

# 100 ÉVES AZ ERZSÉBET LÁNCHÍD

Iványi Miklós\* - Vértés Katalin\*\*

## RÖVID KIVONAT

Az „Erzsébet” lánchidat 1903. október 10.-én adták át a forgalom számára. A magyar hidász szakma még ma is büszke erre a csodálatos alkotásra, hiszen korának legnagyobb nyílású lánchídja volt és a nemzetközi szakirodalom a világ legszebb ilyen típusú műtárgyának tartotta (Mehrtens, G. Ch. 1908.) [1]. Számos, az „Erzsébet” lánchídnál alkalmazott megoldást később más lánchídnál is felhasználtak.

## 1. ELŐZMÉNYEK

A hidépítést az 1893 évi XIV. törvénycikk rendelte el, a Ferenc József-híd építésével együtt (Eskü téri és Fővám téri hidak). A törvény végrehajtásával megbízott Magyar Királyi Kereskedelemügyi Minisztérium a hidak terveinek kialakításához nemzetközi tervpályázatot írt ki. A pályázat nagy sikerrel járt, 74 pályaterv érkezett be, 53 az Eskü téri, tehát az Erzsébet hídra, 21, pedig a Fővám téri, vagyis a Ferenc József hídra. A nemzetközi bírálóbizottságban részt vett az akkori idők több neves hidépítő mérnöke. Az előadó Kherndl Antal műegyetemi tanár volt. A két hídra vonatkozó pályaterveket együttesen bírálták el, így az első díjas terv egy egynyílású kábelhíd terve volt az Eskü téri hídra (1. ábra). Ezt Kübler J. német mérnök és Eisenlohr, valamint Weigle építészek készítették. A második és harmadik díjas tervek a Ferenc József-hídra vonatkoztak. A megvásárolt tervek közül négyet az Eskü-téri hídra készítettek.



1. ábra Az Első díjas terv

Kherndl 1894-ben megjelent összefoglaló jeletésében áttekintést ad a különböző kialakítású főtartó rendszerek előnyeiről és hátrányairól (Kherndl, A. 1894.) [2] (2. ábra):

\* okl. mérnök, a műszaki tudományok doktora, egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

\*\* okl. építőmérnök, doktorandusz, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A) A pályatervek osztályozása a főtartók rendszere alapján.

Egynyílás		Háromnyílás	
hídrendszer	hány terv?	hídrendszer	hány terv?
<i>Eskütéri hid.</i>		<i>Eskütéri hid.</i>	
Ív	16	Kétsuklós gerenda	6
Merevítő gerendás kábel	4	Egycsuklós	4
Merevítő gerendás lánc	1	Csuklótlan	3
Rácsos függő- tartó	1	Ferde középső reakcióju tartó	1
Kombinált ív és kábel	2	Rácsos függőtartó	1
Lehorgonyzott végű gerenda	9	Merevítő gerendás kábel	1
Csuklókra támaszkodó gerenda	1	Összesen	16
Kőboltozat	1		
Összesen	36	<i>Fővámteri hid.</i>	
<i>Fővámteri hid.</i>		Kétsuklós gerenda	10
Ív	3	Egycsuklós	3
Gerenda	2	Csuklótlan	1
Összesen	5	Vonóvasas ív	1
		Rácsos függőtartó	1
		Összesen	16

2. ábra A pályatervek osztályozása a főtartó rendszerek alapján

2. Az egynyílású függőhidak tervei.

A pályázatban mind a merevítő gerendás kábelhidak és lánchidak, mind a rácsos függőhidak képviselve voltak. Ezek között voltak, amelyeknek függővonal alakú felső öve szögecseltvasból állt, de olyanok is, melyeknek mindkét öve kábelből volt és függővonal alakú.

Ebbe a kategóriába tartozott az első díjas terv is: „Magyarország nem volt, de lesz” jeliségű, merevítő gerendás kábelhíd. Kherndl a dolgozatában részletesen kitér a kábelhidak ellenében hangoztatott akadályokra is, így a hídpálya nagyobb lehajlására; az erők egyenlőtlen megoszlásának és a rozsdásodásnak a lehetőségeire; továbbá arra, hogy a kábelek megengedhető igénybevételeit igen nagyra veszik fel és, hogy a kábel húzószilárdsága idővel csökkenhet. A felhozott aggályokat nagyon következetesen elemezte és a nemzetközi hídépítési gyakorlat eredményeit is figyelembevéve fogalmazta meg észrevételeit.

3. Az egynyílású kombinált ív- és kábelhíd-tervek.

A kombinált ív- és kábelhidak rendszere abban különbözik a merevítő-gerendás kábelekétől, hogy míg az utóbbiakon a merevítő-gerenda csak a hídpálya ingadozását mérsékeli, a kombinált ív- és kábelhidak az együttes teherbírás kialakításával gazdaságosabb megoldás jelenthettek.

1. Az egynyílású ívhíd tervek.

A pályázatban a legnagyobb számú változat az egynyílású ívhidakból volt. A tervezett ívek nagy része kétszeres rácsos, s részben csukló nélküli, de többnyire két, vagy három csuklós; a tartókat többnyire ferde síkokban rendezték el. Három pályázó vonóvasasra tervezte az íveket. Az ívmagasság kerek számban 30 és 80 m között változott. Ezért az ívhidak a függőhidakkal való versenyt nem könnyen állhatták ki, mivel az íveknek, főképpen, ha egynyílásúak a híd nagy részén nagy magasságra kell felemelkedniük, s keresztkötésekkel, szélrácsokkal kell összekötni, így képük sem magukra, sem a környezetükre való tekintettel nem lenne olyan kedvező, mint a függőhidaké.

#### 4. Az egynyílású gerendahíd-tervek.

Általában lehorgonyozott végű gerendatartókat terveztek, és belső csuklót alkalmaztak a statikai határozatlanság feloldására.

#### 5. A háromnyílású gerendahíd-tervek.

Kétsuklós gerendahidak nagy számban fordultak elő. Vonalazásukat illetően a legtöbb pályázó arra használta fel a két elválasztó csukló elrendezését, hogy a tartókat rácsos függőtartó alakúra tervezzék.

#### 6. A háromnyílásra alapított egyéb hídtervek.

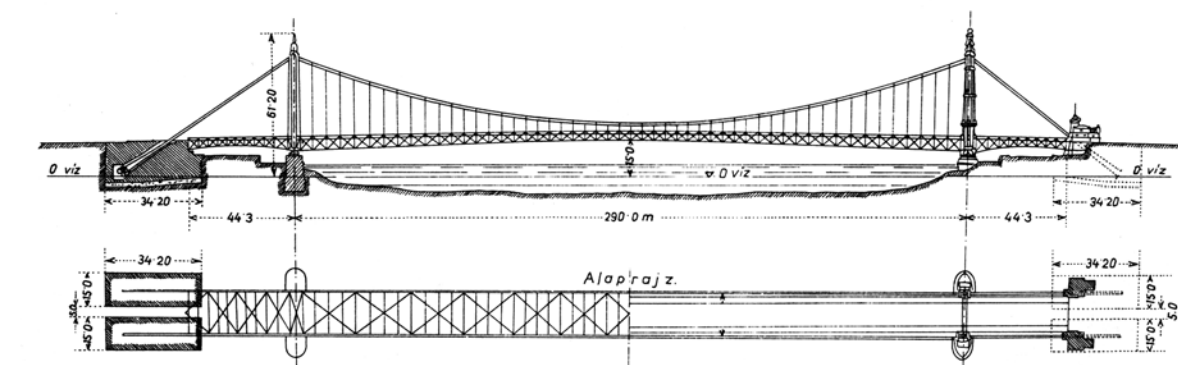
Ezek között a hídtervek között a vonóvasas ívhíd-terv volt igen figyelemreméltó.

A Kherndl dolgozat egyik legjelentősebb eredménye az, hogy összefoglalja korának hídépítési módszereit, eljárásait, értékeli a szerkezet, a gazdaságosság, az esztétika szempontjából a különböző főtartószerkezeti kialakításokat.

## 2. AZ „ERZSÉBET”-LÁNCHÍD

Az első díjjal kitüntetett terv nem került kivitelezésre. Mellőzését a magyar minisztérium azzal indokolta, hogy Magyarországon nem gyártanak megfelelő minőségű kábelt. Így lánchíd épült.

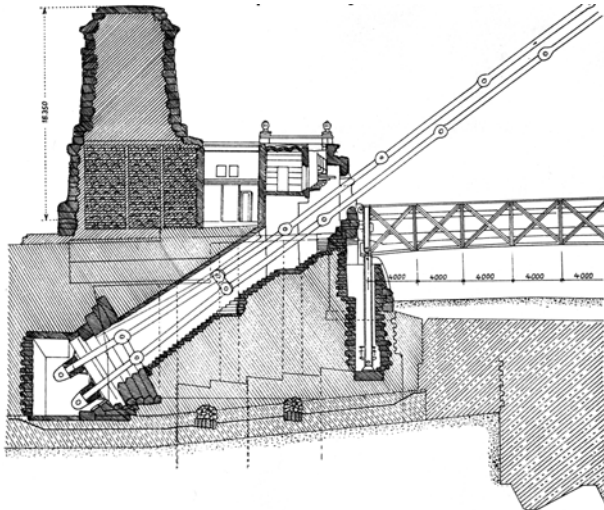
„Ha egyik mai hidász, vagy hídesztéta kezébe adnánk az akkori tervpályzat anyagát, igen nehezen választaná ki az első díjra érdemes tervet, sőt lehetséges, hogy egyik tervet se érdemesítené díjazásra. Ebből a szemszögből nézve viszont bizonyítottan látjuk, hogy a Kübler-féle terv mellőzése előremutató állásfoglalás volt, amely ismét csak azt a tényt húzza alá, hogy hidász mérnökeink már akkor is hivatásuk magaslatán állottak” (Gáll J. 1984.) [3].



3.ábra Az Erzsébet-híd terve hosszmetesze és alaprajza

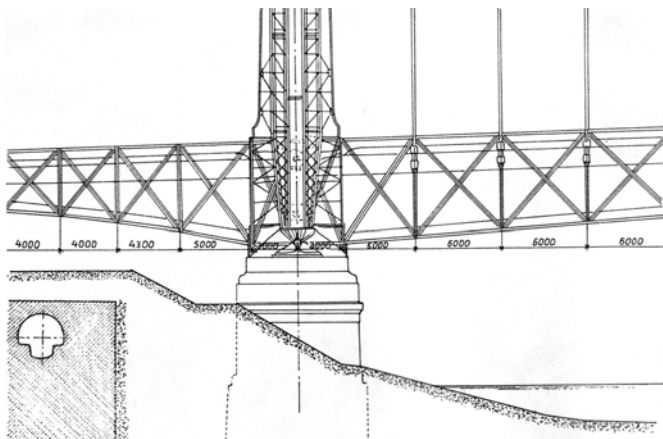
A kiviteli terveket a magyar Kereskedelemügyi Minisztérium hídosztálya készítette Czekelius Aurél irányításával, a Kherndl Antal műegyetemi tanár által kidolgozott statikai számításrendszer szerint (3.ábra) [3]. a láncokat, a sarukat, a lehorgonyzásokat

Gállik István, a merevítőtartót és a pályaszerkezetet Beke József mérnökök tervezték. A merevítőtartó folytatólagos, kettős rácsos, közepén 4,76 m magas tartó volt és a két vége felé növekedő magasságú rácsos vasszerkezetként épült. A merevítőtartó folytatólagos, a középső nyílásban függesztőrudak tartják, a szélsőkben önhordó.



4.ábra Az Erzsébet-híd terve. A láncok lehorgonyozása [3].

alátámasztó keresztartók csatlakoztak. Két lánc feküdt egymás fölött – 1,50 m-re egymástól – és a függesztőrudak felváltva hol a felső, hol az alsó láncokon adták át a terhelést.



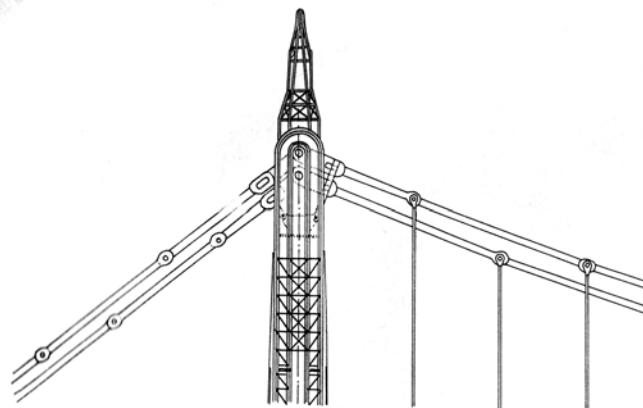
5.ábra Az Erzsébet-híd terve. A merevítőtartó átvezetése a pilonon [3].

ingaoszlopok).

A láncok a partokon elhelyezett alapokra épített vasoszlopokra (pilonokra) támaszkodtak és a hídfőknél föld alatti betonépítményekben levő horgonyzókamrákban végződtek. A láncok lemezkötegekből álltak, amelyeket 19...22 darab 495 mm széles és 25 mm vastag lemez alkotott. A lemezkötegek hossza 10,60 és 13,60 m között változott, és csupán a végeknél voltak ettől eltérő kiegyenlítő hosszak. A lemezköteget csapok fűtétek össze, ezekből 202 darab volt a hídon. A csapok végei tartották a függesztővasakat, amelyeknek alsó végeihez a pályaszerkezetet

A híd tervezésekor a századforduló legkorszerűbb szerkezeteit alkalmazták, így újszerű volt a saruk, valamint a vasoszlopok és a merevítőtartó megoldása is. A pillér fölötti kapuzatok az alsó végeiken csuklós sarukra támaszkodtak, fent a lánc ugyancsak csuklósan csatlakozott, amely koncentrált erőátadást tett lehetővé. Ezt az ingaoszlopos megoldást, magyar mérnökök elgondolását, amely később függőhidak esetében általános gyakorlattá vált, ennél a hídnál alkalmazták először (4-6.ábrák) (a jelenlegi hídszerkezet pilonjai is

A merevítőtartó volt egyúttal a szélrács, amely a láncokra ható szélerőt is felvette. A pilonoknál elhagyták a századforduló idején kiterjedten alkalmazott kő-architektúrát, ezáltal szabadon érvényesülhettek a híd szerkezeti részei. Így sikerült elérni, hogy az Erzsébet-hídat a világ egyik legszebb hídjaként tartották számon. A híd a Duna-medret áthidaló egyetlen nyílásával, 1926-ig a világ legnagyobb nyílású közúti lánchídja volt.



6.ábra A pilon kiképzése ingaoszlop, a lánccapcsolat csuklós, lánchnyereg nincs [3].

Az Erzsébet-híd építésének megkezdésére a tervpályázat lebonyolítása után voltaképpen azonnal, még 1894-ben megnyílt a lehetőség. Abban, hogy az építkezés mégis csupán 1897 végén kezdődött meg, több körülmény közrejátszott – így a Ferenc József-híd egyidejű építkezése is -, bár az ezeréves fennállását ünneplő ország anyagi ereje és felkészültsége bizonyára lehetővé tette volna egyszerre két Duna-híd felépítését is. A késedelem fő oka azonban nem ez, hanem a pesti Belváros városrendezési elgondolásainak kialakulatlansága volt. A híd tengelyét a Hatvani utcával (ma Kossuth Lajos utca) feltétlenül össze kellett kötni, azonban az e célból szükséges épületbontások megoldására már több lehetőség kínálkozott, amelyek közül választani nem volt egyszerű feladat.

A hídépítés 1897 végén, a partokon álló pillérek alapozásával vette kezdetét, keszonsüllyesztéssel. Közben készítették el a láncok horonykamráit és azokat a betontömböket, amelyek a lehorgonyzásokat elcsúszás ellen biztosították. Ezt követően építették fel a pilonokat, majd cölöpözött állványról felszerelték a láncokat. A híd építése során közel 12 000 m<sup>3</sup> faanyagot használtak fel annak ellenére, hogy a középső nyílás közepén nem is építettek cölöpjárókat, hanem kisebb vas hídszerkezeteket úsztattak be, hogy a dunai hajózás számára kellő nyílás maradjon. Az alépitményi munkát Gross E. és társa, valamint Fischer Henrik vállalatai végezték, a vasszerkezet a Magyar Állami Vas-, Acél- és Gépgyár szerelte.

Építés közben a budai hídfő az alapbeton fél magasságában beépített aszfalt szigetelőrétegen 33 milliméterrel a Duna irányába megcsúszott. Amikor a csúszást érzékelték, a szerelőmunkát leállították és csak a csúszás okának kivizsgálása és a szükséges ellenintézkedések után folytatták. Kiderült, hogy az alaptestbe beépített aszfalt szigetelőréteg anyagának a közeli hévforrások hőhatása következtében megváltozott a képlékenysége és a réteg mozgásnak indult. A mozgás megállítására a hídfő Duna felőli oldalára, az úttest alá, előépítményként betontestet helyeztek el, s ez megakadályozta, hogy a hídfő mozgása folytatódjék. A pesti hídfő elé is helyeztek ugyanilyen betontömböt, bár ott ezt semmi sem indokolta.

A pillérek és a horgonyláncok az 1898. és 1899. években, a vasoszlopok és a horgonyláncok az 1900. és 1901. években, a merevítőtartó 1902-ben, a pályaszerkezet 1903-ban készült el. A hidat ünnepélyes keretek között 1903. október 10-én adták át rendeltetésének. A hidat Erzsébet királyné iránti tiszteletből Erzsébet-hídnak nevezték el (7.ábra).



7.ábra Az Erzsébet-híd néhány nappal a forgalomba helyezés után

A híd vasláncainak anyaga Magyarországon kikísérletezett karbonacél volt. Szakítószilárdsága  $500...550 \text{ N/mm}^2$ , nyúlása 20%, megengedett igénybevétele  $140 \text{ N/mm}^2$ . A merevítőtartó folytvasból készült (mai néven folytacélból), amelynek megengedett igénybevétele  $110 \text{ N/mm}^2$ . A hidat 2 darab 16 tonnás kocsi és egyidejűleg ható  $45 \text{ N/mm}^2$  megoszló terhelés alapulvételével méretezték.

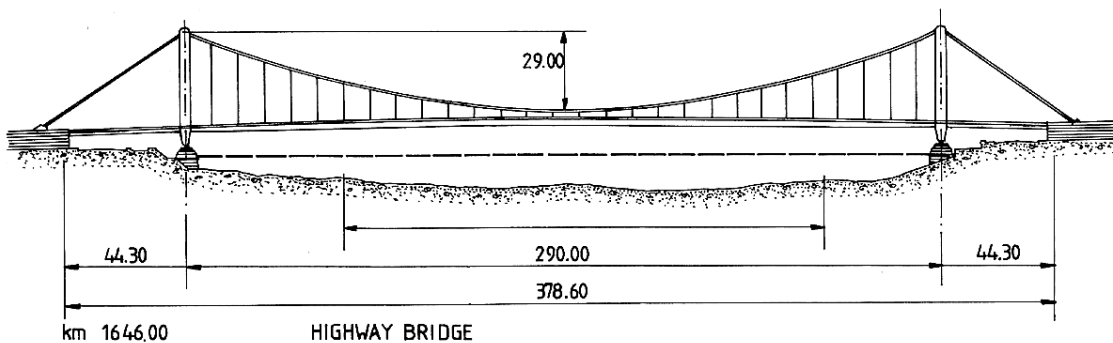
A kocsiutat fakocka burkolattal látták el. Ez az útburkolat többi budapesti Duna-hídnál bevált, és viszonylag kis tömegénél fogva a főtartók méretezésekor megtakarításokat tett lehetővé. A közúti forgalom számára négy nyomsáv állt rendelkezésre, így mindegyik irányba két-két kocsisor haladására volt lehetőség.

A közúti villamosvasutat a híd megnyitásakor még nem vezették át a hídon, bár a méretezésekor figyelembe vették. Csak tíz évvel később, 1914. augusztus 14-én haladt át az első villamos. Autóbuszjáratok 1928. október 15-étől kezdődően haladtak át a hídon.

Az Erzsébet-híd fakocka burkolata az első világháború végére már nagyon elhasználódott, úgyhogy felújítása időszerűvé vált. A felújítás akadálya volt, hogy nem lehetett fakockát kapni. Ezért a hídfenntartó úgy döntött, hogy a hídon kiskő burkolatot létesít. A fakockát tehát felszedték és helyébe kiskő burkolatot fektettek, amely kisebb-nagyobb javításokkal a híd elpusztításáig a helyén maradt.

A hidat a második világháború utolsó napjaiban, 1945. január 18-án hajnalban robbantották fel. A robbanótölteteket a budai hídfőben, a két lánckamrában helyezték el, de csak a déli robbant fel, az északi lánckamrában a tölteteket a bontáskor megtalálták. A robbanás hatására a pilon elcsavarodott és a lánccok felismerhetetlen tömbbé gyúrták össze. A pesti oldalon a pilon és a parti nyílás állva maradt és még éveken át szomorú látványossága volt a fővárosi panorámának.

Hosszas előkészítő tárgyalások eredményeként, elsősorban Sávoly Pál javaslatára háromnyílású merevítőtartós kábelhíd épült (8.ábra), melynek támaszköz viszonyai a régi Erzsébet-hídből származnak, de pályaszélessége 24,20 m (Sávoly, 1965.) [4].

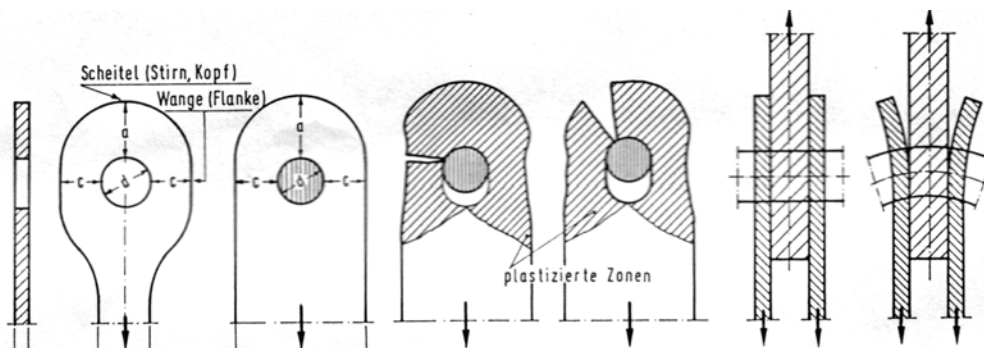


8.ábra Az új kábelhíd vázlata

A régi és az új Erzsébet-híd emlékére és tiszteletére 2003. október 10-11-én tudományos és kulturális rendezvényeket szervezett az Emlékbizottság, nagyszabású kiállítás megnyitására került sor a Budapesti Történeti Múzeumban (BTM, 2003.) [5].

### 3. A LÁNCTAGOK VISELKEDÉSE, CSUKLÓCSAPOS KAPCSOLAT

A fémépítés területén gyakori volt a csapokkal összekapcsolt lánctagok alkalmazása, melyek magas- és hídepítési rácsostartók esetében a számítás feltételezett gyakorlati megvalósítását csuklós formában képzeltek, valamint függőhidak esetében lapos rúdlánccok, mint teherhordóívek összekötését jelenthetik.

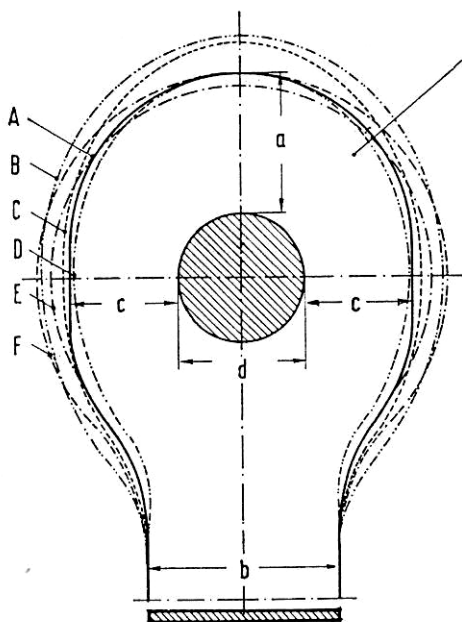


9.ábra Tönkrementeli módok [6]

A lapos rúdláncok egyes elemeit csuklócsapos kapcsolat köti össze, melynek viselkedését kísérleti vizsgálatok segítségével elemezték (9.ábra). a tönkremenetel bekövetkezhet a lánctagokban, a csapokban és azok egymásra hatása következtében (Petersen, 1993.) [6]. A 10.ábra összefoglalja azokat az ajánlásokat, melyeket az amerikai és európai hídépítésben használtak. Ezeket a geometriai arányokat abból a feltételből állapították meg, hogy a lánc teherbírása akkora legyen, mint a lánctag teherbírása.

	d/b	c/b	a/b
Lánchíd (1849)	0,44	0,53	0,68
GERBER	0,55	0,55	0,75
Erzsébet-híd (1903)	0,67	0,58	0,75
Berkeley	0,75	0,63	1
PENCOYD-Works. Phoenixville Comp.	-	0,67	0,67
Baltimore-Bridge-Comp.	-	0,75	0,75
Amerikai hídépítési előírások (1930)	(0,88)	0,69	0,69

10.ábra A láncszem kialakításának javaslatai [6]



11.ábra Láncszem kialakítások (A: Lánchíd; B: WINKLER szerint; C: HÄSELER szerint; D: GERBER szerint; E: PENCOYD-Works; F: Baltimore-Bridge-Comp.) [6]

A 11. ábra a különböző láncformák alakját mutatja. Megvizsgáltuk az eredeti (1849-ben átadott) Lánchíd, az 1915-ben átalakított „Széchenyi” Lánchíd és az 1903-ban átadott „Erzsébet”-lánchíd láncszemeinek a viselkedését VEM segítségével. A számításaink célja egyrészt a láncszemekben a feszültségek tényleges eloszlásának meghatározása volt, másrészt a különböző geometriájú láncszemek tönkremeneteli formáját is elemeztük.

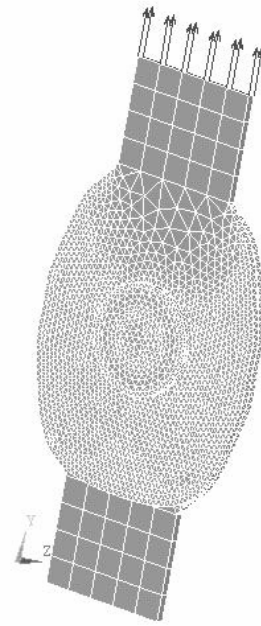
A numerikus vizsgálat során mindegyik láncszem esetén egy egyszerű csapos kapcsolatot vizsgáltunk két szem között. A láncszemek fejeinek geometriai kialakításai megfeleltek a valódi szemek geometriáinak. A végeselemes modellt mindhárom esetben nemlineáris térbeli 8 csomópontú BRICK elemekből építettük fel, és a geometria minél pontosabb lekövetése céljából igen sűrű teraédes hálózatot alkalmaztunk (12.ábra). az anyagmodellt egy bi-lineáris görbének vettük fel, ahol a folyáshatár és a szakadási nyúlás a eredeti alapanyagoknak megfelelő adatok alapján lett felvéve. A csuklócsapos kapcsolati viselkedés modellezése érdekében kontaktfelületeket definiáltunk a csapok szárai és a furat felülete között, a



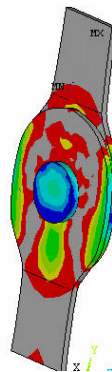
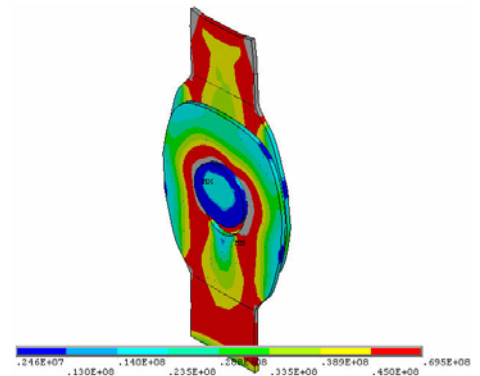
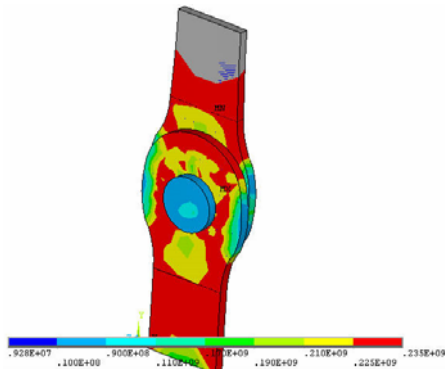
láncszemek érintkező felületei között továbbá a csapfejek és a szemek érintkező felületei között. A láncszemek vége csuklósan volt megtámasztva. Mivel a szemek kötegekben vannak beépítve a síkjukra merőleges irányba nem tudnak alakváltozni. Ezért a modellnél a láncszemek felületeit síkra merőleges irányú elmozdulással szemben megtámasztottuk.

A végeelemes számításokat ANSYS 7.0 [7] programmal végeztük el. Nemlineáris, másodrendű elmélet figyelembevételével meghatároztuk a különböző láncszemekben a feszültségek eloszlását. A feszültségeloszlások megfeleltek a régi előírásokban feltételezett eloszlásokkal (13-15. ábra).

Explicit megoldómódszerrel meghatároztuk az egyes láncszemek tönkremeneteli módjait (16-18. ábra). A legrégebbi, az 1849-ben átadott Lánchíd láncszemének kialakításánál látszik, hogy a fej majdnem teljesen kör alakú és a lemezvastagság is ennél a szemnél volt a legnagyobb. A tönkremenetel ezeknek alapján a furat mentén a tiszta húzás esetének megfelelően keletkező feszültségcsúcsok miatt, az erő irányára merőleges vonalon következik be.

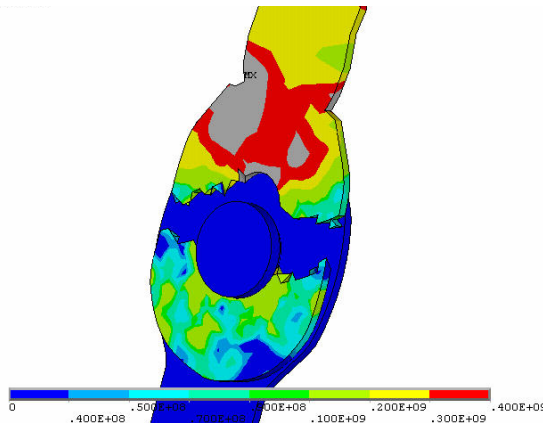


12. ábra Erzsébet-híd láncszem modellje



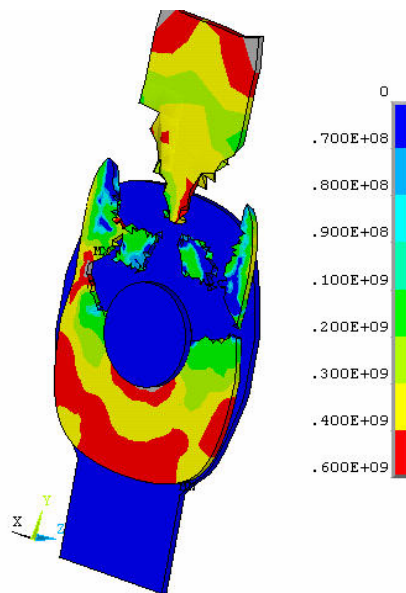
13. ábra (bal fenn) Lánchíd Mises feszültségek (Pa), 14. ábra (jobb fenn) Erzsébet-híd Mises feszültségek (Pa), 15. ábra (alul közösen) Széchenyi Lánchíd Mises feszültségek (Pa)

Az időrendben követő híd az Erzsébet-híd volt (1903). Az Erzsébet-híd láncszemének a kialakítása már más elv alapján készült, mint a régi Lánchídé, így a fej nem kör alakú, hanem ovális kialakítású. A szemek csap fölötti, illetve alatti szakasza hosszabb, mint az oldalsó szakaszok. A törés itt úgy következik be, hogy a húzás következtében a láncszem nyakából kiinduló törésvonalak mentén a lánc kiszakad a fejből.

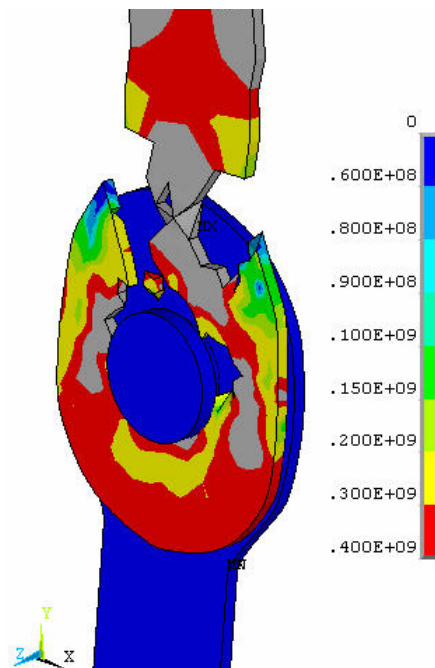


16.ábra Régi Lánchíd láncszemének tönkremenetele

1915-ben adták át az új, „Széchenyi” Lánchidat. A híd láncszemeinek a kialakítása eltér a régiétől és hasonlóságot mutat az Erzsébet-híd szemének a kialakításához, de ugyanakkor nem annyira ovális, mint az.. A tönkremenetel mégis az Erzsébet-híd láncszemének tönkremeneteléhez hasonló módon következik be.



17.ábra Erzsébet-híd láncszemének tönkremenetele



18.ábra Széchenyi Lánchíd  
láncszemének tönkremenetele

A vizsgálatok eredményei bemutatták, hogy az egyes láncszemek milyen módon mennek tönkre, továbbá azt is, hogy a geometriai kialakítás mennyire befolyásolja a szemek tönkremenetelének módját.

### KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS:

A szerzők köszönetet mondanak az eCon Engineering Kft.-nek és személyesen Molnár Lászlónak valamint Kiglics Gábornak, az ANSYS LS-DYNA szoftver felhasználásához nyújtott segítségükért és hozzájárulásukért.

### HIVATKOZÁSOK

- [1] Mehrtens, G. 1908.: *Vorlesungen über Ingenieur-Wissenschaften Eisenbrückenbau I*, Leipzig, Verlag von W. Engelmann p.813.
- [2] Kherndl A., 1894.:A székesfővárosi Duna hidak terveire kiírt pályázatról, *Magyar Mérnök- és Építés-Egylet Közlönye*, Budapest pp. 3-59 és 10.tábla
- [3] Gáll I. 1984.: *A budapesti Duna-hidak*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest p. 146
- [4] Sávoly P. 1964.: Az Erzsébet-híd, mint műszaki alkotás, *Közlekedéstudományi Szemle*, 1965. pp. 44-46
- [5] BTM 2003.: *A régi és az új Erzsébet-híd*, Budapesti Történeti Múzeum p. 175

- [6] Peterson, Ch., 1993.: *Stahlbau, Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten*, Vieweg, Braunschweig, 1993.
- [7] ANSYS 7.0, Ansys Inc. 2002.