is (7. ábra). Ebben az esetben mindkét geofont a vezeték nyomvonalán helyezjük el egymástól kb. 3—5 m-re. A készülék üzembehelyezése után előbb az egyik, majd a másik geofont kapcsoljuk be, s a hang erősségét akár a fejhallgatón, akár a műszer mutatójának kilengésén figyeljük. Megfelelő gyakorlattal ezekből következtetni lehet arra, hogy a hibahely a két geofon közé esik-e, vagy nem.



7. ábra

A hibahely ahhoz a geofonhoz van közelebb, amelynél a jelentkező hangok, zörejek erősebbek. (A 7. ábrán a „B” jelű geofon.) Ezután a két geofonnak egymáshoz való fokozatos közelítésével a hibahelyek kellő pontossággal megállapíthatók. Megfelelő gyakorlattal ezzel az eljárással részben, vagy teljesen ismeretlen nyomvonalú vezetékeken levő elfolyási helyek is felkutathatók. A jobb eredmények elérése végett más-más kereső geofon alkalmazása célszerű burkolt vagy burkolatlan területen. Természetesen erre az eljárásra is érvényes az a szabály, hogy — ha az első méréskor megfelelően beszabályozták a mutató állását, illetve a hangerőt — a továbbiakban ezeken változtatni nem szabad.

Kisebbségi igényeknek megfelelnek az egyszerűbb készülékek is. Ilyen pl. az érzékeny membrános hangdobból, fülhallgatóból és az ezeket összekötő kb. 2 m hosszú hajlékony csőből, tömlőből álló geofon. A hibahely megállapítása két ilyen geofonnal történik. Az eljárás menete azonos az előzőekben ismertetettel. A hangdobokat egymástól kb. 2—3 m-re helyezzük el úgy, hogy azok teljes felületükkel érintkezzenek a talajjal. Ügyelni kell arra, hogy vizsgálat közben a műszer hajlékony csövei ne törjenek meg s ne is érintkezzenek egymással. Ez az eljárás különös felkészültséget, jó hallóképességet követel a vizsgálatot végzőtől.

A hibahelyek felkutatását célszerű olyan időben végezni, amikor a legkevesebb a zavaró körülmény. Erre rendszerint az éjjeli időszak a legmegfelelőbb. A vizsgálatok idejére szükség szerint megfelelő helyeken az egyes leágazásokat, fogyasztókat is ki kell kapcsolni.

A gravitációs vezetékek hibahelyei is megállapíthatók értelemszerűen az előzőekben ismertetett módokon, persze figyelembe kell venni azt, hogy a vezetékekben levő folyadék nincs nyomás

alatt. Az ismert eljárások egyike vagy másika, esetleg azok kombinációja megfelelő gyakorlattal és szakértelemmel végezve azokat különösen csatornahálózatok infiltrációjánál, illetve exfiltrációjánál megfelelő eredményeket biztosít.

A különféle kábelek, villamosvezetékek egyes hibahelyeinek megállapítására is felhasználhatók az elektronikus vezetékkutató műszerek. Ilyenkor az adót a helyi körülményeknek megfelelő módon a hibás kábelhez kötjük, így a vevővel a fémes kapcsolató eljárás ismertetett módján a hiba helye megállapítható. A zárlat, illetve a szakadás helyéig a kutató műszer szabályosan jelzi a vezeték helyét. Ahol ez a jelzés megszűnik ott van a hiba.

A teljesség kedvéért még megemlítem, hogy gázvezetékek hibahelyeinek, illetve az azokon kiáramló gáz megállapítására is készültek és használatosak különféle műszerek és eljárások.

Mint látjuk, a vezetékek felderítési és a hibahelyeket megállapító munkákban nagy segítséget jelentenek az elektronikus műszerek. Azt is láttuk azonban, hogy e műszerek alkalmazási módjára meghatározott általános érvényű szabályok nem alkothatók, mert ezek a helyi adottságoktól és körülményektől függően mások és mások lehetnek. Éppen ezért ahhoz, hogy ezekkel a műszerekkel minden esetben megfelelő adatokat kapjunk, megfelelő szaktudás és kellő gyakorlat szükséges.

A MÉLYÉPTERV már hosszú idő óta rendszeresen, szervezeten foglalkozik föld alatti vezetékek helyének felderítésével, felmérésével és felülvizsgálatával. Az utóbbi években mintegy 600 km-re tehető azoknak a vezetékeknek a hossza, amelyeket a MÉLYÉPTERV az előzőekben ismertetett eljárásokkal kutatott fel, illetve felmért.

Pécsi 10 000 m³-es víztároló medencék

SZŐCSIK DEZSŐ

A központi vízművek erőteljes fejlődése és kiépülése időszérűvé teszi a tárolási kérdések tüzetes vizsgálatát. A tárolás kérdése a vízellátási téma szoros tartozéka, mely a csőhálózatban uralkodó nyomásviszonyokkal, az üzembiztonsággal, a gazdaságos üzemeléssel és végül a tárolók tervezésével és építésével foglalkozik. A korszerű vízellátástervezés és üzemelés tehát sokrétű egyéb feladatai mellett a fenti — közvetlen a tárolással összefüggő — négy kérdés ismeretét is megkívánja. Jelen ismertetésünkben csak a Pécssett épülő $3 \times 10\,000$ m³-es medencék technológiai és statikai ismertetését tűztük ki célul, de röviden a fenti szempontokra is ki fogunk térni.

A Pécsi Hőerőmű és Pécs városának és üzemének növekvő vízigénye is szükségessé tette a helyi víznyerő területek felhasználásán túl, egy nagyvonalú regionális vízbeszerzés lehetőségének felderítését. Az érdekelt szervek nagyon helyesen egy olyan tervezetet fogadtak el, mely a pécsi vízellátást és vízműbővítést a Duna mohácsi szakaszáról szállítandó vízzel oldja meg. Az országban egyedülálló 40 km hosszú távvezeték, 700 mm átmérőjű folytacél csövön át napi 40 000 m³ víz szállítást teszi lehetővé.

A vízkivétel Mohácson történik, hol homokszűrés és alumíniumszulfátos előderítés után egy magasnyomású gépház indítja a már előkezelt dunavizet hosszú útjára.

Az üzembiztonság, a hosszú út, a gazdaságos gépi üzem a pécsi oldalon nagyméretű tárolók építését tették szükségessé. A tárolás vázlatos jelentőségét az 1. ábra tünteti fel. Az 1/a ábrán levő görbe vonal a napi vízfogyasztást, az egyenes vonal az egyenletes vízszállítás intenzitását mutatja. Az 1/b ábrán ugyanezen görbék integrálgörbéit tüntettük fel. Az ábrákról leolvashatóan ha a napi egyenletes vízszállítás teljesítménye $t_g \alpha = 40\,000$ m³ akkor t_1 időpontban csak Q_1 vízfogyasztást tudunk kielégíteni és a Q_2 vízfogyasztás hiányként fog jelentkezni. Ha az 1/b ábrán látható Q_0 vízmennyiséget

tároljuk, nyilvánvaló, hogy a Q_2 igényt is kielégítjük, tehát Q_0 tárolással a nagyobb $t_g \alpha_1$ teljesítménynek megfelelő vízigényt is ki tudunk elégíteni.

A hosszú csővezeték fenntartása és a biztonság követelménye a pécsi vízrendszerben a tárolandó mennyiséget 30 000 m³-ben szabta meg, mely a napi szállítás 75%-a. Ez a mennyiség az európai világvárosok változó 50–200%-os napi tartalék mennyiségéhez képest is helyesnek látszik.

A tárolótartályok kialakítását illetően kedvező feltétel volt a pécsi dombvidék, mely alkalmas helyet adott ahhoz, hogy félig földbesüllyesztett elrendezést lehessen választani aképp, hogy a tartály a fogyasztóterület felett kb. 40 m magasan a szükséges nyomást még biztosítani tudja.

A tartály helyes alakjának kiválasztása volt a következő feladat.

A gazdaságosság követelménye geometriailag így fogalmazható meg: a legkisebb kerülettel kell határolnunk egy adott területet. Ezt a követelményt a kör elégíti ki. — Ezért a kör alaprajzot választottuk, mert az említett alapelv figyelmen kívül hagyásából származó hátrányt statikai vagy technológiai ügyeskedésekkel sem lehetett volna behozni.

A 2. ábrán a „történelmi” hűség kedvéért bemutatunk egy régebben megépült kb. 20 000 m³-es monolit tartályt a szerző tervezéséből, mely alapját képezte a három és öt éves tervek beruházásaiban szereplő nagymedence tervezéseinknek. A terven szereplő közel 66 m átmérőjű koncentrikus alakú kétkamrás medence, kitűnő összehasonlítási alapul szolgálhat az időközben elért fejlődés értékeléséhez.

A 3. ábrán mindjárt bemutatjuk a pécsi 10 000 m³-es előregyártott és utánfeszített medencét, mely a nagymedencék építési programjában immár a negyedik helyet foglalja el, ha más sajtósági típusokról nem teszünk említést. Mindjárt hozzátehetjük, hogy az épülő aikai medencékkel már 10-re fog emelkedni a 10 000 m³-es nagymedencéink mellett.

Pécssett, mint említettük 30 000 m³ tárolótér épül, tehát egymás mellett 3 db 10 000 m³-es medence készül, mint három kamrás megoldás. A több kamrára a folytonos üzem, a tisztogatás és karbantartás miatt van szükség.

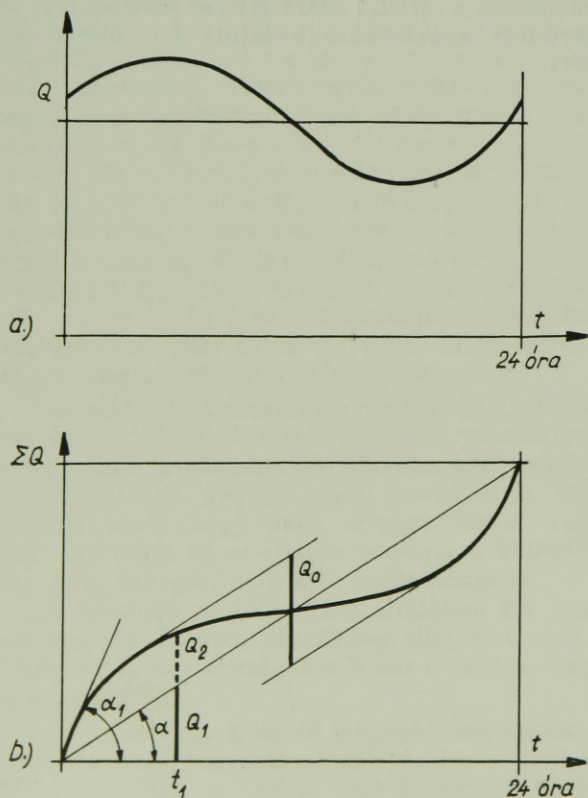
A bemutatott két típust összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a nem koncentrikus medencék helyigényesek, ezt belterületen nagyobb telekártnál gazdaságosan nem alkalmazhatjuk, viszont a koncentrikus alaknál a külső fal 41%-kal hosszabb a belsőnél, azonos kamraürtartalom mellett.

Pécssett szó lehetett volna kettő darab 15 000 m³-es megoldásról, azonban a későbbiekben ismertetett feszítőhuzalok nagy leverési mérete miatt nem jöhetett szóba annak ellenére, hogy a gazdaságosság arányosan nő az átmérő növelésével.

A bemutatott, mintegy 15 év előtt épült jelenleg is üzemelő monolit medence szerkezete: alul felül gombafödém lemezek, a hengerfalak kitérányban teherhordó hajlításmerev membrán héjak, melyek keretszerűen kapcsolódnak a vízszintes elemekkel. A belső tér feletti gombafödém táglási hézaga a külső keret konzolán van. A külső fal nagy 60 cm-es méretére a mintegy 13 m magas földnyomás miatt volt szükség.

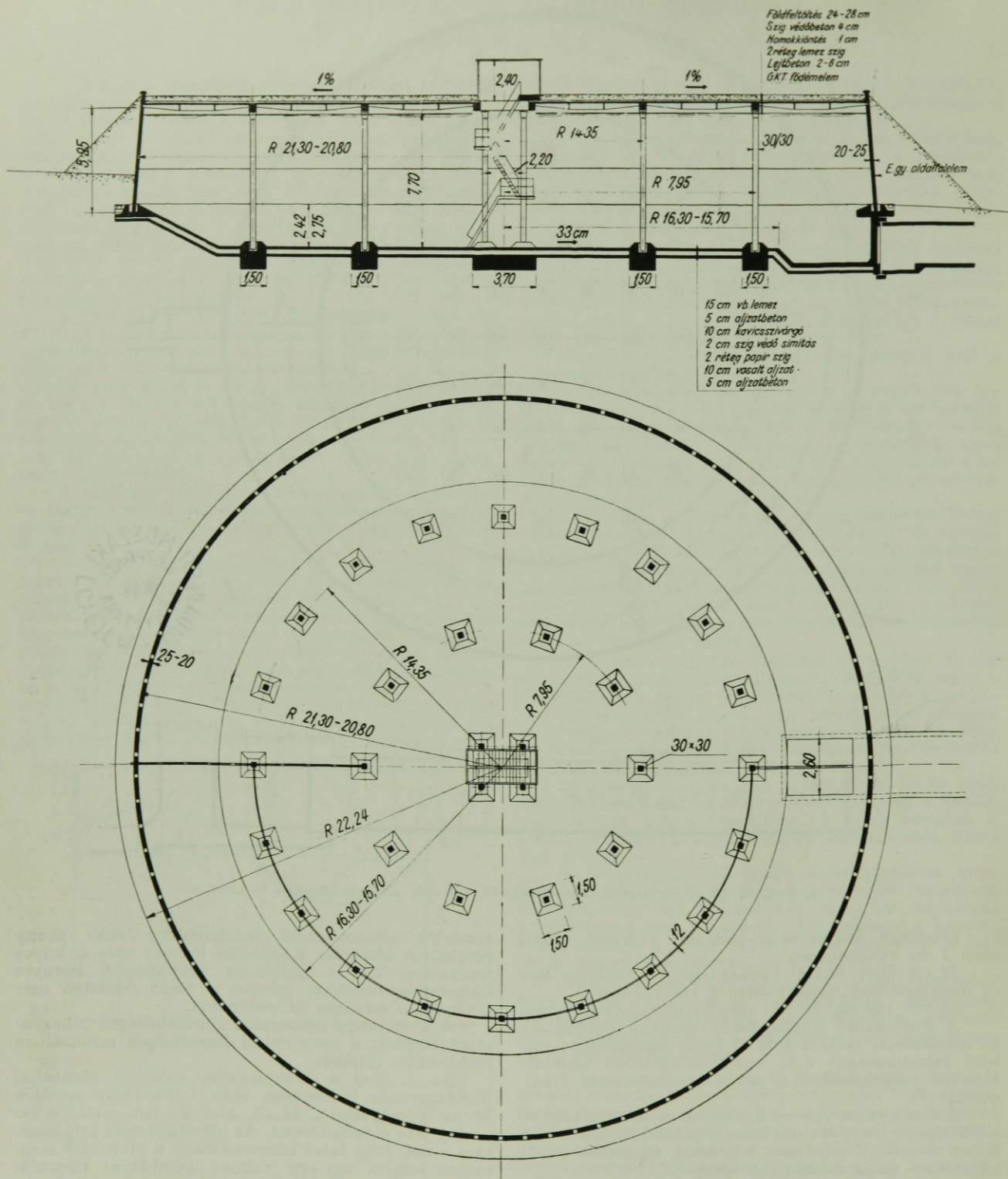
Pécs víztároló medencéinél figyelmet érdemel a fenéklemez kialakítása. A medence altalaja sárga iszapos homokliszt, mely a lefolytatott vizsgálatok szerint makroporozus tulajdonságú, melynek vázas szerkezete koncentrált víz hatására összeomlik, roskad. A magyar lösz-szabályzat szerint ily helyeken fokozott védelem és oly szerkezet beépítése szükséges, mely lehetővé teszi az esetleges vízszivárgás megfigyelését. A fenéklemez rétegei alulról felfelé a következők: 5 cm aljzatbeton,

15 cm vasaltbeton fenéklemez a repedések minimálisra csökkenthetősége miatt,



1. ábra. Vízfogyasztás diagramjai a) a napi vízfogyasztás intenzitás görbéje, b) integrál-görbe





3. ábra. A pécsi 10 000 m³-es medence metszete és alaprajza

gokkal osztott kis táblákban, a már lefedett medence-térben végezték, hogy a már említett repedésmentességet így is elősegítsük.

A 7. ábra a medence külső oldalát mutatja szerelés alatt.

A további munkamenet az oldalfal és födőelemek közötti hézagok betonozása, a födém szigetelése és leterhelése volt. A leterhelés után, amikor már az al-talaj konszolidáció feltehetően lezajlott, betonozták be a fenéklemez munkahézagait.

A vízzel érintkező belső felületek 3×5 mm vastag vízzáró torkrétvakolatot kaptak. Az egyes rétegeket az előző réteg szilárdulása után (kb. 24 óra) hordták fel, az alapfal alapos letisztítása és lemosása után.

A vakolatrétegek faltól kifelé 440, 510 és 590 kg/m³ C 500 minőségű cementet tartalmaztak.

Az elemekből álló medence teljes összeszerelése, betonozása, födémterhelése és vakolása után veszi kezdetét a 150,50 KB minőségű 5 mm $\varnothing$ -jú feszítő huzalok feszültségmentes feltekercselése. Minden négy-

négy huzalt egy teljes kör után a *Magnel*-féle szendvics lemezzel töltünk.

A 8. ábra 2 db $\varnothing 5$ mm acélhuzal toldására szolgáló szerkezetet tüntet fel. A $10\,000\text{ m}^3$ -es medencék-nél 4 db huzal toldására szolgáló szerkezetet használ-tunk, lényegében a 8. ábra szerinti szerkezet meg-kettőzött formáját.

Az oldalfalon 36×4 db feszítő huzal van és ezeket a kúpos oldalfalon a feszültségmentes helyzetből kell az alábbi elv szerint leverni. Az r_1 sugarú feszültség-mentesen felhordott huzalt a $\text{tg } \alpha$ hajlású kúpon az r_2 sugarú körívre kívánjuk lejuttatni úgy, hogy a huzal-ban σ_H feszültség keletkezzen.

A fajlagos megnyúlás a 9. ábra szerint :

$$\frac{r_2 - r_1}{r_1} = \frac{h \cdot \text{tg } \alpha}{r_1} = \frac{\sigma_H}{E_V}$$

és ebből

$$h = \frac{r_1}{\text{tg } \alpha} \frac{\sigma_H}{E_V}$$

Behelyettesítve a $\text{tg } \alpha = 1/12$, $\sigma_H = 10\,500\text{ kg/cm}^2$ és $E_V = 1900\text{ t/cm}^2$ értékeket, a huzalok leverésének szükséges függőleges mérete

$$h = 0,066 r_1$$

A 21,33 m sugárnál már 142 cm leverési méret adódik.

A leverést egy a medencére épített attika falról indítottuk el, melyre a felső sorok lefeszítése miatt volt szükség. A bevezetőben említett $2 \times 15\,000\text{ m}^3$ medenceméret megvalósítására jórészt a lefeszítési tá-volság rendkívül magas volta miatt nem kerülhetett sor. További fejlődést már vagy a csévéológéppel vagy a Freyssinet-féle kábeles megoldással lehetne biztosí-tani.

A 10. ábra az ugyancsak Pécsen már megépült hasonló rendszerű $2 \times 1500\text{ m}^3$ -es víztároló medencét ábrázolja. A hátsó medence feltekercselése elkészült, az előtérben levő feltekercselés alatt áll. A huzalköteg a medence tetejéről csévélődik, a huzal kiosztását a medence körül sűrűn elhelyezett emberek végzik.

Az építési tapasztalat azt mutatja, hogy az elemek helyszíni előregyártása meglehetősen lassan halad, viszont a beemelés, szerelés és a feszítés meglepően gyorsan. Megfelelő feltételek mellett egy $10\,000\text{ m}^3$ -es medencénél az előregyártás gőzöléssel kb. 8 hónapot, szerelés és betonozás 2 hónapot, a feszítés 2–3 hetet igényel.

Statikai számítás

Vizsgáljuk meg a 11. ábra szerinti r sugarú δ fal-vastagságú hengert, mely l magasságig folyadékkal van töltve.

A vonatkozó irodalomra utalva (2), a hengerfal áthajlása

$$w = -\frac{L \cdot r^2}{E \cdot \delta} \gamma \lambda \eta + e^{-\lambda \eta} (C_1 \cos \lambda \eta + C_2 \sin \lambda \eta) + e^{\lambda \eta} (C_3 \cos \lambda \eta + C_4 \sin \lambda \eta)$$

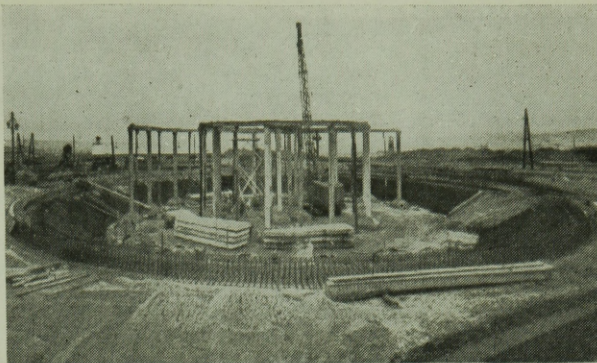
ahol

$$\lambda = \frac{l}{L}; \quad \eta = \frac{y}{l} \quad \text{és} \quad L = \frac{r}{1,31 \cdot \sqrt{\frac{r}{\delta}}}$$

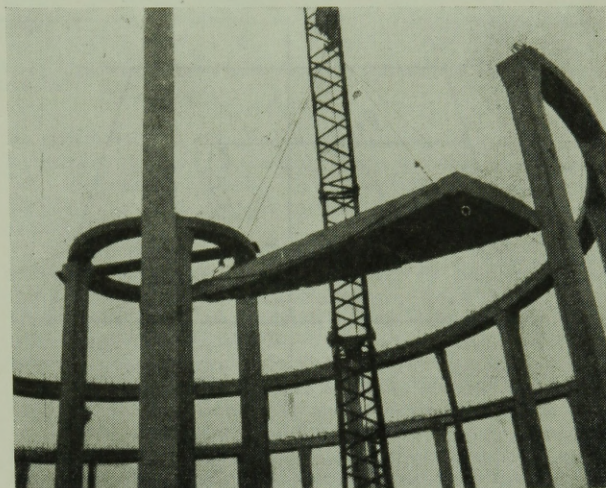
és C_1, C_2, C_3 és C_4 integrálási állandók. A L tényezőt a hengerfal karakterisztikus magasságának szokták nevezni.

Az elmozdulás fenti egyenlete három különböző tagból áll. Ezeket külön-külön vizsgálva három igen érdekes megállapítást tehetünk.

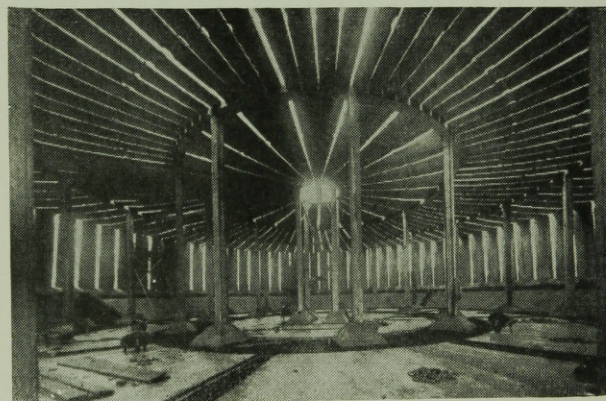
1. Az első tag a hengerfal elmozdulását adja a tiszta membránfeszültségű állapotban, a törzstartónak felfogott alul-felül szabadon elmozduló és elforduló hengerfalon. A második, $e^{-\lambda \eta}$ tényező tag, a henger-fal alsó megtámasztásából származó kerületi erők



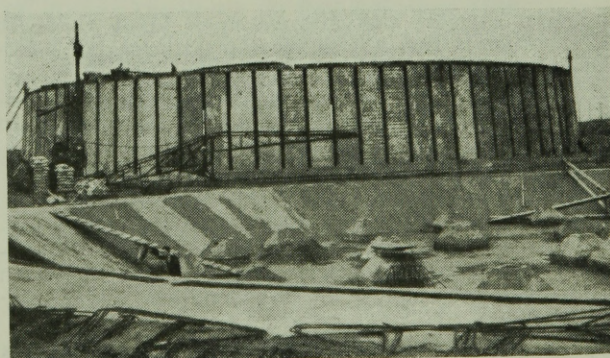
4. ábra. A medence szerelése belülről kifelé halad



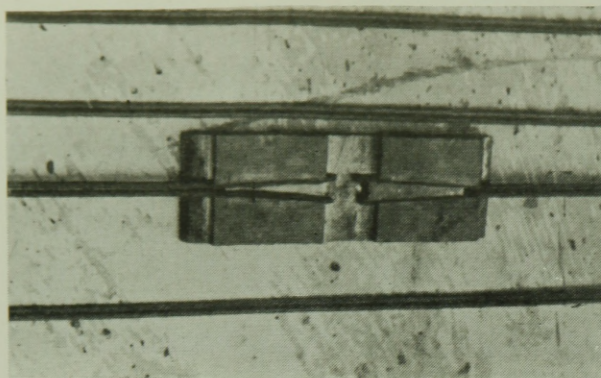
5. ábra. Az első födémek beemelése



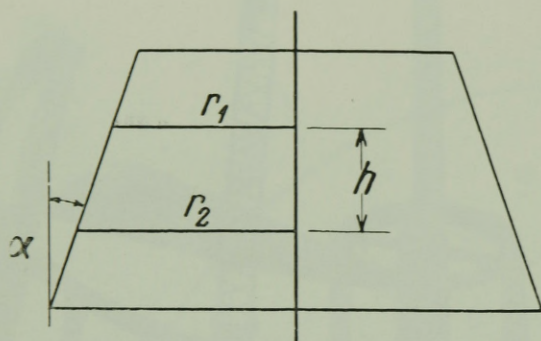
6. ábra. Összeszerelt medence belülről nézve



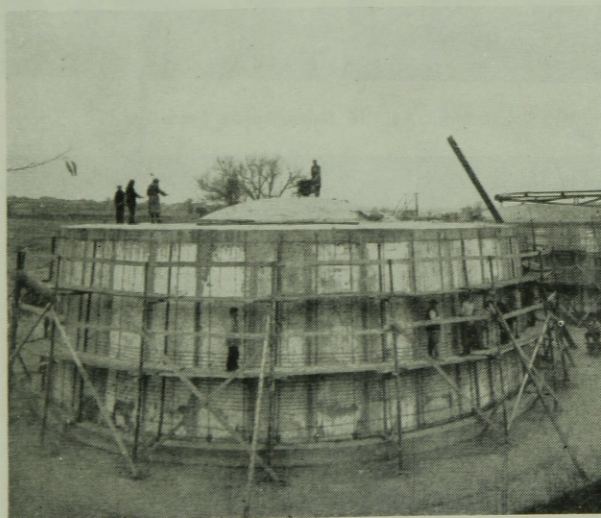
7. ábra. Összeszerelt medence kívülről nézve



8. ábra. Toldólemez a feszítőhuzalok toldására



9. ábra. Vázlat a huzalok feszítésének számításához



10. ábra. Huzaltekerítés a pécsi $2 \times 1500 \text{ m}^2$ -es medencéknél

nyomán létrejött alakváltozást fejezi ki. A harmadik $e^{-\lambda\eta}$ tényező tag, a felső megtámasztottságból keletkező hatást fejezi ki.

2. Az $e^{-\lambda\eta} \cos \lambda\eta$ függvény egy csillapított hullámot ábrázol, melynek amplitudója két félhullám között $\sim \frac{1}{23}$ részre csökken, tehát igen gyorsan csillapodik.

3. $7L \leq l$ feltétel esetén — tehát aránylag karsú magas tartályoknál — a hengerfal alsó perem-erőinek számításánál a felső perem hatása figyelmen kívül hagyható, éppen az előbb említett gyors csökkenés miatt.

Magas tartályoknál az R_1 és M_1 kényszererők (lásd 11. ábra) okozta elmozdulásokat a C_3 és C_4 integrálási állandókat tartalmazó tagok elhagyásával, a

C_1 és C_2 integrálási állandókat az $\eta' = \frac{x}{l} = 0$ helyen $w'' = w''' = 0$ feltételekből kifejezve lehet aránylag egyszerűen meghatározni.

A hengeralakú tartályok befogási nyomatekát előkalkulációhoz Lührs (Beton und Eisen 1934. S. 366) után közelítőleg

$$M = \frac{\delta}{4} \gamma \cdot r \cdot l$$

képletből számíthatjuk.

A $10\,000 \text{ m}^3$ méretű medencék sajnos a $7L < l$ feltételt nem elégítik ki így a mind négy integrálási állandó ismeretére szükség van. Ezeket a kerületi feltételekből számíthatjuk ki. Mivel hosszadalmas számításról van szó, itt csak hivatkozunk (2) alatti irodalomra.

Meg kell említeni még Márkus Gyula idevonatkozó táblázatos összeállításait (5), melyek a hosszadalmas számítási eljárást nagyon lerövidítik.

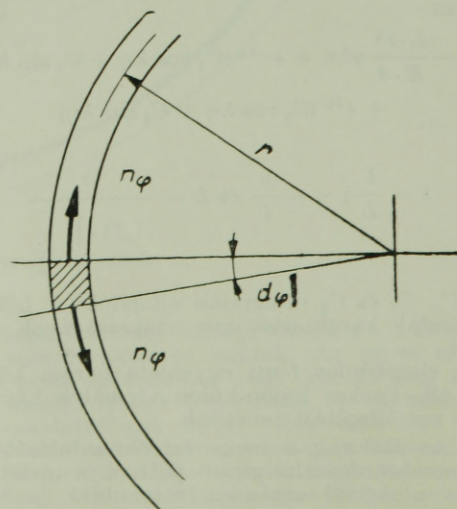
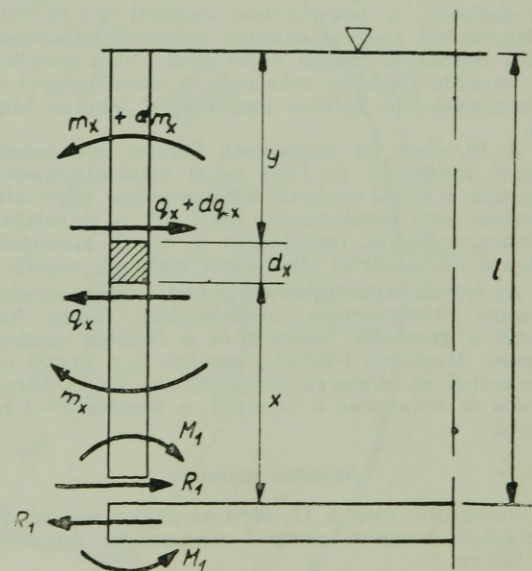
A tartályfal méretszámításánál a legkedvezőtlenebb terhelési eseteket, a többtámaszú tartókhoz hasonlóan, külön-külön kell vizsgálni.

A pécsi medencéknél is a következő terhelési eseteket vettük fel.

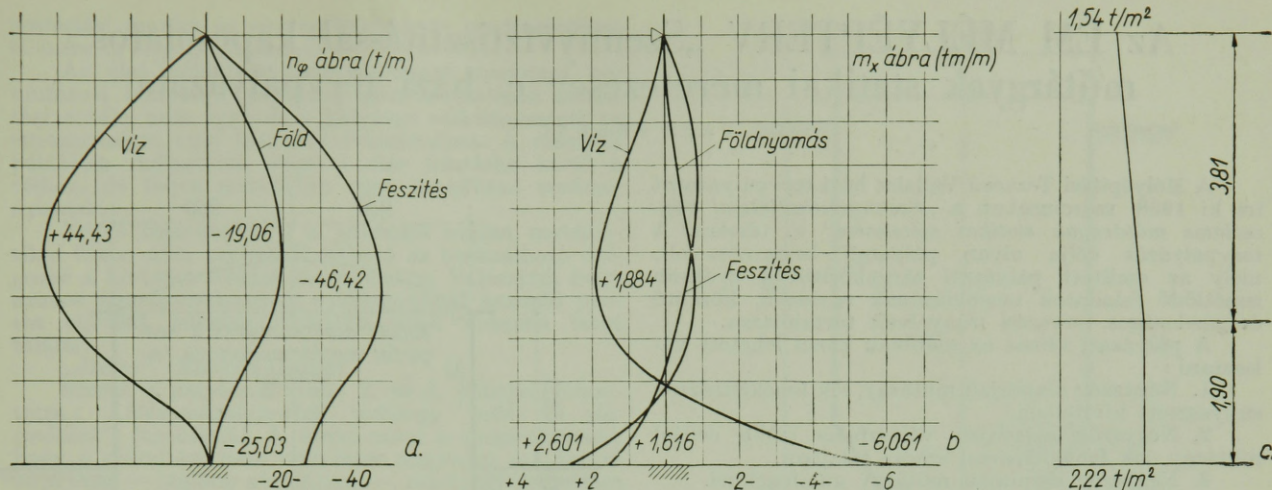
a) Belül víz + kívül feszítés (földterhelés nélkül).

b) Feszítés + földterhelés (a tartály üres).

A belső vízterhelés esete a fentiek alapján pontosan számítható. A földterhelés kérdése már a talaj belső inhomogenitása miatt különböző nehézségeket vet fel.



11. ábra. Az oldalfal belső erőinek vázlata



12. ábra. Az oldalfal belső erőinek ábrái. a) vízszintes gyűrűerők, b) függőleges hajlítónyomatékok, c) a feszítésből származó oldalfalterhelés

A közölt számítási eljárások csak forgásszimmetrikus terhelési esetekre adnak értékeket függőleges értelemben m_x hajlítónyomatékokat, vízszintes értelemben $n\varphi$ -vel jelzett membránereket.

A víztároló medence külső oldalára visszatöltött föld, a tömörítési munka változása miatt, váltakozó előjelű, vízszintes nyomatékokat ébreszthet. Ezért a feszített medencéknél is feltétlenül szükség van a belső oldalon több, külső oldalon kevesebb vasbetétekre.

Buyer (4) egy Regensburgban épített 12,58 m sugarú, 6,68 m magas tartálynál $\pm 1,50$ tm vízszintes nyomatékokat állapított meg $2,80$ t/m² földnyomásnál, illetve a kezelőháznál, egy negyedkör hosszon kimaradt földterhelés miatt. Ez 16 cm falvastagságnál 35 kg/cm², tehát igen jelentős betonfeszültséget okoz. Buyer maga is ajánlja a földfeltöltés igen komoly és egyenletes tömörítését és a feszítést úgy ajánlja felvenni, hogy a vízterheléssel együtt még legalább 10 kg/cm² nyomás-feszültség maradjon a hengerfalban a fenti bizonytalanságok kiküszöbölésére.

A hőmérséklet hatásra kívánunk még rámutatni, melyből ugyancsak pótfeszültségek léphetnek fel. Tehát, ha a falban repedésmentes állapotot kívánunk, úgy valóban a feszítéssel nem szabad nagyon takarékoskodni.

A pécsi 10 000 m³ vízmedencéknél a vízterhelési és külső földnyomásból származó $n\varphi$, m_x membrán-erők és nyomatékok lefutását 12. ábrán tüntettük fel, melyből látható, hogy a hengerfalban alul befogást, felül megtámasztást tételeztünk fel.

A feszítésből származó külső terhelést úgy kívántuk felvenni, hogy feltétlenül kiküszöböljük a húzó feszültségeket, de az üres medence esetén a földnyomással együtt se lépjük túl a megengedett igénybevételeket.

Ideális eset lenne a vízterhelésből származó terhelési ábrát ellenkező előjellel előállítani feszítéssel, ahogyan ezt Buyer két sinus-vonal terhelés összegéből megtette (4). A tapasztalat azt mutatta, hogy a perem-erők hatása alatt nem kapjuk vissza tökéletesen a kívánt hatást. Ezért ismételt számításaink alapján a 12/c ábra szerinti nyomási ábrát vettük fel, mely a húzal veszteségek lejátszódása után lép fel.

A feszítőerőt két részben vittük fel a tartályra, a 12/c ábra szerinti nyomás 60%-át még a szabadon elmozdulható hengerfalnak adtuk át, míg az alsó kapcsolattól zárása — bebetonozása — után a maradék feszítőerő 40%-át alkalmaztuk. Ezáltal a falban úgy tudunk nyomófeszültséget ébreszteni, hogy az alsó befogási nyomaték csak 40% mértékben jelentkezett. A nyomaték nagyságára különben a nyomási ábra helyes megválasztása is kedvezően hatott.

A 12. ábrán bemutatjuk a $n\varphi$ és m_x görbéket. Láthatjuk, hogy fm-ként víznyomásból — 6,061 tm, földnyomásból +2,601 tm, a feszítésből pedig +1,616 tm nyomaték keletkezett, tehát üres állapotban a +4,217

tm nyomatékkal szemben a vízterhelés csak —1,844 tm nyomatékokat okoz; kedvező, hogy a belső vízterhelésből lényegesen kisebb hajlítónyomatékok keletkeznek. Ugyanis a (—) előjelű nyomaték az oldalfal belső részén okoz húzást.

A 12. ábrán látható a 44,43 t/fm, a vízterhelésből származó legnagyobb $n\varphi$ húzóerő és földnyomásból ugyanabban a keresztmetszetben keletkező —19,0 t/fm nyomóerő. Feszítésből a veszteségek lejátszódása után valamivel lejjebb —46,42 t/fm nyomóerő keletkezett. A falban gyakorlatilag a maradék nyomóigénybevétel 10 kg/cm² fölött van, mert az előzők szerint az említett bizonytalanságok miatt erre szükség is van.

Mint nem elhanyagolható tényezőt megemlítjük még a hőhatás kérdését, mely a falban újabb, de gyakran nem számított feszültségek okozója. Az MNOSZ 14 185-53 szerint számítandó a belső víz és a külső földfeltöltés ΔT hőmérséklet-különbségéből az oldalfal két oldalán jelentkező ΔT hőmérséklet-különbség. Levezethető, hogy az említett hőhatásból

$$\sigma_t \approx \sim 2 \Delta t \text{ kg/cm}^2$$

beton húzófeszültség származik. A hőhatás különösen az első vízfeltöltésnél jelentkezhet számottevő értékkel, ezért a vízfeltöltésnél előírtak a legalább 6 napos időtartamot, a fokozatos hőkiegyenlítődéssel miatt.

$$\sigma_t \approx 2x \Delta t \text{ kg/cm}^2$$

tehát a hengerfal C°-ban tapasztalt hőmérsékletkülönbsége kétszeres feszültség okozója lesz kg/cm² dimenzióban.

A pécsi víztároló medencék tervezési munkáját É. M. Mélyépítési Tervező Vállalat, beruházást: az Erőműberuházó Vállalat, generáltervezést: Erőműtervező Vállalat, a kivitelezést az É. M. 26. sz. Építőipari Vállalat végezte, illetve még végzi, mivel a három tartály befejezési határideje ez év vége.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- (1) Girkmann: Flächentragwerke, 1948.
- (2) Beyer: Die Statik im Stahlbetonbau 1948.
- (3) Buyer: Neue Bauart vorgespannter kreszyldrischer Wasserbehälter. B. u. St. 1954.
- (4) Buyer: Zur Berechnung der Vorspannung geschosener Kreiszyldrischen im Stahlbeton Behälterbau, B. u. St. 1957.
- (5) Márkus Gyula: Sík földem és fenéklemzű köralakú tárolómedencék számítása a nyomatékosztás módszerével. Vízügyi Közlemények 1953/II.
- (6) Buyer: Neuere vorgespannte Behälterbauten in Lamellenbauart B. u. St. 1959.
- (7) Hangan—Soare: Cacul rapide des réservoirs cylindriques. Annales de l'institut technique 1959.
- (8) Szócsik Dezső: Víz tároló medencék formakialakításai. Víz művek lapszemléje. 1943.
- (9) Kummer—Salz: Statik und konstruktion des zylindrischen Faulbehälters der kläranlag Celle., B. u. St. 1959.

Az ÉM MÉLYÉPTERV „Szennyvíztisztítással kapcsolatos műtárgyak statikai méretezése” c. házi tervpályázata

PAPP FERENC

A Mélyépítési Tervező Vállalat házi tervpályázatot irt ki 1958 márciusában a „Szennyvíztisztítással kapcsolatos műtárgyak statikai méretezése” c. témára. A tervpályázat célja olyan pályamű beszerzése volt, mely az említett pályázati tárgykörben a gyakran ismétlődő feladatok megoldásának egyszerű, közelítő és gazdaságos tervezési irányelveit tartalmazza.

A pályázati témát az alábbiak közül lehetett választani:

1. Négyyszög alaprajzú műtárgy, sík fenéklemezzel, süllyesztett kivitelben.

2. Négyyszög alaprajzú válaszfalas (több cellás) műtárgy, sík fenéklemezzel száraz talajban.

3. Négyyszög alaprajzú műtárgy gúlafenékkel.

4. Köralaprajzú műtárgy kúpos fenékkel.

A választott műtárgy-típust egy számpéldában úgy elméletileg, mint gyakorlatilag részletesen ki kellett dolgozni. A pályázó szabadon választhatta a műtárgy méreteit és a számítások módszerét, de indokolnia kellett miért választotta a javasolt eljárást, mi ennek az előnye, a gyakorlatban miként használható. A számítás készítésénél alapulvén figyelemmel kellett lenni a vonatkozó és érvényben levő szabványokra, rendeletekre és irányelvekre; kellő indoklással azonban figyelmen kívül hagyhatók voltak az említett szabályzatok és előírások egyes pontjai, sőt javaslatot lehetett tenni az érvényben levő szabályzatok és előírások egyes pontjainak indokolt megváltoztatására.

A pályázatra az alábbi jellegű 7 db pályamű érkezett:

1. „Vasbeton”
2. „Statikus”
3. „Bunkerek és silók”
4. „Balaton”
5. „Ikre”
6. „Nyomatékosztás”
7. „Doboz”

A bírálóbizottság a szakvéleményező bizottság referátuma alapján az alábbi döntést hozta:

Díjazott pályaművek:

- I. díj 5000,— Ft „Nyomatékosztás”
Szerző: Márkus Gyula
- II. díj 3000,— Ft „Doboz”
Szerző: Márkus Gyula
- II. díj 3000,— Ft „Ikre”
Szerző: Telekes György, Schumiczky Jenő
- III. díj 1500,— Ft „Balaton”
Szerző: Spányi Ernő

Megvett pályaművek:

- 800,— Ft „Statikus X”
Szerző: Kolin László
500,— Ft „Bunkerek és silók”
Szerző: Koperniczky József, Kolin László

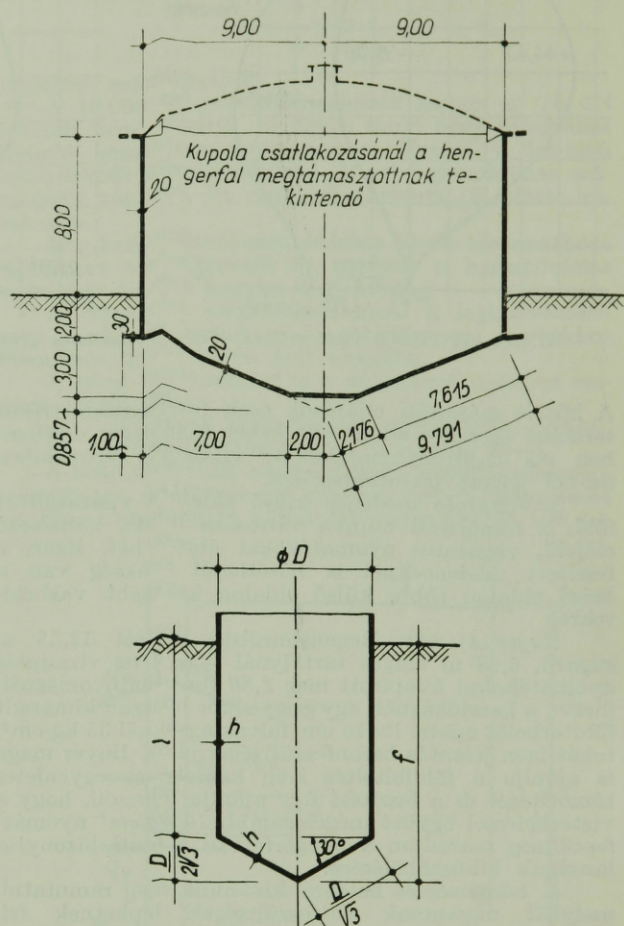
A díjazott és megvett pályaművek ismertetése

„Nyomatékosztás” (Márkus Gyula)

A pályázat tárgya: „Kúpos fenékkel bíró kör alaprajzú műtárgy” tehát a pályázati kiírás 4. pontja (iszaprothasztó medence, kétszintes ülepítő) (1. és 2. ábra.)

Nagy terjedelmű (93. oldal, 60 ábrával, 2 táblázattal és 36 diagrammal) komoly matematikai felkészültséggel készített pályamű. A táblázatok és diagramok a szövegben közölt számítások egyszerűsítésére hivatottak. Szerző eljárását a fokozatosan közelítő módszer: a nyomatékosztás elméletének alapulvételével ismerteti. Célja — mivel a nyomatékosztás a statika majd minden területére ki van dolgozva, s a tervezők leginkább ismerik és alkalmazzák — a nyomatékosztás módszerének: forgás-szimmetrikus héjak számítására való alkalmazása.

A tanulmány két részből áll. Az I. rész a számításnak aránylag rövid menetét ismerteti 38 oldalon.



1. és 2. ábra: Köralaprajzú műtárgy, laposfenékkel

A II. részben két műtárgy — alakra ad számítási példát. A második részben mutatja be a nyomatékosztást (térbeli nyomatékosztás) és a közölt számítás gyakorlati alkalmazását. — Miután a terhelés körszimmetrikus (önsúly, víznyomás, földnyomás) a henger- és kúp felület is, mint membránhéj volna számítható, ha a két héjszerkezet nem függne össze, minthogy azonban a hengeres oldalfal a kúpfenékkel össze van kötve, a sarokpontoknál zavaró nyomatékok és vízszintes erők lépnek fel; ennek folytán a héjak hajlított héjak. — Szerző — mint a Cross-eljárásnál szokásos — a csomópontokban először teljes befogást tételez fel, s az elmozdulható csomópontokat ideiglenesen megtámasztja. Kiszámítja a csomópontokban a befogási nyomatékokat; majd felszabadítja a befogott csomópontokat és a Cross-féle, de térbeli nyomatékosztás révén meghatározza a csomópontokra jutó nyomatékokat, mint említettük annak feltételezésével, hogy a csomópontok nem mozdulhatnak el. — A feladat másik része: a terheletlen héj csomópontjaiban vízszintes elmozdulásokat vesz fel s az ezektől keletkező reakció-erőket és nyomatékokat kiszámítja. A csomópontok vízszintes elmozdulásából keletkező nyomatékok, és a megtámasztott csomópontú szerkezeten létrejövő nyomatékok helyes összegezéséből megkapja a végleges nyomatékokat. — Szerző pályaművében egy korábbi, a Vízügyi Közlemények 1953. II. kötetében közzétett tanulmányát — jól felkészült matematikai tudással rendszerezve — továbbfejleszti. Pályázó tanulmánya igen jó vezérfonalul szolgálhat a pontos számításhoz, bár a

számítási munka az egyszerűsítések és rendszerezések ellenére is elég hosszadalmas.

Az első példában (Iszaprothasztó medence) bemutatott bonyolult szerkezet igénybevételek számítás módja nem egyezik a pályázat célkitűzéseivel az egyszerűsítésre való törekvés tekintetében. A második példában (kétszintes ülepítő) már közelebb kerül a célhoz, de teljes mértékben nem mondható eredményesnek.

Végző összegezésben a pályamű magas matematikai fokon álló, szabatos, érthető és használható dolgozat a kitűzött feladat megoldására. Valószínű, hogy azonos szennyvíztisztítási műtárgyaknál hasonló pontos eljárást jelenleg rövidebb úton nehezen lehet találni.

„Doboz” (Márkus Gyula).

Szerző a pályázati kiírás 2. és 3. pontját választotta: „Négyszögalaprajzú műtárgy gúla- és síkfénéssel”, (utóülepítő, 3. ábra) azzal a megszorítással, hogy a számítást csak négyzetes alaprajzú műtárgyra adja meg — téglány alaprajzra —, amelynek számítása komplikáltabb — csak rámutat. A tanulmány a példának választott objektumot nem közelítőleg, hanem pontosan számítja. Pályázó szerint az „új” számítási mód abban áll, hogy a fenék és oldalfal csatlakozása mentén nyomatékosztást végez a két felület érintkezési élén, tehát a keretszerkezeteknél ismert Cross-eljárást kiterjeszti felületekre. Az egymáshoz csatlakozó falak illeszkedésénél (oldalfalaknál) nem kell nyomatékosztást végezni, mert ott (négyzet miatt) a teljes szimmetria folytán az élék mentén teljes befogás van, illetve mindkét falból azonos nyomaték adódik át a közös élre.

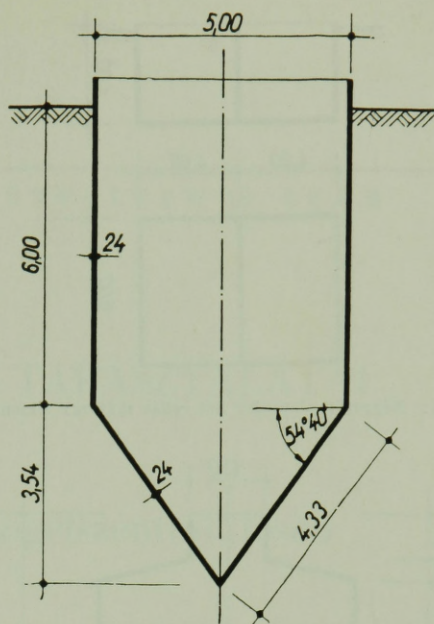
Az egész tanulmány igen szabatos és a problémát jól oldja meg. Külön tárgyalja a téglány alakú oldalfal (két oldalon befalazott), a négyzet alakú síkfénék és a gúlafénék háromszögalapjainak terhelési esetét. Mind-egyiknél — általában különböző megtámasztások, illetve befalazások esetére — meghatározza a lemezelmélet segítségével az egyes pontokban a lehajlásokat önsúly-, földnyomás- és víznyomás-terhelésre, s azokból a fellépő nyomatékokat és nyíró erőket. A fenék- és oldallap csatlakozásánál az említett nyomatékosztást végzi, a csatlakozó felületek merevségi, illetve nyomatékosztó számai segítségével. A nyomatékosztásnál kiadódó „Kiegyenlítő nyomaték”-ot külső igénybevétel gyanánt alkalmazza az oldalfal — fenéklap közös élén, s az így kiadódó nyomatékokat összeadja azokkal a nyomatékokkal, amelyek ezen közös élén teljes befogás (kezdeti) nyomaték felvétele esetén adódtak.

Értékes tanulmány. Elég egyszerű a közölt számítási mód. Hiánya, hogy csak a legegyszerűbb esetet tárgyalja: négyzetes hasábot sík-, illetve gúlafénéssel.

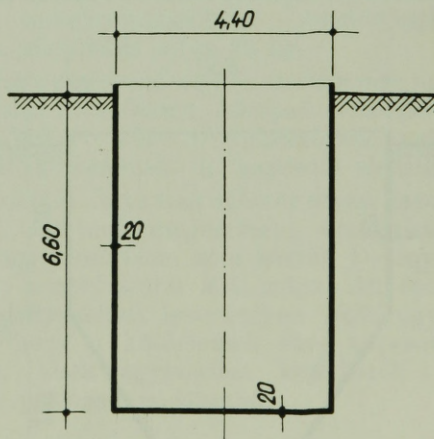
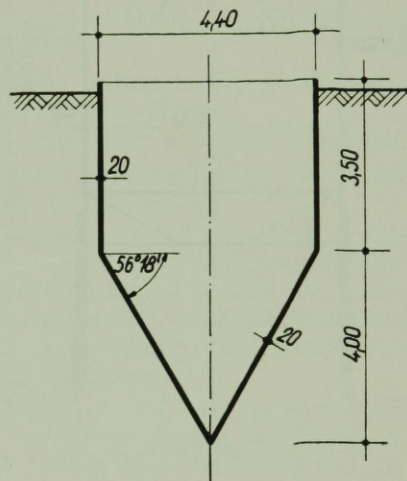
„Ikrek” (Telekes György és Schumiczky Jenő).

A pályamű tárgya a pályázati kiírás 2. és 3. pontja: „Négyszögalaprajzú gúla — vagy síkfénéssel lezárt hasábalakú műtárgy” (4. és 5. ábra). Szerzők szerint az eddigi szokásos közelítő számításnak két fajtája van:

1. A fenéklemez a reá ható terhelésre két irányban teherhordó szerkezetként méretezendő. A felmenő hasábból pedig két vízszintes metszettel egy hasábrész metszendő ki, s ez zárt keretként méretezendő. — 2. A másik közelítő módszer szerkezetét szerint az, hogy a műtárgyat felbontják lemezekre és azokat kétirányú szerkezetként méretezik, azonban a számításnak az a hibája, hogy két lapnak éltalálkozásában a két lapról számított nyomaték nem fog egymással egyezni. — Pályázók javaslata az utóbbi számítási módszerhez kapcsolódik, ezt azonban javítani kívánja; ti. az egyes lapok találkozási élén létrejövő nyomatékokat kiegyenlíti; Cross módszer szerinti nyomatékosztást végez mind a hasáb két lapjának találkozásánál, mind az oldallap és fenéklap csatlakozásánál. Evégből úgy, mint a Cross-módszernél — először az élék mentén teljes befogást tételez fel, kiszámítja a befogási ún. kezdeti nyomatékokat, az oldallapokra, valamint a háromszög — vagy négyzet alakú fenéklapokra. Itt természetesen nem a teljes terheléssel számol, hanem azt — a lap kétirányú tehereloszlásának megfelelően — két komponensre bontja.

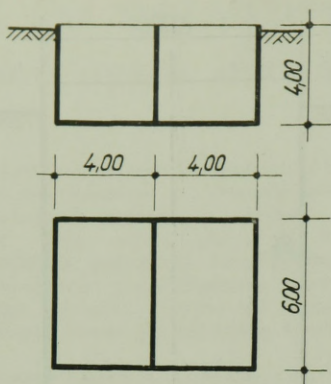


3. ábra: Négyszög alaprajzú műtárgy gúlafénéssel

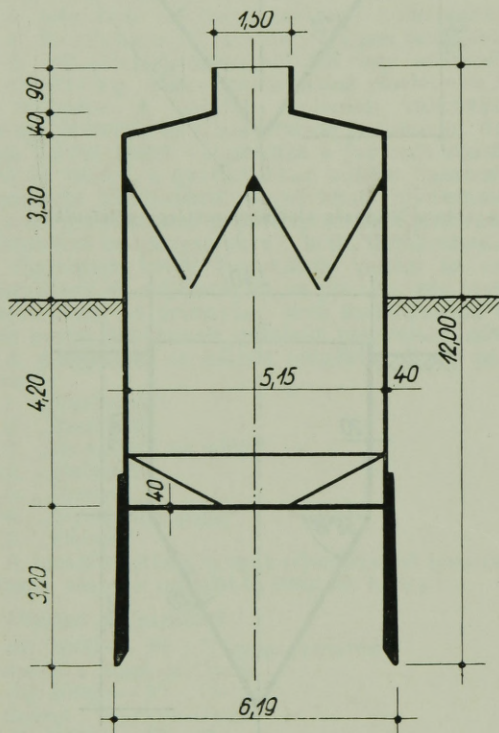


4. és 5. ábra: Négyszög alaprajzú műtárgy gúla- és síkfénéssel

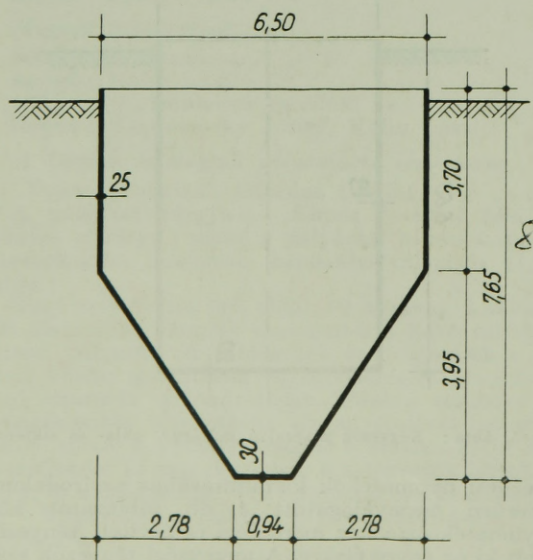
E kezdeti nyomatékok kiszámításához az irodalomból célszerűen összeválogatott 4 db táblázatot közöl. A nyomatékosztáshoz merevségi és átviteli tényezőket számít ki az egyes élre. A merevségi tényezők számításához szükséges faktorokat is megadja az említett



6. ábra : Négyszög alaprajzú két cellás mőtárgy síkfenékkal



7. ábra : Négyszög alaprajzú süllyesztett kivitelű mőtárgy síkfenékkal



8. ábra : Négyszög alaprajzú mőtárgy gúlafelekkel

négy táblázatban. Az átviteli tényezők kiszámításához egy újabb táblázatot közöl. A merevségi tényezőkkel nyomatékosztókat számít ki, s ezekkel a lapok között éle mentén nyomaték-kiegyenlítést végez.

Pályázók javaslata ügyes, jó közelítő módszer, s emellett megfelelő pontosságú is, különösebb matematikai felkészültséget nem igényel, csak jártasságot a Cross-módszerben. A tanulmány végén két példa számítását közlik: egy négyzetes hasábalakú mőtárgyét gúlafelekkel és ugyanezt sík fenéklemezzel.

„Balaton” (Spányi Ernő).

Pályázó tárgyaül „Négyszög alaprajzú sík fenék lemezű” (kiírás 2. pont, 6. ábra) 1 vagy több cellás vasbeton mőtárgyat választ. Az eddig szokásos számítási módszernél nagyobb pontosságú számítási módszert kíván adni. Tanulmánya értelmében ma a MÉLY-ÉPTERV-nél ilyen mőtárgynál az a számítási mód a szokásos, hogy a mőtárgyból kimetszünk egy sávot, s azt mint kétszárú keretet méretezzük. Terhelés: az oldalfalakra a föld- és víznyomásnak (háromszög alakú megoszlás) — a két irányú feszültségmegoszlásnak — megfelelő redukált része, a fenéklemezre pedig a talajreakciónak — ugyancsak a két irányú feszültségmegoszlásnak megfelelő — redukált része. A sávot, mint nyomásra (vagy húzásra) külpontosan terhelt keretet méretezzük. Felül a mőtárgy nyitott, vagy fedett, mindkét esetben a függőleges keretet, mint kétszárú csuklós keretet számítjuk. Ezzel a számítási móddal szemben — amely kétséget kizáróan csak megközelítő — pályázó a számítást olyképp kívánja végezni, hogy az oldalfalakat — általában — 3 oldalt befogott és felül megtámasztott lemeznek tekinti. A fenék számítása egyszerűbb: két irányban teherhordó lemeznek tekinti, amelyet a talajreakció megfelelő részlegére méretez (4 oldalt), befogott vagy részlegesen befogott lemezként. Bár ez a módszer sem pontos, tagadhatatlanul közelebb áll a valósághoz, mint a fenti, függőleges keretes közelítő számítási módszer. Pályázó H. Marcus („Berechnung elastischer Platten”) módszere szerint részletes számítást ad arra, ha a négyszög oldalainak viszonya 1:1, 1:0,667 és 1:1,5. Az eljárás meglehetősen matematikai felkészültséget igényel (egyenletrendszer felállítása, megoldása). Ezért pályázó nem is kívánja a gyakorlatban az oldalfalak számítását ilyen módon végezni (túl hosszadalmas lenne), hanem meg kívánja tartani a keretes közelítő módszert, amelynek eredményeit azonban korrigálja a „pontos” és keretes módszer eredményeinek összehasonlítása alapján.

Szerző kísérlete hasznos útmutatás a számításra, új és célszerű utat követ; tovább fejlesztés után gyakorlatilag is felhasználható lesz.

„Statikus X” (Kolin László).

Pályázó „Négyszög alaprajzú, sík fenéklemezű süllyesztett kivitelben készülő mőtárgy statikai számításával” (7. ábra) pályázik: a kiírás 1. típusát vette alapul. Rendszerezve adja ilyen mőtárgy statikai számítását, ezen túlmenően kitér ilyen szerkezet tervezési irányelveire is. Rendszerbe foglalva ismerteti az alapul vett mőtárgyat, és egy 2 cellás mőtárgy példáján bemutatja a statikai számítását.

„Bunkerek és silók” (Koperniczky József és Kolin László). Szerzők a kiírás 3. pontjában megjelölt mőtárggyal „Négyszög alaprajzú hasáb gúlafelekkel” (8. ábra) pályáztak az alábbiak szerint: meredek gúlafelekű (függőleges átfolyású tölcseres ülepítő) négyzet alaprajzú, hasábos mőtárgy, és lapos gúlafelekű (szárazban megépíthető kétszintes ülepítő) 1—2 cellás négyzet alaprajzú mőtárgy számításával. A tanulmány két részből áll: általános részből és példából. — Az általános rész meglehetősen széttagolt, sok megközelítést és elhanyagolást tartalmaz. A bemutatott eljárás nagyjából hasonló mőtárgynál eddig is alkalmazott, közelítő statikai számítás.

A beküldött és elbírált pályaművek alapján megállapítható, hogy a pályázat eredményes volt. A kiírt mőtárgy-típusok mindegyikére érkezett be hasznosítható pályamű. A művek többsége magas matematikai és szakmai tudásról tanuskodik.