

# ADALÉKOK EGY BETONANYAGÚ TÖMEGCIKK GÉPSORÁBAN REJLŐ MŰSZAKI FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEKHEZ

CSUTOR JÁNOS

[Beérkezett: 1978. január 23-án]

A szerző előzőkben egy jelentős hazai exportcikk komplexen értelmezett műszaki fejlesztésének néhány részeredményét mutatja be. Komplex fejlesztésen most azt érti, hogy a fejlesztés a gépsor egészére kiterjed, másrészt, hogy igyekszik felhasználni más területen (pl.: az automatizálásban, a beton- és a mérés technikában stb.) elért hazai kutatási eredményeket. Harmadrészt, hogy így szükségszerűen kollektív jellegű. Emiatt a fejlesztés olyan szintézisre való törekvést testesít meg, amely kapcsolatot teremt az exportpiac és a belföldi ipari háttér között és stabilizálja ezt a kölcsönkapcsolat. Egyidejűleg mindkét területen sokrétűen ösztönző, mert az exportpiac mércéje — tőlünk függetlenül — mindig magasan áll.

## I. Bevezetés

Közismert, hogy Magyarországon — az egyik ötéves tervperiódusról a másikra — a felszabadulás után minden iparág úgy fejlődött, hogy a fejlődés iránya emelkedő, s ezt érdemben átmeneti stagnálások vagy visszafordulások sem befolyásolták. Bizonyítani lehet, hogy azok az időszakok, amelyek során egy-egy iparágban (kívülről szemlélve) a stagnálás jelei látszhattak, az esetek túlnyomó többségében a fejlődés teremtette új feltételekhez való alkalmazkodás folyamata zajlott le. Rendszerint ilyen időszakokban ment és megy végbe a termékszerkezet korszerűsítése és a gyártástechnológiáknak fejlődést jelentő változása is.

Napjainkban az ipari fejlődés gyakorlatilag mindig a *műszaki fejlesztés* vállalati, iparági, vagy ágazati méretű, ám mindenképpen *tervszerű* eredménye. A műszaki fejlesztés szoros kapcsolatban van a mostanában sokszor — széles körben — taglalt kutatással, mint a társadalmi-ipari haladás fontos elemével. A kutatás nem azonos a műszaki fejlesztéssel. Ha önkényes egyszerűsítéssel a kutatást eddig nem ismert törvények feltárására irányuló tevékenységnek tekintjük, akkor ettől a műszaki fejlesztés elsősorban abban különbözik, hogy már feltárt törvényeket (ismereteket) is hasznosít, vagyis a társadalmi fejlődés szolgálatába állítja őket. Ezt pontosabban is meg lehet fogalmazni, de mert mondanivalónk nem elvont, nem lehet feladatunk a kutatás és a műszaki fejlesztés különbségét az abszolút pontosság igényével definiálni.

A pontos definíció ismeretében is sok példa állna azonban rendelkezésünkre a különbség fennállásának igazolásához. A találmányok, licencek,

know-how-k megvásárlása vagy eladása ma egyre gyakoribb módja a műszaki fejlesztésnek, miközben ezek tartalmazhattak — és tartalmaznak is — közvetlen kutatási eredményeket. Vagyis: eredményes műszaki fejlesztésnek nem szükségszerű előfeltétele a kutatás a szónak köznapi értelmében.

Mindezt azért kellett előrebocsátanunk, mert az ipari fejlődés emelkedő irányzata során hazánkban is úgy keletkeztek új iparágak, hogy gyakorlatilag semmilyen belföldi előzményre nem támaszkodhattak, vagy ezek az előzmények — fejlett ipari országokhoz viszonyítva — szerények voltak. Ez utóbbi fejlődési utat járta végig az állami építőipar, amíg mai magas színvonalú szervezettségét és műszaki fejlettségét, szerepkörének sokrétűségét elérte.

Témánk kötődése az állami építőiparhoz és ennek fejlődéséhez annyiban sajátos hazai vonás, hogy az irányító tárca egy sor olyan — tágabb értelemben — segéd- vagy kiegészítő tevékenységnek is főhatósága, amelyek más országokban nem szükségszerűen állnak az építőipart irányító főhatóság felügyelete alatt. A „segéd”- vagy a „kiegészítő” jelzők csak az építőipari kivitelezés szempontjából nézve illethetik ezeket, hiszen önmagukban önálló műszaki területet jelentenek. Elég erre egyetlen példaként az üvegyártást említeni.

Hasonló a betonanyagú tömegcikkék gyári termelése vagy a szilikát bázisú üzemi előregyártás. Hogy ennek az ipari tevékenységnek a megjelölésére több elnevezést használunk és használhatunk, annak több oka van. Egyrészt utal a fejlődés olyan gyors ütemére, amely mellett a korábban viszonylag pontos megnevezéseket jelzőkkel kellett bővíteni, hogy a *beton*, *vasbeton*, *feszített beton*, *könnyűbeton* stb. kategóriákat a műszaki gyakorlatban egymástól megkülönböztethessük, másrészt a fém-, vagy egyéb anyagú *előregyártott* szerkezetek vagy elemek felhasználása is mindennapos lett az építőipari kivitelezésben. Ezért kell kiemelni a „szilikát bázisú” jelzőt. Azt hisszük azonban, hogy a „betonanyagú tömegcikk” megjelölés a legátfogóbb, kikötve csupán, hogy ezen az elnevezésen a kavicsbetonból gyárakban nagy mennyiségben termelt cikkeket értjük.

Ha a fenti értelemben definiált tömegcikkék példaként a csövek teljes választékát, a távvezetéki és világítási oszlopokat, a tübbinget, a falpanelt és végül, de nem utolsósorban az előrefeszített vasúti betonaltat említjük, akkor, a nagyon sok közül, néhány olyan cikket emeltünk ki, amelyek érdemben esetleg több évtizeden keresztül sem változnak. Ezek tehát szoros értelemben vett betonanyagú tömegcikkék. Termelésük magas műszaki színvonalat képviselő, sajátos műszaki problémakört jelentő gyárakban folyik.

## 2. A vasúti betonaltj kiemelt helye hazánkban a tömegcikkék között

Nálunk a vasúti betonaltj az említett ipari fejlődés során több szempontból játszott és játszik megkülönböztetett szerepet. Már a közönséges (nem feszített) altjak termelése is gyárban folyt az 1940-es évek végén, amikor —

nálunk — ez a termék volt az egyetlen vasbeton tömegcikk. Ha ehhez hozzávesszük, hogy mind az aljat, mind a gyártó-gépsort hazai szakemberek és a hazai ipar hozták létre, akkor ezt tekinthetjük az *első* tényezőnek, amely az alj kiemelt helyzetét motiválja. Azt most nem részletezhetjük, hogy ebben a MÁV-nak milyen úttörő szerepe volt, csak utalunk rá [2, 4, 9, 20]. A vasbetonaljakat termelő gépsor más hazai tömegcikké gépsorainak kialakításához is mintául szolgált.

Az alj kiemelt helyének *második* tényezőjeként tekinthetjük azt a folyamatot, amelyet az átállás jelentett a közönséges vasbetonaljak termeléséről az előrefeszített aljak termelésére [4, 5, 6, 11]. Ez az adott esetben szinte ideálisan követte az ipari műszaki fejlesztésnek ma is érvényes szabályait. Ennek megfelelően egyedi kísérletek során kialakították az alj legfontosabb méreteit, a kísérleti aljakat roncsolásos vizsgálatokkal ellenőrizték és a kapott eredmények szerint módosították a méretezési számításokat [1, 2, 5, 16]. Ezt követően kis gyár épült, ebben 1950—54 között *félüzemi kísérleteknek* számító termelés folyt; az itt termelt mennyiség segítette kialakítani a MÁV végleges állásfoglalását [8, 9, 11, 15, 16]. Közben mód volt valamennyi részművelet folyamatos fejlesztésére, amíg a technológiai folyamat gyakorlatilag teljessé nem vált [1]. A tömeggyártás és a termék felhasználásának feltételei között talán egyetlen más betonelemnél sem kellett ilyen szigorú összhangot teremteni [17, 18].

Sajátos az a körülmény is, hogy a MÁV mindig csak vevője, de nem termelője az aljaknak; ez nem magától értetődő állapot és nem minden országban van így. A tapasztalat azt mutatja, hogy ha a vasút a vevő, az rendszerint az aljakkal szemben támasztott követelmények szintjének emelésével jár.

Az eredményes félüzemi kísérletek után először egy általunk Bulgáriának szállított gépsoron, majd 1959-ben itthon is megkezdődött az előrefeszített aljak *nagyüzemi tömeggyártása*; ez a műszaki fejlesztésnek — átmenetileg — a befejező szakaszát jelentette.

Az eredményes aljgyártási rendszer iránt (amely időben számos országot megelőzött) széles körű nemzetközi érdeklődés nyilvánult meg, s ez az 1959—77 közötti időszakban nagyarányú gépsor-exporthoz vezetett. Ez idő szerint kb. 60 gépsorunk termel külföldön és továbbiak szállítása is folyamatban van. Az előrefeszített vasúti betonalj kiemelt helyének így *harmadik* tényezője, hogy a gyártó-gépsor exportcikké vált, egyetlenné e tekintetben a betonanyagú tömegcikkeket gyártó gépsorok között.

Egy 1972-ből származó statisztikai adat szerint a világ feszített-alj termelésének kb 65%-át a magyar rendszerű technológiával és az általunk szállított gépsorokon állították elő. Azóta ez az arány csak javulhatott és ez jelentős hazai eredmény. Másképpen: több ország vasúthálózatának építésénél magyar eredetű technológiai gépsorokon termelt több száz millió darab aljat használtak fel.

A legutóbbi években a hazai gyártástechnológián céltudatos műszaki fejlesztéssel olyan módosításokat hajtottunk végre, hogy felismert hiányosságait nagyrészt elhárítottuk, másrészt többcélúvá tettük, miáltal — nagy valószínűséggel — ismét a legkorszerűbb eljárások közé tarthatók. A következőkben ennek a fejlesztésnek néhány jellemző sajátosságát és eredményét szeretnénk megmutatni.

### 3. Az aljgyártási rendszerek

Hogy a korszerűség és a többcélúság tényét bizonyítsuk, az 1. ábrán áttekinthető módon összefoglaltuk a kialakult és műszakilag reálisan lehetséges aljgyártási rendszereket. Az összefoglalást egy absztrakció teszi egyszerűvé. A világon használt valamennyi fővasúti alj ugyanis *nagyságrendileg* azonos geometriai méretű és így egy prizmatikus rúddal modellezhető. Legyenek ennek a modellnek a méretei  $0,3 \times 0,18 \times 2,5$  m, ahol  $S = 0,3$  m, a hasáb szélessége,  $H = 2,5$  m, a hasáb hossza,  $m = 0,18$  m pedig a magassága. Megjegyezzük, hogy az  $m$  magassági méret a továbbiakban nem játszik számottevő szerepet. Tekintsük  $S$ -t *szélességi*,  $H$ -t pedig *hosszmodulusnak*, akkor ezekből az  $M = S \times H$  *modulusszorzat* alkotható. Ez az aljgyártási eljárások rendszerezésében, jellemzésében és összevetésében hasznos.

Az aljgyártási eljárások nagy többségében az aljakat formázó acélszerkezeteket (általánossá vált és a továbbiakban használt terminológiával: a sablonokat) *kapcsoltan* (csoportosan) használják [4, 14, 16]. E kapcsolások nem önkényesek, hanem az utó- és előrefeszítés jellegzetességeivel, az egységgé kapcsolt sablonok súlyával, emiatt pedig a gyártási eljárással, illetve a gépsor egészével, ennek és a termelés gazdaságosságának problémakörével függnek össze.

Itt nem lehet elkerülni, hogy — közismert voltuk ellenére — az utó- és előrefeszítésnek néhány, témánk szempontjából lényeges tulajdonságát meg ne említsük. Mivel ezek tömegcikkeket érintenek, gyakran merőben más vonatkozásban fontosak, mint nem tömegcikkeknél számító feszített betonszerkezetek esetében.

Az *utófeszítéskor* csatornákat kell kialakítani a frissen tömörített betonban, ennek megszilárdulása után e csatornába kell befűzni a feszítőacélokat, végeiket megfogni, feszíteni és a feszített állapotot rögzíteni. A csatornák és a feszítő acélok átmérője sosem azonos; utólag minden esetben cementhabarcsot kell a csatornába injektálni. Mindez nagyon munkaigényes és a technológia egésze a műveleti fegyelemre az átlagnál érzékenyebb. Ismerünk olyan eljárást is, amelynél az injektálás végrehajtása érdekében minden darabba furatot kell fúrni a megszilárdult betonban.

Az *előrefeszítéskor* a feszítőacélokat két végükön meg kell fogni, az egyiket rögzíteni, a másikonál fogva feszíteni és a feszített állapotot rögzíteni. Ezt



SORSZÁM	1.	U		$S \times H$	Soros $S=1; H \geq 1$
	2.	E		$S \times 2H$	
	3.	E		$S \times 4H$	
	4.	E		$S \times 5H$	
	5.	U		$2S \times H$	Soros és párhuzamos $S > 1; H \geq 1$
	6.	U		$3S \times H$	
	7.	E		$2S \times 2H$	
	8.	E		$3S \times 2H$	
	9.	E		$2S \times 5H$	
	10.	E		$kS \times nH$	Soros és párhuzamos $S > 1; H > 1$
$5 \leq k \leq 20; \quad 10 \leq n \leq 20$					AGGREGÁT
A FESZÍTÉS RENDSZERE: E = ELŐRE - ; U = UTÓFESZÍTÉS					A GYÁRTÁS RENDSZERE
SZTEND					

Sablonkapcsolási módok vasúti betonalj tömeggyártásához.

Szélességi modulus:  $S = 0,30 \text{ m}$

Hosszmodulus :  $H = 2,5 \text{ m}$

Modulusszorzat :  $M = KS \times nH$

I. ábra. Sablonkapcsolási módok vasúti betonalj tömeggyártáshoz

követi a betonozás, majd a beton megszilárdulása után az acélok feszített állapotának oldása. Mind az utó-, mind az előrefeszítésnél a bebetonozott acélok-nak az eredeti állapotba való visszatérési törekvése adja a betonra ható nyomó-erőt.

A gyakorlatban *agregát* a gyártási rendszer, ha a sablon vándorol egyik munkahelyről a másikra, míg *sztend*, ha a sablon helybenmarad és a munkafázisoknak megfelelő eszközök (gépek) haladnak munkahelyről munkahelyre.

Ezt előrebocsátva célszerű az 1. ábrán szimbolizált sablonkapcsolásoknak nevet adni, amelyek minden, gyakorlatilag lehetséges sablonkapcsolási módot felölelnek. Így *soros-agregát* a rendszer, ha a sablontagok *csak* egymás után következnek, míg *soros és párhuzamos agregát*, ha a sablonok egymás utáni helyzetei mellett párhuzamosak is előfordulnak. A *soros és párhuzamos* aggregátokat csak „párhuzamosak”-nak nevezni elégtelen lenne, erről az 1. ábra közvetlenül meggyőző. A sztendrendszer lehet soros, vagy *soros és párhuzamos*.

Az 1. ábra az eddigiek tükrében közvetlenül mutatja, hogy az utófeszítéshez szükséges csatornákat jól csak *egy hosszmodulusnyi* szakaszon lehet a tömeggyártás viszonyai között megcsinálni. Az utófeszítéshez az  $S \times H$ ,  $2S \times H$  és a  $3S \times H$  kapcsolási variációk jöhetnek számításba. Már az  $S \times 2H$  modulusszorzatnak megfelelő kb 5 m hosszú szakaszon sem lehet a frissen tömörített betonban, kis átmérőjű, egymástól hosszant elválasztott, alaktartó csatornákat üzembiztosan (selejtmentesen) kialakítani.

Hogy miért célszerű és gazdaságos a sablontagokat kapcsolni, annak legfontosabb oka az, hogy sem a többrészes sablonokhoz szükséges anyag, sem az egy-egy többszörös sablonon végrehajtandó szerelvény-szerelési munka nem lineárisan növekszik a kapcsolt sablontagok számával.

Az 1. ábra vizsgálata érzékelteti, hogy minél nagyobb a  $H$  hosszmodulus szorzószáma, annál vékonyabb a feszítőacél, illetve annál inkább csak tekercsből lecsévélhető huzalátmérők jöhetnek számításba. Ez különösen igaz a sztendrendszer esetében, ahol pl. 30–40 db alj van egymás után egy sorban, s ez nagyságrendileg kb 100 m hosszúságnak felel meg. Ilyen hosszúságban nagyobb átmérők alkalmazásának még a gondolata is irreális.

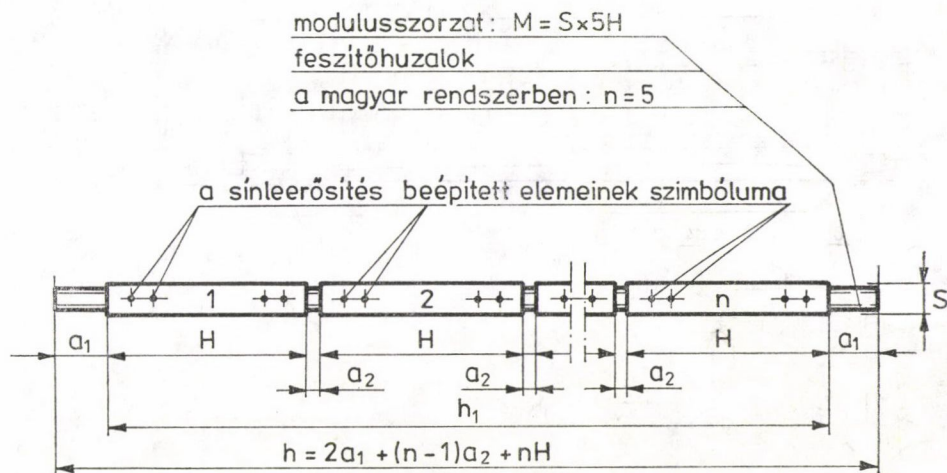
Az  $S \times 5H$ ,  $3S \times 2H$  és  $2S \times 5H$  variációk a kapcsolásoknak azt a felső határát jelentik, amelyek mellett még aggregátként kialakítható a gépsor.

#### 4. A hazai gyártási eljárás és legfontosabb jellemzői

Aljgyártási eljárásunkat az  $S \times 5H$  modulszorzat jellemzi, és amint az 1., ill. 4. ábra mutatja, aggregát rendszerű. Előképe az angol Dow-Mac [3, 16] sztendrendszer volt, amelyből azonban csak a viszonylag nagyszámú vékony feszítőhuzal maradt meg benne. A Dow-Mac-eljárás közvetlenül 1945 után, amikor a feszített alj felhasználásának előfeltételei nálunk is egyrészt megértek, másrészt egy alkalmas technológia kialakíthatóvá vált, már elég fejlett volt ahhoz, hogy mintául szolgáljon. Ez idő tájt azonban nem lehetett arra gondolni, hogy a komplett eljárást megvéve, azt itthon realizáljuk, ezért „rövidült” és „keskenyedett” a 2. pontban leírt műszaki fejlesztés eredményeként az 1. ábra 4. esetének feltüntetett modulusszorzatúvá, miközben sztendből aggregáltá alakult. Hogy a változás miért éppen ezt az utat követte és nem mást, arra a magyarázatot akkori kohászati adottságainkban, ezért a feszítőhuzalok

megfogásának és rögzítésének viszonylag egyszerűen végrehajtható voltában találhatjuk meg.

Az eredetileg számításba vett és mindmáig használt 2,5 mm átmérőjű nagyszilárdságú acélhuzal ( $\sigma_{sz} = 1,76 \text{ kN/mm}^2 = 1,76 \text{ GPa}$ ;  $\sigma_{0,2} = 1,57 \text{ kN/mm}^2 = 1,57 \text{ GPa}$ ) állandó jelleggel beszerezhető, ezért érthető a kohászathoz való kötöttség.



2. ábra. A magyar rendszerű aljköteg modellje, a feszítőhuzalok szét-, illetve levágása előtt

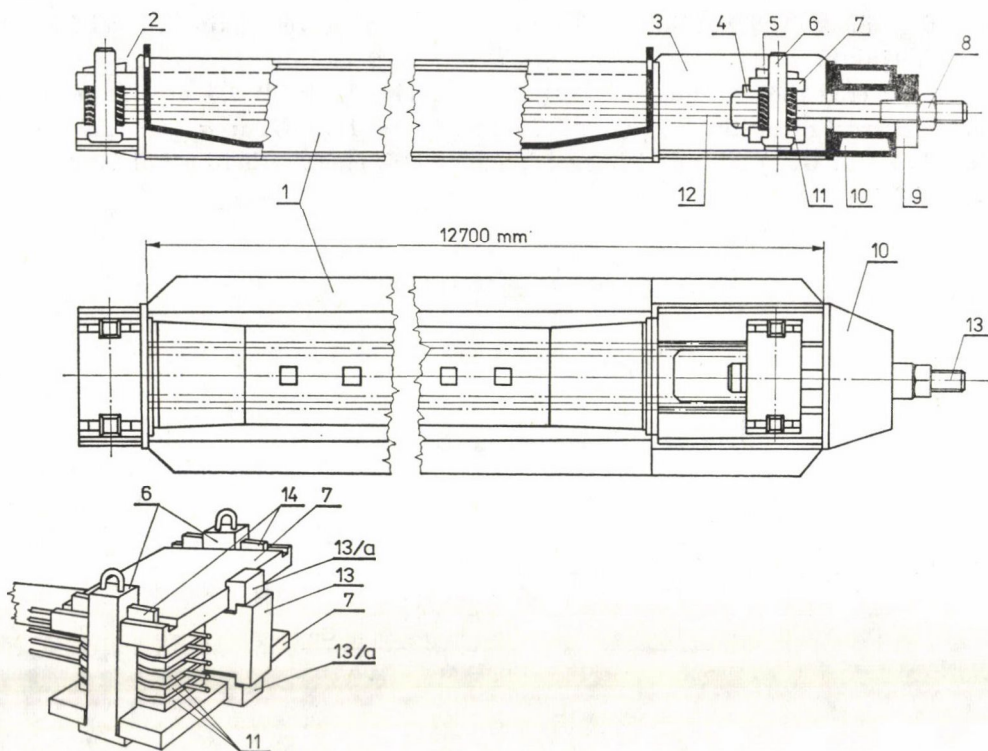
Az  $S \times 5H$  modulusszorzatú rendszer további fontos jellemzői a 2. ábra alapján tárgyalhatók. Ezek:

4.1. Az acélszálak száma viszonylag nagy, 60, mert a szálátmérő a lehetséges legkisebb. Ha a szálátmérő 3 mm-re nő, a szálszám 40-re csökken.

4.2. A vékony huzal miatt lehetséges csoportos megfogást mutatja a 3. ábra.

4.3. Itt pusztán az acélszálak felülete és a beton között kialakuló adhézió révén származtatható át a feszítőerő a betonra, ez az ún. Hoyer-rendszer. Emiatt a szálak felülete nem lehet teljesen sima. Az eredeti és sima felületű 2,5 ÷ 3 mm átmérőjű művi szálakat a gépsor ún. hullámosítógépén kell át húzni, hogy maradék hullámok (bár a feszítéskor ellapulóak) keletkezzenek a huzalokon. Ha a huzal már eleve rovátkolt felületű, a hullámosítás elmarad. A huzal csoportos megfogásának szempontjából a 4 mm-es átmérő a felső határt jelenti.

4.4. A 2. ábra mutatja a teljes  $h$  hosszúságú acélszál két végén azt az  $a_1$  jelű szakaszt, amelyeknél fogva a pásmát meg lehet fogni, húzással feszíteni, illetve a feszített állapotot rögzíteni. Az  $a_2$  jelű aljközi szakaszokat a diafrag-



3. ábra. A magyar aljgyártási eljárás alapját alkotó acélsablon, modulusszorzata  $5H \times S$ , az eredeti megoldásban. 1: sablontest; 2: fejkamra a fix befogófej számára; 3: fejkamra az elmozduló befogófej számára; 4—13/a: kiegyenlítő alátétek; 5—14: rögzítőékek; 6: oszlopok; 7: alsó és felső járomlemez; 8: rögzítőanya; 9: alátét; 10: homlokkiképzés; 11: lamellák; 12: befogott huzalszálak; 13: feszítőcsavar; 14: rögzítőékek

Az összeállított befogófej az eredeti ékes rögzítéssel. A fejlesztett megoldásban a 6 oszlopok felső vége menetes és a rögzítés csavaranyával történik

mák (13. ábra) teszik szükségessé. Két diafragma limitálja egy-egy alj  $H$  hosszát. Ha  $n$  db alj követi egymást, akkor

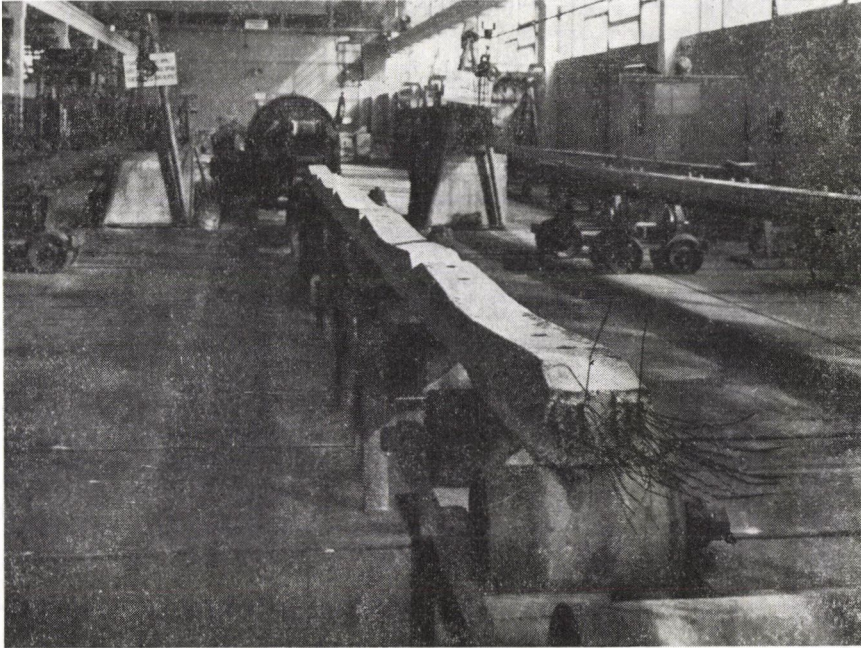
$$h = 2a_1 + (n - 1)a_2 + nH. \quad (1)$$

A  $2a_1$  hosszúságú szálköteget le, az  $(n - 1)a_2$  szakaszokat pedig át kell vágni. Ez az acélvesztés a  $h$  hossz %-ában

$$v = \frac{2a_1 + (n - 1)a_2}{2a_1 + (n - 1)a_2 + nH} \cdot 100\% / \text{sablon}. \quad (2)$$

Ha az  $n$  darabszámot egy sablonban növeljük,  $v$  csökken ugyan, de a sablon méreteit oly mértékben kell szintén növelni, hogy ennek az egész gépsorra kiható hatása már nem arányos a  $v$  csökkenésével.





4. ábra. A jelenlegi LX típusú előrefeszített vasúti betonalj a kiszaluzás után, mint hajlékony egészet alkotó köteg. Az első alj homloklfelületén az  $a$ , hosszúságú, még le nem vágott huzalok, tagolatlan oldalfelületek

A  $v$  veszteség nem hátránya a Hoyer-rendszernek másokhoz képest, mert az ún. véghorgonyzásos rendszerek esetében sok, a feszítésben inaktív acélt is be kell építeni, és ez szintén veszteségnek tekinthető. A gyártási rendszerek összehasonlításakor a fajlagos acélfelhasználás fontos mutató [16, 24].

4.5. A sablon jelenleg két  $U$ -gerendából és a fenéklemezekből egyetlen egésszé összehegesztett acélszerkezet.

4.6. A beton megszilárdulása és a feszültségoldás után az  $(n - 1)a_2$  hosszú, be nem betonozott szakaszok visszatérése a feszítetlen állapotba, másrészt az  $nH$  összhosszúságú aljak rugalmas lineáris összenyomódása  $8 \div 10$  mm-es elmozdulással jár a sablonhoz viszonyítva. Az ezt kiváltó erő azonos a feszítőerővel, ami  $314 \div 343$  kN között változik aljtípusonként. Az elmozdulás miatt az adhézió a beton és a sablon között azonnal megszűnik és az aljköteg könnyen kiszaluzható. Hátrány, hogy a nagy elmozdító erő kizárja az alj külső síkjainak hirtelen (nem fokozatos) iránytörését, a sablonfalakkal érintkező felületeken. Azaz: az alj az oldalfelületeken egyáltalán nem, vagy csak kis mértékben a fenéklemez mentén lehet tagolt. Ezzel szemben valamennyi aljfelületnek nagy szöggel jellemzett irányváltozását, törését sok lényeges vasúttechnikai szempont igényli. A jelenleg [18] szerint gyártott LX típusú alj felületeinek viszonylagos tagolatlanságát mutatja a 4. ábra.



## 5. A hazai gépsor és fejlesztésének néhány sajátossága

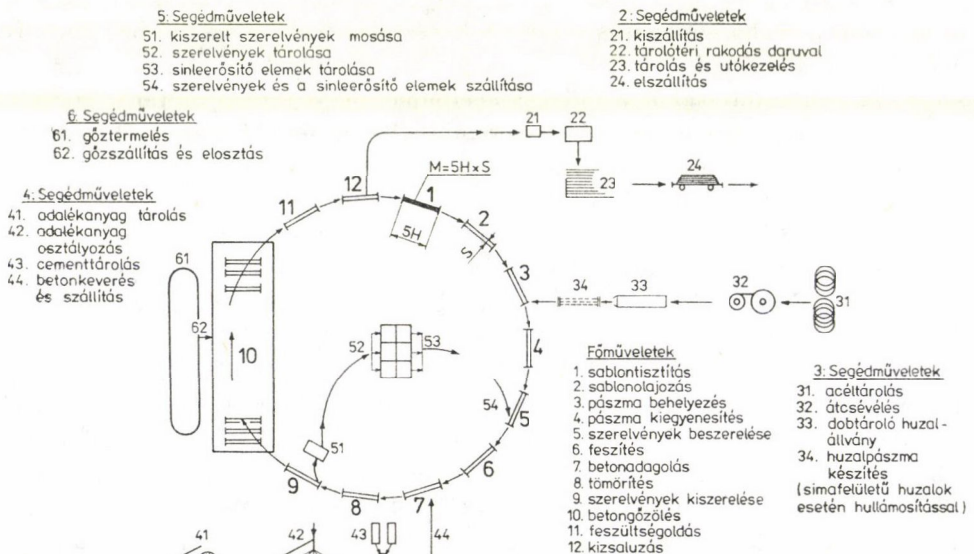
5.1. A gyártástechnológia modelljét az 5. ábra mutatja. Fő- és segédműveletekből áll; a főműveletek zárt körfolyamatot alkotnak. Az ábra fölöslegessé teszi a folyamat részletes leírását. A fejlesztés legfontosabb szempontjait vasúttechnikai igények szabták meg. Az ezek kielégítésére irányuló törekvés alapot jelentett a technológia egészében napfényre került hibák fokozatos kijavításához is. A fejlesztés eredménye tehát komplex és egyúttal szintézis is.

A vasúttechnikai követelmények között első, hogy az egyre terjedő sínhegesztés miatt — a sínkivetődés meggátlása érdekében — az alj külsejét lényegesen tagoltabbá kell tenni, mert a célszerűen tagoltabb alak az alj oldalirányú ellenállását az ágyzatban jelentékenyen növeli [25]. Ez összefügg a vontatási sebesség növelésével is, de más vágányépítési követelmények is indokolják a tagoltabb alakot, amit — a kísérletek és más országok tapasztalatainak tanúsága szerint — két fontos eltérés jellemez a jelenlegihez képest. Ezek:

5.2. Az alj keresztmetszetének a hosszanti felezősíktól számítva az aljvégek felé növekvőnek kell lennie (ún. kettős legyezőalak), ez mind a homlokfelületet, mind a felfekvőfelületet növeli.

5.3. Az oldalsíkokon ún. mintázatot kell kialakítani.

Ezeket a tagolásokat horizontálisaknak nevezhetjük. A vertikális tagoltság az acéltakarékos sínleerősítést, illetve a fellovágás megakadályozását cé-

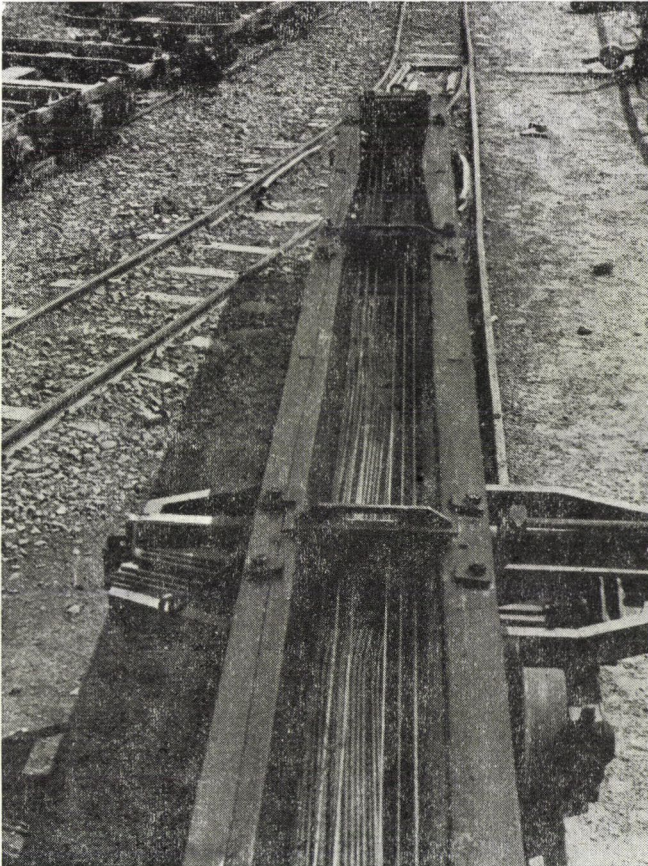


5. ábra. A magyar rendszerű aljgyártás technológiai modellje



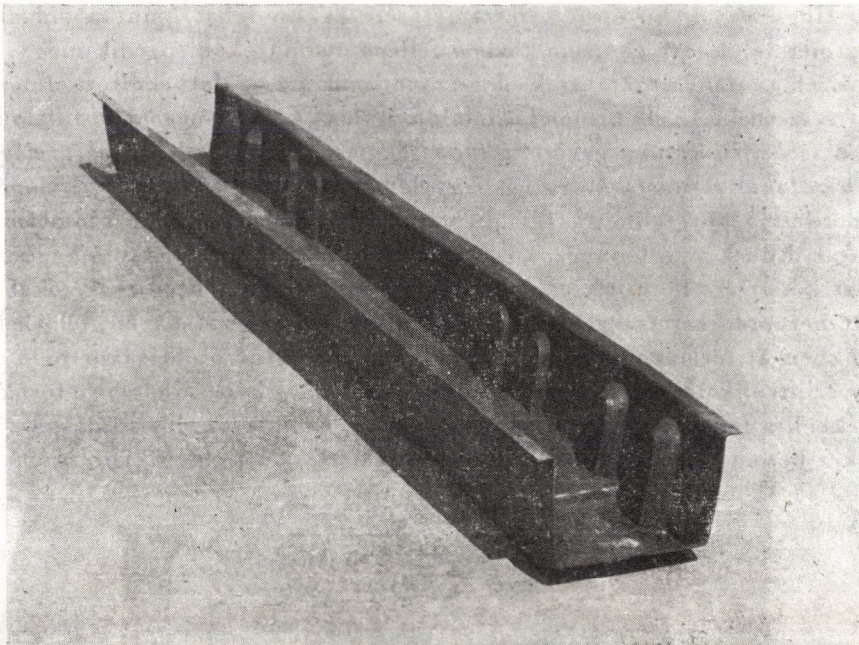
lozza. Hogy az alj középső keresztmetszete kisebb lehet, mint a sín alatti keresztmetszetek, azt az üzem közben fellépő nyomatékok engedik meg.

Ezek az alakváltoztatások ellene mondanak a 4.6. alatt említett elmozdulási kényszernek. Az ellentmondás feloldására úgy kellett megoldást találnunk, hogy *a többtizedes tömeggyártási tapasztalatokat és a rendszer egyéb előnyeit maradéktalanul megtartsuk*. Ez — figyelemmel az exportra is — különösen nagyhorderejű követelmény. Így jutottunk el a *mozgóbetétes gyártósablonhoz*, (6. ábra). Ennek az a lényege, hogy az eddigi — egy darabból álló hegesztett sablont két részre bontottuk: a feszítőerő rögzítésekor fellépő reakciókat felvevő teherhordó keretszerkezetre, és — a modulusszorzatnak megfelelően — esetünkben öt formázóbetétre (7. ábra). Így a feszítőerő oldásakor nem a 2. ábra szerinti aljkötegnak kell elmozdulnia a sablonhoz képest, hanem a formázóbetéteknek a teherhordó kerethez viszonyítva. Emiatt az elmozdulásnak nincsenek a betont roncsoló következményei, holott az alj oldalsíkjain számotte-

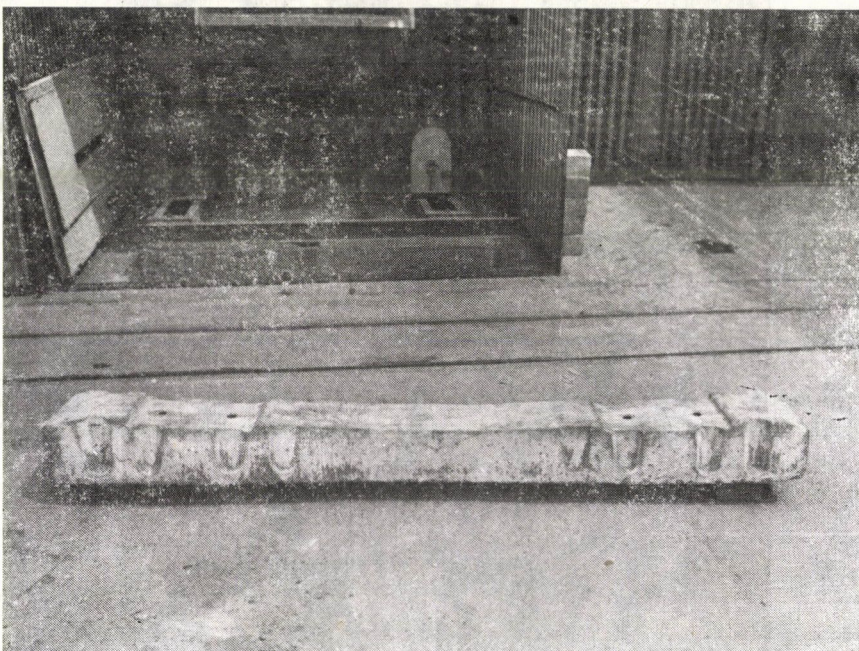


6. ábra. A mozgóbetétes gyártósablon teherhordó keretszerkezethől és a formázóbetétekből áll





7. ábra. A kísérleti, és a legújabb vasúttechnikai igényeket kielégítő aljtípus gyártásához készült mozgó formázóbetét



8. ábra. A kísérleti alj. Mind a függőleges, mind a vízszintes síkban nagymértékben és célszerűen tagolt, a végei felé növekvő keresztmetszetű



vően mély mintázat van; az aljkeresztmetszet pedig a végek felé növekedő. A kísérleti alj a 8. ábrán látható, célszerűen a MÁV-igényeknek megfelelően. Száz db legyártása az LX jelű aljak termelésének legkisebb zavarása nélkül történt.

A kísérlet egészével bizonyítottuk, hogy a hazai aljgyártási rendszer valamennyi előnyét megtartva

- tetszőleges lehet az alj alakja,
- a nyomtáv,
- a tengelynyomás

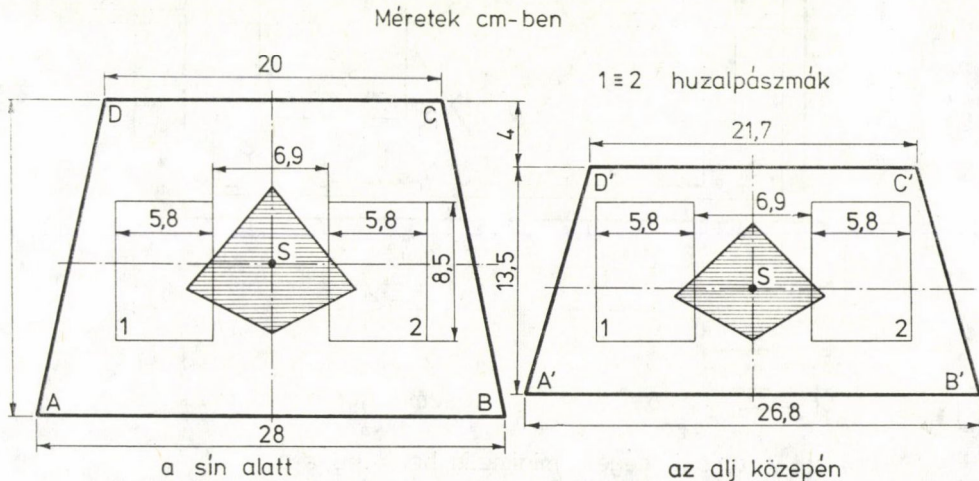
és

- a sínleerősítés módja.

Mindez — külföldön — tovább növeli a gépsor versenyképességét, miközben *elsődleges értelemben* válik *többcélúvá*.

## 6. A magyar gyártási eljárásban felhasznált feszítőhuzalok és a szálszám

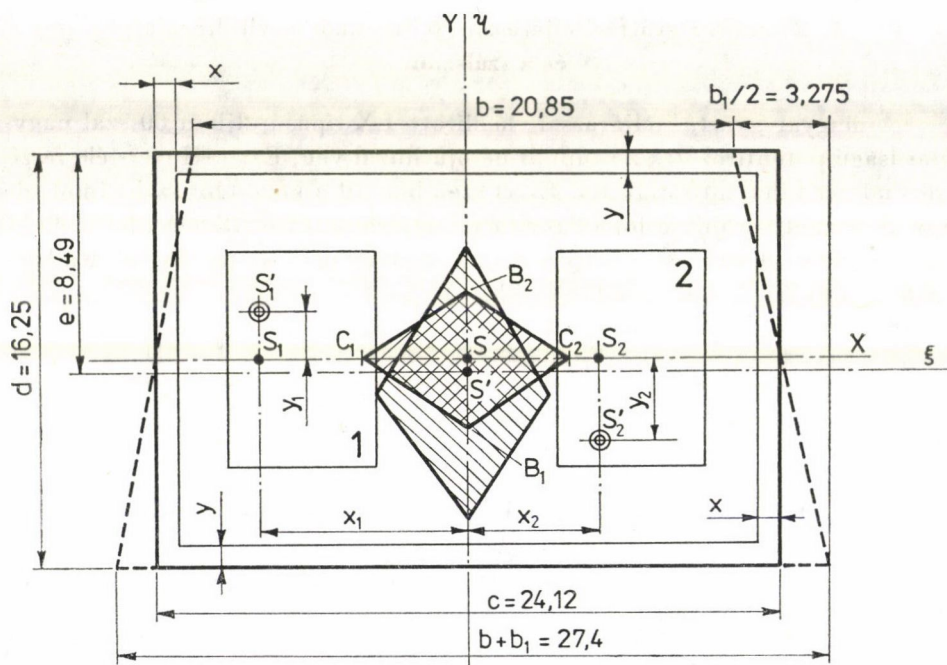
A magyar gyártási eljárással előállított LX típusú aljban 60 szál nagyszilárdságú patentírozott, 2,5 mm átmérőjű huzal van. Ezt a Hoyer-féle feszítési rendszer hibájául róják fel. Ezzel szemben áll a kevesebb szálszámot, de nagyobb szálátmérőjű acélokat alkalmazó eljárások elve. Bizonyítható, hogy nagyszámú huzal esetében az egyes szálakban fennálló feszítőerők szórása kedvezőbb, mint ha a szálszám kevesebb.



9. ábra. A magyar rendszerű gyártástechnológiával gyártott LX típusú előrefeszített vasúti betonalj legnagyobb és legkisebb keresztmetszete, a huzalpásmákat burkoló téglalapok és a magidomok relatív helyzete. A méretek cm-ben

Hogy a „sok” és a „kevés” acélszál alkalmazásával kapcsolatos összehasonlítás objektív legyen, vizsgáljuk ezt meg részletesebben! A 9. ábra az LX típusú alj legnagyobb és legkisebb keresztmetszetét mutatja, mérethelyes relatív helyzetben. Szükségünk van az aljkeresztmetszet magidomjának ismeretére. Trapézok esetében ez túlzottan hosszadalmas, habár egyszerű képletekkel írható csak le. Helyettesítsük ezért a 9. ábra trapézait a 10. ábra  $c \cdot d$  méretű téglalappal. Kössük ki, hogy a betonminőség azonos, akár sok, akár kevés a szálszám. Vizsgáljuk 2,5 ÷ 5 mm átmérőjű, nagyszilárdságú, patentírozott acélhuzalokat, valamint  $D \geq 9$  mm átmérőjű, középszilárdságú acélokat ( $\sigma_{sz} = 8,15 \text{ kN/cm}^2 = 8,15 \text{ GPa}$ ).

Valóságos aljkeresztmetszetben a szálszám csak páros szám lehet. A betonfedések miatt az acélszálak számára  $A = (c - 2x) \cdot (d - 2y)$ , illetve  $A_1 = A - c_1 \cdot d$  felületet lehet számításba venni. A  $c_1$ , illetve  $c_1/2$  szélességű felülrészek szintén számításra kívül esnek a sínleerősítő elemek vagy üregek



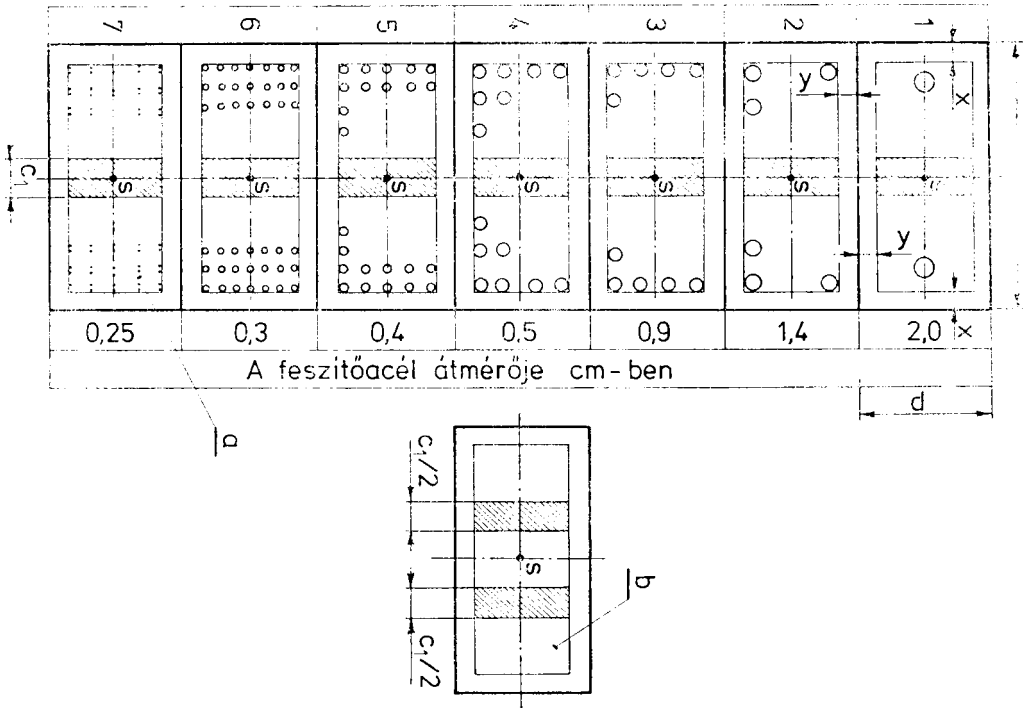
$$\overline{SB}_1 = \overline{SB}_2 = d/6$$

$$\overline{SC}_1 = \overline{SC}_2 = c/6$$

1 ≡ 2 a bal, illetve a jobb oldali pázsma burkoló idoma

$x = y$  a szükséges minimális betonfedés a vasalás fölött.

10. ábra. Az LX típusú alj átlagos keresztmetszete és helyettesítése  $c \cdot d$  méretű téglalappal  
A méretek cm-ben.  $x = y$  a szükséges minimális betonfedés a vasalás fölött



11. ábra. A feszítőacélok relatív helyzetének elvi vázlata, az acélszálak átmérőjének függvényében. a: a sínleerősítés miatt a keresztmetszetből kieső holt tér,  $c_1$ . b: a sínleerősítés a keresztmetszetben osztott;  $c_1/2$

miatt. A 11. ábra a szálak elrendezésének *elvét* is mutatja. Az ábra valamennyi esete reálisan lehetséges, ezért annak is bizonyítéka, hogy az alj konstrukciójának megválasztása — bizonyos objektív kötöttségek határain belül, ilyenek pl. a kohászati adottságok — nem elhanyagolhatóan függ szubjektív tényezőktől is. A 10. ábrán feltüntetett viszonyokra épülő okfejtés azonban mindenképpen objektív.

A  $c \cdot d$  téglalap magidomjával számolunk, nem az átlagos trapézéval. Ideális esetben a feszítőacélokban keletkező feszültségek mind azonosak és eredőjük támadáspontja S. Ez az eset a tömeggyártás viszonyai között megvalósíthatatlan, akár „kevés” a szálszám, akár „sok”. Ezért a feszültségek a szálakban egyetlen gyártási rendszerben sem azonosak, hanem egy, az eljárás sajátosságaitól, a technológiai feyelem mértékétől, valamint az alj-egyedet éppen determináló anyagtulajdonságoktól függő, eredő szórással különböznek egymástól. Ebből következik, hogy minél kisebb a szálszám, a szálakban (rudakban) a valóságos feszültségek kedvezőtlenebb eloszlást mutatnak, eredőjük dőféspontja pedig nem esik S-be. Mi a feltétele annak, hogy az  $x$  tengely mentén az eredő feszítőerő a  $\pm c/6$  hosszban belül maradjon? Válaszunkhoz legyen a

jobb oldali és a bal oldali acélszál-csoport feszültségeinek eredője  $F_j$ , ill.  $F_b$ , ha a két oldalt elválasztó sík az aljkeresztmetszet függőleges szimmetriasíkja. Ha továbbá  $F_b > F_j$  és  $F_e = F_b + F_j$ , akkor ahhoz, hogy a részeredők — határhelyzetként — a  $C_1$ , ill. a  $C_2$  pontokba essenek, teljesülnie kell a következő nyomaték-egyenlőségnek:

$$F_b \left( x_1 + \frac{c}{6} \right) = F_j \left( x_2 - \frac{c}{6} \right), \quad (3)$$

ezek után

$$\frac{c}{6} \geq \frac{F_j \cdot x_2 - F_b \cdot x_1}{F_e}. \quad (4)$$

Ha továbbá  $x_1 = x_2$  és  $F_b - F_j = \Delta F$ , akkor

$$\frac{c}{6} \geq \frac{x_1 \cdot \Delta F}{F_e}. * \quad (5)$$

Az  $y$  tengely mentén analóg módon

$$\frac{d}{6} \geq \frac{y_1 \cdot \Delta F}{F_e}. \quad (6)$$

Ha az aljkeresztmetszetben  $n$  acélszál van, akkor az átlagos szálerő

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} F_i}{n}. \quad (7)$$

Ha  $s$  a szálakban ébredő erők szórása, akkor

$$F_e = \bar{F} \cdot n = \sum_{i=1}^{i=n} F_i + n \cdot s. \quad (8)$$

Ha  $F_{ib}$  és  $F_{ij}$  az aljkeresztmetszet bal, ill. jobb oldalán levő acélcsoportban egy szál egyedi feszítőereje, akkor a bal, ill. jobb oldali részeredő

$$F_b = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} F_{ib}}{n} \quad \text{és} \quad F_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} F_{ij}}{n}, \quad (9)$$

\* Ez csak akkor lehetséges, ha a részeredőknek van  $y_1$ , illetve  $y_2$  ordinátája is, de ez a gondolatmenet helyességét nem befolyásolja. Ugyanez vonatkozik (6)-ra is a másik koordinátát illetően.

és így

$$\Delta F = \frac{2}{n} \left[ \sum_{i=1}^{i=n/2} F_{ib} - \sum_{i=1}^{i=n/2} F_{ij} \right]. \quad (10)$$

A megfelelő helyettesítések után

$$\frac{c}{6} \geq \frac{2x_2 \left[ \sum_{i=1}^{i=n/2} F_{ib} - \sum_{i=1}^{i=n/2} F_{ij} \right]}{n \left[ \sum_{i=1}^{i=n/2} F_i \pm n \cdot s \right]}. \quad (11)$$

Ez bizonyítja, hogy konstans  $c$  mellett növekvő  $n$ -nel a (11) kritériumot *nagyobb valószínűséggel* lehet teljesíteni, mint kisebbel. Ez az eredmény független az egyszerűség érdekében vizsgált téglalap alaktól és a trapézra is érvényes.

Bizonyítható, hogy a pászmában levő szálak gyakorlatilag azonos hosszúságúak és csak elvétve fordul elő, hogy egy, vagy két szál szemmel láthatóan belóg a többihez képest. Ez, valamint a szabványnak az az engedménye, hogy a szálak 5%-a szakadhat el a pótlás kötelezettsége nélkül, ismét (11) érvényessége mellett szól.

Érdemes még megvizsgálni a feszültségoldás után közvetlenül kialakuló egyensúlyi állapotot, mert ezt még a technológiával szorosan összefüggőnek tekinthetjük, szemben a beton zsugorodásából jóval az alj gyártásának időpontja után bekövetkező és stabilizálódó állapottal; ezt az alj méretezésénél kell figyelembe venni.

A feszültségoldás művelete után a nyomóerővel terhelt alj  $\lambda_b$  értékkel megrövidül. Ha  $\lambda_a$  az acél megnyúlása az  $F_{\max}$  feszítőerő hatására, akkor a feszültségoldás után bekövetkező egyensúlyi állapotban a tényleges feszítőerő (12. ábra):

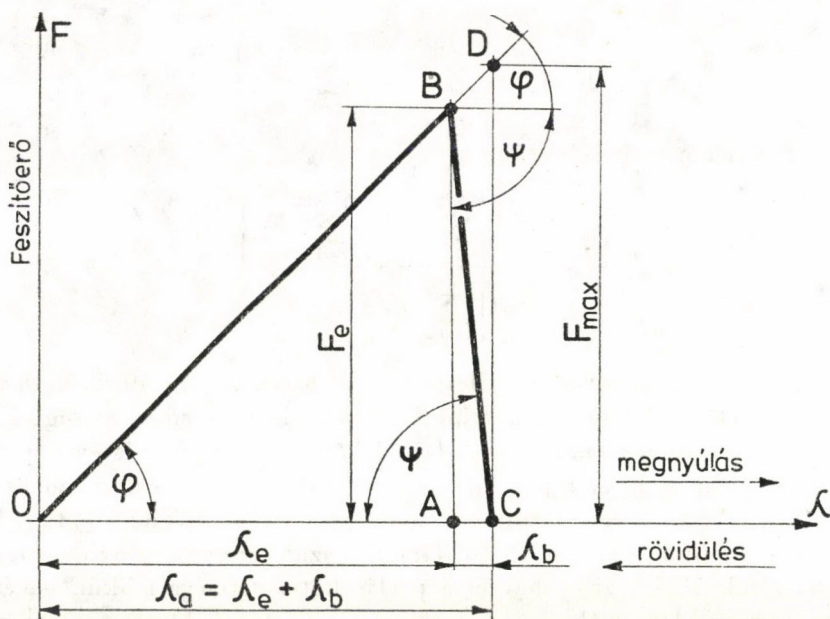
$$F_e = \frac{\lambda_a - \lambda_b}{\lambda_a} \cdot F_{\max}. \quad (12)$$

A rugalmas alakváltozás eredményeként bekövetkező elmozdulás még tényezője a már tárgyalt adhézió-megszűnésnek.

## 7. Néhány technológiai hiba kijavítása

Az 1. és 2. ábrák érzékeltetik, hogy az aljakat elválasztó diafragmáknak jelentős szerepük van a hazai aljgyártási rendszerben, de minden  $k \cdot Sx_n \cdot H$  modulusszorozattal jellemzett rendszerben is, ha  $n > 1$ . A jelenlegi nagyüzemi gyakorlatban a diafragma kettős lemez, 13. ábra, amelyet a teljes feszítőerő töredékével kiegyenesített huzalpázmára és a sablonra szerelnek. A diafragma függőleges rései vízszintesen, míg a két lemez között a sablonoldalakon levő



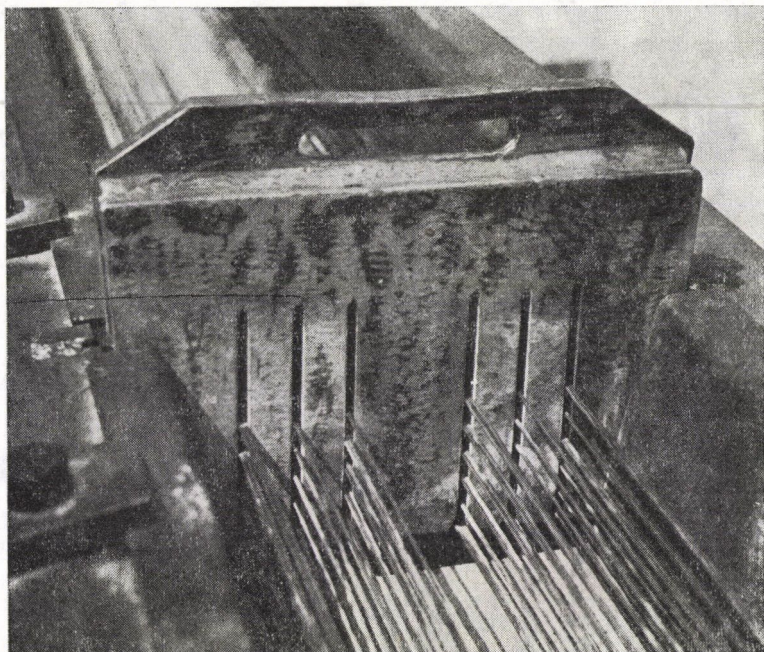


12. ábra. A feszítőerő hatására megnyúló acél és megrövidülő betontest egyensúlyi állapota

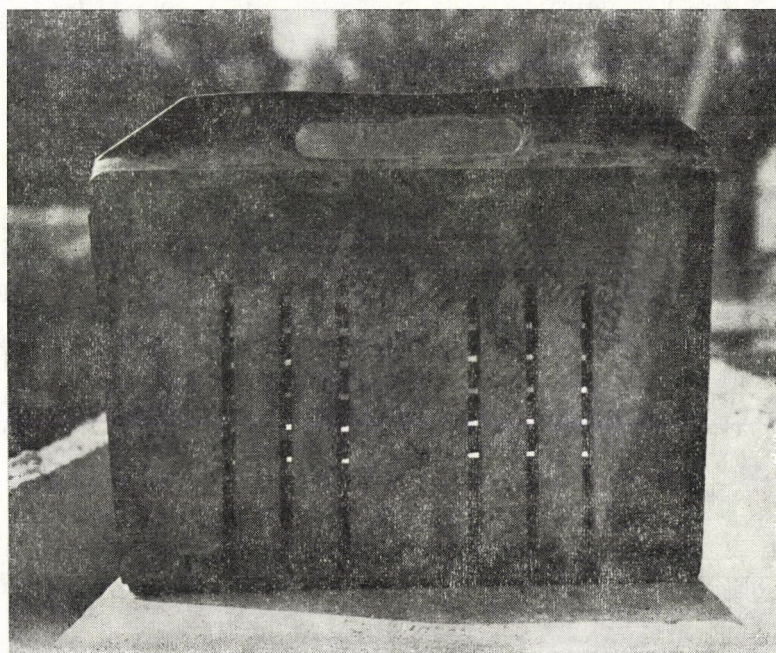
furatokon keresztül dugott rendezőpálcák függőlegesen tartják a huzalokat előírt helyzetükben. E megoldásnak néhány hátránya van: a diafragma résein viszonylag sok cementhabarcs elfolyhatik és az aljvégek betona cementben szegény marad. Mivel továbbá mind a diafragmákat, mind a rendezőpálcákat közvetlenül a beton tömörítése után ki kell szerelni a sablonból, némely acélszál (esetleg valamennyi) elmozdul az aljvégeknél. Ez után az elmozdulás után az acélszálak körül tölcérszerű, néhány cm hosszú mikrorés marad. Ez azért van, mert a megfeszített acélszál mindig húrja az ívvé deformálódott sablonnak, függetlenül attól, hogy a deformáció rugalmas, vagy maradó-e. A szálak ilyen elmozdulása káros, mert csökken a szál lehorgonyozódási hossza, a résekbe pedig befolyik a víz.

Ezt a technológiai hibát hártja ez az új kétrészes diafragma, 14. ábra. Első részét — a magot — körülfogja a korábbi kettős lemezű köpeny. A mag és a köpeny meggátolja a cementhabarcs bármi mértékű káros kifolyását az aljvégeken. Mivel továbbá a magot csak a beton megszilárdulása után kell kiszerezni a sablonból, a szálak függőleges elmozdulása eleve lehetetlen. Ha a magokat egymás után rendre 180°-kal elfordítva szereljük be, lehetetlenné válik a vízszintes elmozdulás is. Az így készített alj vége kifogástalanul tömör, a huzalok pedig igen nagy pontossággal tarthatók előírt helyükön (15. ábra). Itt a huzalok még a mérés miatt nincsenek közvetlenül az alj homloklapfelülete mentén átvágva.



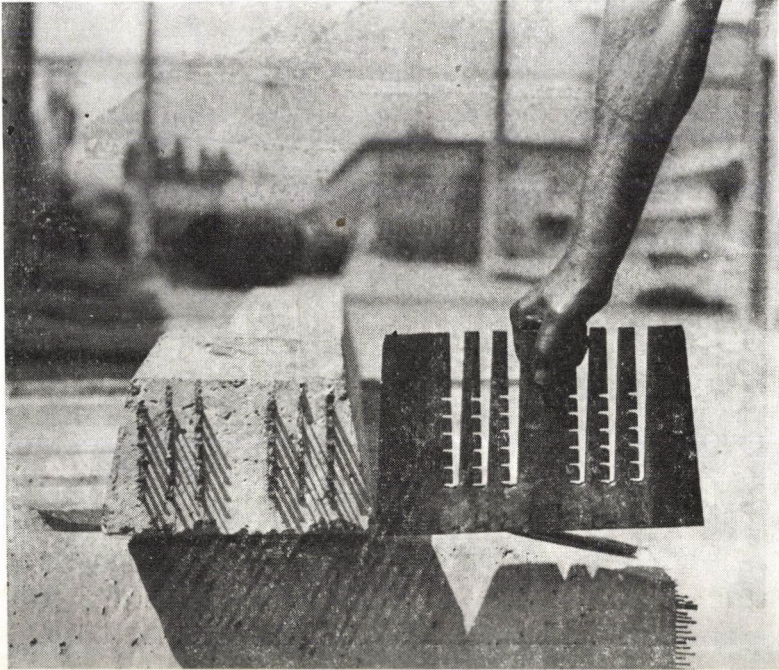


13. ábra. A régi rendszerű diafragma



14. ábra. Az új — magból és köpenyből álló — diafragma, amely csak a huzalok helyét hagyja szabadon





15. ábra. Az új diafragmával készített alj homlokléfelülete kifogástalanul tömör és a huzalok  $\pm 0,5$  mm eltéréssel elméleti helyükön vannak. A homlokléfelület mellett a diafragma magja

### 8. A gépsor egyéb felhasználhatóságának lehetősége

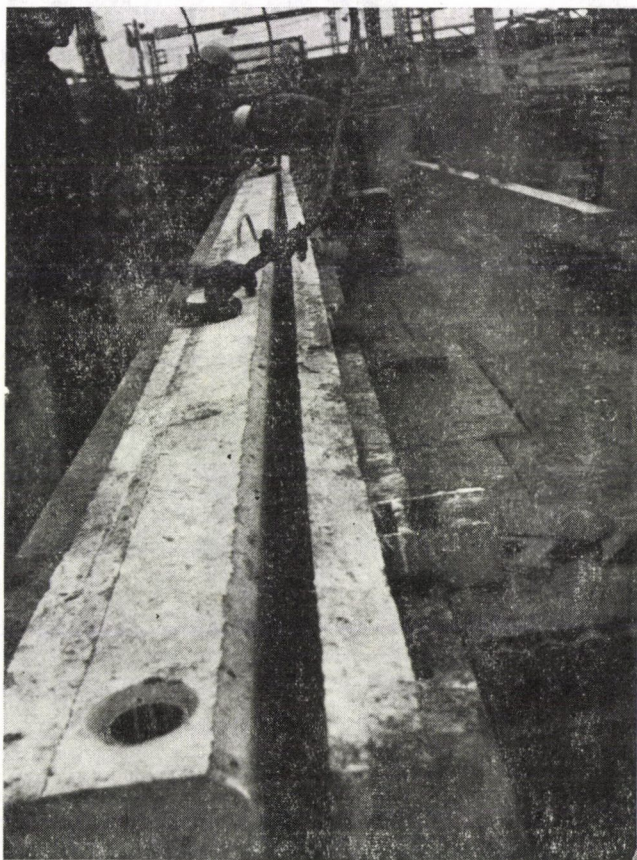
Az aljak felvevőpiaca — legyen szó bármely országról is — fokozatosan telítődik. Ezt elsősorban a fejlett ipari országokban lehet közvetlenül érezni, a SZU-t egyelőre kivéve. A telítődés után az aljmenyiség a fenntartási munkákhoz szükséges mértékűre csökken. Ez nagyságrendekkel kisebb, mint az új pályák aljigénye. A felvevőpiac telítődése, vagy akár a még nem telítődött piac felvevőképességének ingadozása is (ami összefügghet az új vágányok építésének ütemét befolyásoló számtalan tényező akármelyikével), úgy hat vissza az aljgyártó gépsorra, hogy annak folyamatos termelését akadályozza.

Legyen egy országban a vasútépítés tervezett felső határa  $N$  km vágány; ez az új és a felújított vágányhosszt együttesen jelentse. Legyen továbbá a távlati fejlesztés tervezett időtartama  $x_1$  év. Tételezzük fel, hogy a vágányhosszfejlesztés évenként egyenletesen megoszló aljmenyiségeket igényel. Legyen az ország aljgyártó potenciálja  $L$  km/év. Ha a fajlagos aljigény  $\xi$  db/km, akkor az ország éves aljtermelése  $P = \xi \cdot L$  db/év. A termelés és a felvevőpiac között egyensúly akkor van, ha  $N/x_1 = L$ . Legyen az alj átlagos élettartama  $x_2$  év, akkor mindig igaz, hogy  $x_1 < x_2$ . Az egyensúlyt elvileg  $x_1$  évig lehet fenntartani, bár közben elkerülhetetlenül előfordul, hogy átmenetileg  $N/x_1 < L$ , s ez



az aljgyártás egyenletességére nézve mindig hátrányos. A piac felvevőképessége azonban  $x_1$  év után rohamosan csökken, s ez az aljgyár létét fenyegetheti. Ezt hártja el, ha az aljgyártó gépsor *másodlagosan* is többcélú, a korábban említett elsődleges többcélúsághoz képest. A másodlagos többcélúságot illetően támasztott követelmények kielégítésére a hazai gépsor éppen modulusszorzatánál fogva alkalmasabb más eljárásoknál. Az 1. ábráról látható ugyanis, hogy a rúdalakú, betonanyagú tömegcikkék köréből — a mozgóbetétes gyártósablon és kiegészítő gépegyedek révén — az  $5(S \times H)$ ,  $1(S \times 5H)$ ,  $1(S \times 4H)$ ,  $2(S \times 2,5H)$ , vagy  $1(S \times 2H) + 1(S \times 3H)$  modulusszorzat-összegekkel jellemzett variációk mind gyárthatók, még úgy is, hogy  $H_1 = p \cdot H$ , ahol  $1 \leq p \leq 4$ .

A kiegészítő gépegyedek az 5. ábrán látható 2, 3 és 5 jelű segédműveleteknél lépnek be az aljgyártás egyes gépegyedeinek a helyébe. A kiváltott gépek mindaddig nem dolgoznak, amíg a termékváltásra ismét sor nem kerül, ez a termelés szempontjából mindig hosszabb időtartam.

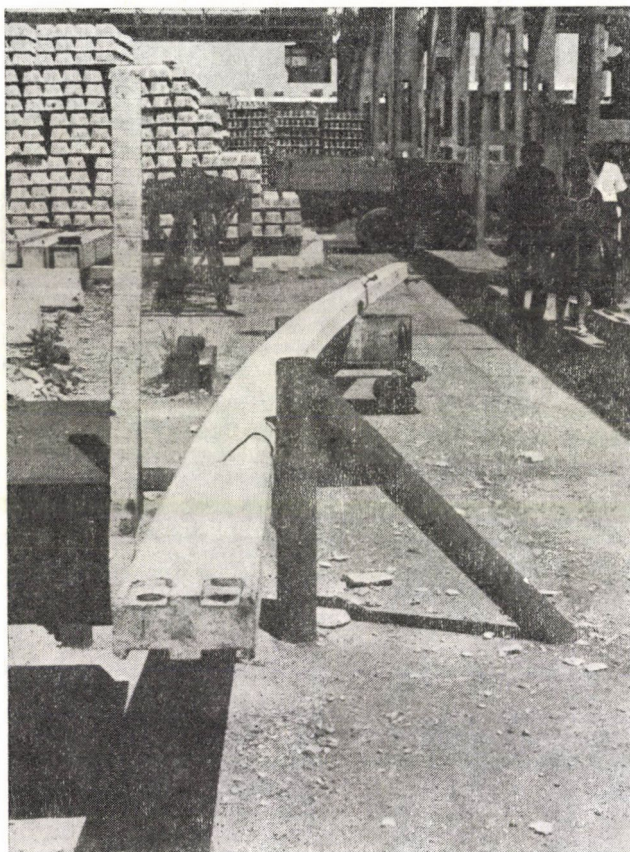


16. ábra. Ugyanabban a teherhordó keretben kicserélt formázóbetéttel készített kísérleti előre-feszített távvezetéki oszlop, véghorgonyzásos feszítéssel



A másodlagos többcélúság elérésére folytatott sok és mindig eredményes kísérleteink közül a távvezetéki, vagy világítási előrefeszített oszlopok termékcsaládját mutatjuk be. Ha az oszlop hossza  $l$ , akkor  $3H \leq l \leq 5H$  hossztartományon belül lehet a gépsort a sablonbetétek cseréjével és a betonacél-feldolgozás módosításával oszloptermelésre átállítani. A 16. ábra egy 10 m hosszú kísérleti oszlopot mutat a kizsaluzás előtt ugyanabban a teherhordó keretben, de saját formázóbetétjében. A 17. ábra a kitűnő eredményeket adott hajlító, illetve roncsolás-vizsgálatok egy fázisát mutatja.

A másodlagos többcélúság a piaci ingadozásoktól úgy mentesíti a gépsort, hogy a beruházásban jelentkező többletköltségek biztosan és gyorsan megtérülnek.



17. ábra. Az elsőosztályú kísérleti távvezetéki oszlop hajlítóvizsgálata. A 10 m hosszú oszlop csúcsának kitérése a képen 0,7 m. Ekkor jelentkeztek rajta az első hajszálrepedések. A képen látható terhelés megszüntetése után még kiegyenesedett

## IRODALOM

1. RATHING: Hazai előfeszített vasbetonalj és gyártása. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest 1952
2. KUTASY—LENGYEL: Az előrefeszített betonalj kialakítása stb. VTKI Évkönyv, KÖZDOK, Budapest, 1957—1960.
3. ZOLOTARSKIJ, A. F.—SZEREBRENNYIKOV, V. V.—BERG, O. JA.—SESZTOPEROV, Sz. V.—VERIGO, M. F.: Zselezobetonnűe spalü. Gosz. Transzportnoe Izdatyelsztvo, Moszkva 1959
4. SZIKSZAY: A feszített betonaljgyártás fejlesztése. *Építőanyag*, (1959), 136—143
5. CSUTOR: A vasbetonalj, különös tekintettel a hazai gyártásra. *Magyar Építőipar*, (1958) 253—258
6. CSUTOR: Feszítőhuzalokkal szerzett tapasztalatok az ÉM. 4. sz. Épületelemgyárban. *Magyar Építőipar*, (1960) 497—499
7. PŘEVOROVSKÝ: Strunobetonové pražce, jejich přednosti a novodobá výrobní technologie. *Železniční doprava i technika*, Praha 1960/4 (Húrbetonaljak, előnyei és új gyártástechnológiájuk).
8. Vasúti Tudományos Kutatóintézet: Első Tudományos Ülésszak. Előadásgyűjtemény, KÖZDOK, Budapest 1961
9. BIHARY: A vasúti betonaljakról. *Közlekedéstudományi Szemle*, (1962) 72—74
10. CSUTOR: A betongőzölés módszerei és berendezései az üzemekben. *Magyar Építőipar* (1962), 403—410
11. BIHARY: Vasúti betonaljak minősítése. *Építőanyag* (1963), 144—152
12. CSUTOR: Újrendszerű késztermékmozgatás vasbetongyárakban. *Magyar Építőipar* (1963), 54—58
13. KHAUT: Vasbetonelemgyárak folyamatos gyártásközi és statisztikus minőségellenőrzéséről. *Magyar Építőipar*, (1963), 59—65
14. CSUTOR: A vasúti betonaljak gyártása Nyugatnémetországban. *Magyar Építőipar*, (1964), 216—224
15. Vasúti Betonalj. A Közlekedéstudományi Egyesület Konferenciáján elhangzott előadások gyűjteménye. Közdok, Budapest 1965
16. Szerzőkollektíva: Vasúti betonaljak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965
17. Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszékének szakértői véleménye „Az alsószolcai feszített-betonaljgyártás technológiájának és a késztermék átadási módszerének felülvizsgálatáról”, I—IV. kötet. Kézirat, Budapest 1965
18. MSZ 4710(1—4)70: Fővasúti előrefeszített vasúti betonalj
19. KUTASY: A feszített betonaljak kialakítása a MÁV-nál és a távlati fejlesztés útja. *Közlekedéstudományi Szemle*, (1965), 185—191
20. KUTASY: Új, progresszív feszített betonalj, acélatétlemmez nélküli sínleerősítéssel. A Vasúti Tudományos Kutatóintézet 1968. évi évkönyve, KÖZDOK, Budapest 1969
21. BÖLCSKEI-DULÁCSKA: Statikusok kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1974
22. IVANOV, G. Sz.: Expluatacionnaja nagezsnosztj i szoversensztvovanyije technologii izgotovlenyija zselezobetonnűch spal. „TRANSPORT”, Moszkva 1974
23. KUTASY: Vorschläge zur Modernisierung der Spannbetonschwelle. Kézirat. Feszített-betonalj szimpózium, Brno 1977
24. Erfahrungen mit SL-Zweiblockschielen im Bahnhof der Köln—Bonner Eisenbahn. *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, (1977), 615
25. A BME Vasútépítési Tanszék tanulmánya a 8. ábrán látható kísérleti alj tárgyában. Kézirat, Budapest 1977

•

**Contributions to the Possibilities for Technical Development of a Production Line for Mass Articles from Concrete.** The author presents some partial results of the technical development of an important exportation article. Complex development means here that the development extends to the whole of the line, that it tries to use the Hungarian results attained in other fields (e.g. automatization, concrete technique, measuring technique), and finally that necessarily it has collective character. Therefore the development is such a synthesis which creates a relationship between the export market and the inland industrial background and stabilizes this mutual relation. At the same time it stimulates both fields, because the requirements of the export market are — independent from us — always high.

**Beiträge zu den Entwicklungsmöglichkeiten einer Maschinenstraße für Massenware aus Beton.** Der Verfasser stellt einige Teilergebnisse der komplex aufgefaßten technischen Ent-

wicklung eines bedeutungsvollen heimischen Exportartikels vor. Unter komplexer Entwicklung wird hier verstanden, daß sich die Entwicklung auf die Maschinenstraße als Ganzes bezieht, andererseits, daß sie sich bemüht die auf anderen Gebieten (z. B. Automatisierung, Beton- und Meßtechnik, usw.) erzielten heimischen Forschungsergebnisse zu benützen. Drittens, hat die Entwicklung notwendigerweise kollektiven Charakter. Deswegen verkörpert sie ein derartiges Bestreben nach Synthese, welches einen Zusammenhang zwischen dem Exportmarkt und dem einheimischen industriellen Hintergrund schafft und diesen wechselseitigen Zusammenhang stabilisiert. Zugleich wirkt dies auf beide Gebiete vielfach stimulierend, denn der Maßstab des Exportmarktes ist — von uns unabhängig — immer hoch.