



TS

T E R V E Z É S I S E G E D L E T

**LŐTTBETON TECHNOLOGIA
ÉS ÉPÍTŐIPARI
FELHASZNÁLÁSA**

S-41

tti 1991

TARTALOM

1. BEVEZETÉS.....	7
1.1. A lőttbeton fogalma, története	7
1.1.1. A lőttbeton fogalma.....	7
1.1.2. A lőttbeton története	7
1.1.2.1. A nedves lövőeljárás kialakulása.....	8
1.1.2.2. A száraz lövőeljárás kialakulása.....	9
1.1.2.3. Betontechnológiai kísérletek, szabványosítás	9
2. A LÖTTBETONKÉSZÍTÉS TECHNOLÓGIÁJÁNAK ISMERTETÉSE.....	11
2.1. A lőttbetonkészítés módszerei, gépei.....	11
2.1.1. Száraz eljárás	11
2.1.2. Nedves eljárás	11
2.1.3. Vegyes eljárás.....	11
2.1.4. A lőttbetonkészítés gépei.....	11
2.1.4.1. A száraz eljárás lövőgépei.....	12
2.1.4.2. A nedves eljárás lövőgépei.....	12
2.1.4.3. A lövőgépek jellemzői.....	12
2.1.4.4. A lőttbetonkészítés gépeinek különleges felhasználási lehetőségei.....	12
2.2. A lőttbetonfajták ismertetése	12
2.3. A lőttbeton készítéséhez felhasználható anyagok.....	14
2.3.1. Cement.....	14
2.3.2. Adalékanyag	14
2.3.3. Víz.....	14
2.3.4. Betonkiegészítő anyagok	14
2.4. A lőttbetonkészítés problémái.....	15
2.4.1. Visszahullási veszteség	15
2.4.2. A lőttbeton vasalása	16
2.4.3. Zsaluzás	16
2.4.4. A fogadó felület előkészítése, a lőttbeton felületképzése	17
2.4.5. Vastag lőttbeton rétegek készítése	17
2.4.6. Szakemberek kiválasztása.....	17
2.5. A lőttbeton tulajdonságai	18
2.5.1. Szilárdság.....	18
2.5.2. Tapadás.....	18
2.5.3. Zsugorodás, kúszás.....	18
2.6. A lőttbeton szerkezetek költségei.....	19
2.7. A lőttbeton előnyei – hátrányai	19
2.8. A lőttbeton alkalmazási területei	20
3. A LÖTTBETON FELHASZNÁLÁSA AZ ÉPÍTŐIPARBAN	21
3.1. Szerkezetmegerősítés	21
3.1.1. A megerősítés során elvégzendő munkák.....	21
3.1.2. Rúdszerkezetek.....	21
3.1.3. Födémek, függőfolyosók.....	22
3.1.4. Épületek megerősítése.....	22
3.1.5. Héjszerkezetek	22
3.1.6. Munkatér-határolások.....	23
3.2. Új szerkezetek építése.....	23
3.3. Különleges szerkezetek	24
4. A LÖTTBETON SZERKEZETEK TERVEZÉSÉNEK MÉRETEZÉSI KÉRDÉSEI.....	25
5. ÖSSZEFOGLALÁS.....	26

Készült
az Ybl Miklós Építőipari Műszaki Főiskolán

Szerző:
Sajtos István
YMÉMF

Lektor:
Dr. Dulácska Endre
TTI

HU ISSN 0133 6765

Szerkesztőbizottsági tagok:
Bartók Miklós, dr. Dulácska Endre, Klein István

Felelős szerkesztő: Klein István
Szerkesztőség: TTI 1075 Bp., Asbóth u. 9-11. Tel.: 122-6240 Telex: 22-5129
Kiadja: a Tervezésfejlesztési és Technikai Építészeti Intézet, Bp. VII., Asbóth u. 9-11.
Kiadásért felelős: Bartók Miklós igazgató

A kiadvány készült az Uvaterv Nyomdában
F. v.: Szilágyi Gézőné
Tsz.: 91 012/3

Terjeszti az ÉTK

1. BEVEZETÉS

A hazai építőipari gyakorlatban a löttbeton (lövellbeton) alkalmazása nem túl gyakori. A legtöbb esetben csak speciális problémák (pl. megerősítések), szerkezetek (pl. héjak) esetén használják ezt az építési módszert.

Ez talán természetes is, hiszen a löttbetonkészítés magasfokú gépesítést és a gép kezelőjétől speciális szaktudást (sőt inkább „érzéklet”), technológiai fegyelmet követel, és tegyük még hozzá azt is, hogy nem minden esetben „üdvözítő” a használata, mert más betonkészítési, bedolgozási rendszerekkel összevetve adott esetben drágább, lassabb is lehet (a fordítottja is igaz lenne sokszor, de pl. a gépek hiánya más, kevésbé hatékony megoldásokra kényszeríti a tervezőt, építőt).

A nyugat-európai építőipari cégek hazai építkezésein sokszor tapasztalhatjuk a löttbeton alkalmazását, főként munkatér-határolásokkal kapcsolatosan (pl. Kempinski Hotel, a viszonylag drága technológiát, nagy mennyiségű munkához, építési időt rövidítve alkalmazni gazdaságos dolog). Ezért úgy gondoljuk, hogy nem haszontalan néhány gondolatot meg tudni az említett technológiáról.

A segédlet célja, hogy bemutassa a löttbetonkészítés módszereit, speciális problémáit, néhány hazánkban is alkalmazott berendezését. Főként hazai példák alapján fogjuk bemutatni a löttbeton felhasználását a szerkezetépítésben, kitérve külön az új szerkezetek építésére (fajtáira, speciális méretezési problémáira stb.) és a megépült szerkezetek megerősítési módszereire, méretezési kérdéseire.

Bár a témához nem tartozik szorosan, de kitérünk a löttbetonkészítés gépeinek speciális felhasználási területeire is (pl. korrózióvédő, tűzvédő bevonatok készítése), jelezve ezzel azok sokrétű felhasználási lehetőségeit.

A tanulmány már terjedelménél fogva sem vállalkozhat arra, hogy minden részletében feltárja a címben jelzett témát. A fő hangsúlyt a szerkezeti, szerkezettervezési problémák, módszerek bemutatására helyezzük. A technológia és a gépek ismertetése csak vázlatos lesz, de nem maradhat el, mert szerkezetkialakítási, méretezési következményei vannak, de nem is szükséges a részletezés, mert ezt a szakirodalom bőven tárgyalja, és speciális betontechnológiai, gépészeti kérdéseket vet fel.

Így, hitünk szerint, átfogó képet tudunk nyújtani a löttbetonkészítés technológiájáról és a benne rejlő lehetőségekről.

A segédlet [43] bővített változata.

1.1. A löttbeton fogalma, története

1.1.1. A löttbeton fogalma

„A löttbeton olyan betonbedolgozási technológiával készített beton, amelyet az MSZ 4720 szerinti betontömítő, ill. csővezetéken kb. 6 att. nyomású levegővel a beépítés helyére szállítanak és nagy sebességgel (kb. 100 m/s) juttatnak a felhordási felületre, ahol ütközik és megtapad. A már megtapadt betonréteget a később folyamatosan érkező beton ütközése is tömöríti.” (MI 09.10233/1-77([12]

A löttbeton tehát nem egy különleges építőanyag, hanem olyan betonkészítési eljárás, amely magában foglalja a betonkeverék előállítását, szállítását, bedolgozását és tömörítését is, mint egymástól elválaszthatatlan technológiai lépéseket.

A betonkészítéshez használt adalékoktól függően beszélhetünk lövellbetonról (vasbetonról), könnyűbetonról, hő- és tűzálló betonról stb.

1.1.2. A löttbeton története (A betonlövés kialakulásának története) [5], [7]

A löttbeton készítésénél az alapvető probléma az, hogyan lehet a megkevert betont vagy száraz cement-adalék keveréket egy csővezetéken a bedolgozás helyére eljuttatni, és ott, a tetszőlegesen kialakított felületre felhordani és betömöríteni (száraz keverék szállításánál a keverék csőből való kilépése előtt történik a vízadagolás).

A csővezetékben szállított száraz vagy nedves anyag alapján különböztetjük meg a száraz és a nedves eljárásokat (részletesen ld. 2.1. pontban). A száraz vagy nedves anyag csővezetékben való szállítására a sűrített levegő a legcélszerűbb.

A szerkesztendő gépnél, ha száraz keveréket kell szállítanunk, az anyag csőbe való egyenletes (folytonos) bejuttatását és a vezetékbeli való kilépés előtt a víz hozzáadását kell megoldani, ha nedves keveréket kell szállítanunk, a csőbe történő egyenletes adagoláson túl meg kell oldani azt, hogy a túlnyomás hatására a keverékben (főleg habarcsban) levő víz „előre siessen”, és a nagyobb fajsúlyú homok lerakódjon, és a nyílásokat eltömje, meggátolva a keverék további szállítását [9].

Nyilván az utóbbi a nehezebb feladat, és így érthető lesz a száraz eljárás kezdeti sikere és elterjedtsége.

1.1.2.1. A nedves lövőeljárás kialakulása

A löttbetonkészítés feltehetően abból a régi és természetes gondolatból nőtt ki, hogy mélyen a föld, illetőleg a víz színe alatt levő laza talajrészeket, továbbá nehezen hozzáférhető üregeket, hézagokat, repedéseket csőveken keresztül, nyomás alatt kötőanyaggal, cementlével vagy cementhabarccsal töltsék ki.

Az első megoldást NEUKIRCH FRIGYES brémai mérnök mutatta be 1890-ben a brémai ipari vásáron [3]. Az eljárás során vascsőveken keresztül juttattak cementport a homokos altalaj likacsába, ami a talajvízzel érintkezve és megszilárdulva, a homokkal együtt betont alkotott.

Az előbbi „száraz” eljárás továbbfejlesztéseként BRAUN műszaki tanácsos 1892–1897-ben, az ehingeni Duna-híd alapozásánál cementlét préselt a kavicsos altalajba, így növelve annak terhelhetőségét [3]. (Ma is használatos talajszilárdítási módszer.)

BRAUN-nal egyidőben Franciaországban CAMÉRÉ kezdte alkalmazni fal- és alaprepedések kitöltésére a cementhabarcs bepréselését [3]. A habarcs bepréseléséhez, mint az előző módszereknél is, légszivattyút használt.

Megemlítjük, hogy a cementbepréselést nem csak a laza altalajrétegek telítésére, hanem mesterségesen felhalmozott kő- vagy kavics tömbök hézagjainak kitöltésére, víz alatti falazatok előállítására is alkalmazták (a prepakt- és a kolkretbeton elődjének tekinthető az említett módon készült beton).

1892-ben August WOLFSHOLZ Elderbergből megszerezte a használati mintáját egy cementsajtoló berendezésnek, amely a „folyékony habarcs tömlőkben való szállításához és az hegyekben és falakban levő üregek feltöltéséhez” volt használatos és sűrített levegővel üzemelt.

A fia, August WOLFSHOLZ barmeni mérnök tökéletesítette a készüléket és 1903-ban kibocsátott egy szabadalmat, amely vízhatlan padlók, falak, földemek előállítására ad megoldást besajtolt, kilövellt cementhabarcs szigetelő réteg segítségével. A kézi hajtású változat 1:1, a gépi 1 cement:4–5 homok arányú habarcsot volt képes szállítani.

Az A. WOLFSHOLZ által kifejlesztett cementbepréselő szivattyút használták a Soroksári-Duna-ág felsőtorkolati kamrazsilipeinél is a hézagok tömítésére [3], 1. ábra. A készüléket 1911-ben vásárolták.

Az első igazán figyelemreméltó előrehaladást VASS József mérnök (1867–1954) Drezdában, majd Budapesten bejelentett szabadalmi jelentették. Az első szabadalma falak vakolási eljárásáról és vasalt falak előállításáról szólt (Drezda 1908, Budapest kb. 1920), a második pedig „Eljárás és berendezés különböző fajsúlyú anyagok nehezen folyós keverékeinek folytonos szállítására és felületekre fúvására” (Drezda, DRP 264766 sz., 1911. január 2., Budapest, 57603. sz., 1911. december 22. [9], 2. ábra) címmel lövőgépet mutat be.

Ezzel a géppel a meglévő berendezéseknek az olyan hátrányai, mint az adagolónyílások eltömődése, súlyos alkatrészek használata megszűntek, és a folytonos habarcsszállítás elérhető volt. A gép, amely keverőből, dugattyúból, szilipekből, membránokból és egy légtartályt is tartalmazó, sűrített levegőt előállító készülékből állt, az építő vállalatoknak túl drága volt, így nem terjedhetett el.

1918 után egyszerűbb habarcslövedő berendezéseket szabadalmaztattak:

MOSER	1918	Berlin
WESTERMANN	1919	Lipcse
	1921	Berlin ¹
	1921	Berlin ²
A. WOLFSHOLZ	1922	Berlin stb.

Egyik készülék sem tett lehetővé kifogástalan lövést, legtöbbször még folyamatos lövést sem, és csak nagyon rövid szállítási távolságra volt használható.

A legsikeresebbek a WOLFSHOLZ-szabadalmak voltak, azonban nem tudtak versenyezni azzal a száraz lövedő eljárással, amely 1920 körül került felszínre Németországban. 1950 után a nedves beton lövése újra felkapott lett, pl. az olyan előnyei miatt, mint csekély visszaverődés, nincs porképződés.

1.1.2.2. A száraz lövedőeljárás kialakulása

A beton és habarcs száraz lövedőeljárásának felfedezését az amerikai Carl E. AKELEY 1908–1909-ben bejelentett szabadalmi jelentették. (C. E. AKELEY tulajdonképpen „betolakodó” volt az építészetben [7]. Természetbúvár és szobrász volt [8], aki egy időben életnagyságú dinoszaurusz-modellek készítésével is foglalkozott.)

C. E. AKELEY betonlövedő gépénél, amelyet „Cement Gun”-nak neveztek el, meg kell említeni, hogy az amerikai TILKMAN már 1871-ben egy sűrített levegővel működő homokfúvó automatát szabadalmaztatott. C. E. AKELEY gépéhez hasonló szerkezet szabadalmát jelentette be 1914-ben és 1915-ben Carl WEBER „Eljárás és berendezés falfelületek vakolására” címmel. (C. WEBER 1887-ben Dessauban született. 1902 előtt kivándorolt az USA-ba. 1903-tól több építő cég alapítója, vezetője vagy tagja volt, amelyekben szorgalmazta a lőttbeton használatát. 1917-től a Torcrete Shipbuilding Co. New York-nál volt műszaki igazgató. A cég nevéhez ő adta a „torcrete” szót, amivel még ma is jelölni szokás – helytelenül – a lövedő eljárással készülő betont. 1919-ben WEBER visszatér Németországba, és megalapítja az Allgemeine Torkret Gesellschaft mbH-t betonlövedőgépek gyártására és forgalmazására, 1920-ban pedig Eduard BURBACH mérnökkel a Deutsche Torkret Gesellschaft mbH-t beton, lőttbeton szerkezetek építési, tervezési munkáira. A cég nevét 1921-től Torkret Gesellschaft mbH-ra változtatták. A cég még ma is működik [10]. WEBER eseményekben gazdag életéből ezt a néhány részletet azért ragadtuk ki, hogy az oly elterjedt torkret szó eredetét és elterjedésének okát megmutassuk.)

C. WEBER 1914 és 1917 között bejelentett 3 lövedőgép szabadalmából kettőt átengedett a Cement Gun Companynek, így hozzájárult a „cement gun” továbbfejlesztéséhez is. 1921-ben a Torkret-Gesellschaft újabb szabadalmat jelentett be, amely a ma is használatos „torkret” eljárás alapját képezi. Ebben az időben C. WEBER a Cement Gun Companyvel, mind a Torkret-Gesellschafttal szövetkezett, tehát a szabadalmakat is valószínűleg ő befolyásolta. (C. WEBER próbálkozott nedves lövedő anyag szállítására alkalmas gép építésével is, gépét Tektor-nak nevezte, de kísérletei nem voltak sikeresek.)

CROM 1923-ban a „cement gun” módosítására tett szabadalmi bejelentése a száraz lövedő-berendezés végleges kialakítását jelentette.

Az 1945 utáni fejlesztés célja a nagyobb szemnagyságú (max. 30 mm) keverék szállíthatósága volt. (Jete Crete kifejlesztése az USA-ban, ami a holland STAM 1927-es szabadalmához nyúlt vissza. Ezt a svájci Meynadier cég 1954-től továbbfejlesztette.)

A lőttbeton-készítési eljárás az 1950-es években kezdett rohamosan tért hódítani – tudatosan az alagútépítésben –, amikor a 30 mm szemnagyságig alkalmas betonlövedő berendezés bevezetése után felismerték, hogy a betontechnológiai ismeretek a lőttbetonra is alkalmazhatók, a lövési eljárásból adódó eltérésekkel.

1.1.2.3. Betontechnológiai kísérletek, szabványosítás

A lőttbeton készítéséhez 1920-tól max. 10 mm szemnagyságú, 1945 után max. 25, majd 32 mm szemnagyságú keverékeket lehetett használni. A visszahulló anyagmennyiség a szemcseméretnek megfelelően emelkedett, így ma már ritka a 8–16 mm-nél nagyobb szemnagyságot tartalmazó keverék. A lőttbeton technológia korai szakaszában sok kísérlet történt kötésgyorsító, tapadásjavító stb.

adalékszerek felhasználására, a technológiai folyamatba való beillesztésére. Így már 1903-ban ismert volt a szóda, 1930-tól pedig a vízüveg mint szilárdulásgyorsító adalék.

A szénbányászatban használt lőttbeton tűzállóságának fokozására már 1925 előtt javasolták 1–2 cm hosszúságú drótdarabok adagolását. Ilyen acélszálas lőttbetont emítésre méltó mennyiségben csak manapság használnak.

A nedves eljárással készülő lőttbeton tulajdonságai megfelelnek a normál betonénak. A száraz eljárásnál már nem ilyen egyértelmű a helyzet, bár 1910-ben az USA-ban, 1923-ban Németországban, a berlin-dahlemer anyagvizsgáló hivatalban, 1929-ben prof. Otto GRAF stuttgarti intézetében megállapították, hogy az így készülő beton jó tulajdonságú.

A lőttbeton kutatásában határkőnek számít a BD Stuttgart megbízásából, az Otto Graf Intézetben, 1962. június 1-jétől végzett betontechnológiai kísérlet, ami igazolta, hogy a száraz eljárással készített lőttbeton tulajdonságai megfelelnek a normál betonra előírt (DIN 1048) tulajdonságoknak.

Ez vetett véget a lőttbeton addigi rossz hírének. A lőttbeton előállítására vonatkozó első szabvány az NSZK területén 1974-ben jelent meg (DIN 18551).

Az USA-ban [6], Ausztriában, hazánkban [12] irányelveket adtak ki a lőttbeton készítéséhez.

2. A LÖTTBETONKÉSZÍTÉS TECHNOLOGIÁJÁNAK ISMERTETÉSE

2.1. A löttbetonkészítés módszerei, gépei

A löttbeton előállítása száraz vagy nedves eljárással lehetséges. A megkülönböztetés a kilövőfejhez szállított anyag száraz vagy nedves volta alapján történik. A keverék szállítása sűrített levegővel vagy szivattyúval végezhető. A fenti lehetőségek tetszőleges kombinációjára lehetne lövőgépet szerkeszteni. A 3. ábra mutatja a kialakult eljárásokat.

2.1.1. Száraz eljárás [2], [5]

A betonlövő gépbe az adalékanyag és cement száraz keverékét adagolják, kiegészítve esetleg por alakú kötésyorsítóval, töltőanyagokkal (trasz, pucolán stb.). A keveréket a gép sűrített levegő segítségével csővezetéken továbbítja a kilövőcsőhöz, ahol a vizet (és folyékony kötésyorsítót stb.) is hozzáadják a száraz keverékhez, majd a „zsaluzatra” lövik az így előállított friss betont (4. ábra).

A keverővizet a lövőcsőnél annak kezelője adagolja. A száraz eljárással készített löttbeton köztudatban torkret beton néven ismert.

2.1.2. Nedves eljárás [2], [5]

A betonlövő gépbe a friss betonkeveréket kell adagolni, amelynek a szállítása sűrített levegővel vagy betonszivattyúval, hidraulikus úton történhet (5. ábra).

Sűrített levegős, hígáramú anyagszállításnál a kilövőcsőnél folyékony kötésyorsító stb. adagolható a betonkeverékhez. A szakaszos „dugó” szállítás és a sűrűáramú anyagszállítási módnál a kilövőcsőnél sűrített levegőt kell vezetni a nedves keverékhez, annak lazítására és a megfelelő kilövési sebesség eléréséhez. Ugyanitt adagolható a folyékony kötésyorsító, szilárdulásgyorsító is a friss betonhoz.

A száraz és nedves eljárások technológiai folyamatának eltéréseit, hasonlóságát a 6. ábra összegzi.

2.1.3. Vegyes eljárás [5]

A betontechnológiai kutatások megállapították, hogy a beton szilárdsága növelhető, ha a beton cement- és homoktartalmát optimális mennyiségű vízzel előre összekeverik, és ezután adagolják hozzá az adalék durva részét. Ezt az ötletet valósította meg a SEC vegyes rendszerű betonlövő berendezés, amelynek működési elvét a 7. ábra mutatja. (Megjegyezzük, hogy hazánkban 1854-ben a Ferenc-csatorna dunai torkolatánál épített Ferenc József zsilip betonját is hasonló eljárással készítették. „Először habarcsot készítettek, és ezután külön keverődobokban a habarcsot a zúzottkővel betonná keverték.” [3])

2.1.4. A löttbetonkészítés gépei

A löttbeton készítéséhez szükséges egy a száraz adalék, cement keveréket vagy a friss betont előállító keverőgép, a betonlövő gép, amelynek kialakítása az alkalmazott eljárás függvénye, sűrített levegőt előállító berendezés, a keverék szállítását biztosító csővezeték és a vezeték végén a lövőcső, amelynek a kiképzése lehetővé teszi száraz eljárásnál a víz, kötésyorsító stb. adagolását, nedves eljárásnál a sűrített levegő, kötésyorsító stb. adagolását (4., 5., 6. ábrák).

A tanulmány szempontjából a lövőgép a legfontosabb berendezés, ezért a továbbiakban a gépészeti megoldások részletes ismertetése nélkül mutatjuk be a különböző eljárásokhoz alkalmazható gépeket. A részletek iránt érdeklődőknek a [2], [5] könyvek tanulmányozását javasoljuk. [2]-ben a teljes választék, és azok műszaki paraméterei is megtalálhatók. Az egyes eljárások géptípusainak jellegrajzait közöljük, amelyekből a működési elvük megtudható.

2.1.4.1. A száraz eljárás lövőgépei

A száraz eljárás jellemző lövőgépei a TORKRET, BSM, ALIVA cégek kamrás adagolású konstrukciói (8. ábra). Ezekről adagolórendszerében különbözik a forgó rotoros adagolású gép (9. ábra), ilyen pl. a MEYCO GM-57, ALIVA/BODAN/250/300.

2.1.4.2. A nedves eljárás lövőgépei

A sűrített levegős, hígáramú keverékszállítás elvén működnek pl. a REED LOVA, SPERNO 208 elnevezésű gépek (10. ábra). Szakaszos, dugó szállítást biztosít a MIXOKRET M 500, ESTROMAT E 260 DK-3 berendezés. A 11. ábra a működési elvet mutatja.

Sűrűáramú anyagszállítás pneumatikus módszerét hasznosítja pl. a SQUEEZCRETE 250 (12. ábra). A betonszivattyús, hidraulikus szállítási módot valósítja meg pl. a PUTZKNECHT K 160-2 (13. ábra). Csígás adagolásúak pl. a BETOJET S 8, DELOMAT gépek (eltoló szállítás). A 14. ábra mutatja a gép működési elvét.

2.1.4.3. A lövőgépek jellemzői

A betonlövő célgépek – akár száraz, akár nedves eljárásúak – szállítási teljesítménye függ a szállítóvezeték keresztmetszetétől, a szállítás módjától, munkahelyi körülményektől. Az egyes géptípusok elméleti teljesítménye (0,9)–6–8–(10) m³/óra. Az elérhető legnagyobb teljesítmény kb. 4 m³/óra.

A berendezések általában Ø16 mm maximális szemnagyságú keverék szállítására alkalmasak. Néhány gép a max. 25 mm és egy-két géptípus a max. 32 mm (35 mm) szemnagyságú keverék szállítására is képes.

A keverék szállítása a lövőgéptől a munkahelyig acél- vagy „gumi”-csőben történik. A szállítási távolság a lövészi eljárás és a szállítási mód függvénye. A 15. ábra mutatja az egyes eljárások lehetőségeit.

A kész beton jellemzőit nagyon befolyásolja az alkalmazott víz-cement tényező. Célszerű az alig földnedves konzisztenciához tartozó v/c értéket alkalmazni. A nedves eljárásoknál azonban a szállítási mód is befolyásolja a friss betonkeverék víz-cement tényezőjét. A 15. ábra az egyes eljárásoknál használatos v/c értéket is bemutatja.

2.1.4.4. A lőttbetonkészítés gépeinek különleges felhasználási lehetőségei

A lövőgépekkel minden olyan keverék szállítható és kilőhető, amely az adott gépkonstrukció szállítási feltételeinek megfelel, függetlenül a keverék kötőanyagától, összetételétől. Így előnyösen használhatók a nedves, hígáramú lövőgépek pl. műanyag alapú, homok adalékú korrózióvédő bevonatok készítésére pl. LOMACOTE. A bevonandó felület beton, acél stb. lehet.

A sűrített levegővel üzemelő lövőgépek alkalmasak homokszórásra is, acél-, betonfelületek tisztításához. Jól megválasztott lövőgép tehát pl. vasbeton szerkezetek fenntartásánál, javításánál elvégzendő összes munkafolyamatban – betonfelület és a kilátszó rozsdás vasak tisztítása, új lőttbeton kéreg készítése, az új beton korrózióvédelme – használható, csökkentve az építési időt, növelve a gép kihasználhatóságát.

2.2. A lőttbetonfajták ismertetése

A lőttbetonfajták osztályozásánál ugyanazokat a fogalmakat használjuk, mint a hagyományos öntött technológiával készülő betonoknál. A lövőgépek alapvetően a szállítható maximális vagy annál kisebb legnagyobb szemcseátmérőt tartalmazó *normál beton* készítésére alkalmasak. Kis szemcse nagyság vagy csak homokadalék használatával mikrobetonok (homokbetonok, ferrocement, cementhabarcs) is előállíthatók, amelyek vékony rétegben is felhordhatók.

Ferrocement [38], [39], [40] olyan hálókkaal vagy hálókkaal és egyedi betétekkel kombinálva vasalt, finomszemcsés betonból álló szerkezet, amelynek vastagsága legfeljebb 50 mm és a vasalása

- hálóvasalás: vékony huzalból fonott vagy hegesztett hálók, amelyek azonosan oszlanak el a keresztmetszetben,
- kombinált vasalás: vékony huzalokból fonott vagy hegesztett hálók, amelyek azonosan vagy nem azonosan oszlanak el a keresztmetszetben, kombinálva egyedi betétekkel.

A hálók, ill. az egyedi betétek készülhetnek fémes vagy egyéb alkalmas anyagból (bambusz, műanyag stb.).

A ferrocement „betonjához” használt adalékanyag finomszemcsés ($d_{\max}=4,0\text{mm}$), lépcsős szemmegoszlású homok. A cementhabarcs-keverék cementben gazdag ($500\text{--}800\text{ kg/m}^3$), az adalék nagy fajlagos felülete miatt. A cement és a homok adagolási aránya 1:1,5 vagy 1:2.

A *könnnyűbetonok* folyamatos vagy egyszemcsés szemszerkezettel készülhetnek. Lövési eljárással a folytonos szemszerkezetű könnyűbeton dolgozható be. Hőszigetelő könnyűbetont általában perlit, homokadalékkal, szerkezeti könnyűbetont pedig duzzasztott agyagkavicssal készítenek. (A várható lehullási veszteség hőszigetelő betonnál 15%, a szerkezeti könnyűbetonnál 35%) [2].

Hő- és tűzálló betonok tulajdonságait az adalékanyag és az alkalmazott cement határozza meg. Magasabb hőmérsékleten (770 K° felett) már tűzálló cementet (550 alc. I., 450 alc. I. stb. aluminátcementet) és nem kvarcadalékot (bazalt, vulkáni tufa, samott, traszliszt, samottliszt stb.) kell használni. A hazai gyakorlatban kemencebélések készítésére a kereskedelemben kapható száraz keverékeket használnak (PLIGUM 48, PLISTIX CHROM, PLICAST MW 14 G stb.) száraz lövési eljárással bedolgozva [14].

Vízáró beton is készíthető lövési eljárással, ha a keverék egyébként alkalmas rá (megfelelő szemszerkezet), mert nagy sebességgel a szaluzatra lőtt betonnal nagy tömörséget, alacsony légpórustartalmat tudunk elérni.

A *sugárvédő beton* az adalékában különbözik a normál betontól. Nagy térfogatsúlyú, nehéz adalékok (barit, hematit, limonit, fémsalak) kell használni, ami fokozottan koptató hatást fejt ki a lövőgépre és növeli a szállítási energiát. Tehát a sugárvédő lövőbeton készítéséhez a nagyobb koptató hatásnak is ellenálló lövő berendezést, szállító vezetékét, kilövőcsövet kell használni.

Kopásálló betonra is ugyanaz vonatkozik, mint a sugárvédő betonra, csak ennél az adalék bazalt, andezit, vasreszelék, korund, réz-, ólomsalak stb. lehet.

Rostbetonok

A normál beton húzószilárdságának, szívósságának növelésére a betonkeverékbe, acélszalakat, műanyagszalakat stb. adagolnak. Az így készülő betonokat együttesen rostbetonnak nevezzük. Az acélszállal kevert beton „*acélhaj*” beton (Stahlfaserspritzbeton) [1] (16. ábra) készíthető mind száraz, mind nedves lövési eljárással.

Száraz és nedves, hígáramú eljárásoknál az acélszalakat a lövőcső előtt adagolják a keverékhez (17/c ábra). Nedves sűrű áramú szállításkor is megvalósítható ez az adagolási mód (17/b ábra).

Nedves eljárásoknál a friss betonkeverékbe is adagolható az acélszál, elkerülve a komplikált lövőcső-kialakítást. Az alkalmazott acélszálak $0,3\text{--}0,5\text{ mm}$ keresztmetszeti méretűek és $20\text{--}30\text{--}(50)\text{ mm}$ hosszúságúak, általában ötvözetlen acélból készítve.

A szálhossz növelése a tapadás szempontjából előnyös, de a hosszú szálak nehezítik a bedolgozhatóságot, mert összecsomósodnak. A használatos szálaikat a 18. ábra mutatja [1]. (Hazánkban ma még nincs szálgyártás.) Az adagolható szálmennyiség felső határát a bedolgozhatóság, az alsó határát pedig az határozza meg, hogy az acélszál javítsa a beton tulajdonságait. Általában 2–6 tömeg % acélszállal lehet a legnagyobb szilárdságnövekedést elérni.

Az „acélhaj”-betonhoz használt adalékanyag maximális szemátmérője $8\text{--}10\text{mm}$ (esetleg 15 mm) lehet, ennél nagyobb szemcsék akadályozzák a szálak tetszőleges elhelyezkedését és ezért csökkentik a szilárdságot.

A bedolgozhatóságot befolyásolja a víz–cement tényező. Magas v/c növeli a bedolgozható szálmennyiséget, az alacsony pedig nem teszi lehetővé a szálak szabad elhelyezkedését, csökkentve a kész beton szilárdságát. A víz–cement tényező ajánlott értéke: 0,39–0,45.

A bedolgozás során visszahulló anyagmennyiség kb. 30–40% [1].

A lövési eljárással bedolgozott acélhajbeton építőipari alkalmazása még kísérleti stádiumban van hazánkban.

A *műanyagszálas betont* [41] lövési technológiával készítve tudásunk szerint hazánkban tartályok vízzáró vakolatának készítésére alkalmazták.

A műanyagszál a homokbetonok szilárdságának, szívósságának növelésére alkalmas. Hazánkban POLITON márkanéven gyártanak műanyagszálakat beton készítéséhez. A műanyagszálas löttbeton-készítés módszerei ugyanazok, mint a lött acélhajbetonnak, csak műanyagszál-adagolással.

2.3. A löttbeton készítéséhez felhasználható anyagok

A löttbetonhoz használható anyagok műszaki követelményeit az MI 09.10233/2–77 Löttbeton szerkezetek, Műszaki követelmények c. műszaki előírás tartalmazza.

2.3.1. Cement

Löttbeton készítésénél a cement feladata a zsaluzatra fellőtt friss beton szemcséinek összeragasztása, majd a kötés után a beton szilárdságának biztosítása. A cement „ragasztó” hatása szabja meg az egy rétegben bedolgozható beton vastagságát. Ahhoz, hogy az egyes rétegek felhordása közötti idő rövid legyen, gyors kötésű cementet kell használni (C 550 pc, C 450 pc, S–100 450 stb.).

Az egyes eljárásoknál szokásos cementadagolást a 15. ábra mutatja, [2].

2.3.2. Adalékanyag

Az adalék szemszerkezetének összeállításánál figyelembe kell venni, hogy a kilőtt anyag egy része lehullik, így a kilőtt és a bedolgozott keverék szemszerkezete eltérő (19. ábra).

Az alkalmazandó szemszerkezet és maximális szemnagyság géptípusonként és szállítási módonként is változó. Az ajánlott összetételt [12], [2], [5], [6] tartalmazza.

2.3.3. Víz

A normálbetonra vonatkozó előírások érvényesek.

2.3.4. Betonkiegészítő anyagok [32]

A betonkiegészítő anyagok a kötést és szilárdulást gyorsítók, a képlékenyítők (szivattyúzhatóságot javítók), a ragasztók (tapadást fokozó anyagok), a vízzáróságot javító tömítőanyagok és a porlekötők. Ezek mind por, mind folyadék formájában adagolhatók a löttbeton készítése során (ld. 2.1.).

A *kötésgyorsítók* a cement kötési idejének kezdetét 30 s–30 percre csökkentik. Nedves eljárásnál az adagolását a keverék bedolgozási ideje határozza meg. Csak különleges körülmények között (pl. vízbetörés elfolytatásánál) célszerű alkalmazni, mert jelentősen rontja a beton szilárdságát (20. ábra).

A *szilárdulást fokozó* anyagok (nem feltétlenül kötésgyorsítók is) hatására a beton 1–7 napos szilárdsága megnövekszik, ez korai terhelhetőséget tesz lehetővé, de a beton végszilárdsága általában csökken (20. ábra). Nedves eljárásnál az utóbbi hatás, képlékenyítőt is használva, csökkenthető vagy megszüntethető, mivel így kisebb lehet a víz–cement tényező, ami növeli a beton végszilárdságát (21/g ábra).

Alkalmazható kötést és szilárdulást gyorsítók pl. vízűveg, Barradur OC (por), Barra Frost (folyadék), Tricosal torcret (por) stb.

Újabban a lőttbeton szilárdulásának gyorsítására a *silica-por* (microsilica) használják igen jó eredménnyel [18], 20. ábra. (A silica-por fém szilíciumból és ferroszilíciumból készül. Hazánkban a Kemikál gyártja.) A lőttbetonhoz történő hazai alkalmazásáról nincs tudomásunk.

A *képlékenyítő*k a nedves eljárásoknál javítják a beton szállíthatóságát alacsony víztartalom (v/c) esetén, de csökkentik az egy ütemben bedolgozható réteg vastagságát. Alkalmazható anyag pl. a Barra Fluid (folyadék).

A *ragasztókat*, tapadást fokozó anyagokat a lőttbeton bedolgozás közbeni visszahullásának csökkentésére, az egy ütemben bedolgozható réteg vastagságának növelésére használják. Segítségükkel a visszahullás 20–50%-kal csökken és kb. 30%-kal növelhető az egy ütemben bedolgozható réteg vastagsága. Betonba keverhető ragasztók pl. a Sika-Shot (por), Barra Emulsion (folyadék) stb.

A *vízzáróságot javító anyagok* nagy nedvesség hatására duzzadó, a beton pórusait eltömő vagy pedig légpórusképző (zárt légpórus) anyagok. Alkalmazható pl. Sikalite (por), Tricosal N (folyadék). A gyártók kész, száraz vízzáró beton és habarcs keverékeket is forgalmaznak, pl. Barra 2000.

A száraz eljárásoknál keletkező por csökkentésére alkalmazzák a *porlekötőket*. Használatukkal a keletkező pormennyiség 50–80%-kal csökkenthető, ami főleg zárt térben végzett munkánál kedvező. Porlekötő anyag pl. a Staubfresser (por).

A különböző hatású szerek együttes alkalmazásakor ismerni kell a célszerű adagolási sorrendet, összeférhetőséget [32].

2.4. A lőttbetonkészítés problémái

2.4.1. Visszahullási veszteség (rückprall, rebound)

A lövés eljárás következtében a bedolgozandó friss beton egy része lehullik, a lőtt felületen vagy a már ott levő betonon nem tapad meg. A visszahulló anyag mennyiségét befolyásolja a lövőcső átmérője, távolsága a lőtt felülettől, a kilőtt keverék sebessége, a lövőcsőnek a vízszintessel és a zsaluzattal bezárt szöge, a friss beton konzisztenciája (v/c), az adalék maximális szemnagysága, összetétele [1], [2], [5], [6].

A lövőcsőből kilépő anyagsugárban levő szemcsék egy része a lőtt felületnek vagy a friss betonnak ütközve visszapattan, de főként csak a sugár szélén levő szemcsék tudnak lehullani, mivel az ott „ritkább”. Az anyagsugár „ritkább” részének szélessége a lövőcső átmérőjének és a lövés távolságának a növelésével nő, ami a visszahullási veszteséget is növeli (21/a ábra).

A lövés sebesség és a visszahullási veszteség kapcsolatát mutatja a 21/b. ábra. A sraffozással jelölt sebességtartományban működnek a lövőgépek. Amint az ábrán látható, nem ebben a sebességtartományban van a legkisebb visszahullás, de a 21/g ábrából kiderül, hogy mégis ez a helyes választás, mivel így érhető el a legnagyobb nyomásszilárdság.

A lövőcsőnek a lőtt felülethez viszonyított helyzetétől is függ a visszahullási veszteség. A lövés távolság változásának visszahullási veszteségre gyakorolt hatását mutatja be a 21/c ábra.

Az 1 m körüli optimális távolság megszabja a lövéshez szükséges helyigényt is. A 21/d ábra a ferde felületre történő lövéskor várható visszahullási veszteségről ad tájékoztatást.

A fej feletti ($\varphi = 90^\circ$) lövésnél tapasztalható nagyobb veszteséget az okozza, hogy az új betonréteg teljes súlyát csak a tapadás „rögzíti” az előző réteghez, és így a nagyobb, súlyosabb szemcsék könnyen leeshetnek, növelve a visszahullási veszteséget.

A lövőcső helyes tartását a 21/e ábra mutatja be. Nyilvánvaló, hogy a felületre merőleges lövőcső-tartásnál lesz a legkisebb a visszahullás, mivel ekkor a visszapattanó szemcsék az anyagsugárba

ütközve és újra a lőtt felületre kerülve megtapadhatnak. A bedolgozásra kerülő beton konzisztenciája is befolyásolja a veszteséget. A képlékeny betonról kisebb a visszahullás (21/g ábra), mivel a szemcsék mélyebbre hatolnak a betonba, és kevesebb az esély arra, hogy a visszaverődés után kilépjenek belőle, mivel kisebb a visszaverődési út, mint a földnedves betonnál (21/f ábra).

A 21/g ábra részben összefoglalja az eddig mondottakat (sebesség, konzisztencia (v/c) hatása), illetve kiegészíti, a szemszerkezet hatását is bemutatva. Ezek az ábrák a lövési sebesség, konzisztencia és szemszerkezet változásának a nyomásszilárdságra, vízfelhasználásra gyakorolt hatását is szemléltetik.

A visszahullott anyag egy része elvész. Más anyagokkal keveredve nem szabad újra felhasználni. A még meg nem kötött cementtartalmú visszahullott anyag újra felhasználható, de a szemszerkezetet módosító hatását figyelembe kell venni [25].

[32] szerint a már megkötött cementtartalmú visszahullott beton nedves keverékhez adagolva kötés- és szilárdulás-gyorsítóként hat. Így nedves eljárásoknál a visszahullott anyag, rendkívül gazdaságos módon, újra felhasználható.

2.4.2. A lőttbeton vasalása [12], [8]

A lőttbetonba épülő vasszerelés lehet

- a) teherviselő
- b) zsaluzó
- c) a friss betonszerkezetet megtámasztó

A teherviselő vasszerelés lehetőleg vékony (\varnothing 6–8 mm) közepes szilárdságú (340–380 N/mm²) legyen. Ezt a repedésképződés csökkentése és az acél lőttbetonba való jó beágyazhatósága indokolja.

Mindkét feltétel a maximális sűrűségű és minimális átmérőjű betonacélból készült vasalás készítését eredményezi, természetesen ésszerű határok között. Hálós vasalásnál a vasak legkisebb távolsága az alkalmazott adalékanyag átmérőjének négyszerese, de nem kisebb, mint 50 mm legyen. Egyebekben az MSZ 15022/7 előírásai érvényesek.

A zsaluzatként, friss betonszerkezetet megtámasztó vasalásként (25. ábra) nagyobb átmérőjű vasakból és az arra ráfeszített drótfonatból vagy anélkül, a készítenő szerkezet geometriáját követő és a beton-lövésből származó igénybevételeket elviselő önmagában állékony szerkezetet értünk [16]. A vasalás mint zsaluzat készíthető a felület alakját követő előre meghajlított vasakból, de a lécrács héjak mintájára egyenes vagy hajlított vasakból, síkban szerelve, majd felemelve és megtámasztva is kialakítható a görbült felületet megadó vasalás [16] 22. ábra.

A vasszerelést úgy kell rögzíteni a zsaluzathoz vagy kialakítani, hogy a rálőtt beton hatására ne tudjon elmozdulni, rezgésbe jönni, a friss betonban mozogni, tömörítve azt maga körül és megszüntetve a tapadást a vas és a beton között.

A 23. ábra mutatja a lövőcső helytelen kezeléséből származó hibákat vasalt lőttbetonnál.

2.4.3. Zsaluzás

A lőttbetonhoz felhasználható zsaluzatok

- 1/a. A végleges szerkezetben bennmaradó armatúra (ld. 2.4.2.)
- 1/b. A lőttbeton szerkezettel együttdolgozó zsaluzat (pl. a megerősítendő szerkezet mint zsaluzat működik a lövés idején).
2. Elbontásra kerülő zsaluzat.

A lőttbeton készítéséhez egyoldali zsaluzat szükséges, amely olyan merev, hogy el tudja viselni a beton lövéséből származó igénybevételeket. Általában a hagyományos zsaluzatok használatosak, de héjszerkezeteknél légnomásos „sátrakat” is alkalmaztak már zsaluzatként [19].

2.4.4. A fogadó felület előkészítése, a lőttbeton felületképzése [6]

A lőttbeton ha közvetlenül talajra kerül (pl. csatornaépítés), akkor a talaj felszínéről lövés előtt a laza részeket el kell távolítani, vagy tömöríteni kell azt. Fagyott, átázott, szabad vizet tartalmazó talaj felületére nem szabad lőttbetont készíteni.

Beton, vasbeton szerkezet javításánál használt lőttbeton készítése előtt a betonfelület laza részeit el kell távolítani, lehetőleg úgy, hogy a fellövendő betonréteg vastagsága egyenletesen változzon. A mélyedések pereme mentén is folytonos, törés nélküli átmenetet kell biztosítani. Ugyanígy kell a szerkezet sarkait, éleit is kialakítani.

Az így kialakított felületet homokfúvással meg kell tisztítani a laza finom részektől, felületi szennyeződésektől, az előkerülő szerkezeti vasalást a felületén levő rozsdától. A lövés előtt a felületet nedvesíteni kell, hogy a fellőtt betontól ne tudjon vizet elszívni. A felületen levő felesleges vizet sűrített levegővel lehet lefúvatni, hogy nyirkos, matt színű felületet kapjunk. Ezután készíthető el a lőttbeton réteg.

A kész lőttbeton felülete a zsaluzott oldalon tetszőleges lehet, a zsaluzat formájától, felületétől függően csak a kiszaluzhatóságot kell biztosítani.

A lövési oldalon a lövés után durva, kissé egyenetlen felületet kapunk. Simább felület is készíthető. A felesleges anyag kaparó- vagy éles vágó-lappal távolítható el a lövés után, majd lesepelve a laza szemcséket a felületről, kapjuk a végleges kialakítást. Még simább felületi igény esetén a fellőtt betonra vékony, takaró réteget hordunk fel finom homokból készítve, amit fasimítóval (szemcsés felület), gumisimítóval (nyers felület) vagy fémsimítóval (nagyon sima felület) dolgozhatunk el.

A megszilárdult lőttbetonra műanyag alapú korrózióvédő bevonat készíthető. A bevonat fajtáját a szerkezetet érő hatások szabják meg (pl. savak, lúgok ellen védő bevonatok, vízzáró bevonatok, csapóeső ellen védő, de páraáteresztő bevonatok stb.). Ebben a kérdésben célszerű szakemberhez fordulni.

2.4.5. Vastag lőttbeton rétegek készítése [1]

Az egy ütemben bedolgozható lőttbeton réteg vastagsága 3–5 cm. Ez nagyon függ a lőtt keverék konzisztenciájától és a lőtt felület helyzetétől (pl. fej felett). Vastag lőttbeton rétegek több réteg egymás utáni felhordásával készíthetők.

Lefelé történő lövés lehetséges munkafolyamatát mutatják a 24/a és b ábrák. A 24/b ábrán látható eljárásnál a visszahulló anyagot a lejtős beton lábától könnyű eltávolítani pl. sűrített levegővel. Függőleges fal készítésének módszereit mutatják a 24/c és d ábrák.

Az első módszernél (24/c ábra) a fellőtt réteg megtámasztását az előző réteghez való tapadás biztosítja, és minden réteg lövése előtt a fal lábától a visszahullott keveréket el kell távolítani.

Ezeket a hátrányokat kiküszöböli a második módszer (24/d ábra), ahol minden réteg egymásra és így a fal alapjára támaszkodik, és a visszahulló keverék a lejtős felületen leperreg, a fal lábánál gyűlik össze, nem zavarva a munkafolyamatot.

Újabb nedves eljárással dolgozó lövőberendezésekkel, a friss betont tartó kétrétegű vasszerelésre felhordva a lőttbeton réteget már 15 cm (20 cm) vastag falakat is készítenek egy ütemben (alagútfaalak, úszómedencék, 25. ábra) [2].

2.4.6. Szakemberek kiválasztása

A fellőtt beton minősége, a visszahullási veszteség, az alkalmazott eljárástól és a lövőcsövet kezelő szakember alkalmasságától, lelkiismeretességétől függ (ld. még 2.4.1.). Túl sok dolog függ az embertől, bár gépesített ez a betonkészítési eljárás?

Ez igaz, de nagyon könnyű találni az építőiparban olyan módszert, ahol az emberi alkalmasság, lelkiismeretesség az egyik feltétele a jó minőségnek. Pl. hegesztésnél nem merül fel a fenti kérdés, mert

a mindennapos alkalmazása megszokottá, elfogadottá tette már és sok-sok megépült szerkezet bizonyította a használhatóságát.

A lőttbeton építőipari használata ma még nem mindenki számára megszokott, de sok megépült szerkezet, betontechnológiai kísérlet hazánkban és külföldön egyaránt bizonyítja a módszer jóságát, alkalmazhatóságát.

A jelen tanulmánynak is egyik célja, hogy ezt bizonyítsa.

A lőttbeton szerkezetek építési munkáihoz a technológia részleteit, a gépet ismerő, jó térérzékű, gyakorlott szakmunkásokat kell alkalmazni, mert – mint már írtuk – ez a jó minőség egyik feltétele.

2.5. A lőttbeton tulajdonságai [1], [2], [5], [6], [7], [17]

A lőttbeton tulajdonságainak megítélésénél régebben egyértelműen elkülönítették a száraz és nedves eljárással készülő lőtt betont. A nedves eljárással előállított betont ugyanúgy jellemezték, mint az öntött betont. A száraz eljárással készített beton pedig mindig nagyobb szilárdságú, de porózusabb volt, mint a nedves lőttbeton. Ennek az oka, hogy a száraz eljárásnál magas volt a cementtartalom és alacsony a vízcement tényező, míg nedves eljárásnál magas volt a v/c, a szállíthatóság miatt. Manapság azonban nem lehet ilyen egyértelműen szétválasztani a két eljárást, mert a hátrányok kiküszöbölésére született újabb megoldások közelítették a két eljárással készíthető lőttbeton tulajdonságait.

2.5.1. Szilárdság

A lőttbetonnak általában C 16 vagy annál jobb minőségű betont használnak. Az egyes eljárások meghatározott víz–cement tényezővel, konzisztenciával dolgoznak. A v/c és az adalék szemszerkezet szilárdságra gyakorolt hatását a 26/a ábra mutatja (ld. 21/g ábra). Az alacsony víz–cement tényezővel és nagy finomsági modulusú (m) szemszerkezettel lehet a legnagyobb nyomószilárdságot elérni.

A 26/b ábra hígáramú eljárásoknál a lövőcső felülettől valló távolságának és a lövéshez használt légnyomásnak a kész beton szilárdságára gyakorolt hatását mutatja [1]. Jól látható az ábrán, hogy adott lövés távolság esetén a 21/g ábrán látható jelleggörbét kapjuk a légnyomás (sebesség)-nyomószilárdság kapcsolatára, de változik, jobbra vagy balra toódik, a nyomószilárdsági maximumhoz tartozó sebesség értéke a lövés távolság változtatásával. A visszahullási veszteség szempontjából optimális 1 m körüli lövés távolságnál közel azonos nyomószilárdság érhető el a szállítási nyomás változtatása ellenére.

A keverékhez adagolt kötés- és szilárdulásgyorsítók rontják a kész beton tulajdonságait (20. ábra, 26/b ábra).

2.5.2. Tapadás

Régi és új beton közötti tapadás, ha kellően letisztított, nedvesített volt a régi beton, a fellövés során az érintkező felületen kialakuló cementdús, finom adalékrészt tartalmazó átmeneti réteg miatt igen jó. Gyakorlatilag a beton húzószilárdságának felel meg. Kőzetekkel végzett kísérleteknél is általában a kőzetben és nem az érintkező felületen volt a törés. A visszahullási veszteség csökkentésére ragasztók, tapadásjavítók adagolhatók a betonba (ld. 2.3.4.). Ezek a régi réteghez való tapadást is elősegítik, átdiffundálva a megszilárdult betonba összekötik azt az új réteggel.

Közvetlenül a régi betonfelületre felhordott ragasztóréteg, annak megkötése előtt, a rádolgozott friss betont a régi felülethez kapcsolja (ragasztja). A ragasztóréteg többségében vízzáró, ami meggátolja a szerkezeti beton kiszáradását akkor is, amikor ez már nem kívánatos. A hő okozta párávándorlás hatására a réteg tönkremehet [32].

2.5.3. Zsugorodás, kúszás

Ugyanazok a törvényszerűségek és nagyságrendek érvényesek, mint az öntött betonra.

2.6. A löttbeton szerkezetek költségei

A löttbeton készítésének költségei:

1. Gépköltség: lövőgép
kompresszor
keverőgép
2. Építőanyag-költség, figyelembe véve a visszahulló anyag mennyiségét
3. Munkadíj, bér
4. Egyéb költségek

Ezeket a költségeket a naponta bedolgozott betonmennyiségre vetítve az 1 és 3 tételek költségei csökkennek a bedolgozott beton mennyiségének növekedésével.

[2] számításai szerint a löttbeton előállítási költsége kb. 80%-kal csökken, ha a napi bedolgozott beton mennyiségét 1 m^3 -ról 10 m^3 -re növeljük. Tehát a napi teljesítmény növelése a magas bér- és gépköltséget csökkenti, gazdaságossá téve az eljárást. Ha összehasonlítjuk a hagyományos és a lövési technológiával készülő löttbeton szerkezetek költségeit, azt találjuk, hogy kb. 15 cm vastagságig versenyképes a lövési technológia [8], 27. ábra.

2.7. A löttbeton előnyei – hátrányai

A lövési eljárás *előnyei* az öntési technológiával szemben

- nehezen hozzáférhető helyen is készíthető,
- egyoldali zsaluzat szükséges,
- háromdimenziós, vékony felületek is készíthetők (hagyományos zsaluzat nélkül is),
- ellenzsaluzat nélkül akár fej felett is készíthető,
- egy ütemben történik a beton készítése, szállítása, tömörítése,
- teljesen gépesíthető (betonlövő robot [2], [21]).

Hátrányai

- visszahullási veszteség,
- magas gépköltség.

A száraz lövési eljárás *előnyei* a nedves eljárással szemben

- folyamatos szállítás,
- nagyobb teljesítmény, szállítási távolság,
- egyszerű a kötés- és szilárdulásgyorsító adagolás,
- egyszerű, olcsó, könnyen karbantartható gép,
- kis helyigény (kisebb a felület-lövőcső távolság).

Hátrányai

- porképződés kilövéskor,
- nagyobb visszahullási veszteség,
- a v/c értéke nehezen ellenőrizhető (nem egyenletes).

A nedves eljárás *előnyei* a száraz eljárással szemben

- ellenőrizhető a v/c értéke (állandó)
- kevés a porképződés,
- kicsi a visszahullási veszteség,
- nagyobb az egy ütemben bedolgozható rétegvastagság.

Hátrányai

- néhány szállítási módhoz magas v/c szükséges, alacsonyabb szilárdság, nagyobb zsugorodás,
- drágább, nagyobb energiaigényű gép.

2.8. A lőttbeton alkalmazási területei

A lőttbeton egyaránt alkalmazható új szerkezetek készítéséhez és beton-, vb. szerkezetek fenntartási, javítási, megerősítési munkáinál.

1. Új szerkezetek készítése

A lőttbeton főleg „vékony” speciális beton-, vb. szerkezetek készítésére alkalmas (28. ábra)

- héjszerkezetek,
- lemezművek,
- utófeszített, kör alaprajzú tartályok,
- tartályfalak,
- csatornaburkolatok,
- úszómedencék,
- alagútfalak [20] (NÖT, NATM)
- szennyvízcsatornák,
- vágatbiztosítás bányákban,
- tömegbetonokhoz zsaluzat készítése,
- hajók.

2. Régi szerkezetek megerősítése

A megerősítés a szerkezet vastagításával, a régi és az új rétegek együttdolgozásának biztosításával történik. Alkalmazható téglá-, kő-, beton-, vasbeton és acélszerkezeteknél.

3. Tűzvédő és tűzálló bevonatok készítése, acélszerkezeteknél, kémény-, kemencefalaknál.

4. Földművek, munkagödör-elhatárolások megtámasztása. Támfalaknál, hátrahorgonyzott munkagödör-biztosításokhoz, berlini dúcolathoz stb. alkalmazható a lőttbeton. Sziklabiztosítás, sziklafelfüggesztés.

5. Szigetelések készítése (vízzáró).

3. A LŐTTBETON FELHASZNÁLÁSA AZ ÉPÍTŐIPARBAN

Ebben a fejezetben néhány példán keresztül fogjuk bemutatni a lőttbeton szerkezetépítési felhasználását. Ezt azért tehetjük meg, mert egyrészt nem túl sok a példa, másrészt azonos problémára hasonló megoldások születtek a világ különböző részein.

A példákat elsősorban a magasépítés területéről vesszük.

3.1. Szerkezetmegerősítés

A szerkezet „megerősítésének” elve:

- a) teher csökkentése,
- b) teherbírás növelése: – statikai váz módosítás
– keresztmetszet teherbírásának növelése

A lőttbeton alkalmazásával minden elvre találunk példát.

3.1.1. A megerősítés során elvégzendő munkák

A károsodás okának (ha erre mód van) megszüntetésén túl a 2.4.4. pontban leírt munkákat kell elvégezni.

3.1.2. Rúdszerkezetek

Rúdszerkezetek – pillérek, gerendák – megerősítése általában keresztmetszet-növeléssel, többletvasalás alkalmazásával oldható meg. Pillérek megerősítésének szokásos módja betonkéreggel, -héjjal való burkolás, a „köpenyezés”, amelyben kengyelekkel összefogott hosszvasakat helyezünk el.

A betonkéreg közvetlen terhelése általában nem vagy nehézkesen valósítható meg. A megerősítés idején a pillérben ébredő normálerő nem hárítható át a kéregre. A hosszvasban fellépő igénybevételek a kéreg közvetlen terheléséből, a pillér (beton, vasbeton, kő, téglia) és a kéreg alakváltozás-különbsége következtében a pillér és a kéreg közötti tapadás révén átadódó teherből származnak. A pillérfej keresztirányú deformációja miatt is növekedhet a kéregben elhelyezett hosszvasak igénybevétele (29. ábra).

Lényeges szerepe van a „köpenyezésben” elhelyezett kengyelezésnek. Egyrészt a nyomott hosszvasak kihajlását gátolja meg, másrészt pedig a pillér harántirányú alakváltozását, így „növelve” annak terhelhetőségét.

A pillérek végein a teherátadás környezetében gondoskodni kell, a kéregben elhelyezett kengyelezéssel, a megnövekedett hasítóerő felvételéről is.

A pillér oldalirányú kitérése megakadályozható pl. több réteg vékony, sűrű (\varnothing 1 mm # 12,5 mm) galvanizált hálóval is, amit finom szemcsésű lőttbetonnal (ferrocement) borítunk [22] (a kísérleti elemeknél 40%-os teherbírás-növekedést tapasztaltak).

A *gerendák* megerősítésénél a legnagyobb problémát az utólag beépített, húzott vasalás nyomott övvel való együttműködésének biztosítása jelenti. Ha a teljes gerendát lőttbeton kéreg veszi körül (30/a ábra), akkor az abban elhelyezett kengyelezés megoldja a fenti problémát. Az együttműködés biztosítható a gerendában meglévő kengyelezéssel is. Erre az esetre a 30/b ábra mutat megoldást.

Általában azonban a fenti megoldásokkal nem tudunk célt érni. Ekkor a lőttbeton kéreg és annak vasalása, valamint a nyomott öv együttműködése mechanikus kötőelemek használatával biztosítható (30/c, d ábrák).

A 30/c ábrán látható megoldás nem csak az előbb vázolt problémát, hanem a lemezrész alatt levő lőttbeton kéreg megtámasztását is megoldja.

A 30/d ábrán bemutatott kapcsolási mód vékony gerince esetén kedvező, de ha az utólag beépített húzott vasalás nem fektethető fel a támaszra, akkor a dűbelekben a nyíróerő mellett húzóerő is fellép, mivel a kéreg igyekszik a teher elől „kitérni”.

Vannak már próbálkozások a mechanikus kötőelemek nélküli, csak a tapadást mint kapcsolatot használó megoldások kidolgozására is, acélhaj és vékony hálóval vasalt finom szemcséjű lőttbetonnal [23], [24].

3.1.3. Födémek, függőfolyosók

Vasbeton síklemez födémek legegyszerűbb megerősítési módja a keresztmetszetük növelése, a lemez alsó vagy felső felületére felhordott lőttbeton réteggel. A felső felületen készített betonréteg a lemez nyomott övét növeli, az együtdolgozás, tapadás, érdesítés, mechanikus kapcsolat útján biztosítható (öszvér tartó, 31. ábra). Mechanikus kapcsolatként ragasztott csapok, fémdűbelek használatosak. Az alsó felületre felhordott betonba húzott vasalás helyezhető el, amelynek a nyomott övvel való együtdolgozását általában mechanikus kapcsolóelemek biztosítják. Ha a meglévő szerkezet nem vonható be a teherviselésbe, de nem akarjuk elbontani, akkor általában a födém alá elhelyezett acélgerendákra készítünk lőtt vb. lemezt, ami teljes felületen alátámasztja a meglévő födémeket.

A 32. ábrán bemutatott két változat közül a második mind statika, mind költségek szempontjából előnyösebb, a lőttbeton lemez többlettámasztása és az acélgerendával való együtdolgoztatása miatt. (A megoldás a PENGEBETON Kiszövetkezet szabadalma.)

Függőfolyosók megerősítésénél is hasonlóan járhatunk el. A 33. ábrán látható megoldásnál a vasalt lőttbeton lemez alátámasztására speciális előregyártott vasbeton konzolokat alkalmaznak [25] (2251/3589/82 alapszámú magyar szabadalmi bejelentés alapján).

Csaposgerendás födém alulról (a padló megbontása nélküli) megerősítési módját láthatjuk a 34. ábrán, ahol a fafödém teljes alátámasztása lőttbetonból készült felülbordás födémmel történik, a bordák helyén levő gerendák kivágása után.

3.1.4. Épületek megerősítése

A címben jelzett téma elemeit az előző fejezetekben tárgyaltuk már. Itt arra szeretnénk felhívni a figyelmet, hogy a lövési technológia ideiglenes megtámasztást biztosító szerkezeti elemek készítésére is alkalmas, mivel rövid idő alatt (gyorsan kötő cement használata), nagy teherbírású szerkezetek készíthetők vele. Használata életveszély-elhárítási feladatok esetén válhat szükségessé. A végleges megerősítésre, sérült szerkezeti elemek cseréjére ezután kerülhet sor. Példaként a [33]-ban található esetet említjük. Itt háromemeletes lakóház földszinti téglapillérei tönkrementek. A törési folyamat megállítása (a pillérek ideiglenes kiváltása) a nyílásokban készített fadúcolat és lövési eljárással készült vasbeton „fal” segítségével történt. Ezután a törött pilléreket szintén lövési eljárással készült vasbeton pillérekre cserélték. Az új pillérek elkészülte után az ideiglenes dúcolat és „fal” elbontásra került.

Földrengés hatására megrongálódott épületek megerősítésére is kiválóan alkalmas a lövési technológia, mivel a sérült pillérek (ld. 3.1.2.), merevítő falak megerősítése, cseréje vagy újak építése is lehetséges ezzel az eljárással.

3.1.5. Héjszerkezetek

Hazánkban vasbeton héjszerkezetű hűtőtornyok (hengeres és forgási hiperboloid alakú) megerősítése készült lőttbetonnal. A megerősítést az időjárás okozta betonhiányosságok és az acélbetétek korróziója miatti teherbírás-csökkenés indokolta. Az első megoldásoknál a héj külső és belső felületére is 6–10 cm lőttbeton réteg került, amelyben elhelyezett vasalás a korrodált acélokat pótolta. Az új beton korrózióvédelmét műanyag bevonattal oldották meg.

Hűtőtornyoknál a legkedvezőtlenebb igénybevételek a szélteherből származnak. A szélteher eloszlása a héj vízszintes metszete mentén a héjfelület „érdességének” függvénye (35/a ábra), ennek változtatásával módosíthatók a héj igénybevételei, általában csökkenthetők úgy, hogy a korróziós károkat szenvedett vasalás is képes elviselni a módosult igénybevételeket, ha az állapota nem romlik tovább.

Forgási hiperboloid alakú hűtőtoronynál alkalmazták ezt az elvet a héj megerősítésére. Az „érdesítés” a héj külső felületén készített, meridián irányú bordázattal valósítható meg. Az „érdesség” mértéke (a szélteher eloszlása) a bordák számának, magasságának növelésével változtatható [34].

A fent leírt módon történt az Inotai Hőerőmű Vállalat 3. sz. hűtőtoronyának a megerősítése (35/a ábra). (Tervező: TTI, kivitelező: PENGEBETON Kiszövetkezet.)

A felületi hiányosságok, betonfedés kijavítása, a szélbordák elkészülte után a hűtőtorony kívül-belül műanyag alapú korrózióvédő bevonatot kapott. A héj igénybevételei a statikai váz módosításával is csökkenthetők.

Hengeres hűtőtoronyok felső peremén beépített merevítőgyűrű hatásosan csökkenti a héj igénybevételeit (35/b ábra). A megváltozott igénybevételeket pedig a csökkent teherbírású héjpalást is képes elviselni. Ezt a megerősítési módot választották egy dunaujvárosi hengeres hűtőtorony megerősítéséhez. (Tervező: SÁMSON Kiszövetkezet, kivitelező: PENGEBETON Kiszövetkezet.)

Forgási hiperboloid alakú hűtőtoronyoknál a közbenső merevítőgyűrűk hatásosak, de általában magas (100 m felett) tornyoknál kerülnek beépítésre.

Ezek a megoldások a PENGEBETON Kiszövetkezet és a TTI közös szabadalmi.

Statikai működésük miatt a héjszerkezetek közé sorolhatjuk a boltozatokat, amelyek téglából, kőből készülhetnek.

Az alsó felületükön, az időjárás és egyéb hatások következtében, a téglá, kő mállásnak indulhat. A folyamat megállítására, utólagos védelemre jól használható a mállott részek eltávolítása után az ép téglá-, kőfelületre felhordott lőttbeton réteg [11].

Ha a boltozat teherbírását is növelni szükséges, akkor a boltozattal együtt dolgozó vastagabb teherbíró lőttbeton szerkezet készíthető a boltozat alsó felületén [11].

A boltozat és a lőttbeton réteg együtt dolgozása az új osztrák alagút-építési módszerhez (NÖT, NATM) kidolgozott eljárással (ld. pl. [20]) követhető, figyelembe véve a megerősítés sajátosságait.

3.1.6. Munkatér-határolások, támfalak [2]

A hagyományos munkatér-határolásoknál a legnagyobb gondot a dúcolandó felület kialakítása, megtámasztása jelenti, ha az utólagos nagyobb felszínmozgásokat el akarjuk kerülni. A lőttbeton egyenetlen munkatérfalra is felhordható. A felületre elhelyezett hegesztett vasháló növeli a betonréteg teherbírását. A lőttbeton kéreg földfalat megtámasztó hatása talajszegek, talajhorgonyok segítségével biztosítható (36. ábra, [42]).

A berlini (Siemens) dúcolat acéltartói közé is készíthető vb. lemez, lövés eljárással, a talaj megtámasztására, ami alkalmazkodik a talaj felületéhez, a fatáblákhoz képest nagyobb teherbírása megengedi az acéltámaszok ritkább osztását, csökkentve a költségeket és az élőmunkaigényt. A támfalak megerősítésére és állagvédelmére a boltozatoknál leírt módon (3.1.5.) használható a lőttbeton.

3.2. Új szerkezetek építése

A lőttbeton, mint az a költségek elemzésénél is kiderült, vékony és/vagy speciális új szerkezetek építésére alkalmas.

Új héjszerkezetek építésénél a lőttbeton előnyösen alkalmazható, mivel vékony szerkezetet kell készíteni, és a meredek hajlású szakaszokon sem kell ellenzsaluzat (pl. a 37/a ábra utófesztett, lőttbetonnal készült héjszerkezetet mutat) [26], [28], [29].

A legnagyobb problémát a zsaluzás jelenti, mert a főleg kétszer görbült felületeknél igen költség- és időigényes. Ezt kerülik el a [19] és [16]-ban ismertetett megoldások, ahol a zsaluzat légnymásos sátor, ill. önmagában állékony vasszerelés volt (pl. 2.4.2.). Dongahéjként kialakított szerkezetnél jól használható

a donga tengelye mentén mozgatható zsaluzat, amivel megtakarítható a teljes felület bezsaluzásához szükséges költség nagy része.

Erre mutat példát egy héjívyszerűen kialakított mezőgazdasági csarnokkal a [35] 37/b ábra. A nagy fesztáv ellenére igen vékony héjszerkezet ferrocementből készült, lövési eljárással.

Igen alkalmas a löttbeton meghökkentő formák, építmények készítésére is (37/c ábra [27]).

A nedves lövési technológiával egy ütemben bedolgozható vastagabb löttbeton réteg lehetővé teszi úszómedencék alaplemezének és oldalfalának készítését, a vízzárási követelményeket is teljesítve [30] (37/d ábra). Megfelelő talaj esetén még az oldalfalak „zsaluzatát” is a medencealakot követő földfelület szolgáltathatja.

Ez a néhány példa csak illusztrálni igyekszik a löttbetonból készülő új szerkezetek körét. Valójában a munkakörülmények, építési költségek stb. ismeretében dönthető el, hogy a lövési technológia előnyös-e az adott szerkezet elkészítéséhez.

3.3. Különleges szerkezetek

Csupán az érdekessége, szokatlansága miatt említjük meg a lövési eljárással, betonból készülő hajókat. Már a lövési technika kialakulásának kezdetén is alkalmazták hajóépítésre a löttbetont [31], manapság pedig egyre szélesebb körben használják az ázsiai, afrikai országokban. De vannak német és osztrák példák is. Újabban nem cementkötésű mikrobetont használnak, és így 4 mm-es falvastagsággal 7,5 m hosszú tengeri yachtok is épülnek. Az érdeklődőknek tájékozódásra a Journal of Ferrocement c. lapot ajánljuk. Hazánkban néhány éve az MHD készített próbaképpen löttbeton hajótestet, de további lépésekről nincs tudomásunk, bár a kísérlet nem volt sikertelen.

(Megjegyezzük, hogy Vajda Béla 1913-ban vasbetonhajó-gyárat létesített a Soroksári-Duna-ágban, de a gazdasági válság miatt nem volt kifejleszhető, bár a kísérleti gyártmányok jól sikerültek (37/e ábra) [4].)

4. A LÖTTBETON SZERKEZETEK TERVEZÉSÉNEK MÉRETEZÉSI KÉRDÉSEI

Az új löttbeton szerkezetek méretezése ugyanolyan szempontok alapján végezhető, mint a hagyományos öntöttbeton szerkezeteké. A készíthető szerkezet egyoldali zsaluzatának azonban a kövési eljárásból származó dinamikus hatásokat is el kell viselnie. Megerősítéseknél a végleges szerkezet szilárdsági, stabilitási stb. ellenőrzésén kívül vizsgálni kell, hogy a meglévő szerkezet képes-e hordani a fellőtt nedves beton súlyát, annak megszilárdulásáig. Külön vizsgálni kell a régi és új szerkezet kapcsolatát, hogy elegendő-e a tapadás, vagy mechanikus kapcsolat is szükséges az együttdolgozás biztosításához (öszvértartó).

A régi szerkezetre rákerülő, azzal összekapcsolt löttbeton rétegnek gátolt a zsugorodása. Az ebből származó igénybevételek is jelentősek lehetnek (pl. vastag löttbeton és vékony megerősített szerkezeteknél), amelyek mind a löttbeton rétegre, mind a megerősített szerkezetre nézve lehetnek károsak, de hasznosak is. Ezt a geometriai viszonyok, az összekapcsolás módja, a lött és erősített szerkezet korkülönbsége stb. befolyásolja.

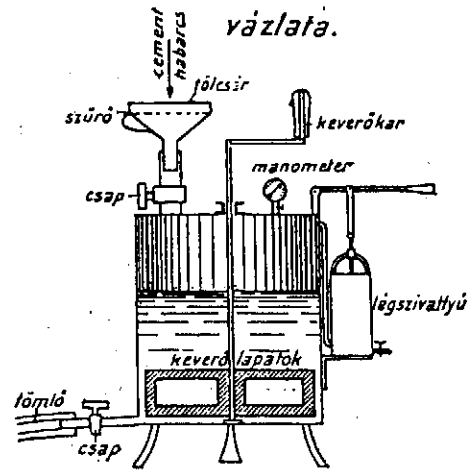
Az említett probléma elsősorban földemek, gerendák megerősítésénél merül fel. A löttbeton réteg zsugorodásából repedésmentes állapotban keletkező igénybevételek pl. [36] alapján számíthatók. A megerősített pillérek teherbírásának számítására [37]-ben és az MI 15011–1988-ban találunk útmutatást.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a löttbeton szerkezetek méretezése ugyanúgy történhet, mint az öntött technológiával készülő szerkezeteké, néhány (főleg megerősítéseknél) előforduló vizsgálat kivételével.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

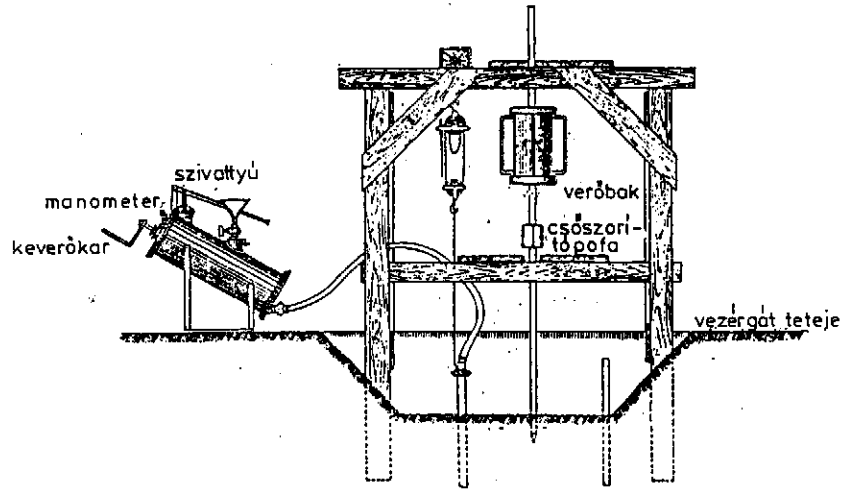
Tanulmányunkban a lőttbetonkészítés technológiáját és a vele kapcsolatos, szerkezettervezésnél sem nélkülözhetetlen szempontokat ismertettük. Bemutattuk az előnyöket, hátrányokat, alkalmazási lehetőségeket, a példákat főként a magasépítés köréből véve. Végül a lőttbeton szerkezetek méretezési szempontjait ismertettük.

*Egyszerű cementbepréselőgép
vázlata.*



1.a ábra

*Wolfsholz-féle cementfecskendő működésének
vázlatos terve.*



1.b ábra

Magjelent 1912. évi október hó 12-én.

MAGY. KIR.
SZABADALMI HIVATAL

SZABADALMI LEIRÁS

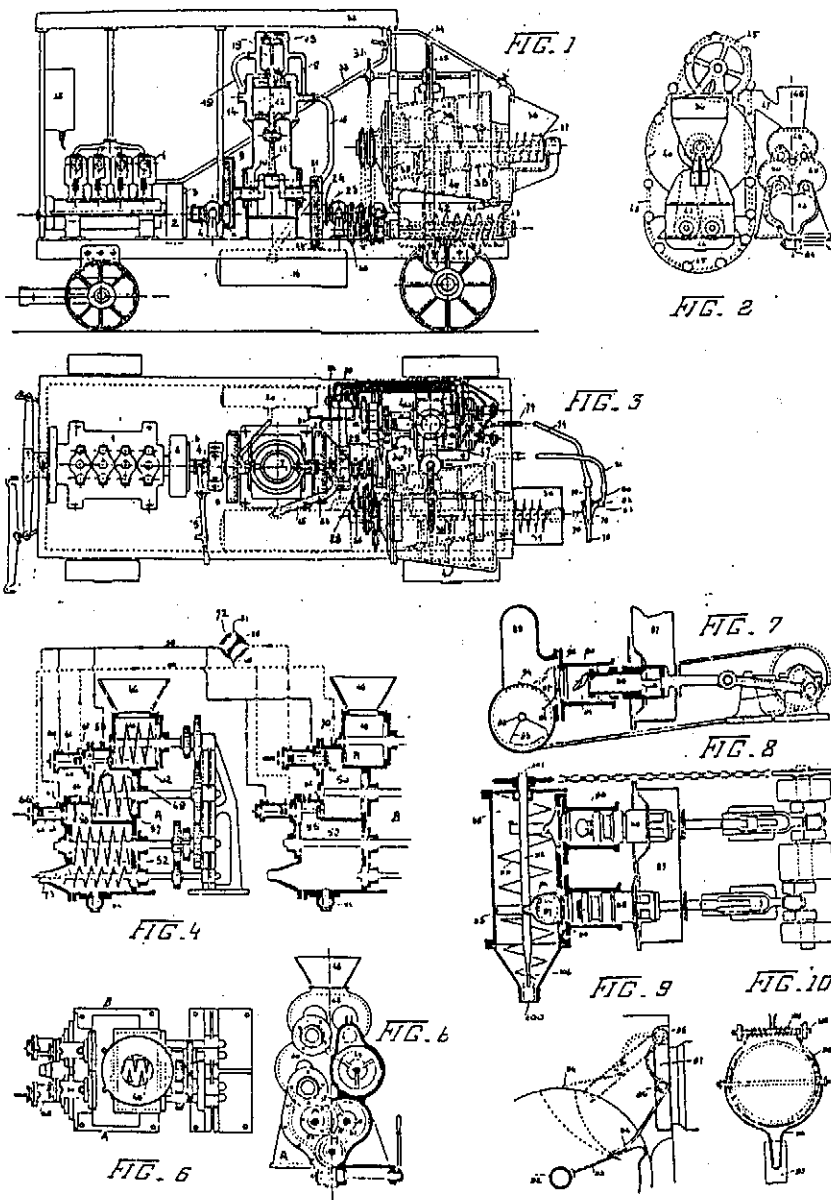
57603. szám.

VII. OSZTÁLY.

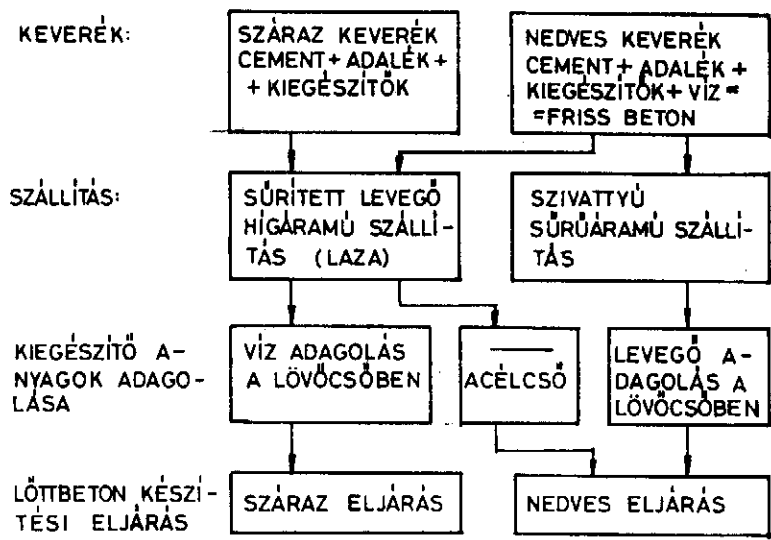
Eljárás és berendezés különböző fajsúlyú anyagok nehezen folyós keverékeinek folytonos szállítására és fölületekre fúvására.

VASS JÓZSEF MÉRNÖK DRESDENBEN.

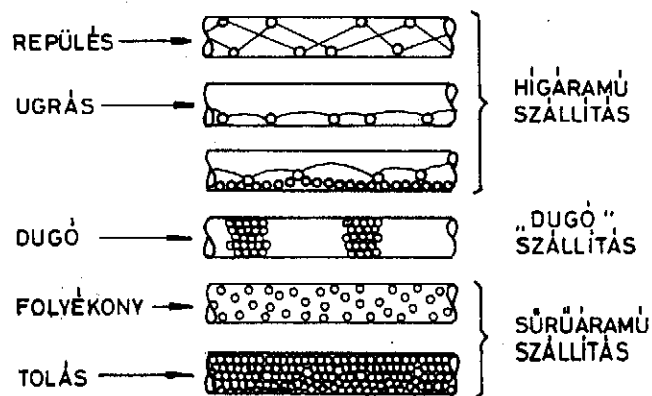
A bejelentés napja 1911 december hó 22-ike. Elsőbbitige 1911 január hó 2-ika.



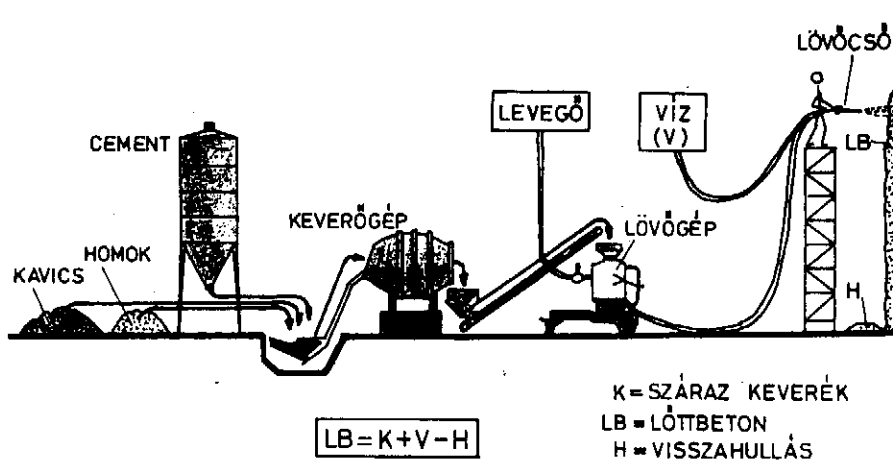
2. ábra



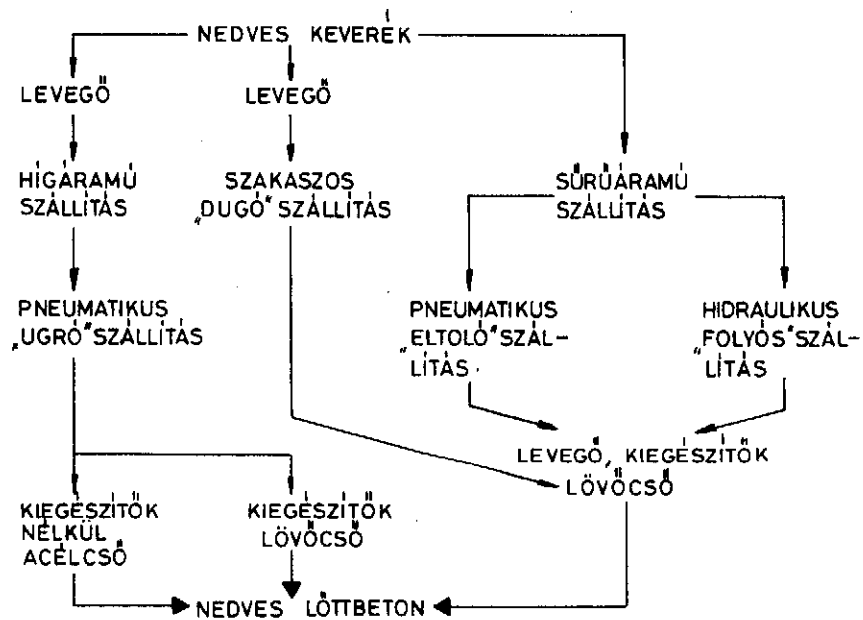
3.a ábra: A LÖTTBETON ELŐÁLLÍTÁSI RENDSZERE



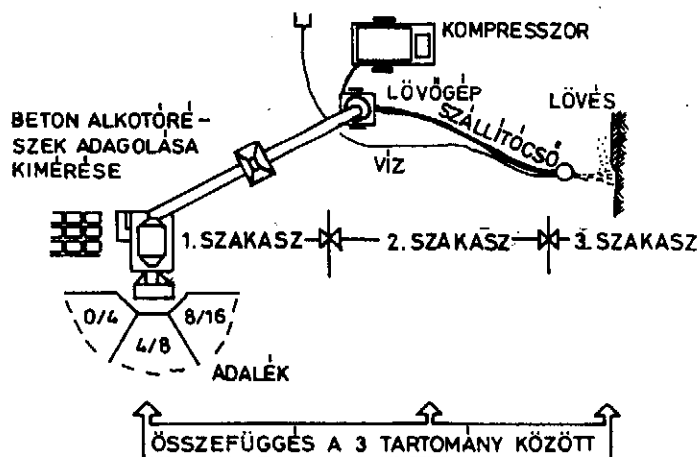
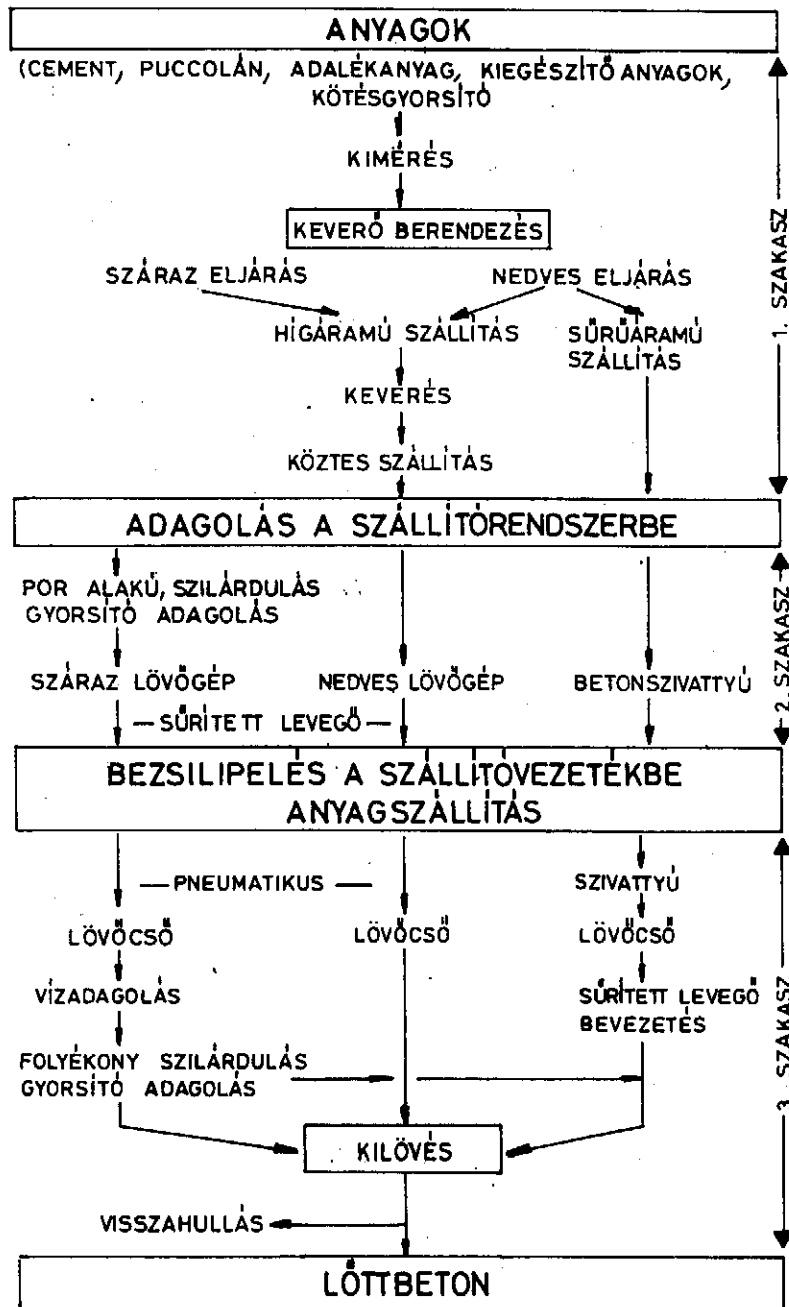
3.b ábra: SZÁLLÍTÁSI MÓDOK



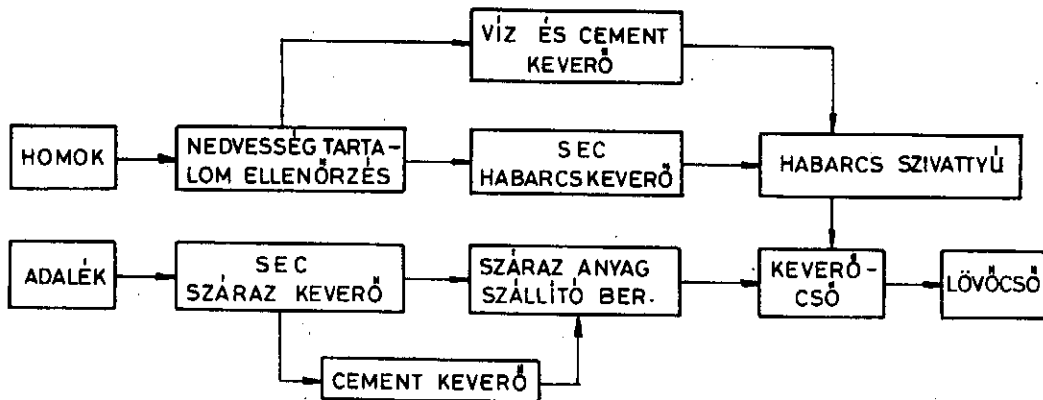
4. ábra: „SZÁRAZ” LÖTTBETON KÉSZÍTÉSE



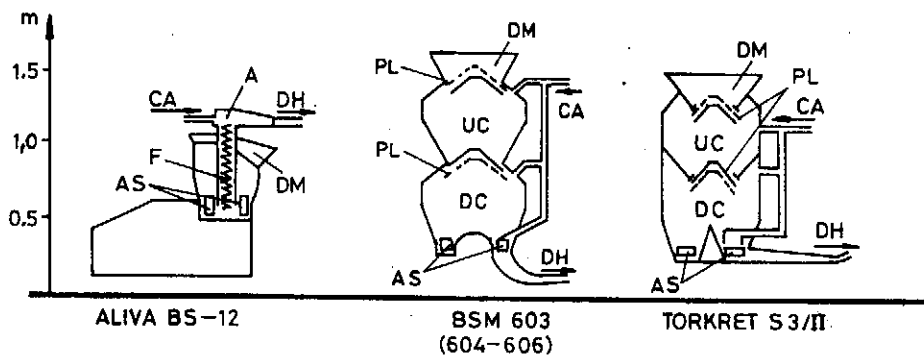
5. ábra: „NEDVES” LÖTTBETON KÉSZÍTÉSE



6. ábra: A SZÁRAZ ÉS NEDVES LÖVÉSI ELJÁRÁS

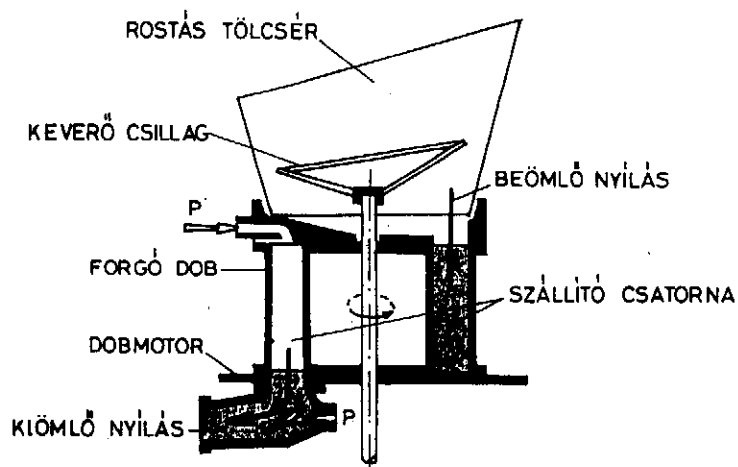


7.ábra: SEC VEGYES RENDSZERŰ BETONLÖVŐ BERENDEZÉS MŰKÖDÉSÉNEK FOLYAMATÁBRÁJA

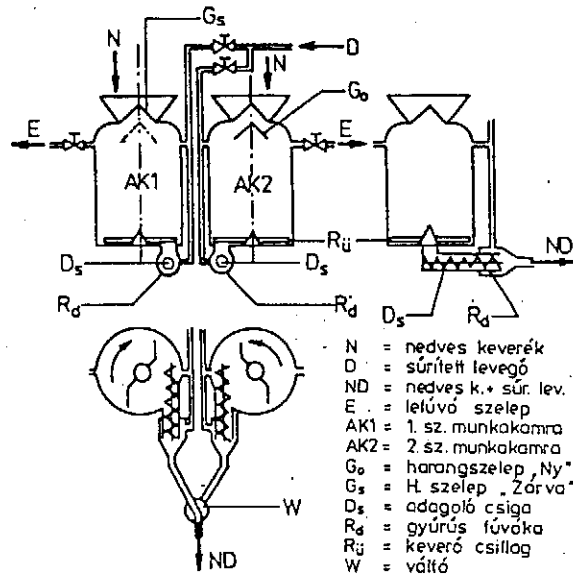


- | | | | |
|----|------------------------|----|---------------------|
| DM | SZÁRAZ KEVERÉK BELEPÉS | DH | ÜRÍTŐCSŐ ÉS LÖVŐCSŐ |
| AS | ADAGOLÓ RENDSZER | PL | ZÁRÁS NYOMÁSRA |
| F | CSAVAROS TOVÁBBÍTÓ | IL | BELSŐ KAMRA ZÁRÁS |
| CA | NYOMÓ LEVEGŐ | DC | ÜRÍTŐ AKNA |
| A | NYOMÓKAMRA | UC | FELSŐ KAMRA |

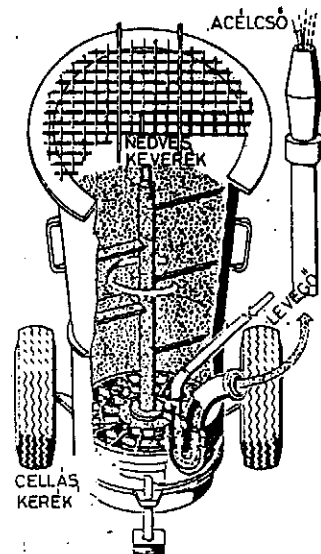
8.ábra: SZÁRAZ, HIGÁRAMÚ LÖVŐGÉPEK



9.ábra SZÁRAZ, HIGÁRAMÚ, ROTOROS ADAGOLÁSÚ LÖVŐGÉP MŰKÖDÉSI ELVE

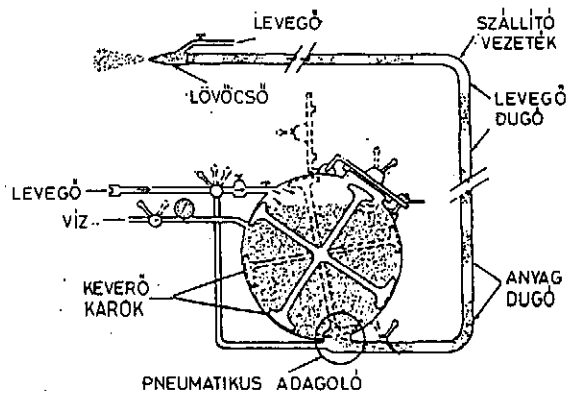


10.b SPERNO 208 TIP LÖVŐGÉP

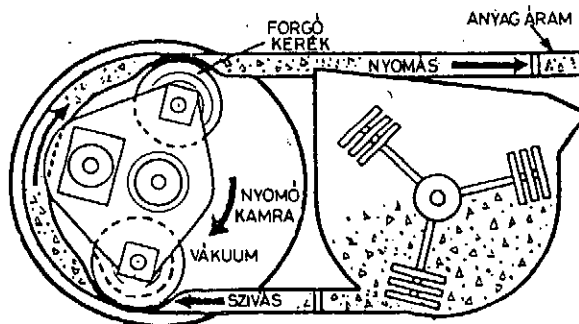


10.a REED LOVA TIP LÖVŐGÉP

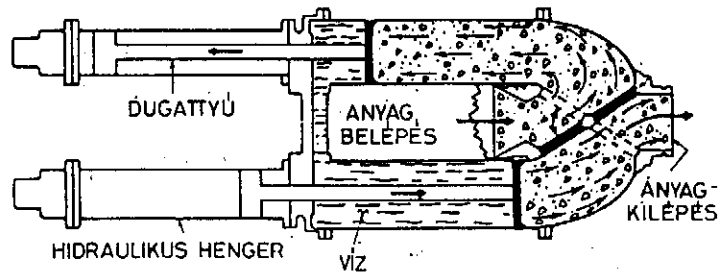
10. ábra: NEDVES, HIGÁRAMÚ LÖVŐGÉPEK



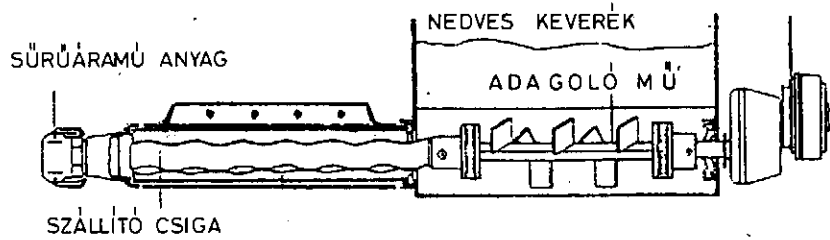
11. ábra: NEDVES, „DUGÓ” SZÁLLÍTÁSÚ LÖVŐGÉP MŰKÖDÉSI ELVE



12. ábra: NEDVES SŰRŰÁRAMÚ PNEUMATIKUS LÖVŐGÉP MŰKÖDÉSI ELVE

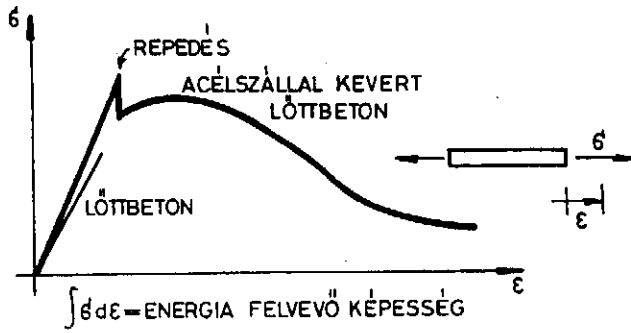


13. ábra: NEDVES, SŰRŰÁRAMÚ HIDRAULIKUS LÖVŐGÉP MŰKÖDÉSI ELVE



14. ábra: NEDVES, SŰRŰÁRAMÚ, CSIGÁS ADAGOLÁSÚ LÖVŐGÉP MŰKÖDÉSI ELVE

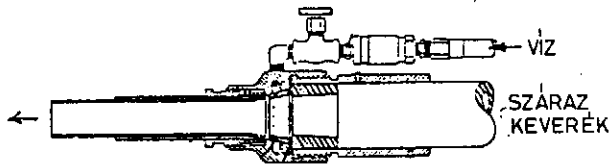
LÖVÉSI ELJÁRÁS	SZÁRAZ ELJÁRÁS	NEDVES ELJÁRÁS					
		HIGÁRAMÚ	HIGÁRAMÚ	„DUGÓ”	SŰRŰÁRAMÚ		
SZÁLLÍTÁSI MÓD	LEVEGŐ	LEVEGŐ	LEVEGŐ	PNEUMATIKUS	HIDRAULIKUS	CSIGÁS	
	SZÁLLÍTÁSI TÁVOLSÁG m	150-500 (1000)	40-120	60-200	70-110	70-100	10-150
VÍZ - CEMENT TÉNYEZŐ V/C	[2] GÉPKATA- LÓGUS	TETSZŐLEGES	0,35-0,5 0,38-0,42	0,35-0,4 0,4-0,45	0,45	0,4-0,48	0,3-0,6 0,4-0,6
	[2] AJÁNLAT	0,5 KÖRÜL	0,38-0,44	0,42-0,45	0,44-0,5		
CEMENT ADA- GOLÁS kg/m ³	300-450	270-350	290-330	330-450			
VISSZAHULLÁS %	20-30	20-30	25-35	5-10			



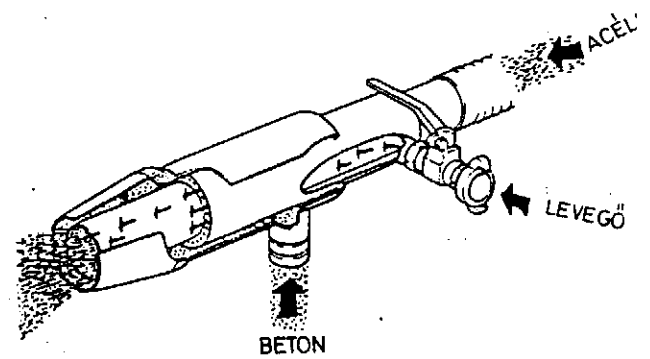
16.a ábra: HÚZOTT, ACÉLSZÁLLAL KEVERT BETON ANYAGÚ RÜD VISELKEDÉSE

TULAJDONSÁG	VÁLTOZÁS
HÚZÓ SZILÁRSÁG	kb. +40%
NYOMÓ SZILÁRDSÁG	kb. +15%
SZAKADÓ NYÚLÁS	+2000%-ig
RUGALMASSÁGI MODULUS	kb. +5%
ZSUGORODÁS	kb. -30%
KÚSZÁS	kb. +20%
HŐTÁGULÁSI TÉNYEZŐ	kb. ± 0%
HŐVEZETŐ KÉPESSÉG	kb. +40%
TÉRFOGATSÚLY	kb. +7%

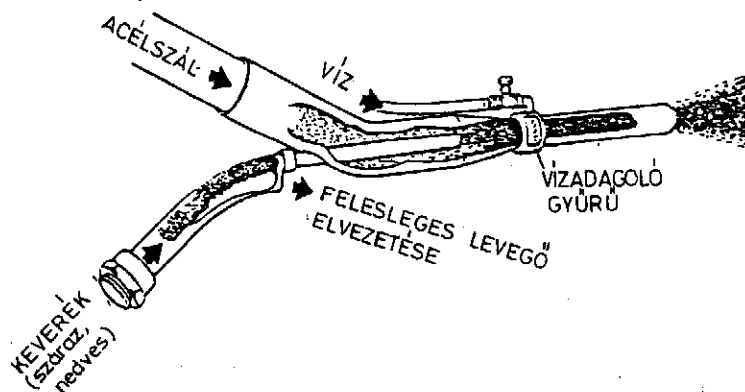
16.b ábra: ACÉLSZÁL ADAGOLÁSÚ BETON TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZÁSA



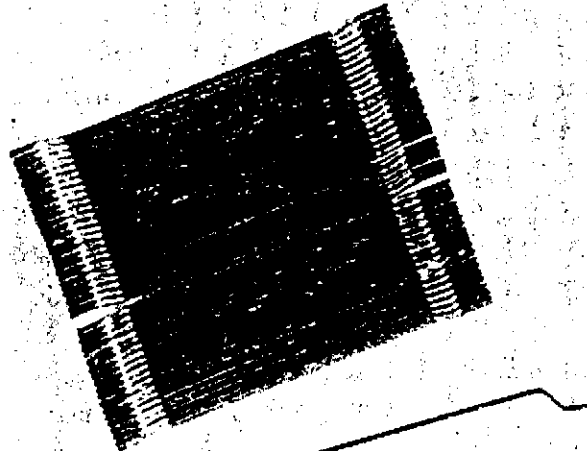
17.a ábra: LÖVŐCSŐ SZÁRAZ, HIGÁRAMÚ ELJÁRÁSHOZ



17.b ábra: LÖVŐCSŐ NEDVES, SÜRŰÁRAMÚ JÁRÁSHOZ, ACÉLSZÁL ADAGOLÁSSAL

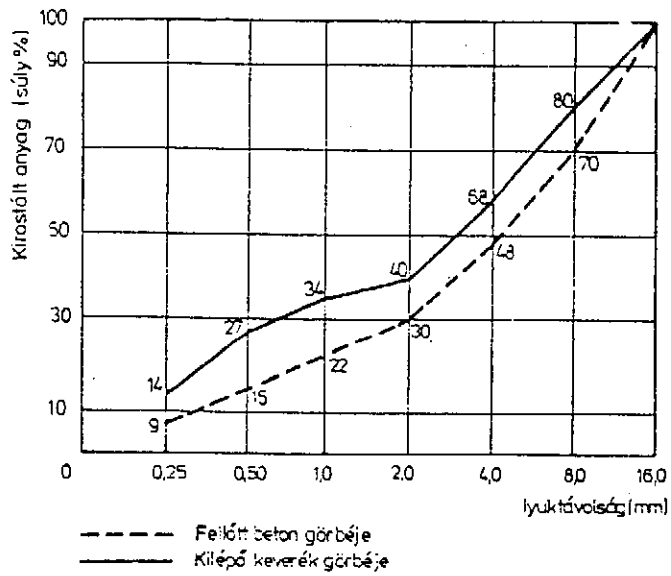


17.c ábra: LÖVŐCSŐ SZÁRAZ VAGY NEDVES, HIGÁRAMÚ ELJÁRÁSHOZ, ACÉLSZÁL ADAGOLÁSSAL

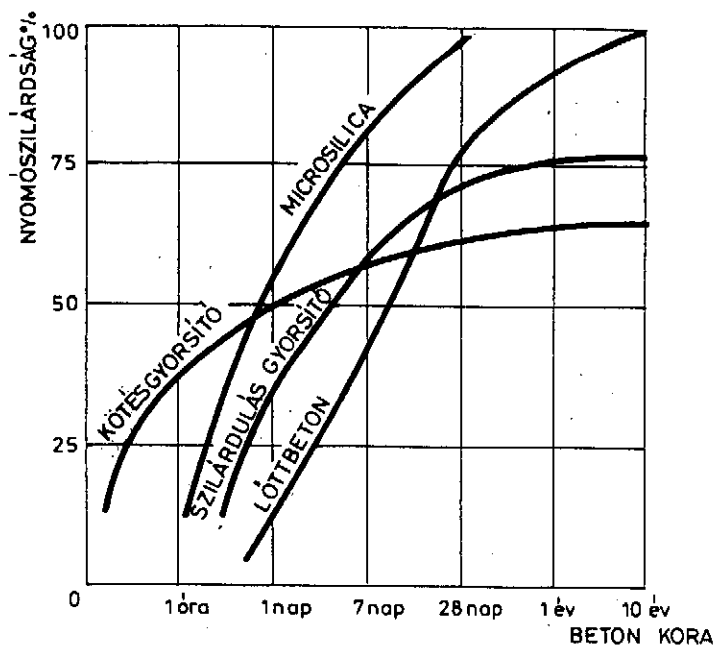


0.5x30 mm

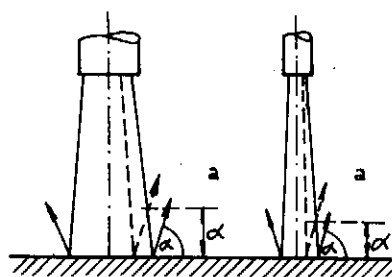
18. ábra: AZ ACÉLSZÁLAK GEOMETRIÁJA



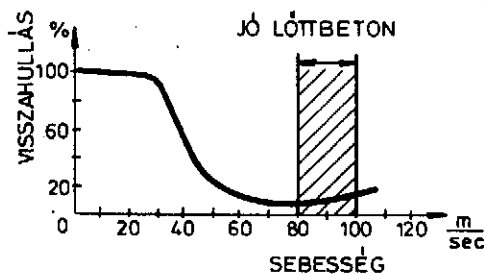
19. ábra: SZITAGÖRBE VÁLTOZÁSA FELLÖVÉS UTÁN



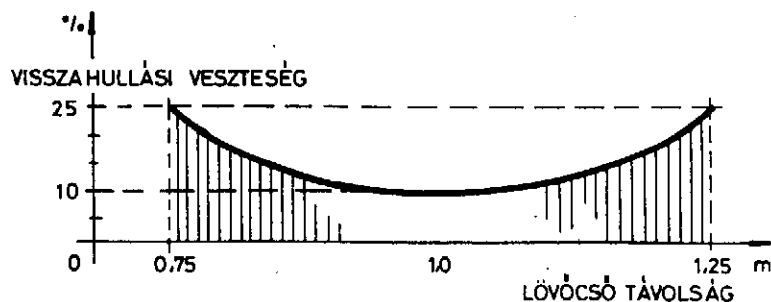
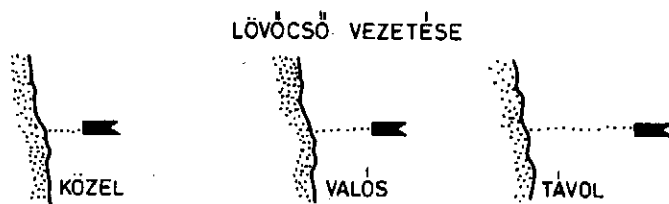
20. ábra: KÖTÉS- ÉS SZILÁRDULÁSGYORSÍTÓ HATÁSA A BETON NYOMÓSZILÁRDSÁGÁRA



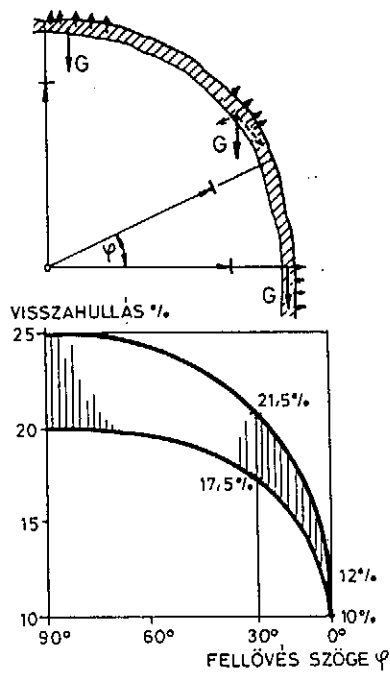
21.a ábra: LÖVŐCSŐ ÁTMÉRŐ HATÁSA



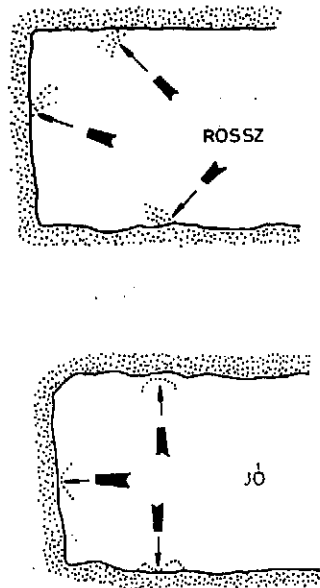
21.b ábra: KILÖVÉSI SEBESSÉG HATÁSA



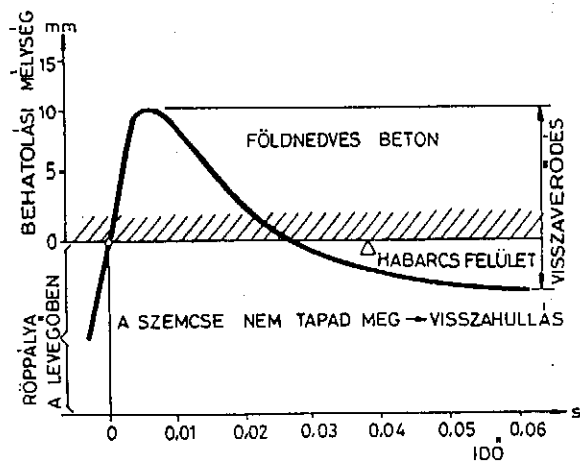
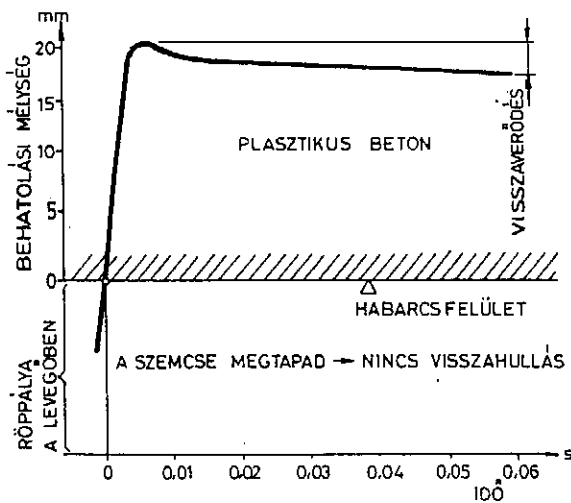
21.c ábra: LÖVÉSI TÁVOLSÁG HATÁSA



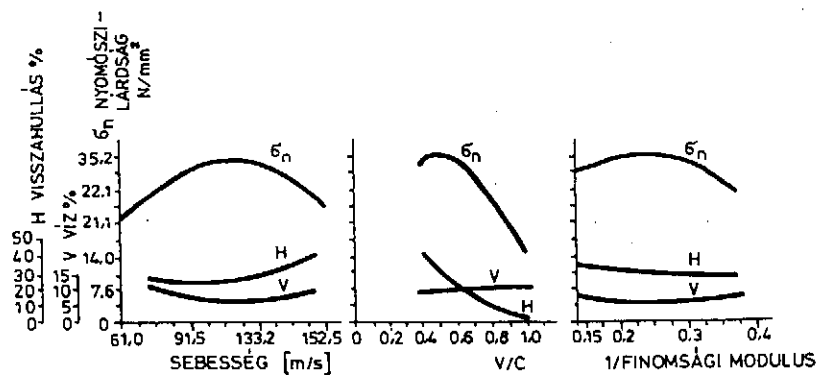
21.d ábra: LÖVÉSI IRÁNY HATÁSA



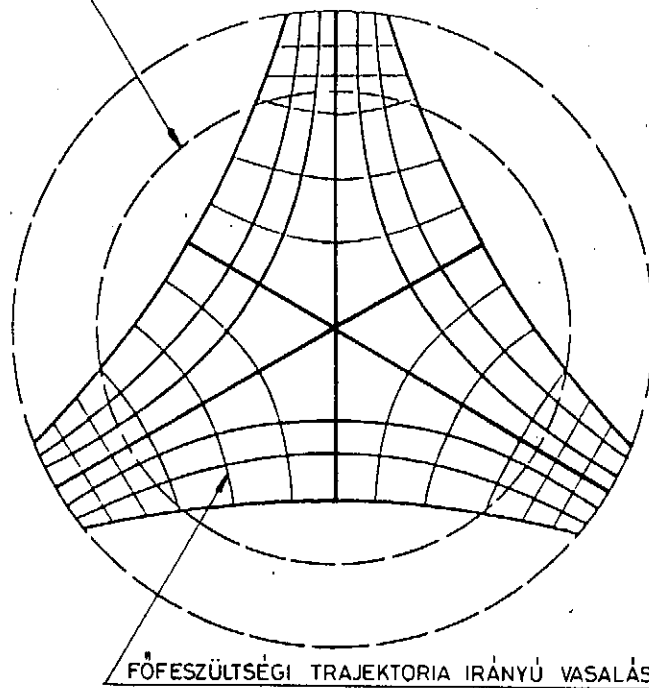
21.e ábra: FELLÖVÉS HELYES SZÖGE



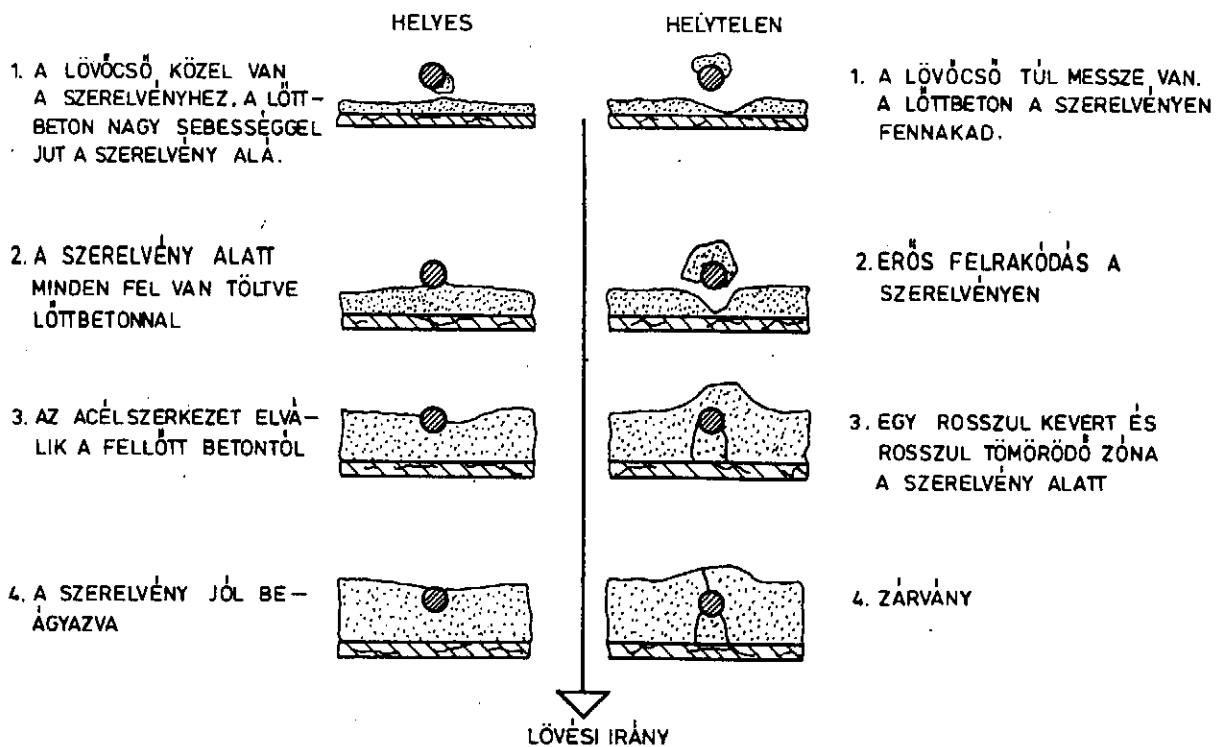
21.f ábra: KONZISZTENCIA HATÁSA



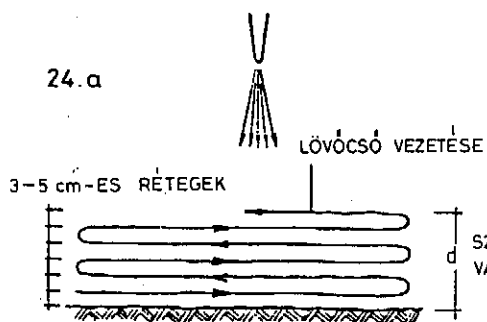
21.g ábra



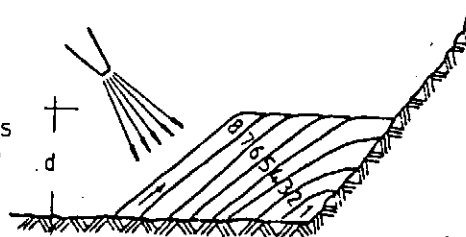
22. ábra



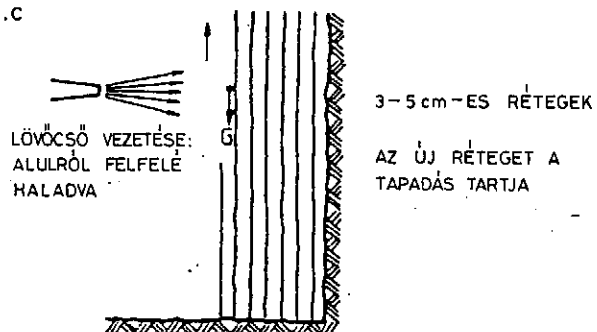
23. ábra: LÖVŐCSŐ HELYES ÉS HELYTELEN KEZELÉSE



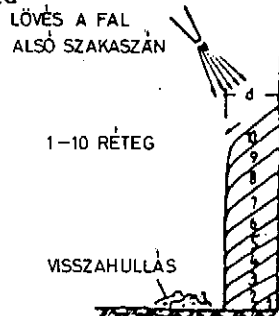
24.b



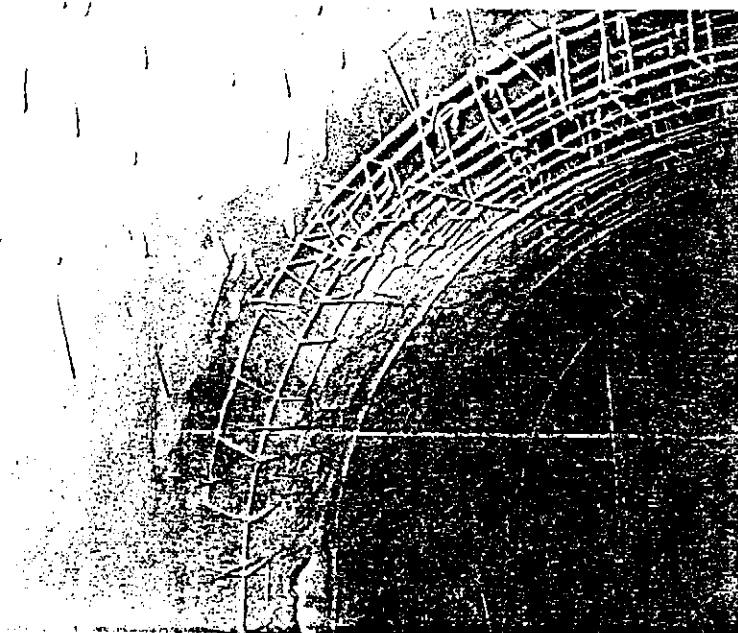
24.c



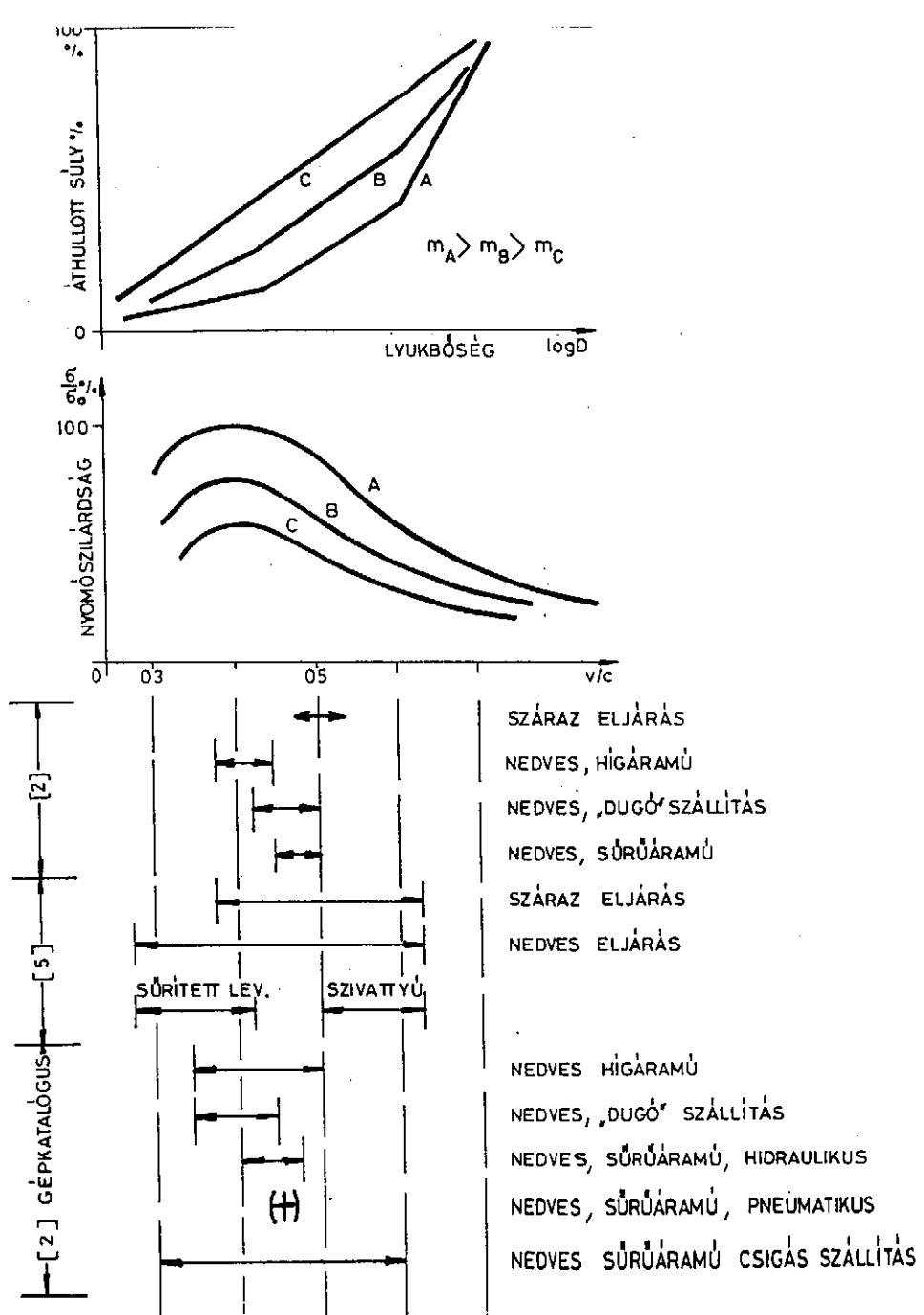
24.d



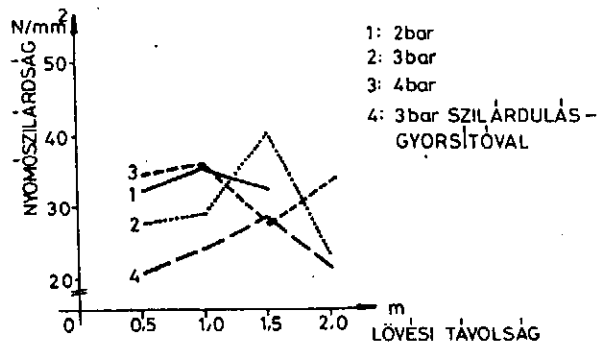
24. ábra: VASTAG LÖTTBETON RÉTEGEK KÉSZÍTÉSE



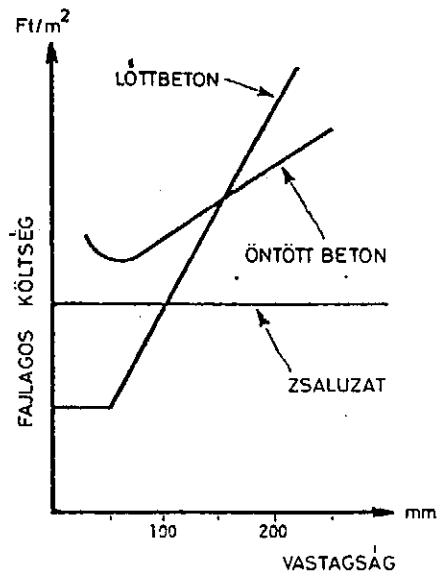
25. ábra: VASTAG LÖTTBETON RÉTEG KÉSZÍTÉSE A FRISS BETONT MEGTÁMASZTÓ VASSZERELÉSRE



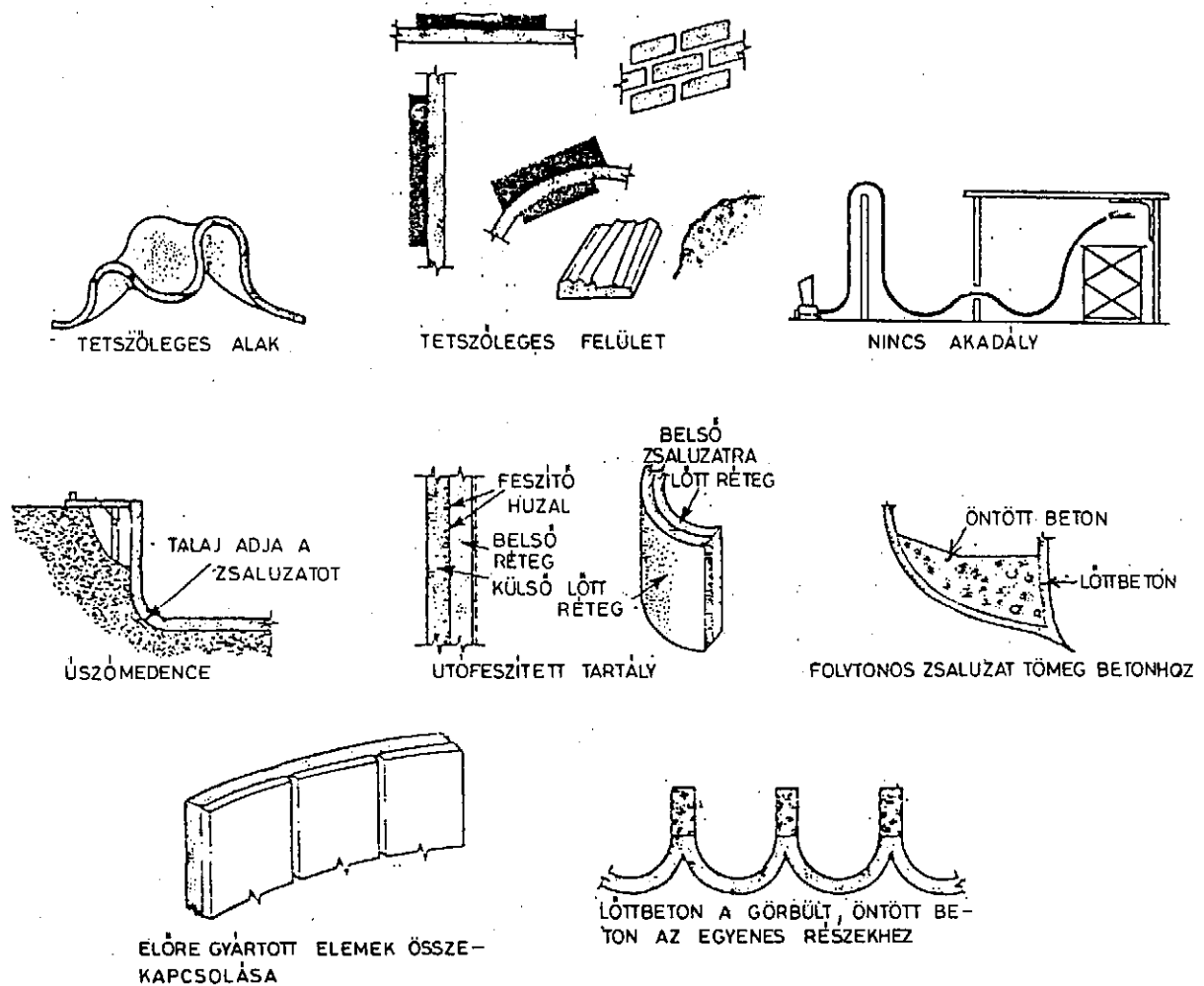
26.a ábra



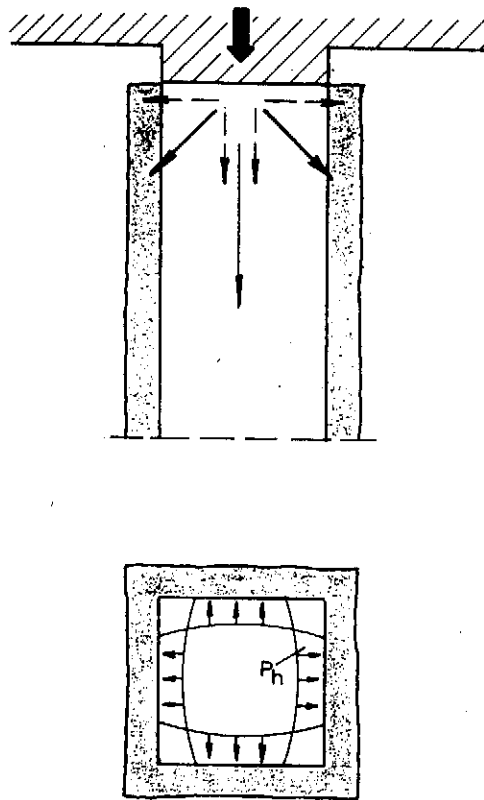
26.b ábra: LÖVÉSI TÁVOLSÁG ÉS NYOMÁS HATÁSA A NYOMÓSZILÁRDSÁGRA



27. ábra: LÖTT- ÉS ÖNTÖTT BETON KÖLTSÉGEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

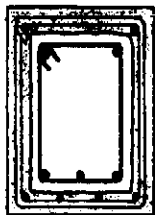


28. ábra: LÖTTBETON ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

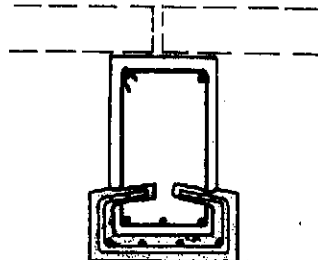


29. ábra: PILLÉR MEGERŐSÍTÉSE

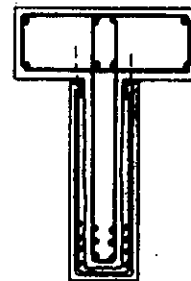
30. a



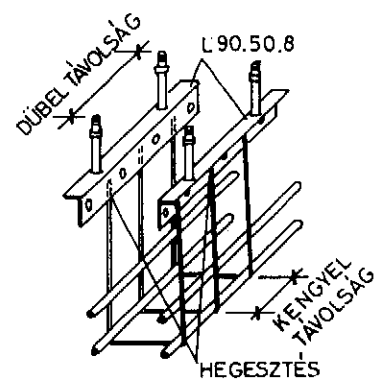
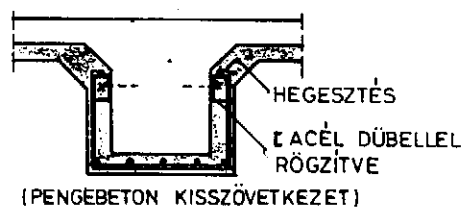
30. b



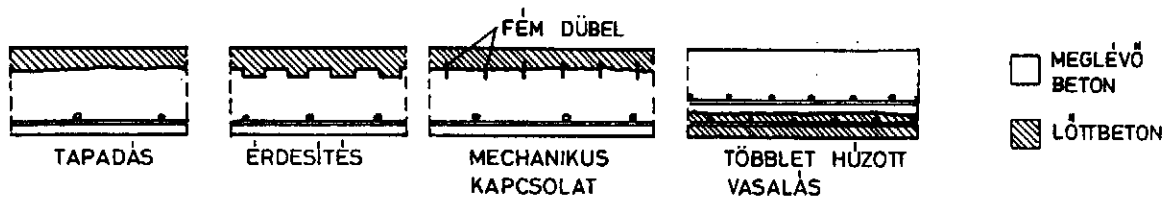
30. c



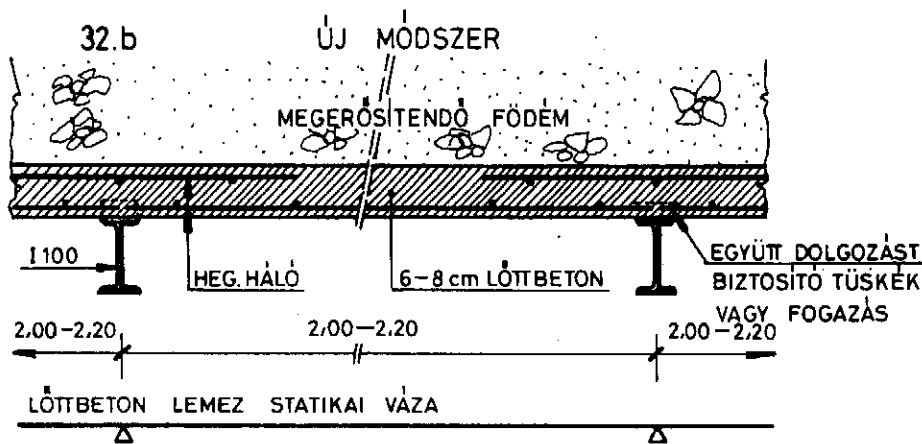
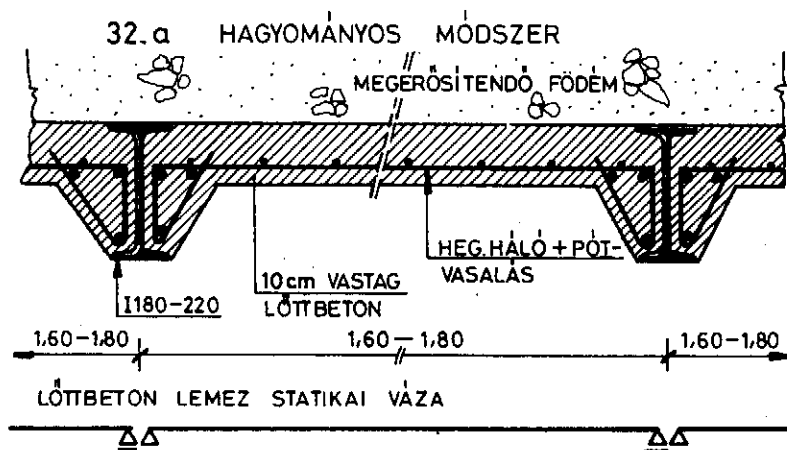
30. d



30. ábra: GERENDA MEGERŐSÍTÉSE



31. ábra: SÍKLEMEZFÖDÉM MEGERŐSÍTÉSE



		HAGYOMÁNYOS MÓDSZER	ÚJ MÓDSZER	MEGTAKARÍTÁS
ACÉL TARTÓ	kg	1943	416	1527
BETONACÉL	kg	1760	433	1327
LÖTTBETON	m ³	12,92	8,0	4,92

A SZÁMÍTÁS 100 m² FÖDÉMRE VONATKOZIK

32. ábra: FÖDÉM MEGERŐSÍTÉS

IRODALOM

- [1] BLÜMEL, O. W.–LUTSCH, H.: Spritzbeton
Springer Verlag, Wien – New York 1981.
- [2] BRUX, G.–LINDER, R.–RUFFERT, G.: Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz. Herstellung, Prüfung und Ausführung.
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld 1981.
- [3] LAMPL, H.–SAJÓ E.: A beton
„PÁTRIA” Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest 1914.
- [4] MIHAILICH, Gy.–HAVIÁR, Gy.: A vasbetonépítés kezdete és első létesítményei Magyarországon
Akadémiai Kiadó, Budapest 1966.
- [5a] PÁSZTOR R.: A löttbeton
ÉTK, Budapest 1980.
- [5b] PÁSZTOR R.: A löttbeton technológiája
Egyetemi doktori értekezés, Budapest 1981.
- [6] SHOTCRETING, ACI Publication SP-14
ACI, Detroit – Michigan 1966.
- [7] SPANG, J.: Beitrag zur Geschichte der Spritzverfahren für Mörtel und Beton, der Spritzmaschinen und des Spritzbetons
Bautechnik 3/1986, 87–93.
- [8] BERKOVITCH, I.: Sprayed concrete reviewed
Civil Engineering, 1984. oct. pp. 35–38.
- [9] VASS, J.: Eljárás és berendezés különböző fajsúlyú anyagok nehezen folyós keverékeinek folytonos szállítására és felületekre fúvására
Szabadalmi leírás. Magy. Kir. Szabadalmi Hivatal 57603. szám V/t. osztály, 1912. okt. 12.
- [10] –: Mit der Zementkanone fing es an 60 Jahre
Torkret Beton 11/1980, 427–428.
- [11] HOLNAPY K.: Vasúti boltozatok jó karba helyezése löttbetonnal
Mélyépítéstudományi Szemle XXX., 5., 222–227. o.
- [12] Löttbeton szerkezetek. Alapfogalmak MI 09.10233/1–77
– Műszaki követelmények MI 09–10233/2–77
– A löttbeton előállítása és felfővése MI 09.10233/3–77
– Vizsgálatok. Minősítés MI 09.10233/4–77
- [13] WOLFSHOLZ, A.: Dichtungs- und Fundierungsarbeiten mittels Einpressens von flüssigen Zementmörtel
Beton und Eisen 1907. H. VI. 143–145. o.
- [14] TU. 334–34 Technológiai utasítás
Tűzálló beton oldalfalak készítése „Torkret” felszórással
TU. 334–51 Tűzálló falazatok javítása „Torkret” vagy „Rotor” felszórással
„HŐTECHNIKA” Építő és Szigetelő Vállalat, Budapest, 1978.

- [15] PALOTÁS L.: Mérnöki kézikönyv 1. kötet
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1981.
- [16] OLESZKIEWICZ, S.: Simplified Erection Method for Shell Structures
Journal of the American Concrete Institute 64 (1967) Nr. 6., pp. 295–300.
- [17] Szakértő vélemény. A hűtőtornyok felújításánál alkalmazott löttbeton alkalmazásával kapcsolatos építéshelyi és laboratóriumi vizsgálatokról
Készítette: Németh Béla, ÉMI 1982.
- [18] Microsilica in der Modernen Betontechnologie.
Symposium in Konstanz.
Schweizer Ingenieur und Architekt
10 (1990) Nr. 13–18. S. 42–43.
- [19] HANGELBROEK, P. B.–MANS, D. G.: Een mestsilo van spuitbeton
Cement 1987 Nr. 7, pp. 24–27.
- [20] JANITSÁRY I.–SOÓS G.: Az új osztrák alagút-építési módszer Mélyépítéstudományi Szemle
XXIX. 3., 1979, 97–107. o.
- [21] LÁNCOS P.: Robotok alkalmazása az építőiparban
Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle
XXXIX. 1., 1989, 36–39. o.
- [22] BALAGURU, P.: Use of Ferrocement for Confinement of Concrete J.
of Ferrocement Vol. 19., No. 2. April, 1989., pp. 135–140.
- [23] EIBL, J.–BACHMAN, H.: Nachträgliche Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit Spritzbeton
Beton und Stahlbetonbau 85 (1990) H. 1., S. 1–4.
85 (1990) H. 2., S. 39–44.
- [24] LUB., K. B.–Van WANROIJ, M. C. G.: Strengthening of Reinforced Concrete Beams with Schotcrete
Ferrocement
J. of Ferrocement Vol. 19., No. 4., Oct. 1989., pp. 363–371.
- [25] Fügőfolyosók löttbetonos megerősítésének tervezése
Épület-fenntartási útmutató 27.
ÉTK, Budapest 1985.
- [26] LINDER, R.: Spritzbeton für Neukonstruktion
Beton (1976) 11 S. 431–436.
- [27] Beton (1976) 11 S. 364–365.
- [28] MÜTHER, U.: Spritzbeton-Kuppel des Planetariums Wolfsburg
Beton- und Stahlbetonbau 3 (1985) S. 57–59.
- [29] HILLE, R.–LANGE, W.–SCHÖFER, U.: Anwendung des Spritzbetonverfahrens beim Bau von
Wasserbehältern
Bauzeitung 40 (1986) H. 11. S. 504–506.
- [30] FREIENSTEIN, H.: Private Schwimmbecken aus Spritzbeton
Beton (1979) 4 S. 125–126.

- [31] – Torkret und seine Anwendung in Schiffbau
Schiffbau 1919/20 S. 523–527.
- [32] PÁSZTOR R.: Betonadalékszerek
ÉTK, Budapest, 1988.
- [33] HOLLÓ J.–ZÁMBÓ E.: Egy régi lakóépület majdnem végzetes károsodása
Magyar Építőipar, 1987, 11–12, 629–631. o.
- [34] KOLLÁR, L.: A szél dinamikus hatása magas építményekre
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [35] GALITICH, V. D.–DUBINSKI, A. M.–BÓRISOVA, T. V.: Ferrocement vaults for agricultural buildings
In: P. A. TUPAMAKI: Wood, Ferrocement and Plastics in Shells and Spatial Structures, IASS
Symposium, 9–14 June, 1980. Oulu
- [36] FREY, J.: Zur Berechnung von vorgespannten Beton-Verbundtragern im Gebrauchszustand
Beton- und Stahlbetonbau (1980), 11, 257–262.
- [37] DULÁCSKA, E.: Falazott és betonszerkezetek vizsgálata és megerősítése
Magyar Építőipar, 1983. 6. 340–344. o.
- [38] THANH, N. H.: Ferrocement – Armocement
Mélyépítéstudományi Szemle XXXV. 1985. 4. sz. 171–177. o.
- [39] THANH, N. H.: A ferrocement mint építőanyag és építésmód
Építőanyag, 1987. 2. sz.
- [40] BALÁZS L. Gy.–THANH, N. H.: Nervi nyomában
Magyar Építőipar 1990. 11. 513–517. o.
- [41] BÁLINT J.: Műanyagszálas homokbetonok
Magyar Építőipar, 1990. 6., 264–268. o.
- [42] HAJNAL I.: Szegezett talajszerkezetek
Magyar Építőipar, 1990. 10., 458–463. o.
- [43] SAJTOS I.: A löttbeton felhasználása az építőiparban
Kézirat. Tartószerkezet-tervezők Mesteriskolája V. ciklus Budapest, 1990.