

## Szabadonszerelt feszítettbeton hidak erőtani számítása számítógéppel

REVICZKY JÁNOS — WELLNER PÉTER

A vasbetont Monier francia kertész használta elsőnek, kb. 120 évvel ezelőtt. A két anyag statikai együttműködését Francois Hennebique francia mérnök dolgozta ki a múlt század végén. Az eltelt 80 év alatt a vasbeton hidak részint szerkezetileg, részint a támaszköz növekedésében fejlődtek. Jelentős lépést jelentett a feszítőkábelek megjelenése, ez tette lehetővé a konzolosan, állványzat nélkül épülő feszítettbeton hidak elterjedését. Napjainkban szerte a világon jelentkezik a munkaerőhiány az építőiparban, ami szükségessé teszi, hogy a hidépítést szereléssé kell fejleszteni. Nagyobb nyílású hidaknál ez állványzat nélkül készített szabadonszerelt hídrendszerrel lehetséges.

Jelentős lépést jelentett a hazai hidépítésben, hogy hosszas tanulmányozás és előkészítő munka után 1969-ben megszületett a döntés, hogy a kunszentmártoni Hármaskörös-híd — Magyarországon először — szabadonszerelt rendszerrel fog megépülni.

### A hídszerkezet ismertetése

A kunszentmártoni Hármaskörös-híd a vízügyi szakvéleményben előírt 214 m szabadon tartandó össznylásnak megfelelően 36,00 + 70,00 + 36,00 m nyílású mederhíddal és 3 × 24 m nyílású ártéri híddal épül. A mederhíd parabolikus kiékelésű, utófeszített előregyártott elemekből szabadonszerelt szerkezet (1. ábra), a Közúti Hídszabályzat szerinti „A” jelű terhelésre méretezve. A híd a 12,00 m teljes koronaszélesség átvezetését biztosítja.

Keresztmetszetét tekintve a szerkezet két szekrénytartóból áll (2. ábra). A szekrénytartó elemek előregyártva készülnek, és helyszíni betonozást csupán a pilléreknél, hídfőknél és a két szekrényt összekötő pálvalemeznél alkalmazunk. A parabolikus kiékelés miatt a szekrénytartó elemek magassága változó. Tekintettel arra, hogy azonos súlyú elemkiképzésre törekedtünk, az elemek hossza a magasságukhoz viszonyítva fordítottan arányos. Az alkalmazott elemhosszak: 2,00—2,50—3,00 és 3,50 m. A legnagyobb súlyú elem 26,5 t. A szekrénytartó elemek és a felszerkezet helyszíni beton részei B 400 minőségű betonból készülnek.

A hídszerkezet feszítését eredetileg 12 db 7 mm átmérőjű kábellel terveztük. A tervezés folyamán azonban bebizonyosodott, hogy ebből a kábellel túl sokat kell alkalmazni, ami a kivitelezést igen megnehezítené. Szükséges volt tehát a hazánkban eddig még nem alkalmazott pászmás kábelek meghonosítása. Amint ennek lehetősége biztosított volt, átterveztük a szerkezetet 12 db T 13 jelű pászmás kábellel történő feszítésre (3. ábra), a kábelüregeket Ø 68 mm-es kábelburkolócsővel képezték ki. A negatív nyomaték felvételéhez szükséges kábeleket a felső lemezben vezetik és a lemez alján kiképzett megvastagításban horgonyozzák le. A pozitív nyomatékok felvételéhez a kábelek az alsó lemezben helyezkednek el, és a

bordákban felhajlítva a híd felső felületén kiképzett fészkekben vannak lehorgonyozva. Egy szekrényben negatív nyomatékra a pillér felett 27 kábel, pozitív nyomatékra a közbelső nyílásban 20, a szélső nyílásban 8 kábel szükséges. Teljesen azonos felszerkezeti tervek alapján fog elkészülni a második szabadonszerelt feszítettbeton híd, a köröstarcsai Kettős-Körös-híd is.

### A hídszerkezet fázisai

Szabadonszerelt hidépítésnél a felszerkezet előregyártott elemei az aléptítménnyel egyidőben elkészíthetők, utána a felszerkezet szerelőipari jelleggel építhető. Az elemek előregyártására, szállítására, ragasztására és szerelésére több módszer lehetséges. Ezekkel most nem foglalkozunk, csupán a szerelés folyamatát nyomon követve tárgyaljuk a statikai számítás fázisait.

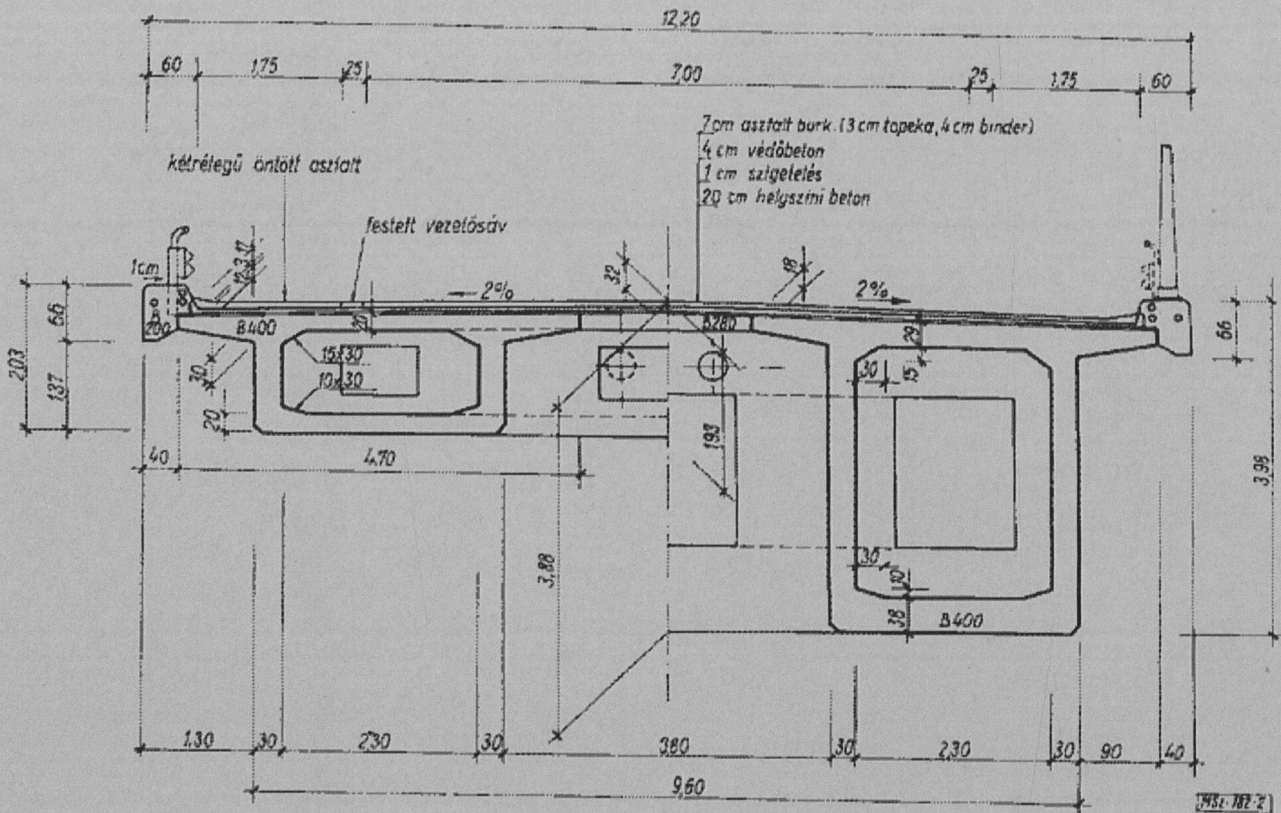
Az aléptítmények és az indító zöm elkészülte után a felszerkezet szerelése a pillér mindkét oldalán egy-egy elem elhelyezésével kezdődik (4. ábra: 0, ill. 1. fázis). Ezeket az elemeket — a konzolon keletkező negatív nyomaték felvételére — a szükséges számú kábellel a felső szál közelében meg kell feszíteni. Első lépésként az így előálló konzolos tartót kell méretezni az illesztésnél és a tőkeresztmetszetben. A feszítéssel a szerkezet „monolitá tétele” megtörtént, ismét elhelyezhetjük mindkét oldalra egy-egy elemet és megfeszíthetjük (4. ábra: 2. fázis). Második lépésként az így megnövekedett konzoltartót kell méretezni, azonban most már nem csak az illesztés helyénél, hanem az előző illesztésnél és a tőkeresztmetszetben is. Minden további elempár elhelyezése után az összes előző illesztésnél és a tőkeresztmetszetben a méretezést el kell végezni (4. ábra: n—1. fázis).

Minden illesztési hézag vizsgálata azért fontos, mert egyrészt ezeken a helyeken a tartó homogén voltát betonacélok nem biztosítják, másrészt ezeken a helyeken jelentős igénybevétel változás van, melyeket több kábelnek egy keresztmetszetben történő lehorgonyozása okoz. Mindezen felül az egymás után történő különböző nagyságú feszítőerők bevitele, azok egymáshatásának számtatása is feltétlenül szükséges, hiszen a későbbi stádiumok vizsgálatához, az összegezett feszültségek megállapításához ezek a feszültség értékek is szükségesek.

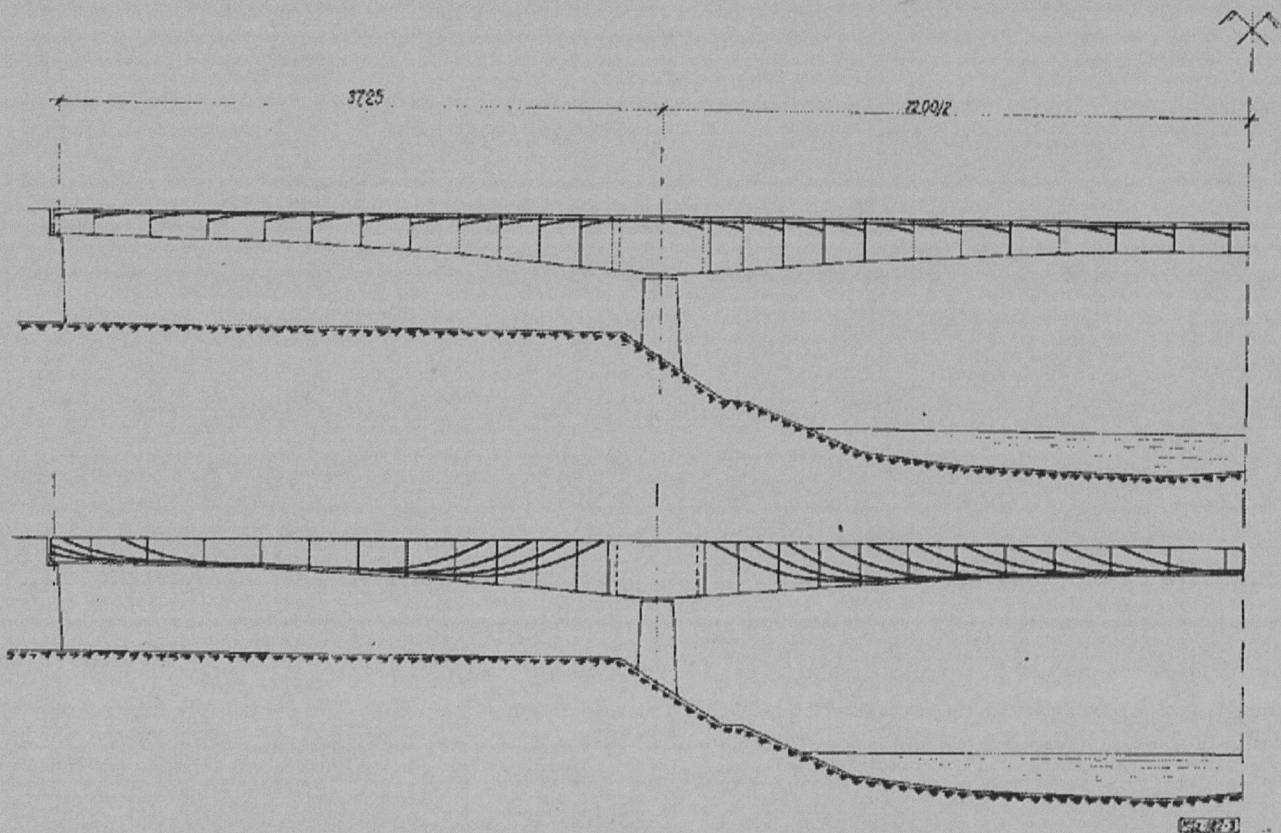
Tekintettel arra, hogy a híd keresztmetszete két szekrénytartóból áll, az egyik szekrénytartó elkészülte után ugyanehhez a pillérhez csatlakozó, párhuzamosan futó másik szekrénytartót is el kell készíteni. Ezután a hídfőnél levő keresztartó betonozása és a nyílásközépen, az alsó szál közelében futó kábelek megfeszítése következik. Ezzel a pillértől kiinduló két konzol, kéttámaszú konzolos szerkezetű alakult (4. ábra n. fázis).

Ugyanezek a munkálatok a másik pillértől indulva is elkészítendőek, így ott is kialakul a kéttámaszú konzolos tartó (4. ábra: [n+1]-től

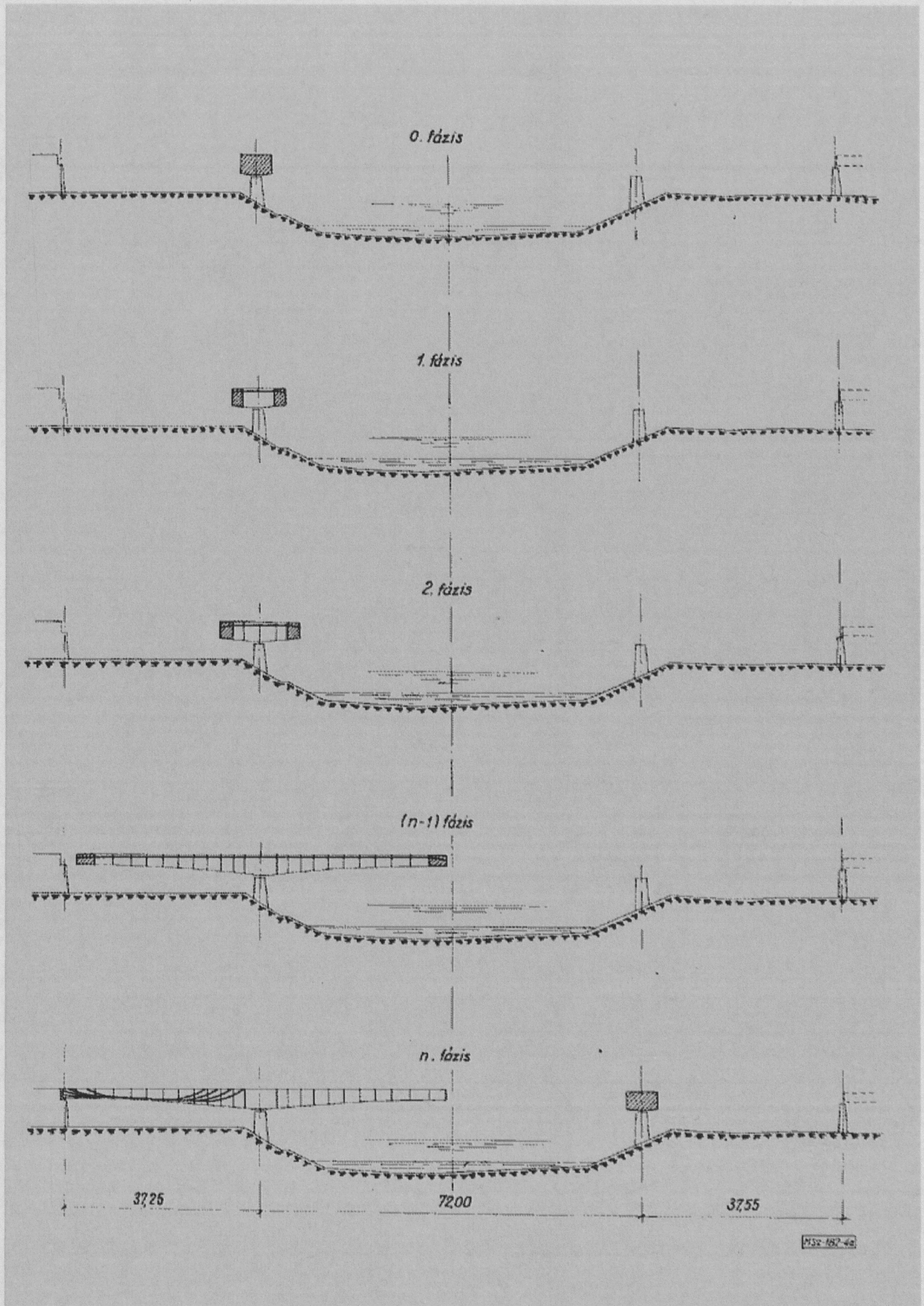


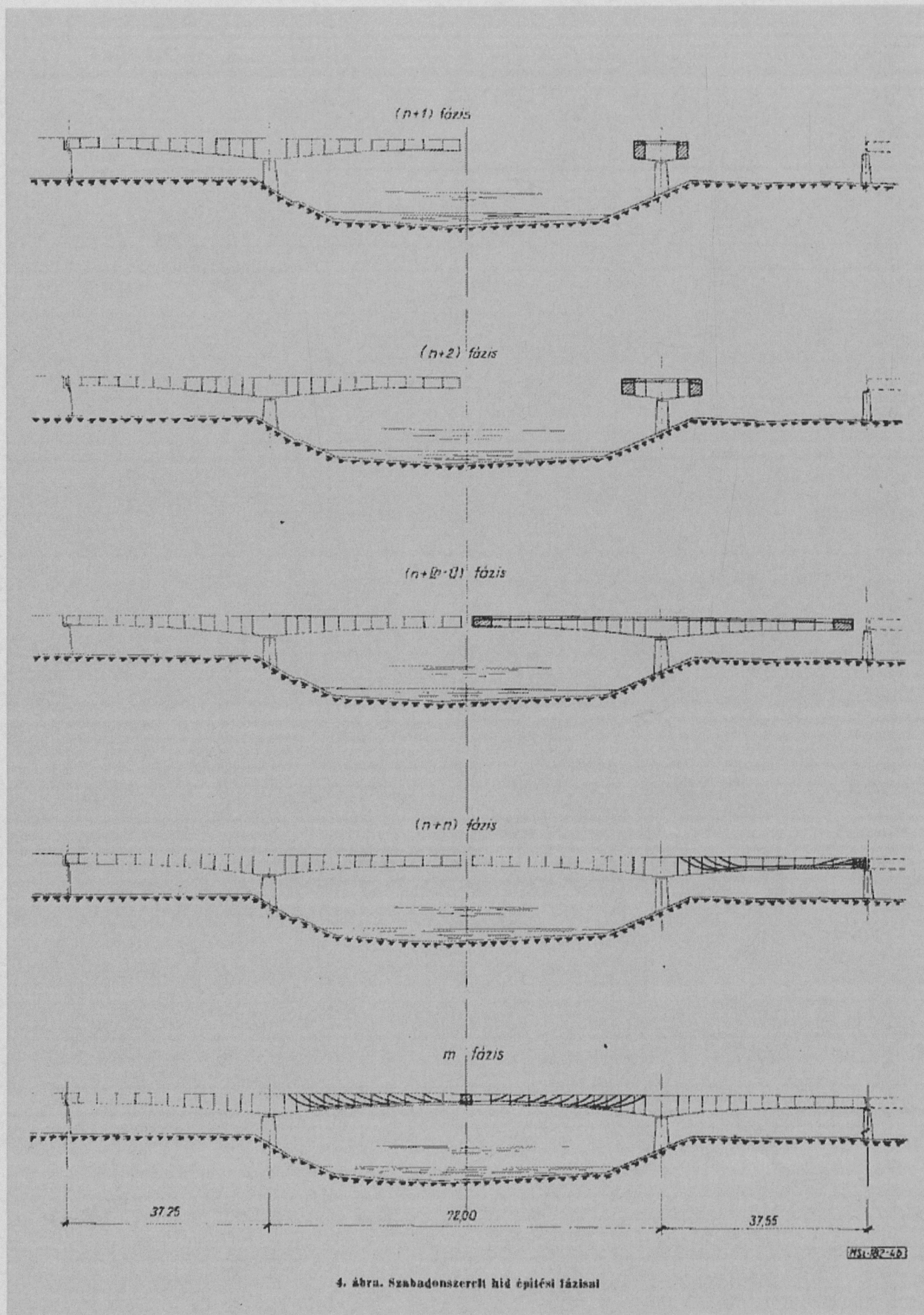


3. ábra. Keresztmetszetek hídközépen és támasznál



3. ábra. Kábelrendezés a negatív és a pozitív nyomatók felvételéhez





4. ábra. Szabadonszereli hid építési fázisai

Ez a nagymennyiségű számítás — melyet a kívánt feszültségi értékek biztosítására többször is meg kell ismételni — oly nagy munka, hogy az a hagyományos módszerekkel rendkívül időigényes.

### A tervezésnél alkalmazott gépi programok

A szabadonszerelt feszített vasbeton szerkezet statikai számítását gazdaságosan csak elektronikus számítógéppel lehetett elvégezni. Ez részben meglévő programok felhasználásával, részben pedig új programok készítésével történt. Az UVATERV által korábban kidolgozott programok közül az alábbiak voltak felhasználhatók:

a) Keresztmetszeti mennyiségek számítása; keresztmetszetek területe, inercianyomatéka és keresztmetszeti modulusai, súlypont távolságok stb.

b) Többitámaszú változó inerciájú tartók hatásábráinak számítása; nyomatéki nyíróerő, támaszsüllyedési és reakcióerő hatásábrák.

A tervezés keretében kidolgozott új számítási programok:

c) *Szerelés-számítás*. Ez megadja minden építési fázisban és minden keresztmetszetben a feszültségi értékeket.

d) *Kábelgeometria számítása*. Ez a program tetzőleges keresztmetszetekben megadja a pozitív nyomaték felvételére szolgáló kábelek minden geometriai adatát (hely, érintő irántangense, hossz stb.).

e) *Kábelvesztések számítása*. Ez a program megadja a d) alatti program alapján a kábelekben a feszítés hatására keletkező feszültségeket.

### A szerelés számítás általános elvei

Az elkészített program nagyszámú elemből szakaszosan készülő, szabadon szerelt feszítettbeton híd szerelési állapotainak statikai számítását teszi lehetővé. Minden elem beépítése után minden illesztési helyen számítja

a) az önsúly és a szerelési terhek által okozott igénybevételeket,

b) az adott fázisban megfeszítésre kerülő kábelek feszültségvesztéseit,

c) a szélső szakaszban keletkező összegezett feszültségeket.

A gépi számítást kétféle módon hajthatjuk végre. Használhatjuk mint *ellenőrző programot*, ez esetben adott kábelszámokkal történik a számítás. Az esetleges feszültségtúllépést az eredmények közlésénél a gép jelzi, de ennek a számításban további hatása nincs. Használhatjuk mint *tervező programot*, ez esetben, ha a megadott kábelszám esetén a feszítésből feszültség túllépés adódik, a gép a program alapján az utolsó fázisban megfeszített kábelek számát 1-gyel csökkenti mindaddig, amíg a feszültségtúllépés megszűnik, vagy a kábelszám egy szerkezeti szintre szükséges és megadott minimumot eléri.

A kábelszám megállapítása e számítás kulcskérdése. Szerelés stádiumában célszerű befeszíteni a később szükséges összes kábelt, de oly módon és elrendezésben, hogy a szerelés egyetlen fázisában

se okozzon káros feszültségeket. A tervező program megadja a legkedvezőbb kábelelrendezést és a feszítési sorrendet is. A két felhasználás közül vezérlőjellel lehet a szükségeset kiválasztani és alkalmazni.

A program eredetileg GIER típusú gépre készült. E kis teljesítményű gépen a kunszentmártoni Körös-híd konzoljának 12 fázisból álló számításához kb. 20 percre volt szükség.

A gépi számítás bemenő adatainak első csoportjába tartoznak azok az általános adatok, amelyek egy konzolra vonatkoznak és az egyes fázisok során nem változnak. A második csoportba a fázisonként változó adatok sora tartozik. Fázis alatt egy elempár beemelését és feszítését értjük.

Az általános adatokat 8 blokkban kell megadni.

*Darabszámok*: a szóban forgó konzolág szerelési fázisainak száma, mely gyakorlatilag megegyezik az elemek számával. Ez a szám vezérli a számítási folyamatok egymásutánját és a számítás végeztével a folyamat leállítását.

Hosszabb kábelek esetén a gazdaságos kihasználás érdekében szükség lehet a visszaeresztés alkalmazására. Ezt bizonyos kerületi feltételek mellett — melyet a számítási mód ismertetése során fogunk tárgyalni — a program tervező megadja. E feltételek számát kell itt megadni.

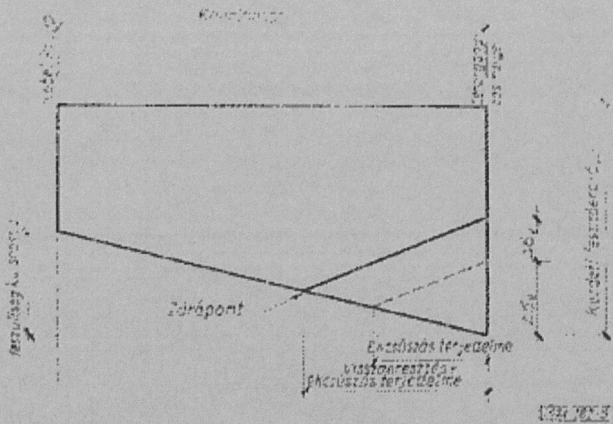
*A beton adatai*: a kockaszilárdság, a megengedett nyomó- és húzófeszültség. Itt a megengedett húzófeszültség megadásánál kell megfontolásokat tenni. Mivel a szerkezet szakaszonként készül, kérdés, hogy a csatlakozó keresztmetszetben mi engedhető meg. Előregyártott elemek műgyantával való ragasztása esetén a kísérletek azt bizonyítják, hogy a törés sohasem a ragasztásnál, hanem amellelt a betonban következik be. A szerelési állapotban megengedhetőnek ítéltük a betonban megengedhető húzófeszültséget meg nem haladó értéket.

Itt kell megadni a törzs-szelvényből (szekrénytartó végigmenő szelvényéből) kinyúló részek, vagyis a lehorgonyzás miatt kialakításra kerülő tömbök súlyát és helyét.

*A feszítőkábel adatai*: az egyes keresztmetszetben minimálisan alkalmazandó kábelek darabszáma, melynek rögzítése a kábelszám megtervezése miatt szükséges. További adatok a szakítószilárdság, az ernyedési határ, az erre vonatkozó csökkentő tényező, a rugalmassági modulus, a súrlódási tényező egyenes és íves kábelszakaszokra, valamint az ékesúsás nagysága, melyek megadása részben szabályzat, részben tervezői döntések alapján lehetséges.

*A szerelő szerkezet adatai*: a már elkészült konzolrészterhelő esetleges terhelés, melynek figyelembevétele 3 erővel és azok helyének megadásával történhet.

*Visszaeresztési táblázat*: Az egyes feszültségkülönbségi intervallumok (a feszítőerő bevitelénél jelentkező, s a súrlódás által legjobban lecsökkentett kábelerő közötti különbség) esetén alkalmazandó visszaeresztés mértéke. A lehorgonyzástól bizonyos távolságra, ahol az ékesúsás hatása már nem jelentkezik, a megengedhetőnél nagyobb fe-



5. ábra. A vízszintesítés hatása

szükségek maradhatnak, ezért szükséges a feszültségcsúcsot (zárópontok) vízszintesítés segítségével a lehorgonyzástól távolabbra helyezni (5. ábra).

**A kábelsorok adatai:** a kábelsorok darabszáma és az egyes sorokban elhelyezhető kábelek száma a helyes sorrend figyelembevételével.

**A főkeresztmetszet adatai:** a konzol kiinduló — befogási — keresztmetszeti adatai.

**A záróelem adatai:** a konzolokat folytatólagos tartóvá összekötő monolit zárótag konzolvégre ható terhelésének nagysága és helye.

**A fázisonként ismétlődő adatok:** egy-egy elem beemeléséhez, feszítéséhez tartoznak, ebből következnek, hogy az adatok fázisonként más-más értékűek lehetnek. Ezek az adatok:

- elem hossz,
- keresztmetszeti terület,
- magasság,
- súlyponti távolság, a felső éltől
- inercianyomaték,
- kiinduló kábelszám,
- kezdeti feszítő feszültség,
- kábel íves szakaszának magassága,
- kábel íves szakaszának hossza,
- egyenes szakasz hossza a lehorgonyzásnál,
- lehorgonyzás szöge (függőleges),
- lehorgonyzás szöge (vízszintes).

Ezek közül egyeseket a tervezés során előre el kell dönteni, másokat előzőleg más programok segítségével ugyancsak számítógéppel lehet számítani. A kiinduló kábelszám egy elképzelt maximális szám lehet, figyelembe véve a későbbi stádiumokban szükséges kábelelőket és a szerkezetiileg elhelyezhető darabszámot.

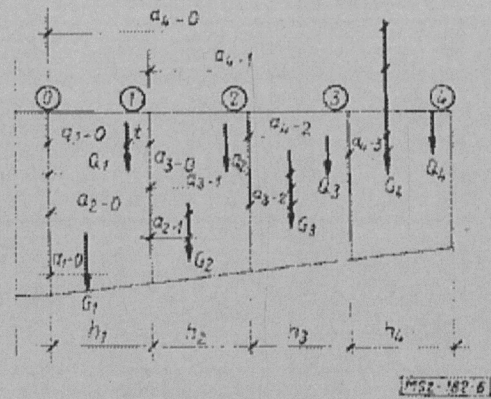
Jelölések tekintetében egy adott fázist „n”-ediknek jelölve, az abban a fázisban beszerelt elemet nevezzük „n”-edik elemnek, a konzol befogási helyétől távolabbi keresztmetszetét mondjuk „n” keresztmetszetnek.

#### A számítás menete

A bemenő adatok alapján először a további számításokhoz szükséges adatokat számítja a gép.

Az elem súlya a megadott keresztmetszeti felületekből:

$$G_n = g \frac{F_{n-1} + F_n}{2} \cdot h_n \quad (1)$$



6. ábra. Geometriai adatok

Itt  $G_n$  jelenti az „n” fázisban beszerelésre kerülő elem súlyát,  $h_n$  az elem hosszát. A számítást folyamatosan végzi a gép, korlátozó feltétel  $0 < n \leq N$ , ahol  $N$  a maximális fázisszám (6. ábra).

Hasonló elven számítható az elem súlypontjának vízszintes helyzete:

$$c_{n-(n-1)} = \frac{h_n}{4} \frac{F_{n-1} + 2\sqrt{F_{n-1}F_n} + 3F_n}{F_{n-1} + \sqrt{F_{n-1}F_n} + F_n} \quad (2)$$

A számítás elvégzéséhez szükség van valamennyi elem súlypontjának minden előzően beszerelt elemhatártól mért távolságára:

$$a_{n-x} = \left[ \sum_{i=x-1}^{n-1} h_i \right] + a_{n-(n-1)} \quad (3)$$

Korlátozó feltételek:

$$1 < n \leq N \\ 0 \leq x < n - 1$$

A terhelés és geometriai adatok ismerete után számíthatók az önsúly nyomatékok:

$$M_{gx}^n = - \sum_{i=x-1}^n G_i a_{i-x} - Q \sum_{i=x+1}^n q_i a_{i-x} \quad (4)$$

Az  $M_{gx}^n$  jelenti az „n”-edik fázisban beszerelt elem hatására az „x” keresztmetszetben keletkező önsúly nyomatékot.

A  $0 \leq x < n$  korlátozó kifejezés biztosítja az összes szükséges nyomatéki érték számítását.

A  $Q, q$  értékpárokból az elem olyan súlyrészének nyomatékát számítjuk, amely súly nem az elem teljes hosszán jelentkezik (pl. a lehorgonyzó tömb súlya).

A fázisonkénti számítások másik nagy csoportja a feszítéssel kapcsolatos. A bemenő adatok alapján ismert a kezdeti feszítő feszültség, de itt már követni kell a veszteségeket és figyelembe kell venni a kábelek egymásra hatását is.

A gépi számítás lehetővé teszi, hogy a tényleges kábelhossz (és nem a vízszintes vetület) mentén számítsuk a veszteséget annyi helyen, ahány elemhatárnál a kábel szerepel. A veszteség számítás a Közúti Hídszabályzat G 2.52 pontja szerint programozott. A kezdeti feszítő feszültséget  $\sigma_{pk}$ -val jelölve a veszteség:

Ugorjon a következő oldalra

$$|\sigma_{xx}^n = -\sigma_{vk} [1 - e^{-(kx^n + m_n)}], \text{ ha } 0 \leq x < n \quad (5)$$

$$\Delta\sigma_{xx}^n = 0, \text{ ha } x = n.$$

Ékesúszás és visszaeresztés hatásának számítása előtt először az ékesúszás hatásának terjedelmét ( $C_n^n$ ) határozzuk meg. (W. Herberg: Feszített beton I.)

$$C_n^n = \sqrt{\frac{E_a z_0^n \Delta E}{1,25 \Delta \sigma_{s0}^n}} \quad (6)$$

ahol  $\Delta E$  = az ékesúszás nagysága  
 $E_a$  = a kábelayag rugalmassági modulusa  
 $z_0^n$  = a kábelhossz.

Visszaeresztés nem szükséges ha  $c_n^n > z_0^n$

Ha  $c_n^n < z_0^n$ , akkor a visszaeresztés mértékét a program kiválasztja a megadott adatok alapján, majd számítja a visszaeresztéshez tartozó elmozdulást, melynek értéke

$$\Delta v^n = \frac{\Delta \sigma^n C_v^n}{2 E_a} \quad (7)$$

A visszaeresztés és ékesúszás hatására bekövetkező teljes elmozdulás

$$\Sigma A^n = \Delta E + \Delta v^n \quad (8)$$

Az összes elmozdulás hatásának terjedelme (6) alapján:

$$\Sigma C^n = \frac{E_a z_0^n \Sigma A^n}{1,25 \Delta \sigma_{s0}^n} \quad (9)$$

A feszültségveszteségek értéke a lehorgonyzási keresztmetszetben (7) felhasználásával:

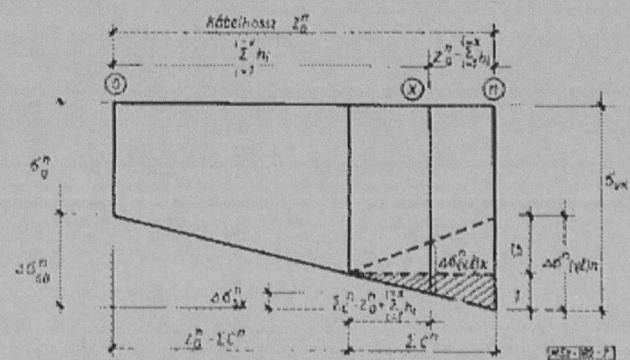
$$\Delta \sigma_{(v, E)_n}^n = \frac{2 E_a \Sigma A^n}{\Sigma C^n} \quad (10)$$

A többi keresztmetszetben ( $0 < x < n$ ), ha

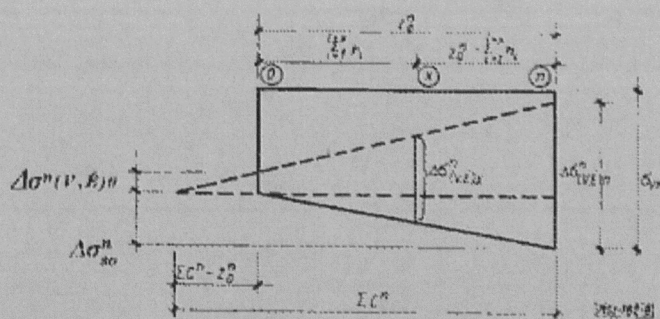
$$\Sigma C^n \leq Z_0^n$$

(7. ábra)

$$\Delta \sigma_{(v, E)_{xx}}^n = \Delta \sigma_{(v, E)_n}^n \frac{\sum C^n - Z_0^n + \sum_{i=1}^x h_i}{\sum C^n} \quad (11)$$



7. ábra. Ékesúszás és visszaeresztés hatása, ha  $\Sigma C^n < Z_0^n$



8. ábra. Ékesúszás hatása, ha  $\Sigma C^n > Z_0^n$

ha

$$Z_0^n - \sum C^n < \sum_{i=1}^x h_i$$

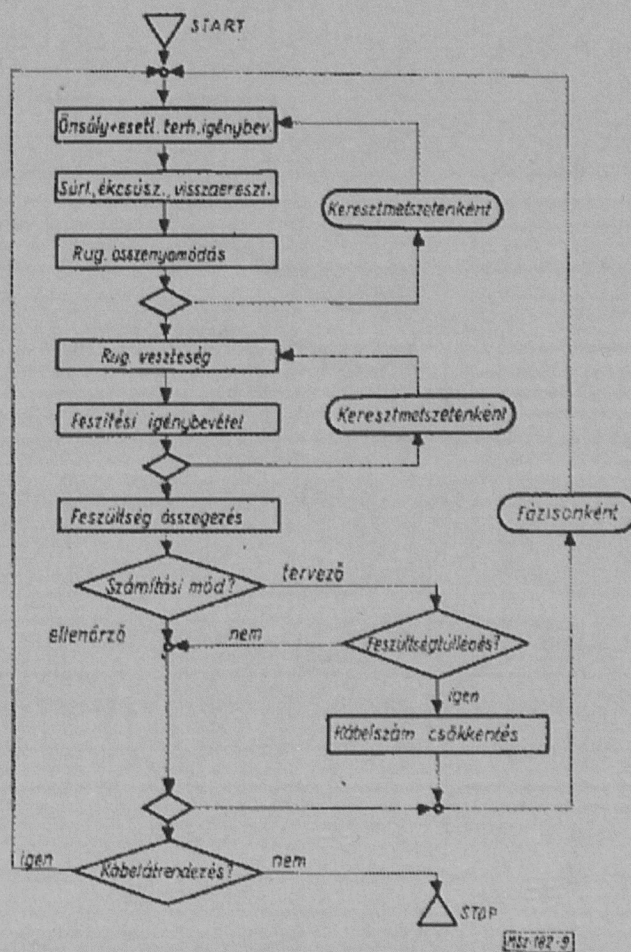
és

$$\Delta \sigma_{(v, E)_X}^n = 0, \text{ ha } Z_0^n - \sum C^n \cong \sum_{i=1}^x h_i$$

Ha a hatás a teljes hosszra kiterjed:

$$\Sigma C^n > Z_0^n$$

akkor a 8. ábra alapján:



9. ábra. A gépi számítás folyamatábrája



## SZABADON SZERELT FESZÍTETT HÍD

UVATERV

SZABADON SZERELT FESZÍTETT BETON HID 95044

## 7. FAZIS

BETON ADATAI		FESZITOKABEL ADATAI		ESETLEGES TEHER ADATAI	
ELEM HOSSZA:	3,000	KEZDETI FESZÜLTSEG:	125 000	A REAKCIOERO:	0,000
ELEM SÜLYA:	27,957	IVES SZAKASZ MAGASSAGA:	0,160	B REAKCIOERO:	0,000
KERESZTMETSZETI TERULET:	3,061000	IVES SZAKASZ VEGPONTJA:	1,680		
KERESZTMETSZET MAGASSAGA:	2,800	VEGSO EGYENES SZAKASZ HOSSZA:	0,500		
SÜLYPONT MAGASSAGA:	1,088	LEHORGONYZAS HAJLASSZÖGE:	10,000		
INERCIANYOMATEK:	3,070800	LEHORGONYZAS VIZSZINTES SZÖGE:	0,000		
		MAX. SÜRLÖDASI VESZTESEG:	18 967		
		VISSZAERESZTESI FESZULTSEG:	0		
		VISSZAERESZTESI ELMOZDULAS:	0,000		
		VISSZAERESZTES TERJEDELME:	8,222		

FESZITOKABEL

SZERELOKABEL

DARABSZAM: 3  
KABELSÜLYPONT: 0,227

0  
0,000

KM, JELE	FESZULTSEGVESZTESEGEK			KABELFESZULTSEGEK		ÖSSZEGZETT FESZITOERO			ONSÜLY NYOMATEK	FELSO SZALFESZULTSEG			ALSO SZALFESZULTSEG		
	SURL, EK, VE,	KUSZASI	RUGALMAS	FESZITO	SZERELO	HELY	NAGYSAG	NYOMATEK		FESZITES	ÖNSÜLY	ÖSSZES	FESZITES	ÖNSÜLY	ÖSSZES
0	18 967	2 000	349	103 684	0	0,245	1 722,1	1 816,4	-1 493,7	-1 017	462	-555	193	-533	-340
1	18 446	2 000	349	104 205	0	0,245	1 698,7	1 797,0	-1 370,8	-1 006	425	-581	191	-488	-297
2	16 565	2 000	349	106 086	0	0,244	1 461,6	1 547,5	-972,7	-866	302	-564	165	-346	-181
3	14 651	7 053	349	102 947	0	0,243	1 127,9	1 195,8	-646,2	-669	200	-468	128	-230	-102
4	13 866	7 249	349	103 537	0	0,241	901,2	957,1	-391,4	-535	121	-413	103	-139	-37
5	20 357	2 000	349	102 294	0	0,236	564,1	480,8	-175,2	-355	62	-293	84	-98	-14
6	25 088	2 000	349	97 563	0	0,227	330,7	284,9	-45,7	-209	16	-193	51	-25	25

KM, JELE	ES TERH. NYOMATEKA	ÖSSZEGZETT		ZSUG. L. A. NYOMATEK	ÖSSZES LEHAJLAS NYOMATEK	ZSUGORODAS ES LASSU ALAKVALTOZAS OKOZTA ATLAGOS FESZULTSEGVESZTESEG
		FELSO F.	ALSO F.			
0	0,0	-555	-340	-1,3	321,4	0,000
1	0,0	-581	-297	-1,3	424,9	0,000
2	0,0	-564	-181	-1,2	573,6	0,000
3	0,0	-468	-102	-0,9	548,7	-0,002
4	0,0	-413	-37	-0,7	565,0	-0,004
5	0,0	-293	-14	-0,4	305,2	-0,009
6	0,0	-193	25	-0,2	239,0	-0,015
7	0,0	0	0	0,0	56,1	-0,021

10. ábra. A gépi számítás eredménye

Ugorjon az előző oldalra

$$\begin{aligned}
 A\sigma_{(V E)x}^n &= \\
 &= \frac{\sum C^n - Z_0^n + \sum_{i=1}^n h_i}{\sum C^n} + \\
 &+ \frac{A\sigma_{x0}^n \sum_{i=1}^x h_i}{z_0^n} \quad (12)
 \end{aligned}$$

A feszítőacél ernyedéséből (relaxációjából) származó veszteség számítását attól függően végzi a program, hogy hogyan viszonylik az uralkodó feszültség a  $\sigma_e$  ernyedési határhoz. Ha  $\sigma < \sigma_e$  akkor az ernyedési veszteséget a szabályzat szerinti 200 kp/cm<sup>2</sup> értékkel veszi figyelembe.

Ha  $\sigma > \sigma_e$  a veszteséget az alábbi képlet szerint számítja (Közúti Hídszabályzat Tervezet)

$$A\sigma_{ex}^n = -0,5 \frac{\sigma_x^n}{\sigma_{ex}} - 0,2 \sigma_x^n \quad (13)$$

A szükséges összehasonlítást a gép végzi el.

Az összes veszteség meghatározása és összegezése után számítható a hatásos feszítő erő, majd pedig a feszítő erőből és terhelésekből a szélső szálaban keletkező feszültségek ( $0 \leq x < n$ ):

$$\Sigma \sigma_{x(\text{felső})}^n = \frac{S_x^n}{F_x} + (M_{fx}^n + M_{gx}^n) C_{x(\text{felső})} \quad (14)$$

$$\Sigma \sigma_{x(\text{alsó})}^n = \frac{S_x^n}{F_x} + (M_{fx}^n + M_{gx}^n) C_{x(\text{alsó})} \quad (15)$$

A szélső szálabban keletkező feszültségek megállapítása után összehasonlítást kell tenni a megengedett feszültségekkel, majd ennek eredménye alapján döntéseket kell hozni a további teendőket, illetően.

Ha

$$\Sigma \sigma_{x(\text{felső})}^n < \sigma_{bfij},$$

vagy

$$\Sigma \sigma_{x(\text{alsó})}^n > \sigma_{b/h},$$

akkor a tervező program a kábelszámot csökkenti 1-gyel, s a számítását addig ismétli, míg a feszültségek megfelelő értékűek lesznek vagy a kábelek darabszáma eléri a megadott minimális értéket.

A program számítja az esetleges jellegű terhekből keletkező feszültségeket is. Ezeket összegezi az előbbieken megállapított feszültségekkel.

Amennyiben ez az állapot mértékadó lenne, s a feszültségek túllépnék a megengedett értéket

$$\Sigma \sigma_{x(\text{felső})}^n > \sigma_{bfh}$$

vagy

$$\Sigma \sigma_{x(\text{alsó})}^n < \sigma_{b/h}$$

akkor a program kiírja: KEVÉS A KÁBEL, SZERKEZETI VÁLTOZTATÁS SZÜKSÉGES.

Utolsó lépésként, amennyiben a helyes kábelszám megállapítást nyert, a program szerint a gép úgy rendezi a kábeleket, hogy a felső sor lehetséges helyeit tölti meg először abból a megfontolásból, hogy a szélső szálab közelében levő kábelek a hatékonyabbak. Az átrendezett kábelekkel a számítás ismét elvégzi a gép s így a végleges feszültségeket kimutatja.

A számítás menetét a 9. ábra szerinti blokkdiagram szemlélteti. (Összeállították: Balázs Egon és Erdősy Miklós okl. mérnökök.) Az eredményeket a 10. ábra szerint adja meg a gép.

A számítási program alkalmazásának kérdései

Gondos adat megadással és az adatok csoportosításával a programot meglehetősen széles körben lehet alkalmazni. Nem jelenti ez azonban azt, hogy minden szabadon szerelt híd bármely rész megoldás esetén a programmal számítható.

Mind a kivitelezési, mind pedig a tervezési szempontok megkívánják, hogy bizonyos ideig maradjunk egy alap gondolat mellett, s ne akarjunk minden egyes hídnál új, eltérő részletmegoldásokat kitalálni. Egy idő elteltével, a tapasztalatok alapján szükségessé fog válni több-kevesebb változtatás végrehajtása, a fejlődés során eljutunk oda, hogy a jelenlegi programot át kell alakítani. A természetes erkölcsi kopás előbb-utóbb követelni fogja a rekonstrukciót, addig az észrevételeket, javaslatokat gondosan gyűjteni kell.

Amennyiben valaki mégsem tudná elképzeléseit a program segítségével számítani, a következő lehetőségek között választhat:

- közelítéseket alkalmaz, amelyek után a program felhasználható,
- változtatja az elképzeléseit,
- új számítási programot dolgoz ki. Ez esetben minimálisan 1 év munkájára van szükség.

Az utóbbi esetben feltétlenül szükséges, hogy egymást mindenben odaadóan segítő munkatársak álljanak rendelkezésre. Közös munkánkban való sikeres közreműködésükért ezúton is köszönetünket fejezzük ki Balázs Egon okl. mérnöknek, aki az ismertett program előállításának alkotó részese volt, valamint Jancsó Ferencnének, az UVATERV Számítógépesítési Osztály vezetőjének és Erdősy Miklósnak, helyettesének, akik mind az alkotómunkában, mind pedig az eredményt biztosító körülmények megteremtésében munkatársainkkal együtt hathatós segítséget nyújtottak.

TRODALOM

- [1] W. Herberg: Feszített beton.
- [2] Reviczky János: Az új kunszentmártoni Hármaskörös-híd tervezése. UVATERV Műszaki Közlemények 1972/1. 43-49. oldal.
- [3] Erdősy Miklós: Szabadon szerelt hidak szerelése, számítása elektronikus számítógépen. Előgyártás a mélyépítésben konferencia. Tanulmányok I. 335-344. oldal.
- [4] Wellner Péter—Reviczky János—Balázs Egon: Szabadon szerelt feszítettbeton hidak szerelésének számítása. UVATERV kiadvány.