



Darvas Endre:

## FESZÍTETT CSAVARKÖTÉSEK ALKALMAZÁSÁNÁL SZERZETT ÚJABB TAPASZTALATOK

A hegesztett acélhidak helyszíni kapcsolataihoz Európában az 1950-es évektől kezdve alkalmaznak feszített csavarokat. A gyors elterjedés oka elsősorban a szerelési munkáknál mutató rendkívüli előnyökben keresendő. A 10 K minőségű csavarokkal egymáshoz feszített felületek súrlódás útján adják át az erőt. A kötés hatásmechanizmusának, teherbírásának és tervezési feltételeinek meghatározására még világszerte folyik a kutatómunka. Hazánkban az UKI végzett kísérleteket a felületelőkészítés, az ellenőrző vizsgálatok és a mérés technika módjára vonatkozóan [1]. A gazdaságos kötésmódot 1960 óta már több hazai híd építésénél alkalmazták.

A feszített csavarkötés alkalmazásának előnyei:

A helyszíni kötés gyorsan elkészíthető, a csavarok előhúzó gépi automata léghalápcsal, meghúzó kézi nyomatómérő (Facom-) kulccsal történik.

A helyszíni munka gépesíthető, a szegecseléshez szükséges négy fős szegecselő brigád helyett egy betanított munkás elegendő.

Az előkészítő munkák közül a lyukfúrás egyszerűbb, mivel az 1 mm lyukátméretűrés lehetővé teszi a műhelyben végleges átméretre történő fúrást, míg a szegecselésnél a műhelyben csak előfúrást végezhetnek, a végleges lyukátméret a helyszíni összefúráskor lehet elkészíteni. A feszített csavarkötés acélanymegtakarítást eredményez, mivel az illesztett acélanymag gyöngítése kismértékű, de a kötés fáradási szilárdsága is kedvezőbb a szegecselt kötésénél.

### A kötés mechanizmusa

A hevederekkel illesztett acéllemez-kötésben a 10 K minőségű ( $\sigma_{0,2}=90$

kp/mm<sup>2</sup>) csavarok meghúzásával a hevederek és az acéllemez tapadó felületeit egymáshoz feszítik. A csavarlyuk 1 mm-rel nagyobb az orsóátméternél, így a csavarorsó nincs nyírásra igénybe véve. A kapcsolat teherbírását tehát a csavar feszítőereje és a tapadófelületek súrlódása határozza meg (1. ábra).

Egy csavar orsójában létesített  $P_v$  feszítőerő által a tapadófelületen súrlódással átadódó erő

$$N_1 = \mu \cdot P_v,$$

ahol  $\mu$  a súrlódási tényező.

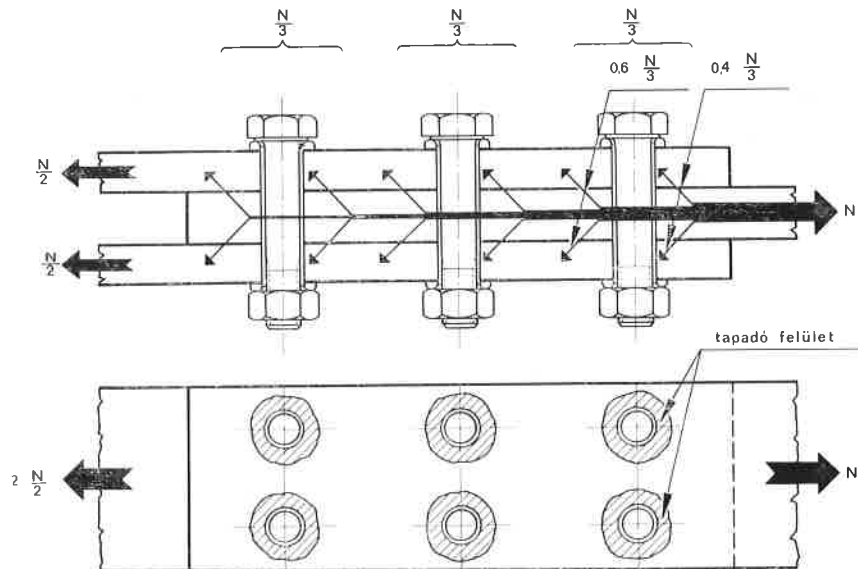
A teljes csavarkötés megengedett tapadó teherbírása

$$N_{eng} = \mu \cdot m \cdot n \cdot P_v \frac{1}{\nu},$$

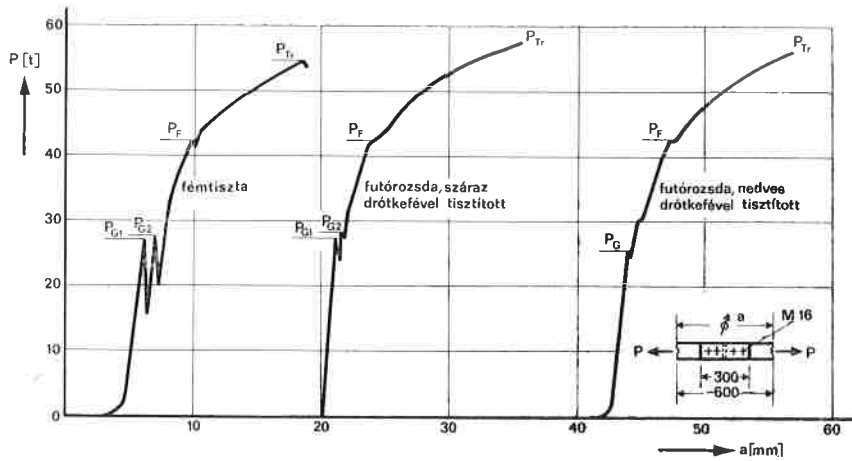
ahol  $m$  = a tapadófelületek száma,  
 $n$  = csavarok darabszáma,  
 $\nu$  = előírt biztonság a megcsúszással szemben.

A súrlódási tényező értéke a tapadófelületek minőségétől, valamint az acélanymag minőségétől függ. Az előírások megszabják a felületelőkészítési módokat — pl. lángkezelés, szemcsepszórás — a felület tisztasági fokát, állapotát a beépítés idején. Az ily módon előkészített felület bizonyos mértékig durva. A megcsúszással szemben az enyhén durva felületek is ellenállnak. Ez a magyarázata annak, hogy a különböző szilárdságú acélok eltérő súrlódási tényezővel rendelkeznek.

Az NSZK jelenlegi [2] és az ennek nyomán készült egyéb előírások a 37-es szilárdságú acélokénál 0,45, míg az 52-es acélokénál 0,60 értékű súrlódási tényezőt írnak elő. A szovjet és angol előírások az 52-es acélokra 0,55 értékű súrlódási tényezőt engedélyeznek. A súrlódási tényező értékét az első mérhető 0,3...0,5 mm értékű megcsúszáshoz tartozó erőből kell meghatározni.



1. ábra Erőátadás feszített csavaros kötésben



2. ábra Erő-nyúlás szakító diagram. Szemcseszórással előkészített felületű próbatetek, 52-es acélananyagból, különböző állapotú tapadófelületekkel (Klöppel nyomán)

A biztonsági tényező megcsúszással szemben főerőkre — vagyis a terhelőerők I. csoportosításában 1,60 értékre — és fő- és összeserőkre — vagyis a terhelőerők II. csoportosításában 1,40 értékre — vehető.

Méretezéskor az illesztett acélananyag lyukakkal gyengített keresztmetszetének vizsgálatok feltételezhető, hogy a csavarra jutó erő 40%-a már a gyengített keresztmetszet előtt súrlódás útján átadódott (1. ábra). A kötésben lévő csavarok között egyenlő teherelosztást szabad feltételezni.

Az orsóirányú húzóerővel is igénybevett csavarokra megengedett tapadóteherbírást csökkenteni kell a tapadó-

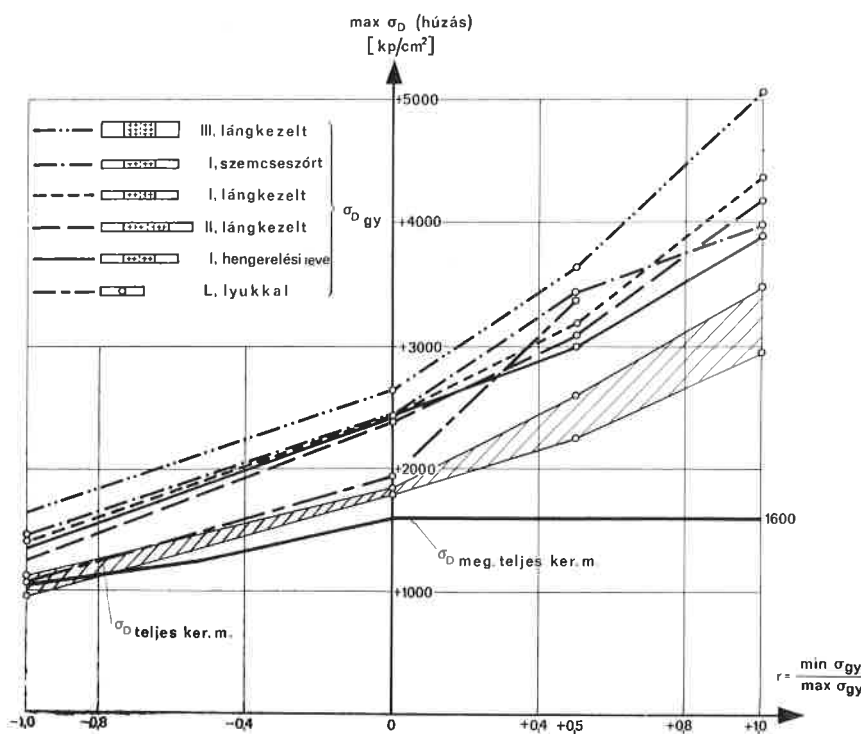
felületeket egymáshoz szorító erő csökkenése arányában:

$$N_{eng}^H = \frac{P_v - H}{P_v} N_{eng}$$

ahol  $P_v$  = a csavar orsójában létesített feszítőerő,

$H$  = a csavarorsóra jutó húzóerő.

A feszített csavarkötések alkalmazása során világszerte problémák vannak mind a méretezés, mind a kivitelezés terén. A nagy szilárdságú 10 K minőségű csavarok magas ára, valamint a szigorú felületelőkészítési előírások okozta szerelési nehézségek arra ösztönözték a kutatókat, hogy új módszereket keressenek a kötésmód gaz-



3. ábra Feszített csavaros kötések fáradási diagramjai, St 37 acélminőség,  $N = 3 \times 10^3$  teherismétlődési szám

daságosságának fokozására. Erre jelenleg két út kínálkozik:

A felületelőkészítés egyszerűsítése, amely a súrlódási tényező értékét is befolyásolja, növeli a csavarszámot. Illesztett feszített csavarok alkalmazása a csavar nyírószilárdságát is bevonja a kötés teherbírásába, így a csavardarabszám csökken, viszont az előkészítési munkák megnövekednek.

## Külföldi vizsgálati eredmények

A vizsgálatok a felületelőkészítésre és a gyártásra vonatkozó előírások egyszerűsítését, a méretezési előírások felülvizsgálatát, valamint új kötéselem-típusok bevezetését kívánják megoldani.

Az előkészített felületek korrózió elleni védelmét szolgálja az előkészítési munkák egyik szigorú előírása, amely szerint a felületeket a felületelőkészítési művelet után néhány órán belül össze kell építeni. A szerelési munkák során ez számos nehézséget okozott. A szemcseszórással előkészített felületű, különbözőképpen tárolt csavarkötések teherbírását Klöppel [3] vizsgálta. A 2. ábrán 52-es acélananyagú, 2—2 db M 16/10 K csavarral kapcsolt kötés erő-nyúlás diagramját mutatjuk be. Készültek M 24/10 K csavarkötések is.

A kísérletek eredménye alapján Klöppel javasolta az azonnali beépítésre vonatkozó előírás enyhítését, mivel a súrlódási tényező csökkenése nem jelentős. Egyidejűleg javasolta az 52-es acélokra megadott 0,60 értékű súrlódási tényező értékének csökkentését. A nagyobb átmérőjű csavarokkal kialakított kötések ugyanis nem biztosítják az előírt értéket.

A különböző felületelőkészítési módok közül az acélszemcseszórással eredményezi a legkedvezőbb súrlódási tényezőt, míg a korundszemcsés szórással alacsonyabb értékű szórást mutat, bár a felület az utóbbi előkészítési módnál durvább, az ORE (Office de Recherches et d'Essais) stuttgarti kísérletei [4] szerint.

A lángkezeléssel előkészített felületű próbatetek teherbírási eredményei meg nem engedett mértékű szórást mutattak. Ennek oka az égőfej-beállítás és az előtolási sebesség nehezen ellenőrizhető volta, ami miatt a német vasutak a lángkezeléssel történő felületelőkészítést újabban nem engedik meg. A hengerelési reve előzetes gondos eltávolítása minden esetben szükséges.

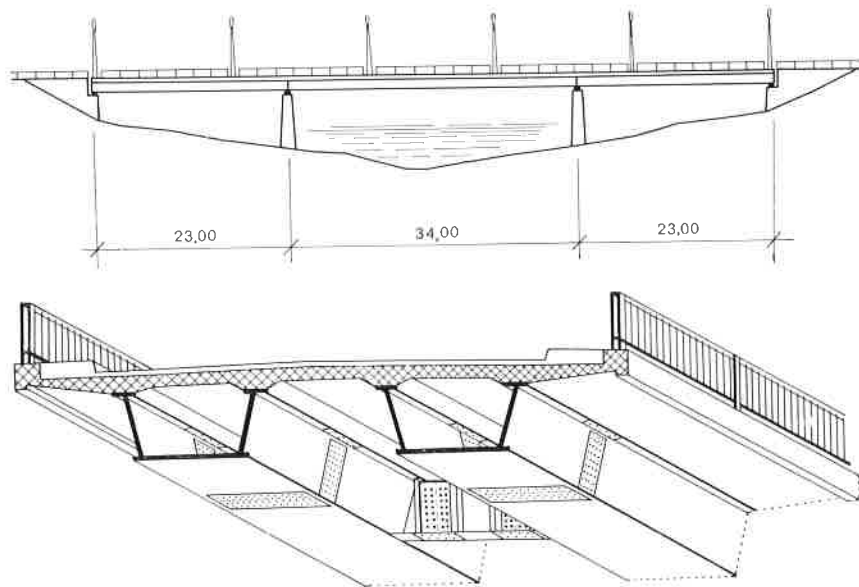
A csavarlyukátmérő változásának hatását Klöppel vizsgálta [3]. Az előírás szerint az orsóátmérőnél 1 mm-rel nagyobb lyukátmérőt kell készíteni. Az 1 mm helyett 5 mm-rel nagyobb lyukátmérő alkalmazása a súrlódási tényező értékét maximálisan 10%-kal csökkentette. A magasépítési szerkezetekre vonatkozó előírás kiegészítése [5] már megengedi a 2 mm-nél nagyobb lyukátmérő alkalmazását, a teherbírás csökkentése mellett.

A biztonsági tényező értéke jelenleg 1,6, az első hirtelen fellépő, jelentős megcsúszást okozó erőhöz mérten a terhek I. csoportosításában. Az acélszerkezeteknél egyébként minden esetben megelégednek az 1,5 értékű biztonsággal, az alapanyag folyáshatárával szemben, ezért Klöppel javasolta a feszített csavaroknál is az 1,5 biztonság bevezetését. Ennek jogosságát alátámasztja a feszített csavar kötésének a 2. ábrán látható erő-nyúlás diagramja is, amelyen megfigyelhető, hogy az első megcsúszás okozta ingadozás után növekvő teherbírás mellett folytatódik a csúszás a csavarorsók palástjának felfekvéséig, majd a szakadásig. A csavarra eső megengedett terhet az első hirtelen fellépő és nagymértékű megcsúszást előidéző erőhöz mért biztonsággal írják elő, a kötés a teljes szakadáshoz tehát további többlet-biztonsággal rendelkezik.

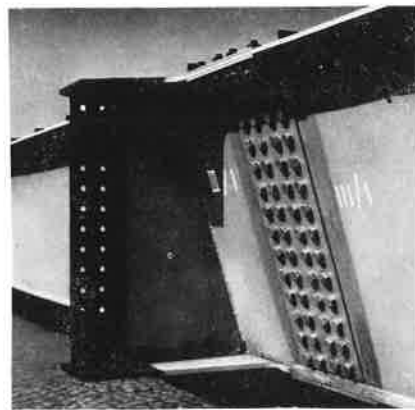
Tapasztalataink szerint a méretezési előírások nem biztosítanak ugyanolyan megbízhatóságot a geometriai méretekben egymástól különböző kötéseknek. Ennek az az oka, hogy a hasznos keresztmetszetre vonatkoztatott lemezfeszültség nem arányos a külső terheléssel.

Az azonos megbízhatóság céljából a méretezési elvek felülvizsgálata szükséges.

Feszített csavaros kötések fáradási-szilárdsági vizsgálati eredményeit Klöppel nyomán a 3. ábrán láthatjuk. A Jasper-diagramokban, az  $r = \sigma_{min} / \sigma_{max}$  feszültségi viszony függvényében megadott fáradási-szilárdsági görbékől látható, hogy a különböző csavar-elrendezésű és különböző felületelőkészítésű kötések a gyengített lemez-keresztmetszetre számított fáradási-szilárdsági görbéi aránylag kis szórást mutatnak. Az ábrán a lemez teljes, gyengítetlen keresztmetszetére átszámított fáradási-szilárdsági értékek szélső értékeit és szórási sávját a vonalkázott sáv tünteti fel. A szórási sáv szélessége ez esetben még kisebb. Összehasonlítva a lyukas alapanyag gyengített keresztmetszetre számított fáradási-szilárdsági görbéjével kimutatható, hogy a feszített csavaros



4. ábra A berettyószentmártoni Berettyó-híd keresztmetszete és oldalnézeti vázlata



5. ábra Szekrényfőtartó kész feszített csavarkötése

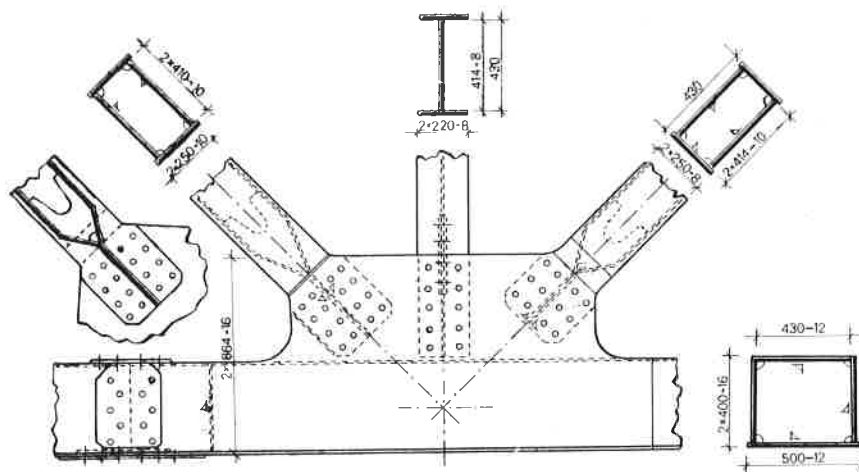
kötés teljes keresztmetszetre számított fáradási-szilárdsági értékei egyeznek a szegecselt kötés gyengített keresztmetszetre számított értékeivel. A fáradásra megengedett feszültségek görbéjét is feltüntettük Klöppel javaslata szerint. Ennek alapján a fáradási vizsgálatot a teljes rúdkeresztmetszetre kell végezni.

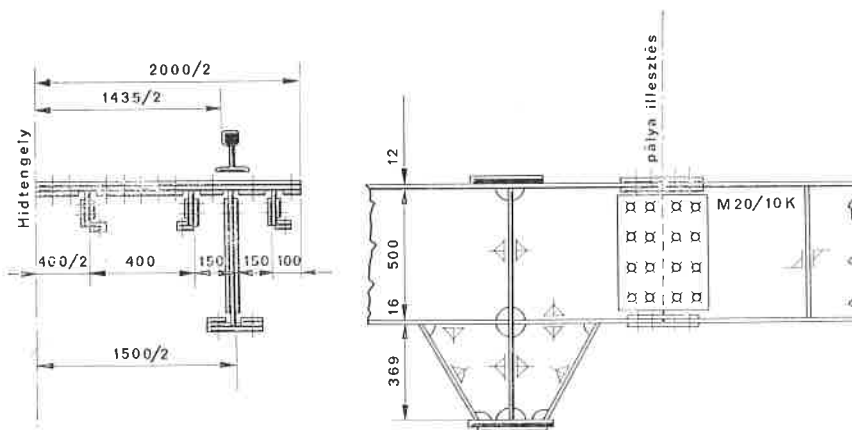
A költséges 10 K minőségű csavarok kihasználtságának növelése végett újabban a csavarlyukba pontosan beillesztett feszített csavarokat alkalmaznak, elsősorban magasépítési szerkezeteknél. Az illesztés következtében a csavarorsók nyírási teherbírása is kihasználható, ezenfelül a terhelés alatt a kötésben nem lép fel csúszás.

A csavardarabszám illesztett feszített csavaroknál:

$$n = \frac{P}{N_{eng} + \tau_{eng} \cdot F_{cs}}$$

6. ábra Hegesztett vasúti híd rácsos főtartójának feszített csavarkötései





7. ábra Hegesztett vasúti híd acéllemez pályaszerkezetének feszített csavarkötése

ahol  $P$  = a kötésre ható erő,  
 $N_{eng}$  = az egy csavarra megengedett súrlódó erő,  
 $\tau_{eng}$  = 1000 kp/cm<sup>2</sup> — nyírásra megengedett feszültség,  
 $F_{cs}$  = a csavarorsó nyírt keresztmetszete.

Az illesztett csavarkötés csavararabszáma átlagban 40%-kal kevesebb a normál feszített csavarkötésénél.

A csavarlyukakat összeépítéskor fel kell dörzsölni, a lyukátmérő tűrése max. 0,3 mm lehet.

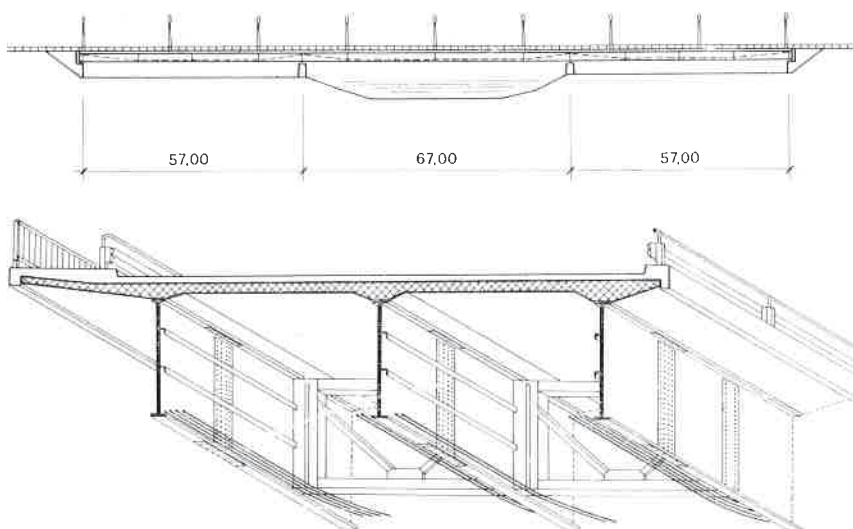
Kísérleteket végeztek a ragasztott feszített csavarkötések teherbírására vonatkozóan is. Az acélszerkezetek epoxiragasztása már korábban is használatos volt. Az epoxianyag nyírószilárdsága megháromszorozható, ha a frissen ragasztott lemezeket feszített csavarokkal szorítják össze [6]. A kísérletek szerint a nyíró-súrlódási tényező kb. 0,90 értékű. A próbatetek szakadása megcsúszással kezdődött.

Ragasztott feszített csavaros kötése-

ket legutóbb vasúti hidak pályatartóinak kapcsolatánál alkalmaztak [7]. A fáradási-szilárdsági kísérletek kedvező eredményeket szolgáltattak. Nem került még sor az epoxi öregedési hajlamának tisztázására.

### Újabb hazai tapasztalatok

A korábbi hazai tapasztalatokról már több cikkben olvashattunk. A taktaharkányi közúti Takta-híd [8] és a tiszafüredi közúti Tisza-híd [9] rácsos szerkezetű főtartóiban a rácsrudak és az oszlopok bekötése, valamint a gerinclemezes keresztartók bekötése a főtartó csomópontjaiban feszített csavaros megoldású. A főtartók övrúdjainak helyszíni illesztései hegesztettek. Az építés közben nyert tanulságokról részletes beszámoló is készült [10]. A kivitelezés és az UKI által végzett ellenőrző vizsgálatok során előtérbe kerültek a felületelőkészítés és



8. ábra A győri közúti Rába-híd keresztmetszete és oldalnézeti vázlata

az ellenőrző mérés technika kérdései [1].

A következőkben néhány acélhid építésével kapcsolatban újabb szerzett tapasztalatainkról számolunk be.

A berettyószentmártoni közúti Berettyó-híd keresztmetszete két hegesztett acélszekerényből és velük együttműködő vasbeton pályalemezből áll [11] (4. ábra). A 80 m összhosszúságú, 23+34+23 m támaszközü, folytatólagos, támaszmozgatással előfeszített, 37-es szilárdságú acélből készült híd szerkezetben az acélszekerények és az együttműködő keresztartók helyszíni illesztéseinek alkalmaztunk feszített csavarkötéseket. Az M 20 és M 24 méretű csavarokat a DIN 6914 szabvány szerinti kivitelben, importból szerezték be. Az egyik ferde oldalfalú acélszekerény kész feszített csavarkötését az 5. ábrán láthatjuk. A felületeket, a reve előzetes eltávolítása után, lángkezeléssel készítette elő a kivitelező győri Vagon- és Gépgyár. A száraz homokszóró berendezést a szilikózisveszély miatt nem lehetett használni, így a reve eltávolítása lassította a szerelési munkákat. A csavarok meghúzását automata, Böhler-meghúzó légalapáccsal végezték, a kapcsoló automata hiányosságai miatt azonban szükség volt a kézi Facom nyomatók mérő kulccsal történő utánhúzásra. Gyártás közben az ellenőrző próbatetekon mért súrlódási tényező elérte a 37-es acélokra előírt 0,45 értéket.

Vasúti hidaknál első ízben egy 36 m támaszközü, alsópályás, rácsos főtartóhoz, hegesztett vasúti híd főtartójának és hegesztett pályaszerkezetének helyszíni illesztéseiben alkalmaztak feszített csavaros kötéseket [12]. A hegesztett acéllemez pályaszerkezet együtt dolgozik a rácsos főtartó alsó övével, így merev pályakötéseket kellett választani. A főtartó egy csomópontjának és egy övrúd illesztésének feszített csavarkötéseit látjuk a 6. ábrán. A hegesztett pálya csavarkötését a 7. ábrán mutatjuk be. A 37-es acélszerkezetből készülő híd szerkezet súrlódó felületeinek előkészítési módjára szemcseszórást és helyszínen végzett lángkezelést javasoltunk. A DIN 6914 szabvány szerinti csavarokat importból szerezte be a kivitelező Ganz-MÁVAG.

A feszített acélszerkezetű új győri közúti Rába-híd hegesztett főtartóinak és rácsos keresztartóinak helyszíni illesztéseire is feszített csavarkötéseket alkalmaztak (8. ábra). A rácsos keresztartóknak a főtartóba történő bekötése homloklemezekkel történt (9. ábra). A 10 K minőségű M 20 és M 24 átmé-



rőjű DIN-szabvány szerinti csavarokat a magyar Csavarárugár készítette.

A 10 K minőségű csavarok közül az M 24 átmérőjű, hosszabb orsóátmérőjű csavarok néhány tételénél hőkezelési hibák mutatkoztak. Az egyenlőtlen hőkezelés miatt egyes csavarok nem érték el a 10 K minőségnek megfelelő szilárdságot. Az adagok megismételt hőkezelése után a csavaroknak kb. 5%-a ridegnek bizonyult, és meghúzás-kor, illetve meghúzás után a csavarfejek lepattantak. Hasonló lepattanások fordultak elő a kisari Tisza-híd építésénél is. A hibás csavarokat mindkét esetben újakkal cserélték ki. A csavaralátétek keménysége sem érte el a DIN-szabványban előírt szilárdsági értéket minden esetben, ez ugyancsak hőkezelési technológiai hibára mutat. A hibás alátéteket is újra hőkezelték. A sok utólagos, újra történő hőkezelés a szállítási időt rendkívül megnövelte.

A feszített csavarkötések tapadófelületeinek előkészítésére több módszer is megvizsgálták. A felületelőkészítés újszerű kivitelezésére készült javaslat a végzett kísérletek szerint nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket.

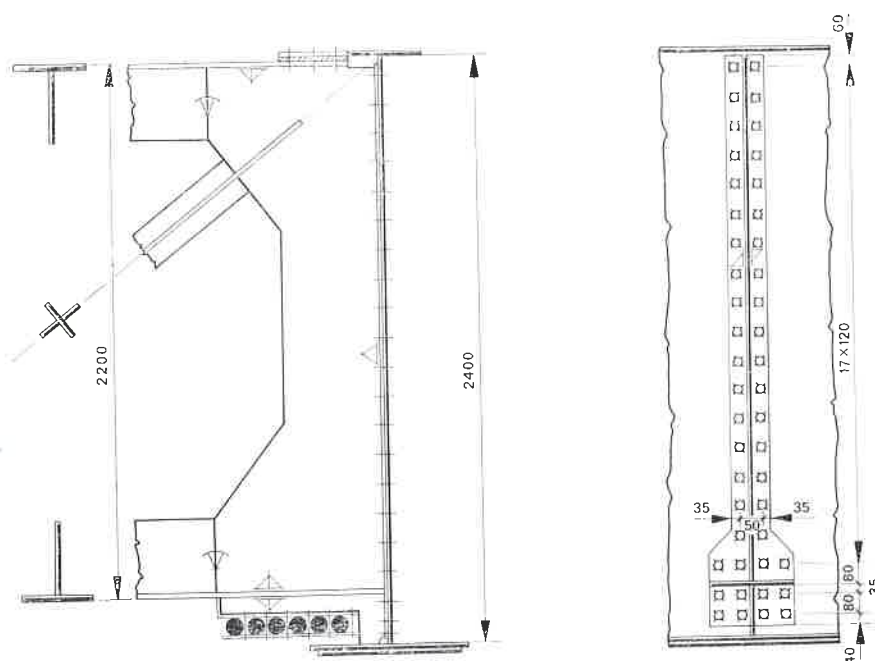
A javaslat szerint tűskéző léghalápcos szerszámmal durva tapadófelületet kell előállítani. A csavarok megfeszítésekor a durva felületek egymásba kapaszkodnak, közöttük kis mértékű hézag marad.

A tűskézett durva felületű, 52-es acélminőségű kötés erő-nyúlás diagramja (az UKI újabb ellenőrző vizsgálata nyomán) a 10. ábrán látható, a normál lángkezelt felületű kötés diagramjával együtt. A teher növelésekor kezdetben magas, 0,7 értékű súrlódási tényezőjű a tűskézett kötés, az első megcsúszás után azonban a felületi durvaságok lecsiszolódnak, a súrlódási tényező hirtelen lecsökken 0,3 értékűre és a kötés változatlanul csúszik tovább [1].

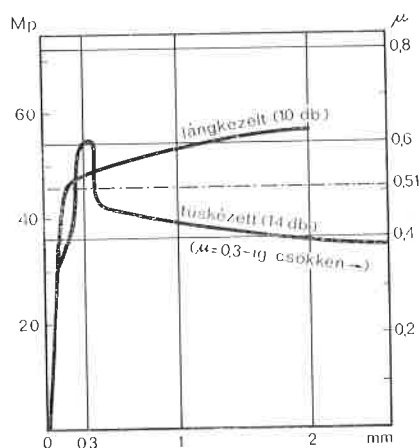
A lángkezelt felületi kötés diagramja, valamint a szemcseszórt felületi kötés 2. ábra szerinti diagramja ezzel szemben az első megcsúszás után fokozatosan növekedő súrlódási tényezőt mutat, egészen a teljes szakadásig.

A durva felületek kedvezőtlen súrlódási tényezőjét már az ORE kísérletei is kimutatták [4]. A súrlódási tényező ilyen csökkentése a kötés biztonságát meg nem engedett mértékben veszélyezteti, így e felületelőkészítési mód egyelőre nem alkalmazható [1].

A győri Rába-híd építésénél a lemezek tapadófelületeinek előkészítése lángkezeléssel történt (11. ábra). A gyártáskor készített ellenőrző kötése-

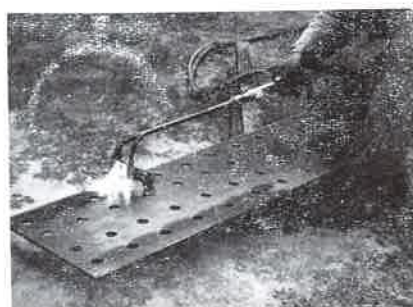


9. ábra Rácsos keresztartó bekötése homloklemez kötésel



10. ábra Erő-nyúlás szakító diagram. Lángkezeléssel és tűskézéssel előkészített felületű próbatetek, reveréteg előzetes eltávolításával, 52-es acélanagból

ken mért súrlódási tényezők azonban alatta maradtak az előírtak, értékük a 0,41 . . . 0,59 szórási sávban változott. A részletes vizsgálat megállapította, hogy a gyárban tárolt próbatetek felületeiről a revét nem távolították el,



11. ábra Felület előkészítése lángkezeléssel

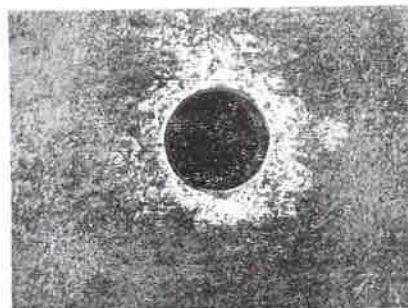
ez volt az oka az alacsony súrlódási értéknek [13] (12. ábra).

A lángkezelés egymagában nem alkalmas a revé eltávolítására. A szerkezeten megfeszített kötések lemezeit a szabadban tárolták, így a reveréteg ezekről már levált, mint ahogy erről egy kötés szétbontásakor meggyőződünk.

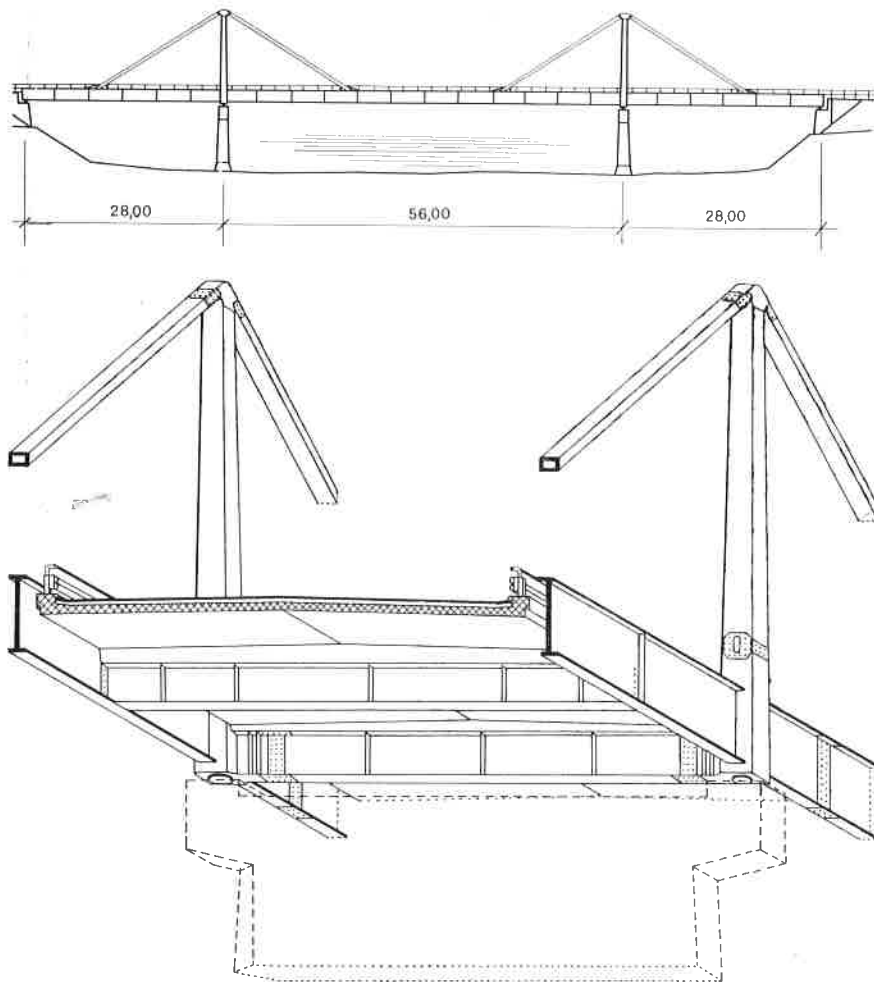
A szerkezetbe így beépített, lángkezelt felületű kötések (13. ábra) kísérleteinél az UKI 0,51 értékű súrlódási tényezőt állapított meg, tehát az előírt 0,60 értéknél alacsonyabbat. A kisebb súrlódási tényezőnek meg-



12. ábra Revés felületű, lángkezelt próbatest



13. ábra Revétlenített, lángkezelt felületű próbatest



14. ábra A makói közúti Maros-híd keresztmetszete, oldalnézeti vázlat

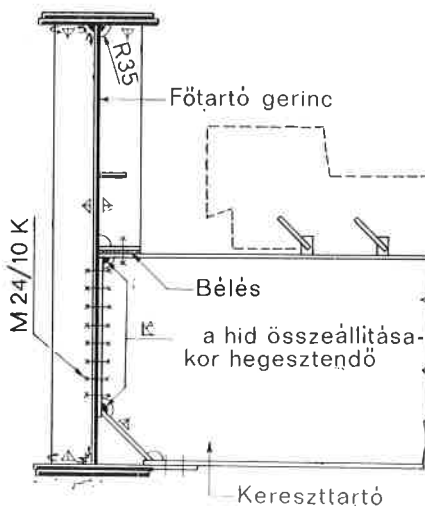
**Feszített csavarok csökkentett megengedett terhelése (Mp) csavaranként és tapadófelületenként, 52-es acélminőségre**

Csavar-méret	Feszítőerő Mp	Terhelőerők csoportosítása	
		I.	II.
M12	5,2	1,83	2,05
M16	9,9	3,39	3,82
M20	15,5	5,30	5,96
M22	19,2	6,57	7,39
M24	22,1	7,63	8,59
M27	29,2	9,95	11,19

felelően a hídszerkezet csavarkötéseit át kell számítani. A különböző csavar-átmérőkre megengedett terhelőerő értékeit 52-es acélokra vonatkozóan táblázatban közöljük.

A ferde rudakkal függesztett, acélszerkezetű makói közúti Maros-híd keresztmetszetét és oldalnézeti vázlatát a 14. ábrán tüntettük fel. A hegesztett acél főtartó, a függesztő rudak és a kereszttartó helyszíni kötéseit feszít-

tett csavarosak. A kereszttartó-bekötés homlokmezét csak a gyári összeállítás után szabad felhegeszteni, így a gyártási pontatlanság okozta hézagok a feszített csavarkötésnél elkerülhetők (15 ábra). Az 52-es acélminőségű szerkezet súrlódó felületeinek szemcse-



15. ábra Kereszttartó-bekötés

szórással történő előkészítését vettük tervbe.

\*

Összefoglalva, a tapasztalatok alapján lerögzíthető, hogy a hazai csavargyártás érdekében kívánatos a magyar Csavarárugyár hőkezelési technológiájának megjavítása és megfelelő alapanyag kiválasztása. Addig, míg ez nem valósul meg, külföldről kell a szabványnak megfelelő csavarokat behozni.

A felületelőkészítés módjára vonatkozóan megállapítható, hogy a szerkezet kielégítő felületelőkészítése két lépcsőben valósítható meg. Fémtisztító felület előállítására szükséges a gyártó műhelyben, a szerkezetek gyártása előtt, pl. homokfúvó berendezéssel, amely a revét is eltávolítja. A második lépcsőben a tapadófelületek szemcse-szórással történő előkészítését kell elvégezni, még a feszített kötések készítése előtt. E műveletek elvégzésére megfelelő berendezések kell beszerezni. Addig, amíg a hídgérek felszerelése nem egészül ki, a lángkezeléses felületelőkészítést kell alkalmazni, előzetes revétlenítés mellett. A lángkezelési technológia nehezen ellenőrizhető volta, az égőbeállítás, a lángkezelés időtartama miatt a súrlódási tényező értékének szórása a megengedettnél nagyobb.

A feszített csavarok teherbírását ezért az 52-es acélnál csökkenteni kell, a 0,51 súrlódási tényezőnek megfelelően a táblázat szerint, addig is, míg a korszerű felületelőkészítő berendezéseket be nem szerzik. A 37-es acélnál előírt 0,45 súrlódási tényező a mai eljárásokkal is biztosítható, a reve előzetes eltávolítása azonban ez esetben is szükséges. A külföldi kísérletek alapján [3] is túlzottan minősített 0,60 súrlódási tényező helyett Ohlemutz [14] 0,55 értéket javasol az 52-es acélokra.

A külföldi tapasztalatok alapján javasoljuk illesztett feszített csavarkötésekkel kapcsolatos kísérletek elvégzését és e kötésformák bevezetését. Az importból beszerezett csavarok alkalmazása ez esetben gazdaságosabb. Foglalkozni kell ragasztott feszített csavaros kötések vizsgálatával is.

**Felhasznált irodalom**

- [1] Dr. Gállik István: A feszített csavarkötések vizsgálati módszerének fejlesztése és az 1969. évi tapasztalatok. Mélyépítéstudományi Szemle 1970. 8. szám.
- [2] Vorläufige Richtlinien für HV Verbindungen. 2. Ausgabe. 1963. Stahlbau Verlag, Köln.

- [3] Klöppel—Seeger: Sicherheit und Bemessung von HV Verbindung aus St 37 und St 52 nach Versuchen unter Dauerbelastung und ruhender Belastung. Technischen Hochschule Darmstadt. 1965.
- [4] ORE Probleme der HV Verbindungen in Stahlbauten. Frage D 90. Utrecht. 1966.
- [5] Ergänzungen zu den „Vorläufige Richtlinien für HV Verbindungen“ für den Anwendungsbereich des Stahlhochbaues mit notwendigend ruhender Belastung. DAS. 1967. Stahlbau Verlag Köln.
- [6] Trittler—Dörner: Die vorgespannte Klebeverbindungen. Stahlbau 1964. H. 9.
- [7] Schröter, H. J.: Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Germersheim. Stahlbau. 1969. H. 1.
- [8] Kékedy Pál: Az első hazai nagyszilárdságú feszített csavarkötéssel kialakított acélhid. Mélyépítéstudományi Szemle. 1961. 5. szám.
- [9] Kékedy—Domanovszky—Fekete: Az új tiszafüredi közúti Tisza-híd. Mélyépítéstudományi Szemle. 1967. 10. szám.
- [10] Medved Gábor: Nagy szilárdságú feszített csavarkapcsolatok kivitelezési kérdései. Mélyépítéstudományi Szemle. 1968. 2. szám.
- [11] Darvas—Balázs: A berettyószentmártoni közúti Berettyó-híd tervezése és építése. Mélyépítéstudományi Szemle. 1969. 11—12. szám.
- [12] Darvas Endre: Hegesztett vasúti hidak fejlődése. Mélyépítéstudományi Szemle. 1970. 9. szám.
- [13] UKI: A győri Rába-híd építéséhez készített kísérleti és ellenőrző feszített csavarkötések érdesített felületeinek vizsgálata. 1970.
- [14] Ohlemutz, A.: Probleme der HV Verbindungen im Stahlbau. Strasse-Brücke-Tunnel. 1969. H. 12.

Endre Darvas:

### NEUERE ERFAHRUNGEN MIT DER ANWENDUNG VON HOCHFESTER VORGESPANNTER SCHRAUBENVERBINDUNGEN

Zum Baustelle stossen von geschweissten Stahlbrücken werden heute schon meistens hochfeste vorgespannte Schraubenverbindungen verwendet. Die mittels HV-Schrauben der Qualität 10 K aneinander gespannten Stahlplattenflächen übergeben die Kraft durch Reibung. Der Vorteil dieser Verbandmethode zeigt sich in erster Reihe bei den schnellen, mechanisierbaren Montagearbeiten, sie ermöglicht jedoch auch Stahlmaterialsparung. Die wissenschaftliche Forschungsarbeit richtet sich heute darauf, die Vorbereitungsmethode der sich reibenden Flächen zu vereinfachen, bzw. die Stückzahl der verhältnismässig teuren Schrauben durch neue Lösungen zu vermindern. In dieser Richtung sind Forschungen im Gange mit der Zielsetzung, bei Brückenkonstruktionen sich in die Schraublöcher genau einpassende HV-Pass-Schraubenverbindungen, sowie geklebte HV-Schraubenverbindungen anzuwenden.

Bezüglich der inländischen Anwendung von HV-Schraubenverbindungen haben wir anlässlich des Baues einiger geschweisster Strassenbrücken neuere Erfahrungen erwerben.

Bei Anfertigung der HV-Schraubenverbindungen der mit Stahlkasten-Hauptträger versehenen, im Verbund mit der Stahlbeton Fahrbahnplatte wirkenden dreifeldigen Berettyó-Brücke, leistete der automatische pneumatische Schlagschrauber das vorgeschriebene Anziehmoment nicht, sodass die Schrauben mittels eines handbedienten Momentenschlüssels angespannt werden mussten. Die sich reibenden Oberflächen des Stahl 37 Stahlmaterials wurden—nach sorgfältigen Vorbehandlung mittels Flammenbehandlung vorbereitet. Durch diese Methode wurde der vorgeschriebene Reibungsfaktor von 0,45 gesichert.

Zwecks Vorbehandlung der sich reibenden Oberflächen der HV-Schraubenverbindungen einer geschweissten Eisenbahnbrücke mit Fachwerkhauptträger haben wir eine leichte Bestreuung mit Korundkörnern in der Werkstatt und an Baustelle Flammenbehandlung vorgeschlagen.

Bei der dreifeldigen Strassenbrücke über den Fluss Rába bei Győr, deren gespannte Stahlkonstruktion mit der Stahlbetonfahrbahnplatte zusammenwirkt, haben wir bei dem Baustellstösse der vollwandigen Hauptträger und angewendet. Bei dieser Brücke wurden Schrauben 10 K inländischer Erzeugung verwendet. Den für die Stahlqualität 52 vorgeschriebene Reibungsfaktor von 0,60 konnte durch die bei der Ausführung angewendete Flammenbehandlung nicht erreicht werden, sondern nur ein Reibungswert von 0,51. Die Ursache hierfür war, dass die vorangehende Abzunderung unterblieb. Die Schraubverbindungen mussten neu berechnet werden.

Die früher vorgeschlagene Oberflächenvorbereitungsmethode mit Abzunderung verwirklichte nach den neu angestellten Versuchen des Forschungsinstitutes für Strassenwesen nicht die diesbezüglichen Hoffnungen, da nach der ersten Rutschung eine Verminderung der Tragfähigkeit zu verzeichnen ist.

Bei der jetzt in Bau befindlichen, mittels Schrägstäbe aufgehängten Maros-Brücke sind die Stösse der vollwandigen Hauptträger, die Verbindung der schrägen Hängestangen und die Verbindung der Querträger mit vorgespannten Schraubverbindungen durchgeführt. Bei den Kopfplatten der Querträgerverbindung sichern wir durch Vorschreiben der Schweissenakt reihenfolge den genauen Stoss.

Der Verfasser des Artikels, Dipl.-Ing. Endre Darvas, nimmt seit 1948 an der Projektierung von Brückenkonstruktionen teil (Árpád-Brücke in Budapest, Donaubrücke in Baja, Újpester Donaubrücke, Nilbrücke bei Helwan, VAR, etc.) Er ist Lektor an der Budapester Technischen Universität, Verfasser mehrerer Universitätslehrbücher. Es erschienen Artikeln von ihm im Themenkreis der geschweissten Konstruktionen. Er ist Mitglied der Fachabteilung für Schweissen des Wissenschaftlichen Vereins für Maschinenbau und durch diesen Verein des International Institute of Welding, ferner ist er Mitglied des Vereins für Verkehrs- und Tiefbauwissenschaft.

#### Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1. Kraftübergabe in HV-Schraubenverbindungen
- Abb. 2. Kraft-Dehnung Diagramm. Durch Körnerbestreuung vorbehandelte Probekörper oberflächen aus Stahlmaterial 52, mit der Flächen verschiedenen Zustandes (nach Klöppel)
- Abb. 3. Dauerfestigkeitsdiagramme von HV-Schraubenverbindungen, Stahlqualität 37, Lastspielzahl  $N=3 \cdot 10^3$
- Abb. 4. Querschnitt und Ansichtsskizze der Berettyó-Brücke bei Berettyószentmárton
- Abb. 5. Fertiger HV-Schraubenverband eines Kasten-Hauptträgers
- Abb. 6. HV-Schraubenverbände des Fachwerk Hauptträgers einer geschweissten Eisenbahnbrücke
- Abb. 7. HV-Schraubenverband der Stahlbahnkonstruktion einer geschweissten Eisenbahnbrücke
- Abb. 8. Querschnitt und Ansichtsskizze der Rába-Brücke in Győr
- Abb. 9. Verbindung eines Fachwerk-Querträgers mit Kopfplattenverband
- Abb. 10. Kraft-Dehnung Diagramm. Mit Flammenbehandlung und Abzunderung vorbereitete Probekörperoberflächen, aus Stahlmaterial 52
- Abb. 11. Vorbereitung der Oberfläche durch Flammenbehandlung
- Abb. 12. Flammenbehandelter Probekörper mit zundriger Oberfläche
- Abb. 13. Flammenbehandelter Probekörper, abgezundert
- Abb. 14. Querschnitt und Ansichtsskizze der Strassenbrücke über den Fluss Maros bei Makó
- Abb. 15. Verbindung eines Querträgers

Endre Darvas:

### EXPERIENCES OBTAINED AT RECENT USE OF EXPENDED BOLTED JOINTS

In our days for jointing of welded steel bridges on the site, in general high strength friction bolts bolted joints are used. The steel plate surfaces strained against each other by high tensile bolts 10 K transmit the force by friction. The advantage of the jointing method presents itself primarily in the quick mechanizable erection works in situ, but it also results in steel material saving. Today scientific research work is directed all over the world to simplify preparation method of friction surfaces and to reduce number of relatively expensive bolts by new solutions resp. In this respect studies are carried on for using expanded bolted joints fitting precisely into bolt holes and glued expanded bolted joints for bridge structures.

For using expanded bolted joints in this country we have obtained new experiences recently in connection with the construction of some welded road bridge.

In making the expanded bolted joints of the three-span Berettyó-Bridge, the steel box of which interworks with the reinforced concrete floor-slab, the automatic compressed air-hammer has not given the drawing moment prescribed thus the bolts had to be drawn by manual torque spanner. The friction surfaces of the steel material St 37 has been prepared by flame handling, following an accurate descaling. By this method, the prescribed friction factor of 0.45 has been ensured.

For descaling the friction surfaces of the expanded bolted joints of a welded railway bridge with latticed main girder, we have recommended a light spray of corundum grains in the workshop, while on the site a flame handling. With the three-span Rába road-bridge in Győr, the tensile steel-structure of which interworks with the reinforced concrete floor-slab, we have used an expanded bolted joint for jointing the steel main plate girders and for connecting in the transverse trusses. For this bridge, home manufactured bolts 10 K have been used. With the applied flame handling during construction we have not succeeded in obtaining the friction factor of 0.60 prescribed for the steel quality St 52 only a friction value of 0.51. It was due to the lack of preliminary descaling. The bolted joints had to be recalculated.

The method of roughened surface preparation suggested earlier, according to the new experiments of the Road Research

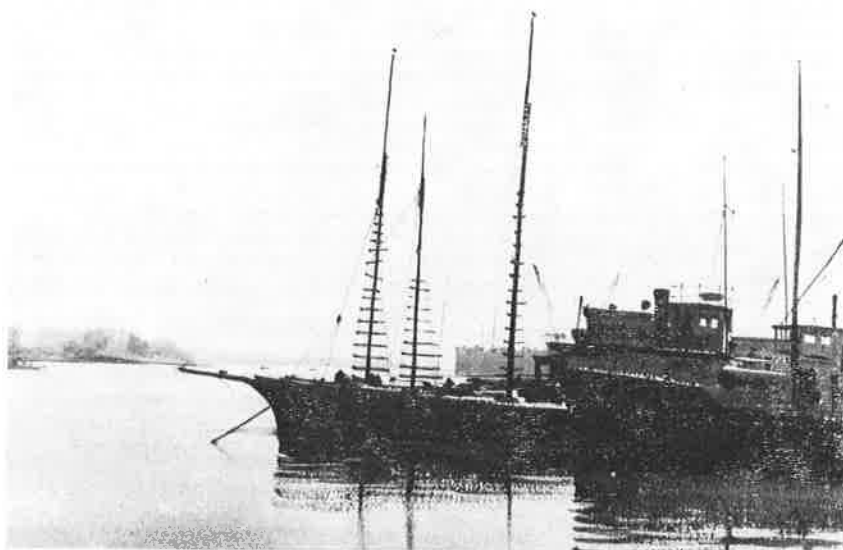
Institut has not come up to the expectations since after the first slip a decrease in the load bearing capacity can be observed.

As the Maros-bridge under construction suspended by oblique bars the joints of the solid main plate girders, the bonding of oblique suspending bars and that of transverse trusses are spanned bolted joints. Accurate jointing is ensured for the end plates of transverse truss connections by prescribing the welding sequence.

Author of the paper is Endre Darvas cert. civ. eng., has participated in designing bridge structures (Árpád-bridge in Budapest, Danube-bridge in Baja, Danube-bridge in Újpest, Nile-bridge in Helwan, UAR, etc.) since 1948. He is lecturer of the Technical University, author of several text-books for the University. He has published papers on the topic of welded structures. He is member of the Welding Section of the Scientific association of the Machine Industry and through the same of the International Institute of Welding, as well as of the Scientific Association of Traffic and Civil Engineering.

#### List of figures

- Fig. 1. Power transmission in expanded bolted joints
- Fig. 2. Force-elongation breaking diagram. Test specimen with surfaces prepared by grain spray, of steel St52, with adhesive surfaces of various state (according to Klöppel)
- Fig. 3. Fatigue curves of tensioned bolted joints, steel quality: St37, load increase number  $N=3 \cdot 10^3$
- Fig. 4. Cross section and side elevation scheme of Berettyóbridge in Berettyószentmárton
- Fig. 5. Completed tensioned bolted joint of box main girder
- Fig. 6. Tensioned bolted joints of latticed main girder of the welded railway bridge
- Fig. 7. Tensioned bolted joint of steel plate floor structure of welded railway bridge
- Fig. 8. Cross section and side elevation scheme of Rába-roadway bridge in Győr
- Fig. 9. Connecting in of transverse truss by end plate jointing
- Fig. 10. Force-elongation breaking diagram. Test specimen with a surface prepared by flame-handling and broaching, by preliminary removal of scale, made of steel material ST52
- Fig. 11. Surface preparation by flame-handling
- Fig. 12. Tindery test specimen with flame-handled surface
- Fig. 13. Descaled test specimen with flame-handled surface
- Fig. 14. Cross-section and side elevation scheme of Maros-roadway bridge in Makó
- Fig. 15. Jointing of transverse truss



Doğroszláv József: Helsinki, déli kikötő (akvarell)