

FEKETE JÁNOS

okl. mérnök, főépítészvezető Ganz-MÁVAG Hídigyár, Budapest

## ÚJ KÁBELHÍD A DUNA FÖLÖTT (I)

Fővárosunkat külföldi látogatók és turisták, elsősorban szerencsés földrajzi fekvése alapján a világ legszébb városai közé sorolják. E minősítő megállapítást jelentékeny mértékben támogatják külföldön is elismert, számottevő kiváló hídepitészeti alkotásaink, melyek közül legrégibb Duna-hidunk, a 115 évvel ezelőtt épült Széchenyi-lánchíd, nemes, antik szépségével ma is szinte páratlanul áll a világ hídjai között. Műszaki szemmel nézve azonban a Millenium évében fogant Erzsébet-híd messze kiemelkedett hazánk összes hídjai közül. Műszaki jelentőségét nem annyira a fővárosi és országos forgalom lebonyolításában betöltött előkelő és fontos szerepe, hanem inkább méretei, arányai, főként pedig különleges szerkezeti kialakítása adta. Egyetlen, közel 300 m-es nyílással hidalta át a Dunát a Gellér-hegynél, ahol hazánkban legkisebbre szűkül össze a folyó medre, s vízügyi okokból a mederbe pillér nem építhető. Az első Erzsébet-hídat a század elején, 1903. október 10-én adták át a forgalomnak. Ez időben az európai szárazföld legnagyobb nyílású hídja volt. Korabeli szakemberek esztétikai szempontból is a világ legszebb hídjai között tartották számon. A régi Erzsébet-híd láncfőtartós függőhíd volt, négy járatú forgalom részére készült, 11,0 m széles kocsi pályával és két 3,5 m széles gyalogjáróval. Ez az akkori forgalmi igényeket messzemenően kielégítette. A hídat 42 évi üzemelés után 1945. január 16-án a visszavonuló német hadvezetőség barbár módon felrobbantotta. Újjáépítésére a műszaki problémák komplikáltsága, a városrendezési problémák bonyolultsága miatt és részben pénzügyi okokból utolsóként került sor fővárosi hídjaink között. Húsz évi szünetelés után azonban rövidesen elődjéhez méltó híd fogja hirdetni a magyar élni akarást és a magyar hídepítő gárda magas színvonalú műszaki képzettségét.

### A kábelhidakról általában

Függőhidakról szólva, annak régebbi, s ma már teljesen elavultnak minősített formája a láncfőtartós hídszerkezet. Az utóbbi évtizedekben sehol sem építettek lánchídat. Az 1949-ben újjáépült Széchenyi-lánchíd lánchídként való megépítéséhez csupán az alépitményi adottságok, a feljárók kötöttsége és történelmi hagyományaink adnak létjogosultságot.

A függőhidak legelterjedtebb és korszerű formája a kábelhíd. Ennél a fő teherviselő elem a kapuzatokra felfektetett, végeiken lehorgonyzott tartókötél (kábelköteg), melynek teljes hosszán húzóerő lép fel. A kábelerők vízszintes vetülete az egész kötél mentén állandó. A kábelerő nagysága tehát a vízszintessel bezárt szög-től függ, vagyis a hídközépen a legkisebb, a pilonok közelében levő meredek szakaszon a legnagyobb. A kapuzatra való felfekvésnél a kötél keresztirányú nyomásnak is ki van téve. A köteg felső részén fekvő kötelek kisebb, az alul fekvők fokozatosan növekvő nyomást kapnak. A járulékos keresztirányú nyomás folytán a kötelek szakítószilárdsága kb. 8–10%-kal kisebb, mint tiszta húzásnál lenne. Méretezésnél tehát az alsó elhelyezési kötelek a mértékadóak. A tartókötélet képező kábelköteg kialakítása kétféle lehet. Kisebb hidaknál gyárban előre elkészített sodronykötelek párhuzamosan egymás mellé helyezve képezik a tartókábelt. Nagyobb hidaknál nem sodrott kötelekből, hanem párhuzamosan futó huzalokból áll a tartókötél. Ennek elkészítése az épí-

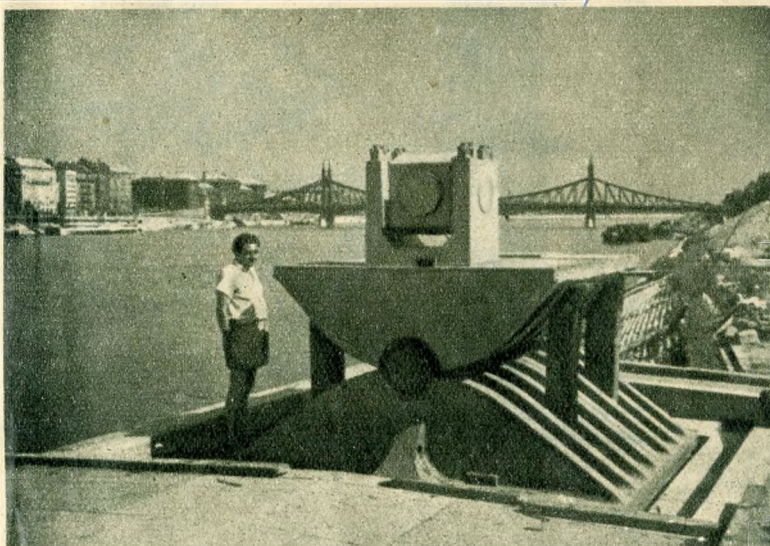


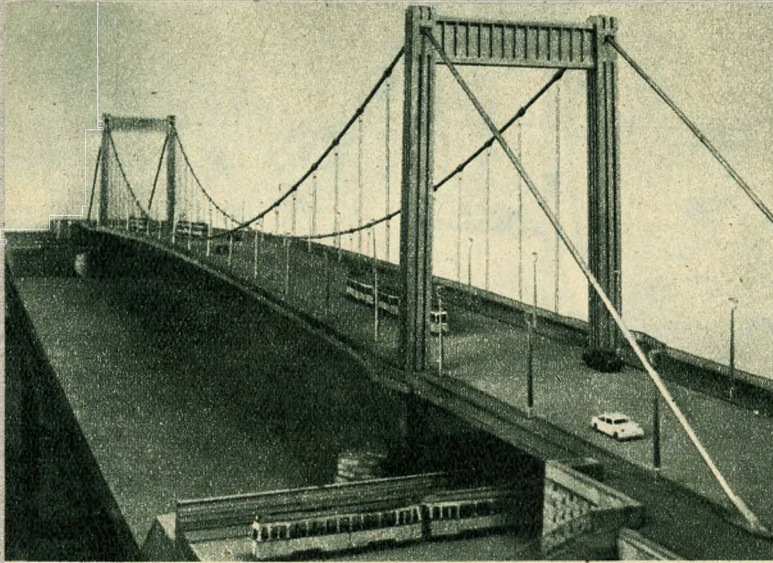
tés helyén e célra felszerelt speciális gépi berendezéssel történik. A tartókábelek a kapuzatok tetejére helyezett acélöntésű saruk közvetítésével függőleges nyomóerőt adnak át a pilonoknak, végeik pedig a tartókötél befutó ágának megfelelő irányban ferde húzásra veszik igénybe a lehorgonyzást. A lehorgonyzó tömb általában vasbetonból készül.

A függőhidak további igen fontos teherviselő elemei a kapuzatok, (pilonok) melyek a tartókötélről átadandó tekintélyes függőleges nyomóerőt veszik fel. A pilonok tehát elsősorban nyomott oszlopok, ferde (nem függőleges) tengely esetén excentrikusan nyomottak. A két függőleges vagy közel függőleges oszlopot mereven összekötő felső vízszintes keresztirányú beiktatása által merev keretszerkezet létesül. A keretben a vízszintes irányú szélerekől hajlító igénybevételével is keletkezik. A kapuzatok leggyakoribb formája az alsó végén befogott keretszerkezet. A pilonok ritkán az alsó végükön csuklós alátámasztást kapnak, s így a híd hosszirányában ingaoszlopként működnek, parányi forgást végezve (ilyen az Erzsébet-híd is). Még ritkább eset az egyedül álló, felső összekötés nélküli, alul befogott pilonoszlop-szerkezet. A kapuzatot, mivel elsősorban nyomóigénybevételt kap, gyakran vasbetonból alakítják. A világ jelenlegi legnagyobb vasbeton kapuzata a 123 m magas franciaországi trancarville-i Szajna-hídban van.

A függőhidak további fontos szerkezeti része a merevítő tartó és az ehhez kapcsolódó pályaszerkezet. A merevítő tartót a tartókábelekre erősített kábelbilincsekre függesztik fel, függesztőkötelek segítségével. A függesztő lehet szimpla kötél, lehet a kábelbilincsen átvett kétágú kötél, s nagy hidaknál egymás mellett, 2x2 az-

A kapuzati alsó billenőszaru

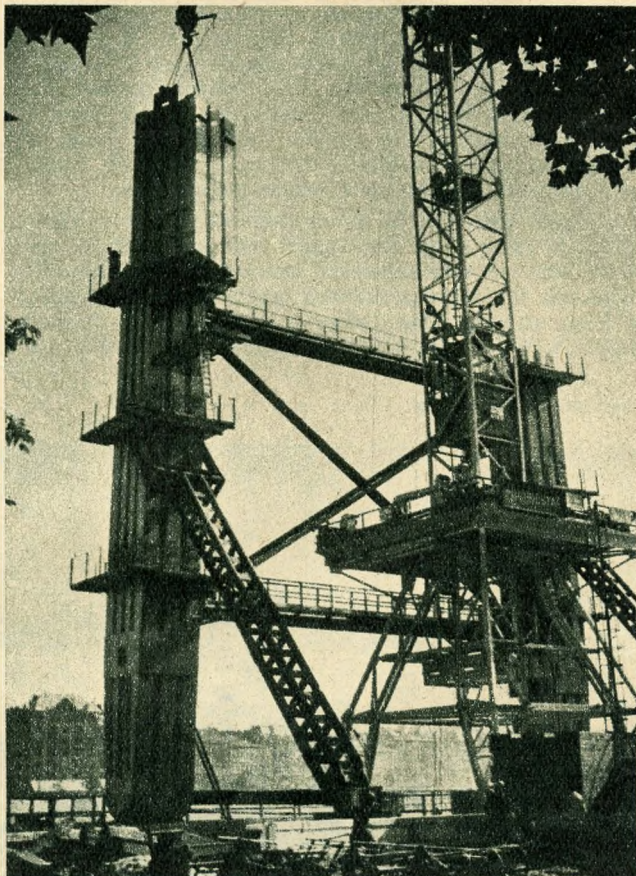




Az új Erzsébet-híd makettje

az 4 kötélágú függesztés. A híd járófelületét képező szerkezet az egyéb szerkezetű hidaknál is szokásos főtartókból (függőhidaknál ezt merevítő tartónak hívják) és pályatartókból áll. A merevítő tartó bonyolult igénybevételű, sok ponton rugalmasan megtámasztott tartó, mely a függesztési helyeken kívül a pillérekben és hídfőkön is feltámaszkodik; az utóbbiakon rendszerint ingacszlopok közvetítésével. Szerkezeti elrendezését illetően lehet két vagy három csuklós vagy folytatatólagos gerendatartó. A merevítő tartó rendeltetése a járműterhnek a tartókábelre juttatásánál a több függesztési pontra való megosztásban van. Nélküle a terhek egy-egy függesztőhelyen koncentráltan jutnának a tartókábelre, a helyeknek forgalmi szempontból meg nem engedhető eltolódását idézve elő.

A budai kapuzat építés közben. Előtérben a toronydaru



Világítsuk meg talán kissé jobban a merevítő tartó szerepét egy egyszerű példával. Mindenki láthatta már, hogy ha kifeszített kötélre terhet akasztunk, a függesztési pont erősen lehajlik, a kötél terheletlen része pedig részben felemelkedik. Nagy alakváltozás természetesen csak abban az esetben következhet be, ha a kötél súlya a ráterelt súlyhoz képest elenyésző. A terhelésnek a kötélen történő végigvezetése rövid idő alatt olyan mértékű függőlegesen hullámzó lengémozgással jár, amely közlekedési szempontból tűrhetetlen lenne.

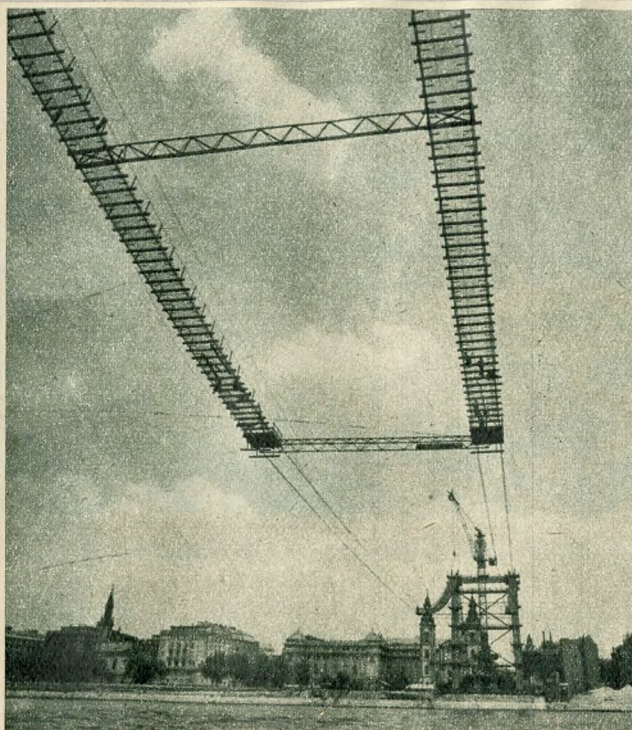
A merevítő tartó arra szolgál, hogy az egyoldalú terhelés okozta ilyen nagyobb mozgásoknak elejét vegye. Ez a gerendatartó ugyanis merevségénél fogva nem szenvedhet olyan alakváltozásokat, mint aminőket egy hajlékony kötél végezne. Jelenléte következtében a kötél sem változtathatja olyan mértékben alakját, mintha a merevítő tartó nem volna ráfüggesztve. A kötél egyes pontjai csak annyira hajolhatnak le, amennyire a merevítő tartó megengedi. Az ily módon merevített kötélnek csak olyan mérvű mozgásai lesznek, mint más rugalmas szerkezetnek, de nem lesznek olyan lengései, mint az alakját folytonosan változtató hajlékony kötélnek.

Vessünk rövid pillantást a kábelhidak múltjára és jövőjére. Feljegyzések szerint Kínában már 2000 évvel ezelőtt építettek vasból készült kábelhidat. A kábelhidak komoly fejlődése azonban csak a múlt század közepe táján kezdődött. John A. Roebling amerikai német emigráns 1841-ben vetette fel elsőnek a párhuzamos elemi szálakból álló kábelek alkalmazását, és eljárást dolgozott ki ezek helyszíni fonására. Az ő elgondolása alapján épült 1845-ben a Pittsburgh—Canal-híd, majd 1855-ben a Niagara-vízesés fölötti kombinált közúti—vasúti kábelhíd, 252 m középső nyílással. 1931-ben a New York-i Washington-híd már 1050 m középnyílással épült. 1937-ben megépítették San Franciscóban a világ jelenlegi legnagyobb, 1282 m-es nyílását tartalmazó Golden-Gate-hídat. A New York-ban most építés alatt álló Verrazano—Narrows-híd új rekordot jelez. Az olasz félsziget és Szicília között tervezett Messinai-tenger-öböl hídát Steinmann 1500 m nyílására javasolta. Roebling száz évvel ezelőtt az elérhető maximális áthidalási határt 1800 m-re jósolta. Ma már nem látszik lehetetlennek a 3000 m-es áthidalási határ elérése sem. Európában a kábelhidak területén az angolok vezetnek a közelmúltban (szeptemberben) forgalomba helyezett 1006 m középnyílású közúti Forth-híddal, és épül már a hasonló nagyságú Severn-híd is. A kontinensen a legnagyobb a francia tancarville-i kábelhíd, 606 m középső nyílással.

#### Az új Erzsébet-híd, szerkezete

Az ország, de különösképp a főváros közvéleménye eleinte erősen idegenkedett a kábelhíd gondolatától. Különösen az idősebb generációhoz tartozók, akikben a régi híd emlékei jobban rögződtek, szinte kegyeletsértőnek minősítették a kábelhíd gondolatának még a felvetését is. Az új híd építésének impozáns munkamozzanatai, valamint a híd karcsú, de erőteljes kontúrjainak kialakulása után ma már alig lehet ellenző hangot hallani. A közvélemény átalakulásához nagyban hozzájárult a korszerű feljárónak a mederszerkezettel való jól sikerült összhangja.

Néhány komoly műszaki indokot is fel lehet sorakoztatni az új híd típusának kiválasztása és építése mellett. Ezek között első és döntő az a tény, hogy az új hídon szélesebb, a régi négy nyomú helyett hat nyomú kocsi-pálya építhető. Ezzel a híd teljesítőképessége 50%-kal növekedik, mind forgalmi, mind terhelési súly tekintetében. Ez talán egymagában is eléggé súlyos érv a komoly forgalmi gondokkal küzdő főváros központi helyén létesülő új híd típusának kiválasztásánál. A túlterhelt keskeny Lánchíd és Szabadság-híd tehermentesítésére



A szerelőszyonyég építés közben

csak széles kocsipályás, modern híd jöhetett kombinációba. A régi láncszerkezettel való újjáépítés esetén ugyanis műszaki okokból csak négy nyomú kocsipálya kialakítása lett volna lehetséges. Ismerve a Szabadsághíd négy nyomú pályájának nem kielégítő teljesítőképességét, rövidesen súlyos kritikai pergőtűz középpontjába került volna a híd ilyen formában történő megépítése. Ha ehhez hozzávesszük, hogy az új szélesebb pályájú híd acélszerkezetének súlya csupán 55%-a a réginek, és hogy a felhasználásra került faanyag csupán 1/10-e a réginek, továbbá hogy a kábelhíd építésénél elmaradt a medernek lánchídnál elkerülhetetlenül szükséges beállványozásával járó hatalmas munka és költség, belátható, hogy józan, reális műszaki szemlélettel nem lehetett más megoldás mellett dönteni. Az a látszólagos előny, hogy a régi láncanyagot és a megmaradt pesti kapuzatot fel lehetett volna használni, eltörpül a hátrányok mellett. A felsorolt érvek helyes irányba terelték az ügyet, s így született meg a minisztertanácsi döntés a kábelhíd mellett.

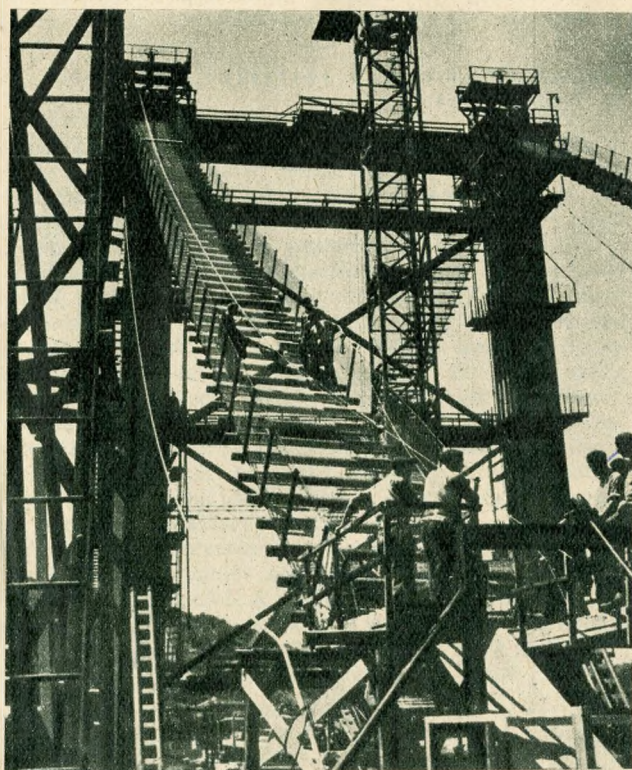
#### Az új Erzsébet-híd acélszerkezetének építése

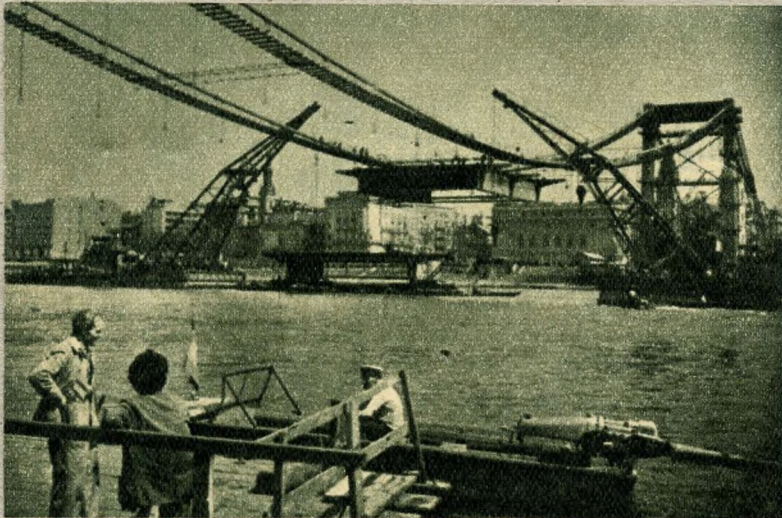
Építéseknel általában világszerte az a törekvés, hogy a helyszíni munkát a minimumra csökkentsék, és a munkát a végrehajtás során legmesszebbmenően gépesítsék. Különösképp vonatkozik ez a gazdaságilag és műszakilag fejlett országokra, ahol munkaerőhiány van, illetve ahol ennek következtében magasak a munkabérek.

Az új Erzsébet-híd az építés kivitelezése tekintetében is különleges figyelmet érdemel. A helyszíni munkák gyors elvégzésének érdekében igen nagy teherbírású daruk kerültek alkalmazásra. Ezek közül régi ismerősei fővárosunk dolgozóinak a *József Attila* és *Ady Endre* nevét viselő, 50 t-ás úszódaruk. Két úszódaru együttes és egyidejű alkalmazásával emelték be a mederszerkezet 27 db, egyenként közel 100 t súlyú pályatestét. Ugyaneköz az úszódaruk emelték be a kapuzatok kb. 50 t súlyú alsó darabjait is. A kapuzatok további részeinek beemelésénél a súlyproblémán kívül a magassággal is meg kellett birkózni. A közel 50 m magas kapuzat átlag 25 t súlyú darabjainak szerelésére a pillérek közelében fel-

állított toronydaruk szolgáltak. Ilyen típusú darukat a múltban hazai hidépítési munkáknál nem használtak. E toronydaruk maximális emelőmagassága 72 m, teherbírása 12 m kinyúlásnál 25 t, legnagyobb gémkinyúlása 30 m (ekkor 8 t-át emel). A gép teljesen körbe forog, tehát nagy területet szolgál ki. A kapuzatoknál 30 db 25 t súlyú elemet kellett elhelyezni. A toronydarukkal történt az állványokon szerelt parti nyílások merevítő tartó és pályatartó darabjainak beemelése is, ami további 40–40 db kb. 12 t súlyú szerkezet beemelését jelentette. A toronydarukat csehszlovák tervdokumentáció alapján a Ganz—MÁVAG gyártotta. Kisebb súlyú szerkezetek szerelésére és bizonyos speciális feladatok elvégzésére importált, modern autódaruk szolgáltak. Ezek

Az első kábel áthúzása az új Erzsébet-híd szerelőszyonyégén





Az első pályadarabok beemelése a medernyílásba úszódarukkal

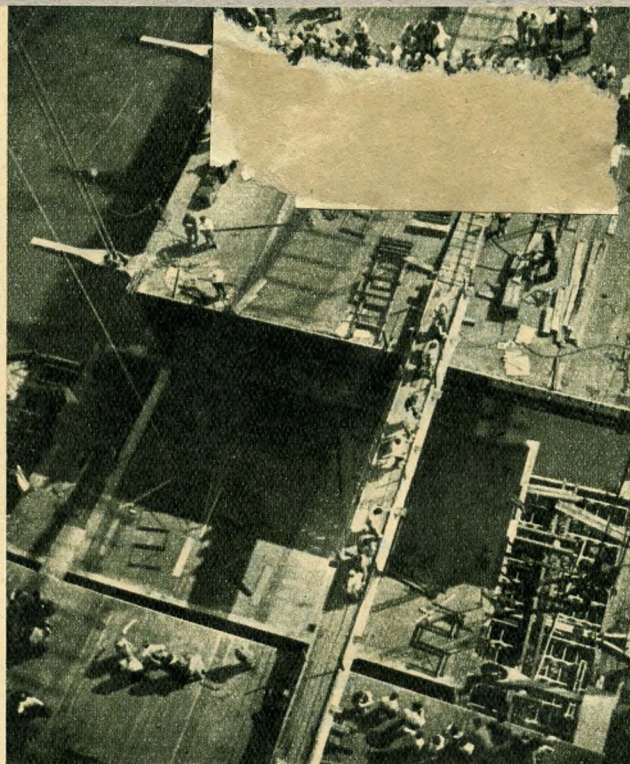
közül kiemelkedik a 25 t-ás angol Coles, a 17 t-ás olasz Fiorentina és a 10 t-ás szovjet K 104. A felsoroltakból megállapítható, hogy az építkezés emelőgépek tekintetében jól el volt látva. Komoly gondot okozott a nagy súlyú és terjedelmes darabok közötti szállítása. A GAFU és a TEFU kellően felkészült, és még az 50 t-ás darabok szállítását is zökkenő nélkül bonyolította le. A 3,80 m széles pályaelemek szállítása speciális tréleréken, rendőrségi engedéllyel, éjjel, kijelölt útvonalon történt.

A híd építésének leglátványosabb és egyben legveszélyesebb munkaszakasza a tartókötelek szerelése, illetve ezt megelőzően a szerelőszőnyeg építése volt. A szerelőszőnyeg tulajdonképpen a tartókötelek áthúzásához szükséges állvány célját szolgálta. Elkészítésének alapfeltétele volt a könnyűség és a szélfogó felületek minimumra csökkentése. Ezért alkalmaztunk járőrfelület céljára könnyű keresztgerendákra feszített drótfonatot.

A híd főtartóit 61 db, csúcsára állított, szabályos hatszög alakú, kötegbe összefogott, 55 mm átmérőjű, zárt sodronykötél képezte. Az elemi kábel súlya egyenként 8,5 t, hossza 458 m volt. Ezeket 2,7 m belső átmérőjű tekercecsekben szállították a helyszínre. A köteleket egyenként húzták át a budai oldalról Pestre, a hídfők közelébe telepített 5 t-ás villamos csörlők segítségével. A rendelkezésre álló szűkre szabott terjedelem miatt az építés további igen érdekes részleteivel jelen cikk keretében nincs lehetőség foglalkozni.

#### Néhány fontosabb jellemző adat és tudnivaló

A híd acélszerkezetét illetően tudni való, hogy a kapuzat szegecselt, a pályaszerkezet pedig hegesztett szerkezet, szegecselt kapcsolatokkal. Az anyagminőséget illetően a fő teherviselő elemek nagy szilárdságú acélból (50 kg/mm<sup>2</sup> szakítószilárdság), azok a hídrészek pedig, amelyeknél a nagy szilárdságú acél előnyei az alakváltozási követelmények miatt nem érvényesülnek kellőképpen normál folyt acélból készültek. A kábeleknél elhelyezett huzal anyaga átlagosan 150 kg/mm<sup>2</sup> szakítószilárdságú. Az anyagvizsgálatot illetően újszerűnek mondható, hogy acélöntvényeknél rendszeresen végeztek izotópvizsgálatot. A kötelek gyártásához felhasznált huzalokat szálankénti szilárdsági ellenőrzésen felül defektoszkóppal is megvizsgálták. A tartókötelek rugalmassági modulusának megállapítása 500 t-ás szakítógéppel történt. A kábelek ferasztó vizsgálatát részben az EMI-nél részben Moszkvában végezték. A hegesztési varratok ellenőrzése a szokásos röntgen-nel és mágneses repedésvizsgálattal történt. A felhasznált acélanyagot hazai hengerművek és öntödék állították elő, kivéve a kötelek 1100 t súlyú huzalanyagát, melyet speciális profilok miatt Ausztriából importáltunk. A kapuzati



A zárótag beemelése

elemek csatlakozásánál hazánkban első ízben végeztek ily nagyméretű végfelületmarást azon célból, hogy közvetlen érintkezés útján erőátadást biztosítsanak. Az acélszerkezet teljes súlya 6500 t. A helyszíni szegeccszám 320 000 db.

Sok tennivaló van még és sok akadályt kell leküzdeni a híd forgalomba helyezéséig. Az eredmény sikere a kooperáló vállalatok közti összhang függvénye. A híd gazdája a Fővárosi Tanács, a beruházási teendőket a Földalatti Vasút Vállalat látja el. Az alépitményi munkákat és a feljáró hidak építését a Hídepítő Vállalat végzi, az acélszerkezet gyártását és szerelését a Ganz-MÁVAG. A híd terveit az UVATERV Hídirodája készítette. Az építési költség közel 400 millió Ft, beleértve a feljáróhidak építését és a környező terület rendezését. Fenti összegnek kb. a fele jut az acélszerkezeti munkákra.

Egy Duna-híd építéséről rövid cikkben beszámolni nem könnyű feladat. Nem lehet, de nem is volt cél ilyen hatalmas munkáról kimerítő képet adni egy közlemény keretében. Remélhetőleg sikerült azonban a kiragadott fontosabb momentumok alapján az első magyar kábelhíd működésével kapcsolatos erőjátékok nagy vonalakban megvilágítani, és az építés jelentősebb mozzanataira felhívni a figyelmet. Az építés tulajdonképpen a főváros közönségének szeme előtt zajlott le, és a napisajtó, rádió és televízió is gyakran adott tudósításokat a munkáról. A közönség érdeklődése a munka iránt soha nem tapasztalt, rendkívüli méreteket öltött. Az építés folyamán számtalan érdekes megfigyelés és figyelmeztetés is érkezett az építésvezetőséghez, de elég gyakran a laptalan rémhír is forgalomba került.

Biztosra vehető, hogy az újszerű és egyszerű műtárgy Budapest egyik látványossága lesz, bel- és külföldi idegenforgalmi szempontból egyaránt. Az új Erzsébet-híd, karcsú és kecses vonalaival nemcsak méltó utódja világhírű elődjének, de sok tekintetben túl is szárnyalja azt. Mária felhívta magára a külföldi műszaki világ figyelmét, s még az ezen területen legfejlettebb USA szaklapjaiban is a legnagyobb elismeréssel szólnak új függőhidunkról. A magyar hídepítő gárda tehát oly büszkeséggel vallhatja magáénak az új Erzsébet-kábelhidat, mint 60 évvel ezelőtt kollegáik az első Erzsébet-lánchidat.