VII/1268

MAGYAR ÉPÍTŐIPAR

5

1956

ÉPÍTŐIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

Főszerkesztő és felelős szerkesztő:
LUX LÁSZLÓ

★

A szerkesztőbizottság tagjai:
Bonta József
Gnädig Béla
Gyengő Tibor
Katona József
Lévai Andor
Mayer Imre
Palotás László
Paulovits László
Román Andor
Rudnai József

★

Technikai 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.

TARTALOM

193. Irányelvek a magyar népgazdaság fejlesztésének második ötéves tervéhez
195. *Karafiáth László:* Süllyedésmérések tapasztalatai
198. *Szepesi Károly* és *Cziglina Vilmos:* A bentonit szerepe az építőiparban
201. *Náray-Szabó István* és *Szuk Géza:* Az optimális vízcementtényező meghatározása elektromos úton
206. *Dr. Buray Zoltán:* A könnyűfémek építőipari felhasználása
212. *Kochis Béla:* Roncsolásmentes betonvizsgálat ultrahanggal
219. *Völgyes István:* Infravörös sugárzó fűtés
222. *Hallósy Ferenc:* A korszerű vasbeton szádpalló.
227. *Jovanovits József:* A forgácslap és farostlemez mint a faipar új alapanyaga
230. Hozzászólás
231. *Dmitriev Oleg:* Nagyméretű előregyártott héjtetőelem
233. *Garai Tamás:* Hajlított és külpontosan terhelt acélszerkezetek méretezése a képlékenységtan elvei alapján

Előfizetés egy évre: 50,— Ft. Egyes szám ára: 4,50 Ft.

Felelős kiadó: Solt Sándor

34804 689/2 - Révai-nyomda Budapest V, Vadász utca 16. (Felelős: Nyáry Dezső)

MAGYAR
ÉPÍTŐIPAR

1956. V. ÉVFOLYAM 5. SZÁM

IRÁNYELVEK
a magyar népgazdaság fejlesztésének második ötéves tervéhez
(RÉSZLETEK A TERVEZETBŐL)

A Magyar Dolgozók Pártjának Központi Vezetősége a második ötéves terv irányelveinek tervezetét nyilvános megvitatás céljából az ország dolgozói elé bocsátja. Felhívja a pártszervezeteket, a szakszervezeteket, a DISZ-szervezeteket s más társadalmi szervezeteket és tagjaikat, a Magyar Tudományos Akadémiát, a műszaki, mezőgazdasági s egyéb tudományos- és szakegyesületeket, a különféle állami szerveket, a helyi tanácsokat, az üzemek, hivatalok és intézmények dolgozóit, a termelőszövetkezetek tagjait, a dolgozó parasztságot, hogy javaslataikkal, észrevételeikkel segítsenek feltárni a népgazdaság olyan tartalékait, amelyekkel az irányelvek jelen tervezete még nem számol. Járuljanak hozzá ahhoz, hogy még jobban érvényesüljenek a gazdaságosság, a célszerűség követelményei a második ötéves tervben; hogy még inkább érvényre jussanak a hazai sajátosságokban és a szocialista tábor országai közötti együttműködésben rejlő lehetőségek; hogy második ötéves tervünk még nagyobb mértékben megfeleljen a reális lehetőségeknek, s népünk szükségleteinek; jobban elősegítse a bővített újratermelést, a munka termelékenységének emelkedését, népünk életszínvonalának állandó, szilárdan megalapozott növekedését, szocialista kultúránk felvirágzását, népi demokráciánk megszilárdítását : a szocializmus építését országunkban !

A második ötéves terv irányelveit egy hónapig tartó nyilvános megvitatás után — figyelembe véve a vitában elhangzott bírálatot és javaslatokat — a Magyar Dolgozók Pártja Központi Vezetőségének kibővített ülése tárgyalja meg.

Az ipari termelés növelése érdekében — a technika fejlesztésére és a szocialista országokkal való szoros együttműködésre támaszkodva — biztosítani kell a meglevő ipari berendezések eddiginél lényegesen jobb kihasználását, az elavult gépeknek új gépekkel való fokozatos felcserélését, az anyagellátás folyamatosságát, a termelés ütemességét, és mindennek eredményeként a munka termelékenységének állandó emelését. Az iparba öt év alatt összesen 33—34 milliárd forintot kell beruházni.

Az építőanyagipar előtt az a feladat áll, hogy az egyre nagyobbszámú építkezést és főleg a lakásépítést ellássa korszerű építőanyagokkal, könnyen szállítható és összeszerelhető épületelemekkel. Az építőanyagiparban olyan új, az eddiginél olcsóbb és könnyebb építőanyagok egész sorának termelésére kell rátérni, amelyek fokozzák az építőmunka termelékenységét és lehetővé teszik az építkezéseknek az eddiginél lényegesen gyorsabb és olcsóbb kivitelezését. Az építőanyagipar fejlesztésére több mint 2 milliárd forintot kell öt év alatt beruházni.

Az építőanyagipar termelése a második ötéves terv időszakában legalább 62—65 százalékkal emelkedjék. A korszerű építőipar legfontosabb anyagának, a cementnek termelését öt év alatt mintegy 700 000 tonnával kell növelni; a betonelőgyártó iparban a termelés mintegy 2,5-szeresére emelkedjék. Az eddiginél lényegesen nagyobb választékot kell biztosítani az előregyártott — részben elő- és utófeszített — vasbeton elemekben. Ki kell szélesíteni a vasúti vasbetonaljak és a vasbeton vezetékoszlopok termelését. A lakásépítkezés céljára meg kell indítani a nagyméretű falazóblokkok, fal- és födémelemek (panelek) gyártását.

Hazai szükségletre és a kivitel fokozására 56—58 százalékkal emelni kell az üveg- és mintegy 60 százalékkal a finomkerámia-ipar termelését. Ki kell terjeszteni a hazai nyersanyagokból előállított hő- és hangszigetelő lemezek és anyagok gyártását. A tűzállóanyagok termelése 1960-ban mintegy 30 százalékkal legyen több, mint 1955-ben.

Az építőipart jelentősen fejleszteni kell, hogy képes legyen a beruházási és felújítási célkitűzéseknek megfelelően betölteni növekvő feladatát mind a lakásépítés, mind az ipar, a mezőgazdaság, a közlekedés és a népgazdaság többi területén előirányzott építkezések tervszerű megvalósításában. Öt év alatt az építőipar termelése 54—56 százalékkal emelkedjék. Az építőiparban mintegy 1 milliárd forintot kell beruházni, ennek több mint kétharmadát új gépekre fordítsák.

Az építési tevékenység messzemenő átalakítását kell megindítani és ezzel az építkezések lényeges meggyorsítását és olcsóbbá tételét: az építőiparnak, főként a lakásépítésnek gyáripari jellegű szerelőiparrá való fokozatos átalakítását kell elérni.

Jelentősen fokozni kell az előregyártott vasbetonelemek és szerkezetek alkalmazását. Több mint nyolcszorosára kell növelni a felhasznált üreges téglák és falazóblokkok mennyiségét. Az eddiginél sokkal nagyobb mértékben kell kislejtésű tetőket építeni.

Az építőipar rendelkezésére álló gépek, berendezések és egyéb eszközök ésszerűbb kihasználása szükségessé teszi az építőipar szervezettségének fokozását, a jelenleg szétforgácsolt építőipari szervezet célszerű átalakítását.

Az ipar minden területén nagy gondot kell fordítani az anyagellátás megjavítására, a szükséges nyersanyagok, félkésztermékek és alkatrészek kellő időben való biztosítására. Szigorú tervszerűséget kell érvényesíteni mind a vállalatok egymás számára történő szállításainak lebonyolításában mind az importanyagok és alkatrészek beszerzésében. Öt év alatt jelentősen növelni kell a központi állami anyagtartalékokat, és megfelelő, tervszerű színvonalon kell tartani

a vállalati anyagkészleteket is. Ugyanakkor az eddiginél sokkal takarékosabban kell felhasználni a rendelkezésre álló nyersanyagokat és félkésztermékeket és a legszigorúbban fel kell lépni az anyagpazarlás, a selejtgyártás ellen.

Növelni kell a dolgozók érdekeltségét az anyagok takarékos felhasználásában, ami a termelés folyamatosságának és gazdaságosságának egyik döntő feltétele.

Az egész népgazdaság további fejlődése megköveteli, hogy a második ötéves terv során az ipar minden ágában a műszaki színvonal gyors ütemben emelkedjék. A nemzetközi munkamegosztásra támaszkodva, s felhasználva a szocialista tábor és a tőkés országok legjobb tapasztalatait, biztosítani kell a rohamosan fejlődő technika eredményeinek fokozott meghonosítását, az élenjáró tapasztalatok széleskörű elterjesztését és ezzel a műszaki haladás jelentékeny meggyorsítását.

Az építőiparban célul kell kitűzni a munkaigényes és nehéz fiziai munkák fokozott gépesítését és az előregyártott elemek és szerkezetek felhasználásának nagymértékű fokozását. 1960-ra a földmunkák gépesítésének foka érje el a 67 százalékot, a betonkeverése a 90 százalékot. Az előregyártott elemeket és szerkezeteket emelő gépek számát kihasználásuk jelentős növelése mellett öt év alatt meg kell kétszerezni. Kiterjedtebben kell alkalmazni a gépeket a vakolás, parkettgyalulás, meszelés és festés elvégzésére. Az építőanyagiparban jelentősen fokozni kell a nyersanyagkitermelés, a szállítás és rakodás gépesítését és tovább kell fejleszteni az égetés technikáját.

Az ipar minden ágában növelni kell az anyagi ösztönzést a haladó technika elterjesztésére, a korszerű, új gyártmányok bevezetésére.

Lakásépítésre, a víz- és gázellátás javítására, szociális, egészségügyi és kulturális létesítményekre a második ötéves terv időszakában több mint 13 milliárd forintot kell beruházni, mintegy 30 százalékkal többet, mint az első ötéves terv éveiben.

Fordulatot kell elérni a beruházásokra rendelkezésre álló eszközök takarékos felhasználásában. A beruházások szükségességének és gazdaságosságának gondos mérlegelésével biztosítani kell, hogy a beruházási összegeket minden területen a legfontosabb célokra használják fel és elkerüljék a nem feltétlenül szükséges létesítmények megvalósítását. A beruházásokat úgy kell megvalósítani, hogy a legkisebb költségráfordítással a legnagyobb gazdasági eredményt lehessen elérni. Ezért a beruházások jóváhagyását alapos gazdaságossági számítások alapján kell végezni és nagymértékben meg kell javítani a beruházások előkészítését.

Lényeges megtakarítást kell elérni a beruházások és ezen belül mindenekelőtt az építkezések költségeinél. A lakásépítés átlagos költségét öt év alatt 15—20 százalékkal kell csökkenteni. Széles körben kell felhasználni típusterveket. Szabványelemeket, olcsóbb építőanyagokat és gazdaságos szerkezeti megoldásokat kell alkalmazni, meg kell szüntetni a tervezésben minden túlméretezést és pazarlást. A tervezési költségeket jelentősen csökkenteni kell, elsősorban a típustervek kiterjedt alkalmazásával és a műszaki tervezés lényeges egyszerűsítésével. Biztosítani kell az építkezések terveinek időben való elkészítését. Nagymértékben rövidíteni kell az építkezések időtartamát és ezzel is el kell érni a befejezetlen beruházások állományának csökkentését. Ki kell dolgozni egyes épületfajtákra az építkezés időtartamát és költségét meghatározó normákat és biztosítani kell ezek betartását.

A beruházások tervszerű, gazdaságos és határidőre való megvalósításában a beruházókat, műszaki tervezőket és kivitelezőket anyagilag is érdekeltté kell tenni. Lehetőséget kell biztosítani arra, hogy a vállalatok nyereségük nagyobb részét fordíthassák beruházásokra.

A második ötéves terv éveiben összesen mintegy 200 000, állami erőforrásokból több mint 100 000 lakást kell építeni, kétszerannyit, mint az első ötéves terv során. Az állami lakásépítési program megvalósításába — szövetkezeti lakásakció útján — be kell kapcsolni a dolgozók e célra szánt megtakarításait is. Az egyéni lakásépítés elősegítésére — elsősorban a munkások, alkalmazottak és értelmiségiek, valamint a termelőszövetkezeti parasztok részére — több mint 2 milliárd forint kedvezményes, hosszúlejáratú hitelt kell nyújtani. Támogatni kell a lakosság és a helyi szervek kezdeményezését a helyi építőanyagok kitermelésére. Az állami eszközökből történő lakásépítést mindenekelőtt Budapesten, a bányásztelepüléseken, az ipari központokban és a vidéki nagyvárosokban kell összpontosítani. Állami erőforrásokból, szövetkezeti alapon és az egyéni építkezések állami támogatásával a szénbányászat dolgozói számára mintegy 30 000 lakás építését kell biztosítani.

Javítani kell a megépülő lakások minőségét. Az eddiginél nagyobb mértékben kell gondoskodni a meglévő lakóépületek megfelelő karbantartásáról és felújításáról. Az állami tulajdonban levő lakások felújítására és karbantartására öt év alatt mintegy 3 milliárd forintot, vagyis az első ötéves terv éveiben folyósított összeg közel négyszeresét kell fordítani. A lakosság tulajdonában levő házak javításához is jelentős mennyiségű építőanyagot kell biztosítani.

Tovább kell folytatni az iparilag elmaradt területek iparosítását. Az új ipari üzemek telepítését és a meglévő üzemek bővítését úgy kell végrehajtani, hogy meg lehessen szüntetni a gazdaságtalan szállításokat és az eddiginél jobban lehessen biztosítani a helyi erőforrások felhasználását. Lehetővé kell tenni, hogy az egyes területek ipari üzemei az eddiginél nagyobb mértékben elégítsék ki a helyi szükségleteket. A mezőgazdasági termelést a különböző területek éghajlati és talajviszonyainak, termelési hagyományainak megfelelően kell fejleszteni. Tovább kell fejleszteni az első ötéves terv során létesült új városokat és ipari településeket, a falvaknak, elsősorban a termelőszövetkezeti községeknek egészségügyi és kulturális intézményekkel való ellátását.

A második ötéves terv folyamán a lakáshelyzet megjavítására Budapesten állami eszközökből mintegy 38 000 lakást kell építeni. A magánerőből történő lakásépítés támogatásával arra kell törekedni, hogy a terv időszakában a fővárosban összesen 60 000 lakás épüljön. Szép és korszerű új lakótelepeket kell létrehozni. Jelentősen növelni kell a lakóházak tatarozására és karbantartására szolgáló eszközöket.

A második ötéves terv során Budapesten legalább 600 új általános iskolai és jelentős számú új középiskolai tantermet kell az oktatás rendelkezésére bocsátani. Tovább kell fejleszteni a budapesti Műszaki Egyetemet. Az egészségügyi ellátás javítására a kórházi ágyak számát közel ezerrel kell növelni, továbbá a III. és XIII. kerületben új rendelőintézetet kell létesíteni.

Folytatni kell a főváros történelmi és műemlékeinek helyreállítását. A Vigadó részleges újjáépítése révén jelentős kulturális létesítménnyel kell a fővárost gazdagítani. Folytatni kell a Vár helyreállításnak munkálatait. Helyre kell állítani a margitszigeti Ybl-fürdőt.

Be kell fejezni a Fővárosi Vígszínház újjáépítését. 1957-ben Budapesten nagy teljesítményű televíziós adóval meg kell kezdeni a műsoradást.

Új fedett uszodát kell építeni.

A második ötéves terv során a tudomány és technika vívmányainak széleskörű alkalmazásával, a szocialista világrendszer országai között egyre jobban fejlődő munkamegosztás segítségével és mindenekelőtt a dolgozó nép lelkes munkája nyomán országunkban a termelőerők gyorsütemű fejlődésével egyidejűleg fellendül a falu és város anyagi jóléte, kulturális színvonala, növekszik az ország védelmi ereje, tovább szilárdul a munkásosztály és a parasztság szövetsége, meggyorsul a szocializmus építése.

A magyar dolgozók az elmúlt évek során hősies munkájukkal jelentős sikereket értek el a szocializmus építésében. Összpontosítsák erőfeszítéseiket a második ötéves tervben kitűzött célok megvalósítására, és ezzel vigyék győzelemre a szocializmus ügyét országunkban!

Süllyedésmérések tapasztalatai

KARAFIÁTH LÁSZLÓ

Építményeink alapozása akkor felel meg céljának, ha a terhelés hatására nem keletkeznek olyan süllyedések, amelyek az épületen károsodást okozhatnak. Az építményre veszélyes süllyedés egyrészt a talajviszonyoktól, másrészt magának az építménynek süllyedések iránti érzékenységétől függ.

A süllyedésmérés célja tehát kettős; úm.

a) a talajok alakváltozási tulajdonságainak jobb megismerése, a süllyedésszámítási módszerek ellenőrzése és megjavítása,

b) a süllyedések építményekre való hatásának megfigyelése.

A következőkben a fenti két szempontból ismertetem az eddig végzett süllyedésmérésekből leszűrhető tapasztalatokat.

Sztálinvárosban a szovjet tervezők előírásainak megfelelően igen sok építmény süllyedését mérjük. Mint ismeretes, itt a talaj makroporozus lösz, amely talajmechanikai és geológiai szempontból teljesen egyenletesnek, homogénnek minősül. Ilyen talajviszonyok mellett a talajmechanika elismert szaktekintélyei szerint, a süllyedésre jellemző ún. összenyomódási modulusokat több helyen meghatározva, azok átlagértékeivel kell a süllyedéseket számítani. Ez azt jelenti, hogy a méreteiben és terhelésében azonos alapoknak teljesen egyformán kellene süllyedniök. Ennek ellenére a süllyedésmérések azt mutatják, hogy még a teljesen egyforma alapok süllyedése sem egyenlő, ami arra mutat, hogy a talaj összenyomhatóságában még ún. egyenletes talajviszonyok mellett is vannak különbségek. Így pl. a mechanikai javítóműhely négy teljesen egyforma 7,8 m²-es alapjánál a következő süllyedéseket mértük:

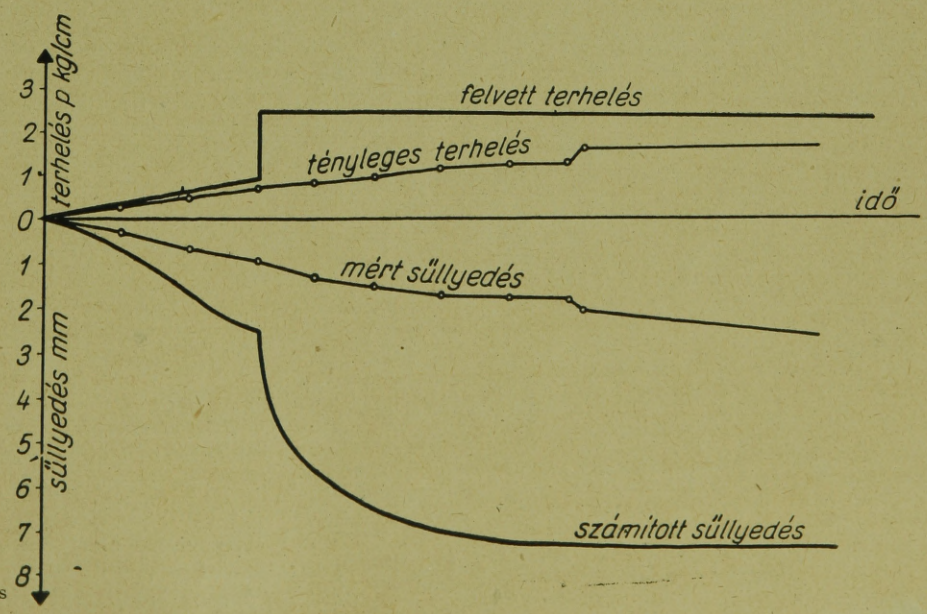
B_3 alap ..... s = 17,0 mm
B_5 alap ..... s = 13,0 mm
B_7 alap ..... s = 11,0 mm
B_9 alap ..... s = 8,0 mm

Az öntöde két 9,30 m²-es alapjánál a süllyedés

A_3 alap ..... s = 11,0 mm
A_5 alap ..... s = 8,5 mm

A süllyedések tehát még homogén talajviszonyok mellett is eléggé különbözőek, éppen ezért nem lehet kívánni, hogy azokat nagy pontossággal előre kiszámítsuk. Ez azonban az építési gyakorlat számára nem is szükséges, mert mint a későbbiekben rámutatunk, az épületszerkezetek tűrhető süllyedéskülönbségeit sem ismerjük pontosan. Ha a süllyedésszámítások a süllyedések nagyságrendjéről helyes tájékoztatást adnak — ami ma éppen a süllyedésmérési tapasztalatok birtokában lehetséges — akkor feladatuknak eleget tesznek.

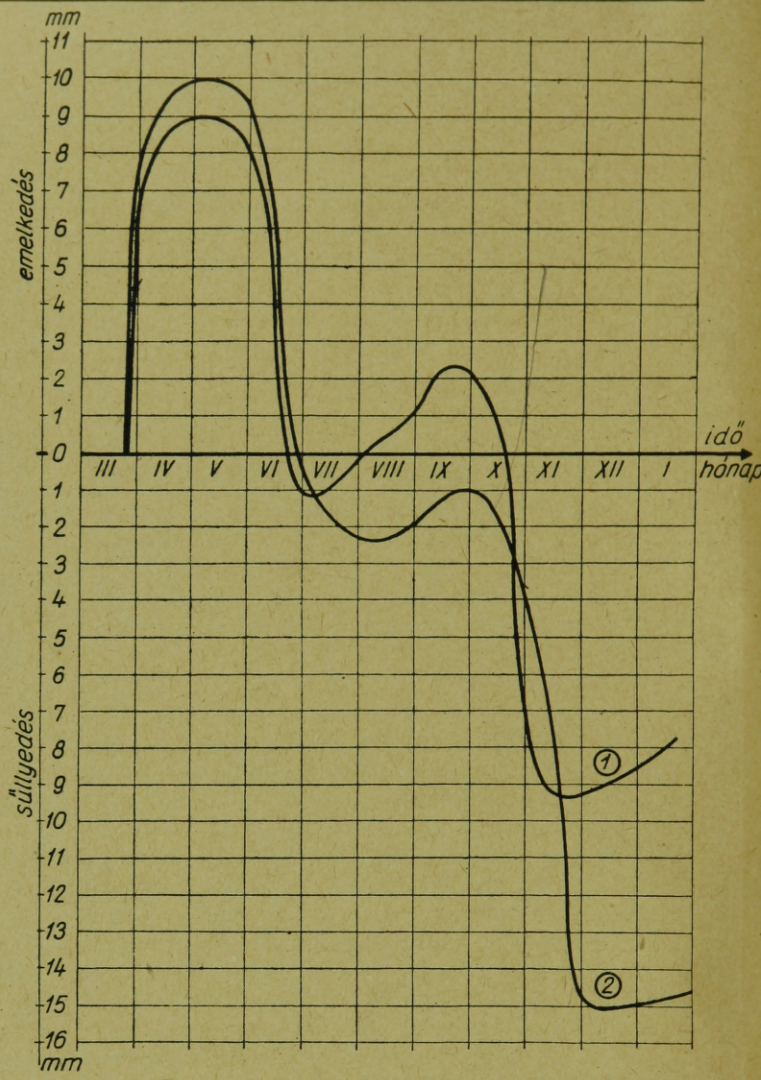
A süllyedésszámításoknál a feladat természetéből kifolyólag igen sok egyszerűsítést és közelítést kell tennünk, melyek az általános elveknek megfelelően csak a biztonság javára szolgálhatnak. Ennek eredménye az, hogy a számított süllyedések általában nagyobbak a ténylegeseknél. Ez azonban nemcsak a talajmechanikai, hanem a statikai számításokban is így van, mert a szabályzatok szerint fel kell venni olyan terheléseket, amelyek a gyakorlatban nem, vagy csak igen ritkán fordulnak elő. Ennélfogva a süllyedések számított és mért értéke közötti különbség jórészt onnan is ered, hogy a számítás alapjául szolgáló talajfeszültség a valóságban sohasem jut a talajra. A sztálinvárosi tömörített talajra alapozott 1. sz. kohó süllyedésének meghatározásához próbaterheléseket végeztünk és a süllyedések lefolyásának meghatározásához a legkorszerűbb szovjet elmé-



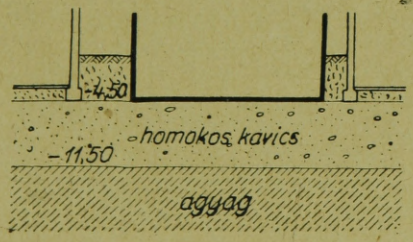
1. ábra. Nagyolvasztó számított és mért süllyedése.

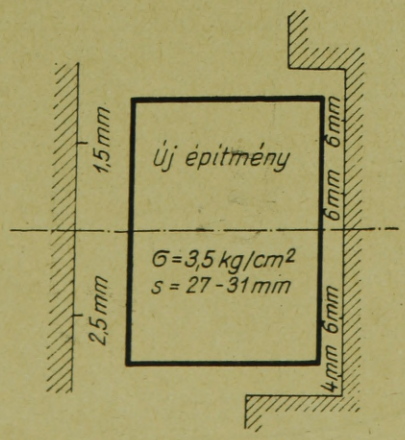
letet használtuk fel. A süllyedésmérések mégis azt mutatták, hogy a valóságos süllyedés lényegesen kisebb volt a számítottnál (1. ábra). Részletes vizsgálatunk azonban megmutatta, hogy az alapulvett $\sigma = 3{,}0$ kg/cm² terhelést a talaj sohasem kapta meg, hanem az csak $\sigma = 2{,}4$ kg/cm² volt. Ha tekintetbe vesszük a kb. $\sigma_g = 0{,}6$ kg/cm² geosztatikai nyomást, amelyet a süllyedések számításánál a talajfeszültségekből le kell vonni, akkor a terhelésekben mutatkozó eltérés azt jelenti, hogy a süllyedéseket 1,8 : 2,4 arányban át kell számítani, azaz a számított kb. 8 cm-es süllyedés értéke a tényleges talajfeszültségek mellett kb. 6 cm-t tesz ki. Az eddig észlelt 3 cm-es süllyedés még a konszolidáció folytán közel 4 cm-re fog növekedni, tehát a süllyedésszámításoknál a biztonság javára tett elhanyagolások csak a 4 cm és 6 cm közti különbséget jelentik. Ha tehát a süllyedésszámításoktól reális értékeket várunk, akkor a talajra jutó terhelést is megfelelő pontossággal kell megadni, a süllyedések számított értékét pedig úgy kell tekinteni, mint amely a legkedvezőtlenebb körülmények között bekövetkezhet.

A süllyedésmérések tapasztalatai azt mutatják, hogy a süllyedésszámításoknál fel kell használni azokat az elméleteket, amelyekkel a talaj rétegezettségét, vagy egyéb adottságait jobban meg lehet közelíteni. Így pl. az egyik építkezésnél meglevő épületek mellé került egy aránylag nagy alapterületű és nagy terhelésű létesítmény (2. ábra), amely alatt kb. 7 m vastag homokos kavicsréteg, ezalatt pedig agyagréteg feküdt. Ha a talajban a feszültségek



3. ábra. Különleges agyagtalajon épült földszintes épület két süllyedésmérő csapjának évszakonkint változó süllyedése és emelkedése.





2. ábra. Nagyterhelésű építmény hatására közeli régi épületen bekövetkezett süllyedések.

eloszlását a régebbi klasszikus elmélettel számítjuk, akkor az igen közel fekvő szomszédos épületre olyan mérvű süllyedés értékeket kapunk, amelyeket az elviselni nem tud és így az új létesítményt csak mélyalapozással lehetett volna alapozni. A nagy merevségű homokos kavicsréteg tehereloszto hatását a legújabb elméletek szerint a feszültségeloszlásnál figyelembevéve megállapítható volt, hogy a süllyedések a szomszédos épületeket nem fogják veszélyeztetni. A süllyedésmérések tényleg kimutatták, hogy a szomszédos kb. 2 m távolságban levő azonos mélységben alapozott falon is csak 4—6 mm süllyedés jelentkezett, amit a téglafalazat különösebb károsodás nélkül elviselt.

Olyan épületeknél, amelyeken már süllyedésből származó repedések észlelhetők, a további süllyedések mérése igen hasznos, mert azok ismeretében lehet eldönteni, hogy van-e szükség egyáltalán beavatkozásra, és ha van, akkor mi annak a helyes módja. Így például a tőzeges talajra épült és már egy ízben kutakkal alá-fogott *Balassa utcai Elmeklinikán* újabb épületmozgásokat észleltek. A két éven át végzett süllyedésmérés kimutatta, hogy az épület mozgása évenként 1 mm nagyságrendű. Mivel a téglafalazat még nyilvánvalóan ennél lényegesen nagyobb süllyedéseket el tud viselni, nincs szükség újabb költséges alapmegerősítési munkákra, hanem elegendő a tatarozásszerű helyreállítás.

1. táblázat

Téglaépületeken észlelt süllyedések

Sorszám	Az épület megnevezése	Észlelt legnagyobb lehajlás	Görbületi sugár R	Károsodás	Megjegyzés
1.	3 emeletes lakóépület, Berlin, Besselstrasse	25 cm	1700 m	repedések	Hajlatfekvés
2.	1 emeletes raktárép., Kiel, Vágóhíd	50 cm	1230 m	repedésmentes	12 cm téglafalazat vas vázban. Hajlatfekvés
3.	1 emeletes raktárépület, Nyköping	30 cm	165 m	repedések	Hajlatfekvés, emelet fából
4.	1 emeletes pályaudv. ép., Wilster	30 cm	375 m	repedések	Hajlatfekvés
5.	2 emeletes lakóép., Unterlödla	8 cm	910 m	repedések	Nyeregfekvés
6.	Ráckevei tanácsház, 1 emeletes téglaépület	7 cm	1210 m	repedések	Hajlatfekvés
7.	Soroksári út 42., 5 emeletes lakóépület	30 cm	1500 m	repedések	Hajlatfekvés
8.	Gönczöl u. 3 emeletes lakóépület	14 cm	2200 m	repedések	Hajlatfekvés
9.	Földszintes épület	3,5 cm	1430 m	repedések	Nyeregfekvés, középen emelkedés, széleken süllyedés, ismétlődő mozgás
10.	Földszintes épület	0,5 cm	2600 m	repedések	Nyeregfekvés, középen emelkedés, széleken süllyedés, ismétlődő mozgás
11.	Földszintes épület	1,0 cm	2420 m	repedések	Nyeregfekvés, középen emelkedés, széleken süllyedés, ismétlődő mozgás

Egy másik építkezésünknél, ahol könnyű épületek szenvedtek elég súlyos károsodásokat és ezek a károsodások akkor is folytatódtak, amikor egyes épületrészeket aláfalaztak, az 1 éven át végzett süllyedésmérés világosan megmutatta, hogy itt nem a szokásos süllyedésből eredő épületkárról van szó, hanem a különleges összetételű agyagtalajnak térfogatváltozásáról, amely az épületeket időnként megemeli, időnként pedig süllyedések következnek be (3. ábra). A talaj duzzadása, illetve zsugorodása a csapadéktól és a növényzet vízelszívásának mértékétől, valamint a párolgástól függ. Az épületek helyreállítása tehát egészen más, a szokásostól teljesen eltérő módon — a talajmozgások megszüntetésével — történhet csak meg, mert nem egy fokozatosan csökkenő jellegű mozgásról van szó, hanem egymással váltakozó süllyedésről és emelkedésről.

A süllyedésmérések igen hasznos adatot szolgáltatnak abban a tekintetben is, hogy épületszerkezeteink milyen mérvű süllyedés különbségeket viselnek el. E tekintetben a helyzet, különösképpen téglaépületeknél meglehetősen tisztázatlan. A tartóként működő, nyílásokkal megszakított téglafalazatok esetében a süllyedéskülönbségek hatását számítani alig lehet. Éppen ezért tapasztalati megfigyelésekre van szükség, ami annyival is inkább hasznos, mert ezen a téren bizonyos túlzott óvatosság tapasztalható és a tervezők még kisebb süllyedéskülönbségek elkerülésére is hajlamosak mélyalapozást alkalmazni.

A téglaépítmények süllyedés iránti érzékenységét az építmények megfigyelésével és a süllyedések egyidejű észlelésével állapíthatjuk meg. Külföldön ezzel a kérdéssel főleg az úgynevezett bányasüllyedésekkel kapcsolatban foglalkoznak és rendszeres adatfeldolgozást végeznek annak megállapítására, hogy bizonyos szerkezetű épületekre milyen süllyedéskülönbségek károsak. A süllyedéskülönbségek mértékének meghatározása újabban mind gyakrabban az ún. görbületi sugár mértékét használják, ami megfelel az észlelt süllyedési pontokon átfektethető körív sugarának. Így pl. az 1954 év: „Baugrundtagung"-on Leussink professzor előadása[1] is tárgyalta ezt a kérdést és néhány épületre vonatkozólag adatokat is szolgáltatott. A külföldi adatokat kiegészítve a hazai süllyedésmérések tapasztalataival az 1. táblázatban közöljük.

[1] Vorträge der Baugrundtagung 1954. Hamburg, 1955.

A táblázat adatai alapján már most is le lehet vonni bizonyos következtetéseket. Az úgynevezett nyeregfekvés, azaz amikor az épület végei süllyednek jobban a közepénél, veszélyesebb, mint a hajlatfekvés, amikor az épület közepe süllyed jobban a széleknél. Nyilvánvaló, hogy az épületre veszélyes görbületi sugár erősen függ az épületszerkezettől, úgy látszik azonban, hogy téglaépületeknél az $R = 2000—2500$ m sugáron elhelyezkedő süllyedéskülönbségek még megengedhetők. Természetesen, ahol ilyen mértékű süllyedéskülönbségek várhatók, a téglaépületet vasbetonkoszorúkkal, vagy más húzást felvevő szerkezetekkel kell erősíteni.

A süllyedéseknek az épületekre való hatásánál a süllyedések sebessége is szerepet játszik, mert a falazatoknak lassú alakváltozása a lassú süllyedéseket bizonyos mértékig követni tudja. Ez a felfogása V. F. Zsukov szovjet kutatónak,[2] akinek megállapítása szerint a veszélyességet a süllyedések sebessége határozza meg. Ez olyan újabb szempont, amelyre nézve csak hosszabb megfigyelés alapján lehet véglegesen állástfoglalni. Valószínűleg mindkét tényező együttes figyelembevétele adhat csak megnyugtató eredményt.

A süllyedésmérések, mint a fenti rövid összefoglalásban láttuk, olyan ismereteket adnak, amelyek mind a talajmechanikai számítások pontosságának megjavítása, mind az épületszerkezetek viselkedése szempontjából igen fontosak és aránylag kis munkával nagyban elősegítik gazdaságosabb és biztosabb alapozások tervezését.

A bentonit szerepe az építőiparban

SZEPESI KÁROLY és CZIGLINA VILMOS

A bentonitok értékes kolloid sajátságaik alapján számos ipari és technikai területen nyernek kiterjedt alkalmazást. Az utolsó 10 évben a külföldi építőiparban a bentonitok, mint új, olcsó és egyszerű technikát kívánó vízzáró, vízszigetelő anyagok jelentek meg.

A jelen tanulmány csupán vázlatos képet kíván nyújtani a bentonitos vízszigetelési módozatokról és technikáról, röviden tárgyalva a bentonitok szerkezetét és figyelembe véve az általános vízszigetelési követelményeket.

Építményeinket, műtárgyainkat az építés tartama alatt és a mű elkészülte után a víz ellen védeni kell. A víz mint felszíni, talaj- és csapadékvíz, vagy együttesen, vagy külön-külön jelentkezhet. Minden építménynél megadható előre az a vízmennyiség, amelynek behatolása vagy eltávozása még megengedhető. Ennek megfelelően kell megválasztani a szigetelőanyagot, illetve a szigetelési technikát. Ezek szerint vannak vízhatlan szigetelési módok, amelyekkel ún. „porszáraz" szigetelés érhető el. Sok esetben azonban elegendő a vízzáró szigetelés alkalmazása, ilyenkor a vízzárás olymérvű, hogy a szigetelő rétegen áthatoló igen csekély mennyiségű víz, ha megfelelő szellőztetés biztosítható, mindjárt elpárologhat. Vízhatlan szigetelés jelenleg hazai viszonylatban csak lemezes szigetelési eljárásokkal (fekete szigetelés) biztosítható, míg vízzáró szigetelés megfelelő betonnál általában elérhető.

A vízszigetelő, vagy vízzáró követelmény az építőiparban két formában jelentkezik:

a) új létesítmények készítésénél,

b) régebben készült építményeknél történt szigetelési hibák kijavításával kapcsolatosan.

Új létesítmények készítésénél a szigetelési módozatot a mindenkori szárazsági követelményeknek megfelelően kell megválasztani. A vízhatlan szigetelés igen gondos munkát igényel, mert esetleges későbbi meghibásodás esetén a tökéletes megjavítás rendszerint igen körülményes és költséges, míg a viszonylagos szárazsági követelményeknél a javítás általában egyszerű.

A lemezes, fekete ragasztott szigetelés, mivel a ragasztóanyag az idővel szerkezeti elváltozásra hajlamos, nem mondható időállónak. Ezért gyakori eset, hogy a vízhatlan szigeteléssel ellátott műtárgy (pl. pince) bizonyos idő után a vizet átereszti.

Külföldről nyert adatok szerint vízszigetelési célokra már több olyan műanyag van forgalomban, amelyek alkalmazásával a teljes szárazsági követelmény kielégítő. Hazai viszonylatban azonban ilyen szigetelőanyagok felhasználása csak import útján biztosítható, s ezért tömeges alkalmazásukra egyelőre számítani nem lehet.

Vízszigetelés alatt nemcsak épületek, tető, fal vagy padló szigetelése értendő, hanem mindazon létesítmények víz elleni biztosítékát kell érteni, amelyeknél a víz teljes távoltartása, illetve az átszivárgó víz mennyiségének csökkentése a cél.

A tömeg szigetelő anyagokkal szemben bizonyos követelmények merülnek fel, így szükséges, hogy:

a) hazai anyagból készüljön, mert szélesebb körű alkalmazása csakis így lehetséges,

b) olcsó legyen, s előállítása ne igényeljen nagy beruházást,

c) a szigetelési művelet kivitelezése egyszerű technikát, illetve technológiát kívánjon meg,

d) szennyeződéstűrése nagyobb legyen, mint a fekete szigetelő anyagoké,

e) időálló legyen nagymértékben.

A fenti követelményeknek általában a legtöbb esetben a bentonitok megfelelnek, részben önállóan, részben más olcsó és közismert anyagokkal kombinálva.

Hazai előfordulású bentonitjaink vízszigetelési, vagy egyéb építő és építőanyagipari célokra való alkalmazhatósága teljesen empirikus úton nem tárgyalható. Ezek tárgyalásához szükségesnek mutatkozik u. i. a bentonitok szerkezetének, továbbá a bentonit-vízrendszerek sajátságainak, illetve egyensúlyi állapotainak és más rendszerekkel való kölcsönhatásainak vázlatos jellemzése. A bentonitok sem ásványtani felépítésében, sem kolloid sajátságaikban nincsenek eléggé definiálva, s az egyes bentonitok összetételükben és tulajdonságaikban nagymértékben eltérnek egymástól.

Az anyagok, s így a bentonitok szerkezetének felépítésére vonatkozólag lényeges haladást jelentettek, különösen az utolsó 10 évben számos kutatónak az agyagásványok szerkezetére, a kationcsere mechanizmusára, illetve az anyagok kolloid sajátságaira vonatkozó kutatási eredményei.

Az ásványtan a bentonitokat az üledékes kőzetek (agyagok) csoportjába sorolja, és pedig olymódon is meghatározva, hogy a bentonit olyan üledékes kőzet (agyag), amely többnyire vulkáni tufából jön létre, s amelynek uralkodó ásványa, vagy ásványi komponensei a montmorillonit, illetve a montmorillonit csoportba tartozó más agyagásványok (beidellit, montronit stb). Bentonitok keletkezhetnek még más kőzetek (riolit, trachit, liparit, bazalt stb.) mállásából is hidrotermális úton. A montmorillonit, mint általában a legtöbb

[2] Zsukov V. F.: A megengedett alaptest süllyedésekről. Sztroitel'naja Promüslennoszt, 1955. 2. sz.

agyagásvány alumíniumhidroszilikátokból áll, kisebb és változó mennyiségű Ca, Mg, Fe, K, Na H tartalommal, amely elemek egy része stabilabb módon az Al-ot részben izimorf helyettesítésben a kristályrácsban lehetnek, illetve kicserélhető formában, valószínűleg ionokként, többnyire a rács felületén helyezkednek el.

A bentonitok különösen a kolloid tulajdonságok tekintetében nagyobb mértékben eltérnek más anyagoktól. Így más összetételű anyagokkal szemben a bentonitokra jellemző vizes rendszerekben az igen nagyfokú vízfelvétel, duzzadás, viszkozitás, tixotrópia, víztartóképesség kolloid diszpergálhatóság, nedves és száraz szilárdság (kötőképesség) plasztícitás stb. A bentonitoknak ezen tulajdonságai a montmorillonit, illetve ennek csoportjába tartozó agyagásványok különleges szerkezetével, a kicserélhető kationok mennyiségével és minőségével függnek össze. Attól föggően, hogy a montmorillonit milyen kicserélhető ionokat tartalmaz, beszélhetünk Ca, Mg, Li, Na, K, Fe, H stb. montmorillonitokról, illetve bentonitokról.

A fent jelzett kolloid tulajdonságokat kimagaslóan csak a Li és az Na bentonitok mutatják alkalmas körülmények mellett, míg a Ca, Mg és H, azaz a földalkáli és hidrogén bentonitok bizonyos átmeneti állapotokat kivéve jóval kisebb mértékű bentonitsajátságokkal rendelkeznek. A legtöbb természetes bentonit földalkáli, azaz Ca és Mg bentonit.

Hazánkban is eddig csupán földalkáli bentonitokat találtak. A bentonitok ipari és technikai felhasználásra leginkább csak mint Na bentonitok alkalmasak, ezért a földalkáli bentonitokat előbb nátrium bentonitokká kell átalakítani, azaz a montmorillonit kicserélhető Ca, Mg stb. ionjait Na-ra kell átcserélni. Ez az eljárás az ún. „aktiválás", s az így nyert bentonit „az aktivált bentonit".

A bentonitot természetes Na bentonit formában 1888-ban az Amerikai Egyesült Államokban Fort-Benton mellett (Wyoming) fedezték fel. Az első leírás 1897-ből való W. C. Knight geológustól. A bentonitokról Európában az első alapvető tanulmányt Buzágh végezte (1). E dolgozat megállapításai különösen a reverzibilis báziscserére és annak a rheologiai sajátjágokkal való összefüggésekre vonatkozólag alapvető és igen értékes kiindulási alapjául szolgáltak a további kutatásoknak, valamint a bentonit-nemesítő (aktiváló) és feldolgozó iparnak. A bentonitok montmorillonit tartalmának mennyiségi meghatározására Buzágh és Szepesi dolgoztak ki kolloid analitikai eljárást (2).

A világ évenkénti bentonit felhasználása különböző ipari célokra az egymillió tonnát is meghaladja és a fogyasztás állandó növekedésében van. Az összes felhasználás mintegy 20—25%-a esik építőipari és építőanyag (kerámia) célokra, beleértve a bitumen és aszfalt emulziókhoz és a mélyfúrásokhoz (olaj) felhasznált bentonit mennyiségét is. A felhasználás legnagyobb (kb. 50%) az öntödei formázó homokok területén.

A bentonitok a montmorillonit, illetve a montmorillonit csoport agyagásványai, mint fő komponensek mellett rendszerint tartalmaznak még más alkatrészeket, így más csoportba tartozó agyagásványokat, továbbá kvarcot, földpátokat, kolloidális kovasavat, el nem bomlott tufát, piritet, biotitot, organikus anyagokat stb. Ezek az ún. járulékos alkatrészek többékevésbé befolyásolhatják, csökkenthetik az ún. bentonitsajátságok mértékét, nemcsak oly értelemben, hogy ezek jelenléte leszállítja a bentonit montmorillonit tartalmát, de részben befolyásolhatják elsősorban a bentonit rheológiai és más sajátságait, továbbá jelenlétükkel zavarják a bentonit minőségi megítélésére szolgáló vizsgálatokat is.

Az építőiparban elsősorban vízzárásra (szigetelésre) lehet kiválóan alkalmazni a nátriumbentonitokat. Erre a célra hazai természetes bentonitjaink alkalmas módon nemesítve, mint nátriumbentonitok kitűnően megfelelnek mind a mély, mind a magas építkezésben. Építőipari célokra csak a nagy montmorillonit tartalmú, nagy viszkozitású s ennélfogva nagy vízfelvevőképességű s a talajvíz elektrolitjainak (sóinak) nagymértékben ellenálló bentonitok jöhetnek tekintetbe, amelyeket a magyar bentonitipar ezideig nem állít elő, s így nincsenek kereskedelmi forgalomban. Az ilyen minőségű őrölt bentonitok 5—7%-os arányban közönséges összetételű bányahomokokhoz keverve néhány % vízzel nedvesítve képlékeny masszát adnak, a bentonit megduzzad, a homok pórusait kitölti s ilyen állapotban a bentonitos homok vízzáró lesz, s közel egy atmoszféra nyomásnak is ellenáll már 4—5 cm-es rétegben is. Ha a szigetelőréteg (bentonitos homok) valamilyen ok miatt kiszáradna, a zsugorodás a minimális és megengedhető lesz, s újabb nedvesedés esetén ismét gyorsan viszszaduzzad és vízzáróvá válik. Ez a folyamat reverzibilis, így többször ismétlődhet, anélkül, hogy ezáltal a bentonitos réteg vízzáróképessége lényegesen csökkenne vagy megszűnne. A nedves 5—7% bentonitot tartalmazó homokoknak jelentős szilárdsága is van, néhány % nedvességtartalom mellett 500—1200 g/m², míg a száraz szilárdság 4—5 kg/cm². A bentonitos homokok áramló víznek is ellenállnak, nem erodálódnak, s a víz a homokból a bentonitgélt nem mossa ki. A bentonitos homokok vízzárósága fagyhatás folytán sem változik, azaz a bentonit nem engedi el a vizet, legalább is nem túl alacsony fagypont alatti hőmérsékleten. A „stabilizált", tehát a valódi nátriumbentonitok gélei telített meszes vizeknek, vagy nagyon kemény, továbbá szíkes és ásványvizeknek ellenállnak. A bentonitos homokokra védőrétegként, ahol szükséges, akár beton vagy egyszerű cementhabarcsbevonat húzható anélkül, hogy a bentonitos vízzáró réteg esetleges kisebb térfogat változásai (duzzadás, zsugorodás) számottevő erőhatásokat gyakorolna a védőrétegre. Ismételten ki kell emelni, hogy különösen mélyépítészeti vonatkozásban igen fontos sajátsága kell hogy legyen a bentonitoknak az ún. „stabilizáltság", azaz a különböző sótartalmú talajvizekkel szemben való ellenállás. U. i. ha a bentonit kicserélhető nátrium ionjai csak laza kötésben vannak (ami gyakran előfordul aktivált bentonitoknál), akkor különösen keményebb vagy ásványvizeknél a Na más ionokra Ca Mg stb. cserélődhet át és ilyenkor a bentonit víztartó képességéből nagymértékben veszít, a gélszerkezet megbomlik és ezáltal a bentonit elengedi a vizet.

Ilyenkor a víz különösen nagyobb nyomás esetén áttöri a szigetelőréteget s a bentonit a homokból kimosódik. Stabilizált nagy montmorillonit tartalmú nátriumbentonitoknál ez az eset nem fordulhat elő. Mélyépítő ipari célokra tehát csakis a fenti minőségű bentonitok jöhetnek tekintetbe. Az ezek gyártására, valamint hazai természetes bentonitjaink minőségi jellemzésére vonatkozó elvi technológiai leírást, a mélyépítészeti bentonitok szabványosítására vonatkozó tervezetet, továbbá részletesebb bentonitos szigetelési eljárásokat az Építőanyagipari Központi Kutató Intézetben végzett kutatási zárójelentés tartalmazza.

A nátriumbentonitok fent jellemzett tulajdonságai alkalmassá teszik azokat különösen homokkal kombinálva vízszigetelésre az alábbi magas- és mélyépítkezési felhasználásban. Ezek a megoldások nagyrészben modellszerűen, illetve műtárgyakba beépítve kipróbálást nyertek. (ÉAKKI, FTI, Mélyépterv, Földalatti Vasút).

A magasépítészet: 2—5 cm-es betonitos homok (5—7% bentonit) közbeiktatásával egyszerű cementhabarcs, vagy ahol szükséges és lehetséges, beton felszíni védelemmel:

1. lapostető,
2. padlózat (fürdőszoba, erkélyek),
3. falszigetelések (bentonitos cementhabarcsok).

A mélyépítészet: alapozások, falak, felszín alatti tartályok, aknák, üregek, nyílások stb. szigetelése a fenti homokbentonit keverékekkel, illetve 3—10%-os bentonit szuszpenziók (gélek) injektálásával kombinálva.

Út, vasútépítés: Az al- és felépítményhez a vízzárás, illetve a kavics elmozdulások miatt célszerű a zúzott kavicshoz alkalmas módon homokbentonit habarcsot juttatni (Makadám utak, Phönix-sín rendszerű vasutak). U. i. a bentonitos homokba ágyazott kavicsos alépítmény vízzáróvá válik, s így az alépítmény vízbehatolás folytán nem lazulhat meg.

A bentonitos homokok rezgés hatására is megtartják eredeti szilárdságukat és vízzáróságukban változást nem szenvednek.

Bentonitos homokok alkalmasak még betonút építkezésnél, ideiglenes felületi takaróként a friss betonfelület gyors kiszáradás elleni védelemre. Ugyanis néhány cm vastag rétegben a friss betonfelületre terített, erősen nedves bentonitos homokok csak hosszabb idő múlva száradnak ki, ezáltal az általuk borított felületet állandóan a kellő nedvességen tartják.

Bentonitos homokok alkalmasak még fugák kitöltésére is.

Igen értékes alkalmazást nyerhetnek a nátriumbentonitok burkolásmentes mezőgazdasági, vagy egyéb öntözőcsatornák vízszigetelésénél. Mind hazai, mind külföldi vonatkozásokban aktuális ez a kérdés. Sem a külföldi, sem a hazai irodalomban a bentonitok ilyen jellegű alkalmazásával nem lehet találkozni (a legutolsó időkben az Egyesült Államokból jelent meg ilyen közlemény) (3). Egyes külföldi államokban, mint pl. a Szovjetunióban, a laza szerkezetű homokos talajokon átfutó bélés nélküli öntözőcsatornák iszapolását nátriumkloridos agyagokkal irodalmi közlések szerint sok esetben eredményesen hajtották végre. Ezeket és ezekhez hasonló eljárásokat a hozzátartozó irodalmi dokumentációval Lovas László (Mélyépterv) dolgozta fel (4).

Hazai vonatkozásokban ilyen jellegű bentonitos öntözőcsatorna vízzárási kísérleteket a szerzők, továbbá Szepesi Károly, Galli László és Lovas János mérnökök együttesen végeztek, igen jó eredménnyel. A bentonitos vízzárás sok esetben a betonburkolat vízzáróságát is felülmúlta.

Az öntözőcsatornák bentonitos vízzárásánál megoldásként három út adódik, éspedig:

1. öniszapolás,
2. vízzáró bentonitoshomok réteggel való felületi borítás, amely lehet ún. rejtett burkolat is,
3. a csatornát határoló felszíni rétegeknek kellő mélységben bentonittal való injektálása.

A fenti eljárások alkalmazhatók nem vízzáró kötött talajokon is.

A mélyfúrásokhoz, valamint aknák süllyesztéséhez használatos bentonitok minősége általában azonos kell hogy legyen a fent említett építőipari bentonitokéval.

Igen értékes alkalmazást nyerhetnek a bentonitok cementes habarcsokban és betonokban is. Nátriumbentonitok néhány százalékban alkalmas módon adagolva cementes habarcsokba vagy betonokba, azoknak szilárdságát nem csökkenti s a habarcsok és betonok vízzáróságát a bentonit nagymértékben megemeli. Ezáltal a bentonitok alkalmasak vízzáró habarcsok, illetve betonok kiképzésére. Ezeknek a betonoknak vízzáróságа oly nagymérvű, hogy koncentrált szulfátos vizeknek is nagymértékben ellenállnak és így nem korrodálnak. Az idetartozó vizsgálati eredményeket is részletesen tartalmazza az ÉAKKI zárójelentés.

A bentonitos cementek, illetve tiszta bentonit vizes rendszerek (gélek) kiválóan alkalmasak még injekciók formájában vízáteresztő talajok (árvízvédelmi töltések stb.) vízzáró kiképzésére. Az idevonatkozó kísérleti megoldások folyamatban vannak.

A fent felsorolt bentonitos módozatokkal eddig az alábbi munkák valósultak meg:

Homokelőkészítő Vállalat irodaépületében egy akna vízzárása cca 0,2 atmoszféra feltörő víz mellett, valamint egy alagút szárító víz elleni szigetelése (1951. Szepesi Károly).

A pécsi gázgyár beton szifoncsöveinek és tartályának vízzárása bentonit injektálással (1954. Szepesi Károly).

Földalatti vasút tübing hátúr injektiók (Kelemen, Medgyes, Regele 1954 (5).

Bentonitos aknasüllyesztés (Balog, Földalatti Vasút 1954.).

Öntözőcsatorna vízzárás (Tiszavárkony 1955, Cziglina, FTI, Szepesi ÉAKKI).

További öntözőcsatorna vízzárási kísérletek kötött talajon (Vajózug, 1955. Cziglina FTI., Szepesi FTI.).

Öntözőcsatorna vízzárási kísérletek (Szalkszentmárton, Galli, Lovas Mélyépterv, Szepesi ÉAKKI 1955.).

Tahitótfalu árvédelmitöltés javítás 1956 (Szepesi, Cziglina, Spányi).

Betoncső injektálási kísérletek (Weisz György, Szepesi Károly 1952—53.).

Bentonitos vízzárásokkal még főleg bányavizek elzárásánál Tassonyi Zsolt foglalkozott.

Az alábbi bentonitos vízzáró megoldások betervezésére tettek javaslatot a szerzők:

Halásztelek, kb. 2500 fm öntözőcsatorna homokos talajon. Továbbá Rákócziújfalu 600 fm öntözőcsatorna kötött talajon. Szivárgó építkezéseknél (Népművelési Főiskola, Szinkron Filmgyár). Csatornavízzárás Edelény, Újlaki Téglagyár.

A tárgyaltak alapján a bentonitos vízszigetelési megoldások igen széles területen eredményesen alkalmazhatók s hazai vonatkozásokban különösen aktuális ez az új vízszigetelési eljárás. A bentonitos szigetelési eljárások tömeges bevezetésének azonban még akadályai vannak.

Először is szükséges a szigetelésre alkalmas szabványos minőségű mélyépítőipari bentonitok gyártása. Jelenleg a kereskedelmi, ún. mélyfúrási bentonitok egyes minőségei csupán bizonyos célokra alkalmasak.

Továbbá szükséges, hogy illetékes szakembereink megismerjék a bentonitot, illetve a különböző bentonitos szigetelési technikákat. A bentonitos szigetelés feltételez annak viszonylagos egyszerűsége mellett is idevonatkozó anyag- és szakismeretet, amelyet a biztonságos szigetelés végrehajtása nem nélkülözhet.

A mélyépítészeti bentonitok gyártására vonatkozó minőségi irányelveket a bentonitnemesítő iparág rendelkezésére kell bocsátani és a gyártástechnológiai feltételeket az illetékes iparág részére mind pénzügyileg, mind műszakilag biztosítani kell. A bentonit feldolgozó iparág eddig is adottságaihoz képest készséggel állt rendelkezésre az egyes kísérleti célokra a bentonit minőségek kiválasztásában, illetve gyártásában.

Szükséges még a bentonit fogyasztási árának rendezése. Jelenleg a bentonit forgalmi ára a cementének kb. háromszorosa, bár feldolgozása jóval egyszerűbb és olcsóbb technológiai műveleteket kíván meg, mint a cementé. Tömeggyártás esetén minden valószínűség szerint jóval olcsóbb lehet.

Megfelelő mennyiségű és minőségű nyersbentonitokkal rendelkezünk, amelyekből világviszonylatban is kiváló minőségű bentonitok nemesíthetők. Nemesített bentonitjaink még számos hazai ipari területen nyerhetnek fontos alkalmazást, de egyúttal nagyobb exportra is lehetne számítani. Ugyanis több nagymennyiségben előforduló nyersbentonitjainkból félüzemi méretekben kipróbált új technológiával a legjobb külföldi bentonitokét is meghaladó minőségek állíthatók elő. Ezek a bentonitok 6%-os szuszpenzióban 31 C. p. értéket mutatnak 8 ml vízleadással 7 atü nyomáson szabványos módon mérve.

Bentonit helyzetünk rendezése fontos nemzetgazdasági érdek.

IRODALOM

(1) *A. Buzágh:* Über die Strömungsdoppelbrechung und Thixotropie der Bentonit Suspensionen: Kolloid-Zeitschrift B. 47. H. 3. 1929.
(2) *A. Buzágh—K. Szepesi:* Über eine kolloidchemische Methode zur Bestimmung des Montmorillonits in Bentoniten: Acta Chemica Tomus 5. Fasciculi 3—4. 1954.
(3) Crop a Soils a Madison (Wiss. U. S. A. 1955. 7. sz. 8. sz.
(4) *Lovas László:* Szivárgási veszteségek elleni védekezés öntözőcsatornáknál és tárolómedencéknél. (Sajtó alatt, Hidr. Közl.)
(5) *Kelemen Z., Medgyesi, Regele Z.:* Alagutak szigetelése víz elleni bentonit besajtolással, Mélyépítéstudományi Szemle (1954. november).

Az optimális vizcementtényező meghatározása elektromos úton*

Irta: NÁRAY-SZABÓ ISTVÁN és SZUK GÉZA

A beton helyes víztartalmának meghatározása és betartása a legnagyobb fontosságú, mert a víztartalom tudvalévőleg a legnagyobb mértékben befolyásolja a beton szilárdságát és más tulajdonságait. Jó betont készíteni és a cementet racionálisan kihasználni csak a víztartalom kellő szabályozásával lehet.

Minden szakember tudja azonban, hogy a vízadagolás kérdését a gyakorlatban teljesen elhanyagolják olyannyira, hogy úgyszólván anarchisztikus állapotban van. Ennek az az oka, hogy a helyes vízadagolás, másszóval a helyes vízcementtényező[1] megállapítása kísérleti úton — különböző betonkeverékekből készült próbakocka-sorozatok szilárdságának 28 nap múlva történő meghatározásával — igen fáradságos és hosszantartó, a különböző képletek pedig, amelyeket a víztartalom előrebecslésére felállítottak, nem adnak kielégítő eredményt.[2]

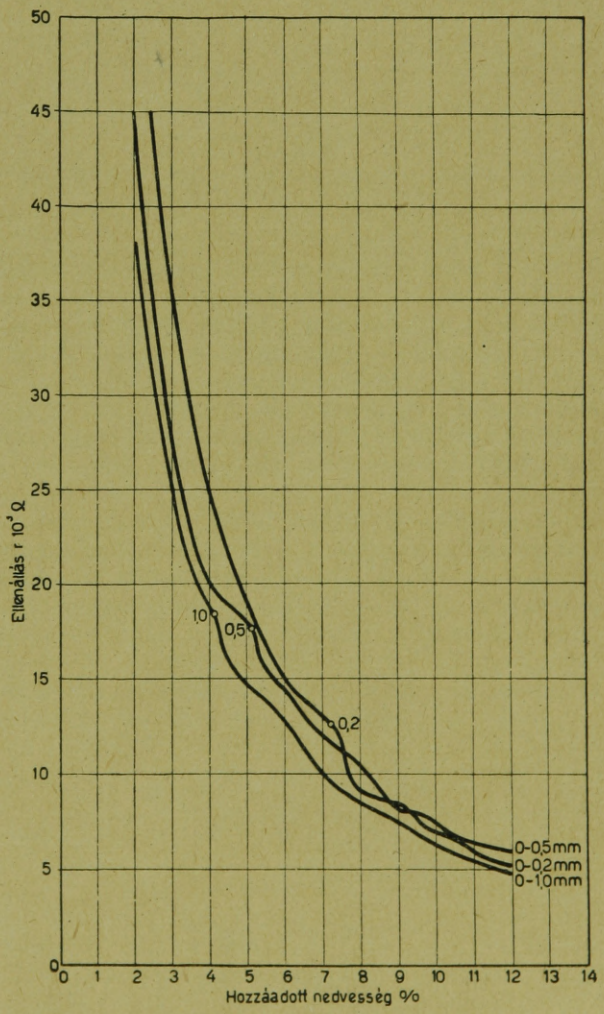
A vízcementtényező csökkentése növeli a szilárdságot, de csak egy bizonyos határig. A maximális szilárdság elérésére az ún. *optimális vízcementtényezőt*[3] kell alkalmazni, tehát egy bizonyos meghatározott vízmennyiséget kell adagolni a száraz betonkeverékhez. Az optimális vízcementtényező biztosítja a cement legkedvezőbb kihasználását adott összetételű betonban szilárdsági szempontból. Az optimális vízcementtényezővel készített beton földnedves, tehát igen sok esetben nem dolgozható be. Ha azonban a betonkeverék optimális vízcementtényezőjét ismerjük, akkor ehhez képest mindig pontosan be lehet állítani a megkívánt plasztícitású betont, így a primitív és teljesen megbízhatatlan eredményű próbálgatás helyett szabatos és megbízható vízadagolást végezhetünk.

Tekintettel arra, hogy a beton vízszükségletének előrebecslésére teljesen jól felhasználható képletet felállítani még nem sikerült, jelentős gyakorlati értékű olyan eljárás kidolgozása, mely a betonkeverék vízszükségletének és az optimális vízcementtényezőnek kísérleti meghatározására alkalmas. Az alábbiakban egy ilyen, a nedves betonkeverék elektromos ellenállásán alapuló, általunk kidolgozott módszert ismertetünk.

1. Nedves homok elektromos ellenállása

Ha száraz homok elektromos ellenállását megmérjük, akkor azt nagyon nagynak találjuk. Adjunk most ismert mennyiségű, pl. 1 súlyszázalék (a következőkben röviden 1%) vizet a homokhoz és alaposan kerverjük össze, hogy a nedvesség egyenletesen oszoljék el, majd mérjük meg újból az ellenállást; most már sokkal kisebb és mérhető ellenállást kapunk, melynek értékét feljegyezzük. Újabb, ismert vízmennyiségek adagolásával megismételjük az eljárást, ekkor az ellenállást a százalékos víztartalom függvényében felrajzolva az *1. ábrán* látható görbéket kapjuk. Ezek mindegyike egy helyen törést mutat, mely annál nagyobb víztartalomnál lép fel, minél kisebb a homok szemnagysága. Megállapítható, hogy a töréspont annál kisebb nedvességtartalomnál mutatkozik, minél nagyobb a fajlagos felület. A két mennyiség tehát szoros összefüggésben van egymással.

A mérést mindenkor váltakozó árammal kell végezni, mert egyenáram használatánál a polarizáció következtében nem kapunk használható eredményt. A vizsgálandó homokot szigetelőanyagból készült, derékszögű, 7 × 7 × 10 cm méretű ládikába helyezzük, melynek véglapjain



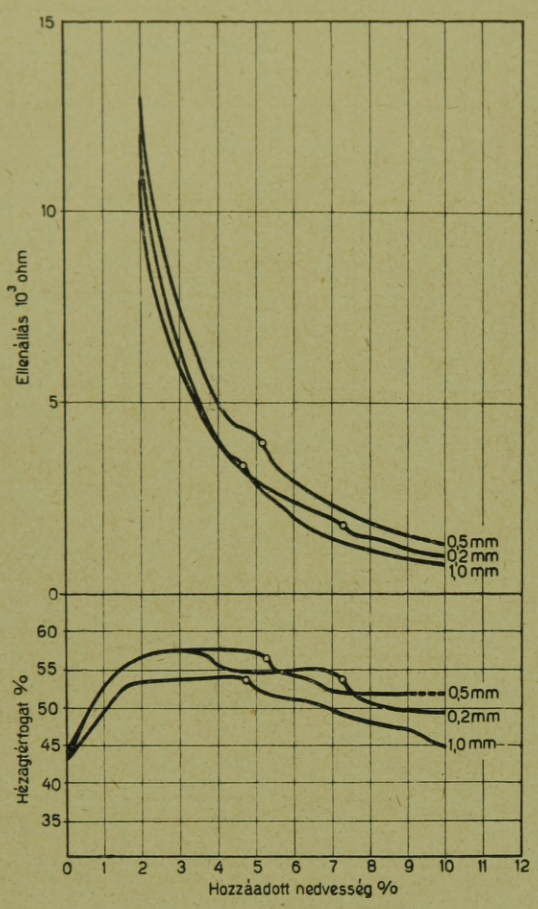
1. ábra. Különböző max. szemnagyságú homokok elektromos ellenállása a hozzáadott víz százalékának függvényében. Mérési táv: 100 mm. Elektróda: vörösréz. Elektródafelület: 70x70 mm. Szemnagyságok: 0—0,2 mm, 0—0,5 mm, 0—0 0 mm. A mérési adatok lazán beeresztett homokra vonatkoznak.

(* ÉTI Laboratóriuma.)

[1] A vízcementtényező = v/c, ahol v az 1 m³ beton készítéséhez használt víz súlya, c pedig az 1 m³ betonhoz használt cement súlya.

[2] A vízadagolás elhanyagolásának további okai: 1. nincsenek megfelelő vízadagoló berendezések, 2. nem súly szerint történik a kimérés, 3. nem ismerik az adalék nedvességtartalmát.

[3] Ez az a legkisebb vízmennyiség, mellyel adott bedolgozási mód mellett a beton még a térfogatsúly csökkenése nélkül tömöríthető.



2. ábra. Homok szemnagyságának és az ellenállási görbe töréspontjának összefüggése.

7×7 cm méretű rézlemezekből készült elektródok foglalnak helyet. A homokot lazán töltjük a ládába, hogy azt teljesen kitöltse, felületét vonalzóval vízszintesen lesimítjuk. A homok lemért súlyából a fajsúly és az ismert nedvességtartalom segítségével meghatároztuk a ládába töltött homok hézagtérfogatát is, melyet a nedvességtartalom függvényében, százalékokban kifejezve a *2. ábra* mutat.

Legkisebb a száraz homok hézagtartalma; nedvesség hozzáadására a hézagtartalom először nő, mert a nedves szemcsék egymáshoz tapadnak és „boltozatok" alakulnak ki, minek következtében nem tömörülnek annyira össze, mint a száraz homok egymáshoz nem tapadó szemcséi. A hézagtartalom növekedése 2% nedvesség elérésénél majdnem megszűnik és innen kezdve aránylag hosszú szakaszon közel állandó marad, majd hirtelen esni kezd és a görbén törés lép fel. A görbe újabb kísérletekkel reprodukálható. A vezetőképességi görbe ugyanennél a nedvességtartalomnál mutat törést, amiből a vezetőképesség és a hézagtartalom szoros összefüggése látható. Különböző szemcsenagyságú homokoknál a törés úgy tolódik el, hogy minél nagyobb a fajlagos felület, annál nagyobb nedvességtartalomnál lép fel a törés. Ha pedig kiszámítjuk, hogy ismert fajlagos felületű homokoknál mekkora a szemcséket bevonó folyadékhártya vastagsága a töréspontban, akkor azt látjuk, hogy ez a vastagság közel állandó.

Vizsgáljuk meg a homok vagy kavics megnedvesítésének folyamatát részletesebben; azt látjuk, hogy

1. a szemcsék felületének egyes helyein bizonyos minimális vastagságú folyadékhártya keletkezik (ez mikroszkóppal kimutatható);

2. a nedves foltok kiterjedése növekszik mindaddig, amíg az egész felület be nem vonódik vízzel; eközben a hézagtérfogat nő.

3. Ettől kezdve egy ideig csak a folyadékhártya vastagsága növekszik, a hézagtérfogat viszont közel állandó marad, az elektromos ellenállás a vezető folyadékhártya vastagságának növekedése következtében csökken.

4. Bizonyos rétegvastagság elérése után megkezdődik a szemcsék közti hézagok kitöltése; a vezető keresztmetszet ekkor gyorsabban nő, tehát az ellenállás gyorsabban esik, mint az 1—3 szakaszokban. *Ezen a helyen mutat törést a vezetőképesség görbéje.*

5. A hézagoknak folyadékkal való teljes kitöltése után további víz hozzáadására a hézagok növekedni kezdenek, tehát az ellenállás tovább csökken, de már csak lassan.

Hogy a hézagtérfogatnak milyen fontos, sőt döntő szerepe van az mutatja, hogy többszöri ütés (leejtés) segítségével tömörített és ennélfogva csökkent hézagtartalmú homok ellenállása a tömörítés mértékével párhuzamosan kisebbedik.

2. Cementpép elektromos ellenállása

Száraz cementpor ellenállása rendkívül nagy, de ha kevés vizet adunk hozzá és jól összekeverjük, akkor az ellenállása erősen csökken és a víztartalom növekedésével meredeken esik. Ez addig tart, míg a cement kezd csomókká összeállni *(3. ábra,* A. pont); ettől kezdve az ellenállás egy darabig állandó vagy alig csökken, míg eléri a B. pontot, amelyben a pép már plasztikus. Tovább emelkedő víztartalomnál az ellenállás ismét közel állandó marad, majd újabb gyenge esés következik a C. pontig, ahol a pép folyóssá válik. Ettől kezdve további víz hozzáadására alig van változás.

Látható, hogy a cement elektromos ellenállása a víztartalommal egészen másképp változik, mint a homoké. A beton vízcementtényezője legalább 0,30—0,32 szokott lenni, és amikor a cementpép maga már folyós, vezetőképessége alig függ többé a víztartalomtól. — Mi történik akkor, ha homokot vagy homokos kavicsot szárazon összekeverünk cementporral és megvizsgáljuk ellenállásának alakulását a hozzáadott víz mennyiségének függvényében?

Ezt a kérdést megvizsgáltuk egyrészt cementből homok hozzáadásával készített habarcsokon, másrészt homokos kavics hozzáadásával készített betonokon. Az eredmény mindkét esetben azonos volt; az ellenállás görbéje a hozzáadott víz mennyiségével állandóan esik, de mindig volt egy pont, amelyben hirtelen meredekebb esés mutatkozott. *A nedves beton ellenállásának görbéje bizonyos víztartalomnál törést (inflexiót) mutat (4. ábra).*

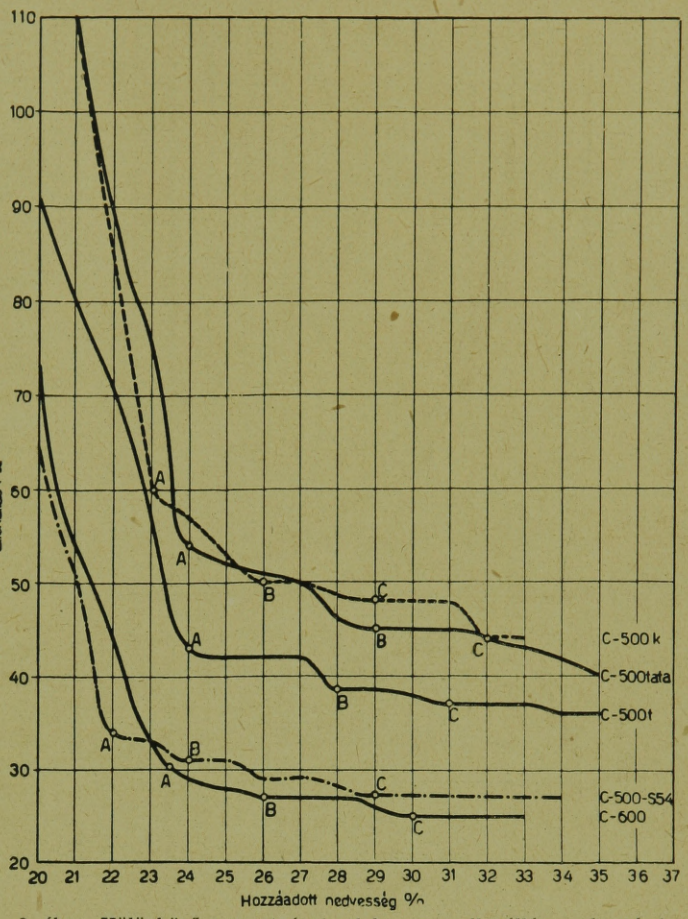
A törés kivétel nélkül minden esetben fellép.— Ha az eljárást ugyanazzal a száraz keverékkel meg-

ismételjük, akkor a kapott ellenállásértékek többé-kevésbé eltérnek az első meghatározás értékeitől, a görbe lefutása azonban hasonló és a töréspont mindig ugyanazon a helyen van, tehát mindig ugyanazon vízcementtényezőnél lép fel. Az ellenállási görbéknek a vízszintes koordinátatengely feletti magassága eltolódhat, de eljárásunknál egyedül a töréspont helyzete lényeges, ez pedig ismételt meghatározásoknál igen jó egyezéssel állandó marad.

3. Nedves beton elektromos ellenállása

Miután a homok elektromos ellenállásának és hézagtartalmának összefüggéséből arra az eredményre jutottunk, hogy az ellenállási görbe töréspontja megmutatja a hézagtartalom hirtelen esését, felmerül az a kérdés, hogyan lehet értékesíteni az ellenállási görbét a beton szilárdságának szempontjából, mely tudvalevőleg a legszorosabban összefügg a hézagtartalommal.

Feltünt, hogy az elektromos ellenállás töréspontja bizonyos szabványos betonoknál ott lép fel, ahol ezek legkedvezőbb előírt vízcementtényezői vannak. Kísérleti tapasztalatunk egyébként azt is megmutatta, hogy a beton keverésénél akkor csökken hirtelen az ellenállás, amikor a betonban lévő szemcsék a cementtel és vízzel egymáson elcsúszva bedolgozáskor megmozdulnak és a közöttük lévő hézagok összezárulnak. A folyós cementpép most már kitölti a hézagokat, előbb még marad egy-két buborék, de végül ezek is kiszorulnak.



3. ábra. Különböző cementpépek elektromos ellenállása a hozzáadott víz százalékának függvényében.
Mérési táv: 100 mm. Elektróda: vörösréz. Elektródafelület: 70x70 mm. Cement: C—500 tata tatabányai, C—500 K bélapátfalvai kohósalak, C—500 t tatabányai trasz, C—500 S 54 lábatlani, C—600 tatabányai. **A)** a pép összeáll; **B)** a pép képlékeny; **C)** a pép folyós.

A szilárdságnak a vízcementtényezővel való összefüggését úgy állapítottuk meg, hogy különböző betonok keverésénél a leírt módon felvettük az ellenállási görbét a víztartalom szerint, azután a kapott görbe töréspontja előtt, a töréspontban és a töréspont után 5—8 fokozatosan növekedő vízcementtényezőnek megfelelő vízmennyiséget adagoltunk a száraz keverékhez. Az így kapott betonokból az előírt kézi bedolgozással 7 cm-es kockákat készítettünk, ezeket kizsaluzás után két hétig nedves levegőn, két hétig szobában tartottuk, majd 28 napos korban eltörtük. Minden pontban 3—3 kocka szilárdságának átlagából állapítottuk meg a törési szilárdságot.

A maximális szilárdságot minden beton esetében annál a vízcementtényezőnél kaptuk, amelynél az ellenállási görbe töréspontja mutatkozott; a maximális szilárdságnál a vízcementtényező eltérése az ellenállási görbe töréspontjának megfelelő értéktől legfeljebb $\pm$ 0,01 volt. A görbe töréspontja tehát az optimális vízcementtényezőnél lép fel *(5. ábra)*.

Tudvalévő, hogy az optimális vízcementtényezőtől való csekély eltérés is jelentős csökkenést okoz a szilárdságban. Így pl. egy általunk vizsgált, C 500-as tatabányai trasz-cementtel készített betonnál a legnagyobb szilárdság 0,52 vízcementtényezőnél mutatkozott, még pedig 227 kg/cm^2, 0,50 vízcementtényezőnél 137 kg/cm^2 volt a szilárdság, 0,55 vízcementtényezőnél pedig 166 kg/cm^2. Egy másik betonnál, melyet tatabányai 500-as portlandcementtel készítettünk, az optimális vízcementtényező, azaz 0,42 alkalmazásánál 456 kg/cm^2 volt a szilárdság, 0,40 vízcementtényezőnél 378 kg/cm^2, 0,44 vízcementtényezőnél pedig 396 kg/cm^2. A szilárdság csökkenése tehát a vízcementtényezőnek 0,02-vel történő megváltozásánál 40%-ot is elérhet, ha az optimálisnál kisebb vízcementtényezőt alkalmazunk.* Még nagyobb mértékben csökken a szilárdság, ha az optimális vízcementtényezőtől való eltérés nagyobb.

4. Az optimális vízcementtényező magyarázata

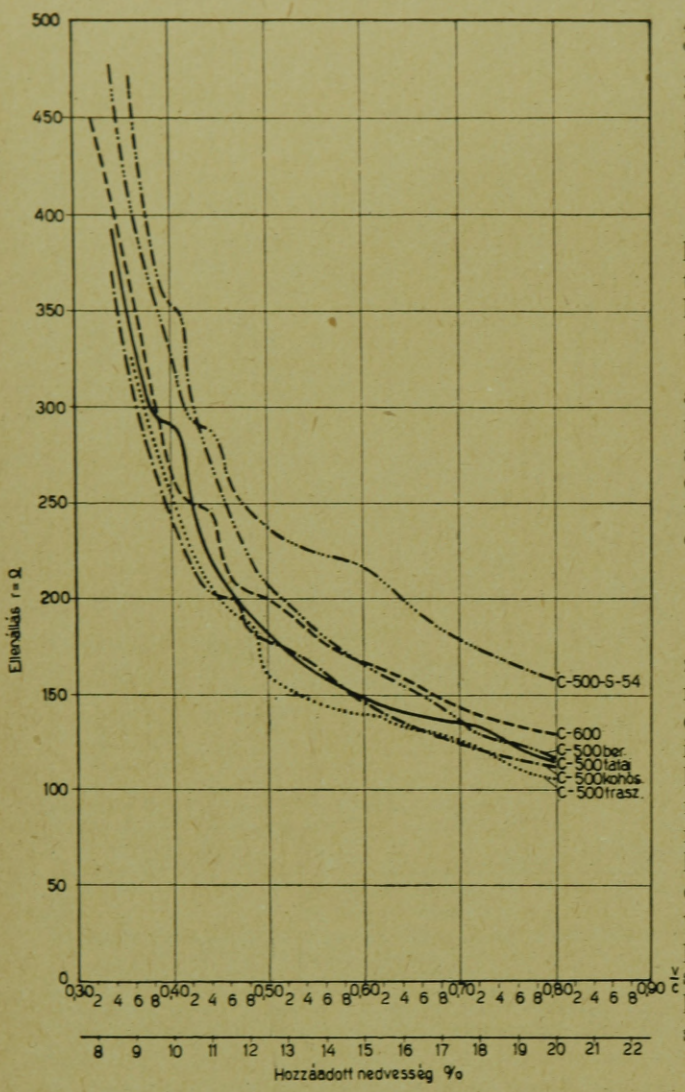
A beton szilárdsága akkor a legnagyobb, ha a cement szilárdságát maximálisan ki tudjuk használni. Az adalék a megszilárdult cementtel akkor egyesül a legszilárdabb egységes testté (monolittá), ha 1. a pép teljesen bevonja a szemcsék felületét,

2. a tapadás a pép és az adalékszemcsék közt a lehető legjobb;

3. a pép teljesen kitölti a szemcsék hézagait, végül

4. a beton keveréséhez a lehető legkevesebb vizet használjuk fel.

* A cement adalék aránya kismértékben függ a vízcementtényezőtől is.



4. ábra. Különböző cementekkel készült habarcsok elektromos ellenállása a vízcementtényező függvényében (0—1,0 mm-es homokkal).
Mérési táv: 100 mm. Elektróda: vörösréz. Elektródafelület: 70x70 mm. Keverési arány: cement 1, homok 3. Homok: 0—0,1 mm. Cement: C—500 tata tatabányai portland, C—500 ber beremendi portland, C—500 kohós, bélapátfalvai kohósalak, C—500 trasz tatabányai trasz, C—500 S 54 lábatlani különleges portland, C—600 tatabányai portland.

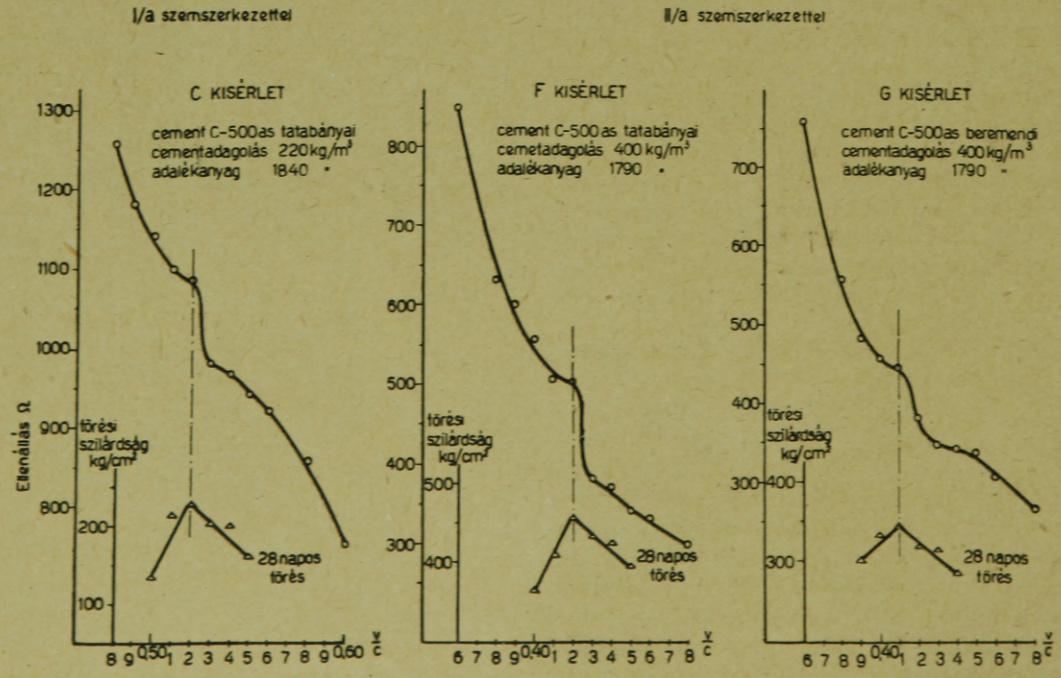
A 4. pont természetesen nem jelentheti azt, hogy annyira lemenjünk a vízadagolással, hogy a tapadás ne legyen jó és a pép ne tudja a hézagokat kitölteni, hanem az 1—3 pont feltételeknek is teljesülni kell.

Laza, friss beton ellenállási görbéjénél a törés akkor következik be, amikor a hézagok kitöltése megkezdődik; ez jelzi egyszersmind azt is, hogy a szemcsék felületét a pép már teljesen bevonta. Az optimális szilárdságnak ez azonban csak előfeltétele, a maximális szilárdság jó bedolgozással érhető el.

5. A bedolgozható beton vízcementtényezője

A bedolgozható beton plaszticitását az elvégzendő munka természete határozza meg, tehát nem lehet az alkalmazandó vízcementtényezőt elméletileg pontosan előrebecsülni. Ha azonban ismerjük a tényleg felhasznált adalékhoz és meghatározott cementadagoláshoz tartozó, helyszínen megállapított optimális vízcementtényezőt*, akkor rövid kísérletezéssel könnyen megállapíthatjuk, hogy az ép megkívánt plaszticitású beton vízcementtényezője mennyivel nagyobb az optimális vízcementtényezőnél, a betonkészítésnél tehát pontosan ezt a vízmennyiséget adjuk az előírt száraz keverékhez. Így a vízadagolás exakt alapra helyeződik és kétségkívül a legjobb lesz — természetesen akkor, ha fentieket valóban be is tartjuk.

* Ez a kézi bedolgozásra vonatkozik.



5. ábra. Különböző összetételű, frissen kevert betonok elektromos ellenállásának és 28 napos kockaszilárdságának összefüggése.*

6. Az optimális vízcementtényező összefüggése a tömörítéssel

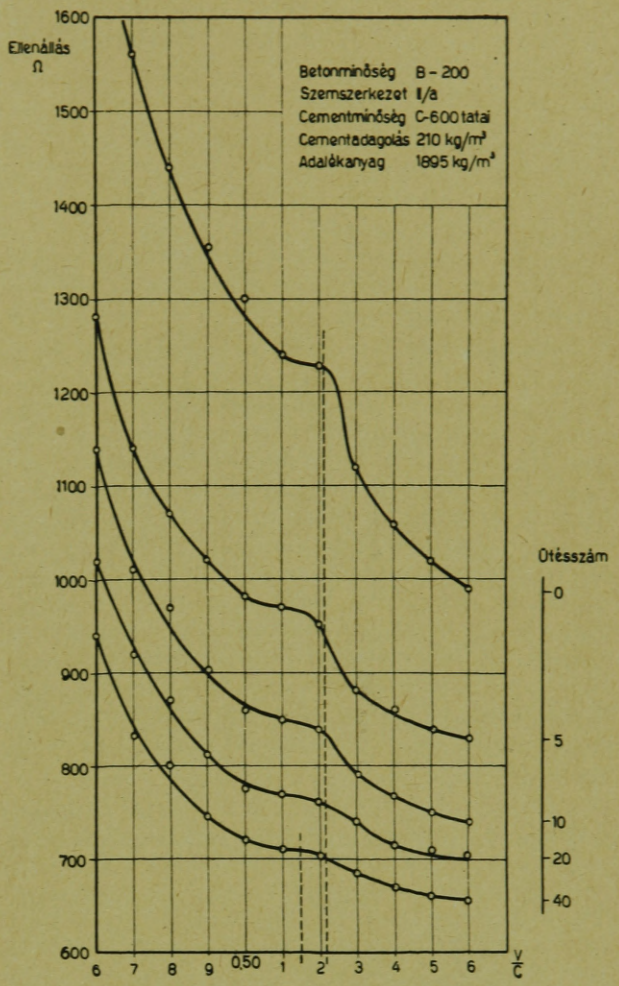
Az optimális vízcementtényező értékét a bedolgozás, azaz tömörítés módja is befolyásolja, ezért ebben az irányban is végeztünk kísérleteket, melyek még folyamatban vannak. Meghatározott összetételű cement és adalék keverékéhez ismert mennyiségű vizet adagoltunk, majd alapos összekeverés után a mérőedénybe a keveréket lazán betöltöttük és lesimítottuk. Ezután meghatároztuk a friss beton elektromos ellenállását, majd a mérőládára kartonpapírból 3 cm magas toldalékot illesztettünk és ezt is megtöltöttük ugyanilyen friss betonnal. Ezt szabványos habarcstömörítő készülékre helyezve, 5 ütéssel tömörítettük. A toldalékot levettük, a beton felületét a láda szintjén lesimítottuk s az ellenállást újra lemértük. A toldalékot ismét visszahelyezve, a ládát újra feltöltöttük friss betonnal. A további 5 ütés után a láda felületét lesimítottuk, majd az ellenállást, mely most már 10 ütésnek felelt meg — újra megmértük. Hasonló módon határoztuk meg 20, 30 és 40 ütés után is az ellenállást. A vízcementtényező végig állandó maradt.

Amint várható volt, az ütések számával, vagyis a tömörítéssel az ellenállás erősen csökkent. A *6. ábrából* kitűnik, hogy a görbék lefutása lényegileg ugyanolyan marad, mint tömörítés nélkül, de a görbék laposabbak és a törés annál kisebb, minél nagyobb mértékű a tömörítés. Az is látható, hogy az első ütések nagymértékben csökkentik az ellenállást, a következők pedig mindig kevésbé. Leglényegesebb az, hogy a törés helye mindkét kísérletnél csak egészen kis mértékben tolódott el kisebb vízcementtényező felé, az eltolódás 0,01-on belül maradt. Tapasztalat szerint az erősen vibrált cement optimális vízcementtényezője ugyanolyan összetételnél kisebb, mint a kézzel döngölt betoné, de ennek a kérdésnek tüzetesebb megvizsgálása további munka tárgya lesz.

Ha az adalékszemcsére nagyobb erőt fejtünk ki, mint amekkora kézi bedöngölésnél elérhető, tehát a betont vibráljuk vagy centrifugáljuk, akkor a szemcse kevesebb vizet tartalmazó, szívósabb pép esetén is elmozdulhat, így jó tömörítés kisebb vízcementtényezőnél is elérhető. A vízcementtényező csökkentése pedig, amíg csak a kritikus 0,20—0,23 érték alá nem megyünk, a szilárdságot növeli. Így a vibrálás a tömörséget két okból is emeli, egyrészt a hézagok kitöltése tökéletesebb, másrészt a cementpép víztartalma csökken. Ez lehetővé teszi a megszilárdult és kiszáradt betonban a hátramaradó pórusok térfogatának csökkentését.

7. Befejezés

Munkánk előzetes eredményeit megküldtük külföldi intézeteknek és szakembereknek is, akik közül többen érdeklődésüket fejezték ki; így a CNIPSZ (Gyeszov professzor) az Ausztráliai Építéstudományi Intézet, a Dán Építéstudományi Intézet, az Otto Graf Intézet (Stuttgart), az Instituto Técnico de la Construccion y del Cemente, Madrid stb.



6. ábra. Készrekevert beton elektromos ellenállása tömörítés esetén.

Az eljárás alkalmas arra, hogy tetszőleges betonkeverék optimális vízcementtényezőjét kísérleti úton, gyorsan és megbízhatóan meghatározza. Ezért az Építésügyi Minisztérium Műszaki Főosztálya a racionalizálási és újítási javaslatok közt RUJ-7-56 számmal közzétette az eljárást. A röplap szövegében a szükséges felszerelés részletesen fel van sorolva és az eljárás kiviteli módja olyképpen leírva, hogy minden szakképzettség nélkül, egyszerűen a leírás betartásával félórán belül elvégezhető. Úgy hisszük, hogy ez az eljárás lényeges cementmegtakarítást tesz lehetővé a cement legjobb kihasználásának biztosítása folytán, miáltal kisebb keresztmetszeteket lehet alkalmazni s így a cementen kívül adalékanyagot, fuvarköltséget és zsaluzást is megtakarítani. Talán még fontosabb ennél az, hogy a beton készítésénél az egyenletes minőség betartása és a beton minőségének megbízható ellenőrzése egyszerű módon lehetővé válik, ami a jelenlegi állapottal szemben óriási haladást jelentene. Indokoltnak látszik tehát, hogy ezt a módszert nagyobb építkezéseknél széles körben bevezessék.

Az eljárást az Intézet laboratóriumában és a Hídépítő vállalatnál kivitelező szakemberek előtt több ízben bemutattuk.

A könnyűfémek építőipari felhasználása

DR. BURAY ZOLTÁN

Az építőipar csaknem a legutóbbi időkig az évezredek óta ismert építőanyagokat és építési technológiát alkalmazta. Bár a vasbeton használata már évtizedekre tekinthet vissza, az építés még ezzel az anyaggal is a megszokott formák között történt. A gyáriparilag előregyártott elemekkel való építkezés csak a legújabb kor eredménye.

Az építőipari anyagok és technológiák keresése során külföldön már eljutottak a könnyűfémekig, és ezt az anyagot széles körben alkalmazzák. Ismeretes, hogy 1953-ban tetőfedésre a világon kb. 80 000 t alumíniumot használtak fel; Angliában 1955-ben a 300 000-ik alumínium lakóházat gyártották le és állították fel; a világon jelenleg már tíznél több alumíniumhíd van 10 m-től 80 m fesztávolságig, és a világ alumíniumtermelésének kb. 9%-a kerül építészeti felhasználásra. Egyes országok 1953. évi alumíniumtermelésének belföldi építőipari felhasználást az összes alumíniumtermés százalékában az Alluminio 1955. 5. számában megjelent adatok nyomán az 1. táblázat szemlélteti. E táblázat jól mutatja nagy elmaradottságunkat.

1. táblázat

1953-ban az építőiparban felhasznált alumínium az össztermelés százalékában

Ország	Felhasználás %-ban
Ausztria	7,0
Egyesült Királyság	20,0
Franciaország	13,7
Japán	2,4
Kanada	34,0
Magyarország	0,5
Német Szövetségi Közt.	6,0
Svájc	7,0
USA polgári felhasználása	18,0

A külföldi folyóiratok olvasásakor nap mint nap kerül elénk valamilyen közlemény a könnyűfémek építőipari felhasználásáról. Nálunk, ahol éppenúgy, mint a világon mindenütt, lázas buzgalommal folyik a kutatás a korszerű, új, jó és olcsó építőanyagok és technológiák után, szinte csodálatos, hogy egy-két bátortalan kezdeményezésen kívül, az alumínium felhasználása vonalán — ami pedig jóformán az egyetlen komolyabb hazai nyersanyagunk — szinte semmi előrehaladás nem mutatkozik. Pedig az alumínium sajátságainak ismeretében számos olyan hazai felhasználási területet lehet találni, ahol ez a fém az eddig használt anyagoknál lényegesen jobb, és azonkívül nehezen beszerezhető importanyagok megtakarítását teszi lehetővé.

Az alumíniumot és ötvözeteit egyes fizikai, kémiai és mechanikai tulajdonságai teszik alkalmassá építőipari felhasználásra. Így a színalumíniumot jó fényvisszaverőképessége, fémes színtartóssága, jó és tartós színezhetősége (anódikus oxidáció), az időjárás korróziós hatásával szemben tanusított ellenállása miatt dekorációs célokra, épületek szigetelésére, valamint tetőfedésre alkalmazzák. A Light Metals 1954. (Vol. XVII.) évi 196. számában az alumínium tetőfedéssel foglalkozva összehasonlítja a különböző fémes tetőfedő anyagokat korrózió szempontjából (lásd 2. táblázat).

2. táblázat

Különböző fémes tetőfedő anyagok összehasonlító korróziós adatai

Atmoszféra	Korr. megtámadás mértéke mm/év			
	Alum.	Réz	Ólom	Cink
Sivatag	—	0,0001	0,0002	0,00025
Hegyvidék	0,00002	0,0006	0,0005	0,001
Tengerpart	0,0002	0,005	0,0005	0,001
Ipari vidék	0,0006	0,008	0,005	0,005

Gyakorlati és kísérleti adatok alapján kiszámították a megfelelően szerelt alumínium tetőfedés élettartamát. A számítások szerint kb. 1 mm vastag tetőborítás esetén az alumínium élettartama az alábbi:

szennyezett ipari atmoszférában ..... 50—100 év
sós levegőjű tengerparton több mint ..... 50 év
tiszta vidéki atmoszférában több mint ..... 100 év

A színalumínium fenti kedvező tulajdonságai, valamint kis fajsúlya (2,7 kg/dm³) mellett aránylag kis szilárdságú fém. A 99,5% tisztaságú alumínium szakítószilárdsága 800—900 kg/cm². A szilárdságilag is igénybevett helyeken ezért általában az ötvözeteit alkalmazzák.

Az építőiparban alkalmazható alumíniumötvözetek szakítószilárdsága 2000—4400 kg/cm² között mozog az ötvözet összetételének függvényében. A használatosabb alumíniumötvözetek szilárdsági adatait a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat

Alumíniumötvözetek tájékoztató szilárdsági értékei

Ötvözet	Állapot	Folyási határ kg/cm²	Szakítószilárds. kg/cm²	Nyúlás %	Keménység kg/mm²
Al 99,5	lágy	200	800	25	20
	kemény	1100	1400	4	40
Al-Mg_3	lágy	1000	2000	15	50
	félkem.	1300	2300	8	65
Al-Mg_4	lágy	1100	2300	15	60
	félkem.	1400	2700	12	75
Al-Mg-Si	félnemes	1200	2200	12	55
	nemes	1800	2800	10	90
Al-Cu-Mg	nemes	2800	4400	15	110

Természetesen az ötvözéssel a színalumínium egyes jó tulajdonságai romlanak. Így a legnagyobb szilárdságú Al—Cu—Mg típusú ötvözet korrózióellenállása lényegesen gyengébb a színalumíniuménál. Ezt az ötvözetet tehát csak zárt térben, vagy nem agresszív levegőjű, szabadtéri felhasználásnál lehet alkalmazni. Az általános építészeti célokra — szilárdságilag igénybevett helyeken — az Al—Mg—Si és az Al—Mg ötvözetek felelnek meg. Mindkét ötvözet légköri korrózióellenállás szempontjából gyakorlatilag a színalumíniummal megegyezik, a feldolgozástechnológiában azonban lényeges különbség mutatkozik. Az Al—Mg—Si ötvözetek — éppen úgy mint az Al—Cu—Mg típusúak — szilárdságukat egy nemesítő hőkezeléssel érik el. Természetesen ezt a szilárdságot a hegesztés hőhatására a hegesztés helyén és környékén részben elveszítik. Ezért a nemesíthető ötvözetekből készült elemeket általában szegecseléssel erősítik össze. Az Al—Mg típusú ötvözet szilárdsága az ötvöző mennyiségének és a hidegalakítás mértének függvénye, így a hegesztés — különösen a „lágy" anyagoknál — gyakorlatilag szilárdságcsökkenés nélkül hajtható végre. (Természetesen a színalumínium szintén jól hegeszthető.) Fénytartósság, színezhetőség, fajsúly stb. szempontjából az általános építészeti igényeket tekintve, az utóbbi két ötvözet a színalumíniummal gyakorlatilag megegyezik.

Az alumínium aránylag drága fém. Így az egyéb építőipari anyagokkal szemben versenyképes csak úgy lesz, ha a tervezés és kivitelezés a sajátos tulajdonságainak megfelelően történik. A könnyűfémszerkezetek tervezési irányelveire vonatkozó közlemények már jelentek meg a magyar szakirodalomban [1, 2], sőt az ÉTI e tervezési irányelveket szabályzatban is összefoglalta. E szabályzatnak szabványtervezetben való megjelentetése folyamatban van. Ezért itt csak egy-két jellegzetességre óhajtanánk felhívni a figyelmet.

Az alumíniumnak a már felsorolt tulajdonságain kívül szerkesztési szempontból két igen fontos sajátsága van. Az egyik az, hogy a rugalmassági modulusa kb. $^1/_3$-a az acélféleségeknek (700 000 kg/cm^2), a másik, hogy az alumíniumprofilok előállítása az acéllal ellentétben nem hengerléssel, hanem rúdsajtolással történik, ami a szelvények kialakításában messzemenő lehetőségeket nyújt.

E két sajátosság egyrészt megköveteli, másrészt lehetővé teszi az olyan nagy inerciájú, különleges szelvények kialakítását, amellyel a kis rugalmassági modulus előnytelenségét csökkenteni lehet anélkül, hogy az anyagköbtartalom felhasználást az acélhoz képest jelentősen megnövelnénk. Ezek a szempontok, illetőleg lehetőségek az említett magas anyagárral karöltve csakis olyan konstrukciót tesznek gazdaságossá, ahol az anyagszerűséget a legmesszebbmenően szem előtt tartják.

Az alumínium eddigi hazai építőipari felhasználásában a pillanatnyi szükség és ötletszerűség nagyobb szerepet játszott, mint a tervszerű megfontolás. A második világháború színesfém hiányában az alumíniumveretek és szerelvények jelentek meg. Ezek a legtöbbször öntészeti úton, hulladékból, nem megfelelő nyersanyagból, kellő szakértelem híján előállított alkatrészek sok ellenséget szereztek a könnyűfémnek. A nehézfémmel szennyezett és idő előtt elkorrodált vízvezetékszerelvények sok bosszúságot okoztak építőnek és felhasználónak egyaránt. Ezzel szemben az újabban megfelelő szakértelemmel előállított veretek, csapok, díszítőelemek, különösen anódikusan oxidálva, szépek, gondozást nem igényelnek és igen tartósak.

Portálokhoz, épületek belső és külső díszítésére szintén már huzamosabb idő óta alkalmaznak alumíniumot. A Metalloglobus Bajcsy-Zsilinszky úti portáléja, vagy a Szabad Nép székházának burkolása időálló és 6—8 évi használat után is szép (1. ábra).

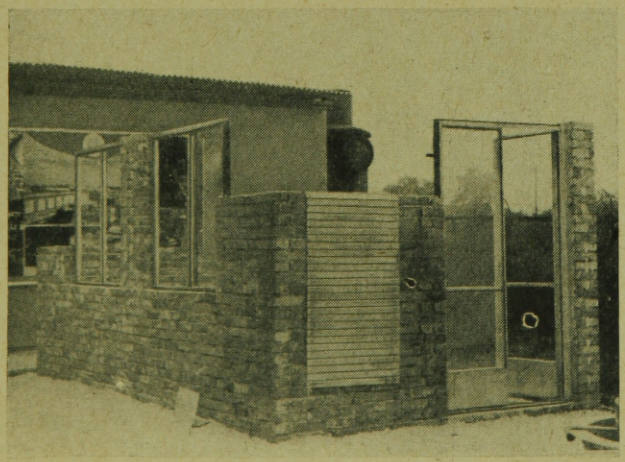
[1] Dr. Menyhárd I.: Az alumínium mint szerkezeti anyag. ÁMTI közlemények, 1949. 1. sz.

[2] Haviár—Bölcskey: Acta Technica, Tom. V., Fasc. 2.

1. ábra. A Szabad Nép székházának alumíniumborítása.

2. ábra. Kétrétegű, fixüvegezésű, kétszárnyú alumíniumablak.

A portáloknál szerzett tapasztalatok alapján nyílászáró szerkezeteket is kezdtek alumíniumból készíteni. E szerkezeteket kezdetben csak ipari épületeknél alkalmazták, később irodák, kultúrházak, tanácsházak, reprezentatív épületek ablakai ajtói is készültek alumíniumból. A több évi kedvező tapasztalat alapján az elmúlt évben a Fémipari Kutató Intézet megbízásából Hegyi József elkészítette a típus lakóépület dupla üvegezésű, fix, kétszárnyas ablak és erkélyajtó konstrukcióját különleges alumíniumprofilok felhasználásával (lásd 2. ábra). A Fémipari Kutató Intézet kiállításán beépített prototípusok fényképét a 3. ábra mutatja. E profilokkal természetesen más méretű ablak- és ajtótok, illetve keret is készülhet. E nyílászáró szerkezetek a kalkuláció szerint, a hasonló vasszerkezeteknél ugyan 5—15%-kal drágábbak, azonban festést és további karbantartást nem igényelnek, és tartósan szépek és jók maradnak.



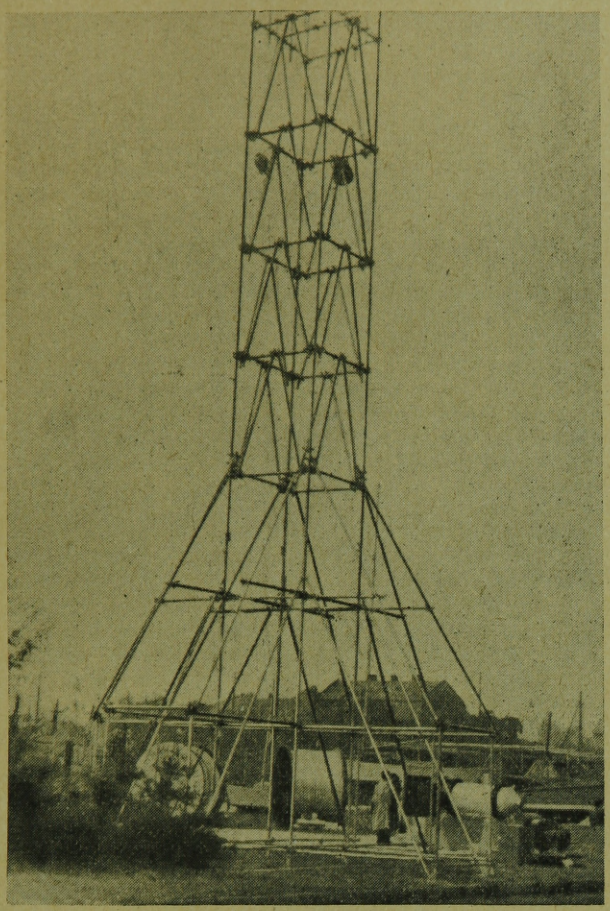
3. ábra. Alumíniumablak és ajtó beépítése.

Az alumíniumcső építőállvány gazdaságosságát, idő- és korrózióállóságát, könnyűségét ma már senki sem vonja kétségbe [3, 4] (lásd 4. ábra). Mint belső épületalkatrész, igen jól bevált, jó hőátadó, tartós, szép, könnyű és olcsó az alumíniumradiátor (5. ábra), melynek gyártását a Jászberényi Lemezárugyár több évi szünet után ez évben fel fogja venni.

A nagyfokú horganyhiány következtében az elmúlt évtizedben több helyen építettek be alumínium esőcsatornákat, melyek — ma már nyugodtan mondhatjuk — jól beváltak. A tetőfedésre használt alumíniumlemez, mint az előzőekben már láthattuk, szintén jó és tartós, és hazai viszonyok között is megfelelő technológiával (korcolással), jól alkalmazható.

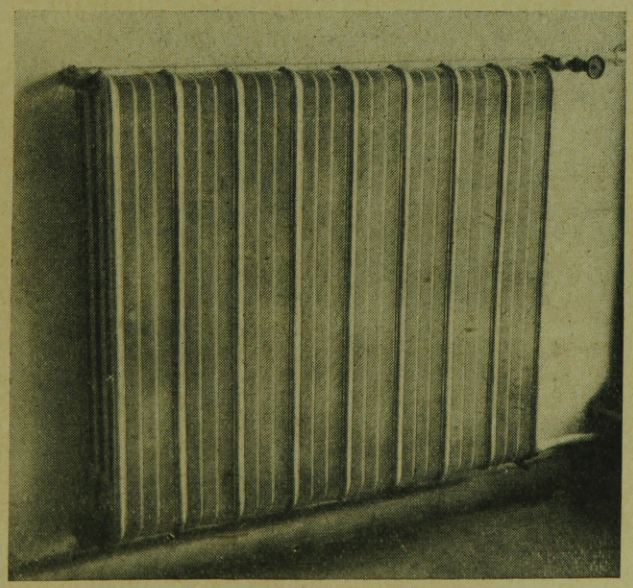
Tetőszerkezetek vonalán az első próbálkozás Völgyes Frigyes konstrukciójában a Magyaróvári Timföldgyár tetőszerkezete volt. Bár e tető teljesen acélszerkezetű konstrukciójú, mégis tartósság szempontjából igen jó tapasztalatok leszűrésére adott alkalmat. A nagymérvű fahiány leküzdésére a Fémipari Kutató Intézet és Építésügyi Minisztérium és az Építéstudományi Intézet szakembereinek bevonásával az Ipartervvel megtervezetett és a Dunai Hajógyárban kivitelezett egy típus lakóházhoz alkalmazható alumínium tetőszerkezetet. A tető szarugerendái különleges

[3] Sáfrány G.: Műszaki Élet, 1955. 1. szám.
[4] Dr. Buray Z.: Műszaki Élet, 1955. 7. szám.



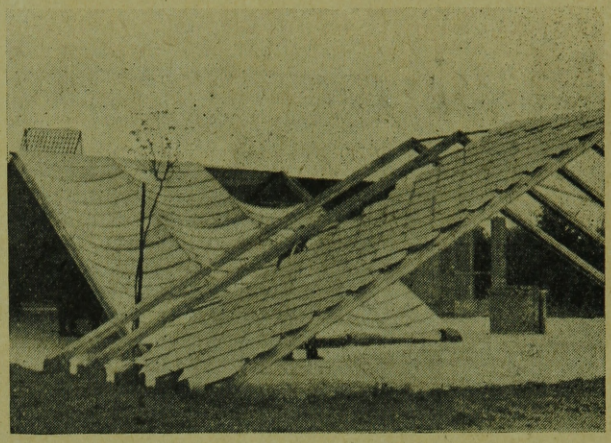
4. ábra. Alumínium állványcsőből épített torony.

alumíniumprofilok, melyhez a pala-vagy cserépfedés lécezése jól, egyszerű szögeléssel kapcsolható. Alumíniumfedés esetén a lemezburkolat egyszerűen minden szakértelem nélkül felhelyezhető. A szarugerendákat pala-, illetőleg alumínium borítással a 6. ábra szemlélteti. Palaborítás esetén az alumínium szarugerendák 1 m-es távolságban vannak

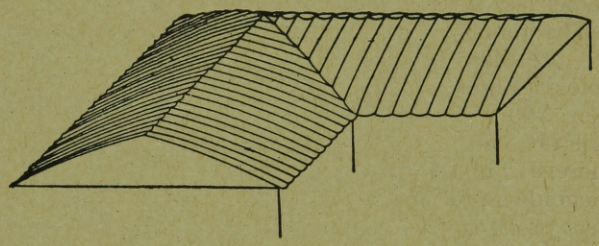


5. ábra. Alumínium radiátor.

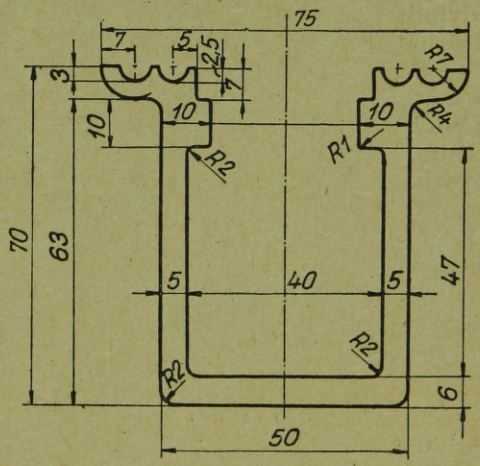
egymástól felállítva, így a szaruzat súlya 1 m² alapterületre számítva 6,8 kg. A palával borított kész tető súlya pedig 37 kg/m². Ha borításul a különlegesen kialakított alumíniumlemezeket használjuk, a szaruzat 1,85 m-enkénti elhelyezése elégséges. Ekkor a fedett tetőszék súlya 6,55 kg/m²,



6. ábra. Alumínium szaruzatú palaborítású és alumíniumborítású tetőszékek.

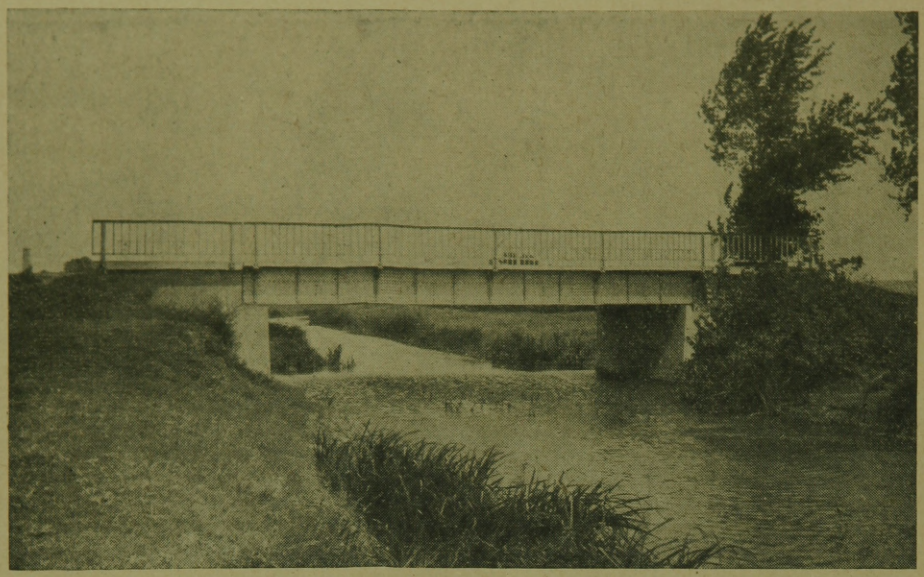


7. ábra. Önhordó, szaruzatnélküli alumínium tető.



8. ábra. Üvegtetőhöz alkalmazható alumíniumprofil.

szemben a palatetős fafedélszék 55 kg/m² súlyával. Az alumínium nagy ára miatt azonban ez még alumíniumborítás esetén sem veheti fel a versenyt a faszaruzatú, palaborítású fedélszékkel, mert annál kb. 70%-kal drágább. Ezen csak az alumíniumszerű tervezés segíthetett. A dr. Menyhárd István által tervezett teljesen önhordó, szaruzat nélküli, héjszerkezetű tető súlya már típuslakóházak esetén sem haladja meg a 3,5 kg/m²-t



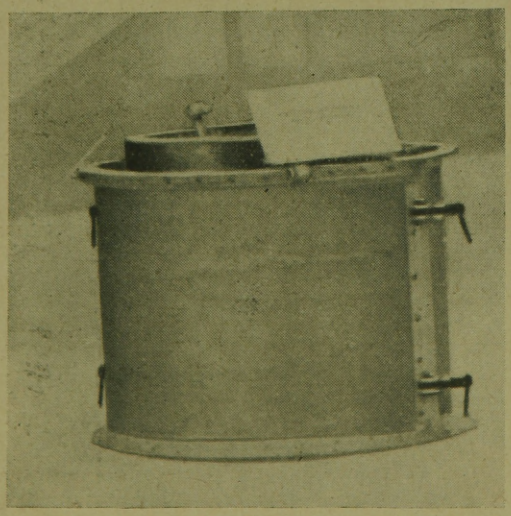
9. ábra.
Szabadszállási alumíniumhíd.

(lásd 7. ábra). Különösen nagyjelentőségű az ilyen típusú önhordó tető nagy terek lefedésénél, ahol a 100—200 kg/m² súlyú vasbeton tetők helyett hőszigetelés nélküli kivitelben 5 kg/m² súlyú tetőszerkezet készíthető. Egy ilyen típusú tetőszerkezettel lesz ellátva a Budapesti Vasas Pasaréti úti fedett teniszpályája.

Tetőfedéshez, valamint dekorációs és egyéb célokra alkalmas hullámlemezt jelenleg két méretben, 200 × 85 cm-es táblákban állít elő iparunk. Kilátás van rá, hogy ez év végén jóval nagyobb méretű hullámlemezek nagyüzemi előállítása is megoldásra kerül. Elkészült az üvegtetőhöz alkalmas profil is (8. ábra).

Öt évvel ezelőtt adták át a forgalomnak a világon az ötödik, a kontinensen az első teljesen alumíniumból készült hidat Szabadszálláson (9. ábra). A híd azóta állandóan üzemben van, és bár Al—Cu—Mg ötvözetből készült, rajta sem korróziós, sem egyéb elváltozás nem észlelhető.

Külföldi példa nyomán az Iparterv és Fémipari Kutató Intézet együttműködéséből a Dunai Hajógyárban elkészült egy beton kútgyűrű-sablon alumíniumból (10. ábra). Az üzemi tapasztalatok eddig azt mutatták, hogy a megfelelően zsírozott sablonból a beton jól elválik, a sablonon korróziós nyomok nem észlelhetők, kezelhetősége az eddig használt acélsablonnál lényegesen könnyebb, mivel súlya az előbbinek egyharmada.



10. ábra. Kútgyűrű betonozósablon alumíniumból.

A világszerte jelentkező lakáshiány egyik fő-oka az építőipar rendkívüli munkaigényessége, valamint az, hogy az épületek egyedi gyártásban készülnek. Ezért mindenfelé megindult a törekvés az épületek és épületelemek nagyüzemi gyártására. A konzervatív építőipari anyagokkal azonban a nagyüzemi előregyártás csak nehezen oldható meg. A szállítás, helyszíni szerelés nehézkes, komoly felkészülést, drága berendezéseket és még így is tetemes munkát igényel. Az alumínium az egyetlen olyan építőanyag, amellyel az előregyártás teljesen kész panelekig megoldható, a szállítás és a szerelés a panelek kis súlya miatt gyakorlatilag berendezés nélkül, gyorsan, kevés munkaerővel végrehajtható. Ezen felül a panelépítésű alumíniumházak többször szétszedhetők és újra, mondhatni rongálódásmentesen összerakhatók. A panelek gyártása nagyiparilag futószalagon oldható meg. A hazai panelépítésű alumíniumházak gyártásának megindításával a lakásigények kielégítésén kívül szétszedhető, költöztethető munkáslakások, felvonulási épületek, raktárak, külső szereléshez ideiglenes szerelőcsarnokok, barakkok, hangárok, garázsok stb. is készülhetnének alumínium előregyártott panelek felhasználásával. De ez az egyedüli reális lehetősége a házexportnak is.

Mindezek figyelembevételével az elmúlt évben két tervezés is indult az alumíniumpanelű ház vonalán. Az egyik a FKI rendelésére az Iparterv-nél, a másik az Építőipari Műszaki Egyetem Lakóépületek tanszékén. Az előbbinél egy felvonulási épület, az utóbbinál egy lakóépület tervei készültek. Mindkét tervezés hasonló alapelvekkel, de más megoldási módokkal folyt. Az Iparterv felvonulási épület rajzát a 11. ábra szemlélteti, a műegyetemi tervek alapján kivitelezett paneleket a 12. ábra mutatja. A rajzon jól látható az 1 × 3

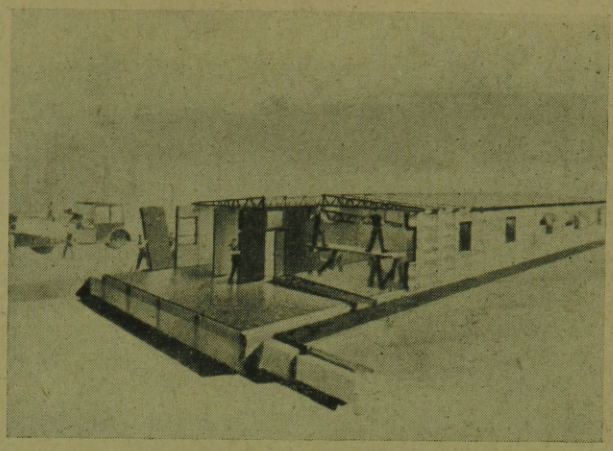
méteres, alig 80 kg súlyú panelekkel történő, egyszerű építés.

A panelépítésű alumíniumház a felsorolt előnyei mellett még drágának sem mondható. A tervek szerint egy kétszobás családi ház, teljesen készen felállítva, egy hasonló méretű téglaépülethez képest, alig 15%-kal drágább, míg sorozatgyártásnál ez a különbség is eltűnik. Az olyan épületeknél, ahol a költöztethetőség előfeltétel, egy megfelelő méretű fabarakkal szemben az alumíniumbarakk már a harmadik költözésnél olcsóbb, tekintve a fabarakk rongálódását.

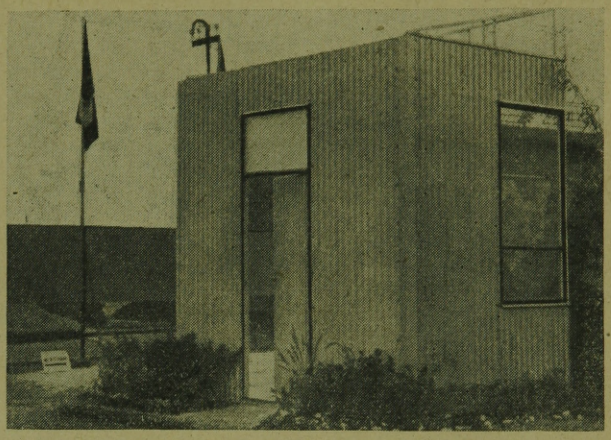
Természetesen a hazai alumíniumházépítés megindulása érdekében némi áldozatot kell hozni. A hazai terveket és számításokat a külföldi tapasztalatok alátámasztják ugyan, de végleges állásfoglalás, az építési mód, a panelek legmegfelelőbb kialakítása csak egy kísérleti gyártás után tisztázható. Feltétlenül szükségesnek tartanók ezért, hogy mindkét terv szerint, egy-egy kb. 60m² alapterületű épület elkészüljön, hogy azokon mind a gyártási, mind az üzemeltetési tapasztalatok leszűrhetők és értékelhetők legyenek. Az építészeti vonalról ezirányban időnként meginduló, komolyabb érdeklődéseket és kezdeményezéseket, érthetetlen módon, bizonyos felsőbb szervek megakasztják. Pedig azt hisszük, hogy egy ilyen irányú kezdeményezés építőiparunk számára nemcsak importanyag problémák megoldását eredményezhetné, hanem az építkezéseknél jelentkező munkaerőhiányban is jelentős enyhülést okozna, felszabadítva munkaerőt olyan építkezésekre, amelyek sürgőssége és nemzetgazdasági fontossága elsőrendű, miáltal építőiparunk termelékenysége is jelentősen fokozódna.

A haladó építész szakemberek részéről a könnyűfémek iránt mindinkább megnyilvánuló érdeklődés remélni engedi, hogy ezzel az építőiparban új, hazai nyersanyaggal mind szélesebb területen élni fognak. A kezdeti, tapogatódzó lépések után reméljük, mielőbb megindulnak a kísérleti beépítések, mert csak egy sokrétű, szerteágazó, gyakorlati felhasználás után fog tisztázódni az alumínium hazai felhasználásának területe, gazdaságossága, alkalmazásának módjai. Ezen gyakorlati próbák alapján győzhetjük csak meg a ma még kétkedőket vagy idegenkedőket, és győződhetünk meg magunk is vélt igazunkról.

Ma az alumíniumnak az építőiparban történő fokozottabb felhasználását az árkérdés nagyban megnehezíti. Építőiparunk által felhasznált anyagok egy része importanyag. A hazai alumínium és importanyagok közti árviszony Magyarországon az alumínium szempontjából sokkal kedvezőtlenebb, mint a világpiacon (alumínium : fa ; alumínium : réz ; alumínium : cink árának viszonya). Alumíniumfeldolgozó iparunk önköltségcsökkentésének elsőrendű feladata, hogy ezt a ma még kedvezőtlen árviszonyt javítani és ezen keresztül népgazdaságunk országos devizamérlegét kedvezően befolyásolni igyekezzék. Mind ehhez, mind a kísérleti munkákhoz az építőiparnak készséggel ad támogatást és ajánl szoros együttműködést hazai alumíniumiparunk.



11. ábra. Szétszedhető alumínium felvonulási épület szerelése az Iparterv tervei szerint.



12. ábra. Alumínium panelekből összeállított lakóházrészlet az Építőipari Műszaki Egyetem Lakóépületek tanszék tervei szerint.

HAVAS BÉLA:

Az energia gazdaságos felhasználása az építőiparban és az építőanyagiparban

A könyv az építőipar és építőanyagipar hő- és villamosenergia-gazdálkodásának gyakorlati kérdéseit tárgyalja. Ezen a területen kiterjed minden fontos technológiára, és — az azonos technológiai szempontokat csoportosítva — igyekszik az általános energiagazdálkodással kapcsolatos igényeket is kielégíteni. A mű üzemi mérnökök és technikusok részére készült és a legszükségesebb elméleti ismeretek tárgyalásával és a gyakorlati tennivalók redszerezésével útmutatást nyújt az üzemi energiagazdálkodás feladatainak helyes ellátására. Az egyes fejezetek minden szempontra kiterjedő részletességgel ismertetik energiagazdálkodásunk alapjait a hőenergia és a villamosenergia felhasználási lehetőségeit. A 27. táblázat az energetikusok munkájához szükséges fontosabb adatokat tartalmazza.

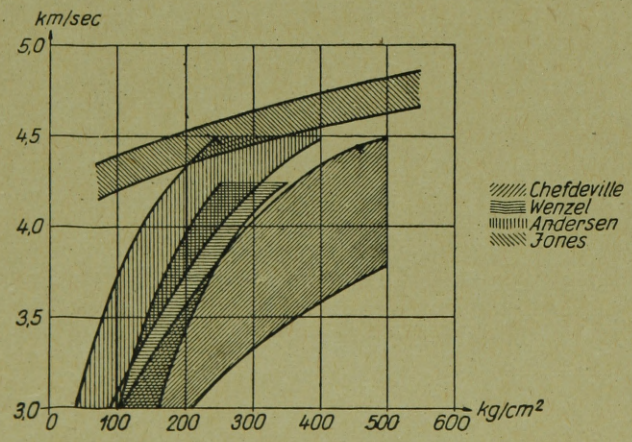
176 l. 67 ábra Ára fűzve: 25.50 Ft.

Roncsolásmentes betonvizsgálat ultrahanggal*

KOCHIS BÉLA

Az ultraszonikus anyagvizsgálat új lehetőségeket nyújt a beton pontosabb megismeréséhez. A betonanyagok törővizsgálata nehézkes, pontatlan és sok esetben el sem végezhető. Az ultraszonikus betonvizsgálat segítségével olyan vizsgálati mód birtokába jutunk, mellyel nemcsak próbatesteken, hanem kész műtárgyakon is elvégezhetjük a szilárdságvizsgálatot. Lehetőség nyílik figyelemmel kísérni a műtárgyak szilárdságváltozását az érlelési körülmények függvényében anélkül, hogy a műtárgyat bárminemű károsodás érné. A klasszikus anyagvizsgálat (törő, hajlító stb.) ezeket a problémákat megkerüli, próbatesteket tör a műtárgy anyagából, melyek elkészítési és érlelési körülményei azonban egészen biztosan nem egyeznek a műtárgy bedolgozásával, valamint kötési viszonyaival. Az alkalmazott akusztika nyújtotta új lehetőségeket sok kutató, így J. Chefdeville, G. Dawance, Blanc, Wenzel, Andersen, Jones és még sokan mások felismerték, és kidolgozták az ultraszonikus készülékek egész sorát beton-szilárdság vizsgálatára. Az egyes kutatók külön-külön viszonylag jó eredményekről számoltak be, mégis ha összehasonlítjuk ezeket az eredményeket egymás között, mint ahogy azt A. Hütter meg is teszi, akkor rögtön látjuk, hogy a kutatók egymástól nagyon is eltérő, sőt sokban ellentmondó eredményre jutottak.

A beton szilárdsága a terjedési sebesség függvényében. Külföldi kutatók eredményeinek összehasonlítása A. Hütter szerint.



1. ábra

Az 1. ábrán jól látható, hogy a kutatók eredményei mennyire eltérnek egymástól. Az eltérést mással magyarázni nem lehet, mint azzal, hogy a vizsgálatok végrehajtásában olyan elvi hibát követtek el, mellyel nem számoltak. Feladatul tűztük ki annak kivizsgálását, hogy mi az oka ennek a nagy eltérésnek.

A beton inhomogén anyag. A magyar szabványok szerint a vasalatlan beton maximális szemnagysága a legkisebb falvastagság negyedrésze lehet. Vasbeton esetében a maximális méret 30—40 mm, vasalatlan beton esetében 70 mm.

Fém anyagok ultraszonikus vizsgálatánál megállapították, hogy a szemcse méretének legalább háromszorosa legyen az a hullámhossz, mellyel hibakimutatást akarnak végezni vas, illetve fém anyagokban. Amennyiben a szemnagyság a hullámhossz harmadát meghaladja, úgy a vizsgálat rossz eredményeket ad, vagy pedig végre sem hajtható. Az előbbi megállapítást betonanyagokra alkalmazva leszögezhetjük, hogy a bevitt hangjel hullámhossza — ha értékelhető eredményeket akarunk kapni — ugyancsak legalább háromszorosa legyen a szemcseméretnek. Kérdés, hogy a betonban mely méret nevezhető szemcseméretnek? A külföldi eredmények és saját vizsgálataink azt mutatták, hogy erre a kérdésre több választ lehet adni. A magyarázat a következő: a beton kétfajta szemcserendszerből áll. Az egyik szemcserendszer méreteit meghatározza az adalékanyag szemnagysága, tehát a hang hullámhossza legalább a maximális szemnagyság négyszerese legyen. Ez az érték nem minden esetben megfelelő. Tegyük fel, hogy a vizsgálandó betonban előforduló maximális adalékméret 4 cm, akkor az adódik, hogy a vizsgálatot 16 cm hosszú hangjellel végezhetjük. Az ilyen hosszú hangjel pontos mérése — kis betonméretek esetében — nagyon nehéz.

A betonban van egy másik szemcserendszer is. E szemcserendszer maximális mérete megegyezik az adalékanyag kristály méreteivel. Ez a következőképpen fogható fel. A kavics, melyet általában adalékanyagnak használnak, sok-sok apró kristályból áll. E kristályok maximális mérete egy-két nagyságrenddel alatta van a kavics méretének. Amennyiben az ultraszonikus vizsgálat szempontjából szemcsenagyságnak ezt a kristálymeretet nevezzük, akkor jól mérhető, rövid jel impulzusokat használhatunk a beton vizsgálatnál. Amíg a hangjel a kavics belsejében terjed, intenzitása exponenciálisan csökken. Természetesen a jel kilépésekor, valamint belépésekor a kavicsból, illetve kavicsba, a hang bizonyos mértékben szóródik és így a határfelületeken intenzitása ugrásszerűen csökken. Ha sikerül elegendő energiát bevinni a betonba, akkor mérésünk pontos és értékelhető lesz. A technika jelenlegi állása mellett — mint ahogy azt egyes kutatók kísérletei is mutatják — 1 m-nél nagyobb távolságon rövid hangjellel áthatolni már nem lehet. A 2. ábrán közöljük a beton vizsgálatánál gazdaságosan alkalmazható maximális frekvenciát a szemnagyság függvényében.

E megfontolásokból látható, hogy a kisméretű betontesteket vizsgálat szempontjából külön kell választani a nagyméretűektől. Nagyméretű betontestek esetében nyugodtan alkalmazhatunk 10—20, esetleg 40 cm hullámhosszúságú hangot

* Építéstudományi Intézet Laboratóriuma.

is, mivel a hang terjedési ideje elég nagy lesz és lapos felfutású hangjel esetében is kielégítő pontossággal mérhető.

A második, de szintén sarkalatos kérdés a gerjesztőfej illesztése a vizsgálandó anyaghoz. Amint a klasszikus akusztikából jól tudjuk, amennyiben egy határfelület két egymástól nagymértékben különböző akusztikus ellenálású teret választ el egymástól, a hang ezen a határfelületen nagyrészt visszaverődik, szóródik, és ha nem teljesen merőlegesen halad át a határfelületen, iránytörést szenved. Ha ezt el akarjuk kerülni, vigyáznunk kell arra, hogy az adófej akusztikus ellenállása a beton akusztikus ellenállásához közelálló legyen. Amennyiben ez nem teljesíthető, akkor csatoló anyagot kell alkalmazni a határfelületen, mely az akusztikus ellenállás-különbségeket áthidalja.

Külföldi kutatók eltérő eredményeit az is okozta, hogy a hasonlító törő vizsgálatokat nem azonos méretű próbatesteken végezték, pedig amint azt a gyakorlatból tudjuk, a törőszilárdság is méretfüggő. Külföldön nagy szeretettel használják a 7, 10, 15 és 20 cm-es élhosszúságú kockákat, valamint hengereket és ezeknek ugyanazon anyag esetében is más-más lesz a törőszilárdsága. A törőszilárdság mérésénél ugyanannál a kockaméretnél is bizonyos mértékű szórás még a leggondosabb elkészítésnél is fennáll, épp a beton inhomogénitása miatt, mely bizonytalanságot csak próbatestek számának emelésével lehet kiküszöbölni.

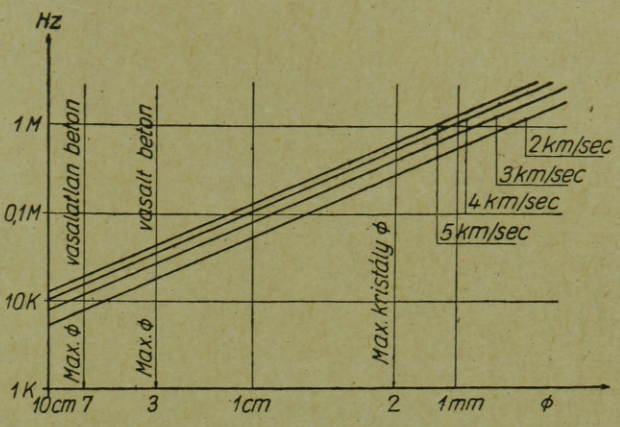
A hang terjedési sebessége függ az anyag rugalmassági modulusától, sűrűségétől, valamint a Poisson-féle számától is. A Poisson-féle szám beton esetében 0,1—0,45-ig változhat. Ez annyit jelent, hogy nem elegendő csupán egy terjedési sebességet mérni, hanem szükséges a longitudinális és transzverzális terjedési sebesség viszonyából meghatározni a Poisson-féle számot.

Külföldi kutatók nagyrésze, a Poisson-féle szám jelentőségét elhanyagolva, a beton szilárdságát :

$$T = k \cdot v_e^x$$

jellegű képletből számolja, ahol a k és x értékeit kísérletek alapján a különböző minőségű betonadalékokra és különféle szemszerkezetre meghatározzák. A T a törőerőt jelenti, a v_e pedig a longitudinális hangterjedési sebességet. Ez a képlet csak bizonyos határok között elfogadható, mégpedig a nagyszilárdságú és legalább 28 napos betonok esetében ad jó értéket.

Az Építéstudományi Intézetben végzett kísérleteink közben találkoztunk olyan esettel, hogy a beton longitudinális terjedési sebessége 3 napos korától 5 napos koráig alig változott, míg az összehasonlító próbatestek törőszilárdsága nagymértékű változást mutatott. Az előbb közölt összefüggés szerint a törőszilárdságnak nem szabad változni, ha a terjedési sebesség nem változik. Ugyanakkor méréseink alapján megállapítottuk, hogy bár a terjedési sebesség csak kismértékben változott, ugyanakkor a Poisson-féle szám nagymértékben.



2. ábra

Különböző alakú, de azonos minőségű betontestben a terjedési sebesség nem azonos. A klasszikus akusztika törvényei szerint ez várható is és a terjedési sebességet a Poisson-féle szám valamilyen függvényével korrigálni kell. Ha minden terjedési sebességet végtelen kiterjedésű háromdimenziós közegre számítunk át, akkor azonos beton esetében azonos terjedési sebességet is kapunk.

Az ultrahang anyagvizsgálati alkalmazásának sokféle módja van. Felhasználásának módját lehet csoportosítani a bevitt jel alakja, jellege, az indikálás módja, valamint a jel adó felépítése szerint. Az 1. sz. táblázat a jel alakja és jellege szerinti csoportosítást mutatja.

1. táblázat

Jel	Anyag	Megjegyzés
Tiszta szinusz	Fémek, *beton*, talaj, szikla	Vastagság, *szilárdság* meghatározásához. Intenzitásméréssel.
Szakaszos szinusz	Fémek	Hibaindikálás és vastagság meghatározás. Intenzitásméréssel.
Modulált szinusz	Fémek	Hibaindikálás. Intenzitásméréssel.
Impulzus	Fémek, *beton*, talaj, szikla	Hibaindikálás, *szilárdság*, vastagság meghatározása, intenzitásméréssel, valamint *terjedési sebesség* mérésével.
Rugalmas ütközéssel keltett fehér zaj	*Beton*	*Szilárdság* meghatározás. *Terjedési sebesség* mérésével.

A tiszta szinuszos hullámot betonok esetében csakis a rezonancia frekvencia megállapítására szokták használni. Minden test azt a frekvenciát engedi át a legnagyobb intenzitással, amelyik egyezik a test mérete, alakja, rugalmassági modulusa, sűrűsége és Poisson-féle száma által meghatározott rezonancia frekvenciájával. E mérési módszernek határozott előnye, hogy a hang terjedési sebességét viszonylag olcsó és könnyen elké-

szíthető mérő berendezéssel lehet meghatározni. Kifejezett hátránya, hogy bonyolultabb alakú testek esetében nem használható. Mérési pontossága nagymértékben a generátor potosságától függ, ez pedig a technika mai állása mellett kielégítő.

Üzemi mérésekre megfelel az 1—2% pontosságú generátor is, laboratóriumi mérésekre célszerű 0,5 vagy annál kisebb százalék pontosságú generátort használni.

Rövid időtartamú impulzus jelekkel — mint azt már az előbbiekben letárgyaltuk — csak kis vastagságú betont lehet átsugározni. E berendezés hátránya, hogy elkészítése költséges, a készülék szállítása nehézkes és használata nagy körültekintést igényel.

Rugalmas ütközés okozta „fehér zajjal" történő gerjesztés határozott előnye, hogy a fehér zaj spektrumából a rendszer kikeresi azt a frekvenciát, mely benne a legkisebb csillapítással terjed, ennek következtében a bevitt jel kis energiájú gerjesztés ellenére is viszonylag nagy amplitudójú lesz és nagyméretű betontestek is könnyen mérhetők vele. A kalapácsos gerjesztő fejjel működő készülék egyszerűbb, mint a kristálycsoportokkal előállított rövid impulzus jellel működő.

A másik két csoportosítás, mely az indikálás módja és a jeladó felépítése szerint csoportosítja a berendezéseket, már inkább a készülék kialakítására enged következtetni. E két utóbbi csoportosítást egybevontan az alábbiakban közöljük.

2. táblázat

Jeladó	Indikálás módja	Anyag
Piezoelektromos Piezoelektromos	*Időmérés* Intenzitásmérés	Fémek, *beton* Fémek
Magnetostrikciós Magnetostrikciós	*Időmérés* Intenzitásmérés	Fémek, *beton* Fémek
Elektromágneses	*Intenzitásmérés*	*Beton*
Mech. kalapács Mech. kalapács	*Időmérés* *Lecsengés frekv. mérés*	*Beton* *Beton*
Robbanóanyagok	Időmérés	Talaj szikla
Gépi vibrátor	Intenzitás és fázisszögmérés	Talaj

A második táblázatot az eddig kialakult gyakorlat szerint állítottuk össze. Amint látjuk, betonvizsgálatra sokfajta készüléket szerkesztettek, de mindezideig nem mondható egyetlenegy készülékfajtáról sem, hogy céljának hiánytalanul megfelel. Azok a készülékek, melyek viszonylag pontosan mérnek, elektronikus felépítésükben sok hibát rejtenek magukban, ha figyelembevesszük azt, hogy nemcsak laboratóriumi vizsgálatok céljára, hanem az építőipar anyagvizsgálati problémáinak megoldására készítették őket.

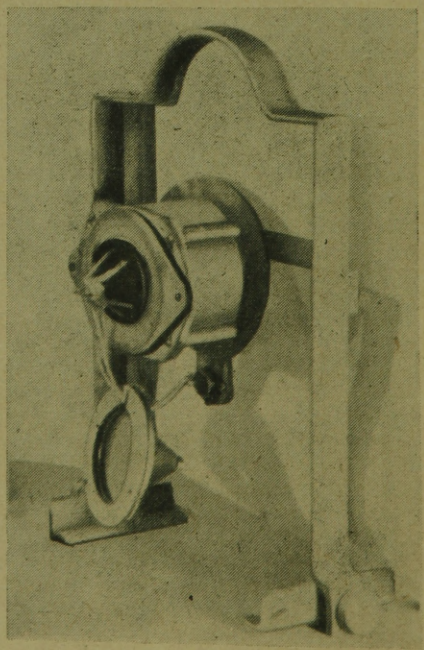
Mérőberendezéseink működésének rövid ismertetése

Kísérleteinket az Építéstudományi Intézetben kétféle ultraszonikus anyagvizsgáló berendezéssel végeztük. Első készülékünk a betontest rezonanciafrekvenciának mérésére volt alkalmas. Az így kapott eredmények elég pontosak, és e mérések alapján szándékoztuk a rezonanciafrekvenciából számított dinamikus rugalmassági modulus és a beton törőszilárdsága közötti összefüggést meghatározni. A készülék, mint már az előbbiekben is említettük, csak laboratóriumi mérésekre, meghatározott méretű próbatestek vizsgálatára alkalmas.

Második készülékünk kalapácsos gerjesztésű hangsebességmérő berendezés. E készülék alkalmas bármilyen alakú próbatesten vagy műtárgyon végrehajtandó mérés elvégzésére. Mérési pontossága már elvileg is kisebb mint az előzőé, éppen ezért volt szükséges a rezonancia módszerrel működő készüléket is építeni, mert az általános érvényű összefüggések pontos meghatározására ez utóbbi készülék mérési pontossága nem kielégítő.

Rezonanciafrekvencia mérésére szolgáló ultraszonikus készülékünk elkészülte után körülbelül 4 hónapi kísérletezés és többszörös részleges átépítés után elsőízben 1954 októberében sikerült a beton rezonanciafrekvenciáját vele kimérni. A készülék rövid műszaki leírása javított és átalakított állapotában a következőkben foglalható össze:

A tiszta szinuszos jelzéseket egy RC generátor állítja elő, mely rezgéseit előerősítőn keresztül a végerősítőnek adja tovább. A végerősítő fokozat elméletileg 12, gyakorlatilag 8 watt energiát szolgáltatott. Ezt az energiát 10 wattos hangszóróból átalakított adófejre vezettük át. A kónuszától megfosztott 10 wattos hangszóróra celluloid kúpot ragasztottunk, a kúp végébe pedig egy



3. ábra

gramofontűt erősítettünk. A 3. ábrán látható a védőkupakjától megfosztott adófej a ráerősített celluloid kúppal és gramofontűvel.

Az indikátor rész a betontest végére elhelyezett kristály pick-up-ból és az előerősítőn keresztül hozzácsatolt katódsugár oszcilloszkópból áll. Az egész készülék működés közben a 4. ábrán látható.

A katódsugár oszcilloszkóp vízszintes eltérítő feszültségét közvetlenül a hanggenerátorból kapja. A hangszóró által a betonnak átadott hangot a pick-up az utánakövetkező előerősítő fokozatra, az pedig végerősítőn keresztül a katódsugárcső függőleges eltérítő lemezére vezeti.

Amennyiben a hangszóró a vizsgált próbatest rezonanciafrekvenciáját szolgáltatja, a katódsugárcső ernyőjén kör látható. Ha a hangszóró által szolgáltatott hangfrekvencia néhány százalékkal eltér a rezonanciafrekvenciától, az ernyőn csupán egy vízszintes egyenest kapunk. A beton azokat a frekvenciákat, melyek nem egyeznek rezonanciafrekvenciájával, jobban csillapítja. A készülék működésének elvi vázlata az 5. ábrán látható.

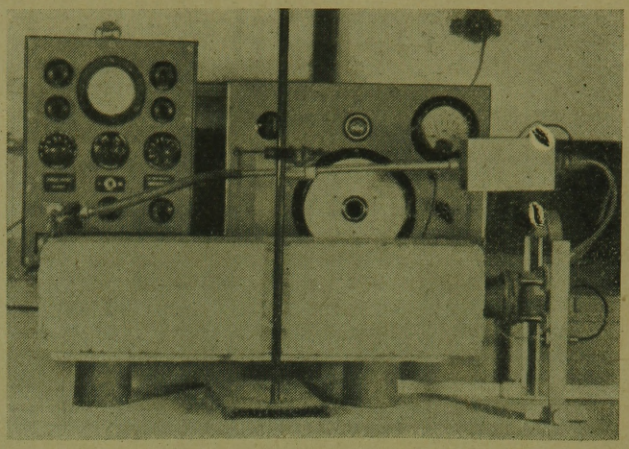
Kritikus pont az adófej és a próbatest illesztése. Az általunk használt rezgőtűs csatolás jól bevált. Angol kutatók szerint a csatolást a legjobb hatásfokkal úgy lehet megoldani, hogy ha az adófej lengőcsévéjét valamilyen ragasztószerrel a próbatesthez ragasztjuk és az adófej mágnestestét az így felragasztott lengőcsévére ráhúzzuk. Ez a csatolási módszer valószínűleg jobb hatásfokkal dolgozik, mint az általunk használt rezgőtűs megoldás, ezzel szemben egy-egy felragasztás után a lengőcséve nagyobbrészt használhatatlanná válik. Hátránya még, hogy a felragasztott csévére a mágnestestet ráhúzni és centírozni nehéz és időtrabló művelet, mely a vizsgálatot nehézkessé és lassúvá teszi.

Második berendezésünk kivitelezése — mely kalapáccsal gerjesztett hang, terjedési sebességét méri a betonban — 1955 szeptember végén fejeződött be. Ezután kezdhettük csak el vizsgálatainkat a gerjesztés módjának kikísérletezése érdekében.

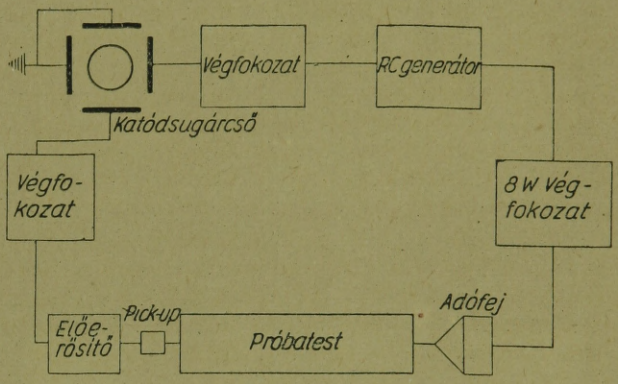
A hangot, melynek sebességét mérni akarjuk, kalapácsos adófejjel gerjesztjük a betonban. A kalapácsos adófej a jelet a betonnak és a ráerősített piezoelektromos indítófejnek továbbítja. Az indítófej által felvett jel kétfokozatú előerősítőn áthaladva jelformálóba kerül, mely a jelet differenciálja. A differenciált jel egy mono-stabil kapuzó multivibrátort indít meg, mely a bemenetet a jel beérkezése után cca. 0,01 másodpercig zárva tartja. (A készülék elvi vázlata a 6. ábrán látható.)

A kapuzó multivibrátor rögtön a jel beérkezésekor átbillenti a második multivibrátort is, mely az utána következő RC tagokkal működő oscillátort beindítja. A multivibrátor olyan jelfeszültséget ad az oscillátor egyik tagjának vezérlő rácsára, melynek következtében az oscillátor csak egy rezgést tud teljes amplitudóval szolgáltatni, utána csökkenő amplitudóval lecseng. E csengő oscillátor jelét két csatornás szétválasztó fokozaton keresztül fázistolóba vezetjük. A fázistoló fokozat a két csatorna között 90°-os fázisdifferenciát idéz elő. A 0°-os fázistolású jel egyenes végerősítőn keresztül a katódsugárcső függőleges lemezét vezérli. A 90°-os fázistolású jel ellencsatolt végfokozaton keresztül (azért van szükség erősebb végfokozatra, mert a fázistolás feszültségveszteséggel jár) a katódsugárcső vízszintes kitérítő lemezeire jut.

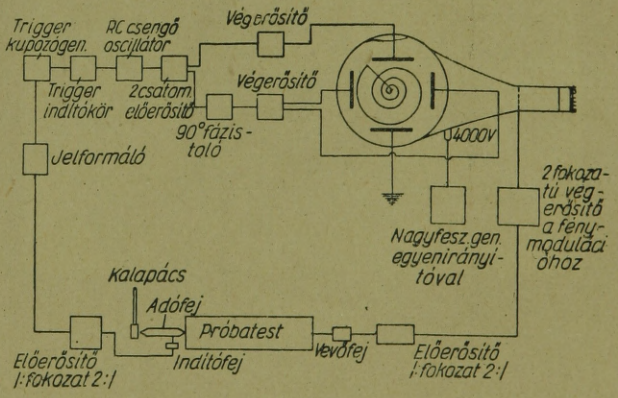
A próbatesten áthaladt jel a vevőfejhez érkezik. A vevőfej piezoelektromos kristály, mely a jelet kétfokozatú előerősítőn keresztül kétfokozatú szabályozható végerősítőbe juttatja. E vég-



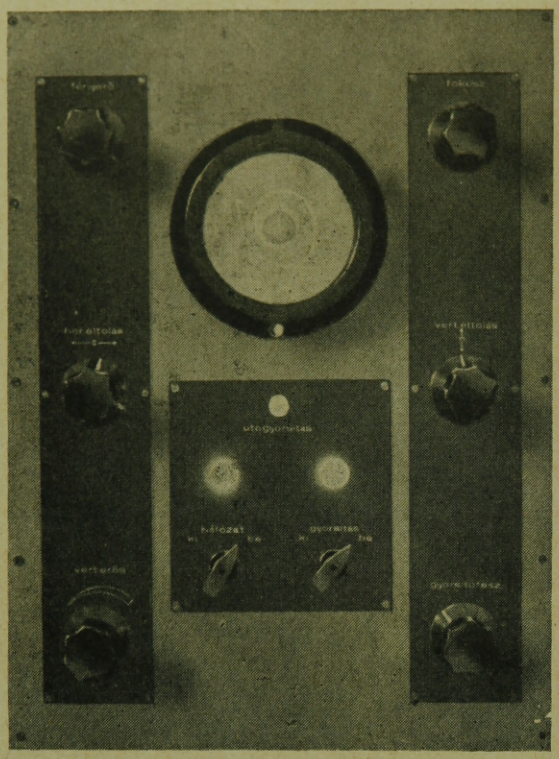
4. ábra



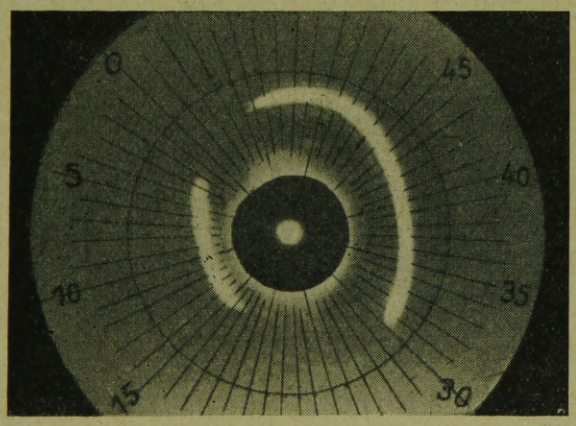
5. ábra



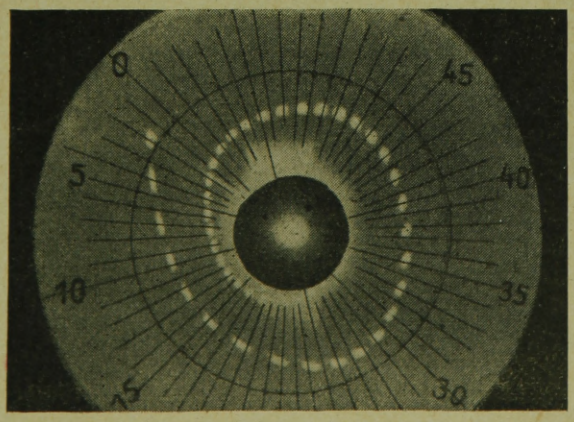
6. ábra



7. ábra



8. ábra



9. ábra

erősítő a katódsugárcső rácsát vezérli és így fénymodulációt idéz elő.

A 7. ábrán látható a csengő oscillátor által szolgáltatott spirálisszerű jel abban az esetben, amikor az adó és vevőfej közvetlenül egymáshoz ér. Láthatjuk ezen az ábrán, hogy a spirális elejétől végéig egyforma fényerővel van megvilágítva. Amennyiben az adó és vevőfej közé próbatestet helyezünk, úgy spirális kezdete nem lesz kivilágítva (lásd a 8. ábrát).

A spirális egész addig fénynélkül fut le az oscilloszkóp ernyőjén, amíg a vevőfejbe beérkezett jel azt ki nem világítja. Az oscilloszkóp ernyője osztással van ellátva. A 9. ábrán látható a spirális alakja hitelesítés közben. A hitelesítést szignálgenerátorral végeztük. A folytonos spirálist a szignálgenerátor jele szaggatja. Ezután feljegyeztük, hogy az ernyőre készített skála egyes értékeihez a spirálisnak hányadik megszakadása esik.

A vizsgáló berendezés elektronikus szerkezetében természetesen a vizsgálattól függetlenül állandó időkésés is van. Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy az időkésés az indítókör oldalán a nagyobb. Ezt az időkésést kiértékelésnél korrekcióba kellett volna venni. E kérdést úgy kerültük meg, hogy a kalapácsos adó kiképzésével az indítókörbe oly mértékű előindítást vittünk be, mely az időkésést kiegyenlíti.

A mérés úgy történik, hogy a vevőfejet valamilyen módon (jelenleg gumiszalaggal, amint az a 10. ábrán látható) felerősítjük a próbatestre.

Az adófejet kézbefogva a gerjesztést kisméretű kalapáccsal adjuk a betonnak. A 11. ábrán látható a gerjesztőfej. A gerjesztőfejet a betonhoz erősen hozzá kell szorítani. Az egész mérő-berendezést működésközben a 12. ábra mutatja.

Ha az adófejet merőlegesen tartjuk a keltendő hullám irányára, akkor a betonban a verőfej felé csak transzverzális rezgések fognak terjedni. A betonban végzett mérések során a felmerülő nehézségek minimálisak, ha a beton jó minőségű és nem repedezett. Jó minőségű betonban a jelzések normális alakúak és a kalapács, valamint a felvevőfej közötti távolság növelésével sem torzulnak el túlságosan. Rosszminőségű lukacsos betonban a belső súrlódás nagy lesz, a jelzés formája megváltozik és a mérés egyre nehezebbé és pontatlanabbá válik.

A rezonanciafrekvencia és a hangterjedési sebesség mérésével kapott eredmények értékelésének módja

Homogén és izotrop szilárd közegben a test valamely pontjában bekövetkező rezgés minden irányban terjed több különböző sebességgel. A longitudinális rezgés terjedési sebessége háromdimenziós végtelen kiterjedésű közegben:

$$V_{L\infty} = \sqrt{\frac{E_d}{\varrho} \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

A transzverzális rezgés terjedési sebessége

$$V_{T\infty} = \sqrt{\frac{E_d}{\varrho} \frac{1}{2(1+\sigma)}}$$

Szilárd test felületén egy harmadik hullámcsoport is keletkezhet, a Raylegh-féle hullámok, melyek terjedési sebességét a következő összefüggés adja:

$$V_{R\infty} = \frac{0{,}87 + 1{,}12\,\sigma}{1 + \sigma} \sqrt{\frac{E_d}{\varrho} \frac{1}{2\,(1 + \sigma)}}$$

Egydimenziós végtelen hosszú közeg esetében, rudaknál a longitudinális hangterjedési sebességre:

$$V_{LR\infty} = \sqrt{\frac{E_d}{\varrho}}$$

adódik, a transzverzálisra pedig:

$$V_{TR\infty} = \sqrt{\frac{E_d}{\varrho} \cdot \frac{1}{2\,(1 + \sigma)}}$$

ami megegyezik a háromdimenziós térben kapott transzverzális terjedési sebességgel. Amennyiben a σ értékét ki akarjuk számítani, úgy az a longitudinális és a transzverzális sebesség viszonyából könnyűszerrel kiszámítható. Rezonanciafrekvencia mérése esetén mért értékként a frekvenciát kapjuk. A frekvencia és a terjedési sebesség közötti összefüggés

$$f = \frac{v}{2\,L}$$

képletből adódik, tehát egy L hosszúságú hasábban a rezonanciafrekvenciát longitudinális rezgések esetében az alábbi összefüggés adja meg;

$$f = \frac{1}{2\,L} \sqrt{\frac{E_d}{\varrho}}$$

Az összefüggésekben az

E_d = dinamikus rugalmassági modulus
ϱ = a sűrűség, valamint
σ = a Poisson-féle szám.

Az ilyen módon megkapott dinamikus rugalmassági modulusból a törőszilárdság a következő összefüggés alapján számítható:

$$T = \left[\frac{E_d\,(1 - \sigma)}{C}\right]^3$$

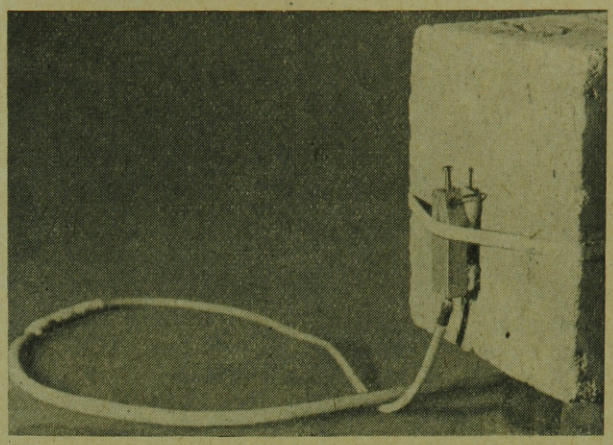
ahol T a törőszilárdságot jelenti, C pedig egy tapasztalati faktor, melyet különböző anyagokra külön-külön ki kell kísérletezni.

Mérési eredményeink

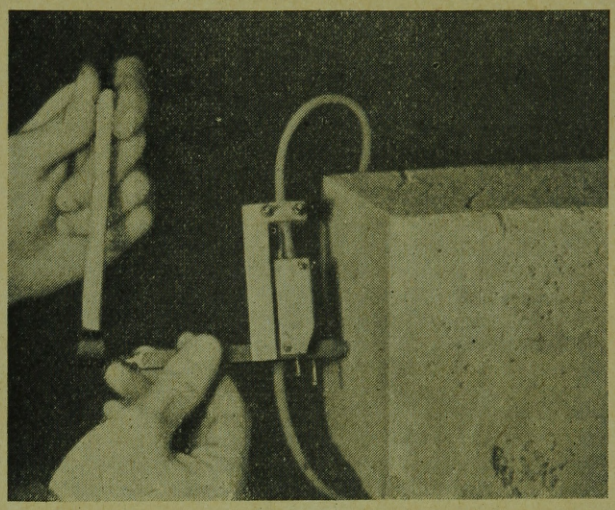
Rezonanciaméréssel kapott eredményeink összesítése a 13. ábrán látható. E diagrammon a ponttal jelzett próbatesteket 14 napos, a keresztel jelölteket 28 napos, a körrel jelzetteket féléves, a körbe rajzolt kereszttel jelzetteket pedig 1 éves korban vizsgáltuk.

A 14, 28 napos és a féléves betonok adalékának szemszerkezete a következő:

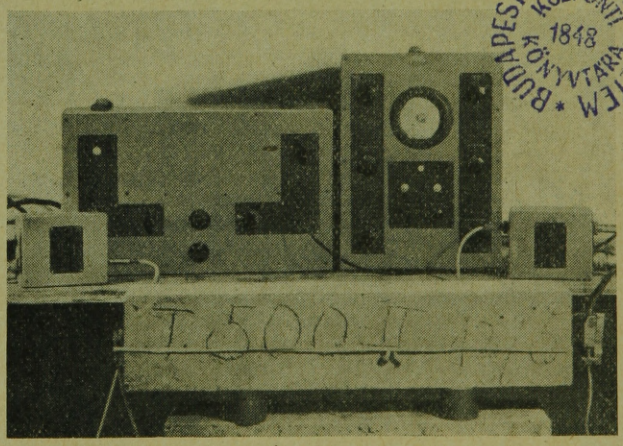
0— 1 mm-ig	15%
1— 5 mm-ig	20%
5—15 mm-ig	30%
15—40 mm-ig	35%



10. ábra



11. ábra

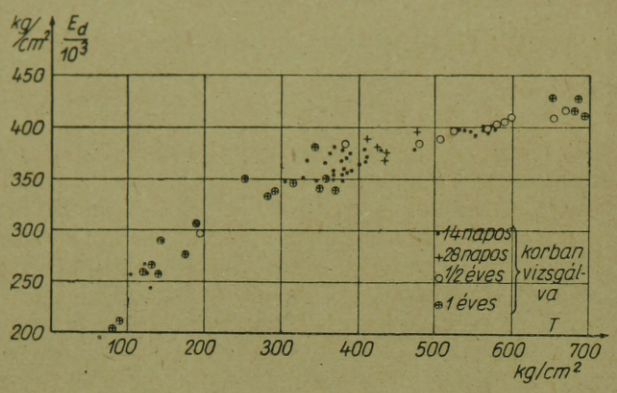


12. ábra

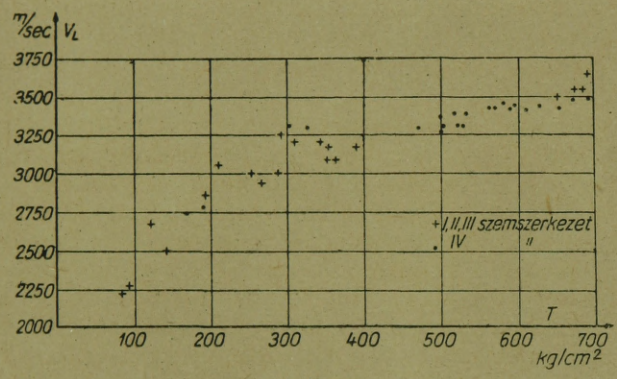
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁRA 1848

A cement adagolása 400 kg/m³, cement minősége 500-as bélapátfalvai portlandcement. A próbatestek mérete 15 15×60 cm.

A bedolgozást négyféleképpen végeztük el: jó és rossz kézi döngöléssel, valamint jó és rossz vibrálással. A jó és rossz bedolgozás kritériumát itt nem részletezendő módon meghatároztuk és gondosan betartottuk.



13. ábra



14. ábra

Az 1 éves betonpróbatestek összetétele változó. E próbatestek háromfajta cementtel, háromfajta szemszerkezettel, különböző cementadagolással és konzisztenciával készültek.

A 13. ábra a rezonanciafrekvenciából számított dinamikus rugalmassági modulust a szilárdság függvényében mutatja. Láthatjuk, hogy különböző korú (14 nap, 28 nap, félév, 1 év) betonok más-más összetétellel is ugyanabba a szórási sávba esnek. Ez a szórási sáv viszonylag nem széles, ha figyelembe vesszük, hogy készülékünket a mérések folyamán a pontosság emelése érdekében többízben is módosítottuk.

A 14. ábrán látható a hang terjedési sebessége és a törőszilárdság közötti összefüggés. Ezeket az értékeket a kalapácsos gerjesztésű közvetlen hangterjedési sebességmérő berendezésünkkel határoztuk meg. Az ábrán látható, hogy e mérési módszernél a szórási sáv már valamivel szélesebb. Ennek oka részint az, hogy a mérési módszer már elvileg is pontatlanabb az előbbinél, másrészt mérési eredményeink egy részét, melyet közvetlenül a készülék elkészítése után mértük, nem tekinthetjük teljesen megbízható eredménynek. A gerjesztés módja a mérési eredmények folytonos értékelése és ellenőrzése után lett csak véglegesen megválasztva.

Az értékelési hibák másik része az ellenőrzésképpen alkalmazott törővizsgálatokból adódik. A beton nem homogén anyag és bedolgozása sem egyenletes. Ultraszonikus vizsgálatnál a próbatestet több helyen is megvizsgáljuk. Kimutatható, hogy a beton inhomogénitása milyen mértékű, amennyiben megengedhető, akkor a próbatestet vizsgálatra alkalmasnak ítéljük, amennyiben inhomogénitása bizonyos megengedett értéknél nagyobb, nem használhatjuk, mivel a töréskor fellépő feszültségek eloszlása sem egyenletes és így a törés eredménye az ultraszonikus vizsgálatból nyert értékek átlagával nem fog egyezni. E körülményt eddigi vizsgálatainknál nem tartottuk szem előtt, mert ez a próbakockák számának nagymértékű megnövelését jelenti, erre pedig 1955-ben nem volt módunk.

Megjegyezzük, hogy az ezidáig elvégzett kísérleteink előkísérlet jellegűek és minden vonalon széleskörű kiegészítésre szorulnak.

E rövid beszámolóból — melyben csak a fontosabb problémákat ismertettük — látható, hogy az akusztikus vizsgálati módszerekkel a beton szilárdságát műtárgyakban is meg lehet állapítani. Jelenleg is folytatjuk kísérleteinket; egyrészt a készülékek továbbfejlesztése, másrészt a mérési metodika tökéletesítése céljából. Még sok feladat vár megoldásra, de ha ezeket megoldottuk, jól használható roncsolásmentes mérési módszert sikerül adni a minőségellenőrző, az anyagvizsgáló és a kutató kezébe.

TECHNOLÓGIAI ELŐÍRÁSOK A MAGASÉPÍTŐIPARI FÖLDMUNKÁKHOZ

(Kézi földkitermelés)

A kiadvány az általános technológiai előírásokon és műszaki követelményeken kívül a balesetelhárítási, valamint egészségvédelmi előírásokat ismerteti. A részletes technológiai előírások keretében megismertet a tereprendezési munkák követelményeivel (kitűzés, fa- és bokorirtás, gyeptéglavágás stb.), a tereprendezési földmunkákkal, a munkahely előkészítésével, a szerszámokkal, gépekkel és berendezésekkel, az anyagmozgatással, a tereprendezés befejező munkáival, az építményekkel kapcsolatos munkákkal stb. A magasépítőipari földmunkák minden részletére kiterjedő kiadvány igen hasznos segítséget jelent az ilyen munkák irányítói, megszervezői részére.

64 lap 22 ábra Ára fűzve: 6,50 Ft

Infravörös sugárzó fűtés

VÖLGYES ISTVÁN

A helyiség-fűtések túlnyomó többsége hőleadás szempontjából főként a hőáramlás (konvekció) elvén működik. A sugárzás általi hőátadás ugyan többé-kevésbé minden fűtési rendszerrel kényszerkapcsolatban áll, azonban a sugárzás útján átadott hőmennyiség rendszerint oly csekély, hogy a fűtési rendszer konvekciós jellegét nem befolyásolja. Csak az utóbbi időben figyeltek fel a sugárzás általi hőátadásra és igyekeztek azt gyakorlati célokra mind jobban felhasználni, mivel a sugárzó fűtés egész sor nagyjelentőségű előnnyel rendelkezik a konvekciós fűtéssel szemben.

A konvekció elvén működő fűtőtestek a közelükben levő levegőréteget melegítik fel és a felmelegített levegő — miután fajsúlya könnyebbé vált — felszáll, helyére pedig a nehezebb fajsúlyú levegő süllyed le, így a helyiségben levegő-körforgás keletkezik, a helyiség levegője pedig hőhordozóként szerepel. Ismert hátránya az ilyen konvekciós fűtésnek, hogy a befűtés után elég soká tart, amíg a helyiség levegője a kellemes közérzetnek megfelelő hőfokot eléri, tehát „lassú". Azáltal ugyanis, hogy a felmelegedett levegő felszáll, először a mennyezetnek adja át hőtartalmának egy részét és csak visszatérőben, tehát már részben lehült állapotában, melegíti fel a határoló falakat és a padlót. Így az áramlásos fűtés legnagyobb hiányossága, hogy a mennyezet alatt — ahol nincs rá szükség —, melegebb a levegő és ott, ahol a legnagyobb szükség lenne rá, — a padló felett — ott a leghidegebb. Ennek a — kívánságainkkal éppen ellentétes — hatásnak természetesen annál kellemetlenebb és költségesebb következményei vannak, minél nagyobb és magasabb a fűtendő helyiség.

A konvekciós fűtéseknél a helyiség helyenkénti, részleges felmelegítése lehetetlen, mert nem gátolható meg a légtérben a természetes hőáramlás; nagy ipari csarnokokban nem akadályozható meg, hogy azok a helyek és tárgyak is felmelegedjenek, amelyek felmelegítése se nem kívánatos, se nem szükséges. A nagy légcserével üzemeltetett, vagy a félig nyitott műhelycsarnokok konvekciós fűtése nem gazdaságos; szabad munkahelyek fűtése áramlásos hőközléssel jóformán teljesen lehetetlen.

Fentiek kiküszöbölésére egyre inkább elterjedtek a sugárzó fűtés különböző rendszerei. A sugárzó fűtőfelület hőfoka szerint megkülönböztetünk *kis-*, *közepes-* és *nagy hőfokú sugárzó fűtési rendszereket*. A *kis hőfokú sugárzó fűtés* típusát a mennyezet-, padló- és oldalfűtések képviselik, amelyeket általában falfűtésnek neveznek. Ennél a fűtési rendszernél a fűtőközeg és elsősorban a sugárzó fűtőfelület hőfoka 100 C° alatt van. *A közepes hőfokú sugárzó fűtés*-típusok a 100—200 C° hőfokok közötti forróvíz- vagy gőzfűtésű sugárzó fűtések, amelyek többnyire mint lapfűtések (sem födémbe, sem falba építve) kerülnek alkalmazásra. Jelentősen nagyobb hőfokokkal működnek az elektromos vagy gázfűtésű sugárzók, amely fűtéseket „*infravörös sugárzó fűtések*"-nek is neveznek. Ez az újfajta sugárzó fűtési rendszer a második világháború befejezése után terjedt el Nyugat-európában. A kis- és közepes-hőfokú sugárzó fűtésekkel szemben nagy előnyük a lényegesen csökkentett fűtőfelület, amely nemcsak anyagmegtakarítást jelent, hanem a helyiség architektúrájához való jobb alkalmazkodási lehetőséget is biztosítja. (Egy kb. 800 C° hőmérsékletű sugárzó felület azonos teljesítmény mellett az 50 C° hőfokú fűtőtest felületének csak 1/60-ad részét igényli.)

Mint ismeretes, minden sugárzás elektromágneses rezgés, s a különböző természetű sugarak egymástól csak a rezgésszámban (frekvencia) és a hullámhosszban különböznek. A sugárzó fűtőtestek által kibocsátott hősugárzásra is érvényesek a fénytan törvényszerűségei. Ez a sugárzás tartalmazza a 0,2—0,4 μ* hullámtartományú ultraibolya sugárzást, a 0,4—0,8 μ hullámtartományú látható fénysugárzást és a 0,8 μ-tól mintegy 10 μ-ig terjedő infravörös sugárzást. A nap sugaraihoz hasonlóan, a mesterséges hősugarak is egyidejűleg tartalmazzák a fenti 3 hullámtartományú sugarakat, természetesen nem egyenlő arányban, hanem a sugárzó felület hőfokától függően, a sugárzási energia maximuma jellemzően a megfelelő hullámhosszú tartományban helyezkedik el. A sugárzó felület hőfokának növelésével emelkedik a fénysugarak mennyisége és a sugárzás-intenzitás görbe maximuma az infravörös tartományból a látható fény tartományába tolódik el. Ha a sugárzási hőfok 1000° K (727 C°), akkor a sugárzás-intenzitás maximuma 3 μ hosszúságnál van és 2500 K°-nál kb. 1 μ hullámhosszúságnál. (1. ábra). A 100 C° alatti kis hőfokú hősugárzók energiakisugárzásának csúcstartománya kb. a 8 μ hullámhosszuság táján van, míg a 800—900° C hőfokú infravörös sugárzó fűtőtestek sugárzásának csúcstartománya kb. az 1,2—2,0 μ hullámhossz tartományba esik.

Az infravörös hősugárzás a levegőt nem melegíti, azonban ha sugárzást átnemeresztő anyagba ütközik, alakul át a sugárzó energia hővé. Sugárzófűtés esetén testünk — ellentétben a konvekciós fűtésnél tapasztaltakkal — ténylegesen hőt vesz fel. Ezért érezzük melegnek télen is a napból érkező, bőrünket érő infravörös hősugarakat, noha a minket környező levegő hideg.

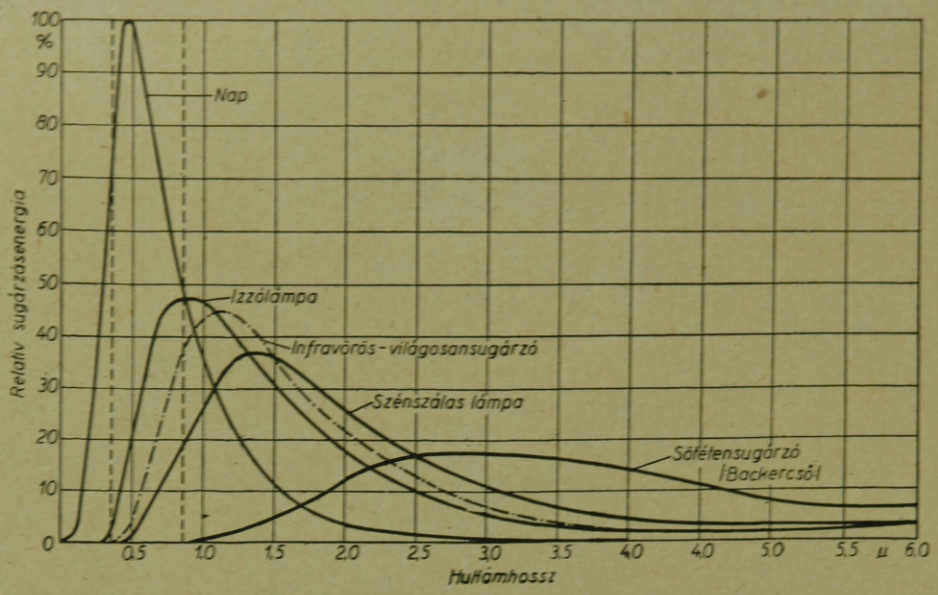
A sugárzó fűtés fiziológiai hatásával bőséges irodalom foglalkozik és a különböző következtetésekből az alábbi alapelveket fekteti le:

1. Magasabb falhőmérsékletek melletti alacsonyabb levegőhőmérsékletek fokozzák a jó érzést.

2. A test különböző pontjain a hőcsere folya-

* 1 μ (mikron) = 0,001 mm.

1. ábra. A jellegzetes sugárzók spektrális energiaeloszlása azonos sugárzási teljesítményre vonatkoztatva.

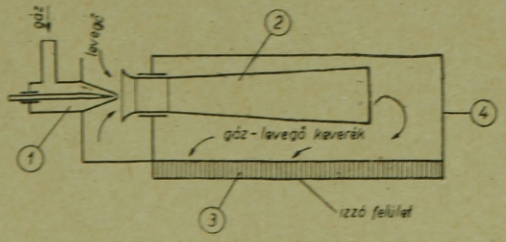


mán előálló erősebb helyi felmelegedés jobban viselhető el, mint az erősebb lehűlés.

3. A hősugárzás fiziológiai hatását lényegében a sugárzás hullámhossza határozza meg. A kellemes közérzet a sugárzás bőrbe való behatolási mélységétől függ. A fűtőfelület hőmérsékletének emelésével a sugárzás maximuma a rövidhullámú sáv felé tolódik el és ekkor a test szöveteibe való behatolási mélység csak elég csekély (1,5—4,0 μ) és ez kellemes közérzetet vált ki. Nyagyarányú angol kísérlet-sorozat szerint ez a magyarázata a kandalló tűz kellemes hőhatásának is.

A gázzal fűtött magas hőmérsékletű infravörös sugárzó fűtések alkalmazása azóta terjedt el, amióta sikerült egyszerű és üzembiztos sugárzókat szerkeszteni, amelyek akár a városi, akár az ipari gázhálózatról táplálhatók és teljes biztonsággal, távolról vezérelhetők és gyújthatók.

A gázzal működtetett sugárzó test 4 részből áll (2. ábra):



2. ábra.
1 — gázfúvóka, 2 — keverőcső, 3 — kerámiai katalizátorlap, 4 — égőház.

Az üzemanyagként felhasznált gáz a fúvókán keresztül nagy sebességgel áramlik a Venturi-féle keverőcsőbe és az égéshez szükséges levegőmennyiséget a keverőcső külső, szabadon hagyott nyílásán, primér úton szívja be. Az égőházban már az elégésnek megfelelő gáz-levegő keverék tökéletesen keveredik és az égőház egyik oldalát képező, sűrű furatokkal ellátott kerámiai lapon távozik a szabadba. Meggyújtás után ez a gáz-levegő keverék a kerámiai-lap külső felületén lángnélkül ég el, hőtartalmát a katalizátorként használt kerámia-lapnak adva át, ezt a gáz nyomásától függően 800—900 C° hőfokra melegíti fel és ez az izzó felület bocsátja ki a fűtésre felhasználható infravörös hősugarakat. A sugárzási energia sűrűsége a terheléstől függően a sugárzó felület cm²-ként 6—9 kcal/cm² h, amely lényegesen több, mint az eddig alkalmazott bármilyen sugárzó test hőleadása. Az elégés tökéletes, CO-képződés nélkül megy végbe, s az égéstermékeknek kürtőn át történő elvezetése csak hiányosan szellőztetett kisebb helyiségekben vagy nagy teljesítményű sugárzó testek esetén szükséges.

3. ábra. A Vörösmarty cukrászda infravörös sugárzófűtéssel felszerelt terasza.

Ezeket a sugárzó égőket Németországban már szabványosított formában 1500 kcal/h teljesítményű egységek formájában készítik, amelyek akár egymagukban, akár több egység összeépítésével különböző nagyságokban alkalmazhatók. Kaphatók függőleges, ferde, vízszintes helyzetű sugárzófelületű égők nyalábos vagy szórt sugárzással.

Ezeknél a fűtési berendezéseknél a szükséges fűtőteljesítményt már nem a helyiség hőszükséglete, hanem a besugárzott felület nagysága és annak hőelnyelése határozza meg.* Az eddigi fűtéseknél a levegő — mint hőhordozó közeg — a helyiség határoló felületét is melegítette, az infravörös fűtéssel ez mellérendelt jelentőségűvé vált. A berendezés beruházási és üzemeltetési költsége lényegesen kedvezőbb az eddigi fűtőberendezések költségeinél.

Zárt helyiségek infravörös sugárzó fűtésénél további előnyt jelent a könnyű határoló szerkezetek nagyobb mérvű alkalmazhatósága és a tetszőleges szellőztetés lehetősége.

Az infravörös sugárzó fűtés másik nagy alkalmazási területe a szabadtéri fűtés, amelyet az eddigi fűtési rendszerek kielégítően még nem oldottak meg. Szabadtéri munkahelyek, teraszok, vasúti perronok, megállók, utca-szakaszok, téli sporttelepek és sport-tribünök fűtése ezzel a fűtési rendszerrel megvalósítható, használható az infravörös sugárzó fűtés ezenkívül a mezőgazdaságban, a gyógyászatban, az élelmiszeriparban, papíriparban, textiliparban, műanyagiparban és a fémiparban is különböző technológiai célokra.

Az Építéstudományi Intézet 1954-ben a külföldi tapasztalatok alapján munkatervébe vette az infravörös sugárzó fűtés hazai megvalósítását. A kísérletek kezdetben laboratóriumban folytak le, amelyeknek célja elsősorban a külföldi égő vizsgálata és a hazai égő prototípusának megtervezése volt. Eredményes kísérletek után 1955. őszén már hazai égőket gyártottunk, amelyeknek ellenőrzését és üzemi kísérleteit végezzük jelenleg. A Belkereskedelmi Minisztérium és a Kereskedelmi Tervező Iroda felajánlotta a Vörösmarty-cukrászda teraszát egy ilyen kísérletezés és méréssorozat elvégzésére és az anyagi eszközöket is biztosította. 1956. februárjában felszereltük a kísérleti berendezést a Vörösmarty-cukrászda terraszán, természetesen a kiviteli megoldásnál szem előtt tartva az ideiglenes megoldási és kísérletezési lehetőségi szempontokat. A berendezés 4 tartóállványon áll, amelyek a statikai feladatokon kívül biztosítják az üzemanyag hozzávezetést és a gáz gyújtásához, valamint a kapcsoláshoz szükséges elektromos vezetékek beépítését. A berendezés mintegy 40 m² felületet lát el hősugárzással, üzemanyag fogyasztása kb. 10 m³/ó városi gáz. Kapcsolása és gyújtása a belső helyiségből elektromos kapcsolókkal történik.

4. ábra. A Vörösmarty cukrászda infravörös sugárzófűtéssel felszerelt terasza.

Az első szabadtéri infravörös sugárzó fűtőberendezés mérési eredményei alapján további feladatunk a nagyipari csarnokok infravörös fűtésének kialakítása, az égőkből és gyújtókból a null-széria legyártása, valamint az alkalmazásához szükséges elméleti számítások feldolgozása.

Reméljük, hogy a közeljövőben az infravörös sugárzó fűtésű berendezések magyarországi széleskörű bevezetése lehetővé válik.

* Külföldi irodalmi megállapítás.

MÉLYÉPÍTŐ MŰVEZETŐK ZSEBKÖNYVE

A Nagypál Sándor szerkesztésében megjelent zsebkönyv átfogó és összefoglaló, minden részletkérdésre kiterjedő tartalmánál fogva évtizedes hiányt pótol a magyar műszaki irodalomban. A munka magában foglalja a felszabadulás óta elért új technológiai tapasztalatokat és munkamódszereket, számot vet a hatalmas arányú gépesítéssel és tekintetbe veszi az idényjelleg felszámolásában megmutatkozó eredményeket is. Mélyépítési létesítményeink egyik legfontosabb dolgozója a művezető. Az ő munkájának eredménye is a termelékenység állandó emelkedése, a takarékosság és az önköltség csökkentése. A hatalmas munka egyes részei a műszaki alapismeretekkel, a mélyépítőipari anyagokkal, a mélyépítési munkákkal, a gépekkel és gépi berendezésekkel, végül a művezető szervezési feladataival foglalkoznak.

908 l. 801 ábra Ára kötve: 80.— Ft.

A korszerű vasbeton szádpalló

HALLÓSY FERENC

Az Építéstudományi Intézet több mint két évet fordított e kérdés megoldására. A témát a KPM adta, megoldását az É. M. és tervező intézete: a Mélyépterv tette anyagilag lehetővé.

A kérdést a tervgazdálkodásból folyó előrelátás vetette fel, amely megállapította, hogy a tervbevett hatalmas építkezések során a fa- és vasanyagnak számtalan fontos felhasználási helye van és ezért célszerű, ha a fa- és vasanyagú szádpallókat más anyagú pallókkal tudjuk helyettesíteni. Ez az anyag ezidőszerint csak a vasbeton lehet.

Nyilvánvaló, hogy a kihúzható és többször felhasználható Larssen- és egyéb rendszerű vasszádpallókat csak az előfeszített vasbeton szádpalló helyettesítheti, mert a kihúzó erő következtében fellépő húzóigénybevételeket csak az előfeszítés közömbösítheti, biztosíthatja a repedésmentességet: így az ismételt felhasználást.

Típusok

A vasszádpallót — használatonként 8% elverést feltételezve — mintegy tizenkétszer lehet felhasználni. Ez a felhasználási szám olyan nagy — hogy azt, ha a pallót verjük — a legmodernebb technológiával készített, nemes anyagú előfeszített vasbeton szádpallótól sem lehet megkívánni, holott a korszerű vasbeton szádpalló fogalmához a sokszori felhasználási lehetőséget is hozzácsatoltuk. Éppen ezért olyan süllyesztési eljárást kerestünk, amely a beton természetének jobban megfelel, vagyis a dinamikus hatásokat a pallótól távoltartja. Ezt az eljárást az öblítésben találtuk meg, mert a nyomás egyelőre csak speciális feladatok megoldására használható, a hosszú vasbeton elemek bevibrálása pedig hazánkban még nincs kikísérletezve. Az öblítésnek a mélyépítésben múltja, jelenje és megítélésünk szerint nagy jövője is van.

Öblítést azonban csak bizonyos talajfajtákban (szemcsés talajok, iszapos-, agyagos-homok, homokliszt stb.) lehet gazdaságosan végezni, ezért két szádpalló típust terveztünk: a becslésünk szerint 2—3-szor felhasználható tömör-verhető és 6—8-szor süllyeszthető, üreges-öblíthető pallótípust, melyeket az 1—2. ábrákon mutatunk be. A bemutatott típusok irodalmi tanulmányok, kísérleti tapasztalatok és a gyártástechnológusok indokolt kívánságai alapján alakultak ki.

Kísérleteink eredményeit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

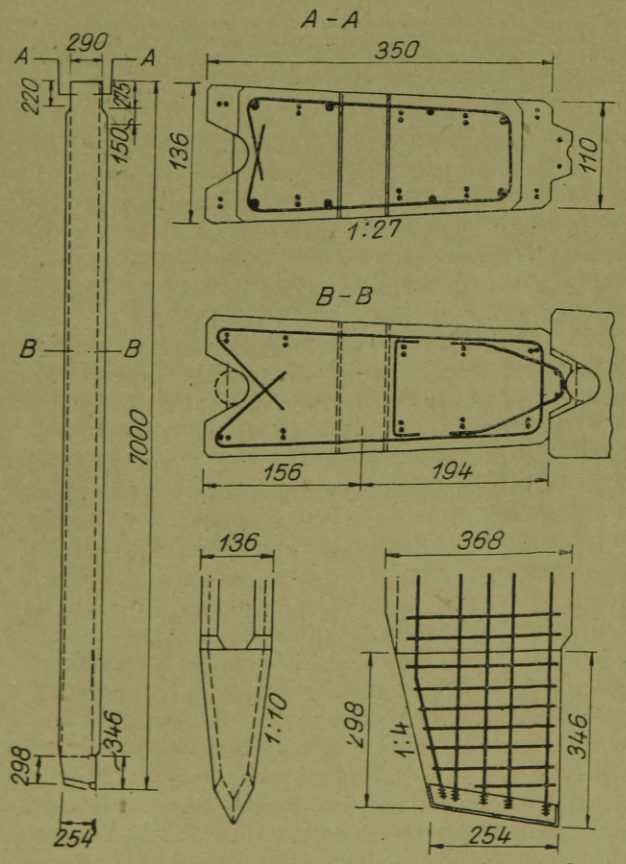
Gyártás

A kísérleti feszített vasbeton pallókat az Építéstudományi Intézet laboratóriumában állítottuk elő 4 homok-kavics frakció, 450 kg/m³ tatai 600-as cement felhasználásával, 0,36 vízcementtényező mellett. Az alkalmazott huzalanyag hullámosított MNOSZ 5720 szerinti 150.50 TKB patentirozott 5 mm ⌀ huzal volt, a lágy vasbetétek pedig 36.24 B, ill. A. 37.12. F (22) jelű anyagból készültek. A pallókat lapjára fektetve fasablonokban készítettük. A huzalokat egyenként meghúzva azokban 11 000 kg/cm² feszültséget állítottunk elő.

A tömör verhető típus felső és alsó végét pótvasalással erősítettük meg. A bekötő vasakkal ellátott hegesztett lemezsarut a már kifeszített huzalok közé toltuk be.

Az öblíthető típusban szükséges végigmenő üregeket, parafinozott vascsövekkel állítottuk elő, melyeket a 16 órás gőzölés és a huzalok elvágása után, a kiolvadt parafinréteg által megnagyobbodott üregből könnyűszerrel ki lehetett húzni. Ez az eljárás lehetőséget nyújt tetszőleges, állandó keresztszelvényű egyenes vagy körtengelyű üregek előállítására. A tetszőleges kontúrú betétcsőnek csak azt az egy feltételt kell kielégítenie, hogy a betont vibrálással a tervezett szelvény minden pontjára el lehessen juttatni, illetve üres tér a betétcső mellett ne maradjon.

Az öblíthető típusú szádpallónál a pótvasalás, sűrű kengyelezés, csúcskiképzés elmaradt. A palló alsó vége tompára vágott volt, melyet az öblítőcsövek részére átlyukasztott vaslemez borított. E vaslemezre erősíthető tömítő gyűrűk megakadályozzák, hogy a zagy a pallóba hatoljon.



1. ábra. A 12,3 cm átlagos vastagságú előfeszített vasbeton szádpalló tömör verhető típusának vázlata. (A metszetekben látható: jel a torziómentesen sodort huzalokat, a nagyobb pontok pedig a palló felső és alsó részének pótvasalását jelzik. A B—B metszet kapcsolatába berajzolt körök az injektálható cső részére fenntartott helyet mutatják.)

Törési vizsgálat

A törési kísérletek érdekes eredményeket hoztak. A 10 cm vastag tömör palló törőnyomatéka 2,05 tm, a 15 cm vastag üreges palló törőnyomatéka 3,94 tm volt. De ugyanennyi volt a már egyszer eltörött pallórész továbbtörésénél és majdnem ugyanennyi a palló kísérleti leverése és kihúzása után mutatkozó törőnyomaték is. E kísérleti adatok a feszített szádpallók többszöri felhasználásának lehetőségét igazolták.

Verés

A 0,10 × 0,32 × 6,00 m méretű tömör pallókat egyféle talajban, a csepeli vámmentes kikötő homok, kavicsos-homok talajába robbanófejes verőkossal vertük le 5,5 m mélységre. A pallófejek, a hornyok, a saruk nem rongálódtak meg, pedig a kéthornyos pallókat vezetőrúd segítségével süllyesztettük le. A Benedek Pál mérnök (Mélyépterv) újításának felhasználásával készített tömör pallók vastagsága ugyanis 10 cm lévén, abba az 1. ábrán látható tömíthető horonyeresztékes kapcsolatot elhelyezni nem lehetett. Ezért a kéthornyos megoldást kellett alkalmazni és a pallók vezetését vezetőrúddal megoldani. — A vasbeton pallók minimális vastagságát a szádoláshoz fűzött igények szabják meg. Ha szádolásnak a vezetésen kívül a tömíthetőséget is meg kell oldania, a szükséges tömíthető horony-eresztékes kapcsolathoz ékalakú keresztmetszet mellett ~12 cm átlagos vastagság szükséges; ha csak tömíthetőségről kell gondoskodni, mert a verés vezetőrúddal történik (kéthornyos palló esete) 9—10 cm átlagos vastagság és ha csak vezetés kell, a szádolás 6 cm átlagos vastagságú, ékalakú keresztmetszetben is elhelyezhető.

Kihúzás

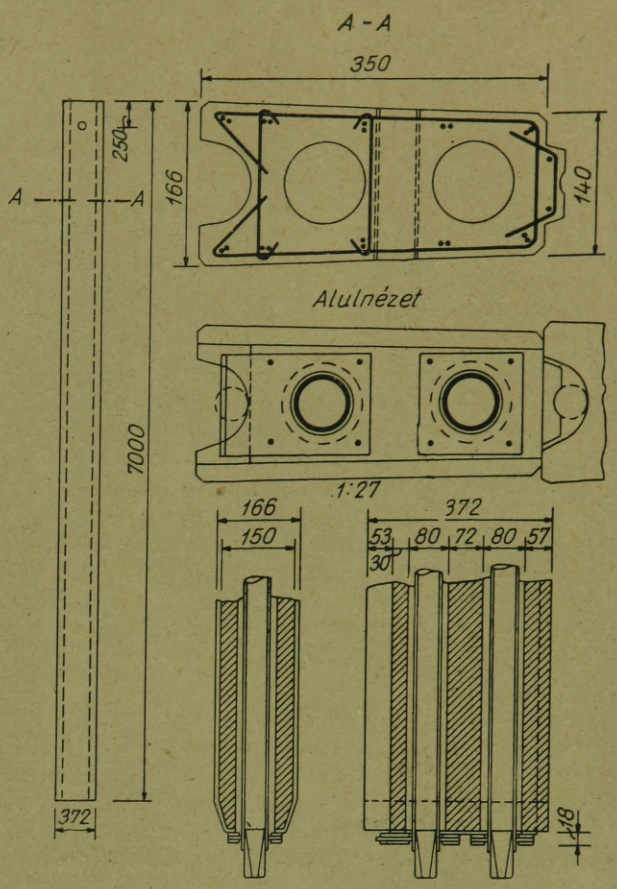
A pallók kihúzását 2 db hidraulikus kos segítségével végeztük, 26 tonnányi statikus erő felhasználásával. Az így kiadódó ~80 kg/cm² húzóerő az alkalmazott előfeszítésnél kisebb maradt és ezért a beton nem repedt meg.

Öblítés

A 0,15 × 0,30 × 7,00 m méretű üreges szádpallókat a fent megadott talajba ~15 m/sec sebességű vízsugárral süllyesztettük le, átlagosan 5 m mélyre, 6—7 perc leforgása alatt. A kísérleti öblítést a 3. ábra mutatja. A műveletnél a palló süllyedésének gyorsasága volt a meglepő, annál is inkább, mert a 6—7 percben a pallók hornyában fellépő súrlódások következtében jelentkező kisebb megállások is bennfoglaltatnak; a tényleges átlagos süllyedési sebességet 2,5 cm/sec-ra becsülhetjük.

A verhető és öblíthető típus süllyedési idejének összehasonlításából azt a következtetést vonhattuk le, hogy azonos körülmények között öblítéssel 2—3-szor annyi pallót lehet lesüllyeszteni, mint veréssel és ezért öblíthető talajban mindig az öblítés lesz a gazdaságos.

Öblítésnél dinamikus hatásokra nincs szükség, mert a vízsugár által kimosott üregbe a palló

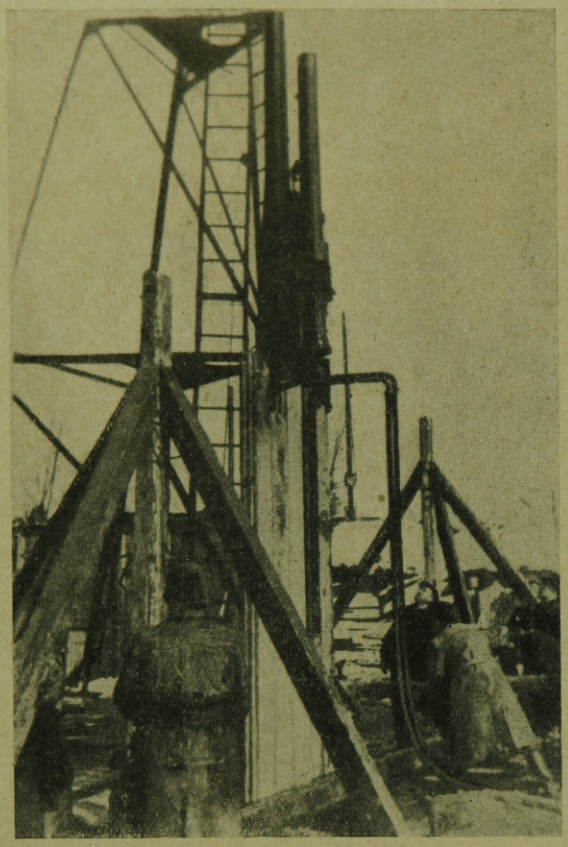


2. ábra. **A 15,3 cm átlagos vastagságú előfeszített vasbeton szádpalló üreges öblíthető típusának vázlata.** (A metszetek a szádpallóba helyezett öblítőcsöveket, a kicserélhető lövőket és a palló belső üregeinek tömítését mutatja.)

saját — esetleg pótsúly — hatására lesüllyed. Az öblíthető pallótípus tehát magánál a süllyesztésnél nem roncsolódik, ezért felhasználhatósági száma nagy lehetne. Tekintettel azonban a gondatlan szállításra és kezelésre, melyben része lehet, használhatósági számát egyelőre 6—8-ra becsüljük.

Az öblítés menetét a 4. ábra mutatja. A pallóba még a földön bedugják az öblítőcsövet, felszerelik a tömítőgyűrűt, öblítősisakot és a flexibilis nyomótömlőt az öblítő csövekbe bekötik. Az így felszerelt pallót az állítóállvány segítségével a vezető állvány fogófa párja közé függőlegesen beállítják és a helyzetében rögzítik. A pótsúlyt ráeresztik. A turboszivattyú megindítása után a nagysebességű vízsugár a palló alatt hengerszerű üreget öblít, melybe a palló besüllyed. Mielőtt az öblítősisak a felsőfogófákat eléri, azokat le kell ereszteni. — Amikor a palló csúcsa a tervezett mélységet eléri, a vizet el kell zárni; a palló megáll, a felszállásban levő zagy hordaléka azonnal ülepedni kezd és az öblítési henger oldalfalai — szemcsés talajban — bedőlnek és a talaj a pallóra ráborul. A következő palló süllyesztésekor a vízsugár már konszolidált talajt talál és az öblítés éppúgy folyik le, mintha érintetlen talajban történt volna.

Mint öblítési tapasztalatot megemlítjük, hogy a pallót célszerű az állító állványra felkötni és az



3. ábra. **A kísérleti 10 cm vastag tömör előfeszített vasbeton szádpalló a törőpadon.** (Törés előtti behajlása, 5 m-es fesztávolságnál, — 17 cm.)

üregfejlődési sebességgel azonos, egyenletes sebességgel aláengedni. Egy másik ilyen fontosabb öblítési szabály szemcsés talajban, hogy mindaddig, míg a palló a tervezett mélységet el nem érte, a vízhozzávezetést még pillanatokra sem szabad megszakítani, mert a visszaülepedő és az oldalfalak bedűléséből származó anyag a palló továbbsüllyesztését megakadályozhatja.

Az öblítési henger fejlődési sebessége — homogén talajban — az úgynevezett állócső kísérlettel állapítható meg. Az öblítőcsövet függőlegesen a talajra állítjuk és e helyzetében megerősítjük. A cső mellé egy mércét helyezünk, amelynek 0 pontja az üreg mélyülése folyamán mindig a fenéken helyezkedik el. A vízsugár megindítása után a mércét a talaj szintjében 5''-ként leolvassuk. Az így nyert adatokat grafikonban felrajzolva láthatjuk, hogy az öblítési henger mélyülési sebessége kezdetben a legnagyobb, majd mindig kisebbedve, végül is 0-vá válik, vagyis az üreg nem mélyül tovább. Ez az állapot akkor következik be, amikor a vízsugár ütőereje és a talaj ezirányú ellenállása egyenlővé válik. A pallót azzal a sebességgel kell öblítésnél aláengedni, amelyet az előbb ismertetett grafikon kezdeti, csaknem egyenes szakasza megad.

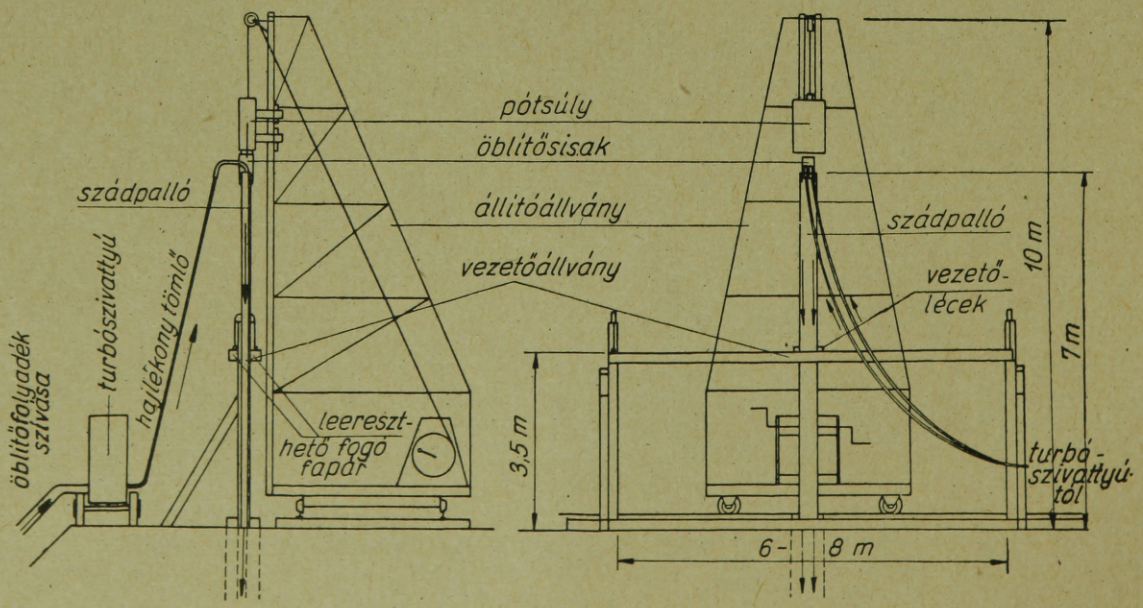
A kísérletek azt is bebizonyították, hogy a 30 cm széles pallót homokban egy vízsugárral is le lehetett volna süllyeszteni; két, egymástól 30 cm-re elhelyezett vízsugár 60 cm széles palló süllyesztését is biztonságosan megoldja.

A pallók tömíthető horonyeresztékes (lásd 5. ábra) szádolása jól bevált, mert a pallóvezetésen kívül tömíthetőségüket is biztosítja. Tömítési anyagul beinjektált cementhabarcsot, bevert fagygyús kócot lehet használni, ez utóbbit akkor, ha a pallót vissza akarjuk nyerni.

Az ismertetett típusú feszített vasbeton szádpallók megítélésünk szerint alkalmasak a közönséges vasbeton, a nagyobb méretű faanyagú szádpallók és végül nagyon sok esetben a vasanyagú szádpallók helyettesítésére is.

Ennek igazolására álljon itt az alábbi három táblázat, melyek közül az első kettőnél az általunk tervezett „K" jelű közönséges vasbeton szádpalló, a harmadiknál a Larssen-szádpalló adatai képezik az összehasonlítás alapját.

Az 1. táblázat megmutatja, hogy *azonos pallóvastagság* esetében, a fa szádpalló határnyomatéka



4. ábra. **Előfeszített üreges vasbeton szádpalló öblítéses süllyesztésének munkaberendezési rajza.**

1. táblázat

Patkó-vastagság cm	1 fm szádfal határnyomatéka (tm) ha a szádpalló anyaga					Megjegyzés
	fa	vas Larssen	vasbeton K*	feszített vasbeton		
				T (tömör)	L^2 (üreges)**	
6	0,62			0,97		
8	1,20			1,99		
10	1,73	3,00	2,35	3,15		
12	2,80	4,25	3,66	5,05	3,92	
13			4,48			
14	3,80	5,40	5,20	7,10	5,40	
15	4,28	6,00	5,95	8,15	6,10	
16			7,05			
17		7,65	8,22	10,60	7,90	
17,5		8,00	8,81	11,50	8,35	
18			9,35			
19			10,55			
20		10,00	11,50	14,60	9,60	

* A keresztmetszet a feszített szádpallónak megfelelő mértékben van kihasználva. Az MNOSZ 11313 szabvány szádpallóinak nyomatékbírása a „K" pallókénak csak mintegy 50%-a.

** Öblíthető-üreges típus, 2 öblítőcső részére készített üreggel.

csak 73%-a a „K" jelű közönséges vasbeton pallóénak, a „K" palló határnyomatéka pedig csak 73%-a a T jelű feszített tömörének és körülbelül azonos az üreges, L^2 jelű szádpallóéval.

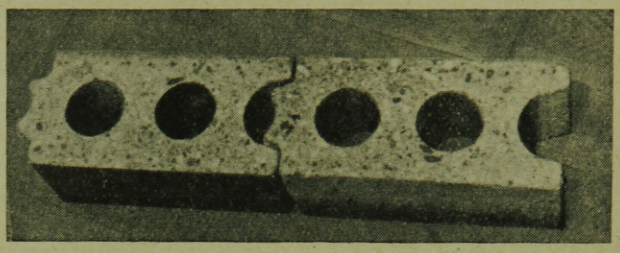
2. táblázat

A különböző anyagú, *azonos határnyomatékú* szádpallók összehasonlítása a „K" jelű közönséges vasbeton szádpallóval: súly, pallóvastagság, gyártási költség és vasszükséglet szempontjából.

A pallók anyaga és jele		1—14 tm határnyomatékhoz tartozó értékek közepe			
		A palló			
		súlya	vastagsága	gyártási (előállítási) költsége* (ára)	vasszükséglete
Közönséges vasbeton szádpalló (K)		100%	100%	100%	100%
Fa szádpalló		32	92	71	—
Larssen vas szádpalló		28	—	131	—
Feszített vasbeton szádpalló	Tömör, verhető (T) üreges,	92	86,5	104	42
	öblíthető (V^2)	79	104	107	46

* A közönséges vasbeton szádpalló árát ..... 1270 Ft/m³
A fa szádpalló árát ..... 760 Ft/m³
A vas szádpalló árát ..... 247 Ft/q
A feszített tömör szádpalló árát .... 1500 Ft/m³
A feszített üreges szádpalló árát ... 1800 Ft/m³-ben vettük fel.

A 2. táblázatból látható, hogy *azonos határnyomaték* esetében a feszített vasbeton szádpallók 8—21%-kal könnyebbek a „K" jelűeknél, de 287—247%-kal nehezebbek a faanyagú és 328—282%-kal a vas-szádpallóknál. Az öblíthető pallók súlya, az öblítő csövek részére szükséges üregek bővítésével még apasztható.



5. ábra. **Az öblíthető szádpalló lefűrészelt metszetei egymásbatolva.** (Középen látható a tömíthető horony-eresztékes kapcsolat.)

A verhető tömör feszített vasbeton szádpalló vastagsága nemcsak a „K" jelű, de a fa szádpallóknál is kisebb. Az üreges pallók vastagsága — annak ellenére, hogy üregesek — csak 4%-kal nagyobb a „K" jelűeknél.

A gyártási költségek szempontjából meglepő, hogy a feszített vasbeton szádpallók előállítási költsége csak 4—7%-kal nagyobb a „K" jelű és 29%-kal a fa szádpallókénál. A vasszádpalló ára viszont 18—21%-kal drágább, mint a feszített vasbeton szádpallóé.

Végül megállapíthatjuk, hogy a feszítés következtében, azonos határnyomaték elérése mellett, 54—58% vasat takaríthatunk meg a „K" pallóval szemben.

Az összes, az 1. és 2. táblázatban szereplő adatok — a pallók súlyára vonatkozók kivételével — a feszített pallók mellett szólanak. Sajnos, a fa- és vasanyagú szádpallókénál 2,5—3-szor nagyobb súlyukon egyelőre segíteni nem lehet, illetve ezt a súlydifferenciát tudomásul kell venni és azzal számolni. Ott, ahol valamely okból könnyű pallóra van szükség, a feszített szádpalló nem felelhet meg. Az ilyen követelmény, bár természetes, de mint különösen döntő követelmény nagyon ritka és így általában nemcsak a közönséges vasbeton, hanem a faszádpalló is helyettesíthető feszített vasbetonnal, különösen ha a palló hossza a 6—7 m-t meghaladja, amelyekhez már nagyobb mennyiségű fa szükséges.

A 3. táblázatnak az a célja, hogy feszített vasbeton szádpalló értékét a vasszádpallóéhoz képest tisztázza.

A 3. sz. táblázat rámutat arra, hogy feszített vasbeton pallók előállítási ára olcsóbb a vasszádpallók áránál. Ha feltételezzük, hogy a vizsgált palló típusokat tönkremenetelükig, a táblázatban megadott számú esetben használjuk, az egy használatra jutó előállítási költség az üreges szádpallóknál csak 28%-kal haladja meg a vasszádpallókét.

A táblázat utolsó sora számított és becsült értékek alapján érzékeltetni kívánja azt a költségkülönbséget, amely az egyes pallótípusok beállítási — süllyesztési költsége között várható. Legolcsóbb az üreges szádpalló öblítéses süllyesztése és fokozatosan drágább: a vas, a feszített és a közönséges vasbeton szádpallók verése.

Ezeket, a jobbára elméleti megfontontolások alapján kapott eredményeket a tényleges beépítési kísérletek során fogjuk ellenőrizni. Addig is azonban élénk fényt vetnek a feszített vasbeton

3. táblázat

Megnevezés	Ha a vasszádpallóé %	Akkor a feszített tömör	Akkor a feszített üreges	Akkor közönséges	Megjegyzés
		vasbeton szádpallóé %			
Határnyomaték (azonos vastagság mellett)	100	111	83	83	
Súly (azonos határnyomaték mellett)	100	329	282	356	
Palló előállítási költsége (azonos határnyomaték mellett)	100	79	82	76[1]	[1] Bennmaradó pallónál egyúttal az egy használatra eső ár
Az egy használatra eső költség, ha feltesszük, hogy a vasszádpallót 12-szer, a feszített tömört 3-szor, a feszített üregest 8-szor, a közönséges vasbetont 1-szer lehet használni	$\left(\frac{100}{12} \simeq 8\right)$ 100	$\left(\frac{79}{3} \simeq 26\right)$ 315	$\left(\frac{82}{8} = 10{,}2\right)$ 128	$\left(\frac{76}{1} = 76\right)$ 910	
Vasszükséglet (azonos határnyomaték mellett)	100	18,6	14,0	47	
Pallóbeállítás és süllyesztés közelítő költsége (azonos $M_H/1{,}25 = 5$ tm határnyomaték mellett)	100[2]	203[4]	68[5]	233[3]	[2], [3] darabbéres szaknorma 26. sz. füzete szerint [4] becsült: a 3) alatti 90%-a [5] becsült: a 4) alatti 33%-a

szádpallók használhatóságára és különösen arra a lehetőségre mutatnak rá, — hogy nagyobb súlyuktól eltekintve — a vasszádpallók csaknem egyenlőrangú helyettesekként lesznek felhasználhatók.

Az öblítés lényegéből — vagyis abból, hogy a süllyesztendő elembe dugott csőből kiáramló erős vízsugár a talajt megbontja és az így keletkező zagy, a vízsugár által kifejtett nyomás hatására az öblítési hengerben felemelkedik — következik, hogy a vízsugár megszüntetésekor a zagy emelkedése és így sebessége is megszűnik és a zagyban levő szilárd részek süllyedni kezdenek. Ha a zagyban levő szilárd részek különböző nagyságúak, az egyes szemek különböző sebességgel hullanak alá és így az öblítési hengerben visszarakodott anyag bizonyos körülmények között az eredeti talajtól különböző, rétegesen szétvált talajjá alakulhat át.

A talajnak ez az átalakítása, közvetlen a szádfal környezetében kellemetlen lehetőségekre vezetne, ha egyszerű eszközökkel, éspedig nagyobb viszkozitású öblítő folyadék (agyagos, bentonitos, cementes víz) felhasználásával nem volna kiküszöbölhető. A megfelelő viszkozitású folyadékban a zagy szilárd részecskéinek szétválasztódási mértéke ugyanis redukálódik, esetleg teljesen megszűnik. Ha az öblítő folyadék agyagos, a talaj eredeti összetétele agyaggal bővül, ami vízzáróságát fokozza. Cementes víz használata mellett a visszaülepedett szemcsés talaj szilárdsága fokozható. Így az öblítés révén a szádfal közvetlen környezetében, körülötte és alatta talajjavítást — cserét tudunk végrehajtani, amely a talaj vízzáróságát és szilárdságát, ez utóbbi esetben a palló teherbírását is fokozhatja. A viszkózus folyadékkal való öblítés a műveletet csak jelentéktelenül drágítja, mert a viszkózus folyadékra csak a süllyesztési mélység utolsó ¼—1/5-ében kell átkapcsolni. A cél ugyanis az, hogy az öblítés abbahagyásakor az öblítési henger a megtört talaj és a viszkózus folyadék keverékével legyen telve; ezt pedig a mondott eljárással elérjük. A viszkózus folyadék tartányban tartható. Folyadék váltást tolózárral lehet megoldani, amely a szivattyút hol a víznyerő hellyel, hol pedig a tartánnyal kapcsolja össze.

Mindezek az előnyök, amelyek a feszített vasbeton szádpallók öblítéses süllyesztésével járnak, nevezetesen: a süllyesztés gyorsasága, olcsósága, a palló szűkebb környezetében az eredeti talajtulajdonságoknak az építés szempontjából kedvezőbbre való alakításának lehetősége mind arra mutatnak, hogy az öblítésben a mélyépítő igen nagyképességű segítséghez jut.

Kísérleteinket folytatjuk. Legfontosabbak: a megfelelő nagyüzemi gyártási technológia kialakítása, amely a pallók kardosságmentességét biztosítja; süllyesztési kísérletek különböző fajta kohézióval rendelkező talajokban; az öblítéses süllyesztés törvényszerűségeinek kutatása, különös tekintettel a különböző talajokban kialakuló öblítési hengerátmérőkre, a felhasználandó vízmennyiségekre és sebességekre vonatkozólag, melyek az öblítéses süllyesztés tervezéséhez szükségesek.

A forgácslap és farostlemez mint a faipar új alapanyaga

JOVANOVITS JÓZSEF (Faipari Kutató Intézet)

A vas és szén után a harmadik legfontosabb nyersanyaga a világgazdaságnak a fa. Minden iparban megtaláljuk, ha másként nem is, de a késztermék szállításánál, mint láda, hordó, rekesz alakjában. Rengeteg fát tüzelünk el, használunk fel az építkezésnél, ipari termelő és közhasználati cikkek gyártásánál. Ezen felhasználási területek a fát általában nem az erdőből kitermelt nyers állapotában, hanem különböző mechankiai megmunkálások révén fűrészáruvá, dongává, furnirrá és más fél- vagy késztermékké feldolgozott állapotában használják fel. A mechanikai megmunkálások jelentős hulladék képződéssel járnak (fűrészpor, forgács, szélezési, hossztolási eselék stb.), ami például egy korszerű technológiával rendelkező fűrészüzemnél is legalább 30%. A fűrészárut azonban még tovább szabják, fűrészelik, gyalulják, marják, csiszolják és így van eset, mint pl. a ceruzagyártásnál, hogy az 1 m^3 kitermelt fából csak 0,15—0,18 m^3 készáru lesz, ami tehát 82—85% fahulladék képződést jelent.

Világviszonylatban a fafelhasználás lényegesen meghaladja a termelés alá vont erdők utánnövedékét. Ez annyit jelent, hogy az erdők idővel kipusztulnának, ha valamilyen módon nem gondoskodunk a kitermelés és felhasználás között az egyensúly helyreállításáról. Becslések alapján a különbözet évente 1 milliárd m^3 fát képvisel.

Az egyensúly helyreállításának egyik módja a fa helyes termelése, osztályozása, felhasználási területek között minőségi osztályok és méretek szerinti helyes szétosztása, védelme, korszerű megmunkálási technológiák és gépek alkalmazása és ahol csak lehet, a fának más anyagokkal való (beton stb.) helyettesítése. Ezzel a módszerrel részben csökkentjük a felhasználási területek faigényeit, részben pedig növeljük a fakihozatalt, a keletkező hulladék mennyiségének csökkentése révén.

A fahiány kiküszöbölésének azonban egyetlen gyökeres megoldási módja a forgácslapok és farostlemezek gyártása. Az első anyag a bútorlapokat és sok helyen a fűrészárut, míg a második az enyvezett lemezt hivatott helyettesíteni. Ki kell hangsúlyozni, a „helyettesíteni" és nem „pótolni" kifejezést, mert mint sok más műanyag bizonyos tulajdonságaik révén jobbnak bizonyultak a természetes fánál.

A természetes fa mint ismeretes, nem egynemű anyag. Rostjainak egyirányú orientálódása következtében szilárdsági tulajdonságai függenek az igénybevétel és a rostirány között bezárt szögtől. Ezen túlmenően a természetes fát élő anyagnak tekintik, mivel a környező nedvességtartalommal egyensúlyt tart fenn, ami annyit jelent, hogy a környező levegő relatív légnedvességének növekedésével vagy csökkenésével megnő, vagy lecsökken a fa nedvességtartalma. Ez a folyamat reverzibilis és egyben a fa térfogatának változásával jár. A dagadás és zsugorodás folyamatára szokták mondani, hogy a fa beépített állapotában is tovább él és dolgozik. Ennek a folyamatnak igen gyakran kellemetlen következményei vannak, mivel a dagadás és zsugorodás mértéke legnagyobb az érintős irányban, azaz az évgyűrűk mentén (fafajtól függően egészen 10%-ig), kisebb sugárirányban (5%-ig), míg a legkisebb rostirányban (0,1—0,3%), és vetemedést, kajszulást míg csapolásoknál és más szerkezeti kötéseknél ezek meglazulását vagy elhúzódását idézi elő.

A fát felaprítva forgáccsá vagy ennél még kisebb ún. rostokra, vagy rostkötegekre nyerjük a forgácslapok, ill. farostlemez alapanyagát. Ezeket összekeverve és újraegyesítve, kapjuk azt a műfát, melynél az egyes építőelemek rostiránya eltérő és így homogénebb anyagnak tekinthető a nedvesség felvétele vagy behatása esetén. A forgácslap és farostlemez is reagál a környező levegő nedvességtartalmának változására, azonban lényegesen kisebb mértékben és ami a legfontosabb, lineáris (szélesség, hosszúság) irányban gyakorlatilag azonos mértékben. Gyártásuknál a forgácsot vagy farostot különböző módon terítik, mely műveleteknél elkerülhetetlen, hogy a forgács, ill. rostok főtömege ne vízszintesen rétegeződjék. Ennek a következménye, hogy mindkét anyag vastagsági méretét jobban változtatja, mint a hosszúsági és szélességi, azaz lineáris méretét.

A kajszulás és vetemedés az előzőek alapján a forgácslapoknál és farostlemezeknél nem lép fel, feltéve, hogy előállításuknál nem történt gyártási hiba. Ezen tulajdonságaival tehát felülmúlják a természetes fát.

Szilárdsági és műszaki tulajdonságai a gyártástechnológiától függően széles határok között változtathatók (1. sz. táblázat).

A táblázatból kitűnik, hogy a fenyőfánál (kb. 400 kg/m^3) és az enyvezettlemeznél (bükkenyvezettlemez kb: 800 kg/m^3) a forgácslapok, ill. farostlemezek magasabb térfogatsúllyal rendelkeznek, és szilárdságuk a kisebb térfogatsúlyuk esetén alatta van a természetes faanyagból készült termékeknél.

Feltehető ezekután a kérdés, mi a magyarázata annak, hogy annak ellenére, hogy a fánál kedvezőtlenebbek a szilárdsági térfogatsúly viszonyok, a

Megnevezés	Térfogatsúly kg/m^3	Hajlítószilárdság kg/cm^2	Húzószilárdság kg/cm^2	Vastagsági dagadás %	Vízfelvétel %
				24 órai áztatásnál	
Forgácslap	400—1100	30—800	10—60	50—2	—
Farostlemez	320—1440	28,0—1200	13,5—703	—	46,3—0,75

két műfa gyártása világviszonylatban oly hatalmas mértékben kifejlődött.

A magyarázatot részben gazdasági, részben műszaki vonalon kell keresnünk.

Vizsgáljuk meg először a gazdasági vonatkozású kérdéseket. Mint láttuk, a fafeldolgozás jelentős veszteséggel, hulladékképződéssel jár. Az erdőből kitermelhető fa között is sok olyan választék van, amit kis keresztmetszete, görbe növése vagy más hibája folytán iparilag nem lehet feldolgozni. A forgácslap ill. farostlemezgyártáshoz tehát háromféle nyersanyagot használhatunk: 1. gömbfát, 2. erdei hulladékfát és 3. ipari hulladékfát. Mint látjuk, még a fűrészárutermelésre alkalmas gömbfát is forgácslappá vagy farostlemezzé dolgozzák fel, ami az első pillanatra talán észszerűtlennek látszik (hogy felaprítjuk a fát, hogy azután újból drága pénzen, anyaggal és munkával újra egyesítsük), de ha meggondoljuk, hogy a két műfa 80—90%-os hasznos kihozatallal állítható elő, és ezzel olyan terméket kapunk, melynél a további megmunkálásnál lényegesen kevesebb a hulladékképződés, akkor megértjük gazdasági előnyét és célszerűségét a forgácslap és farostlemezgyártásnak. Még a viszonylag kis fűrésziparral rendelkező hazai viszonyunk mellett is minden egyes kihozatali százalékjavulás a fűrészüzemeinknél többezer m³ famegtakarítást jelent. Nem közömbös tehát, hogy már az első lépésnél, az alapanyaggyártásnál a fűrészipar maximális 70%-os kihozatalával szemben 80—90%-os kihozatalt lehet elérni, ha gömbfából is indulunk ki.

Természetesen hazai viszonylatban ezen két termék alapanyagát főleg az ipari hulladék és az alárendeltebb erdei választék képviseli. Ha megvizsgáljuk pl. a nyugatnémetországi üzemeket, akkor azt tapasztaljuk, hogy a termelt forgácslaphoz felhasznált össz, famennyiség 50%-át gömbfa, 7,2%-át erdei hulladék és 42,8%-át ipari hulladék teszi ki. Vannak azonban olyan üzemek is (Nordheim-Westfalen), ahol kizárólag ipari hulladékból gyártanak forgácslapot.

A nyomasztó faanyaghiány és a minden tekintetben kiválóan felhasználható forgácslap és farostlemez gyártásával lényegesen megnövelt hasznos fakihozatal és hulladékfelhasználás ad gazdasági vonatkozásban választ a két új faipari alapanyag gyártásának rohamos fejlődésére, amit a következő statisztikai adatok is alátámasztanak.

Megnevezés	Nyugatnémetország		Amerikai Egyesült Államok
	1950 m³	1955 m³	1953.
Forgácslap ...	7 000	220 000	419,3 mill. m² különb. vast.
Farostlemez ..	183 000	153 000	1,4 mill. t (Kanadával együtt)

A táblázatból megállapítható, hogy míg az utóbbi években a farostlemezgyártás stagnált vagy visszaesett, addig a forgácslemez termelés rohamosan emelkedik. Ennek fő oka, hogy a farostlemezipar fejlődésének kezdete korábbi keletű és az egyes országokban a rendelkezésre álló fel tételek mellett mondhatni, már elérte a fejlődés maximumát. A forgácslapgyártás, viszont szélesebb felhasználási területtel rendelkezik, gyártása olcsóbb, egyszerűbb és bármiféle fahulladék és éves rostos mezőgazdasági növény megfelelő technológiával bedolgozható, azonban a farostlemezzel, melyhez túlnyomórészt fenyőféléket használnak, és egy létesítendő gyár nagyobb tőkebefektetést igényel.

Műszaki szempontból nézve a kérdést, megállapíthatjuk, hogy a forgácslapok és farostlemezek tulajdonságai széles határok között változtathatók a felhasználási terület követelményei és a gyártás gazdaságosságának figyelembe vételével. Új gyárak létesítésénél a prések méreteinek megválasztásával úgy vastagsági, mint felületi méretek tekintetében alkalmazkodni lehet a felhasználási terület igényeihez. Ilyen módon jelentős mértékben le lehet csökkenteni a szabási veszteségeket. Természetesen ennél a kérdésnél csak olyan felhasználási területek igényeit lehet kielégíteni, melyek nagyobb mennyiségű forgácslapot vagy farostlemezt használnak fel, melyre a gyár termelésének tömegét profilirozni lehet.

A következőkben közlöm a forgácslapok főbb vastagsági méreteit, melyek a következő fokozatokkal rendelkeznek: 6, 8, 10—12, 14—15, 16, 19—20, 22, 24—25, 26, 30, 34—36 mm. Általában 40—50 mm-nél vastagabb lapokat különböző gazdaságossági és műszaki meggondolásból nem gyártanak. A leggyakoribb vastagsági méret a 10—12, 19—20 és a 24—25 mm.

A szélességi határok 0,8—1,83 mm-ig, míg a hosszúsági méretek 1—4,1 m határok között mozognak. A leggyakoribb méret a 1,25×2,50 m.

Nagy jelentősége még műszaki szempontból az anyagnak alaktartóssága, jó hő és hangszigetelőképessége és hogy a kívánt vastagsági méretek beállításánál nincs szükség gyalulásra, mivel kész méretben szállítható, ami szintén növeli a kihozatal gazdaságosságát.

Szükséges röviden ismertetni a forgácslapok és farostlemezek gyártási módját, mivel sokan ezt a két anyagot összecserélik. A forgácslapok előállítása ún. száraz eljárással történik, míg a farostlemezeké nedves eljárással. Az előzőnél az alapanyag különböző méretű forgács, míg az utóbbinál a farost. Ez maga már élesen megkülönbözteti a két anyagot úgy külalak, mint gyártástechnológia szempontjából. A forgácslapoknál a fát fel kell forgácsolni, a farostlemeznél pedig rostosítani.

A forgácslapgyártás technológiájának rövid vázlata a következő. A darabos fát vagy hulladékot, ha szükséges, előzetesen kéregmentesítjük, majd gőzöljük, és ezt követően megfelelő aprítógépeken feldaraboljuk — forgácsoljuk. Ha a kiindulás pl. gyalu vagy maróforgács stb., akkor a mechanikai aprítás elesik és a forgács osztályozásával kezdődik a gyártás. Igen fontos a standard minőség szempontjából, hogy az alkalmazott gyártástechnológiához mérten mindig azonos fafajú és szemcsenagyságú forgácsot használjunk.

A forgalomba hozott forgácslapoknál két fő típust különböztetünk meg. Az egyiknél az egész

lap azonos méretű forgácsból készül, ezeket egyrétű lapoknak nevezzük, míg a másik csoportba tartoznak az ún. háromrétű lapok, melyeknél a két külső borítóréteg forgácsösszetétele és műgyantahányada eltér a középrésztől. Ezen két főtípuson kívül gyártódnak kétrétű és furnirral vagy farostlemezzel két oldalt borított forgácslapok is.

A három- vagy kétrétű lapok esetében a borítórétegek részére külön erre a célra szolgáló aprítógépeket használnak.

A felaprított forgácsot osztályozzák általában rázószitákon, majd leggyakrabban használatos folyamatos működésű hengerszárítókban kiszárítják. A kiszárított forgácsot nagyméretű silókban tárolják, melyekből mérlegelés után kerül a ragasztóanyagfelhordó gépekbe. Ezen gépek konstrukciója igen különböző és mondhatni, ahány eljárás van, annyiféle gépet használnak. Vonatkozik azonban ez az aprítógépekre is.

A ragasztóanyaggal bevitt víz vagy oldószer eltávolítása érdekében, amennyiben ez meghaladja a kritikus %-ot, akkor újabb szárítási műveletnek kell a forgácsot alávetni, és csak ezután lehet egyenletesen a kívánt felületméretnek megfelelően szétteríteni. A nyerslapképzés lehet szakaszos és folyamatos. Nagyteljesítményű üzemeknél folyamatos terítést alkalmaznak, melynek módja változik attól függően, hogy egy- vagy háromrétű lapokat kívánnak gyártani.

A kívánt térfogatsúlytól (m^2-ként bemért forgácssúlytól) és a forgács méreteitől a terített nyersalap vastagsága a készlap méretének a nyolcszorosa is lehet. Ezért szükséges hideg előtömörítést alkalmazni, hogy a lap hidraulikus préslapok nyílásaiba beleférjen, valamint a manipuláció során szétesés, széthullás ne lépjen fel. Ha az előtömörítést elég nagy nyomással végezzük, akkor így hidegen is oly összeállóságot tudnak biztosítani, hogy a nyerslapot a készmérethez képest kis ráhagyással leszélezhetjük és a leeső forgácsot, mely már műgyantát tartalmaz, a folyamatba újra visszavezetjük. Ezáltal a gyártás gazdaságosabbá tehető, mivel előtömörítés nélkül a préslap felületnagysága nem használható ki és az anyag szétterülése következtében nagy az utólagos szélezési veszteség.

Az előtömörített lapokat automatikus adagoló és ürítőberendezéssel ellátott 16—20 emeletes hidraulikus hőpréseken sajtolják. A sajtolási idő a lapvastagságtól függően 15—30 percig tart, 110—170 C° hőmérséklet mellett. A hőmérséklet nagysága függ az alkalmazott műgyanta fajtájától. Ma már bebizonyosodott, hogy jóminőségű lapok csak műgyanta ragasztóval készíthetők és bár az állati és növényi ragasztók sok esetben olcsóbbak, mégis alkalmazásuk gazdaságtalanabb.

A lepréselt lapokat pihentetni és szélezni kell, majd felhasználásra elszállíthatók.

A farostlemezgyártás menete hasonlít a papírgyártáshoz. A faanyagot megfelelő méretű forgácsokká előzetesen feldarabolják, majd rostosítják. A rostosítás módja eljárásonként változik. Legelterjedtebb a Defibrátor eljárás, melynél az előaprított fát nagy nyomással és gőzzel két egymással szemben álló tárcsa között folyamatosan átáramoltatják. A tárcsás, ún. defibrátor gép a forgácsokat rostjaira bontja. Ezt a rostosított anyagot vízzel felhígítva nedves osztályozásnak vetik alá, és a durva rostkötegeket visszavezetik újra rostosításra. Egyes eljárásoknál gyenge lúgos közeget használnak a rostosításnál.

A rostosított és osztályozott, szennyeződésektől mentes anyagot ragasztó és egyéb víztaszító anyagokkal látják el, és ezután lapképzőgépekre viszik. A nyerslapok ezután — attól függően, hogy szigetelő lemezt gyártanak-e vagy keménylemezt — egyszerű szárításon vagy hőprésen is keresztül mennek. A szigetelő lemezek azután felhasználásra készek, míg a keménylemezeket meleg levegővel utókeményítik és kondícionálják. Száradó olajokkal és utólagos hőkezeléssel nyerik az extrakémenylapokat.

A ragasztóanyag-szükséglete a farostlemezeknek lényegesen alacsonyabb, mint a forgácslapoknál, ahol 5—12% körül mozog a műgyantahányad, míg a rostlemezeknél 1—3% között.

A következő típusú farostlemezeket gyártják:

Nagyporozitású szigetelő farostlemezek 180 kg/m^3 térfogatsúlyig.

Porózus szigetelő farostlemezek 180—400 kg/m^3 térfogatsúlyig.

Félkemény farostlemezek 400—850 kg/m^3 térfogatsúlyig.

Kemény farostlemezek 850 kg/m^3 térfogatsúly felett.

Extrakemény farostlemezek 850 kg/m^3 térfogatsúly felett.

Tömörített rostlemezek 1440 kg/m^3 térfogatsúlyig.

A forgácslapok és farostlemezek felhasználási területe.

A faipar ezen új alapanyagai igen széles felhasználási területtel rendelkeznek. Eltekintve attól, hogy mindenütt, ahol bútorlapot és enyvezett lemezt használnak, ez a két új anyag teljes mértékben megállja a helyét, újabb olyan felhasználási lehetőségei is vannak, melyekre a régiek nem alkalmasak.

A bútoripar, építőipar, vagon-, hajó-, karoszszéria gyártás, gépipar, dekoráció és egyéb közhasználati cikkek gyártására kiválóan alkalmas. A nagyméretű sík lapokon kívül formasajtolással kész ajtók, nyílászáró szerkezet készíthető.

A számtalan felhasználási lehetőség közül főleg az építőiparral kívánok foglalkozni és a lehetőségekről, perspektívákról, valamint az eddigi kísérletek eredményeiről röviden beszámolni.

Az építőiparban szerkezeti, dekorációs és hő, valamint hangszigetelő anyagként lehet a forgácslapot és farostlemezt használni. Hatalmas felhasználási lehetőség van még a forgácslapnak zsaluzóanyagkénti alkalmazása terén.

A forgácslapot választófalnak, falborításra, padozatanyagnak, ajtóknak, ajtó-, ablakkereteknek (formasajtolással) ma már külföldön nagy mennyiségben használják. Hőszigetelő képessége 0,068 kcal/mh C° körül mozog. Kopásállósága a tölgyfánál jobb. Festve vagy natúr színben használhatók.

A farostlemezek fal, mennyezet és tetőszige-

telésre, padlóburkolásra, ajtóbetétként használhatók.

Stabil vagy szétszedhető barakkok, házak építhetők. Teljesen forgácslapból készítettünk hazai vonatkozásban is csővázas portásfülkét. Most van készülőben egy szétszedhető barakk, melynek oldalfalai és tetőszerkezete is forgácslap. Tervbe van véve egy szétszedhető kiállítási csarnok belső borítása forgácslappal.

Farostlemezzel szigetelhetők, mozik, kávéházak, kórházak stb. mennyezete és falai. A farostlemez felülete ezenkívül igen tetszetős alakban és színben képezhetők ki.

Meg kell még említenem, hogy egy budapesti lakásépítkezésnél a forgácslapot zsaluzóanyagként próbáltuk ki. A 2×1 m nagyságú, 17 mm vastag lapokat collos fenyődeszka helyett használtuk előregyártott betonelem gyártásnál és födémzsaluzásnál. Hogy a forgácslap, mint zsaluzó anyag mit bír ki, jellemzésképpen közlöm, hogy a betonérlelés 8 órán keresztül telített, kb. 80 C°-os gőzzel, majd ezt követő lassú lehűtéssel történt, és 20—25-söri felhasználás után, ami 200—250 órai ingadozó gőzölési igénybevételt jelentett, a forgácslapok még teljesen használhatók voltak oly mértékig, hogy ezeket a lapokat még további 15-söri kizsaluzásra használtuk fel. Az építkezés befejezése miatt a megfigyeléseket nem folytattuk, bár a lapok még nem mentek tönkre.

A zsaluzásnál nem kellett az aládúcolásokat sűríteni és az ezzel az anyaggal kialakított födém felülete lényegesen simább volt, ami vakolat megtakarítást is jelent. Az anyag kevésbé szívja el a vizet a betonból, mint a fenyődeszka, ami kedvező a beton kötésére. Nagy felületek zsaluzhatók egyszerre és igen jelentős szögmennyiség takarítható meg.

A teljes gazdaságossági és műszaki kiértékelés céljából további zsaluzási kísérleteket kell még végezni, de minden bizonnyal a műszaki előnyökön túlmenően jelentős famegtakarítás érhető el. Táblás zsaluzásra is ki kell próbálni, hiszen nem igényel keretet, és a bütü-felületek víztisztítóanyaggal történő lezárása esetén élettartama feltételezhetően vetekszik a fenyőfából készült táblákkal.

Az előzőekben ismertetett felhasználási területek felmérése és a két anyagnak ezen a téren való kipróbálása jelenleg folyamatban van és törekedni kell arra, hogy az építőipar előtt álló feladatok megoldásánál ezen két új anyag bevonása révén úgy műszaki, mint gazdasági szempontból az ipar részéről a lehetőségek ki legyenek aknázva.

Hozzászólás

Az Építésügyi Minisztérium Tervezési Igazgatósága tervpályázatot írt ki „Többszintes lakóépületek teljesen előregyártott szerkezeti megoldása könnyűbeton felhasználásával" tárgyában. A tervpályázat lakásépítésünk műszaki fejlesztése szempontjából igen nagy jelentőségű.

A tervpályázatra beérkezett terveket az Építőipari Tudományos Egyesület, a Magyar Építőművészek Szövetségével közösen a MTSZ Reáltanoda utcai épületének egyik helyiségében állította ki. E tervek kiállításával és ismertetésével kapcsolatban néhány — a rendező szervekre nézve nem éppen hízelgő, de a jövőben feltétlenül megszívlelendő — megjegyzést vagyunk kénytelenek tenni.

A kiállított terveket ápr. 8-án du. fél 6 órakor ismertették, a kiállítás az ismertetést megelőzően azonban ugyanaznap csak du. 4 órától volt megtekinthető. A kiállítás megnyitása és az ismertetés időpontja között eltelt másfél óra az érdeklődőknek nem tette lehetővé, hogy az ismertetést megelőzően a kiállított terveket részletesebben megismerjék és az ismertetés során a velük kapcsolatos kérdéseket, észrevételeiket megtehessék.

A kiállítási terembe belépő érdeklődők a tervpályázat jelentősége alapján méltán gondolhatták azt, hogy a beérkezett terveket a kiállító szerv megfelelő körültekintéssel helyezi el. Az érdeklődőket azonban igen szomorú látvány fogadta. A tervek egy részét a helyiség két fala mentén, részben a falra felgombostűzve, vagy ragasztva, nagyobb részét azonban a falak mellé támasztva egy vagy két széken összezsúfolva helyezték el. Ennek az lett a következménye, hogy ha az érdeklődő egy-egy pályaművel részletesebben kívánt megismerkedni, akkor a rendszertelenül egymásra dobált, nagyrészt már összegyűrött terveket a földről, a szék háta mögül, néha szakadtan volt kénytelen előhalászni, esetenként a pályaműhöz tartozó műleírást sem tudta áttanulmányozni, mert egyik-másikból a „gondos" elhelyezés következtében már az ismertetést követő napon oldalak hiányoztak.

A látottak alapján természetesen már azon sem akadtak fenn a látogatók, hogy a bíráló bizottságnak az egyes pályaművekkel kapcsolatos bírálatát és észrevételeit sem helyezték el a kiállított tervek mellett.

A körülmények és a mód, ahogyan a tervpályázatra beérkezett tervek kiállítását megrendezték, ennek az igen jelentős tervpályázatnak, a pályázaton résztvevők és a pályázat eredményei iránt érdeklődők teljes lebecsülését mutatja. Nem hinnénk, hogy a Magyar Építőművészek Szövetsége és az Építőipari Tudományos Egyesület ne talált volna lehetőséget a pályázat eredményeinek megfelelőbb körülmények közötti gondosabb megrendezésére.

Bárdos Lajos, Fenyvesi Lajos

Nagyméretű előregyártott héjtetőelem

DMITRIEV OLEG

A vasbeton építésben az előregyártott szerkezetek egyre jobban kiszorítják a monolit szerkezeteket. Az építési módszereknek ez a gyökeres változása természetesen szükségessé teszi az épületszerkezetek újszerű megoldását.

Az építőgépek lehető legjobb kihasználása és az építési idő lerövidítése érdekében a minimumra kell csökkenteni az elemcsatlakozások számát és az egyes szerkezeti elemek méretét a rendelkezésre álló gépek teherbírásának megfelelően kell növelni. Az elemek súlyát az emelőgépek teherbírása általában korlátozza, s ezért a legfontosabb feladatok közé tartozik olyan szerkezeti megoldások keresése, melyek a legkisebb viszonylagos elemsúlyt eredményezik.

Üzemi előregyártás esetén az elem méretének meghatározásánál számolni kell azzal a körülménnyel is, hogy a méreteket a szállítási lehetőségek is korlátozzák.

Az építőanyagok legjobb kihasználása és a szerkezeti súly csökkentése szempontjából a vékonyfalú héjszerkezetek a legcélszerűbb tetőelemek. Héjszerkezetekkel nagy területek fedhetők át minimális vastagság mellett.

Ezzel szemben meg kell jegyezni, hogy a héj formájának kialakításában és ennek folytán gyártásában vannak bizonyos nehézségek. Ezzel magyarázható elsősorban az, hogy a héjak komoly előnyeik ellenére sem terjedtek még el széles körben. A héjszerkezetek széleskörű bevezetését gátló másik körülmény az, hogy méretezésük a közönséges szerkezetekhez képest nagyon körülményes, különös pontosságot és nagy matematikai felkészültséget igényel. A tervezők legtöbb esetben már csak időhiány miatt is kénytelenek héjszerkezetek helyett közönséges szerkezeteket alkalmazni.

Az utóbbi évtizedekben a héjelmélet sokat fejlődött és sok szakember dolgozik ezen a témán nálunk és külföldön egyaránt. Meg kell azonban állapítani, hogy ezek a kutatások a problémát tisztán matematikai szempontból vizsgálják, s ezzel is magyarázható az a tény, hogy a héjelmélet kimagasló eredményei ellenére sem dolgoztak ki a mindennapi gyakorlat számára megfelelő számítási módszereket. Pedig ha a héjszerkezetek feszültségi állapotát pl. Vlaszov prof. elmélete alapján vizsgáljuk, joggal állíthatjuk, hogy a legalább 18—24 m fesztávolságú héjszerkezetekre ki lehet dolgozni olyan gyakorlati számítási módszert, mely semmivel sem körülményesebb, mint a többi vasbetonszerkezetek számítása, s ilymódon elhárulna az akadály a héjszerkezeteknek általános építési alkalmazása elől. Az elmúlt években Csehszlovákiában több esetben alkalmaztak előregyártott tetőelemet hiperbolikus és elliptikus paraboloid alakú transzlációs héjszerkezetek formájában. E héjszerkezetek számítási módszerét Hrubán prof. dolgozta ki. A számítási eljárást elég részletesen ismerteti nevezettnek a Magyar Tudományos Akadémia Acta Technica-jában (Tomus VII, Fasciculi 3—4, 1953) megjelent tanulmánya.

Ez a számítási módszer lényegében a membránelmélet alkalmazása minden pozitív és negatív oldalával. A csehszlovák tapasztalatok nyomán az ÉTI 1954-ben hiperbolikus paraboloid alakú előregyártott tetőelemet tervezett. A méretezés Hrubán prof. számítási módszere alapján történt.

A kidolgozott tetőelem tervét az 1. ábra mutatja.

Az elemek üzemi előregyártását tételeztük fel. Az elem méreteit, figyelemmel a szállítási lehetőségekre 12,00×2,40 m-re korlátoztuk. Öt, egymás mellé helyezett ilyen elem 12,0×12,0 m méretű „sejtet" alkot.

Az elemet az érvényben lévő magyar előírások szerint terveztük, kivéve a héj vastagságát, melyet 3 cm-re korlátoztunk.

A héj hosszirányban parabola 101 cm-es nyílmagassággal, azaz f : l ≈ 1 : 12.

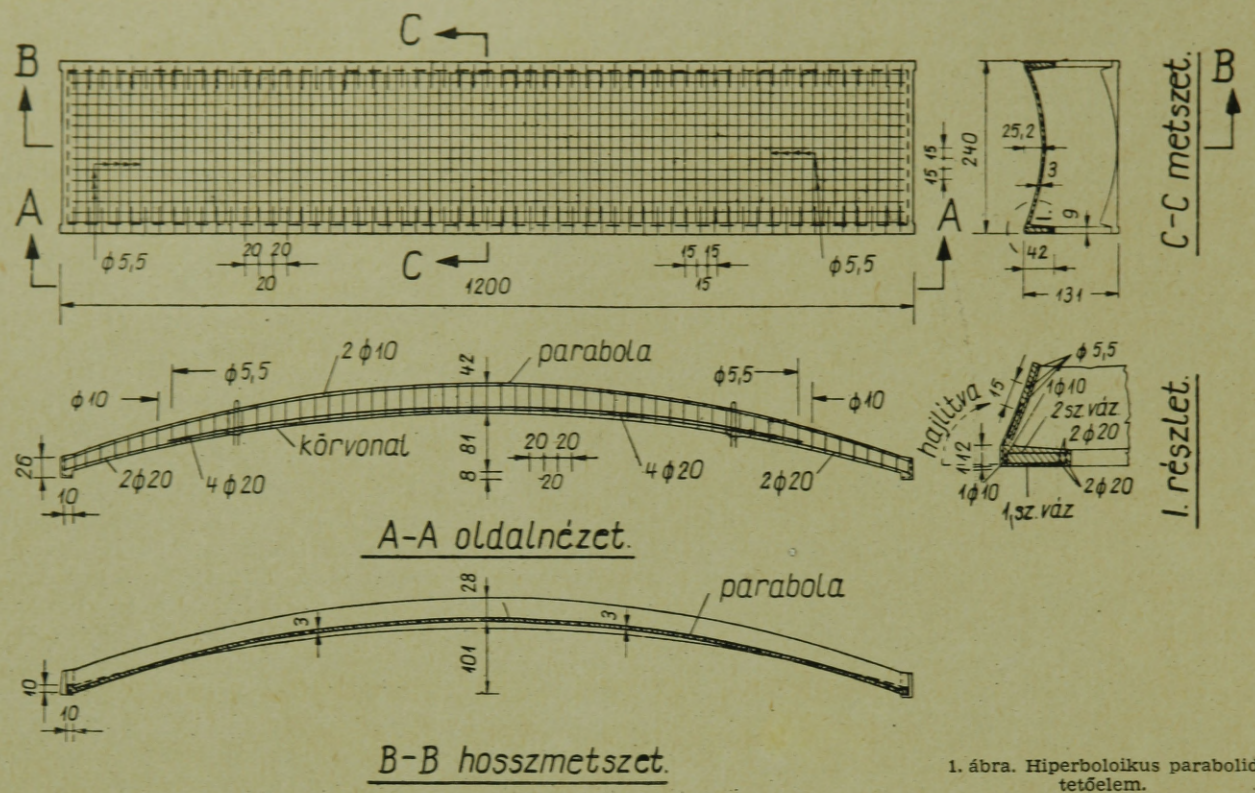
A hosszanti bordák felső felületét a héj parabolája alkotja, alsó felületének körvonala pedig 21,50 m sugarú kör. A hosszanti bordák magassága változó és folyamatosan 22 cm-ről [a támaszoknál (42 cm-re) a fesztávolság közepén] növekszik. A hosszanti bordák keresztmetszetének szélességét szerkezeti megfontolásokból alul 9 cm-re és felül 12 cm-re vettük. Az oldallapok lejtése az elem kivételét a formából megkönnyíti. A keresztirányú bordák méreteit szerkezeti szempontok határozzák meg, mivel a bennük fellépő feszültségek egészen jelentéktelenek. A héjszerkezet körvonala keresztirányban homorú parabola, melynek behajlása a keresztirányú fesztávolság közepén 25 cm, azaz f : l ≈ 1 : 10.

A vasalás hegesztett vázakból és hálókból áll.

A héjfelület számításba vett terhe az előírt biztonsági tényezők figyelembevételével:

1. A héj önsúlya	1,1 × 3 × 25	=	82,5 kg/m²	
2. Vízszigetelés	1,1 × 15	=	16,5 kg/m²	
3. Hóteher	1,4 × 80	=	112,0 kg/m²	
			$g_1 + p = 2$	211,0 kg/m²
4. Hőszigetelés*	1,1 × 10 × 7,5	=	82,5 kg/m²	
5. Cementsimítás	1,1 × 2 × 22	=	48,5 kg/m²	
			$g_2 =$	131,0 kg/m²
			Összesen	342,0 kg/m²

* A tervbe vett hőszigetelés 10 cm vastag 750 kg/m³ térfogatsúlyú anyagból készült réteg. Ez megfelel a jelenleg alkalmazott hőszigetelő anyagok térfogatsúlyának (kőszivacs stb.).



1. ábra. Hiperboloikus parabolid tetőelem.

A héj vasalása 5,5 mm átmérőjű 36.24 B acélból készült 15×15 cm lyukbőségű háló, azaz az érvényben lévő szabványban előírt minimális vasalás. A statikai számítás azt mutatja, hogy a héj minimális vastagsága és minimális vasalása ellenére az adott fesztávolság mellett kihasználatlan marad. A hosszanti bordák vasalása egyenkint két hegesztett sík vázból áll. A bordák alsó teherhordó vasalása egyenkint négy db 20 mm átmérőjű 50.35 BmK hegeszthető betonacélból van kiképezve. A négy vasszálból kettő a támaszokig megy, kettőt pedig a statikai számításnak megfelelően a mezőben elhagyunk. A rudak végein felhajlításokat és kampókat nem terveztünk. A nyíró feszültségeket az egymástól 20 cm távolságra felhegesztett kengyelek veszik fel. A támaszok melletti szakaszokon a kengyelek átmérője 10 mm, s a támasztól 1,5 m távolságra 5,5 mm.

A külső váz kengyelei hosszabbak és azokat a formába való behelyezés után a héj síkjába behajlítjuk. Ezáltal a héj és bordák között szerkezeti kötés jön létre. Az emelő horgok az elem fesztávolságának kb. negyedeiben helyezkednek el.

A kidolgozott elem műszaki és gazdasági mutatóit az 1. táblázat tartalmazza.

A nyert eredmények értékelésénél figyelembe kell venni, hogy azok hiperbolikus paraboloidra vonatkoznak, melynek alkalmazását néha a tetőmegoldás teszi szükségessé (pl. keresztirányú felülvilágítók alkalmazása esetén a csapadék jobb elvezetése). Ellyptikus paraboloid alkalmazása esetén még jobb eredmények érhetők el a hosszanti bordák méreteinek és vasalásának jelentős csökkentése révén. Hiperbolikus paraboloidnál ugyanis a hosszanti bordákra esik a betonfelhasználás 50%-a és az acélfelhasználás 74%-a, amint az az 1. táblázatból látható.

1. táblázat

12,0×2,40 m = 28,8 m² méretű hiperbolikus paraboloid héjtető elem műszaki és gazdasági mutatói

	Súly kg	Beton térfogat m³	Acélfelhasználás kg	
			36.24 B	50.35 BmK
Hosszanti bordák	2150	0,86	21,2	258,7
Héj és keresztirányú bordák ...	2150	0,86	71,1	—
Összesen	4300	1,72	351	
1 m² fedett felületre vonatkoztatva	149	0,06	12,2	

Még gazdaságosabb eredmények elérését egyelőre több ideiglenes nehézség akadályozza. Ezek közül elsősorban kell megemlíteni azt, hogy még nem oldottuk meg a jóminőségű és gazdaságos hőszigetelő anyagok tömeggyártását. Ennek következtében jelenleg még viszonylag nagy térfogatsúlyú (750 kg/m³ és ennél nagyobb) s ugyanakkor gyenge hőszigetelőképességű anyagokra (kőszivacs stb.) kell támaszkodnunk. Ennek következtében adott esetben a hőszigetelés súlya a héj, vízszigetelés és a hóteher együttes súlyának 62%-a. Világos, hogy ha gyakorlatilag hozzáférhető, 400—500 kg/m³ térfogatsúlyú hőszigetelő anyaggal rendelkezünk, és ha figyelembe vesszük, hogy jobb minőségű hőszigetelő anyaggal, a rétegvastagság is csökkenthető, úgy a számításba vett héj terhelését 20—25%-kal lehet csökkenteni, ami az anyagfelhasználást is megközelítően azonos mértékben teszi gazdaságosabbá.

Véleményünk szerint a második akadály a héjszerkezetre vonatkozó viszonylag merev előírások. Ezek az előírások még túlzott óvatosságot tükröznek, ami a vékonyfalú héjszerkezetek alkalmazása terén szerzett tapasztalatok elégtelenségéből következik. Megfelelő tapasztalatok birtokában ez az akadály is kiküszöbölhető.

Végül meg kell említeni a 75 kg/mm² szilárdságú hegeszthető ötvözött acél hiányát, ezért használtunk tervünknél is 50.35 BmK jelű acélt.

Az ilyen elemeket legcélszerűbb vasbeton formákban készíteni. Számítás szerint az elem már a nyomott vasbetétek kihajlásának megelőzéséhez szükséges minimális betonszilárdságnál kivehető a formából (ha az emelőhorgonyok kb. a nyílás negyedében helyezkednek el). Ebben az esetben az emelés közben fellépő feszültségeket maga a benne levő vasbetonváz fel tudja venni. Ennek eredményeként a gyártási ciklus gőzölés nélkül is 48 órára rövidíthető. Az elemek kivételét a formából azzal kezdjük, hogy az elem és forma közé nyomás alatt vizet vezetünk, miáltal az elem és a forma szétválasztásánál keletkező vakuum hatását kiküszöböljük. Ezért a formát megfelelő hidraulikus berendezéssel kell ellátni.

Összefoglalás

A kettős görbületű vagy hengeres héjtípusú előregyártott tetőelem korszerű és nagyon gazdaságos szerkezet, s éppen ezért kívánatos, hogy az elemgyárak mielőbb elsajátítsák az ismertetett vagy más héjelemek gyártását.

A héjtetőelemek széleskörű bevezetését elősegítené megfelelő pontosságú közelítő számítási módszerek kidolgozása.

Hajlított és külpontosan terhelt acélszerkezetek méretezése a képlékenységtan elvei alapján[1]

GARAI TAMÁS

Bevezetés

A teherhordó szerkezetek méretezési elveinek fejlődése során egyre inkább az a korszerű törekvés érvényesül, hogy a megkívánt biztonságot olyan keresztmetszetek tervezésével érjük el, amelyeknek törést előidéző igénybevétele (teherbírása) a külső terhek hatására keletkező igénybevételnél megfelelő mértékben nagyobb. A keresztmetszet törését előidéző igénybevételek nagyságát — éppen úgy, ahogy a külső terhek hatására keletkező igénybevételeket is — természetesen számítás útján kell meghatároznunk ; a számítás alapelveit azonban oly módon kell megállapítanunk, hogy azok a kísérleti eredményekkel minél tökéletesebb összhangban legyenek. A számitás alapelve abban jut kifejezésre, hogy a *keresztmetszet törését milyen feszültségállapot mellett tételezzük fel.*

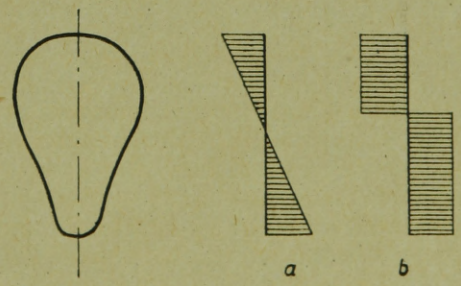
Az, hogy számításainkban milyen feltételezett törési feszültségállapotból kell kiindulnunk, elsősorban a *keresztmetszet anyagának szilárdsági tulajdonságaitól* függ, amelyek legszemléletesebben a feszültség-nyúlás diagrammal jellemezhetők. A törési feszültségállapot függ azonban bizonyos mértékben a keresztmetszet alakjától és a *szerkezet működési körülményeitől* is.

Vasbeton keresztmetszetek méretezését már kb. 5 éve a törőteher megállapításának elvi alapjára helyeztük ; a törőteher számítását pedig a beton és vasbetét tényleges plasztikus tulajdonságainak figyelembevételével végezzük el. Ugyanakkor acélszerkezetek méretezésénél az acél plasztikus tulajdonságait figyelmen kívül hagyjuk, annak ellenére, hogy azok a beton plasztikus tulajdonságainál sokkal jelentősebbek. Így joggal vetődik fel a kérdés, hogy acélszerkezetek keresztmetszeteinek törőigénybevételét milyen módon lehet az acél plasztikus tulajdonságainak figyelembevételével megállapítani, másszóval hogyan lehet acélszerkezeteknél a képlékenység adta teherbírástartalékot számításba venni.

E tanulmány tárgya egy próbálkozás a felvetett kérdés megoldására : javaslat a hajlított és külpontosan húzott vagy nyomott acélszerkezetek méretezési elveinek és módszereinek az acélanyag plasztikus tulajdonságainak figyelembevételével való átdolgozására.

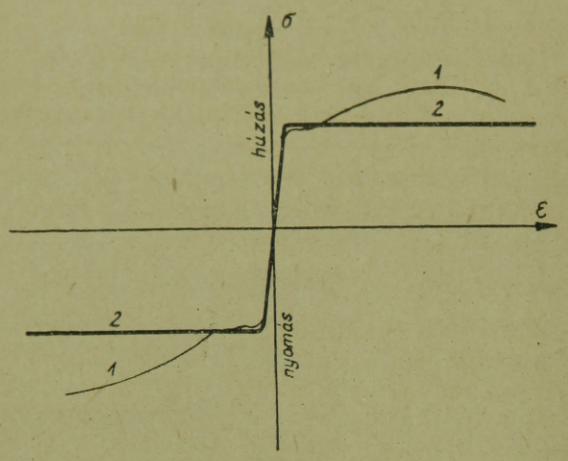
A törőigénybevétel meghatározásának alapelvei

Acélszerkezetek teherbírása a szokásos méretezési módszer feltevései szerint akkor merül ki, ha a keresztmetszet bármelyik pontjában a folyási feszültség, illetőleg a nyomott övben annak kihajlási viszonyaitól függő kritikus feszültség lép fel. A feszültségek tehát az egész keresztmetszetben — egyes kiterjedés nélküli helyek kivételével — a folyási határnál kisebbek, s így a keresztmetszet gyakorlatilag *rugalmas feszültségállapotban* van (1/*a*. ábra).

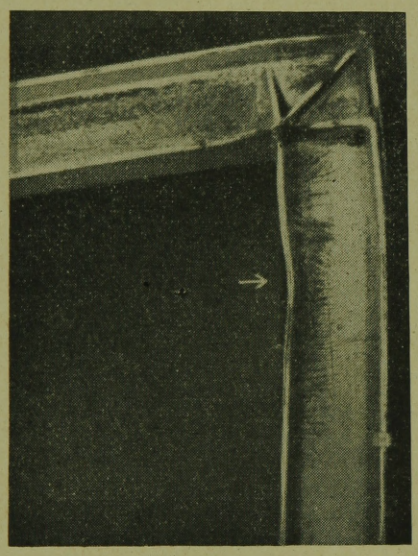


1. ábra. Keresztmetszet rugalmas (a) és plasztikus (b) feszültségállapota.

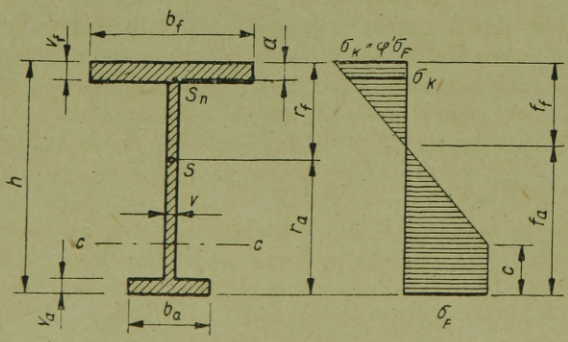
[1] A cikk az Építéstudományi Intézetben végzett kutatómunka alapján készült.



2. ábra. Az acél tényleges (a) és idealizált [ideálplasztikus] (b) feszültségnyúlás diagrammja.



3. ábra. Acéltartó tönkremenetelének gyakori esete: a nyomott öv stabilitásvesztése.



4. ábra. Szokásos alakú acélszekrény (a) féloldali plasztikus feszültségállapota (b).

Az acél szilárdsági tulajdonságai húzásra és nyomásra lényegében azonosak; az acél a folyási határ elérése után nagy alakváltozásra képes a feszültség lényeges változása nélkül, majd annak lassú emelkedése (az acél ún. szilárdulása) mellett (2. ábra). Indokolt tehát — húzásra és nyomásra egyaránt — az acél tényleges feszültség-nyúlás diagramjának szokásos helyettesítése, az ún. *ideálplasztikus diagrammal*, amely feltételezi, hogy az acél a folyási határ elérése után állandó feszültség mellett végtelen nagy alakváltozásra képes. Ilyen feltevés elfogadása esetében valamely hajlított vagy külpontosan terhelt acélkeresztmetszet teherbírását akkor tekintjük kimerültnek, amikor az egész keresztmetszetben — részben húzásra, részben nyomásra — a folyási feszültség alakul ki. A keresztmetszet ilyen feszültségállapotát *plasztikus feszültségállapot*nak nevezik (l. 1/*b* ábra).

A plasztikus feszültségállapot alapján a keresztmetszetek teherbírásának meghatározásához szükséges módszerek kidolgozottak;[2] véleményünk szerint azonban acélkeresztmetszetek teherbírásának számításánál plasztikus feszültségállapot feltételezése nem mindig jogosult. Hajlított vagy külpontosan terhelt acéltartóknál ui. ilyen feszültségállapot csak akkor jöhet létre, ha a tartó megtámasztási viszonyai olyanok, illetőleg olyanok a keresztmetszet méretei, hogy a nyomott öv kihajlása vagy helyi stabilitásvesztése (horpadása, fodrosodása) a plasztikus feszültségállapotot előidéző igénybevételnél kisebb igénybevétel mellett nem következhet be. Ilyen körülmények állanak fenn például betonba ágyazott acéltartó, vagy vasbetonlemezt alátámasztó acéltartók, illetőleg hajlított lemez vagy alacsony, széles négyszög keresztmetszetű rúd esetében.

Más esetekben a szokásos, gazdaságos keresztmetszetű acéltartókkal végzett kísérletek azt mutatták, hogy a tartók tönkremenetelének közvetlen oka a *nyomott öv kihajlása* vagy *helyi stabilitásvesztése* (3. ábra); e jelenség az acéltartók plasztikus teherbírástartalékának kihasználhatóságát és a plasztikus feszültségállapot alapján való méretezés alkalmazhatóságát erősen korlátozza. A nyomott öv kihajlásának és helyi stabilitásvesztésének problémája a műszaki irodalom élő kérdése; az elméleti úton levezetett megoldások azonban bonyolultabbak annál, hogy azt gyakorló mérnökök mindennapos munkájában felhasználhatnák. Jó közelítéssel elmondhatjuk azonban — és ebből indulnak ki szabályzataink is, hogy a nyomott öv stabilitásvesztésének veszélye akkor forog fenn, ha a nyomott öv szélső szálában a σ_F folyási feszültség, illetőleg a szelvény nyomott övrészének súlypontjában a kihajlási viszonyoktól függő $\sigma_k = \varphi\sigma_F$ kritikus feszültség lép fel. Az utóbbi esetben a nyomott öv szélső szálában a σ_k kritikus feszültségnél valamivel nagyobb $\sigma'_k = \varphi'\sigma_F$ feszültség is megengedhető, amely közelítően a

$$\sigma'_k = \sigma_k \frac{r}{r - a} \leqq \sigma_F \qquad (1)$$

képlet alapján határozható meg. A képletben r a nyomott szélső szál távolsága a keresztmetszet súlyvonalától, a pedig a nyomott övrész súlypontjának távolsága a szélső nyomott száltól (4/*a* ábra). A φ tényező értéke — melynek meghatározásával itt nem foglalkozunk — függ a nyomott övméreteitől és a hajlítás síkjára merőleges inercianyomatékától, a keresztmetszet csavarási merev-

[2] Lásd pl. [1] irodalom.

ségétől, terhelés módjától és még más tényezőktől. E tényező pontosabb, de gyakorlati számításra alkalmas megállapításáig elfogadhatók az MNOSZ 15024 vonatkozó előírásai.

E tapasztalat szerint acéltartók húzott övében plasztikus zóna kialakulása nem eredményezi a tartó teherbírásának kimerülését és a merevség tekintetében is csak lassú, fokozatos csökkenést vált ki. Így a húzott övben plasztikus zóna kialakulását minden esetben megengedhetőnek tartjuk.

Fentiek alapján acélszerkezetek törési igénybevételének meghatározásához olyan feltételezett feszültségállapot látszik elfogadhatónak, amely szerint *a húzott övben plasztikus zóna alakulhat ki, a nyomott övben azonban csak rugalmas feszültségállapotot* engedünk meg a szélső szálban az (1) képlet szerint módosított σ_k kritikus feszültség mellett (4/*b* ábra). E feltételezett törési feszültségállapotban tehát csak a keresztmetszet húzott részén használjuk ki az acél plasztikus tulajdonságait, s ezért a számítási feszültségállapotot *féloldali plasztikus feszültségállapotnak*, vagy röviden *félplasztikus feszültségállapotnak* fogjuk nevezni.

Természetesen a félplasztikus feszültségállapot alapján méretezett acéltartók alakváltozása a törést közvetlenül megelőző stádiumban valamivel nagyobb lesz, mint a rugalmas feszültségállapot esetében, sőt előfordulhatnak olyan különleges terhelési esetek, illetve keresztmetszeti alakok, amelyeknél ismételt terhelés mind újabb és újabb alakváltozásokat vált ki, amelyek összegeződhetnek és végül a nagy alakváltozások miatt a tartót tönkrementnek kell tekinteni. Mindezt figyelembe véve acélszerkezetek tervezésénél azt kell biztosítani, hogy az *üzemi* (biztonsági tényezővel való szorzás nélküli) *terhek hatására a keresztmetszet rugalmas feszültségállapotban maradjon.* Így keresztmetszeteinket két határállapot szempontjából kell megvizsgálnunk:

a) *az üzemi* (biztonsági tényezővel való szorzás nélküli) *terhekből* számított igénybevételek hatására a *rugalmas feszültségállapot* szerint, és

b) *mértékadó* igénybevételek hatására a *félplasztikus feszültségállapot* szerint.

Acélkeresztmetszetek rugalmas és félplasztikus feszültségállapot szerint számított teherbírásának összehasonlítása azt mutatja, hogy a szabványainkban megadott biztonsági tényezők mellett a *b)* feltétel teljesítésével szokásos alakú keresztmetszetek esetében az *a)* feltétel automatikusan teljesül, s így a számítási munka e második határállapot bevezetésével általában nem bonyolódik.

A következőkben részleteiben fogjuk bemutatni a félpasztikus feszültségállapot ismertetett alapelvei szerinti számításmód gyakorlati módszereit és technikáját, valamint a kapott eredmények összehasonlítását a rugalmas feszültségállapot alapján számított teherbírással.

Hajlított acéltartók teherbírása

Tiszta hajlításnak alávetett acéltartók teherbírását az elemi rugalmasságtanon alapuló szokásos számítási feltevések szerint az (feltételezve, hogy a húzott szál alul van)

$$M_{Th} = \sigma_F K_a \quad \text{és} \quad M_{Tn} = \sigma'_k K_f \tag{2}$$

képletekkel meghatározott nyomatékok közül a kisebbik adja. A képletekben

$$K_a = \frac{I}{r_a} \quad \text{és} \quad K_f = \frac{I}{r_f}$$

az alsó, illetve a felső szálra vonatkozó keresztmetszeti tényező. Ha $M_{Th} < M_{Tn}$, akkor a húzott öv szélső szálában kisebb hajlítónyomaték hatására lép fel a σ_F folyási feszültség, mint a nyomott szélső szálban a σ'_k kritikus feszültség s így a húzott oldal határállapota korlátozza a rugalmas feltevés szerint számított teherbírást. Az ellenkező, $M_{Th} > M_{Tn}$ esetben a nyomott szálban kisebb nyomaték mellett fejlődik ki a kritikus feszültség, s ez szabja meg a számítás szerinti teherbírás határát.

Félplasztikus feszültségállapotra vonatkozó feltevéseink szerint a teherbírás megállapításánál természetesen csak abban az esetben vehetünk húzott plasztikus zónákat figyelembe, ha az $M_{Th} < M_{Tn}$ eset áll fenn, vagyis a húzott szélső szálban a feszültség előbb éri el a folyási határt, minthogy a nyomott öv teherbírása kimerülne. Más esetekben a félplasztikus feszültségállapot feltételezésén alapuló számítási mód semmiben sem fog különbözni a szokásostól, vagyis az acél képlékeny tulajdonságait épen a keresztmetszet alakja: a nyomott öv stabilitásvesztésének veszélye miatt nem használhatjuk ki.

Húzott plasztikus zóna kialakulásának feltétele a (2) egyenletek összevetése alapján

$$\frac{r_a}{r_f} > \frac{\sigma_f}{\sigma'_f} = \frac{1}{\varphi'} \tag{3}$$

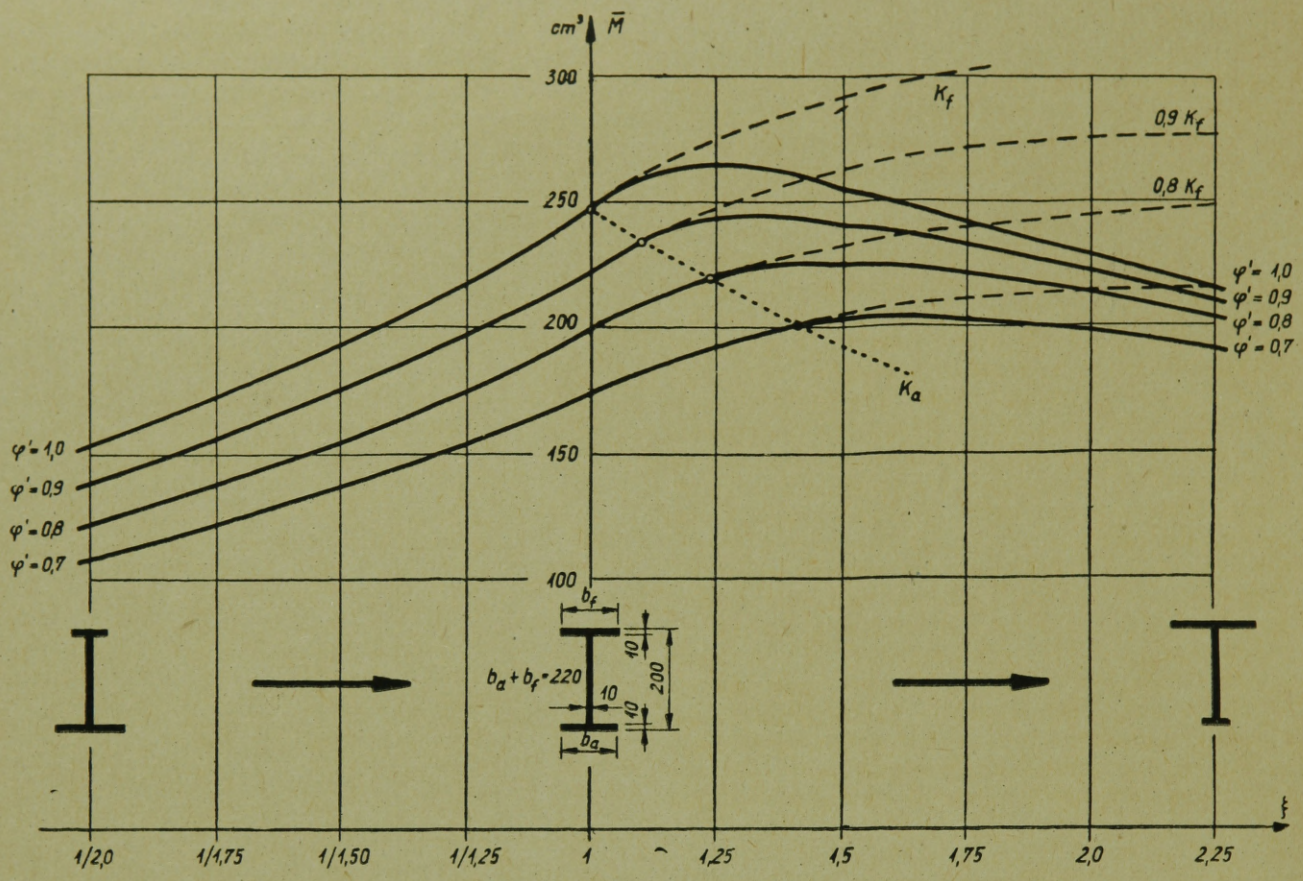
formában írható fel, vagyis csak olyan esetekben van plasztikus zóna kialakulására lehetőség, ha a tartókeresztmetszet a hajlítás síkjára merőleges tengelyre vonatkozólag aszimmetrikus, éspedig úgy, hogy a nyomott öv a húzott övnél erősebb s így a húzott szélső szál távolsága a súlyvonaltól nagyobb, mint a nyomott szélső szálé. A (3) képletben szereplő $\frac{r_a}{r_f}$ viszonyt az alábbiakban ξ-vel jelöljük és a szelvény aszimmetriája mértékének tekintjük. Ez a szám nagyobb, mint egy, ha a nyomott öv erősebb a húzottnál, ellenkező esetben pedig kisebb az egységnél.

A $\xi > \frac{1}{\varphi'}$ esetben, tehát amikor a húzott övben plasztikus zóna alakulhat ki, a teherbírás pontos számítását az alábbiak szerint lehet végrehajtani.

A plasztikus zóna c magassága a keresztmetszetre merőleges erők egyensúlyi követelményét kifejező

$$\frac{1+\varphi}{h-c}\left[\int_0^h \left(\frac{h+\varphi c}{1+\varphi} - x\right)\Phi(x)\,dx - \int_0^c (c-x)\,\Phi(x)\,dx\right] = 0 \tag{4*}$$

*A (4), (5), (6), (7), (10), (11), (12), (13), és (14) képletekben pontosabb számítás esetén φ helyett φ' értendő



5. ábra. Acélszelvények félplasztikus törési feszültségállapot alapján számított teherbírása az aszimmetria ξ mértékének és a nyomott öv φ' kihajlási tényezője függvényében.

egyenlet alapján számítható, melyből a félplasztikus feszültségállapotnak megfelelő semleges tengely távolsága a szélső szálaktól a

$$f_a = \frac{h + \varphi c}{1 + \varphi}, \text{ illetve } f_f = \frac{\varphi (h - c)}{1 + \varphi} \qquad (5)$$

formában írható fel, amely bizonyos átalakítások után az

$$M_T = \frac{1 + \varphi}{h - c} [I_f - I_c] - S_c \qquad (7)$$

gyakorlatilag is használható egyszerű alakra hozható[3]. Az utóbbi képletben I_f a keresztmetszet f semleges tengelyére vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka, I_c, illetve S_c a plasztikus zóna tehetetlenségi, illetve statikai nyomatéka annak c határegyenesére.

Az 5. ábrán feltüntettük egy acélszelvénytípus teherbírásának alakulását, ha — keresztmetszeti terület és a szelvény magasságának állandósága mellett — az övlemezek szélességének módosításával a szelvény aszimmetriáját változtatjuk. (Az ábrában az általánosság kedvéért az $\frac{M}{\sigma_F} = \overline{M}$ mennyiséget mértük fel függőleges koordinátaként.) Az ábrán látható az, hogy a félplasztikus feszültségállapot alapján meghatározott teherbírás a $\xi < \frac{1}{\varphi'}$ esetben megegyezik az elemi rugalmasságtan alapján számított teherbírással, és a teherbírás kimerülését a nyomott szélső szálban a σ'_k kritikus feszültség elérése okozza. Ha $\xi > \frac{1}{\varphi'}$, akkor a teherbírás kimerülésének oka úgyszintén a nyomott zóna határállapota, de az csak akkor következik be, mikor már a húzott övben plasztikus zóna alakult ki. Az utóbbi esetben tehát a félplasztikus feszültségállapot feltételezésével számított teherbírás különbözik az elemi rugalmasságtan szerint meghatározott teherbírástól, és ennek értékét az aszimmetria növelésével fokozódó mértékben meghaladja. Az ábrából megállapítható az is, hogy a *hajlított acéltartó legkedvezőbb keresztmetszeti alakja nem a szimmetrikus*, hanem a hajlítás síkjára merőleges tengelyre vonatkoztatott

képletekkel számítható. A (4) képletben $\Phi(x)$ függvénnyel jelöltük a keresztmetszet szélességét a húzott szélső száltól mért x távolság függvényében. A semleges tengely helyének és a plasztikus zóna magasságának ismeretében a keresztmetszet teherbírása hajlításra az

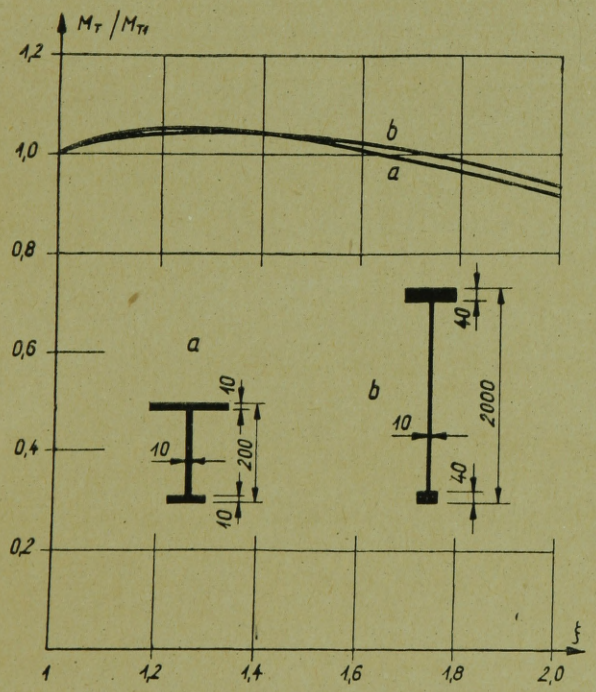
$$M_T = \sigma_F \frac{1 + \varphi}{h - c} \left[\int_0^h (f_a - x)^2 \Phi(x)\, dx - \int_0^c (c - x)(f_a - x)\, \Phi(x)\, dx \right] \qquad (6)$$

[3] A képletek levezetése a [12] irodalomban részletesen megtalálható.

$$\frac{1{,}15}{\varphi'} < \xi < \frac{1{,}20}{\varphi'}$$

aszimmetriával rendelkező keresztmetszet. Ilyen esetben ugyanis a félplasztikus feszültségállapot szerint számított teherbírás nagyobb a szimmetrikus szelvény teherbírásánál, mégpedig annál nagyobb mértékben, minél kisebb a nyomott öv kihajlási tényezője.

Több, szokásos méretarányokkal rendelkező keresztmetszet vizsgálata azt mutatta, hogy a különböző alakú szelvények érzékenysége az aszimmetria változtatására közel azonos. A 6. ábrán példaképpen két lényegesen különböző nagyságú és különböző méretarányokkal is rendelkező szelvény félplasztikus feszültségállapot alapján számított törési nyomatékát ábrázoltuk az aszimmetria függvényében, a megfelelő szimmetrikus szelvény teherbírásához viszonyítva; látható a két görbe viszonylag kis eltérése. Ez a körülmény lehetőséget ad arra, hogy a hajlított keresztmetszetek félplasztikus feszültségállapotnak megfelelő teherbírását igen jó közelítéssel a *helyettesítő szimmetrikus szelvény* teherbírásából vezessük le a keresztmetszet alakjától független tényező segítségével. (A helyettesítő szimmetrikus szelvény alatt az aszimmetrikus keresztmetszettel azonos magasságú azonos keresztmetszeti területű, de azonos méretű alsó és felső övvel rendelkező szelvényt értjük.)



6. ábra. Különböző típusú acélszelvények teherbírásának változása az aszimmetria ξ mértékének függvényében.

Így acéltartók teherbírását a félplasztikus törési feszültségállapot feltételezésével az

$$M_T = \sigma_F\, \Omega\, K_1 \qquad (8)$$

képlettel határozhatjuk meg, ahol K_1 a helyettesítő szimmetrikus szelvény keresztmetszeti tényezője, az Ω pedig az aszimmetria ξ mértékétől és a nyomott övre vonatkozó φ kihajlási tényezőtől függő, az 1. táblázatban megadott tényező. $\xi < \frac{1}{\varphi'}$ esetben, vagyis amikor a húzott övben plasztikus zóna nem alakulhat ki, a teherbírás számítását a rugalmas feszültségállapot feltételezései alapján kell elvégeznünk, a nyomott szélső szálra vonatkozó keresztmetszeti tényező használatával.

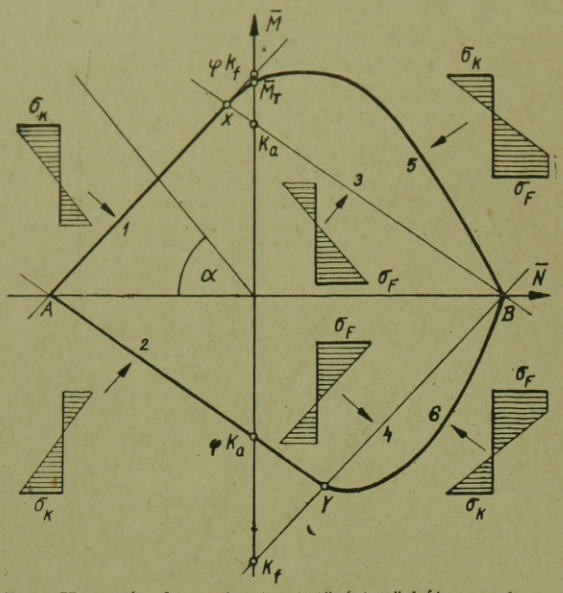
1. táblázat

ξ	Ω			
	$\varphi' = 1{,}0$	$\varphi' = 0{,}9$	$\varphi' = 0{,}8$	$\varphi' = 0{,}7$
< 1,00	A teherbírást az $M_T = \sigma'_k K_n$ képlettel kell meghatározni			
1,00	1,00			
1,05	1,01			
1,10	1,02			
1,15	1,03			
1,20	1,04			
1,25	1,05	0,98		
1,30	1,05	0,98		
1,35	1,05	0,98		
1,40	1,04	0,98	0,90	
1,45	1,03	0,97	0,90	
1,50	1,02	0,97	0,90	
1,55	1,01	0,96	0,90	
1,60	1,00	0,96	0,90	0,82
1,65	0,99	0,95	0,89	0,82
1,70	0,98	0,94	0,89	0,82
1,75	0,97	0,93	0,89	0,81
1,80	0,96	0,93	0,88	0,81
1,85	0,95	0,92	0,88	0,81
1,90	0,94	0,91	0,87	0,80
1,95	0,93	0,90	0,86	0,80
2,00	0,91	0,89	0,85	0,79
2,05	0,90	0,88	0,85	0,79
2,10	0,89	0,87	0,84	0,78
2,15	0,87	0,86	0,83	0,78
2,20	0,86	0,84	0,82	0,77
2,25	0,85	0,83	0,81	0,77
2,30	0,84	0,82	0,80	0,76
2,35	0,83	0,81	0,79	0,76
2,40	0,82	0,80	0,78	0,75
2,45	0,81	0,79	0,77	0,74
2,50	0,80	0,78	0,76	0,73

Külpontosan terhelt acéltartók teherbírása

Központos erő N és a hajlítónyomaték M együttes hatására a keresztmetszet teherbírása az N és M bizonyos *értékpárjainak* hatására merül ki. Ezek az értékpárok az $N - M$ koordinátarendszerben egy zárt, kívülről nézve nem konkáv görbén fekszenek, melyet a keresztmetszet törési görbéjének fogunk nevezni (7. ábra). (A koordinátarendszerben N tengely pozitív iránya a húzást, az M tengely pozitív iránya pedig olyan értelmű hajlítónyomatékot jelent, amely a keresztmetszet alsó szálában idéz elő húzást.) A keresztmetszet a görbén belül fekvő ponttal jellemzett N, M értékpár együttes viselésére alkalmas, a görbén kívül fekvő pontnak megfelelő központos erőt és hajlítónyomatékot a keresztmetszet hordani nem tudja. A törési görbe alakja természetesen függ a keresztmetszet formájától és méreteitől, valamint a feltételezett törési feszültségállapottól.

A feltételezett törési feszültségállapotnak megfelelő törési görbe meghatározásával a központos erő és hajlítónyomaték együttes hatásának kitett keresztmetszet teherbírására vonatkozó feladatok egyszerűen megoldhatók. Ha például adott a központos erő, megtalálható az a hajlítónyomaték,



7. ábra. Homogén keresztmetszet törési görbéje rugalmas és félplasztikus feszültségállapotban.

amely a központos erővel együtt a keresztmetszet törését okozza. Ha adott egy hajlítónyomaték, megtalálható az a központos erő, amely a nyomatékkal együtt a keresztmetszet tönkremenetelét váltja ki. Ha az excentricitás (e) adott, akkor a koordinátarendszer kezdőpontjából kiinduló $\operatorname{tg}\alpha = e$ iránytangensű egyenes a törési görbéből kimetszi a központos erő és a hajlítónyomaték törést előidéző értékpárját.

Rugalmas törési feszültségállapot feltételezésével a törés feltétele az, hogy a

$$\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{K_{a,f}} \tag{9}$$

képlettel számított feszültség a húzott oldal szélső szálában σ_F, a nyomott oldal szélső szálában $\sigma_k' = \varphi' \sigma_F$ értéket érje el. E képletből (ismét az $\frac{M}{\sigma_F} = M$, valamint az $\frac{N}{\sigma_F} = N$ jelölést használva) a törési görbét alkotó egyenesekre az alábbi egyenleteket kapjuk:

$$\left.\begin{aligned}
\bar{M} &= \varphi K_f + \frac{\bar{N}}{F} K_f \\
\bar{M} &= -\varphi K_a - \frac{\bar{N}}{F} K_a \\
\bar{M} &= K_a - \frac{\bar{N}}{F} K_a \\
\bar{M} &= -K_f + \frac{\bar{N}}{F} K_f
\end{aligned}\right\} \tag{10}$$

Az egyenletek közül az első kettő fennállása esetében a törés közvetlen oka a nyomott öv szélső szálában a σ_k kritikus feszültség elérése; ebben az esetben tehát plasztikus zóna kialakulásáról a húzott övben sem lehet szó. Ha azonban az utolsó két egyenlet áll fenn, akkor a húzott öv szélső szálában a feszültség előbb éri el a folyási határt, mint a nyomott öv szélén a kritikus feszültséget, s így *plasztikus zóna kialakulásával* és annak teherbírásnövelő hatásával reálisan *számolhatunk*. A rugalmas feszültségállapot alapján szerkesztett törési görbe (1) és (2) egyenese tehát a félplasztikus törési feltételeknek is megfelel; az (3) és (4) egyenesek helyett azonban más, a húzott öv plasztikus alakváltozását is figyelembevevő görbék (5) és (6) vonal szerkesztésére van szükség.

E görbeszakaszt az

$$\left.\begin{aligned}
\bar{N} &= \frac{1+\varphi}{h-c}\left[\int_0^h \left(\frac{h+\varphi c}{1+\varphi} - x\right)\Phi(x)\,dx - \int_0^c (c-x)\,\Phi(x)\,dx\right] \\
\bar{M} &= \frac{1+\varphi}{h-c}\left[\int_0^h \left(\frac{h+\varphi c}{1+\varphi} - x\right)(r_a - x)\,\Phi(x)\,dx - \int_0^c (c-x)(r_a-x)\,\Phi(x)\,dx\right]
\end{aligned}\right\} \tag{11}$$

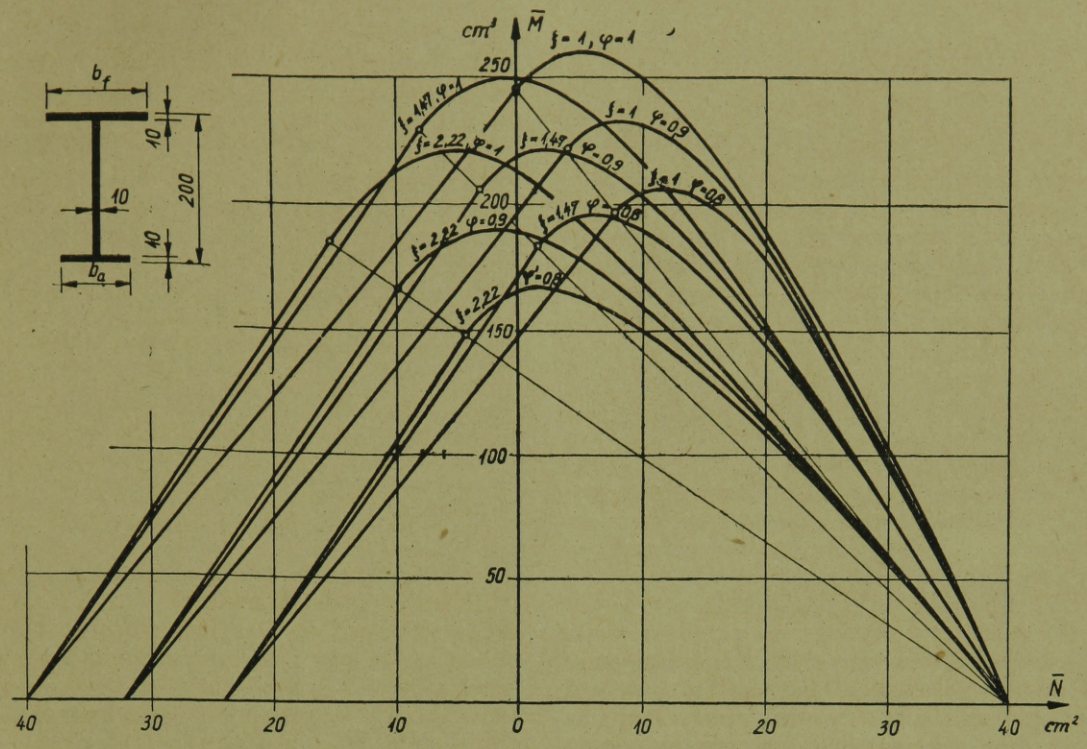
egyenletrendszer határozza meg a plasztikus zóna c magasságának, mint parameternek függvényében. Acélkeresztmetszetek szokásos alakjára vonatkozóan (4/a ábra) e képletek az alábbi számításra alkalmas alakban írhatók fel:

$$\left.\begin{aligned}
\bar{N} &= v_a b_a + cv + v\frac{(h-c)(1-\varphi)}{2} - v_f b_f \frac{2\varphi(h-c) - v_f(1+\varphi)}{\varphi(h-c)} \\
\bar{M} &= v_a b_a\left(r_a - \frac{v_a}{2}\right) + cv\left(r_a - \frac{c}{2}\right) + v\frac{h-c}{2(1+\varphi)}\left(r_a - c - \frac{1}{3}\frac{h-c}{1+\varphi}\right) + \\
&+ v\frac{\varphi^2}{2}\frac{h-c}{1+\varphi}\left(r_f - \frac{\varphi}{3}\frac{h-c}{1+\varphi}\right) + v_f b_f \frac{2\varphi(h-c) - v_f(1+\varphi)}{\varphi(h-c)}\left[r_f - v_f\,\alpha\left(\frac{\varphi(h-c) - v_f(1+\varphi)}{\varphi(h-c)}\right)\right]
\end{aligned}\right\} \tag{12}$$

$$v_a \leqq c \leqq h - v_f$$

ahol az $\alpha\left(\frac{p}{q}\right)$ szimbólum a p és q ($p < q$) párhuzamos oldalhosszúságú trapéz súlypontjának a magasságához viszonyított távolsága a hosszabb oldaltól. Ez a mennyiség jó közelítéssel 0,5-re vehető. A képletek csak a korlátok közé eső c értékeknél érvényesek, a görbe e korlátokon kívüli c értékre vonatkozó szakasza jó közelítéssel egyenesnek tekinthető.

A képletekben az a és f indexek felcserélésével megkapjuk a negatív nyomatékokra vonatkozó görbeszakasz egyenletét.



8. ábra. Acélkeresztmetszetek törési görbéi az aszimmetria mértékének és a nyomott öv φ' kihajlási tényezőjének különböző eseteiben.

A (12) egyenletekkel jellemzett törési görbeszakaszok — mint a 7. ábrából is látható — érintőlegesen csatlakoznak a teherbírást a nyomott zóna határállapota miatt korlátozó egyenesekhez az X és Y pontokban, melynek koordinátáit az

$$\bar{N}_x = \frac{1-\varphi\xi}{1+\xi} F, \quad \bar{M}_x = \frac{\xi(1+\varphi)}{1+\xi} K_a \qquad (13)$$

illetőleg az

$$\bar{N}_y = -\frac{\varphi-\xi}{1+\xi} F, \quad \bar{M}_y = -\frac{\xi(1+\varphi)}{1+\xi} K_f \qquad (14)$$

képletek adják meg.

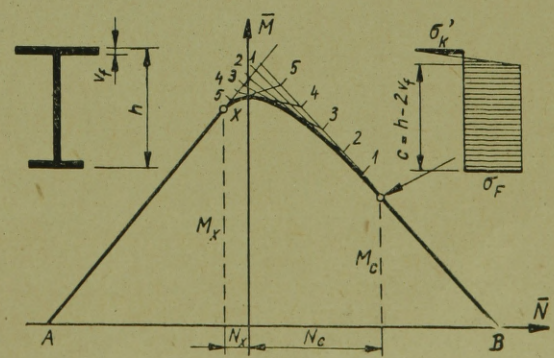
A 8. ábrán egy szelvénytípus félplasztikus feszültségállapot alapján számított törési görbéit ábrázoltuk csak pozitív nyomatékokra vonatkozóan az aszimmetria különböző ξ mértékei és a kihajlási tényező különböző φ értékei mellett.

Látható, hogy a félplasztikus törési feszültségállapot feltételezésével tehát a külpontos húzásnak alávetett keresztmetszet számított teherbírástartománya a rugalmas teherbírástartománnyal szemben lényegesen megnövekszik, míg külpontos nyomás esetében az anyag plasztikus tulajdonságai csak a $\varphi\xi > 1$ esetben és akkor is csak aránylag kis normálerők esetében eredményezik a keresztmetszet teherbírásnak növekedését. Megállapítható az is, hogy a külpontosság különböző mértékeinél más és más szelvényalak a legkedvezőbb.

Különböző méretarányokkal és az aszimmetria különböző fokával rendelkező keresztmetszetek félplasztikus állapotnak megfelelő törési görbéinek vizsgálata azt mutatta, hogy a törési görbe megszerkesztéséhez előnyösen használható a következő közelítő eljárás.

Ahogy már rámutattunk, a görbe AX és AY szakasza egyenes, a BC és BD szakaszok, amelyek a semleges tengely helyzetének az övben felelnek meg, jó közelítéssel szintén egyenesnek tekinthetők. Az utóbbi, közelítően egyenes szakasz végpontját a (12) képletek alapján határozhatjuk meg $c = h - 2\,v_f$, ill. $c = h - 2\,v_a$ helyettesítéssel. A törési görbe X és C, valamint az Y és D pontok közötti görbe szakasza a kezdőegyenesekhez érintőlegesen csatlakozó másodfokú parabolával helyettesíthető (9. ábra).

Külpontosan terhelt keresztmetszetek méretezésével kapcsolatban beszélnünk kell, a külpontosság növekedésének vagy csökkenésének visszahatásáról a teherbírásra, amit szabályzataink szerint a ψ tényező alkalmazásával szoktunk figyelembe venni. Kétségtelenül a biztonság javára teszünk elhanyagolást, ha külpontos húzás esetében a ψ tényezőt a rugalmas feszültségállapot alapján határozzuk meg, vagy teljesen elhanyagoljuk. Külpontos nyomás esetében a számítást sok esetben a rugalmas feszültségállapot alapján



9. ábra. A törési görbe közelítő szerkesztése.

kell elvégeznünk, így a szabályzatokban szereplő

$$\psi = \frac{1}{1 - \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 \frac{\sigma_a}{1850}}; \quad \sigma_a = \frac{N}{F}$$

képlet érvényes. Amikor azonban a félplasztikus feszültségállapot alapján számított teherbírás meghaladja a rugalmas állapot alapján számított teherbírást, e tényező növelt értékeivel kell számolnunk. E növelt ψ' tényező értékére a legegyszerűbb közelítést úgy kaphatjuk, ha a λ értékének számításához csak a rugalmas állapotban levő szelvényrész tehetetlenségi sugarát használjuk fel.

Megjegyzés

A bemutatott levezetések acélszerkezetek *törési igénybevételeinek* meghatározására szolgálnak. Gyakorlati számításainkban általában nem a törési igénybevételek, hanem a *határigénybevételek* meghatározására van szükség. Ez utóbbi azonban nem más, mint a kis valószínűséggel előforduló kedvezőtlen anyagjellemzőkkel, a határfeszültségekkel számított törési igénybevétel s így összes képleteink az M_T helyébe M_H, a σ_F, ill. σ_k helyébe σ_H, ill. σ_{kH} helyettesítéssel a határigénybevételek számítására is használhatók.

Összefoglalás

Acélszerkezetek teherbírásának számítása a plasztikus feszültségállapot alapján — a nyomott öv stabilitásvesztésének veszélye miatt — csak bizonyos korlátozásokkal használható. A tanulmányban olyan méretezési alapelvre tettünk javaslatot, mely éppen a fenti okból csak a szerkezet húzott övében enged meg plasztikus alakváltozásokat, a nyomott övben pedig annak kihajlási viszonyaitól függő kritikus feszültség mellett rugalmas feszültségállapotot feltételez. A számítási eljárás, különösen hajlított és külpontosan húzott keresztmetszetek esetében lényegesen nagyobb törési igénybevételeket eredményez, mint az eddig szokásos számítási mód és alkalmazása elősegítené különböző alakú és különböző módon terhelt szerkezeteknél az *egyenlő biztonság elvének* megvalósítását.

IRODALOM

1. *А. Р. Ржаницын:* Расчет сооружений с учетом пластических свойств материалов. (Москва 1951).
2. *F. Meissner:* Einige Auswertungsergebnisse der Kipptheorie einfach-symmetrischer Balkenträger. (Der Stahlbau, 155. 5.)
3. *G. Winter:* Flange buckling, a limitation of plastic design of beams, frames and columns. (Fourth Congress of the International Association for Bridges and Structural Engineering, Cambridge-London, Final report.)
4. *C. D. Williams:* The limit stress in the compression flanges of beams. (IV. Congress of I.A.B.S.E., Preliminary publication.)
5. *W. W. Luxion—B. G. Johnston:* Plastic Behaviour of Wide Flange Beams. (The Welding Journal, 1948. nov.)
6. *R. L. Ketter—E. L. Kaminszky:* Plastic Deformation of Wide-Flange Beam-Columns. (Proceedings ASCE No 330, 1953. nov.)
7. *A. Lazard:* The Effect of Plastic yield in Bending on Mild Steel Plate Girders. (The Structural Engineer, 1954. II.)
8. *K. Sattler:* Beitrag zur Bemessung stählerner Vollwandkonstruktionen. (Die Bautechnik, 1956. 1.)
9. *Dr. Menyhárd István:* Épületek teherhordó szerkezeteinek méretezésére vonatkozó új magyar előírások fontosabb rendelkezéseinek magyarázata. (ÉTI Tudományos Közlemények, 1. sz.)
10. *Dr. Feimer László:* Aszimmetrikus keresztmetszetű hajlított tartók teherbírása (kézirat).
11. *Garai Tamás—Kaliszky Sándor:* Külpontos erővel terhelt keresztmetszetek teherbírása. (ÉTI Tudományos Közlemények, előkészületben.)
12. *Garai Tamás:* Aszimmetrikus keresztmetszetű hajlított acéltartók teherbírása. (ÉTI Tudományos Közlemények, 6. szám.)

MAGYAR ÉPÍTŐIPAR

Felelős szerkesztő: Lux László. Technikai szerkesztő: Rojkó Ervin

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V. Bajcsy Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450.

Felelős kiadó: Solt Sándor

Megjelent: 1600 példányban

Előfizetés: a Posta Központi Hirlapiroda Vállalatnál, Budapest V., József nádor tér. Távb.: 180-850. Előfizetési díj 50,— Ft (egész évre), egyes szám ára 4,50 Ft. Csekkszámlaszám: 61.282