



Szánthó Pál:

ELEKTRONIKUS SZÁMÍTÓGÉP A HÍDTERVEZÉS SZOLGÁLATÁBAN

Az utóbbi években az elektronikus számítógép egyre tágabb teret hódít a hídszerkezetek tervezésében is. Ma már több olyan program áll rendelkezésünkre, amelynek segítségével hosszadalmas és bonyolult számítások viszonylag rövid idő alatt, az eddiginél lényegesen nagyobb pontossággal készíthetők.

A kezdeti időszak tapogatózó lépései után az elektronikus számítógép első nagyobb jelentőségű konkrét alkalmazására az UVATERV Hídirodáján a pozsonyi Duna-híd tervezésével kapcsolatban került sor. (A műtárgy tervezésében az UVATERV 1966—67-ben közreműködött, de egy későbbi nemzetközi megállapodás értelmében a hidat végül is csehszlovák vállalatok építik.) A statikailag hatszorosan határozatlan, ferde kábeles híd igénybevételeinek számítása olyan óriási feladatot rótt a tervezőkre, hogy célszerű volt megkísérelni a számítási műveletek áttűntetését elektronikus számítógépre. Különösen az építés alatti állapot vizsgálata jelentett nagy feladatot, hiszen minden egyes szerelési fázishoz más és más statikai rendszer tartozott. Bonyolította a számítási feladatot az is, hogy a ferde kábelek hosszváltozása, ami az egész tartórendszer alakváltozására döntő befolyással van, a kábelekben uralkodó mindenkor feszültségállapot nem lineáris függvénye, következésképpen a feltételi egyenletrendszerek sem lineárisak. Megoldásuk hagyományos iterációs módszerrel azonban rendkívül hosszadalmas és munkáigényes.

Az utóbbi évek fejlődése már ilyen irányú. A programok matematikai modelljének kidolgozásánál azonban komoly nehézséget jelent az, hogy felül kell vizsgálni az eddig használt és már jól bevált számítási rendszereket, és megkeresni azt a megoldást, amely az elektronikus számítógép adottságainak a legjobban megfelel. Egy egyszerű

példával a keresztmetszeti adatok számításánál megmutatjuk, hogy ez néha jelentősen eltér a hagyományos módszerektől.

A következőkben a hazai problémákkal kapcsolatban röviden utalunk néhány külföldön már jól bevált tervezési módszerre és gyakorlatra.

E cikk keretében nem térünk ki az elektronikus számítások alábbi, főleg technikai jellegű kérdésére:

a számítógép-rendszerek és azok üzemeltetése;

a programozás technikája és a programnyelv;

a programoknál felhasznált számítási módszerek.

Az általános kérdések tárgyalása után két kiválasztott program rövid ismertetésével a hagyományos és az új számítási módszer közötti eltérés néhány jellemző vonására mutatunk rá.

Távlati célok és megvalósítandó feladatok

Az elért eredmények ismertetése és a közeljövő reális feladatainak áttekintése előtt röviden összefoglaljuk az elektronikus számítógépekkel szemben a hídszerkezetek tervezése terén kitűzött távlati célokat, amelyek egy része talán ma még utópiának tűnhet, és amelyeknek csupán részleges megvalósításához is hosszú évek kemény munkája szükséges.

Távlati célnak olyan komplex számítási programok kidolgozása tekinthető, amelynek segítségével egy-egy hídszerkezet teljes statikai számítása, méret- és anyagkivonata, valamint költségvetése elkészíthető. A számítási eredményeket olyan formában kell rögzíteni (rajz, táblázatok, szöveges utasítás stb.), hogy azok a műtárgy megépítésénél közvetlenül felhasználhatók legyenek. E programokba optimumszámítási feladatokat is be kell

iktatni, hogy a műtárgy az adott paraméterek mellett a leggazdaságosabban legyen megvalósítható.

Természetesen nem gondolunk itt arra, hogy egyes járulékos hídszerkezeti elemek (korlát, saru, dilatációs szerkezet, víznyelő, cölöp stb.) terveit valaha is elektronikus számítógéppel készíttessük el. Ezekhez megfelelően kidolgozott típus- vagy iránytervek szükségesek, amelyeknek fő paraméterei azonban a számítási programokba szintén beépíthetők.

Megjegyezzük, hogy Franciaországban hasonló céllal a hídtervezés számos ágazatában úgynevezett „dossier pilote”-okat (iránytervek) dolgoztak ki, amelyek egységes irányelvül szolgálnak valamennyi tervező számára [3].

Figyelembe véve az elektronikus számítógépek és számítási rendszerek hazai fejlettségi fokát, pillanatnyilag az látszik célszerűnek, hogy egy-egy nagyobb feladatot több kisebb lépésben oldjunk meg, és olyan részprogramok készüljenek, amelyek önállóan is használhatók, de később egy közös programláncba összekapcsolva komplex feladatok megoldására is alkalmasak. A „dominó-rendszer”-ben kidolgozott részprogramok egyszerre több programlánc tagjai is lehetnek.

A statikai programok áttekintése

A számítóprogramok eredetüket tekintve két csoportba oszthatók:

a) a számítógéphez tartozó eredeti, vagy egyéb idegen számítóközpont által kidolgozott program;

b) a számítóközpont saját programjai.

Az elsőbe csupán néhány általános jellegű, főleg matematikai program sorolható (pl. lineáris egyenletrendszerek megoldása stb.). Az UVATERV használatában levő statikai programok nagyrésze a második csoportba tarto-

zik. Ennek oka az, hogy a speciális szabályzati előírások miatt statikai programokat más számítóközponttól változtatás nélkül átvenni gyakorlatilag lehetetlen. Ez nemcsak a hazai, de a külföldi számítóközpontokra is vonatkozik. Idegen programok átdolgozására pedig egyetlen programozó sem vállalkozik szívesen.

Ez a gyakorlatban azt jelenti — legalább is a fejlődés jelenlegi szakaszában — hogy a hídszerkezetek statikai számításával kapcsolatos programokat a vállalatnak teljes egészében saját erőből kell elkészítenie.

A programok felhasználás szempontjából ugyancsak két csoportba sorolhatók:

- általános használatra szánt programok;
- speciális célú programok.

Általában arra kell törekedni, hogy egy program minél általánosabb és minél többször felhasználható legyen.

A szabvány- és mintatervekhez hasonlóan sokkal gondosabb előkészítést igényelnek az általános használatra szolgáló programok, mint az egyediek.

Eddig mintegy 25—30 statikai jellegű program készült el, közülük a leggyakrabban használtokról részletes programleírás került kiadásra (1. táblázat).

Teljes egészében elektronikus számítógéppel készült a „Táblázatok merőleges közúti hídpályalemezek igénybevételeinek meghatározásához” c. segédlet is. Ez különféle megtámasztású és oldalviszonyú, 2—20 m támaszközű lemezek igénybevételeit tartalmazza a Közúti Hídszabályzat szerinti „A” és „B” terhelésre. A segédlet második kiadása 44 egész oldalas táblázatot tartalmaz.

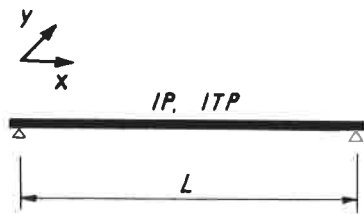
A számítóprogramok kidolgozásának menete

Bonyolult munkafolyamatokon keresztül lehet eljutni az alapkoncepciótól a működőképes programig. Ennek főbb munkafázisai a következők:

- a számítási feladatok szabatos meghatározása;
- matematikai analízis: a szóba jöhető számítási módszerek összehasonlító vizsgálata, a számítás elvi felépítése és minden részletre kiterjedő matematikai modell elkészítése;
- adatszolgáltatási és eredménylapok megszerkesztése;
- gépi program elkészítése;
- program ellenőrzése, próbafuttatás;
- programleírás készítése;
- tervezési utasítás készítése.

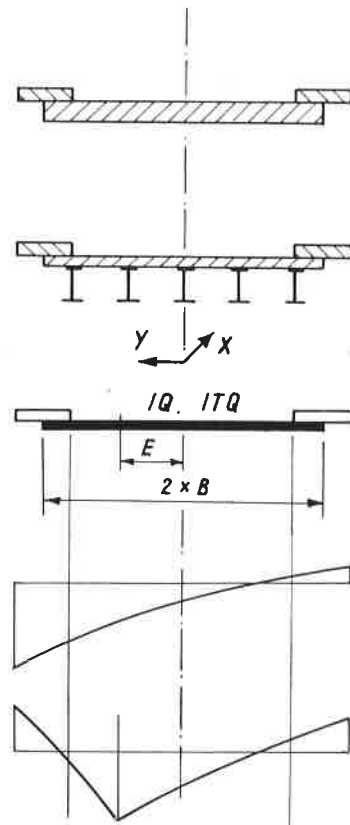
E cikk keretei nem teszik lehetővé,

1. ábra A tartó statikai vázlata



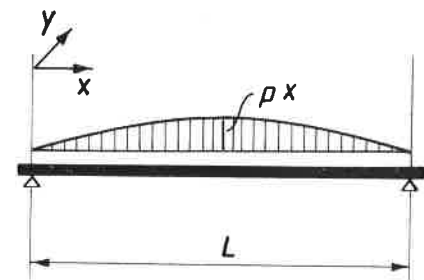
Hosszirányú nyomaték kereszteloszlási hatásábrája η

Keresztirányú nyomaték kereszteloszlási hatásábrája μ



hogy részletesen foglalkozunk a számítóprogramok kidolgozásának minden problémájával, csupán azok névelikéhez fűzünk megjegyzést.

A számítási program alapja a gondosan összeállított matematikai modell. Ennek kidolgozásánál figyelembe kell venni, hogy a gép csak parancsokat hajt végre, de gondolkodni nem tud. Egy angol szerző találóan jegyezte meg, hogy helytelen a számítógépeket elekt-

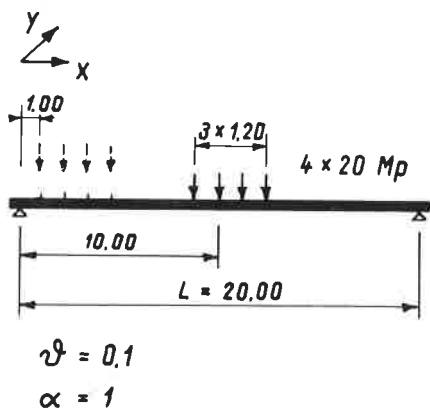


2. ábra Terhelés vázlata

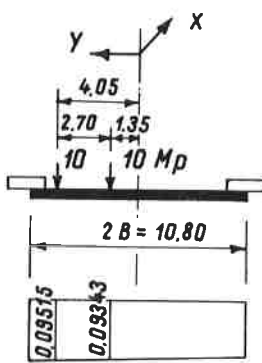
Főbb statikai programok áttekintése

1. táblázat

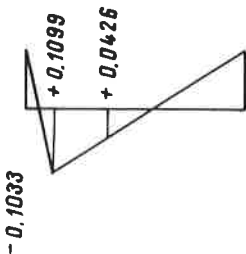
Témaszám	Jel	Megnevezés
HID-11.	ME-LE 69	Merevített szegélyű lemezhidak nyomatékainak számítása
HID-12.	SZA-LE 69	Szabad szélű lemezhidak nyomatékainak számítása Hasznos terhelések számítása Guyon—Massonet módszerével
HID-21.	GUY-MA 70	I. rész. Hatásábrák alapértékének számítása
HID-22.	KÉ-TÁM 70	II. rész. Kéttámaszú hídszerkezetek igénybevételei
HID-23.	RATT 68	Rugalmas alátámasztású többtámaszú tartó
HID-31.	INER A 70	Keresztmetszeti adatok számítása
HID-9.	INER B 70	Folytatólagos, többtámaszú, homogén betontartó keresztmetszeti adatainak meghatározása



(ν)



(μ)



3. ábra Számpélda kiinduló adatai

ronikus agynak nevezni, inkább „elektronikus idióta” lenne a helyes kifejezés, hiszen a gép a legostobább munkatárs, akivel valaha is együtt dolgozott. Az elektronikus számítógépek csak azt tudják elvégezni, amire utasítást kaptak, ezt viszont szédületes gyorsasággal és pontossággal, beleértve a programban és adatokban található esetleges pontatlanságokat és sajtóhibákat is. A gép használóit rendkívül sok mechanikus munkától kíméli meg, de a gondolkodás alól nem szabadít fel. Az elektronikus számítógépek létezése előtt arra törekedtek, hogy a megoldandó egyenletrendszer lehetőleg kevés számú ismeretlent tartalmaz-

zon, és olyan egyszerűsítő feltevéseket vezettek be, amelyek segítségével a feladat lehetőleg egyszerűen és kevés számítás munkával volt megoldható. A matematikai analízissel kapcsolatban az elektronikus számítógépek más problémákat vetnek fel. A kidolgozott program lehetőleg minél több egymástól eltérő tartórendszer megoldásához legyen felhasználható, és ennek érdekében a matematikai modellnek is lehetőleg általános jellegűnek kell lennie. Az ismeretlenek száma vagy a számítási munka mennyisége másodrendű kérdéssé degradálódik. A statikai problémák megoldásában nagy szerep jut a mátrixszámításnak.

Segítségével a feladatok jól áttekinthető formában oldhatók meg. Az iterációs módszerek ugyancsak jól alkalmazhatók az elektronikus számításokban, mert az ismétlődő számítási műveletek könnyen programozhatók.

Ami az adatszolgáltatási lapokat illeti, törekedni kell a világos, egyértelmű és áttekinthető adatközlésre. A legtöbb hiba éppen az adatok összeállításánál szokott előfordulni, ezért célszerű azokat — az adatszolgáltatótól függetlenül — ellenőrizni.

Az eredménylapok összeállításánál arra kell törekedni, hogy csak a feltétlenül szükséges adatok kerüljenek kinyomtatásra. A kiírási utasítást úgy célszerű megadni, hogy a gépből kijövő adatok lehetőleg táblázatos formában, minél tömörebben legyenek kinyomtatva. A magyarázó szövegeket is világosan és tömören kell megfogalmazni. A későbbi ellenőrzések lehetővé tételére a bemenő adatok közül ki kell nyomtatni mindazokat, amelyek más módon nem ellenőrizhetők.

A programokat a kidolgozás során ellenőrizni kell. Célszerű minél több kontrollszámítást magába a programba beépíteni. Az ellenőrzés jól megválasztott próbapéldákkal történhet, melyeket többnyire hagyományos úton számítanak. Előfordul azonban, hogy az ellenőrzéshez egy másik programot használnak fel, természetesen csak olyat, amelyik az eredetitől független. A szűrőpróbaszerű ellenőrzésen kívül az eredmények grafikus ábrázolása is jó ellenőrzési lehetőséget nyújt.

A tervezőmérnöknek ezért a gép által szolgáltatott eredményeket mindig kellő kritikával kell fogadnia és azokat — legalábbis nagyságrendileg — saját számításaival össze kell hasonlítania.

A programleírásban közölni kell mindazokat az információkat, amelyek a tervezőmérnök számára szükségesek ahhoz, hogy a programot helyesen használja.

Közölni kell a matematikai modell elvi felépítését, ismertetni a főbb számítási módszereket, esetleg azok forrásmunkáit, megszabni az alkalmazhatóság határait és feltételeit, valamint tájékoztatást adni az adatszolgáltatással és eredményközléssel kapcsolatos tudnivalókról.

Hasznos terhelések számítása Guyon—Massonnet módszerével

Mérnöki szerkezetek statikai számításában gyakran használják Guyon—Massonnet módszerét [2]. Segítségével

Számpélda igénybevételeinek összehasonlítása

2. táblázat

Igénybevétel	$M_X (m)$	$M_Y (m)$	$M_Z (m)$	$Q_X (m)$
Vizsgált hely	$X = L/2$	$X = L/2$	$X = L/2$	$X = 0$
m	$v = 0$	$v = 0$	$v = 0.15$	$v = 0$
1	29.763	3.206	4.345	2.516
2	0	0	0	3.407
3	2.987	2.155	2.828	3.878
4	0	0	0	3.425
5	0.756	0.991	1.288	2.235
6	0	0	0	0.922
7	0,147	0,252	0,330	0,066
8	0	0	0	-0,089
9	-0,035	-0,071	-0,094	0,320
9	33.618	6.533	8.697	16.680
Σ $m = 1$				

4. ábra Kereszteloszlási hatására a keresztirányú kontrakció figyelembevételével

kéttámaszú tartórácsok és lemezek hossz- és keresztirányú igénybevételei határozhatók meg.

A kereszteloszlási hatásábrákhoz a szerzők zárt képleteket vezettek le, amelyek paraméterei a tartórendszer geometriai jellemzőin kívül a rendszer hajlítási és csavarási merevsége. Gyakorlati számításokhoz azonban a bonyolult képletek közvetlenül nem használhatók, ezért segéd táblázatokat és nomogramokat dolgoztak ki és ezek segítségével kettős interpolálással meghatározhatók a tartórendszer igénybevételei (1. ábra).

E számítási módszerrel szemben gyakran hangoztatott észrevétel, hogy a keresztirányú igénybevételekre túlságosan kis értékeket szolgáltat. Egy számpélda kapcsán kimutatjuk, hogy nem a számítás alapelveiben van a hiba, hanem a módszer helytelen alkalmazásában. Kétségtelen, hogy a pontos számítás rendkívül hosszadalmas és sok számítási munkát igényel, ezért a tervezők a keresztirányú nyomatékok meghatározására gyakran más közelítő megoldást szoktak választani.

Mint ismeretes, Guyon—Massonnet módszerével meghatározhatók a lemez vagy tartórács igénybevételei egy tetszőleges hosszmeteszetben ható, hosszirányban egy szinusz félhullám szerint változó megoszló terhelésre (2. ábra). A számításhoz meg kell határozni a tartórendszer hajlító és csavaró merevségi tényezőjét (ϑ , ill. α), ahol

$$\vartheta = \frac{B}{L} \times \sqrt[4]{\frac{IP}{IQ}}$$

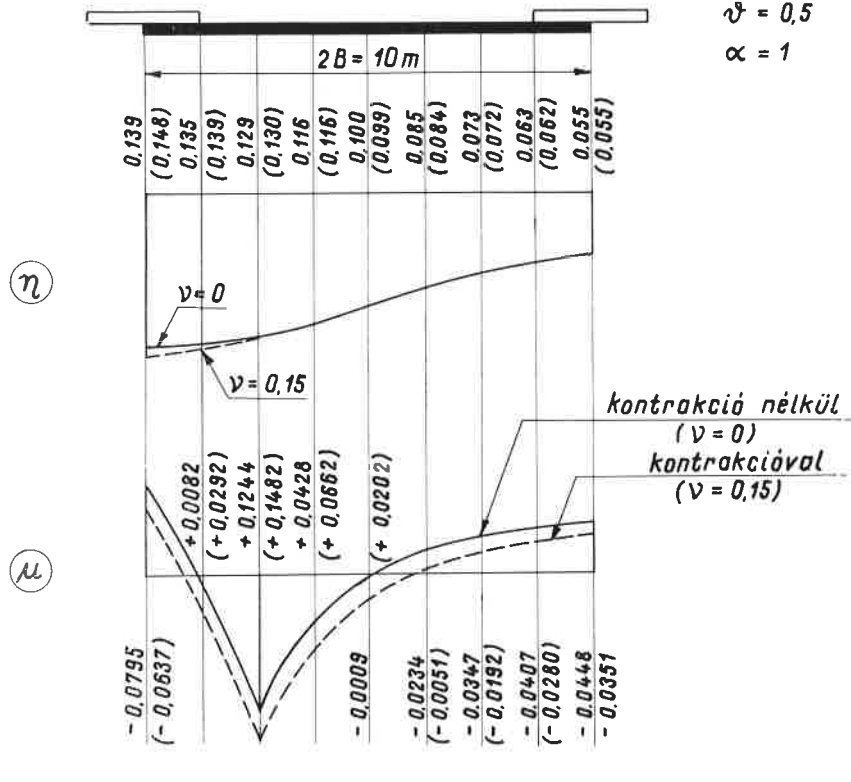
és

$$\alpha = \frac{ITP + ITQ}{4 \times (1 + \nu) \times \sqrt{IP \times IQ}}$$

A képletekben IP és IQ a tartó fajlagos hajlítási, ITP és ITQ pedig csavarási merevsége, hossz-, ill. keresztirányban, ν a kontrakciós tényező.

Guyon—Massonnet módszerével nemcsak hossz- és keresztirányú nyomatékok, hanem eredők, reakciók és csavarónyomatékok is meghatározhatók. A számítási program ennek megfelelően hatféle igénybevétel meghatározására alkalmas. A továbbiakban azonban csak a két legfontosabb igénybevétellel, a hossz- és keresztirányú nyomatékokkal foglalkozunk, de következtetéseink értelemszerűen a többire is vonatkoznak.

Igénybevételek a szinusz félhullám alakú megoszló terhelésre:



$$\nu = 0,5$$

$$\alpha = 1$$

$$MX = \frac{pX \times L^2}{2 \times B \times \pi^2} K \times \sin \frac{\pi \times X}{L}$$

$$MX = \sum_{m=1}^{\infty} MX(m)$$

$$MY = pX \times B \times \mu \times \sin \frac{\pi \times X}{L}$$

$$MY = \sum_{m=1}^{\infty} MY(m)$$

ahol

$$pX \text{ a terhelés intenzitása } X = \frac{L}{2}$$

helyen;

K a kereszteloszlási hatásábrának a terhelés síkjára vonatkozó ordinátája;

μ a keresztirányú nyomatéki hatásábrának a terhelés síkjára vonatkozó ordinátája.

Tetszőleges egyéb — tehát nem szinusz alakú — terhelésre elő kell állítani a terhelés Fourier-sorát.

„ P ” koncentrált erő esetén a Fourier-sor „ m ”-edik tagja

$$pX(m) = \frac{2 \times P}{L} \times \sin \frac{m \times \pi \times d}{L} \times \sin \frac{m \times \pi \times X}{L}$$

ahol

„ d ” az erő támadáspontjának távolsága a kezdőponttól.

A hossz-, illetve keresztirányú nyomaték pontos értéke

ahol

$$MX(m) = \frac{P \times L}{B \times \pi^2 \times m^2} \times K(m) \times$$

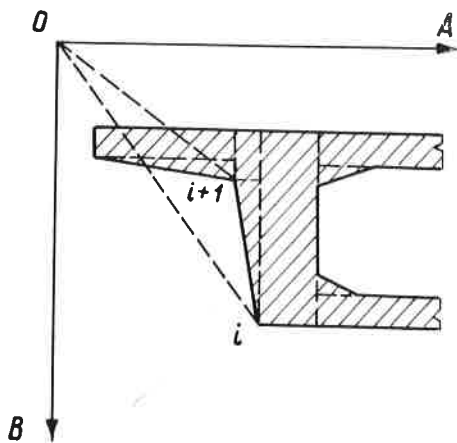
$$\times \sin \frac{m \times \pi \times d}{L} \times \sin \frac{m \times \pi \times X}{L}$$

$$MY(m) = \frac{2 \times P \times B}{L} \times \mu(m) \times$$

$$\times \sin \frac{m \times \pi \times d}{L} \times \sin \frac{m \times \pi \times X}{L}$$

A nyomatékokhoz meg kell határozni $m = 1, 2, \dots, \infty$ -hez tartozó $K(m)$ és $\mu(m)$ értékeket, ami rendkívül sok számítási munkát igényel. Az egyenletrendszerek beható vizsgálata alapján azonban kimutatták, hogy az m -edik taghoz tartozó kereszteloszlási tényező éppen egyenlő egy olyan tartórendszer első tagjához tartozóval, amelynek keresztirányú merevsége az eredeti merevség m -ed részével egyenlő.

Ennek ismeretében a számítási eljárás elektronikus számítógépen rendkívül egyszerűen programozható, csupán $\vartheta(m) = m \times \vartheta$ helyettesítést kell



5. ábra Síkidom felbontása a keresztmetszeti adatok hagyományos számításához

végrehajtani. Ami itt csupán egy programutastás, az hagyományos számítószerközökkel egy végeláthatatlan számítási sorozatot jelentene.

Egy számpéldán bemutatjuk, hogyan alakul a hossz- és keresztirányú nyomaték $m = 9$ tag figyelembevételével. A példa kiinduló adatait a 3. ábra tünteti fel, a számítási eredményeket pedig a 2. táblázat tartalmazza.

Az eddigi gyakorlat szerint a hosszirányú nyomatékokat a $K(m)$ kereszteloszlási hatására $m = 1$ -hez tartozó értéke alapján, Fourier-sorok felhasználása nélkül számítottuk, a kéttámaszú gerendatartón közvetlenül kiszámított nyomatékok redukciójával.

Nyomaték a kéttámaszú gerendatartón (egy keréksorból)

$$M = 40 \times \frac{9,40 \times 10,00}{20,00} - 10 \times 1,20 = 176 \text{ Mpm}$$

A kereszteloszlási hatására értéke $\eta = \frac{K}{2 \times B}$ képlet alapján számítva:

$Y = 4,05$ m helyen:

$$\eta = \frac{1,0276}{10,80} = 0,09515$$

$Y = 1,35$ m helyen:

$$\eta = \frac{1,0090}{10,80} = 0,09343$$

A tartó 1 fm széles sávjára ható nyomaték:

$$MX = 176 \times (0,09515 + 0,09343) = 33,190 \text{ Mpm}$$

A terheléseket Fourier-sorban fejtv

és az első 9 tagot figyelembe véve az eredmény

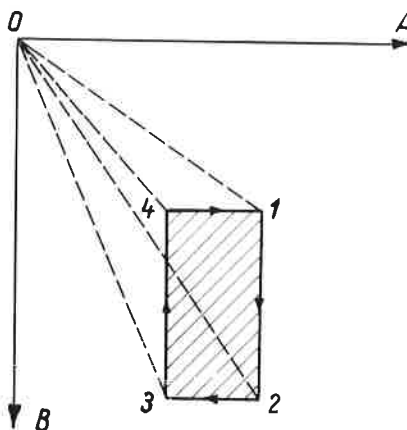
$$MX = 33,618 \text{ Mpm},$$

ami jó egyezést mutat az előbbi értékkel.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a hosszirányú nyomatékok meghatározásánál az eddigi gyakorlat helyes volt.

Nem mondható ugyanez el a keresztirányú nyomatékokról. Az eddigi gyakorlat szerint általában csak az első tagot vették figyelembe, és ez a jelenlegi számpéldánál csupán 49%-a a kilenc tag alapján számítottnak.

A program segítségével a keresztirányú kontrakció hatását is figyelembe lehet venni, ami elsősorban a keresztirányú nyomatékokra hat ki kedvezőt-



6. ábra Síkidom felbontása az elektronikus számításához

lenül. A 4. ábrán összehasonlítás céljából két kereszteloszlási ábrát tüntetünk fel $\nu = 0$ és $\nu = 0,15$ kontrakciós tényezővel számolva.

A számpélda eredményei alapján megállapítható, hogy $\nu = 0,15$ és $m = 9$ Fourier-tag figyelembevételével számított nyomaték

$$MY = 8,697 \text{ Mpm}$$

közel háromszorosa az eddigi szokás szerint számított

$$MY = 3,206 \text{ Mpm}$$

nyomatéknak.

E számpéldával is igazolni kívántuk, hogy a számítások elektronikus számítógépre való előkészítése során az

elméletet újból végiggondolva sokszor olyan számításbeli fogyatékosagra derül fény, amely hosszú évek gyakorlata volt.

Keresztmetszeti adatok számítása

Valamennyi statikai számításban kiinduló adatként szerepelnek a tartórendszer keresztmetszeti jellemzői. Ezek pontos meghatározása különösen feszített tartók számításánál fontos, mert e tartótípusnál a szokásos közelítések nem mindig a biztonság javára tett elhanyagolást jelentenek.

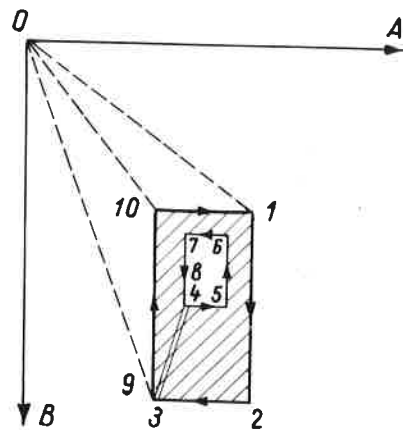
E programmal kapcsolatban egy egyszerű példán mutatjuk meg, hogy milyen felfogásbeli különbség lehet a hagyományos és az elektronikus számítás mód között.

Egy poligonvonalakkal határolt síkidom keresztmetszeti jellemzőinek meghatározása eddig úgy történt, hogy az idomot derékszögű négyszögre és háromszögre bontottuk fel (5. ábra). Ha ilyen rendszerben kívánánk elkészíteni a számítási programot is, ez azt jelentené, hogy minden részlelemre meg kellene adni az alábbi adatokat:

- idom jellege (négyzög vagy háromszög);
- oldalak hossza;
- az idom súlypontjának helyzete a koordinátengelyekhez képest.

A c) pont alatti adatok meghatározása — noha rendkívül egyszerű számításokat igényel — mégis sorozatban végezve sok hibalehetőséget rejt magában.

Sokkal egyszerűbb és gépiesebb adatszolgáltatást tesz lehetővé a határoló poligonoldalak sarokpontjainak koordinátákkal való megadása.



7. ábra Sarokpontok számozása üreges szelvény esetén

A program — eltérően a hagyományos módszerektől — a keresztmetszetet olyan háromszögek sorozatával helyettesíti, amelyeket az origó és két-két szomszédos sarokpont határoz meg (0, i , $i+1$). A 6. ábrában példaként feltüntetett egyszerű idom esetében a derékszögű négyszög egyenértékű azzal a háromszög kombinációval, amelyben a 0, 1, 2 és a 0, 2, 3 háromszögekből levonjuk a 0, 3, 4 és 0, 4, 1 háromszögeket [4].

A programot úgy állítottuk össze, hogy azokat a háromszögeket, amelyeknél az origó a sarokpontokat összekötő egyenestől — annak pozitív haladási értelmében tekintve — jobbra esik (pl. 0, 1, 2 vagy 0, 2, 3 jelű háromszögek) pozitív előjellel, amelyeknél balra esik (pl. 0, 3, 4 vagy 0, 4, 1 jelű háromszögek) negatív előjellel veszi. Az egyenes pozitív haladási értelme az alacsonyabb sorszámú sarokpontból a magasabb felé mutat. A sarokpontok számozásánál csupán arra kell ügyelni, hogy azok folyamatosan növekvő sorszámúak legyenek, és a körülférés értelme olyan legyen, hogy a síkidom területelemei a poligonoldaltól mindig jobbra essenek. Ez üres szelvényekre is vonatkozik (7. ábra).

Az m számú sarokponttal határolt síkidom területe felírható:

$$F = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^m [A(i) \times B(i+1) - A(i+1) \times B(i)],$$

ahol az $i = m$ helyettesítésnél $m+1$ -edik sarokpont azonosnak veendő az elsővel. Ugyanígy felírható az idomnak az „A” tengelyre vonatkozó statikai és inercianyomatéka is:

$$SA = \frac{1}{6} \times \sum_{i=1}^m [A(i) \times B(i) \times B(i+1) + A(i) \times B^2(i+1) - A(i+1) \times B(i) \times B(i+1) - A(i+1) \times B^2(i)]$$

$$IA = \frac{1}{12} \times \sum_{i=1}^m [A(i) \times B(i) \times B^2(i+1) + A(i) \times B^2(i) \times B(i+1) + A(i) \times B^3(i+1) - A(i+1) \times B(i) \times B^3(i) - A(i+1) \times B(i) \times B^2(i+1) - A(i+1) \times B^2(i) \times B(i+1)]$$

Ugyanígy felírható az A, B tengelyre vonatkozó centrifugál inercianyomaték is.

F, SA, SB, IA, IB, CAB ismeretében Steiner-tétellel meghatározhatók az idom saját súlypontjára vonatkozó inercianyomatékok és fő tehetlenségi irányok.

Összefoglalva megállapítható, hogy az elektronikus számítógép nagy segítségére lehet a tervezőmérnöknek, sok gépész számítási munka végzésétől szá-

badíthatja meg, és lehetővé teszi, hogy teljes erejét és tudását a legjobb szerkezeti megoldás kidolgozására fordíthassa. Semmi esetre sem szabad azonban azt gondolni, hogy az elektronikus számítógép helyettesíti a tervezőmérnököt. A gép által megadott információk alapján a döntés feladata mindenkor a tervezőmérnökre hárul.

Irodalom

- [1] Hahn: Elektronisches Rechnen in der Bautechnik
Wilhelm Ernst, Berlin—München, 1968
- [2] Bares—Massonnet: Le calcul des grillages de poutres et dalles orthotropes SNTL-DUNOD, Prague—Paris, 1966
- [3] Catalogue des documents types et bases d'étude des ouvrages d'art des autoroutes de Liaison-CAT. 67
Ministère de l'Équipement et du Logement Service Spécial des Autoroutes, 1968
- [4] Worch: Elektronisches Rechnen in der Baustatik
Beton-Kalender 1965, II. rész 319—384. oldal. W. Ernst, Berlin
- [5] Vorläufige Richtlinien für das Aufstellen und Prüfen elektronischer Standsicherheitsberechnungen
Beton-Kalender 1969, I. rész 657—658. oldal. W. Ernst, Berlin
- [6] Duddeck: Die elektronische statische Berechnung
Beton-Kalender 1970, I. rész 442—456. oldal. W. Ernst, Berlin

Pál Szánthó:

ELEKTRONISCHE BERECHNUNG BEI DER BRÜCKENPROJEKTIERUNG

In den letzten Jahren findet der elektronische Rechenautomat eine stets grössere Verbreitung auch bei der Projektierung von Brückenkonstruktionen. Heute stehen schon mehrere Programme zur Verfügung, mittels welcher langwierige und komplizierte Berechnungen in verhältnismässig kurzer Zeit, mit bedeutend grösserer Genauigkeit als bisher verrichtet werden können.

Parallel mit den elektronischen Berechnungsprogrammen, zu deren Ergänzung, ist es zweckmässig für gewissen Brückentypen, bzw. Konstruktionselemente Richtungsprojekte auszuarbeiten, die den französischen „dossier pilote” ähnlich sind.

In Anbetracht der besonderen Vorschriften muss UVATERY die mit den Brückenkonstruktionen verbundenen statischen Programme im allgemeinen selber anfertigen und darf nicht jene anderer Berechnungszentralen übernehmen. Bisher wurden beiläufig 25 bis 30 Programme statischer Natur fertiggestellt, von den am häufigsten verwendeten unter diesen wurden ausführliche Programmbeschreibungen ausgegeben.

Ein Heft mit 44 Tabellen wurde voll und ganz mittels elektronischem Rechenautomaten hergestellt, das die Inanspruchnahmen von Fahrbahnplatten von Strassenbrücken verschiedener Stützung und Seitenverhältnisse beinhaltet, für Belastungen gemäss der ungarischen Strassenbrückenordnung.

Nach Behandlung der allgemeinen Fragen befasst sich die Studie mit der kurzen Beschreibung von zwei ausgewählten Programmen und weist auf einige charakteristische Züge der Abweichung zwischen der traditionellen und der neun Berechnungsmethoden hin.

Bei der statischen Berechnung technischer Konstruktionen wird die Guyon—Massonnet Methode häufig angewendet. Gegen diese Berechnungsmethode wird oft eingewendet, dass sie für die Schnittkräfte in Querrichtung viel zu geringe Werte liefert. Im Zusammenhang mit einem Berechnungsbeispiel weist die Studie darauf hin, dass der Fehler nicht bei den Grundsätzen der Berechnung liegt, sondern bei der unrichtigen Anwendung der Methode.

Bei der traditionellen manuellen Berechnungsmethode berücksichtigt man im allgemeinen nur das erste Glied der Fourier-Reihe und auch die Wirkung der Kontraktion in Querrichtung wird meistens vernachlässigt. Hauptsächlich bei der Berechnung der Quermomente ist diese Vernachlässigung unzulässig. Bei der Bestimmung der Schnittkräfte einer Brücke mit 20 m Spannweite ergibt das Quermoment mit genauer Berechnung (mit Kontraktionsfaktor $\nu = 0.15$ und unter Berücksichtigung von neun Fourier-Gliedern) beinahe das dreifache des bisherigen — mit unrichtiger Methode — berechneten Momentes.

Im Zusammenhang mit dem anderen Programm, welches die in der Fachliteratur wohlbekannte Trägheitsberechnungsmethode anwendet, veranschaulicht der Artikel mit einem einfachen Beispiel, wofür Abweichungen der Auffassung zwischen den traditionellen und den elektronischen Berechnungsmethoden besteht.

In Zusammenhang mit der Rolle des Rechenautomaten in der Brückenprojektierung kann festgestellt werden, dass der elektronische Rechenautomat eine grosse Hilfe für den Projektgenieur bedeuten kann, den Ingenieur von viel schematischer Rechenarbeit befreit und es ermöglicht, dass der Projektant seine volle Kraft und sein gesamtes Wissen dem Ausarbeiten der besten konstruktionsellen Lösung widmen kann. Man darf jedoch keines-

falls daran denken, dass der Projektingenieur durch einen elektronischen Rechenautomaten ersetzt werden kann. Die Aufgabe des Entscheidens aufgrund der Informationen liegt jedoch immer bei dem Projektingenieur.

Dipl.-Ing. Pál Szánthó leitender Projektant ist stellvertretender Abteilungsleiter im Brückenbaubüro des Unternehmens UVATERV.

Er erwarb sein Diplom im Jahre 1948 an der Budapester Technischen Universität und begann im selben Jahre seine Tätigkeit als Projektingenieur.

Er nahm an der Projektierung von zahlreichen Brücken mit Stahlkonstruktion, ferner von Spannbeton- und Stahlbetonbrücken teil und wirkte so unter anderen bei dem Entwurf der Nil-Brücke bei Helwan und der Budapester Elisabeth-Brücke mit.

Er war auf Studienreisen in Österreich, in der Deutschen Bundesrepublik und in Frankreich. Im Jahre 1969 begab er sich im Rahmen des französisch-ungarischen Kulturaustauschabkommens für eine von ASTEF organisierte Studienreise von drei Monaten nach Frankreich. Bei dieser Gelegenheit studierte er die Projektierung der Brückenkonstruktionen aus Spannbeton und die Anwendung von elektronischen Rechenautomaten bei den statischen Berechnungen. Im Laufe seines Aufenthaltes in

Pál Szánthó:

ELECTRONIC COMPUTATION IN BRIDGE DESIGNING

In recent years the computer gains an increasing ground also in the field of bridge designing. In our days there are already several programs at disposal by means of which lengthy and complicated calculations can be made in a relatively short time and with a far more greater accuracy.

In the first phases of the development the programs followed the conventional calculation methods step by step, while the mathematical model of recent programs utilizes the potentialities of the computer.

Parallel with the electronic computation programs, the elaboration of standard "chemes similar to the French dossier pilote" is expedient to upplement them for certain types of bridges, structural parts, respectively.

In consideration of the special code specifications, UVATERV in general has to prepare its own programs on bridge structures and cannot use the programs of other computer centres. Up till now about 25—30 statical programs have been prepared and a detailed program description has been published on the most frequently used among them.

A paper comprising 44 tables has been prepared entirely by computer, with stresses of bridge deckslabs by various support conditions and side proportions, in compliance with the loads of the Hungarian Road Bridge Regulations.

The article summarizes the course of preparation of computer programs comparing it with the conventional calculation methods.

After the discussion of general problems, the study points out some characteristic features of the difference between the conventional and new calculation methods by means of two selected programs.

In statical calculations of engineering structures the method of Guyon—Massonnet is used frequently. This method is criticized often because of the very small values provided by it for the transversal stresses. By means of a numerical example the study shows that the error is not in the basic principles of the calculation but in the wrong application of the method.

In the conventional manual calculation methods only the first member of Fourier's series is taken into account and generally the effect of the transversal contraction is neglected too. This neglect cannot be allowed in particular in the calculation of transversal moments. In determination of the stresses of a 20 m span bridge, the transversal moment obtained by accurate calculation ($\nu = 0.15$ contraction factor and 9 Fourier's members taken into account) is almost the threefold of that obtained by the inaccurate practice applied up till now.

Frankreich wurde er vom französischen Ingenieurverein (Société des Ingénieurs Civils de France) als Mitglied erwählt.

In der Nummer April-Mai 1965 der Tiefbautechnischen Rundschau beschrieb er in einem gemeinsamen Artikel mit seinen Mitarbeitern den Bau der Elisabeth-Brücke.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Übersicht der bedeutenderen statischen Programme

Tab. 2. Vergleich der Schnittkräfte von Berechnungsbeispielen

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Statisches System des Trägers

Abb. 2. System der Belastung

Abb. 3. Ausgangsdaten des Berechnungsbeispiels

Abb. 4. Einflusslinie der Querverteilung unter Berücksichtigung der Kontraktion in Querrichtung

Abb. 5. Elementarzerlegung einer ebenen Figur zur traditionellen Berechnung der Querschnittsangaben

Abb. 6. Elementarzerlegung einer ebenen Figur zur elektronischen Berechnung

Abb. 7. Numerierung von Eckpunkten im Falle eines Hohlprofils

In relation to the other program using the calculation method of inertia well-known in the technical literature, the paper illustrates with a simple example the conceptual differences between the conventional and electronic computation methods.

In connection with the function of the computer in the field of bridge designing it can be stated that the computer can be a great help to the designing engineer relieving him of large quantities of mechanical labour and enabling him to turn his whole strength and knowledge to the elaboration of the best structural solution. However, the computer cannot replace the designing engineer. As regards its function it can be compared rather to a very complex and complicated collection of tables which provides all informations needed by the designer during designing, quickly and accurately. But based on these informations, the decision is to made always by the designing engineer.

Dipl. Eng. Pál Szánthó, Chief Design Engineer is Assistant Section Manager of Bridge Designing Office III of UVATERV.

He took his degree in 1948 at the Technical University of Budapest starting his designing activities in the same year.

He cooperated in the designing work of several steel structures, prestressed and r. c. bridges, among others in designing of the Nile bridge in Helwan and the Elisabeth bridge in Budapest.

He has been on study-tours in Austria, in the German Federal Republic and within the frame of the French-Hungarian cultural bartering agreement he made a 3-month study-tours in France in the organization of the A.S.T.E.F. On this occasion he studied the designing of prestressed concrete bridge structures and the application of computers in statical computations. During his stay in France the Société des Ingénieurs Civils de France elected him as member. In a mutual paper with his collaborators he described the construction of the Elisabeth bridge in the April-May number of the Civil Engineering Review.

He is owner of the Order of Labour.

List of Tables

Table 1. Summary of the main statical programs

Table 2. Comparison of stresses of a numerical example

List of Figures

Fig. 1. Statical scheme of the girder

Fig. 2. Scheme of load

Fig. 3. Initial data of numerical example

Fig. 4. Transversal distribution influence diagram, the transversal contraction taken into account

Fig. 5. Disintegration of plane figure for conventional calculation of cross-sectional data

Fig. 6. Disintegration of plane figure for electronic computation

Fig. 7. Numbering of corners in case of hollow section