

ACÉLSZERKEZETEK

Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Association



*A Rödentál melletti vasúti hidat (2500 t)
tagvállalatunk, az MCE Nyíregyháza Kft. építi*

A TARTALOMBÓL:

- *Hírek az acélszabványokról*
- *A budapesti közúti Duna-hidak esztétikai értékelése*
- *Változó gerincmagasságú keretszerkezet tervezése az EN1993 szerint*
- *Hídesztétika egy tervező szemével*
- *Nemzetközi Hegesztési Intézet közgyűlése*
- *Javaslat a Déli összekötő vasúti Duna-híd átépítésére*
- *Ötvözők hatása a horganyréteg kialakulására*
- *Búcsú Dr. Medved Gábortól*

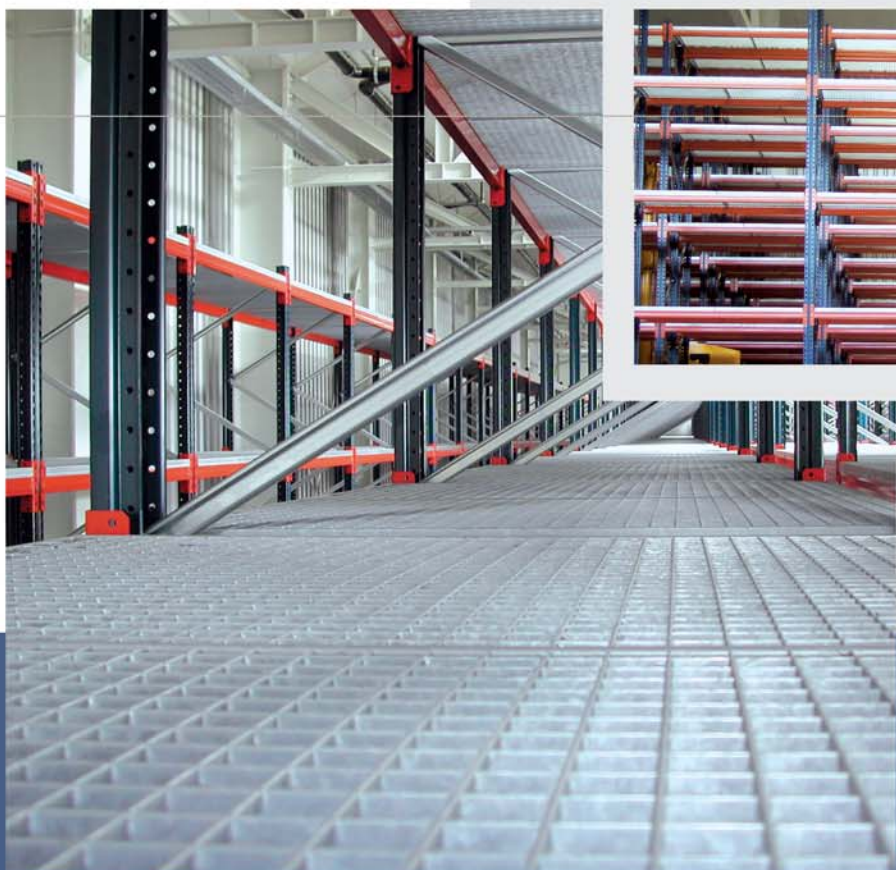


MEISER Ferroste



MEISER Group

A járórácsnak ritmusa van... Járja velünk!



MEISER Ferroste Ipari és Kereskedelmi Kft.

2400 Dunaújváros, Papírgyári út 13.

Tel.: 06-25/283-111

Fax: 06-25/501-870

E-mail: ferroste@ferroste.hu

Honlap: www.ferroste.hu

TÁJÉKOZTATÓ AZ ELNÖKSÉGI ÜLÉSRŐL

A MAGÉSZ elnöksége 2005. június 22-i ülését az MSc Kft.-nél tartotta.

Az ülést Markó Péter elnök vezette.

Az ülésen az alábbi témák kerültek megtárgyalásra:

KÖZGYŰLÉSI HATÁROZATOK ÁTTEKINTÉSE, SZÜKSÉGES INTÉZKEDÉSEK MEGTÉTELE

Az elnökség áttekintette a közgyűlési határozatokat: A közgyűlés által elfogadott 2004. év *Mérlegét* az elnök aláírta.

Tagdíjak

2005.07.15.-ig a második félévi tagdíjat (amely tartalmazza az első félévi tagdíjkülönbözetet is) kiszámláztuk. A közgyűlés határozata alapján, azon cégektől, amelyek az ECCS hozzájárulást korábban befizették, a tagdíj összegéből ezen összeget levontuk. Ezzel egy időben küldtük ki az egyéni és a pártoló tagok számláját is.

Költségvetés

1.030 E Ft-tal csökkent a tagdíj mértéke, mivel: „A közgyűlés egyhangú szavazattal elfogadta, hogy a tagvállalatok által befizetett ECCS tagdíj hozzájárulás a 2005. évi tagdíjból levonásra kerüljön.”

Alapszabály-módosítás

A közgyűlés által elfogadott „Alapszabály-módosítást” a Fővárosi Bíróságnak bejelentettük. A módosítás az alábbiakra terjedt ki:

Új nevünk:

MAGÉSZ Magyar Acélszerkezeti Szövetség

Elnökségi póttag:

Szabó András (Ferro-Pan '96 Kft. ügyvezető igazgató)

Etikai Bizottsági tag:

Mátyássy László (Pont-TERV Rt. vezérigazgató)

Diploma Díj pályázat

A kiírást az elnökség felülvizsgálta, majd felkérte Földi András elnökségi tagot – aki a felülvizsgálatot előterjesztette –, hogy a következő elnökségi ülésre készítsen javaslatot a pályázati kiírás módosítására.

„Acélfeldolgozási és Acélepítészeti Konferencia”

Értékelését az elnökség elvégezte és az alábbi főbb megállapításokat tette:

Bevétel-kiadás áttekintése:

6200 E Ft bevétellel szemben a kiadás 5100 E Ft (bruttó értékek). Az elnökség úgy döntött, hogy a nyereségből 500 E Ft-ot a rendezést végző cégeknek kifizet.

Az *elnökség* rendkívül sikeresnek értékelte a rendezvényt. A jelentkezők magas száma meghaladta a lehetőségeinket és sajnálatunkra, a jelentkezők egy részét (akik a meghirdetett határidőn túl jelentkeztek) el kellett utasítanunk.

További megvitatást kíván:

- milyen időközönként rendezzük a jövőben a konferenciát (évenként vagy két évenként)
- az előadások hosszának (időbeli) meghatározása.

ECCS tagság

A közgyűlést követően több tagvállalatunk javasolta a kilépésre vonatkozó döntés felülvizsgálatát. Az elnökség ismételten megvitatta a kérdést és úgy foglalt állást, hogy a MAGÉSZ saját forrásból nem tudja finanszírozni a 13.183 Euro = kb. 3.300 E Ft befizetendő tagdíjat.

Utolsó lehetőségként Markó Péter elnök úr felajánlotta, hogy körlevelet küld ki a nagyobb cégek részére, melyben felkéri őket, hogy vállalják az ECCS tagdíj fizetésének költségét.

AZ MSc KFT. TÁJÉKOZTATÁSA

Az elnökségi ülés résztvevőit **Földi András** ügyvezető igazgató tájékoztatta az MSc Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft. tulajdonviszonyáról, működéséről, főbb tevékenységéről.

TARTALOM CONTENTS

Szövetségi hírek 1
Association News 1

Hírek 2
News 2

Tájékoztató a
Nemzetközi Hegesztési Intézet
évi közgyűléséről 3
Information about the
Annual Assembly of the
International Institute of Welding . . 3

Hírek az acélszabványokról 8

Búcsú Dr. Medved Gábortól 11

A budapesti közúti Duna-hidak
esztétikai értékelése 13
The esthetical evaluation of
the road bridges at Budapest 13

Hidak esztétikája
Javaslat a Déli összekötő
vasúti Duna-híd környezetbe
illeszkedő átépítésére 30
The Esthetics of Bridges
Suggestions for redesigning
the Southern Railway Bridge
on the Danube to make it better
assimilated into its environment . . 30

Acéltövezők és egyéb
kísérőelemek hatása
a horganyréteg kialakulására 34
The Effect of Steel Alloys
and Other Auxiliary Elements
on the Formation of
Galvanized Surfaces 34

Változó gerincmagasságú
keret szerkezet tervezése
az EN 1993 szabvány szerint
a ConSteel programmal 40
Design of frames composed
of tapered members according
to EN 1993 using
ConSteel program. 40

A dunai városi Duna-híd tervezése . 54
Designing the Danube Bridge
of Dunai város 54

Hídsztétika egy tervező szemével . 58
Bridge aesthetics with the eyes
of a designer 58

EGYEBEK

➡ Tagfelvétel

Az elnökség egyhangú határozattal úgy döntött, hogy a 2005. MAGÉSZ Diploma Díj nyertese **Somoskői Dávid** 2005. május 11-étől a MAGÉSZ egyéni tagja.

➡ Pénzügyi helyzet

Az elnökség áttekintette a pénzügyi jelentést, mely alapján rendben lévőnek ítélte meg az időarányos gazdálkodásunkat. Követeléseink csökkentése érdekében a felszólító leveleket kiküldtük. Az elnökség jóváhagyta, hogy **dr. Domanovszky Sándor** részére

500.000 forintot (bruttó) fizessünk ki az „Erzsébet híd...” című könyv szerkesztéséért.

➡ Az elnökség ismételten megvitatta a **Magyar Szabványügyi Testület** felhívását az EN 10025 szabványsorozat magyarra fordításának támogatásáról és úgy döntött, hogy a MAGÉSZ-nek nincs anyagi lehetősége a fordítás támogatására.

➡ **Szerkesztőbizottság létrehozását** javasolta Földi András úr az „Acélszerkezetek” című folyóiratunk szerkesztésére. Az elnökség kéri, hogy a következő üléseinkre névsor kerüljön előterjesztésre.

➡ A 9. sz. **FÉMSZERKEZETI KONFERENCIA** (2005.11.29. MAGÉSZ-MKE-ALUTA) témáját az előző elnökségi ülés elfogadta:

„Gyártástechnológiák, vizsgálatok és minősítés” címmel. Dr. Seregi György kérése, hogy a MAGÉSZ részéről jelöljünk meg **előadót és előadást**.

Az elnökség a döntést a következő ülésre halasztotta.

➡ **XXV. ACÉLSZERKEZETI ANKÉT**-ot 2005.11.02.-án vagy 03.-án „Gyártás és szerelés visszabátása a tervezésre” címmel rendezzük (Földi András úr bejelentése).

H Í R E K

➡ SZÁZMILLIÓS FEJLESZTÉSEK A KECSKEMÉTI KÉSZ IPARI PARKBAN

A KÉSZ Kft. a hazai építőipar egyik meghatározó cégeként nem csupán kivitelezői, hanem acélszerkezet- és egyéb lemeztermék gyártói tevékenységével is jelen van a piacon. Utóbbival a társaság nem csupán Magyarországon, hanem a világ távolabbi pontjain is kivívta ismertségét. Acélszerkezet-exportja évről évre növekszik, s többek között már ez is indokolja, hogy a bázist jelentő kecskeméti KÉSZ Ipari Parkot a cég folyamatosan fejlessze, újabb és korszerűbb technológiákat honosítson meg az ország legnagyobb acélszerkezet-gyártó központjában.

A KÉSZ Kft. a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium által tavaly meghirdetett, SMART Hungary Beruházás-ösztönzési Program keretében saját fejlesztésére 99,8 M Ft vissza nem térítendő állami támogatást nyert. A sikeres pályázati részvétel nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy az amúgy is időszerű, a cég rövid távú terveiben szereplő, összességében mintegy 199,9 millió Ft értékű, környezetvédelmi beruházás már az idén megvalósulhat. A társaság e beruházással jelentősen modernizálja a

hegesztett acélszerkezetek festés előtti tisztítására szolgáló, korábban alkalmazott technológiát. Míg a nagy felületű acélszerkezetek tisztítása a festést megelőző fázisban mindeddig pusztán homokszórással történhetett – ami az ott dolgozók számára jelentős por- és zajterhelést jelentett – az új, korszerű, az EU-normáknak is megfelelő technológia, az alkalmazott zárt rendszernek köszönhetően már kifejezetten környezetbarát megoldást jelent. A művelet során használt anyagok mostantól csaknem teljes mértékig visszaforgathatóak lesznek. A beruházást követően az oldószerfelhasználás a korábbihoz képest 45%-kal csökken, az okozott zajterhelés pedig jelentősen a megengedett érték alatt marad. Az új fejlesztésnek köszönhetően a termelés során a fajlagos energiafelhasználás és a környezetterhelés egyaránt mérséklődik. Az üzemszerű működés során keletkező normál hulladék mennyisége a technológiaváltás eredményeként 96%-kal, a nem toxikus por mennyisége 83%-kal csökken. A KÉSZ Kft. e környezetvédelmi fejlesztés megvalósulásához a SMART-5 pályázaton nyert, vissza nem térítendő állami támogatás mellett 100,1 M Ft önrész biztosításával járult hozzá.

Az említett projekt mellett a KÉSZ Ipari Parkban jelenleg egy másik, alapvetően infrastrukturális jellegű beruházás is folyamatban van. Ennek elsődleges célja, hogy a korábbi két festőműhely összevonásával olyan eurokonform feltételeket biztosító gyártókörnyezet alakuljon ki, amely zárt rendszert alkotva biztosítja a teljes acélbevonati rendszer (zsírtalanítás, alapozó – fedő) üze-

mi körülmények közötti felvitelét. A több mint másfél ezer négyzetméteres új csarnokrészben hídدارuk és egyéb korszerű berendezések teszik hamarosan lehetővé a festési folyamat modernizálását.

➡ ELKÉSZÜLT A JABIL-SZERVIZKÖZPONT SZOMBATHELYEN

Az amerikai székhelyű, jelenleg a világ 11 országában jelen levő Jabil Global Services (JGS) sorrendben tizenharmadik, méretét tekintve a világ második legnagyobb szervízüzeme készült el a napokban Szombathelyen. A 17,5 ezer négyzetméteres létesítményben már el is kezdődött a munka, az itt dolgozók elsősorban mobil telefonok és híradástechnikai eszközök szervizelését, valamint folyamatos terméktesztelést végeznek. A Jabil hazai foglalkoztatottjainak létszáma az év végére a tervek szerint eléri a 715 főt. A szombathelyi központ generálkivitelezője tagvállalatunk, a KÉSZ Kft. volt. A cég már korábban is dolgozott a Jabilnak, ez a vállalat hozta ugyanis tető alá az amerikai társaság tiszaujvárosi elektronikai gyárát. A szombathelyi üzemhez szükséges közel 700 tonnányi acélszerkezet és burkolat a KÉSZ kecskeméti üzeimben készült.



TÁJÉKOZTATÓ A NEMZETKÖZI HEGESZTÉSI INTÉZET ÉVI KÖZGYŰLÉSÉRŐL

INFORMATION ABOUT THE ANNUAL ASSEMBLY OF THE INTERNATIONAL INSTITUTE OF WELDING

1. BEVEZETÉS

2005. július 10-15. között tartotta a Nemzetközi Hegesztési Intézet (International Institute of Welding, IIW) az évi közgyűlést Prágában.

Július 14-15. között egy nemzetközi konferenciát rendeztek „Az új hegesztési módszerek és fejlődési irányok haszna a gazdaságosság a termelékenység és a minőség területén” címmel.

The Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW) was held in Prague, between 10-15 of July 2005. Also an international conference was organized there between 14-15 of July. IIW was founded in 1948 and it has 48 member states. There were about 400 papers presented this year and approximately 40 will be published in the Journal Welding in the World. This paper summarizes the documents, which were presented and discussed there in the commissions XIII and XV. The areas of the different commissions are as follows: Fatigue of welded components and structures, and Design, analysis and fabrication of welded structures.

NÉHÁNY INFORMÁCIÓ AZ IIW-RŐL

1948-ban alapította 13 ország hegesztési szervezete azért, hogy a tudományos és technológiai fejlődést meggyorsítsák. Az elmúlt több mint 50 évben számos bizottságban foglalkoztak a szakértők a hegesztéssel és a kapcsolódó technológiákkal a tudományos kutatástól kezdve az ipari alkalmazásig. A hegesztés napjainkban a legelterjedtebb kötéstechnológiává vált. Az acélszerkezetek nagy része hegesztéssel készül.

Jelenleg 26 munkacsoportban folyik a szakmai tevékenység. A munkacsoportok felsorolását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az IIW szakmai felépítése

C: bizottság, SC: vizsgálóbizottság, SG: kutatócsoport

Munkacsoport Elnevezés

C I	Forrasztás, keményforrasztás, vágás hővel, lángtechnológiák
C II	Ívhegesztés és töltő fémek
C III	Ellenállás-hegesztés, szilárdtesthegesztés és rokontechnológiák
C IV	Lézerhegesztés
C V	Hegesztett gyártmányok minőség-ellenőrzése és -biztosítása
C VI	Terminológia
C VIII	Egészség és biztonság
C IX	A fémek viselkedése hegesztés esetén

C X	Hegesztett kötések szerkezeti viselkedése – fáradás elkerülése
C XI	Nyomástartó edények, vízmelegítők és csővezetékek
C XII	Ívhegesztéses eljárások és gyártó rendszerek
C XIII	Hegesztett elemek és szerkezetek fáradása
C XIV	Oktatás és képzés
C XV	Hegesztett szerkezetek tervezése, analízise és gyártása
C XVI	Műanyaghegesztés, ragasztási technológiák
IAB	Nemzetközi Hitelesítő Tanács
IAB/A	Oktatás, képzés, minősítés
IAB/B	Bevezetés és hitelesítés
SC AIR	Oldhatatlan kötések és bevonatok új anyagoknál, repülő szerkezeteknél
SC ENV	Környezetvédelem
SC QUAL	A hegesztés és rokontechnológiák minőségbiztosítása
SC STAND	Szabványosítás
SC UW	Víz alatti hegesztés
SG 212	A hegesztés fizikája
SG RES	Hegesztési kutatási stratégia és együttműködés



Az IIW-t a tagszervezetek tartják fenn. Tagsági díjuk az ország éves acélfogyasztásával arányos. Továbbá az évente szervezett szakmai összejövetelek, konferenciák bevételeinek egy része fordítódik erre. Jelenleg 48 ország tagja a szervezetnek. 2005-ben Prágában újíttotta fel tagságát Brazília, illetve lett új tag Chile és Mexikó.

A fő tevékenységek a szakmai összejövetelek mellett a kutatás összehangolása és az ismeretek elterjesztése a hegesztés, hegesztőanyagok, tervezés, gyártás, felülvizsgálat, környezetvédelem, képzés, minősítés stb. területén.

Évente átlag 400 szakmai dokumentum készül a munkacsoportokban, amiből kb. 40 kerül megjelentetésre az IIW szakmai folyóiratában, a Welding in the World-ben, melyeket megvitatás után a bizottságok javasolnak, továbbá könyvek és segédletek kerülnek kiadásra. Az elmúlt 30 évben az IIW számos hegesztési szabvány kiadásában vett részt az ISO-n keresztül.

Az IIW honlapja <http://www.iiw-iis.org/> melyen az elmúlt évek szakmai és adminisztratív dokumentumai találhatók meg elektronikusan, illetve letölthető formátumban a tagszervezetek (GTE) részére. Hasonlóan a Welding in the World folyóirat cikkeinek összefoglalói is fenn vannak a honlapon, lehetővé téve a széles körű informálást és informálódást.

Mint a XIII-as és XV-ös bizottság magyar delegátusai, ezen bizottságok munkáját ismertetjük részletesen.

2. A XIII-AS BIZOTTSÁG MUNKÁJA

A XIII-as bizottság témaköre **Hegesztett elemek és szerkezetek fáradása**. Vezetője dr. Maddox, a The Welding Institute-ből, Cambridge-ből.

2.1 A bizottság „best practice” dokumentumai

XIII-1998-03 „A XIII-as bizottság fő dokumentumai az IIW honlap számára” – A jelenlegi dokumentumlista megvitatása, esetleges módosítások – S. J. Maddox.

2.2 Az egyes országokban folyó kutatómunka áttekintése

XIII-2077-05 „Folyamatban lévő kutatások Franciaországban a hegesztett kötések fáradása témában” A. Galtier.

XIII-2066-05 „2005 Folyamatban lévő kutatások Japánban a hegesztett kötések fáradása témában” C. Miki és S. Nakamura.

XIII-2082-05 „Folyamatban lévő kutatások az USA-ban a hegesztett kötések fáradása témában” H. Kyuba és R. Shaw Jr.

Szóbeli jelentés: Az új DVS fáradási kutatási programok Németországban, 2005, C. M. Sonsino.

2.3 Hegesztett elemek és szerkezetek fáradása

XIII-2074-05 „Lézer hibrid hegesztéssel készült kereszt-kapcsolatok fáradási tesztje” Z. Barsoum.

XIII-2067-05 „Vegyipari tartályok SUS316L-as hegesztett kötéseinek fáradási szilárdsága” T. Iwata, K. Matsuoka és Y. Kobayashi.

XIII-2069-05 „Merev kapcsolatú hídszerkezetek oszlopgerenda kapcsolatainak feszültségelemzése” T. Konishi és C. Miki.

XIII-2071-05 „Oszlop-gerenda kapcsolatok ciklikus tesztelése nagy kivágással és merevítő alkalmazásával” A. Tanabe és C. Miki.

XIII-2070-05 „Ortotrop acél hídpályalemezek fáradási vizsgálata mozgó kerék terheléssel” S. Ono, T. Shimozato, N. Inaba és C. Miki.

2.4 Fáradási repedések javítása

XIII-2063-05 Az 5-ös munkacsoport beszámoló jelentése „Fáradásra igénybe vett hegesztett szerkezetek javítása” C. Miki.

XIII-2076-05 „Hegesztett elemek és szerkezetek helyreállítása és javítása ultrahangos varrat kalapálással” Y. Kudryavtsev, J. Kleiman, A. Lugovskoy, L. Lobanov, V. Knysh, O. Voytenko és G. Prokopenko.

2.5 Fáradási élettartam növelő módszerek

XIII-2060-05 A 2-es munkacsoport beszámoló jelentése „Hegesztett kötések fáradási határnövelő eljárásai” P. J. Haagensen.

XIII-1850-00 (Július 2004) Helyzetjelentés az „IIW Javaslatok acél és alumínium szerkezetek hegesztési utókezelésére” P. J. Haagensen és S. J. Maddox.

XIII-2081-05 „A 2-es munkacsoport jelentése a round robin fáradási tesztprogramról Norvégiában” P. J. Haagensen.

XIII-2048-05 „Előzetes tanulmány hegesztett kötések fáradási jellemzőinek javulásáról plazmaszórás hatására” L. Huo, Z. Zhang, D. Wang és Y. Zhang.

XIII-2051-05 „Hegesztett szerkezeti elemek fáradási élettartamának növekedése varratköszörüléssel” A. Viggo Hansen, H. Agerskov és J. Bjørnbak-Hansen.

XIII-2049-05 „Szerkezetek minőségének és megbízhatóságának növelése ultrahangos ütés (UIT) Esonix technológiával” E. Statnikov.

XIII-2050-05 „Ultrahangos ütés kezelés összehasonlítása az ultrahangos kalapálás technológiával (Publikációk elemzése, megjegyzések)” E. Statnikov.

XIII-2085-05 „Dimanikusan igénybe vett hegesztett szerkezetek élettartam növelése” T. Ummenhofer, I. Weich és T. Nitschke-Pagel.

XIII-2075-05 „Az ultrahangos kalapálás alkalmazása autópipari hegesztett kerekek élettartam növelésére” Y. Kudryavtsev és J. Kleiman.

XIII-2079-05 „Hegesztett elemek javulása fáradásra sörétszórással – Áttekintés” H-P. Lieurade.

XIII-2080-05 „Alumínium ötvözet sarokvarratainak fáradási szilárdság növekedése sörétszórással” N. Sidhom, C. Braham és H-P. Lieurade.

2.6 Hegesztett csőszerkezetek tervezése (a XIII, XV bizottságok együttes ülése)

XIII-2065-05 (XV-1192-05) A XV-E albizottság éves jelentése: „Csőszerkezetek hegesztett kötései” X-L. Zhao.

XIII-2088-05 (XV-1202-05) „Tervezési előírás fáradásra kis szuper duplex acél csővezetéknek” S. Kristoffersen és P. J. Haagensen.

2.7 Méretezés fáradásra

XIII-2058-05 (XV-1185-05) A XIII/XV albizottság éves jelentése „Fáradási tervezési előírások” A. Hobbacher.

XIII-1965-03 (XV-1127-03) „Javaslatok hegesztett kapcsolatok és elemek méretezésére fáradásra” (átdolgozva május 2005) A. Hobbacher.

XIII-2056-05 (XV-1198-05) „A DNV- RP- C203 Tengeri acélszerkezetek fáradási analízise átdolgozásának háttere” I. Lotsberg.



2.8 Feszültséggyűjtő helyek vizsgálata

XIII-2061-05/ XV-1187-05. A XIII-WG3 és XV-WG10 munkacsoport éves jelentése „Feszültség analízis” W. Fricke.

XIII-2072-05 (XV-1198-05) „Sarokvarratok gyökrepedésének fáradási elemzése nyakvarratok esetén a szerkezeti feszültség módszerével” W. Fricke, A. Kahl és H. Paetzold.

XIII-2087-05 (XV-1201-05) „Módosított feszültséggyűjtő hely módszer a varratfeszültség alapján” I. Poutiainen és G. Marquis.

2.9 Maradó feszültségek

XIII-2064-05 (XV-1184-05) A JWG X/XIII/XV albizottság éves jelentése „Maradó feszültségek és vetemedésbecslés” J. J. Janosch.

2.10 Fáradási tesztek, a fáradási adatok kiértékelése

XIII-2059-05 A 1-es albizottság éves jelentése „Fáradási tesztek és a fáradási adatok kiértékelése a tervezéshez” A. Galtier and M. Huther.

XIII-2045-05 „Rövid tanulmány a nagyciklusú fáradás S-N görbéire” C. M. Sonsino, S. J. Maddox és P. Haagensen.

XIII-2047-05 „Hegesztett kötések fáradása változó amplitúdójú terhelés esetén” C. M. Sonsino.

XIII-2086-05 Javasolt ISO Technical Report „Javaslatok hegesztett szerkezeti elemek fáradási tesztjére”, a XIII-1516-93 alapján – S. J. Maddox.

2.11 Fáradás összetett terhelés esetén

XIII-2068-05 „A kétirányú terhelés hatása a fáradási szilárdságra a hídfőtartó gerinc és a keresztirányú merevítő övlemezének kapcsolata esetén” T. Mori és S. Hirayama.

XIII-2073-05 „Lemezhez hegesztett csövek többtengelyű fárasztása: a maradó feszültségek hatása, fáradási tesztek és élettartam becslés” Z. Barsoum.

XIII-2046-05 „Hegesztett kötések többtengelyű fárasztási tesztjeinek kiértékelése az IIW ajánlás és a módosítások alapján” C. M. Sonsino, M. Wallmichrath, M. Küppers.

XIII-2078-05 „Tengeri szerkezetek fáradási kiértékelése a maradó károsodás alapján” M. Huther, G. Parmentier és S. Maherault.

2.12 Fáradási élettartam meghatározása

XIII-2062-05 A 4-es albizottság éves jelentése „A hegesztési hibák hatása fáradásnak kitett szerkezeteknél” H-P. Lieurade.

XIII-2083-05 „Az anyag mikroszerkezetének hatása a fáradási repedés terjedési jellemzőire, illetve a fáradásra nehéz acéllemezekenél” T. Ishikawa, K. Nakashima és T. Nose.

XIII-2084-05 „Hídpályalemezek fáradási repedésének vizsgálata a pályalemez és a hosszirányú merevítők hegesztésénél a 'feszültséggyűjtő hely' módszerrel” H. Suganuma és C. Miki.

A fenti felsorolás is mutatja, a XIII-as bizottság nagyon aktív. Intenzív kísérleti és elemzőmunka folyik. A szakmai tevékenységből kiemelnénk, hogy intenzív kutatás folyik a szerkezeti elemek fáradása terén, és az körvonalazódik, hogy az Eurocode 3 által megadott 100 milliós ciklusszámhoz kötött fáradási határ tovább csökken a növekvő ciklusszámmal. A hegesztési utókezelések 40–70%-kal megnövelik a fáradási határt, amit előnyösen tudnak alkalmazni már létező szerkezetek fáradási repedéseinek javításakor is.

3. A XV-ÖS BIZOTTSÁG MUNKÁJA

3.1 Hegesztett kötések statikus méretezése

XV-1181-05 A XV-A albizottság éves beszámolója – „Statikusan terhelt hegesztett kötések analízise” (Gresnigt NL)

XV-1199-05 „A pozsonyi Duna-híd – A hídszerkezet anyag- és tervezési követelményei.” K. Kálna.

3.2 Gazdaságosság

XV-1186-05 Az XV- WG9 munkacsoport éves beszámolója – „Gyártási és gazdaságossági szempontok hegesztett elemek és szerkezetek tervezésében” K. Jármai.

XV-1191-05 „Egyirányú nyomásnak kitett egy irányban bordázott lemez és cellalemez optimális méretezése és költség-összehasonlítása” Farkas J., Jármai K.

3.3 Hegesztett csőszerkezetek tervezése (a XIII, XV bizottságok együttes ülése)

(lásd 2.6. pont)

3.4. Méretezés fáradásra

(lásd 2.7. pont)

3.5. A szerkezeti feszültség módszere, végelelemes módszerek

(lásd 2.8. pont)

3.6. Maradó feszültségek és alakváltozások, a X-es és XV-ös bizottságok együttes ülése

XV-1184-05 A JWG X/XIII/XV albizottság éves jelentése „Maradó feszültségek és vetemedésbecslés” J. J. Janosch.

XV-1194-05 „A hegesztési vetemedés minimálása alacsony transzformációs hőmérsékletű elektródákkal – 3D-s mérések az új elektródával készült próbatestek fényképezésével” Inose K., Yamaoka H., Matsuoka T., Nakanishi Y.

XV-1195-05 „Hengerelt I szelvények hegesztése az új Flash Welding technológiával.” Kim Y. C., Oku K., Umekuni A., Chang K.-H.

XV-1196-05 „Hegesztési vetemedés acéloknaál az új alacsony transzformációs hőmérsékletű elektródával.” Nakashima Y., Kumon Y., Inose K., Nakanishi Y., Morikage Y., Kubo T., Amano K., Mikami Y., Mochizuki M.

3.7. Földrengés a szerkezettervezésben

XV-1183-05 A XV-G albizottság éves jelentése – Hegesztett szerkezetek tervezése és gyártása a földrengés figyelembevételével.” (Shaw/Woerner).

XV-1192-05 „Sarokvarratok viselkedése földrengés esetén oszlop-gerenda kapcsolatnál.” (Woerner NZ)

XV-1193-05 „Az oszlop-négyszögcső gerenda részlegesen átolvadó varratának teljes méretű kísérleti vizsgálata, továbbá ellenőrzése rideg törésre.” Azuma K., Kurobane Y., Iwashita T., Dale K.

XV-1197-05 „Az alakváltozási kapacitás becslése lineáris törésmechanikával”. Shimokawa H., Nakagomi T., Okamoto H., Morita K.

XV-1203-95 „Hegesztési javaslatok földrengésnek kitett szerkezetekre az USA-ban.” Shaw R.

3.8. Javítás

XV-1188-05 A WG11 albizottság éves jelentése „Hegesztett kötések javítása” (Shaw)

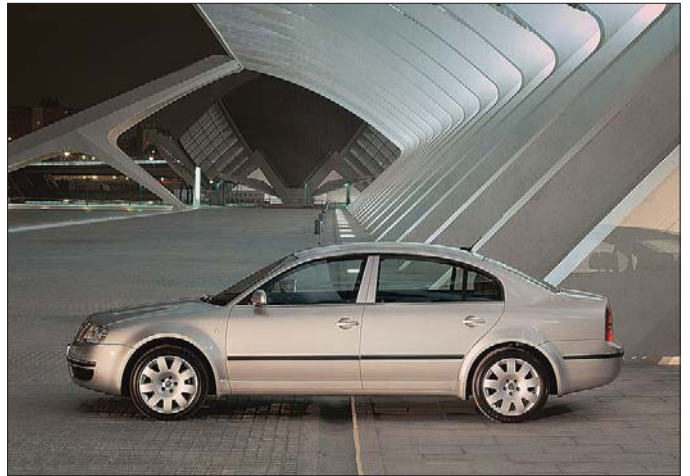


A bizottság széles körű szerkezet- és szerkezetiellen-vizsgálattal foglalkozik. Prágában bizonyos belső átalakuláson ment át. A korábbi XV-F albizottságot, melynek vezetője Horikawa professzor volt, témája pedig a Tervezés és gyártás egymásra hatása, a WG9 munkacsoportot, melynek témája a Tervezés, gyártás és gazdaságosság, Jármű professzor vezetésével, illetve a Szerelés albizottságot összevonták XV-F albizottsággá, Tervezés, gyártás, gazdaságosság és szerelés címen, melynek elnöke Jármű Károly lett.

Aktív volt a földrengési munkacsoport, ahol számos cikk jelent meg a hegesztett varratok és szerkezetek kísérleti és elméleti vizsgálatáról földrengés esetén.

A nemzetközi konferencián a két nap alatt 71 előadás hangzott el, melyek nagy része megjelent a konferencia kiadványban 567 oldalon. Költségmegtakarítás hegesztett szerkezetek optimális méretezésével címen tartottunk előadást a konferencián. A konferencia kiadványa a Welding in the World különszámaként is megjelenik.

A szakmai rendezvények mellett szerveztek gyár- és üzemlátogatásokat is. A nagy választékból mi a Skoda gyárat látogattuk meg Mlada Boleslavban. Itt készítik az Octavia és a Fabia típusokat. Bemutatták a gyár múzeumában a történetét, azt, hogyan vált az 1895-ben Vaclav Laurin és Vaclav Klement által alapított kerékpár-, majd motorbicikligyár Európa egyik jelentős autógyártójává. A gyár jelenleg a Volkswagen csoport tulajdona. A gyárban megmutatták a félig, illetve teljesen automatizált hegesztősorokat, ahol ponthegesztésekkel készítik el az egyes karosszéria-elemeket, majd ezekből a teljes karosszériát. Végül az összeszerelő sort tekintettük meg. A mellékelt két kép a régi és az új modellek egyikét mutatja.



KÖRNYEZETBARÁT SZEMCSESZÓRÓ BERENDEZÉSEK

ABRAZIV
MÉRNÖKI IRODA ÉS
GÉPGYÁRTÓ KFT.

● Sűrített levegős
szemcsefúvók

● Szóróanyagok

● Szóró-
kerekes
(turbinás)
szórógépek

● Porelszívó-
porleválasztó
rendszerek

● Szervizszolgáltatás
országos szerviz szolgálat



Szabadugaras szórótartályok és kieg.



Gumíhevederes szemcseszórók



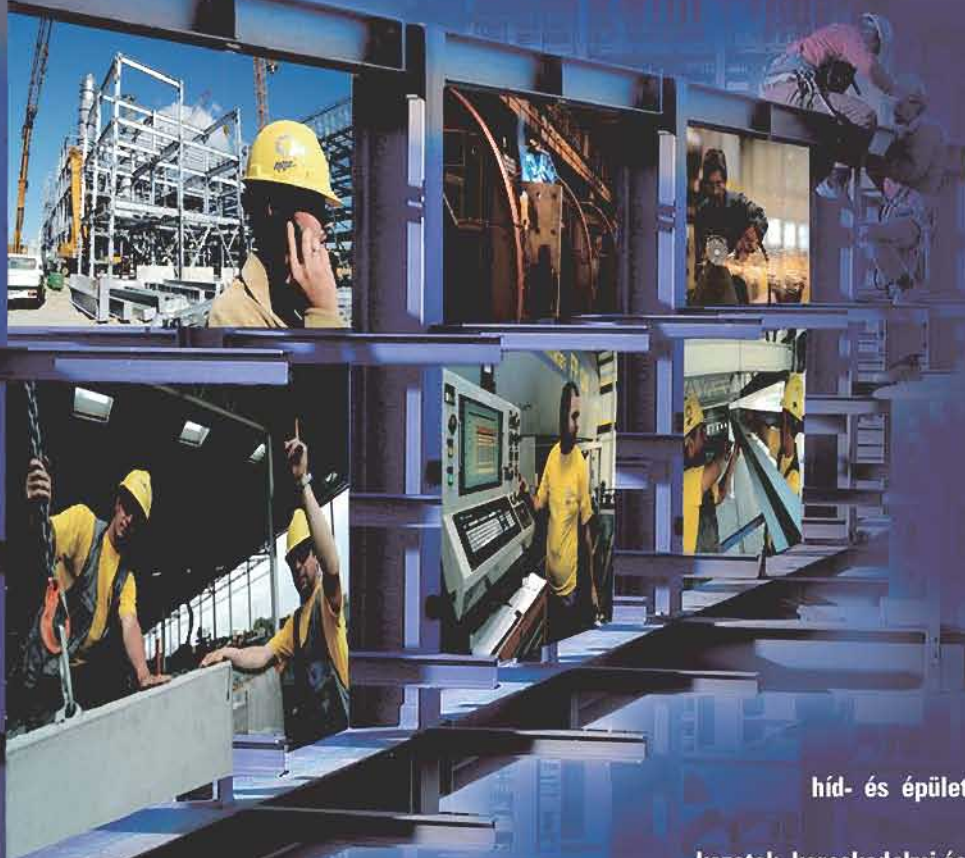
Fémes és nem fémes szóróanyagok



Patronos porleválasztók

ABRAZIV Mérnöki Iroda és Gépgyártó Kft.
6000 Kecskemét, Szent László krt. 17. • Telefon: +36 (76) 481-702, 415-702 • Fax: +36 (76) 327-727
e-mail: sbtech@abraziv.hu • www.abraziv.hu

Gondolattól a megvalósításig Szerkezetek mesterfokon



híd- és épületszer-

kezetek, kereskedelmi és ipari

csarnokszerkezetek, sportlétesítmények

szerkezeteinek, valamint technológiai szerkezetek

tervezése, gyártása, szerelése • acélszerkezet-gyártás • mono-

lit vasbeton szerkezetek kivitelezése • fém burkolatrendszerek tervezése,

gyártása, kivitelezése • acélszerkezet-tervező szoftverek

KÉSZ Közép-Európai Építő és Szerelő Kft.

6721 Szeged, Szilágyi u. 2.
Tel.: 62/566-600, fax: 62/566-699

KÉSZ Mester Udvarház
1095 Budapest, Mester u. 87.
Tel.: 1/4766-537, fax: 1/4766-596
web: www.kesz.hu, e-mail: malomsokj@kesz.hu

6000 Kecskemét, Izsáki út 6.
Tel.: 76/515-200, fax: 76/515-298



AQAP110



HÍREK AZ ACÉLSZABVÁNYOKRÓL

Az acélokra vonatkozó szabványok között az elmúlt néhány hónap során olyan változások voltak, amelyek sok felhasználót és gyártót érintenek. Érdekes ezekre az újdonságokra külön felhívni a figyelmet, ezért most csak a 2005-ben közzétett acélszabványok (lásd az 1. táblázatot) és a 2005-ben megjelent magyar változatok (lásd a 2. táblázatot) listáját közöljük.

1. táblázat: A 2005. júniusig közzétett acélszabványok

MSZ EN 10025-1:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 1. rész: Általános műszaki szállítási feltételek	A
MSZ EN 10025-2:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 2. rész: Ötvözetlen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei	A
MSZ EN 10025-3:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 3. rész: Normalizált/normalizálva hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei	A
MSZ EN 10025-4:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 4. rész: Termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei	A
MSZ EN 10025-5:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 5. rész: Léggöríkorrozíó-álló szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei	A
MSZ EN 10025-6:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 6. rész: Nagy folyáshatárú szerkezeti acélokból készült, nemesített lapos termékek műszaki szállítási feltételei	A
MSZ EN 10163-1:2005	Melegen hengerelt acéllemezek, széles- és idomacélok felületi követelményei. 1. rész: Általános követelmények	A
MSZ EN 10163-2:2005	Melegen hengerelt acéllemezek, széles- és idomacélok felületi követelményei. 2. rész: Lemezek és szélesacélok	A
MSZ EN 10163-3:2005	Melegen hengerelt acéllemezek, széles- és idomacélok felületi követelményei. 3. rész: Idomacélok	A
MSZ EN 10164:2005	Felületükre merőleges irányban javított alakítási tulajdonságú acéltermékek. Műszaki szállítási feltételek	A
MSZ EN 10217-1:2002/A1:2005	Hegesztett acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 1. rész: Szobahőmérsékleten szavatolt tulajdonságú ötvözetlen acélcsövek	A
MSZ EN 10217-3:2002/A1:2005	Hegesztett acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 3. rész: Ötvözött, finomszemcsés acélcsövek	A
MSZ EN 10217-2:2002/A1:2005	Hegesztett acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 2. rész: Növelt hőmérsékleten szavatolt tulajdonságú, villamos hegesztéssel készült, ötvözetlen és ötvözött acélcsövek	A
MSZ EN 10217-4:2002/A1:2005	Hegesztett acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 4. rész: Kis hőmérsékleten szavatolt tulajdonságú, villamos hegesztéssel készült, ötvözetlen acélcsövek	A
MSZ EN 10217-5:2002/A1:2005	Hegesztett acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 5. rész: Növelt hőmérsékleten szavatolt tulajdonságú, fedett ívű hegesztéssel készült, ötvözetlen és ötvözött acélcsövek	A

MSZ EN 10217-6:2002/A1:2005	Hegesztett acélcsővek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 6. rész: Kis hőmérsékleten szavatolt tulajdonságú, fedett ívű hegesztéssel készült, ötvöztelen acélcsővek	A
MSZ EN 10292:2000/A2:2005	Folytatólagos tűzi-mártó eljárással bevont, nagy folyáshatárú acélszalag és -lemez hidegalakításra. Műszaki szállítási feltételek	A
MSZ EN 10222-1:2005	Kovácsolt acél nyomástartó berendezésekhez. 1. rész: Szabadon alakított kovácsdarabok általános követelményei	M
MSZ EN 10222-4:2005	Kovácsolt acél nyomástartó berendezésekhez. 4. rész: Nagy folyáshatárú, hegeszthető, finomszemcsés acélok	M
MSZ EN 10017:2005	Acélrúd húzásra és/vagy hideghengerlésre. Méretek és tűrések	A
MSZ EN 10108:2005	Kör szelvényű acélrúd hidegzömítésre és hidegsajtolásra. Méretek és tűrések	A
MSZ EN 10204:2005	Fémtermékek. A vizsgálati bizonylatok típusai	A
MSZ EN 10216-5:2005	Varrat nélküli acélcsővek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 5. rész: Korrózióálló acélcsővek	A
MSZ EN 10255:2005	Hegesztésre és menetvágásra alkalmas ötvöztelen acélcsővek. Műszaki szállítási feltételek	A
MSZ EN 10323:2005	Acélhuzal és acélhuzal termékek. Abroncsperemhuzal	A
MSZ EN 10324:2005	Acélhuzal és acélhuzal termékek. Tömlőerősítő huzal	A
MSZ EN ISO 7369:2005	Csőhálózat. Fémtömlők és tömlőszerelvények. Szótár (ISO 7369:2004)	A

Magyarázat: A: angol nyelvű M: magyar nyelvű

2. táblázat: A 2005. júniusig megjelent magyar változatok jegyzéke

MSZ EN 10028-3:2004	Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez. 3. rész: Hegeszthető, finomszemcsés, normalizált acélok
MSZ EN 10028-2:2004	Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez. 2. rész: Ötvöztelen és ötvözött acélok növelt hőmérsékleten, szavatolt tulajdonságokkal
MSZ EN 10028-5:2004	Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez. 5. rész: Hegeszthető, finomszemcsés, termomechanikusan hengerelt acélok
MSZ EN 10028-6:2004	Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez. 6. rész: Hegeszthető, finomszemcsés, nemesíthető acélok

Az 1. táblázat elején a melegen hengerelt szerkezeti acélokra vonatkozó új MSZ EN 10025 szabványsorozat részei szerepelnek, amelyek a következő szabványokat helyettesítik:

3. táblázat: Az MSZ EN 10025 szabványsorozat közzétételével visszavont szabványok

MSZ EN 10025:1998	Melegen hengerelt termékek ötvöztelen szerkezeti acélokból. Műszaki szállítási feltételek (tartalmazza az A1:1993 módosítást is)
MSZ EN 10113-1 :1995	Melegen hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok. 1. rész: Általános szállítási feltételek
MSZ EN 10113-2:1995	Melegen hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok. 2. rész: A normalizált vagy normalizáló hengereléssel gyártott acélok szállítási feltételei
MSZ EN 10113-3:1995	Melegen hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok. 3. rész: A termomechanikusan hengerelt acélok szállítási feltételei
MSZ EN 10137-1:2000	Lemezek és szélesacélok nagy folyáshatárú, nemesített vagy kiválasztott keményített szerkezeti acélokból. 1. rész: Általános szállítási feltételek
MSZ EN 10137-2:2000	Lemezek és szélesacélok nagy folyáshatárú, nemesített vagy kiválasztott keményített szerkezeti acélokból. 2. rész: Nemesített acélok szállítási feltételei
MSZ EN 10155 :1998	Légköri korroziónak ellenálló szerkezeti acél. Műszaki szállítási feltételek



Sajnos ez a szabványsorozat még csak angolul áll a felhasználók rendelkezésére, de minden tőlünk telhetőt megteszünk azért, hogy e szabványok – és lehetőleg a felületi követelményeket tartalmazó MSZ EN 10163 szabványsorozat is – megvásárolható legyen magyar nyelven.

Az MSZ EN 10025-1 rövidesen hivatalosan is harmonizált szabvány lesz a 89/106/EEC számú, az építési termékekre vonatkozó EU-direktíva (megfelelője a magyar jogrendszerben: 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM egy. r.) alkalmazási területén. Az építési célra szánt szerkezeti acélokat 2006 júniusa után CE-jelöléssel lehet csak forgalomba hozni az EU piacain. A szabvány ZA melléklete tartalmazza a CE-jelölés feltüntetésének feltételeit és szabályait. Az általános követelményeket tartalmazó 1. részt a különböző acélokra vonatkozó, az acélminőségek követelményeit részletesen tartalmazó 2-6. rész támogatja. Ezek a részek nem lesznek harmonizált szabványok.

A hegesztők számára szintén fontos alapanyag az MSZ EN 10164 szerinti, réteges szakadással szemben ellenállóbb, vastagságirányban jobb alakítási tulajdonságokkal rendelkező acéltermék, amelyre vonatkozóan szintén új kiadású szabvány jelent meg.

A tavaly megjelent MSZ EN 10168:2004 „Acéltermékek. Vizsgálati bizonylatok. Az adatok és a leírások jegyzéke” szabvány az MSZ EN 10204:2005-tel együtt teljes körűnek

mondható szabályozást ad a fémtermékek vizsgálati bizonylatait illetően. Az MSZ EN 10168 a megrendelés és a vizsgálati bizonylat adatainak egyértelmű értelmezését teszi lehetővé az egységesített kódjelek alkalmazásával, az MSZ EN 10204 pedig a különböző bizonylattípusok jellemzőit, meghatározását tartalmazza. Ez a harmadik (európai szinten második) kiadás egyszerűbb az előző változatnál, hiszen a vizsgálati bizonylattípusok száma 4-re csökkent. A szabvány szerint a 2.1, 2.2, 3.1 és 3.2 vizsgálati bizonylatokat lehet alkalmazni. Az új kiadás az előzőnél jobban megfelel a nyomástartó berendezésekre vonatkozó 97/23/EC EU-direktívának (PED) is. Az MSZ EN 10204:2005 és a PED kapcsolatát a szabvány ZA melléklete tartalmazza.

Az MSZT tervei szerint a fémtermékek vizsgálati bizonylataival kapcsolatos két szabvány magyar változata 2005 októberében-novemberében fog megjelenni. Az e szabványokkal kapcsolatban rendszeresen felmerülő kérdések alapján szükségesnek látszik olyan szeminárium megszervezése, ahol lehetőséget teremtünk a vizsgálati bizonylatokkal kapcsolatos ismeretek terjesztésére, kicserélésére.

Az eseménnyel kapcsolatban érdeklődni lehet: Szabó Józsefnél az (1) 45-66-846 telefonszámon vagy a j.szabo@mszt.hu címen.



FÉMSZERKEZET ÉPÍTŐ és SZERELŐ KFT.

Az általunk épített csarnokokkal maximálisan igazodunk a vevők igényeihez. Így szerkezetekkel és burkolatokkal az épület funkciójának leginkább megfelelő anyagokat alkalmazzuk.

A szerkezetek készülhetnek

- hidegen hajlított szelvényből rácsos keretszerkezettel,
- melegen hengerelt oszlop, rácsos szaruzat alkalmazásával,
- melegen hengerelt Európa profilokból keret vállmerevítéssel.

Szerkezeteink üzemileg hegesztett, helyszínen csavarozott kapcsolatokkal készülnek.

A komplett fővállalkozási vertikum egyenletes, jó minőségben történő kivitelezés érdekében a 2002. év folyamán bevezetésre került az MSZ EN ISO 9001:2001 minőségirányítási rendszer, mely magába foglalja a tervezés, gyártás, helyszíni szerelés munkafolyamatainak szabályozását.

Elérhetőségeink:

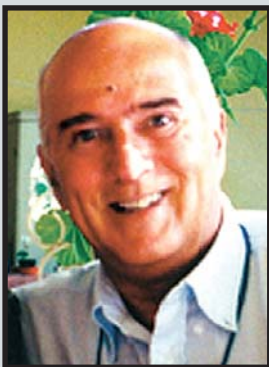
Nyíregyháza, Lomb u. 16.

Postacím: 4405 Nyíregyháza, Pf: 3

Telefon/fax: (42) 596-728 E-mail: femszer@hu.inter.net

Telefon: (42) 461-118, 465-156, 596-729





*„Egy híd többet jelent a kőnél és acélnál:
kifejezi az emberiség alkotó törekvését,
...szoros kapcsolatot hoz létre a nemzetek között,
átvezeti az utakat, hogy megkönnyítse az emberek életét”*

(Gróf Széchenyi István)

BÚCSÚ DR. MEDVED GÁBORTÓL

Szomorú szívvel adjuk hírül, hogy életének 71. évében rövid szenvedés után elhunyt Dr. Medved Gábor okl. építőmérnök, címzetes egyetemi tanár, a Nemzeti Autópálya Rt. hídszakági főmérnöke.

Ahogy a hidak alkalmazása egyidős az emberiséggel, Medved Gábor szakmai életútja azonos – a második világháborús hídkárok helyreállítását követően – a magyar hídepítés történetével, fejlődésével, sikerével és eredményeivel. Munkássága 1958-tól – 2005. augusztus 8-án bekövetkezett haláláig – a hídkonstrukciók minden fázisában: a tervezéstől a kivitelezésen, üzemeltetésen át a technológiákon, a minőség-felügyeleten, a vállalatirányításon keresztül a műszaki kodifikálás, az egyetemi oktatás területén mindenhol tetten érhető, nyomon követhető és elismerésre méltó.

A Műegyetem elvégzése után szakmai tevékenysége kezdetben: a hidak üzemeltetési és fenntartási tevékenységének irányítása és ellenőrzése, új hídberuházások programba állítása, a tervek megrendelése, ellenőrzése, jóváhagyása, a beruházások lebonyolításának irányítása, ellenőrzése, a hidak forgalomba helyezése. Új technológiák bevezetésének kezdeményezése, az alkalmazás feltételeinek meghatározása. Ezen belül átállás acélhidak hegesztéssel történő gyártására és szerelésére, az ortotrop acél pályalemez szerkezetek és az NF-csavaros kapcsolatok bevezetése, az öszvértartós hidak nyílástartományának, a feszített beton alkalmazásának kiterjesztése, szeletelt előre gyártott feszített betongerendák kezdeti alkalmazásai. (Ebben az időszakban épült fontosabb említésre érdemes hidak, amelyek alkotásában közreműködött: a tokaji, szolnoki, kisari, tiszafüredi és algyői Tisza-hidak, meder- és ártéri hidak. A makói Maros-, a győri Rába-, a szentmártoni Berettyó-hidak. Valamint a vámoszabadi, a bajai Duna-hidak rekonstrukciója.)

Tevékenységein belül a továbbiakban fokozottabb hangsúlyt kapott az alapozási és feszített beton építési technológiák fejlesztése, bevezetésük a konkrét kivitelezésbe. Nevezetesen a Soil-Mec cölöpözés, az előre gyártott híd alépítmények, az előre gyártott feszített betongerendás híd felszerkezetek tömeges elterjesztése, az előre gyártott blokkos konzolos szabadszerelés és a szabadbetonozás hazai bevezetése, korszerű hídfenntartó technológiák alkalmazása.

Ebben az időszakban épült fontosabb hidak, ahol tudása, szorgalma jelen volt: a Margit, a Petőfi és a Szabadság hidak rekonstrukciója, a győri és a tihanyi Kis-Duna-hidak, a Szeged Északi és a csongrádi Tisza-hidak, a kunszentmártoni, köröstarcsai, körösladányi, endrődi, dobozi Körös-hidak, a csengeri Szamos-híd, az M1 és M7 autópályák hídjai, több híd az M3 autópályán, számos felüljáró Budapesten és a vidéki városokban, továbbá a Szikra Lapnyomda alapozása, a bécsi Reichsbrücke roncskiemelése és a 3-as Metró egyes szakaszai.

A későbbiekben tervezési technológiák fejlesztése (benne számításgépesítés), majd a minőség-felügyelet országos szervezése és a kivitelezés minőség-ellenőrzése lett súlyponti feladata. (Ezen időszak fontosabb hídjai: M0 autópálya déli Duna-híd és soroksári Duna-ág-híd, a szolnoki Szent István Tisza-híd, továbbá a 4-es főút szolnoki elkerülő szakaszának két, betolós technológiával készített felüljárója.)

Medved Gábor alkotó tevékenysége mindig az újszerűben, az új technológiákban keresendő és található. Tevékenysége gyökeresen hatott és alakította át a magyar hídepítő ipart és emelte azt nemzetközileg is elismert szintre.

Mindeközben fáradhatatlanul írta és publikálta szakterületi tanulmányait. Mélyebben tanulmányozott szakterületek: Acél és feszített betonhidak tervezése, kivitelezése és fenntartása; Fáradási és törésmechanikai

kérdések; Hegesztett és NF-csavaros kötések; Ferdekábeles és függőhidak; Hídépítés történet; Hidak esztétikája; Általános méretezéselmélet. Történetek a világ hídjairól című munkája elsőként Japánban és japán nyelven jelent meg. *Egy éve jelent meg precíz, szakszerű fordításában a hidas körökben világszerte rendkívül népszerű D. J. Brown „Hidak” című könyve.*

Tanulmányait angol nyelvre fordította, így azok több európai ország hidasz lapjaiban megjelenhettek, miáltal nemzetközileg is ismertté vált. Kapcsolatot épített több nemzetközi hidasz egyesülettel, szövetséggel. Azok munkájában részt vett. Sok hazai, nemzetközi hídszimposium és konferencia szervezésében sikeresen közreműködött. (2006-ra Budapestre szervezte a Nemzetközi Híd- és Szerkezetépítő Szövetség szimpóziumát.) *A japán Mérnökegyelet tagjaként szorgalmazta a magyar-japán műszaki együttműködést. Külföldi tanulmányútjai nem csak szakmai, hanem nyelvi fejlődését is szolgálták, kitűnően beszélt angolul, de gond nélkül megszólalt németül, oroszul és japánul is.*

Szakirodalmi és nemzetközi munkássága révén meghívást kapott Japánba a Saga és a Kumamoto Egyetemekre. Hét évig kinevezett professzorként angol nyelven tanított több fontos tárgyat az undergraduate kurzuson. (Pl. hídépítési acélszerkezetek, kábelmechanika kábeltartós hidakhoz, az acél képlékeny, ridegtörése, fáradása.)

Dolgozott a KPM Közúti Főosztály Hídosztályán, igazgatója volt a Hídépítő Vállalatnak, a Közlekedéstudományi Intézetben kutatói tevékenységet végzett.

Haláláig tanított a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszékén. Eme tevékenységét ez év április 25-én nagy elismeréssel illették. Idézzük az OKLEVÉL szövegét: *„Mi a Budapesti és Gazdaságtudományi Műszaki Egyetem Rektora az Egyetemi Tanács határozata alapján Dr. Medved Gábor József úrnak Egyetemünk érdekében kifejtett kiemelkedő tevékenységéért címzetes egyetemi tanári címet adományozunk.” (Dr. Molnár Károly rektor)*

A Nemzeti Autópálya Rt. munkatársaként – hídszakági főmérnöki beosztásban – közreműködik a 2003. évi CXXVIII. tv. által megépíteni rendelt autópályák, autóutak hídjai építésének előkészítésében, annak minden fázisában. (Közel 400 darab hídról van szó, közülük is kiemelkedő az M0 északi, az M7 Körös-völgyi, az M8 dunaújvárosi hidak a közel 1600–1800 méter hosszukkal és 300 méter feletti szabadnyílással.) Munkájában igen nagy fontosságú az általa írt „kábelek tervezése specifikációs anyag”, valamint a ferdekábeles híd tervezési, méretezési előírásai és indoklásai. Ezek hézagpótló, eddig hiányzott, időszerű és szükséges szakelőírások.

Szakmai életútja és az NA Rt.-nél végzett tevékenysége elismeréseként a Magyar Köztársaság Gazdasági és Közlekedési Minisztere 2005. augusztus 20-ai állami ünnepünk alkalmából Dr. Medved Gábor József hidasz kollegánkat kormánykitüntetésben részesíti. Gábor erről nem tudott és sajnos már csak posztumusz kaphatja meg.

Medved Gábor 47 éves szakmai életútja alatt folyamatosan hatással volt a magyar hidasztársadalomra. Az Ő munkássága, alkotó tevékenysége is betudható annak, hogy mára merész és hatalmas acélszerkezeteket tervezünk, építünk, amelyek kihasználva az anyagokban rejlő szerkezeti szilárdságot, korábban áthidalhatatlannak látszó akadályok legyőzését eredményezik.

Tisztelt Magyar Hidaszok! Őszinte szívvel és elismeréssel tiszteljük Dr. Medved Gábor szakmai barátunk emlékének.

Hórvölgyi Lajos
hálózatfejlesztési igazgató
NA Rt.

A BUDAPESTI KÖZÚTI DUNA-HIDAK ESZTÉTIKAI ÉRTÉKELÉSE

THE ESTHETICAL EVALUATION OF THE ROAD BRIDGES AT BUDAPEST

Lapunk előző száma tömör összefoglalóval tájékoztatott „A hidak esztétikája” címen, a 2005. május 11-én a BMGE-n tartott ankétról. Jelen tanulmány az ott elhangzott egyik előadásnak anyaga, mely – a rendezők kívánságához igazodva – a szerző saját szempontjai szerint értékeli fővárosunk közúti Duna-hídjait. Az ezekről felsorakoztatott képek, egyes esetekben más (hasonló szerkezeti rendszerű) hidakkal történő összehasonlítás, az olvasó számára lehetőséget nyújt arra, hogy a szerző – nyilvánvalóan szubjektív – megállapításait elfogadja, ill. felülbírálja.

BEVEZETÉS

Egy mérnöki alkotástól azt várjuk el, hogy a funkció, a biztonság, a gazdaságosság és az esztétika tekintetében feleljen meg az elvárásoknak. Jelen tanulmány csak az utóbbi szempont alapján értékeli Budapest közúti hídjait. (A két vasúti hídtól eltekintünk.)

A szép iránti igény egyidős az emberi civilizációval. „De gustibus non est disputandum” (az ízlés nem lehet vita tárgya), mondták a bölcs rómaiak. Az ízlés egyrészt szubjektív, másrészt relatív, harmadrészt az idővel változik. Mindazonáltal léteznek olyan alkotások, melyeket minden kor legtöbb embere gyönyörűnek tart.

A hidak esztétikájával számos kiváló szerző foglalkozott. Értékes gondolataikat kitűnő művekben tették közkinccsé. Ezeket átfogóan dr. Medved Gábor és dr. Vámosy Ferenc bevezető előadásai ismertették. A magunk részéről – az előbbieknél nem ellentmondó – saját szempontjainkra támaszkodva fejtjük ki véleményünket. (Szükségesnek látjuk megjegyezni, hogy ez a tanulmány dr. Medved Gábor előadását tartalmazó anyagra támaszkodott volna. Mindannyiunk számára rendkívüli veszteség, hogy a sors másképpen döntött, az Ő cikke már nem jelenhetett meg, következképpen a miénk is csak egy lábon állhat.)

A mérnöki létesítmények sorában az esztétika minden bizonnyal a hidaknál bír a legnagyobb jelentőséggel. Ez feltehetően azért van így, mert a hidak jól látható, önálló építményként jelennek meg, és velük találkozik a legtöbb ember. A nagyobb hidaknak környezetformáló hatása van. A legkiemelkedőbbek szimbólumává válnak városunknak (pl. Lánchíd – Budapest, Harbour Bridge – Sydney, Tower Bridge – London), netán országuknak (pl. Golden Gate Bridge – Egyesült Államok).

A továbbiakban esztétikai értékelésünket az alábbi öt szempontra építjük. A híd

- a) harmonikusan illeszkedjék környezetébe;
- b) a méretek aránya kiegyensúlyozott legyen;

The last issue our journal „Acélszerkezetek” gave a brief summary of the symposium „The Esthetics of Bridges”, held on May 11, 2005.

At the request of the organisers the author of this paper gives his own opinion on the Danube road bridges of our capital.

The evaluation is done with the help of photographs, in some cases by comparison with other bridges of the same structural system.

- c) a fő szerkezet (nyílás) és a csatlakozó hidak (nyílások) vonalvezetése töretlen legyen;
- d) az alapanyag és a szerkezeti rendszer összhangban legyen;
- e) a tartószerkezet kövesse és tükrözze az erőjátékot, oly módon, hogy – a laikus szemlélő számára is – biztonságot sugározzon.

(Megjegyzendő, hogy az utóbbi időben e szempontot az esztétikai háttérbe szorította. Gyakran a fő tervezők építésszek, a statikus mérnökök csupán lehetővé teszik – vázlatpapíron megjelenített – „álmaik” megvalósítását.)

A legtöbben egyetértenek abban, hogy minden idők leg híresebb, legszebbnek tartott hídja – nemcsak monументalitása révén – a San Franciscó-i Golden Gate Bridge (1937). Ez a 27 éven át világrekorder fesztávú (1280 m) híd egyértelműen kielégíti a felvázolt szempontok mindegyikét (1. kép). De hasonlóan vélekedhetünk a nagyságrendekkel kisebb (29 m nyílású), egészen más (kőből épített bolto-



1. kép: A San Franciscó-i Golden Gate híd (1937)

zott ív), közel fél évezredes (1566), a Délszláv háborúban rommá lőtt (1993) és a közelmúltban (2004) újjáépített, világhírű mostari (Bosznia-Hercegovina) Öreg hídról is (2. kép).

Új idők (2000) új szelei szerint létesült az excentrikusan elhelyezett és kifelé dülő, 200 m fesztávú íves főtartójával a statikát elfelejteni látszó francia orléans-i Európa híd (3–4. képek). Szerintünk gyönyörű, de egyben meghökkenítő, mivel nem elégíti ki a d) pont alatti szempontot. Ezzel

szemben fő céljuknak tekintették az erő kifejezésre juttatását a világhírű skóciai Forth vasúti híd (5. kép) tervezői, de az átadásakor (1890) világrekorder nyílású (2x521 m) híd szépségét sokan – túlméretezett monstrumnak nevezve – vitatják (engem lenyűgözött).

A továbbiakban – a Duna folyásának irányában haladva, a fenti szempontok alapul vételével – megkísérelünk tömör esztétikai értékelést adni budapesti közúti Duna-hídjainkról.



2. kép: A Mostar-i Öreg híd (1566, 2004)



3. kép: Az orléans-i Európa híd (2000)



4. kép: Az ív kifelé dől, a pályaszerkezet konzolosan helyezkedik el



5. kép: A skóciai Forth vasúti híd 100 m magas gigantikus szerkezete (1890)

AZ ÁRPÁD HÍD

Az 1939–43, majd – megszakítással – 1949–50 között felépített (6. kép), továbbá 1981–84 között egy-egy új, hasonló vonalvezetésű szerkezettel kibővített híd nem csak Budapest, hanem (jelenleg még, de már nem sokáig) az ország leghosszabb (928 m) és legszélesebb (35 m) hídja. A 12 nyílású szerkezet egységében nem szemlélhető, ugyanis a Margitsziget és az óbudai sziget is megosztja (7–8. képek). A több egységből összeálló felsőpályás, tömör gerincű gerendahíd jól belesimul a tájba, arányai kedvező benyomást keltenek. A támaszoknál kialakított íves kiékelés egyedi megoldás.

A híd tervei Kossalka János műegyetemi tanár és Széchy Károly, a minisztériumi Hídosztály vezetője irányításával készültek. A felszerkezetet első ütemben a MÁVAG, másodikban a Ganz-MÁVAG építette.



6. kép: Az Árpád híd az első kiépítési fázisban Budáról szemlélve. Az előtérben a háború előtt teljes szélességgel, négy nyílásban megépült, négy főtartós, a sziget felé a háború utáni, csupán két főtartóval folytatott szerkezet látható (1950)



7. kép: Az Árpád híd budai nyílása az új hidakkal történő szélesítés után (1984)



8. kép: Az Árpád híd pesti nyílása az új hidakkal történő szélesítés után (1984)

Összességében a híd megfelel az esztétikai elvárásoknak, mindazonáltal nem sorolható Budapest kiemelkedően szép hídjai közé.

A MARGIT HÍD

A fővárosunkban másodikként, 1876-ra felépített Margit híd az egyetlen, melynek tengelye hídközépen – a Margitsziget déli csúcsánál, 30°-kal – megtörik. A hatnyílású, felsőpályás, a rakparti nyílásokkal együtt 613 m hosszú ív-

hidat a francia Ernest Gouin tervezte és vállalata vitelezte ki. Eredeti megjelenésében (9. kép) emlékeztet a párizsi Szajna-hidakra. A II. világháborúban oly mértékig elpusztították, hogy helyette azonos rendszerű és vonalvezetésű, de szerkezetében egyszerűbb, kevésbé dekoratív megjelenésű (10. kép) híd épített a MÁVAG, Papp János, Venetianer László és Kovács Oszkár tervei alapján.

Esztétikai elvárásainkat mindenben kielégítő híd szépen illeszkedik a budapesti panorámába (11. kép), de kiemelkedőnek nem tartjuk.



9. kép: Az eredeti, korhű megjelenést tükröző Margit híd (1876)



10. kép: A Margit híd szerkezete az újjáépítés után (1948)



11. kép: A hatnyílású ívhíd esztétikusan illeszkedik a fővárosi látképbe



12. kép: Az eredeti Széchenyi Lánchíd (1849)



13. kép: A Lánchíd vonalvezetése, arányai páratlanok

A SZÉCHENYI LÁNCHÍD

A Lánchíd nemcsak az egykori Pest-Budán, hanem a Duna folyam Regensburg alatti, közel 2400 km hosszú szakaszán létesült első állandó híd. Tervezője az angol W. T. Clark, kivitelezője a skót A. Clark voltak. A 202 m-es közép-ső nyílásával (a háromnyílású híd össz hossza 380 m) a lán- (láncokra függesztett) hidak sorában világrekorder lett és egyben világ szenzációt jelentett (12. kép). Arányai – a laposan ívelő láncok, a karcsú pályaszerkezet (13. kép), az erőt sugárzó, gyönyörűre formált, kőből épített kapuzatok, az oroszlánokkal díszített hídfők (14. kép) egységes, harmonikus, szemet gyönyörködtető látványt nyújtanak (15–16. képek).



14. kép: A pillérekön nyugvó kapuzatok és a hídfők az oroszlánokkal az eredeti híd mai is látható részei

A híd eredeti, részben kovácsolt, részben öntöttvasból gyártott szerkezetét 1914–15 között teljesen kicserélték, így az építéskor csupán 2150 tonnát kitevő szerkezet helyére 5200 tonnás került. A híd ezzel a mai forgalmi követelményeket is kielégíti. Az átépítéskor a tervezők (a Kereskedelemügyi Minisztérium Hídosztályának mérnökei, akik korábban már az Erzsébet híd terveit is kidolgozták) gondosan ügyeltek az eredeti külalak megőrzésére. Ez olyan jól sikerült, hogy – véleményünk szerint – a Magyar kir. Államvasutak Gépgyára által kivitelezett acélszerkezetet a hidat még szebbé tette. A szélesebb láncokból, az erőteljesebb pályaszerkezetből és a duplájára növelt távolságban

elhelyezkedő függesztő rudakból álló szerkezet a robusztus pillérekkel inkább összhangban van (17–18. képek).

A Széchenyi Lánchíd nemcsak Budapest legszebb hídja, hanem minden bizonnyal egyben a világ legszebb lánchídja, így joggal világhírű. A csodálatos budapesti panorama kiemelkedő látványossága, Buda és Pest egységének megvalósítója, a főváros szimbóluma és a világörökség része (19. kép). Mindezt remélhetőleg bizonyítják a 20–22. képek is. De meggyőzhet erről a szintén W.T. Clark által tervezett és a London közelében ma is álló Marlow (23. kép), vagy – a Lánchíd mintájára szolgáló – a Temzére épített Hammersmith híd képe is (24. kép).



15. kép: A Várból szemlélődő ilyenek látja a Lánchidat



17. kép: Az eredeti híd a rövid láncokkal, a sűrűn elhelyezkedő függesztő rudakkal és a karcsú, részben fából épült pályaszerkezettel



16. kép: A Várhegy aljából látva a kapuzatok nyűgözik le a nézelődőt



18. kép: Az átépítés utáni híd markánsabb acélszerkezete jobban harmonizál a robusztus kőkapuzattal



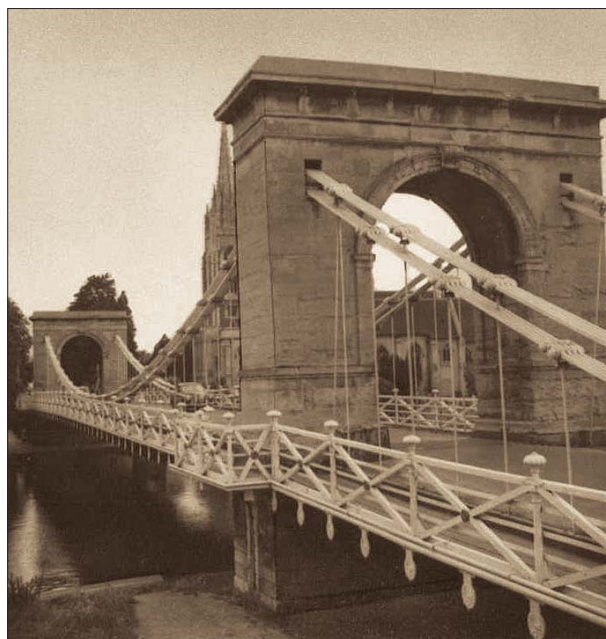
19. kép: Budapest világhírű panorámájának a Lánchíd központi, szerves része



20. kép: A Lánchíd 2005-ben (a csodálatos látványba már nem piszkít bele az előző képeken még zavaró, de végre „leépítés” alatt álló „spenót-palota”)



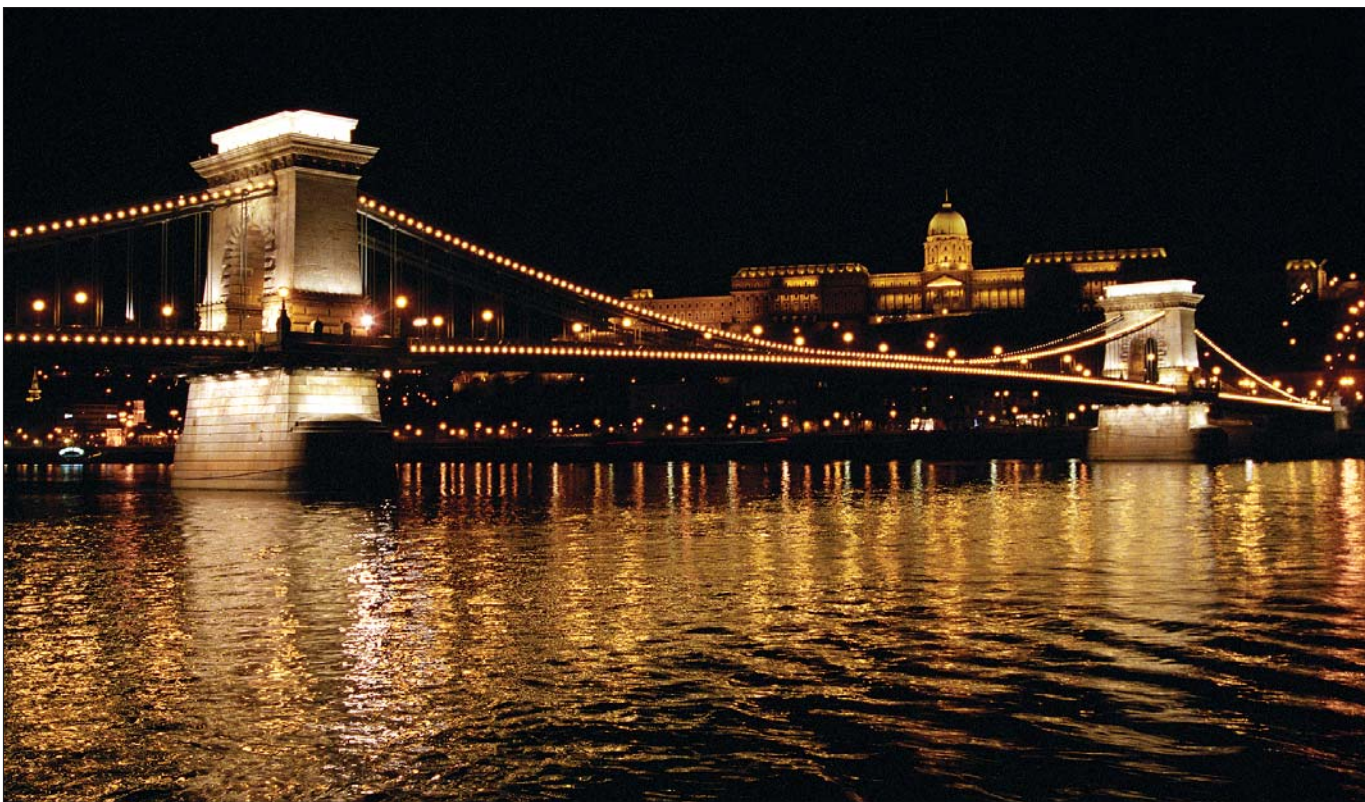
21. kép: A 150 éves évfordulón (1999) a gyalogosok vehették birtokukba a hidat, mely gyönyörű szerkezetének részletei e képen tanulmányozhatók



23. kép: Az angliai, ma is álló Marlow híd a Temze felett nyomába sem jöhet a Széchenyi Lánchídnak



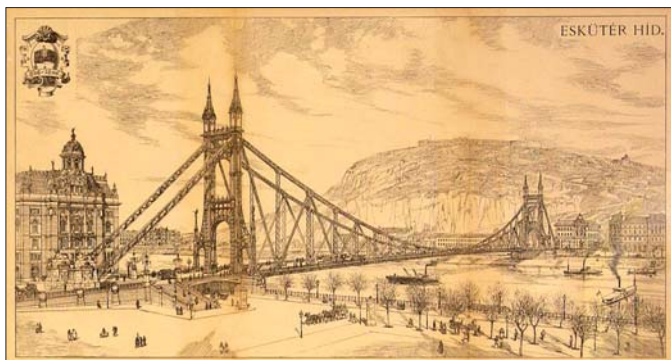
24. kép: A Temzét egykor áthidaló Hammersmith híd (ma már nem áll) jelentéktelen a Széchenyi Lánchídhöz képest



22. kép: A kivilágított Lánchíd Budapest éjszakai panorámájának is központi eleme



26. kép: A pályázat első díjas terve. A kábelhíd filigrán pályaszerkezete nincs összhangban a robusztus kapuzatokkal, ráadásul azt a benyomást kelti, hogy a szélső nyílásokban fellépő húzóerőt kővel veszik fel (noha ezek csak elrejtették a kábelt)



27. kép: A pályázat egyik megvett terve arányaiban és megjelenésében egyaránt nem tetszetős. Szerkezetét tekintve olyan benyomást kelt, mintha a függőhidat a rácsos híddal ötvözték volna

AZ ERZSÉBET LÁNCHÍD

A mai kábelhíd helyén 1903–1945 között olyan lánchíd állt, mely 290 m-es középső nyílásával (a háromnyílású híd össz hossza 380 m) a világ legnagyobb és napjainkig sokak által legszebbnek tartott lánchídja volt (25. kép). Az első és 70 éven át egyetlen olyan Duna-híd volt, mely a folyamat mederpillér nélkül ívelte át. Emellett az első vaspilonos lánchíd volt. A sok más szerkezeti innovációval kialakított hidat magyarok tervezték (a Kereskedelmi Minisztérium Hídosztályán Czekelius Aurél vezetésével Beke József és Gállik István, akik a számításokat Kherndl Antal műegyetemi tanár által kidolgozott grafosztatikai rendszer szerint végezték, valamint az építész Nagy Virgil, aki hervadatlan érdemeket szerzett a híd, de főleg a kapuzatok díszítésében) és vitelezték ki (a Magyar kir. Államvasutak Gépgyárában, Seefehlner Gyula vezetésével).

A II. világháború végén teljesen elpusztult híd szépségét akkor értékelhetjük igazán, ha az 1894-es tervpályázatra tíz országból beérkezett pályamű díjnyertes (26. kép), vagy akár más díjazott terveit (27–28. képek) szemügyre vesszük. Hasonlóan vélekedhetünk, ha az elsőséget 24 év után elhódító, 339 m középnyílású Florianapolis-i híd képére tekintünk (29. kép). A 241 m fesztávú, Bécsben 1934–37 között felépített Reichsbrücke (30. kép) a lánchidak kései, mindennemű díszítést nélkülöző, modern, de szépnek nem mondható példája. (Az egyik pilon alatti pillér betonzási hibája miatt 1976-ban leszakadt.)

Sajnos a világ hidakkal foglalkozó szakirodalma nem méltatja kellő módon az Erzsébet lánchidat. Az első acélpilonos függőhídként pl. a – szintén 1903-ban átadott –



25. kép: A csodaszép Erzsébet lánchíd átadásakor (1903)

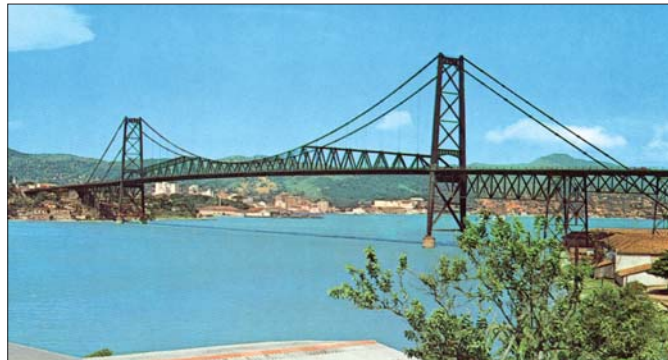
New York-i Williamsburg hidat (31. kép) említik, mely ugyan kábelhíd és fesztáva is jóval nagyobb (448 m), de szépnek egyetlen szempontunk alapján sem nevezhető. Hasonlóan vélekedünk az 1929-ben 564 m-es fesztávéval abszolút világrekordot felállító Detroit-i Ambassador kábelhídról is (32. kép).

Úgy gondoljuk, hogy a fenti példák láttán a kedves olvasó egyet ért velünk abban, hogy az Erzsébet lánchíd –

esztétikai és szerkezeti szempontból egyaránt – a magyar hídmérnöki génusz egyedülálló, korát jóval megelőző világra szóló diadala. Értékét az sem csorbítja, hogy a korában már ismert kábeltartós megoldás korszerűbb lett volna, mint a lánc. Az alkotókat az a nemes cél vezérelte, hogy – a millennium nemzeti öntudattól átfűtött légkörében – a híd kizárólag magyar erőből épüljön és tartókábelt akkor nem tudtunk gyártani (még ma sem).



28. kép: Egy másik megvett pályamű monstrum, mely nem beleilleszkedik környezetébe, hanem elnyomja azt



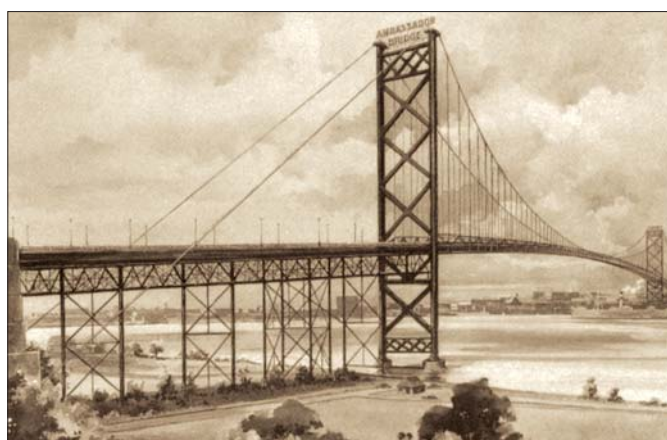
29. kép: A világrekordot elhódító brazilai Hercilio Luz híd középső nyílásában a kábellel tartott rácsos szerkezet zavaros és csúnya, a szélső nyílások csatlakozása diszharmonikus, a pilonok erőtlének (1927)



30. kép: A bécsi Reichsbrücke meglehetősen unalmas képet nyújt és a környezetbe való illeszkedését kedvezőtlenül befolyásolja, hogy egyik pillére a vízben, a másik a parton áll (1937)



31. kép: A New York-i Williamsburg kábelhíd túlméretezett rácsos, szekrényes kialakítású merevítőtartójával és kedvezőtlen megjelenésű pilonjaival inkább vasszörny, mint szép híd benyomását kelti (1903)



32. kép: Az Ambassador kábelhíd merevítőtartója és pilonjai véznák, a parti nyílások és azok sűrű alátámasztásai nemcsak, hogy nem harmonizálnak a mederhíddal, hanem önmagukban is szörnyű látványt nyújtanak (1929)



33. kép: Az Erzsébet kábelhíd a budapesti városképhez és elődjéhez is méltó, arányaiban, megjelenésében kifogástalan, gyönyörű alkotás (1964)

AZ ERZSÉBET KÁBELHÍD

A háborúban elpusztított valamennyi Duna- (és Tisza-) hidunk közül (az esztergomi Mária Valéria hidat leszámítva) utolsóként az Erzsébet híd újjáépítésére került sor (1964). Az UVATERV gárdája Sávolý Pál irányításával a lánchíd helyére teljesen új, korszerű kábelhidat tervezett. Ennek súlya (6.300 t) jóval kevesebb, mint elődjéé (11.170 t), ugyanakkor szélessége 9 m-rel több (27 m).



34. kép: Ezzel a kellemes látvánnyal fogadja a híd a Budáról érkezőket



35. kép: A Budapest kelet–nyugati tengelyében fekvő hat-sávós híd forgalmi jelentősége meghatározó szerepet játszik a főváros közlekedésének életében

A régi lánchíd vonalvezetését hűen követő új Erzsébet kábelhíd középníllását tekintve (290 m) már messze van a világrekordtól (jelenleg 1991 m), de alkotói nemhiába fektettek igen nagy súlyt az esztétikára. Ebből a szempontból a letisztult, egyszerű, karcú, tökéletes arányokat tükröző szerkezet nemcsak az előzőekben bemutatott, korábbi kábelhidakkal, hanem bármelyik korabeli, vagy később épült társával felveszi a versenyt, sőt 40 év elmúltával is korszerűnek hat. Kitűnően illeszkedik környezetébe és a budapesti panorámát élvezők számára szemet gyönyörködtető látványt nyújt (33. kép).

A 34–36. képek különböző szemszögből mutatják be a hidat és reményeink szerint bizonyítják véleményünk megalapozottságát.

A SZABADSÁG (FERENCZ JÓZSEF) HÍD

A Ferencz József (újjaépítése óta Szabadság) híd harmadikként épült a budapesti közúti Duna-hidak sorában. Ez azonban az első teljesen magyar alkotás (37. kép). Avatása az 1896-os millenniumi ünnepségek kiemelkedő eseménye volt. Az Erzsébet lánchídnál már említett nemzetközi pályázaton 21 művet nyújtottak be, az akkor még fővámtérinek nevezett hídra. A közös pályázat második, de e híd első díját Feketeházy János, kitűnő magyar hídmérnök nyerte. Művének zsenialitása egyebek mellett abban rejlik, hogy olyan konzolos (ún. Gerber-csuklós) hidat tervezett, melynek középső (ún. befüggesztett), 47 m hosszú szakaszán a rácsos főtartó felső öve nem az erőjátékot követően a hídközép felé magasodik, hanem – némi többlet vasanyag árán, kizárólag esztétikai okoknál fogva – törésmentesen folytatja a konzolos szakasz lefele haladó ívét (38. kép). Ezzel a 80+175+80 m nyílásbeosztású híd gyönyörű megjelenésű, páratlanul harmonikus alkotássá vált.

Feketeházy tervét a Kereskedelemügyi Minisztérium Hídosztályának (az Erzsébet lánchídnál már felsorolt) kiváló mérnökcsoportja kismértékben átdolgozta. Az esztétika érdekében végrehajtott módosítások tekintetében Nagy Virgil építésze a fő érdem.



36. kép: A pályaszerkezet, a kapuzatok és a hídfők harmonikus egysége a tervezők ízlését dicséri és a szemlélőben kellemes esztétikai benyomást kel



37. kép: A Ferencz József híd átadásakor (1896)



38. kép: Budapest harmadik közúti hídjának vonalvezetése, a nyílasközép töretlensége és karcúsága inkább a függőhidakra, mint a befüggesztett tartós konzolos (Gerber-csuklós) hidakra emlékeztet



39. kép: A híd látványa a Gellérthegy felől is megkapó



40. kép: A Nagy Virgil által tervezett kapuzat hozzájárul ahhoz, hogy a Ferencz József (ma Szabadság) hidat a világ legszebbjének tartsuk (saját szerkezeti rendszerében)



41. kép: A kizárólag díszítésül szolgáló, turulmadarakkal koronázott piloncsúcsok iparművészeti szinten is remekművek



42. kép: A Szabadság híd harmonikusan illeszkedik a városképbe és gyönyörködteti a szemlélődőket

A budapesti hidak sorában a II. világháborús pusztítások ebben tették a legkisebb kárt (csak a modernyílást robbantották fel), ezért elsőként építették újjá (1946. augusztus 20-án helyezték forgalomba) és pedig változatlan formában. Így a híd – noha másfél éves „kihagyással”, de – rövidesen 110 éve eredeti szerkezetével szolgálja a forgalmat (ebből a szempontból a legöregebb budapesti híd). Az építést a Magyar kir. Államvasutak Gépgyára, az újjáépítést jogutódja, a MÁVAG végezte.

Mi magyarok meg vagyunk győződve arról, hogy Ferencz József/Szabadság hidunk – a hasonló szerkezeti rendszerek között – a világon a legszebb. Ennek a megállapításnak alátámasztására szolgálnak egyrészt a 39–42. képek, másrészt egy korabeli ellenpélda (43. kép), de akár az azzal egy időben épült skóciai Forth híd is (5. kép).



43. kép: Az Elbát Drezda előtt áthidaló Blaues Wunder (kék csoda) nevű híd nem sokkal előbb épült (1890) mint a Ferencz József híd. Noha szerkezeti rendszere elvben hasonló, vonalvezetésében csúnya törések vannak, rácsozata kaotikus, emiatt szépnak nem nevezhető

A PETŐFI (HORTHY MIKLÓS) HÍD

Az 1937-re felépített Horthy Miklós (1952-es újjáépítése után Petőfi) hídra is tervpályázatot írtak ki. A beérkezett különböző lán-, ívhidak mind alsópályásak voltak. A bírálóbizottság szakértők és esztéták bevonásával arra az elhatározásra jutott, hogy a híd felsópályás legyen, azaz a pálya fölé ne emelkedjék tartószerkezet. Így Álgay-Hubert Pál – akkor miniszteri tanácsos, később egyetemi tanár – elgondolása alapján a Minisztérium Hídosztálya elkészítette a megvalósulásra kerülő, háromnyílású (112+154+112 m) felsópályás, folytatólagos, rácsos szerkezetű gerendahíd terveit (44. kép).

A 23 m széles híd legszembetűnőbb esztétikai előnye szokatlan karcúsága (45. kép). Ez annak köszönhető, hogy a négy főtartó együttdolgozását (első ízben) számításba vették. Így a mederhíd közepén a szerkezeti magasság/feszítáv viszony az akkortájt szokásos 1/12–1/16 helyett 1/32 lett.

A II. világháborúban mindhárom nyílást felrobbantották. Eredeti formában történő újjáépítésekor a régi hídnak csak kb. 50%-át (4000 t) tudták hasznosítani. A felszerkezet építését, majd újjáépítését a MÁVAG végezte.

Véleményünk szerint a Petőfi híd a budapesti hidak sorában a legkevésbé tetszetős. Igaz, hogy a mindkét oldalon sík terepen fekvő városrészekhez harmonikusan kapcsolódik, arányai kedvezőek, de zavaró az, hogy egy átláthatatlan, hatalmas vastömeg „ül” a vízen (46. kép). Ez különösen árvíz esetén áll fenn, amikor is szinte „úszik” a Dunán (47. kép). Úgy gondoljuk, hogy a tervezők, esztéták által választott felsópályás híd a rajta történő áthaladáskor mutatkozik legelőnyösebbnek: szerkezete nem látható, az észak felé tekintő viszont zavartalanul élvezheti a csodálatos budapesti panorámát (benne három legszebb központi hidunkkal).



44. kép: A volt Horthy Miklós híd, a budai oldalon a haditengerészeti emlékművel (1937)



45. kép: A Petőfi híd látképe Buda felől szemlélve



46. kép: A híd arányai jók, harmonikusan kapcsolódik a városrészekhez



47. kép: A Petőfi híd árvíz idején csaknem úszik a Dunán (2002.08.18.)



48. kép: A Lágymányosi híd látképe Budáról szemlélve (1995)

A LÁGYMÁNYOSI DUNA-HÍD

Az 1995-ben forgalomba helyezett Lágymányosi Duna-híd kialakítása esztétikai szempontok miatt rendkívüli feladat elé állította az UVATERV Sigray Tibor vezette tervezőgárdáját és a bírálók széles táborát. A problémát az okozta, hogy – szemben a főváros többi hídjával, ahol azok mintegy kilométerenként helyezkednek el, így egymást nem zavarják – a Lágymányosi híd közvetlenül a Déli összekötő vasúti hidak elé került. Emiatt figyelembe kellett venni azok pillérkiosztását, magassági elhelyezkedését és zavaros, átláthatatlan vastömegét. Az UVATERV 1991-ben kilenc tervvázlatot tartalmazó esztétikai tanulmányt készített. A javaslatok mindegyikét elutasították. A tizedik változat különlegességét a pillérek felett elhelyezett 35 m magas oszlopok, az azok középhez kapcsolódó ferde rudak és a tetejükön lévő tűkörtartó szerkezetek adják (48. kép). Ez utóbbin elhelyezett 2x50 db műanyag tükör a hídon vakításmentesen teríti szét az oszlopok közepén lévő 2x3 db reflektor fényét (49. kép). A ferde rudak a 30 m széles, kétcellás acél szekrénytartót kötik fel (50. kép). Ily módon azok szerkezeti magassága csökkenthető volt (3,7 m). Ez a híd esztétikai megjelenésén javított. Helyes döntés volt, hogy a szélső nyílások – szemben a vasúti hidakkal – a mederszerkezettel egységet alkotnak. A Lágymányosi híd tehát egy hatnyílású (50+4x100+50 m), folytatódólagos, tömör gerincű, szekrénytartós, ferde rudakra függesztett gerendaszerkezet. Kivitelezője a Ganz Acélszerkezet Rt. volt.



49. kép: A híd világviszonylatban is egyedülálló kivilágítása



50. kép: A híd 2x2 nyomsávú (a középére tervezett villamosvágányokat eddig nem helyezték el), a befolyási oldalon gyalogosjárda és kerékpárút van

A Lágymányosi Duna-híd esztétikai megítélése megosztja a véleményalkotók sorát. Szerintünk a mindenkor tervezők feladataikat jól oldották meg, a budapesti közúti hidak változatos sorát ismét egy egyedi, sok új elemet felvonultató szerkezet gazdagítja, mely – a lehetőségek határain belül – a városképből a vasúti hidat is szerencsésen eltüntet.

A 6., 12., 17., 23–32., 37–38. és a 44. számú képek a szerző archívumából származnak, a többi saját felvétele.

ÖSSZEFOGLALÁS

Budapestet méltán nevezték már száz évvel ezelőtt is a szép hidak városának. Hiszen két gyönyörű, világrekorder fesztávú függőhíd (a Széchenyi és az Erzsébet lánchidak), a világ máig is legszebbnek nevezhető konzolos hídja (Ferencz József híd) és egy szép ívhíd (Margit híd) kötötte össze a Duna két partján fekvő városrészeket. (Az Újpesti és a Déli összekötő vasúti hidak is álltak már akkor.)

Az I. világháborúval és a trianoni békediktátummal megcsonkított, kirabolt ország 20 év alatt csak egyetlen új átkelőhelyet volt képes létrehozni (Horthy Miklós híd).

A II. világháborúban mindegyik hidunkat, száz év munkáját a hullámsírba küldték. Szinte hihetetlen, hogy (abban a helyzetben) csupán tíz év alatt sikerült újjáépíteni hatot és befejezni egyet (Árpád híd). További tíz év kellett, hogy a legnagyobbat, az Erzsébet lánchidat pótolják. Az új kábelhíddal a hídépítők elértek fantasztikus munkájuk csúcsára. A következő generáció – nem megmagyarázható – szűgyene, hogy 30 esztendőn át e téren semmit nem tett! A Lágymányosi híd 1995-ben történt felavatása óta megint eltelt tíz esztendő, de újabb híd nincs (csak forgalmi káosz és tervek vannak).

Közúti hídjait tekintve a mai Budapest világviszonylatban is előkelő helyet foglal el. Hét hídjának mindegyike teljesíti esztétikai értékrendünk öt pontját. Ebből három kiemelkedik: az Erzsébet híd gyönyörű, a Szabadság híd – szerintünk – kategóriájában a legszebb, a Széchenyi Lánchíd világhírű. Ha ehhez hozzávesszük azt, hogy minden szerkezeti rendszer (gerenda-, ív-, függőhíd) megtalálható itt, és ráadásul nincs két egyforma közöttük, joggal lehetünk büszkéek fővárosi Duna-hídjainkra és azok alkotóira.





A németországi St. Kilian vegyes szerkezetű Viadukt építés közben.
A 2x488 m-es híd gyártása és szerelése az MCE Nyíregyháza Kft. részvételével folyik.

MCE Nyíregyháza
az acélhidépítés
specialistája
www.mce-ag.com

Amit teszünk, azt Önért tesszük.
Számunkra az ügyfél a legfontosabb.



Acélok

Magasan ötvözött acélok

Csövek

Könnyű- és színesfémek

Műanyagok

Kohászati és műanyagipari termékek széles választékát:

acélokat, acélszerkezetek építéséhez használt üreges-profilokat, magasan ötvözött acélokat, színes- és könnyűfémeket, csöveket és műanyagokat kínálunk a feldolgozóipar számára.

Ezen felül különböző szolgáltatásokkal, szakmai tanácsadással, ütemezett házhoz szállítással állunk partnereink rendelkezésére.

Elérhetőségeink www.ferroglobus.hu vagy info@ferroglobus.hu.

ThyssenKrupp Ferroglobus

1158 Budapest, Körvasút sor 110.
Telefon: +36 1 414-8700 • Fax: +36 1 417-6809



ThyssenKrupp

HIDAK ESZTÉTIKÁJA

JAVASLAT A DÉLI ÖSSZEKÖTŐ VASÚTI DUNA-HÍD KÖRNYEZETBE ILLESZKEDŐ ÁTÉPÍTÉSÉRE

THE ESTHETICS OF BRIDGES

SUGGESTIONS FOR REDESIGNING THE SOUTHERN RAILWAY BRIDGE ON THE DANUBE TO MAKE IT BETTER ASSIMILATED INTO ITS ENVIRONMENT

Korábban a vasúti hidak megjelenését kizárólag a szerkezeti kialakításuk funkcionalitása határozta meg, egyedül az volt fontos, hogy a forgalmat biztonságosan vezessék át. Városi, különösen belvárosi környezetben épülő, ill. átépítendő hidaknál azonban komolyabban kellene vennie az esztétikai szempontokat az építtetőnek, a tervezőnek és a jóváhagyó hatóságoknak egyaránt. Manapság általában a megrendelő szűkös pénztárcája adta lehetőségek érvényesülnek, ezek a szerkezetek azonban évszázados távlatban meghatározzák környezetüket. A Déli összekötő vasúti Duna-híd esetében is erre szeretném felhívni a figyelmet.

ELŐZMÉNYEK

A Déli összekötő vasúti Duna-híd eredeti szerkezetét Feketeházi János tervei alapján 1873-1877 között építették. A második híd, melyet egyik tervezőjéről Kölber hídnak neveztek, 1909–1913 között épült. A második világháborúban felrobbantott hidat dr. Korányi Imre tervei alapján állították helyre a jelenlegi formájában. A jobb vágány szerkezetét 1948-ban, a bal vágányét 1953-ban helyezték forgalomba.

Az első két híd modernizálási is rácsos acélszerkezetek voltak, a kisebb parti nyílásokat gerinclemezes felsőpályás

The structural function of railway bridges used to be the only important aspect taken into consideration when designing them. The only important factor was how safe bridges were for traffic to go over them.

Bridges built in cities, especially inner cities, however, should be designed with a lot more emphasis on esthetical aspects of them.

These structures will determine the image of their surroundings for centuries.

szerkezetek hidalták át a jelenlegihez hasonlóan. Az első két híd mintegy 35–40 évet élt meg, a jelenlegi szerkezetek kora 57 ill. 52 év.

A nagy forgalmú hidak pályaszerkezetének élettartama átlagosan ötven évre tehető, a meglévő szerkezetek is jelentős mértékű felújításra, pályaszerkezet-cserére szorulnak. Az időigényes helyszíni munkák hidanként kb. 1–1 év vágányzárat igényelnek. A MÁV elsősorban ezért irányozta elő a harmadik szerkezet megépítését, melynek engedélyezési és tender terveit már elkészítették. Az új, korszerű szerkezetű rácsos híd forgalomba helyezése utánra ütemzték a meglévő szerkezetek felújítását.





A JELENLEGI HELYZET ÉRTÉKELÉSE

A Déli összekötő vasúti Duna-híd egykor a város peremén (Közvágóhíd stb.) épült. Szokványos jellegű rácsos acélszerkezete az ipari környezetben esztétikailag elfogadható volt. Nyílt pályás, hídfás felépítménye zajos (bár az elmúlt évben jelentős zajcsökkentési eredményeket értek el), szennyfogó-vízvezető rendszere megoldatlan, pályaszerkezete ma már korszerűtlen, nem városi környezetbe való. Forgalmi és környezetvédelmi szempontból egyaránt hosszabb távú megoldást a pályaszerkezet teljes cseréje eredményezhet, városképi szempontból azonban ez semmin sem változtat. Sőt a harmadik, az új rácsos híd megépítésével a jelenlegi helyzet további 80–100 évre állandósul.

Az elmúlt években Budapest fejlődése, a város terjeszkedése jelentős mértékben felgyorsult. Ma már nem a Nagykörút, hanem a Hungária gyűrű jelenti a belváros természetes határát. Különösen látványos a déli irány fejlődése a Lágymányosi Duna-híd, a Nemzeti Színház, az épülő

Millenniumi városközpont, a budai oldalon az egyetemváros és számos előkészületben lévő további beruházás eredményeképpen. Ebbe a környezetbe a rácsos vasúti hidak nem illeszkednek bele.

JAVASLAT

Új vasúti híd építésénél ma már nem a régi rácsos szerkezeteket kellene adottságnak tekinteni, hanem az új közúti hidat és a kialakulóban lévő városközponti környezetet.

A mellékelt vázlatterven a kétvágányú, ferdekábeles függőhíd viszonylag kis magasságú, szekrény szerkezetű merevítőtartója déli oldalról nézve is hagyja érvényesülni a közúti híd meghatározó formáját, nem szokványos szilutettjét. A színválasztás is ehhez igazodik, a merevítőtartó piros, a pilonok, a korlátok és a pályaszint feletti egyéb szerelvények tört fehérek. A látványfotókon jól érzékelhető, hogy partról és hajóról nézve egyaránt feloldódik a hidak és a városkép közötti ellentét, összhatásuk így kedvezővé válik.



Az új kétvágányú híd a jelenlegiek helyén épülhetne, a vágánytengelyek távolsága is azonos, így különösebb pályakorrekció sem szükséges. Építés közben a forgalmat egy vágányon, az egyik elhúzott régi szerkezeten lehet fenntartani minimális mértékű vágányugratással.

A nagy merevségű, szekrény szerkezetű merevítőtartó könnyen gyártható és az utóbbi évek hídépítési gyakorlatában bevált nyílásméretű egységekben úsztatva gyorsan szerelhető. Fajlagos költsége ezáltal jóval kevesebb, mint egy lényegesen munkaigényesebb rácsos hídnak. Az egyvágányú forgalomkorlátozás időtartama maximum 3 hónapra redukálható.

Az ortotrop pályalemez új szerkezeten szennyfogókra nincsen szükség, zárt vízelvezetési rendszer is kialakítható. Edilon rendszerű vasúti felépítménnyel a zajhatás minimalizálható, kedvezőbb mint a folyópályában. Így összességében egy korszerű, környezetvédelmi szempontból is minden igényt kielégítő, városi környezethez igazodó szerkezet készíthető.

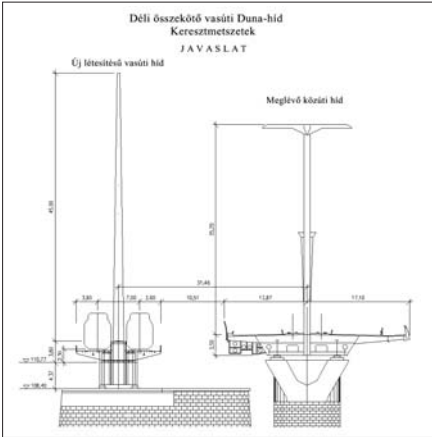
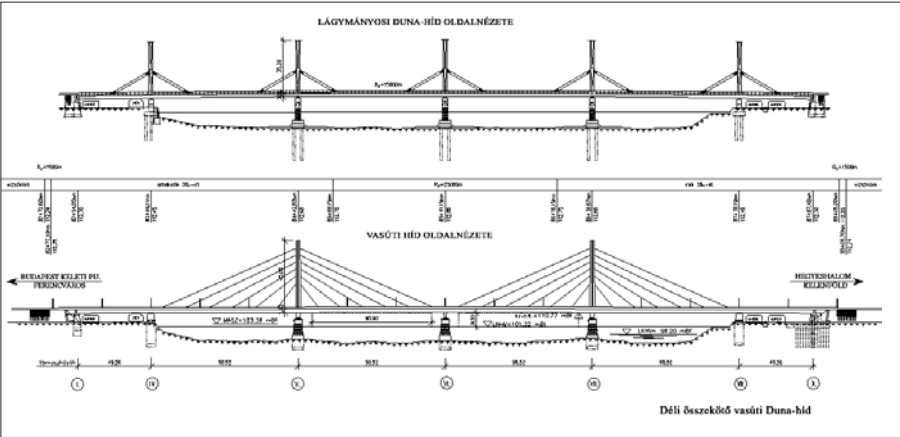
Távlati harmadik vágány hídja részére megmarad a hely a pilléreken, bár ennek szükségességét célszerű lenne felülvizsgálni. A négyes metró megépítésével közvetlen tömegközlekedési kapcsolat lesz a Keleti és a Kelenföldi pá-

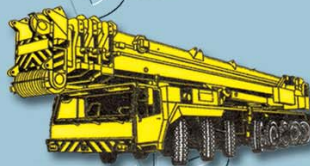
lyaudvarok között, ami a vasút elővárosi szerepkörét csökkentheti. Ettől függetlenül igény lenne vasúti megállóra a pesti hídfő térségében – a Soroksári útnál – a Millenniumi városközpont közvetlenül vasúttal való megközelítése illetve a városi tömegközlekedéshez való kapcsolat céljából. Hosszabb távon meg kellene oldani Budapest elkerülését az átmenő teherforgalom számára.

GAZDASÁGOSSÁGI,
FINANSZÍROZÁSI KÉRDÉSEK

A fajlagos gyártási és szerelési költségek biztos, hogy alacsonyabbak a javasolt kétvágányú híd esetében, mint egy új egyvágányú rácsos hídnál, ill. a meglévő nagy helyszíni munkaigényű felújítási munkáinál. A beruházás teljes költségében sem lehet számottevő eltérés, csak egyszerre jelentkezik a kiadás. Viszont teljesen új és korszerű szerkezeten lehet két vágányon működtetni a forgalmat, s a fenntartási költségek csökkennek.

A városi környezetbe illeszkedő új kétvágányú hídszerkezet építési költsége 10 milliárd forint körüli összegré becsülhető, megalapozottabb költségek kimunkálásához megvalósíthatósági tanulmány elkészíttetését javasoljuk.





DUNAGÉP RT

www.dunagep.hu



Dunaújváros

- Tel.: 25/413-934/32 • Fax: 25/411-620 • Mobil: 30/9392-273

E-mail: dunageprt@invitel.hu

Győr

- Tel./fax: 96/415-506 • Mobil: 20/9274-245

Miskolc

- Tel./fax: 46/533-490 • Mobil: 20/3334-905 • E-mail: dunagep.miskolc@chello.hu

Szeged

- Tel./fax: 62/559-988 • Mobil: 30/9654-864 • E-mail: info@hbbau.hu

Százhalombatta

- Tel.: 23/551-056 • Fax: 23/551-049 • Mobil: 20/377-1671

E-mail: zs.szecsenfalvi@dunagep.hu

Bratislava (Pozsony)

- Tel.: +421/2-4564-2137 • Fax: +421/2-4564-2139 • Mobil: +421/905/823-913

E-mail: dunagep@stonline.sk (SLOVNAFT finomító)

AZ ACÉLÖTVÖZŐK ÉS EGYÉB KÍSÉRŐELEMEEK HATÁSA A HORGANYRÉTEG KIALAKULÁSÁRA

THE EFFECT OF STEEL ALLOYS AND OTHER AUXILIARY ELEMENTS ON THE FORMATION OF GALVANIZED SURFACES

A tűzhorganyzásnál bonyolult fizikai-kémiai folyamatok során alakul ki a többfázisú bevonat. A horganyréteg kialakulásának sebessége szoros összefüggésben áll a vasnak a folyékony horganyban történő oldódása mértékével. Ez a folyamat része a horganyréteg kialakulásának, azonban túlzott intenzitása nem kedvező. Az acélokból levő ötvöző-, illetve kísérőelemek közül a szilícium és a foszfor szerepe emelkedik ki. Ezek, mennyiségük miatt, a számunkra fontos ötvöztelen, illetve gyengén ötvözött acéloknál jelentős hatással vannak a bevonat kialakulására. A darabáru tűzhorganyzás hagyományos technológiájával csak részben lehet befolyásolni az acélminőségek eltéréseiből fakadó bevonateltéréseket, ezért fontos a tűzhorganyzáshoz optimális acélminőségek tudatos kiválasztása.

Acélszerkezeteket, használati tárgyainkat, már lassan háromszáz év óta alkalmazott és napjainkban is folyamatosan továbbfejlesztett technológiával, egy kiváló tulajdonságokkal rendelkező fémréteggel tudjuk ellátni. A horganyréteg évtizedeken át nem csak a korrózió ellen védi az acélszerkezeteket acélanyagát, hanem elsőrangú mechanikai tulajdonságokkal is rendelkezik.

Cikkünket azoknak az acélszerkezetgyártó, -felhasználó és tűzhorganyzás iránt érdeklődő szakembereknek ajánljuk, akik az általános ismeretterjesztő prospektusokban, könyvekben megtalálható ismereteken mélyebben kívánnak megismerkedni az egyes acélminőségek és a tűzhorganyozhatóság közötti összefüggésekkel.

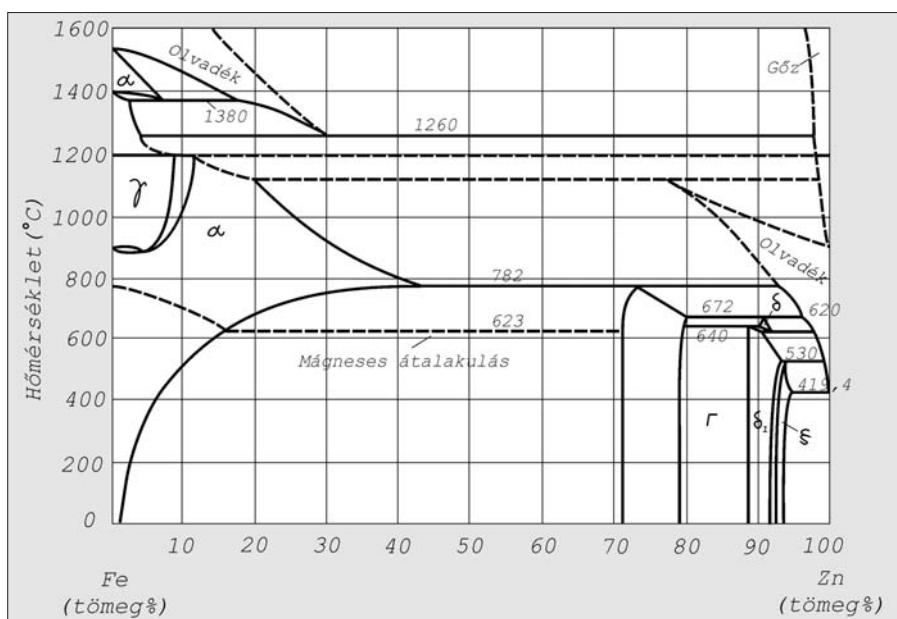


1. kép: Tűzhorganyzás (Fotó: Antal Árpád)

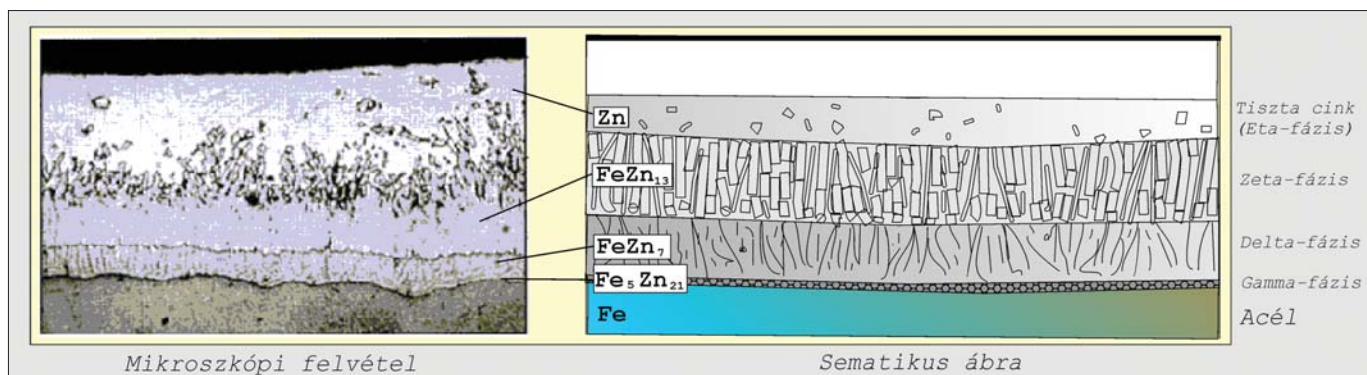
The multiphase layer during hot-dip galvanizing is formed as a result of a chain of complicated chemical reactions. The formation speed of the galvanized layer is consistent with the extent of the iron's dissolving in the liquid zinc. If this process is too intensive it is not favourable. Most important among the alloying and auxiliary elements are silicon and phosphorus. These two play a highly significant role in the formation of the galvanized layer in the case of pure or slightly alloyed steel. Since during traditional galvanizing of steel pieces, the layer differences caused by differing steel qualities can only be slightly altered, it is extremely important to choose optimal steel-qualities for hot-dip galvanizing.

Korábbi írásainkban már részletebben szoltunk a technológiai folyamat során lejátszódó termodiffúzió intenzitását leginkább meghatározó acél összetevők, a szilícium és a foszfor szerepéről. Most bővebb információkat szeretnénk adni a járatos acélminőségekben található egyéb kísérőelemek/ötvözők hatásairól, illetve megpróbáljuk kiterjeszteni a tűzhorganyzással kapcsolatos információk körét.

A kb. 450 °C-os horganyolvadékba történő bemelegítés során, fizikai-kémiai folyamatokkal, a munkadarab felületén levő ún. flux-réteg (folyósítósó) gőzfázisba kerül, melynek során egy utólagos finompácolást ad a vasfelületnek, nedvesíti, ez pedig elősegíti a hibamentes bevonatok kialakulását. A kétirányú diffúzió eredményeképpen a folyamatok – a szilárd vas (Fe) és folyékony cink (Zn) között – D.



1. ábra: A vas-cink egyensúlyi fázisdiagramja [1]



2. kép: A horganyréteg felépítése

Horstmann és F.-K. Peters szerint az 1. ábrának megfelelően játszódnak le.

A rétegkialakulás bonyolult fizikai-kémiai folyamatai (kétirányú diffúzió, anyagtranszport, átalakulások, kiválások, fémoldódás az olvadékba stb.) eredményeképpen jön létre a bevonat. A horganyréteg többfázisú, intermetallikus vegyületfázisokból és a legfelül tiszta cinkből áll (2. kép).

A 2. kép bal oldalán egy a horganyrétegről készített csiszolat mikroszkópi felvétele, míg jobb oldalán, sematikus ábra segítségével mutatjuk be az intermetallikus szerkezetet.

A rétegfelépülés elmélete szerint, első lépésként a ζ (zéta) vegyület alakul ki, majd ez alatt, folyamatos diffúziós átalakulások következtében alakulnak ki a δ (delta)-, majd átalakulással δ_1 - és végül a legalsó Γ (gamma)-fázisok [3]. A gamma-réte-

gen fekvő fémvegyület képződésének sebességét, Horstmann kutatásai szerint, a legalsó, tehát a Γ -fázis fizikai-kémiai tulajdonságai határozzák meg, mivel ebben zajlik leglassabban a Fe-Zn kétirányú diffúzió. Ezt támasztja alá az is, hogy kb. 480–520 °C között a gamma-fázis, a rajta levő zéta-fázissal együtt beúszik a horganyolvadékba, ilyenkor igen intenzív a vas beoldódása, tehát nincs meg a fékező hatása a Γ -rétegnek (2. ábra). E rétegnek a vastagsága viszont függ a rajta elhelyezkedő δ_1 és ζ -fázis vastagságától. Az így képződő Fe-Zn rétegekre, a fémolvadékból történő kiemelés során, a horganyfürdő összetételével megegyező tiszta cink (η) rakódik rá. Az ötvözetképződés folyamata hőmérséklet- és időfüggő (2. ábra). A bevonat képződésének elemzése során megállapítást nyert, hogy a hor-

ganyolvadékba merített acéllemezek vasvesztése (anyagtranszport az olvadékba) összefüggésben van az ötvözetképződés sebességével.

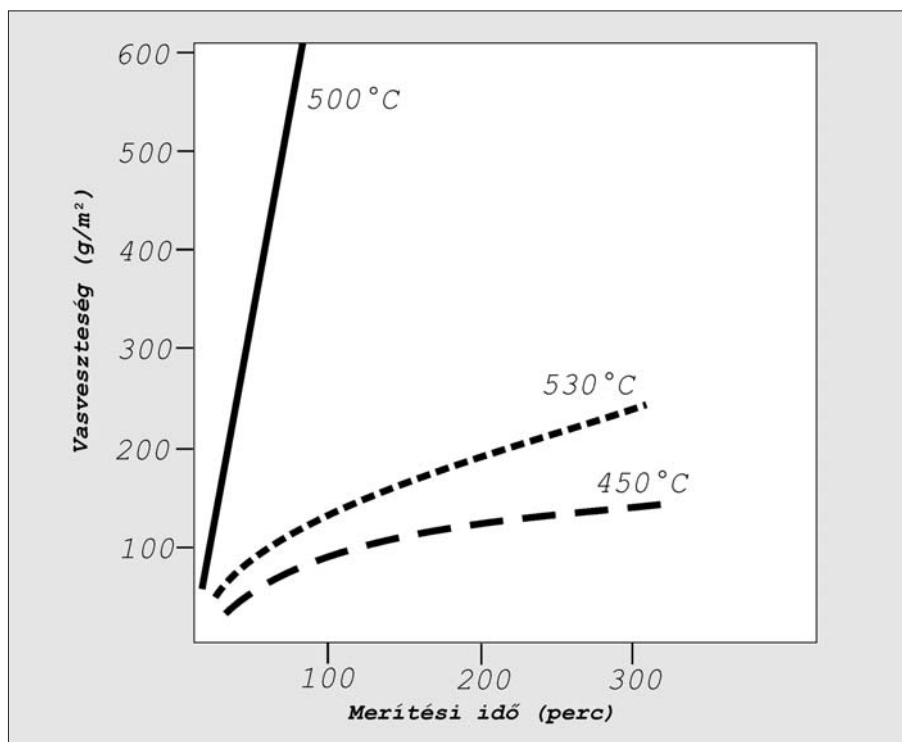
A tűzhorganyzás szokásos hőmérsékletén (cca. 450 °C-on) parabola időfüggvény szerint folyik időben az anyagvesztés, míg 500 °C-nál, egy meredek egyenes (lineáris hatás) szerint zajlik a folyamat. Ebben a tartományban csak egy igen vékony δ_1 - és rajta fekvő, laza ζ -fázis van jelen, melyek folyamatosan leúsznak az olvadékba, tehát ezáltal nagy lesz a vasvesztés. Az ötvözeteti rétegek vastagságának növekedésével, 480–520 °C közötti sáv kivételével, a parabola (parabola-hatás) szerint csökken a vasvesztés, tehát a bevonatok vastagságának növekedése lefékeződik, és egy idő után az újonnan képződő ötvözeteti elemek mennyisége, illetve a fürdőbe kerülő Fe-Zn ötvözetek mennyisége egyensúlyba kerül [4]. Ennek a folyamatnak köszönhető egyébként, hogy a nagyon tiszta acélból készült horganyzókadak anyaga (ARMCO) hosszú éveken keresztül ellenáll a fémolvadék támadásának, illetve csak lassan vékonyodik el.

A grafikon szerinti 530 °C-os tartományban már nem képződik ζ -fázis, hanem Γ - és δ_1 -fázisok alkotják az ötvözeteti réteget.

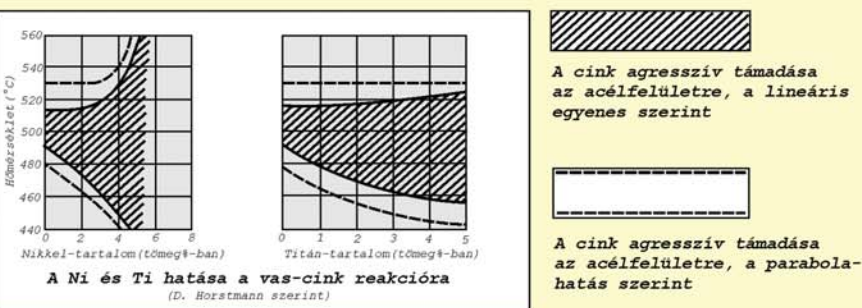
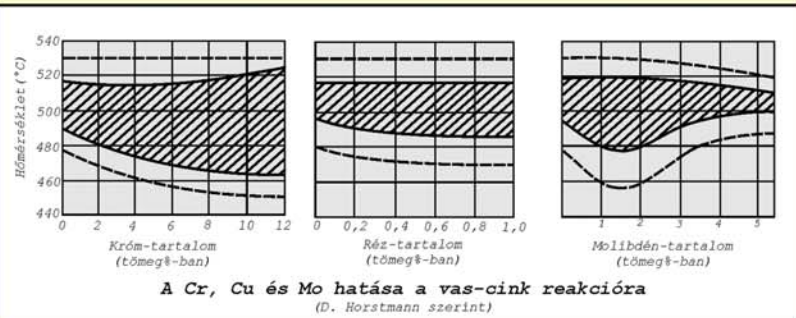
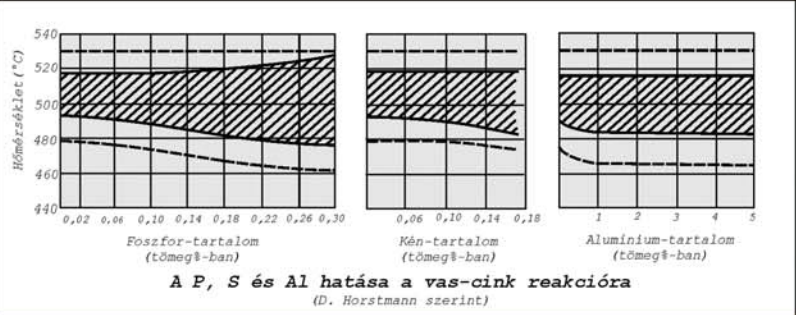
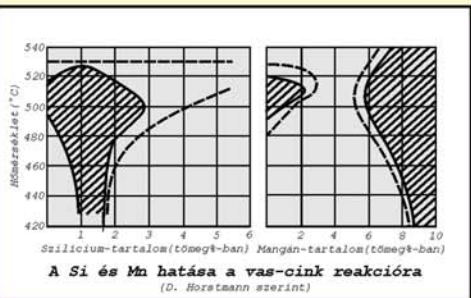
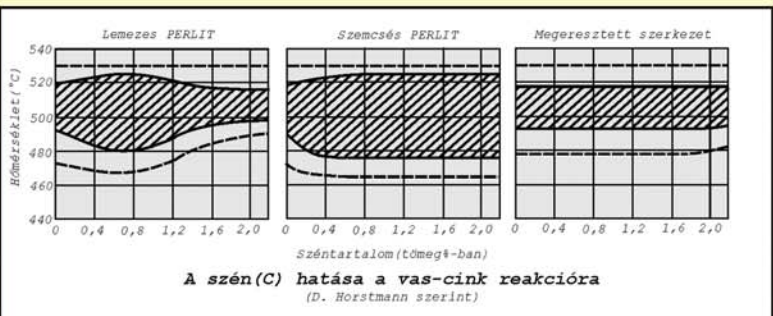
Az egyensúlyi fázisdiagram és az eddig tárgyaltak természetesen csak az Fe/Zn fémpárra vonatkoznak, azonban az acélokban levő különböző ötvözők és kísérőelemek, illetve egyéb feltételek ezt a folyamatot megváltoztatják.

Az előzőekben bemutatott reakciókat, a rétegképződés mechanizmusát leginkább befolyásolják:

- Az acélban/vasban levő ötvözők, kísérőelemek;
- A fémolvadék hőmérséklete;
- A fémolvadékban tartózkodás időtartama;



2. ábra: Az acélok vasvesztése különböző hőmérsékleteken a merítési idő függvényében [4]



3. ábra: A Fe-Zn reakció mértékének alakulása a hőmérséklet és ötvözőtartalom függvényében [2]

- A fémolvadék kémiai összetétele;
- Az acél/vas felületének szerkezete;
- A munkadarab felületének topográfiája.

AZ ACÉLBA/VASBAN LEVŐ ÖTVÖZŐK ÉS KÍSÉRŐELEMENK HATÁSA A BEVONAT-KÉPZŐDÉSRE

Már évtizedekkel ezelőtt izgalmas kísérleteket folytattak annak tisztázása érdekében, hogy vajon mely kémiai elemnek milyen hatása van a horganybevonat képződésére. Mint cikkünkben már kifejtettük, az ötvözetek rétegek képződésének sebessége összefügg a felületről a horganyfürdőbe eltávozó vas mennyiségével, majd egy bizonyos idő eltelte után egyensúlyi állapot alakul ki (2. ábra). D. Horstmann a múlt század közepétől részletes kutatásokat végzett az acél-ötvözők hatásait illetően, azaz megvizsgálta, hogy az egyes elemek jelenléte milyen mértékben befolyásolja a cink agresszív támadását a vas felületére.

Horstmann megállapítja, hogy például 440 °C-on a cink vasoldása, vagyis az ötvözetek rétegek képződésének sebessége 0,9% C-tartalom esetén (lemezes perlitnél), 35-ször nagyobb, mint ha tiszta vasat horganyoznánk. A tiszta vashoz képest, 1,4% C-tartalomnál (szemcsés-perlitnél) ez az arány 37-szeres. Megeresztett szerkezetnél, 2% C-tartalomnál viszont már csak 1,5-szörös ez az érték. Amennyiben 0,5% Si-tartalomnál végezzük el ezt az összehasonlítást, akkor 1,5-szeres Fe-oldódást tapasztalunk, 440 °C-on a tiszta vashoz képest. 1,7% Mn-tartalomnál, 3-szoros, 4,9%-nál 2,5-szeres a reakciósebesség, mint ugyanolyan körülmények esetében a tiszta vas esetében. Az acél alumínium-ötvöztetésénél, 0,8% Al-tartalom esetében, 1,4-szeres a reakciósebesség növekedése, 5% Cr esetében pedig megduplázódik, hasonlóan 1% Cu-tartalom esetében is. 1,6% Mo-ötvöztésnél, 1,3-szoros, viszont 3-5% esetében, 0,8-szorosára csökken a Fe oldódása a cinkolvadékban. Amikor 3% Ni-tartalma volt az acélnak, akkor ez kb. 4-szeresre növelte a reakciósebességet, 5% Ti-ötvöztésnél kb. kétszer és félszeres lett a reakció sebessége. Jól látjuk tehát, hogy általában minél tisztább egy acél, annál kedvezőbb lesz a bevonat szerkezete, azaz kisebb lesz a Fe-Zn

reakció sebessége. A szén (C), szilícium (Si), foszfor (P), kén (S), alumínium (Al), króm (Cr), réz (Cu), molibdén (Mo), nikkel (Ni) és titán (Ti) tapasztalt hatását 3. ábránkon mutatjuk be.

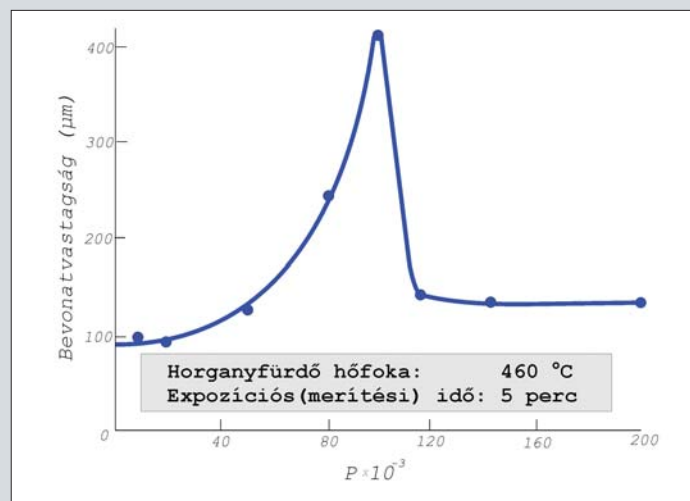
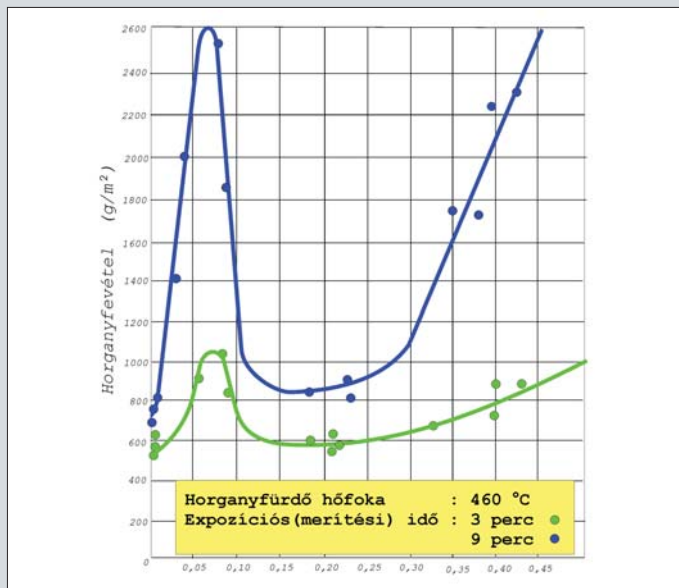
Az ábra csíkozott részei adják azokat a zónákat, ahol nagyon intenzív reakciók játszódnak le a vas és cink között (időben erős, proporcionális vasoldódás), mely vastag bevonatokat eredményez. Ez azt jelenti, hogy a 2. ábrán látható meredek egyenes szerinti folyamatok már 450 °C körüli hőmérsékleten is megjelenhetnek, amennyiben az acélban levő ötvözők, kísérőelemek bizonyos mennyiséget elérnek. Az ábrákból kitűnik, hogy az ötvöztelen, illetőleg a gyengén ötvözött acélok esetén elsősorban a Si és P hatásával kell számolnunk, mert az acélszerkezetek tűzihorganyzása általában 450 °C fok körüli hőmérséklet-tartományban zajlik le.

A Si hatását már jól ismerjük, viszont a foszfor (P) esetében azt állapították meg, hogy releváns hatása elsősorban alacsonyabb Si-tartalom (0,02-0,05%) mellett van, amikor is jelentősen hozzájárul a vastagabb bevonatok kialakulásához. Érdekes fejlemény volt, hogy a Si és P együttes hatását is megvizsgálták, majd a gyakorlatban is már jól elfogadható tapasztalati képlethez jutottunk ($Si+2,5P \leq 0,09\%$), mely az ilyen alacsonyabb Si-tartalmú (Sandelin) acélokra vonatkozik. Az empirikus összefüggés azt mutatja, hogy e feltétel teljesülése esetén, nagy valószínűséggel optimális bevonatot fogunk nyerni. Eerre vonatkozóan kísérleteket végeztek, melynek eredményeit 6. ábránkon láthatjuk.

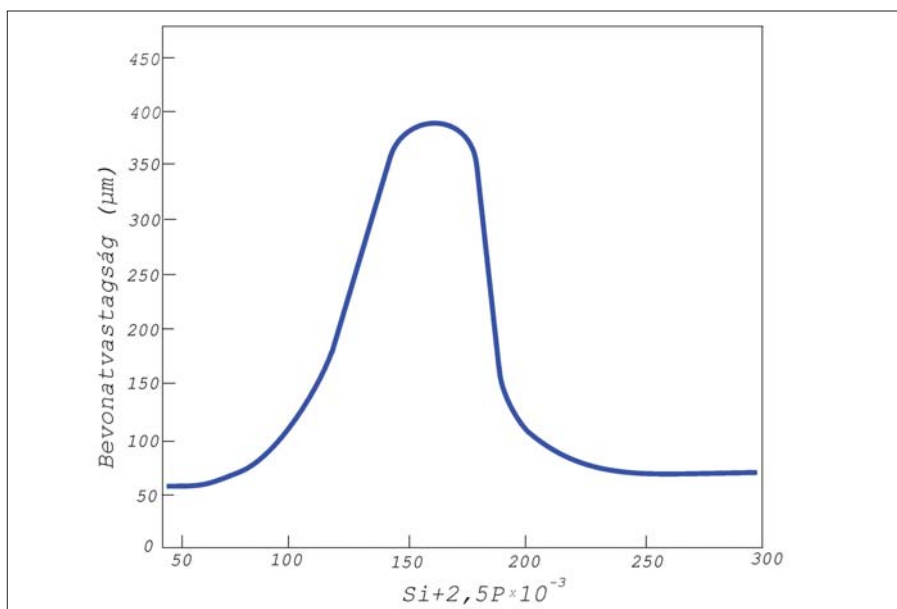
Magasabb Si-tartalmú acélok vizsgálatait legelőször H. Bablik végezte el, míg az alacsonyabb Si-tartalmaknál, R. W. Sandelin (4. ábra) végzett alapkutatásokat és fedeztek fel fontos összefüggéseket, ezért róluk el is neveztek különböző érvényességi tartományokat (7. ábra).

a) A szilícium hatása a horganybevonat vastagságára, foszfor-szegény ($P < 0,020\%$) acélok esetében

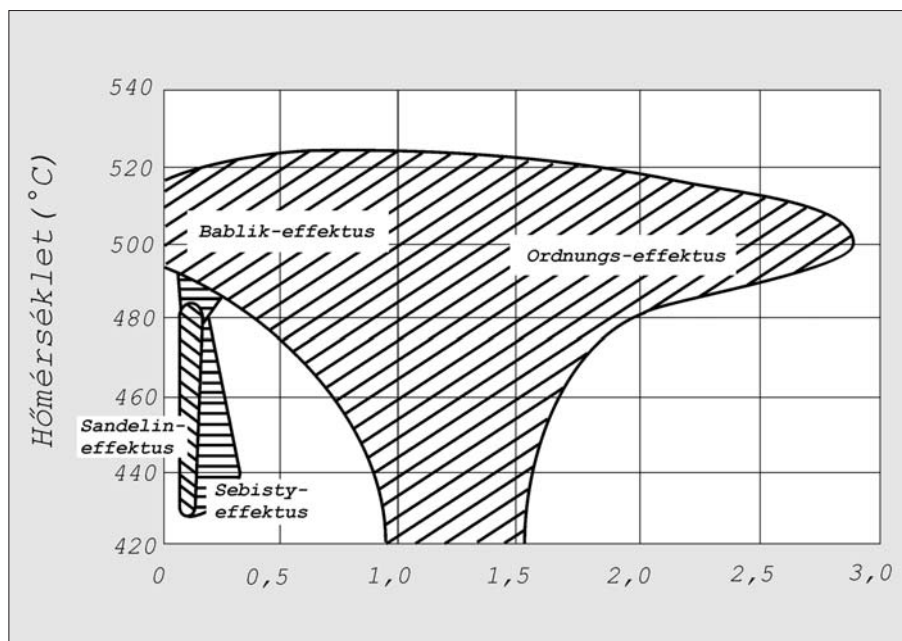
A 7. ábrán látható, csíkozott területeken belül, intenzív Fe-Zn-reakciók játszódnak le. Az ún. Sandelin-effektus területén (kb. 0,035–0,12% Si) nagyon erős vasoldódás történik, azaz durva, vastag és tisztán ötvözet fázisokból álló bevonatok alakulnak ki. Ezt a területet, azaz a „Sandelin-



4. és 5. ábra: A szilícium (Si) és foszfor (P) hatása a horganybevonat vastagságára [5] [2]



6. ábra: Si + 2,5P hatása a horganybevonat vastagságára [5]



7. ábra: A Fe-Zn közötti reakció erőssége az acélban levő Si-tartalom és a fémolvadék hőmérséklete függvényében [2]

acélok” alkalmazását feltétlenül el kell kerülni tűzhorganyzott acélszerkezetek alapanyagainak kiválasztásánál. Ámbár a horganyzási hőmérséklet, illetve merítési idő csökkentésével némileg befolyásolni lehet a hatást, azonban mégis csak szűk játéktér áll rendelkezésünkre, érdemben nem tudunk beavatkozni. Beavatkozási lehetőség lehet a horganyolvadék ötvözése (TECHNIGALVA® eljárás).

A tűzhorganyzás szokásos hőmérsékleti határai 440–460 °C, mely között az alacsonyabb Si-tartalmú acélok (<0,12%) esetében ma már helytállónak látszik, hogy a horganyfürdő hőmérsékletének csökkentésével (460-ról 440 °C-ra) csökken a bevonatok vastagsága is.

Ennél magasabb szilíciumtartalom esetében (0,12–0,28%) azonban, ettől eltérően a magasabb hőfokokon (460 °C) alakulnak ki a vékonyabb bevonatok (Sebisty-effektus), mely hatást a felfedezője (Sebisty) 1973-ban publikálta [7]. W. Katzung és R. Rittig által végzett kísérletek szerint (1997), melyeknél 10 perces merítési időt, illetve 440–450–460 °C-os horganyolvadék-hőfokokat alkalmaztak, 0,18 és 0,22% Si-tartalom közötti acélok esetében 440 °C-os horganyolvadék-hőfokon alakultak ki a nagyobb bevonatvastagságok. Ellenben 0,12–0,18%, illetve 0,22–0,28% Si-tartalom mellett, 450 °C-on mértek legvastagabb bevonatokat. Mindhárom esetben 460 °C-on lettek legvékonyabbak a horganyrétegek. A Si-tartalom további növekedésével (>0,28%) ismételtelen helyreáll

a rend (Ordnungs-effektus) és magasabb tűzhorganyzási hőmérsékletekhez magasabb bevonatvastagságok tartoztak (440–460 °C).

A fentiek alapján a kutatásban részt vevő szakemberek a foszforszegény ($P < 0,02\%$) esetében a „Sebisty-acélokat” (0,12–0,28% Si-tartalom) az alábbiak szerint csoportosította:

➔ Sebisty-I.

0,13–0,17 % Si
0,22–0,28 % Si
legvastagabb bevonatok
450 °C-nál.

➔ Sebisty-II.

0,17–0,22 % Si
legvastagabb bevonatok
440 °C-nál.

A mért bevonatvastagság-növekedés, különösen 0,15–0,22% Si-tartalmú tar-

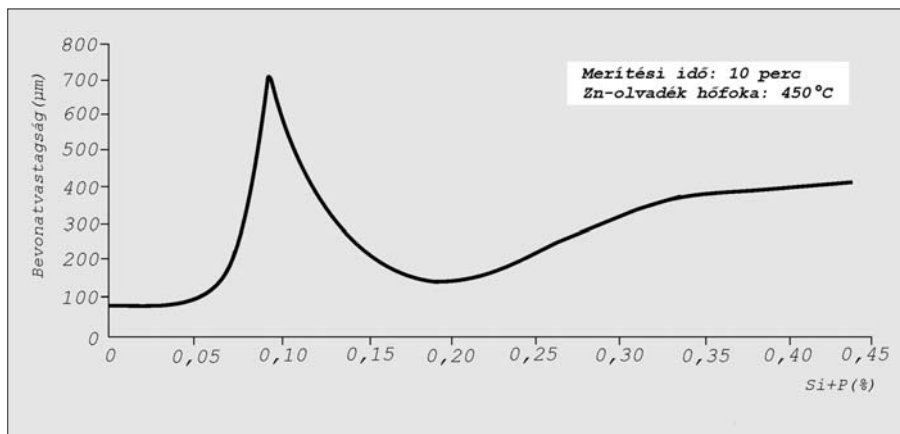
tományban, elérte a 100 µm-es nagyságrendet.

Mivel a hegesztett acélszerkezetek alkalmazásában az ún. Sebisty-acélok aránya fokozatosan növekszik, feltétlenül érdemes a fenti tapasztalatokat figyelembe venni, mind a gyártóknak, mind pedig a tűzhorganyzóknak.

b) A foszfor hatása a bevonat vastagságára, az acélok Si-tartalma függvényében

A foszforszegény ($P < 0,020\%$) acélokkal szemben, itt az alacsonyabb Si-tartalmú zónában ($0 < \text{Si}\% < 0,12$), különleges folyamatok találhatók. Ugyanis minél magasabb az acél P-tartalma, a horganyolvadék hőfokától függetlenül, annál vastagabbak lesznek a horganybevonatok [7]. A bevonatvastagság a maximumait az alacsonyabb horganyzási hőmérsékleteken éri el, hasonlóan a Sebisty-effektushoz.

W. Katzung és R. Rittig megállapítja többek között azt is, hogy az alacsonyabb szilíciumtartalmú acéloknál ($0,035 < \text{Si}\% < 0,12$) a P-tartalom növekedésével a Sandelin-effektushoz hasonlóan változik a bevonatok vastagsága és a horganyréteg szerkezete is. Kicsit magasabb Si-tartalmú acélok (cca. 0,11% Si) esetében, az acélokból levő P-mennyiség növekedésével ismét csökken a bevonatok vastagsága. Még magasabb Si-tartalmú acéloknál a foszfor hatása elenyésző, a horganyréteg vastagságát, azaz a Fe-Zn reakciót illetően, sőt a merítési időtartam vastagságnövelő hatása alig érzékelhető. Az előzőekből jól látható, hogy igen bonyolult problémakörrel állunk szemben, amikor ezt a területet boncolgatjuk. A kutatások többsége arra a közös álláspontra jutott, hogy a Si és P együttes hatása viszont értékelhető segítséget ad az acélgyártók,



8. ábra: A horganybevonat vastagságának változása a Si+P-tartalom függvényében [7]

illetve -felhasználók és horganyzók számára (8. ábra).

Összefoglalásként elmondható, hogy a vizsgálatok jelenlegi állása szerint, a horganyzási technológia alapvető beavatkozásaival (fürdőhőmérséklet szabályozása, merítési idő változtatása) csak korlátozott játéktér áll rendelkezésünkre, mert az acélok sokfélesége (kémiai összetétel, felületi minőség, felület szövetszerkezet és feszültségállapota) kisebb-nagyobb eltéréseket okoz a bevonat jellemzőinél. Különleges horganyfürdő-ötvözetekkel viszont már hatékonyabb intézkedésekre is képesek vagyunk. Azonban az acélminőségek tudatos kiválasztása, és lehetőleg azonos minőségben történő folyamatos megrendelése (tűzhorganyzási célra), sikerrel kecsegtet az egységes, szép és gazdaságos bevonatok elérése érdekében. Ugyanis a tűzhorganyzó üzemek, általában ismert és bejáratott acélminőségeknél könnyen tudnak megfelelő technológiai „kiigazításokat” végezni. A tűzhorganyzásra ajánlott, illetve homogén acélminőségek kiváló minőségben történő gyártására a hazai acélgártás fel van készülve.

Olvasóink a fentiek alapján azt gondolhatnák, hogy ezek után már könnyű dolga van a szakembereknek. Általában igazuk is lenne, mert egyre könnyebben, többletköltség nélkül lehet beszerezni azokat az acélminőségeket, melyeken kiváló tulajdonságokkal rendelkező bevonatokat lehet kialakítani.

Esetenként azonban mégis találkozunk ellentmondásokkal, melyek a fent leírt „törvényszerűségeknek” ellenállnak, mert kedvezőnek tűnő kémiai összetételek ellenére is vastagabb, szürkébb bevonatok alakulnak ki a munkadarabok felületén. Ezek visszavezethetők jelenlegi gyártási technológiáink „tehetetlenségeire” és egyéb tényezőkre.

Ilyen technológiai tehetetlenségek:

- Az acélok alapanyagának kémiai analízise nem egyezik meg a felületi rétegek összetételével.
- Az egyes, általában önállóan vizsgált acélötvözők/kísérők hatásai részben, vagy egészben összegeződnek.
- Az acélban levő szilícium milyen kémiai kötésben van jelen, mert a hőkezelt és nem hőkezelt acélok esetén más-más lesz a bevonatok

felépítése, vastagsága, még azonos szilíciumtartalom esetén is. Hasonló jelenség tapasztalható termikus vágási felületek esetében is.

Ezek okainak egy része, még a legintenzívebb kutatások ellenére sem ismert, más részüket viszont már ismerjük.

(A témáról a *Tűzhorganyzás* című szakfolyóirat egy későbbi számában, majd részletesebben olvashatnak a terület iránt érdeklődők).

- [1] D, Horstmann; F. – K., Peters: Der Angriff von eisengesättigten Zinkschmelzen auf Eisen im Temperaturbereich von 540 bis 740 °C Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Abhandlung 1154 (1969)
- [2] P, Maas; P, Peissker: Handbuch Feuer- verzinken, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig-Stuttgart (1993)

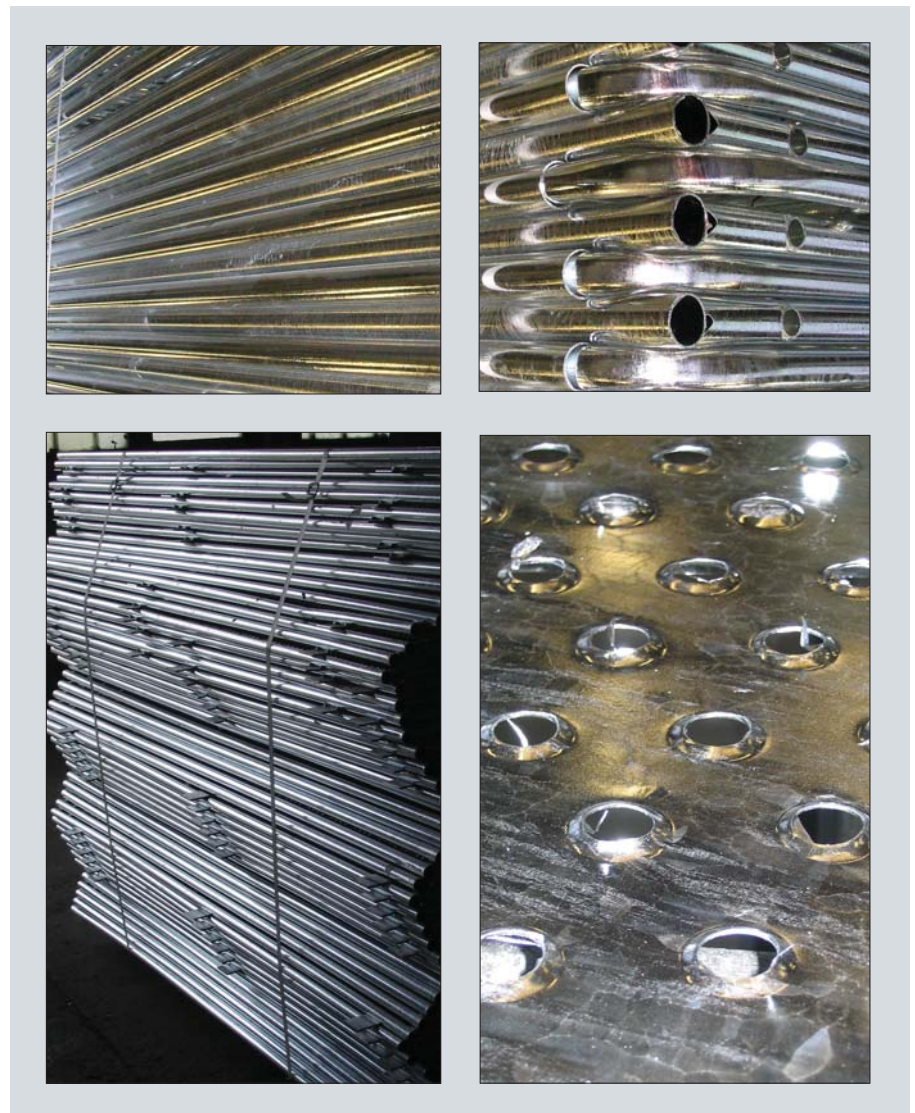
[3] Dr. T, Török; L, Becze: Vas-cink ötvözetfázisok (intermetallikus vegyületek) a tűzhorganyzott acélszerkezetek felületén, *Tűzhorganyzás* 3/2003, Kiadja: NAGÉV Kft. Hajdúböszörmény

[4] D, Horstmann: Der Angriff von eisengesättigten Zinkschmelzen auf Eisen, Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Abhandlung 573 (1953)

[5] D, Horstmann: Zum Ablauf der Eisen-Zink-Reaktionen, Schrift VII des Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V., 11–30 oldal, Düsseldorf (1991)

[6] H.-J., Böttcher: Feuerverzinkung, Jahrbuch Oberflächentechnik 1991, Metallverlag GmbH, Berlin

[7] W, Katzung; R, Rittig.: Zum Einfluss von Si und P auf das Verzinkungsverhalten von Baustählen, Institut für Stahlbau Leipzig GmbH (1997)



3–5. kép: Tűzhorganyzott termékek fényes, gazdaságos bevonatokkal
(Fotók: Antal Árpád)

VÁLTOZÓ GERINCMAGASSÁGÚ KERETSZERKEZET TERVEZÉSE AZ EN 1993 SZABVÁNY SZERINT A CONSTEEL PROGRAMMAL*

DESIGN OF FRAMES COMPOSED OF TAPERED MEMBERS ACCORDING TO EN 1993 USING CONSTEEL PROGRAM

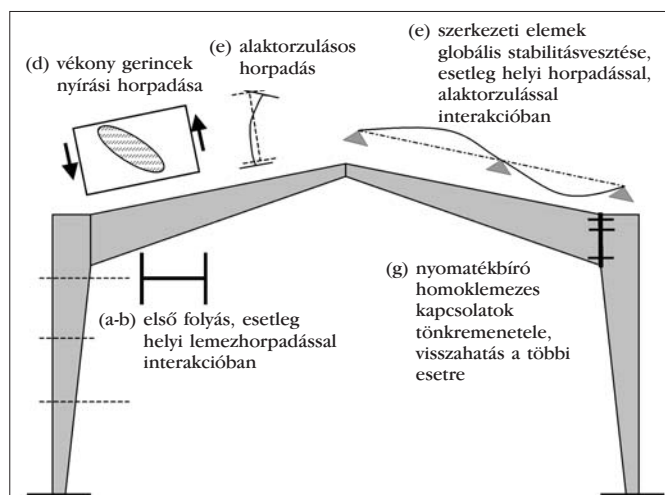
Ipari csarnokszerkezetek építésében fontos szerepet játszik a változó gerincmagasságú hegesztett I szelvény, illetve az abból épített keretrendszerű főtartó szerkezet. A viszonylag vékony lemezek alkalmazása és a gyártási költségek csökkentése a szerkezettípust versenyképessé tette a rácsos szerkezetekkel szemben, legalább is a közepes fesztáv tartományában (kb. 20–36 méter). A „súlyverseny” következtében előtérbe került a helyi horpadásra érzékeny keresztmetszetek alkalmazása, aminek hazánkban korlátokat szabott az MSz 15024 nemzeti szabvány lemezhorpadásra vonatkozó konzervatív előírása. A szerkezettípus erő-tani számításra alapuló tervezésében jelentős előrelépést jelent az új EN 1993 szabvány 1.1 és 1.5 kötetében meghonosított általános stabilitásvizsgálati formula. Jelen cikk az új szabvány előírásainak alkalmazásából származó előnyöket mutatja be.

The portal frames composed of tapered welded I-shaped structural members play important rules in the industrial buildings. The application of the relatively thin plates and the optimized fabrication makes these structures being competitive against the light truss structures at least in the range of 24–36 meters span. Competition has resulted in lesser self-weights using thin plated slender cross-sections, which are sensitive to local buckling. However, development of structures concerning local buckling was delayed in Hungary by the conservative specifications of the MSz 15024 standard. The application of the new EN 1993 standard may cause radical development in design of tapered structural elements with relatively thin plates. This paper introduces the methods as well as the advantages of the new design methodology.

1. BEVEZETÉS

A változó gerincmagasságú szerkezeti elemek előnye, hogy követik a tervezési igénybevételek változását, és ezáltal gazdaságos megoldáshoz vezethetnek. Az ilyen elemekből épített keretek esetén az előny elsősorban a keretsarkoknál jelentkezik, ahol a maximális nyomatókókat a megnövelt gerincmagasságú szelvény, illetve annak homloklemez kapcsolata képes felvenni, miközben az alkotólemezek viszonylag vékonyak maradhatnak. A karcsú alkotólemezek következtében a változó gerincmagasságú szelvényekből épített keretszerkezetek tervezése során az alábbi főbb tönkremeneteli formákat, illetve azok interakcióját kell számításba venni (1. ábra):

- keresztmetszetek szilárdsági tönkremenetele (a);
- alkotólemezek helyi horpadása (b);
- szerkezeti elemek (szerkezet) globális stabilitásvesztése (c);
- gerinclemez nyírási horpadása (d);
- horpadás alaktorzulással, kifordulással kísérve (e);
- globális és lokális stabilitásvesztési formák interakciója (f);
- kapcsolatok tönkremenetele (g);



1. ábra: Változó gerincmagasságú portál keret tönkremeneteli módjai

A fenti tönkremeneteli formák számítása, illetve kezelése számos elméleti és gyakorlati kérdést vett fel, amelyek tárgyalását az alábbi három témakör köré csoportosítottuk:

- az EN 1993 szabvány 1.1 és 1.5 kötetei új előírásainak áttekintése;
- a vékony falú rúd végelemekre alapozott térbeli rugalmas stabilitási analízis alkalmazása; és

* opponensek: Dr. Dunai László egyetemi tanár, BME
Dr. Horváth László egyetemi docens, BME

- a kapcsolatok merevségének hatása a globális analízisre.

A cikk második fejezetében az EN 1993 1.1 (2003), illetve az EN 1993 1.5 (2003) szabványkötetek (továbbiakban a szabványok) által bevezetett negyedik osztályú keresztmetszetek jellemezőinek számításával foglalkozunk. A negyedik osztályú keresztmetszetek kérdése a változó gerincmagasságú szerkezetek tervezésében kiemelt szerepet kap. A harmadik fejezetben bemutatjuk a szerkezetek globális stabilitási tönkremenetelének (kihajlás, kifordulás, interakció) általános vizsgálati formuláját, illetve annak rúdszerkezeti modellre alapozott alkalmazását. Itt jegyezzük meg, hogy az eljárást az MSz ENV (1993) U melléklete már tartalmazta. A negyedik fejezetben az általános eljárás héjszerkezeti modellre alapozott alkalmazását mutatjuk be. Az ötödik fejezetben az általános eljárás alkalmazását a ConSteel program segítségével illusztráljuk. A változó gerincmagasságú keretek esetén az EN 1993 1.8 (2003) szabványkötet által támogatott nyomatékbiro homloklemez kapcsolatok alkalmazása előnyökkel járhat. Ezért a hatodik fejezetben a félmerev kapcsolati viselkedést mutató csomópontok tervezését, illetve a szerkezet globális viselkedésére való visszahatását mutatjuk be.

A jelen tanulmány felépítése és szerkesztési módja feltételezi, hogy az olvasó ismeri az acélszerkezetek tervezésének alapvető fogalmait, és járatos az Eurocode vonatkozó fejezeteiben, illetve a számítógépes analízisben. Ezért írásunkat elsősorban a gyakorló mérnököknek, illetve az alapozó acélszerkezeti tárgyakból már vizsgázott mérnök-hallgatóknak ajánljuk.

2. A KERESZTMETSZETEK ELLENÁLLÁSA

2.1 A rugalmas keresztmetszeti ellenállás

A változó gerincmagasságú szerkezeti elem keresztmetszeteinek osztályba sorolása a helytől függően változhat. Az elem kisebb gerincmagasságú végénél a keresztmetszet általában a 3. (esetleg a 2.) osztályú, azonban a nagyobb gerincmagasságú végénél 4. osztályú. A 3., illetve a 4. osztályú keresztmetszetek ellenállását rugalmas méretezési elv alapján számítjuk, de a 4. osztály esetén a hatékony (dolgozó) keresztmetszeti jellemzőket kell figyelembe venni. Összetett igénybevétellel terhelt (nyomott, hajlított és nyírt) keresztmetszet esetén az MSz 15024 szabványban is alkalmazott folyási határgörbéből kapjuk a teherbírást:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}}\right)^2 + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_{yd}}\right)^2 \leq I \quad (1)$$

ahol $\sigma_{x,Ed}$ a normálfeszültség a keresztmetszeti pontban, τ_{Ed} a nyírási feszültség, és f_{yd} a parciális tényezővel osztott tervezési szilárdság. Amennyiben a nyíróerő hatása elhanyagolható ($V_{Ed} \leq 0.5V_{pl,w}$), akkor az axiálisan nyomott vagy húzott és hajlított keresztmetszet esetén az (1) az igénybevételek szintjén az alábbi alakot ölti:

$$\frac{N_{Ed}}{A f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_N}{W_y f_{yd}} \leq I \quad (2)$$

ahol N_{Ed} , $M_{y,Ed}$ a tervezési normálerő és hajlítónyomatek, e_N a 4. osztályú keresztmetszet súlypontjának eltolódása a z tengely mentén a normálerő hatásából, illetve A és W_y a megfelelő keresztmetszeti jellemzők. Amennyiben a ke-

resztmetszet 4. osztályú, akkor a (2) kifejezésben szereplő keresztmetszeti jellemzők az effektív keresztmetszetből számítandók. A továbbiakban a 4. osztályú keresztmetszetek számításával foglalkozunk.

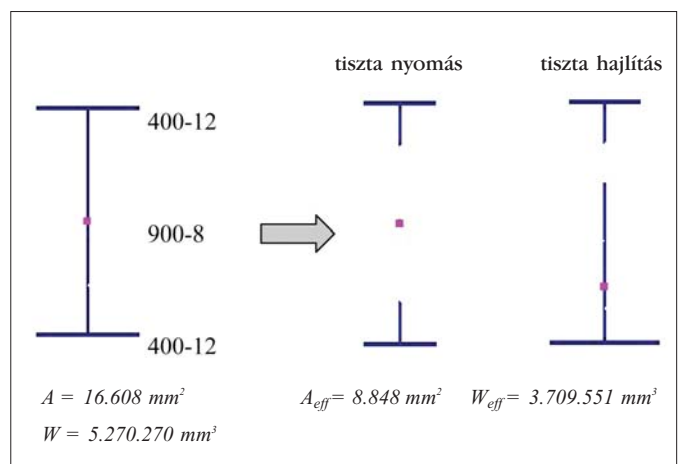
2.2 A hatékony keresztmetszeti jellemezők számítása

A viszonylag vékony lemezekben a normálfeszültség helyi lemezhorpadást okozhat, amely csökkenti a keresztmetszet ellenállását. A szabvány a horpadás hatását a keresztmetszet redukálásával, azaz a hatékony (effektív) keresztmetszettel veszi figyelembe. Az elméleti elgondolás szerint a hatékony keresztmetszet az aktuális normálfeszültségeloszlástól függően a nem-dolgozó lemezrészecskék elhagyásával jön létre, a megmaradt dolgozó rész rugalmasan viselkedik. Az effektív keresztmetszet magában foglalja a karcsú lemezekre jellemző horpadás utáni (posztkritikus) teherbírást is.

A keresztmetszeti jellemzők egyszerű számítása érdekében a szabvány az effektív keresztmetszeti jellemzőket a tiszta igénybevételekből származó feszültségi eloszláshoz rendeli, azaz az A_{eff} értéket a tiszta nyomásból, a W_{eff} értékeket pedig a megfelelő tiszta hajlításból kell számítani. A 2. ábra egy hegesztett I szelvény hatékony keresztmetszeteit, illetve az azokhoz tartozó hatékony keresztmetszeti jellemzőket mutatja.

A szabvány megengedi a hatékony keresztmetszeti jellemzők számítását összetett feszültségállapot alapján is, amelyhez iteratív számítási eljárásra van szükség. Ekkor az aktuális feszültségeloszláshoz egyetlen hatékony keresztmetszet tartozik, és az összes keresztmetszeti jellemzőt ezen a keresztmetszeti modellen számítjuk ki. A 3. ábra az így számított eredményeket mutatja a 2. ábrán látható keresztmetszet esetére.

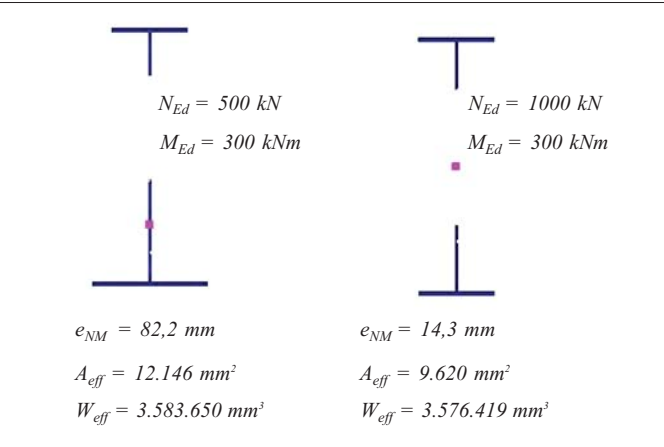
Az 1. táblázat a kétféle számítási módszerrel kapott eredményeket foglalja össze. Láthatjuk, hogy a kétféle számítási eljárásból kapott hatékony keresztmetszeti jellemzők jelentősen eltérnek, azonban a tervezés szempontjából nem a jellemzőket, hanem a teherbírási kihasználtságokat kell összehasonlítani: az eltérő keresztmetszeti jellemzők ellenére a kétféle eljárás közel azonos keresztmetszeti ellenállást eredményezett. Itt jegyezzük meg, hogy az összetett feszültségi módszer alkalmazása esetén a keresztmetszeti osztályozást is az összetett feszültségállapot alapján kell elvégezni. Az eljárással elkerülhetjük az olyan ellentmon-



2. ábra: Negyedik keresztmetszeti osztályba tartozó hegesztett I szelvény teljes és hatékony keresztmetszeti jellemzői $f_y = 460 \text{ N/mm}^2$ esetén (ConSteel 3.2)

1. táblázat

Feszültség állapot	N (kN)	M (kNm)	A_{eff} (mm ²)	W_{eff} (mm ³)	e_N (mm)	$N \cdot e_N$ (kNm)	Kihasznátság az (1) szerint	Eltérés (tiszt/összetett)
tiszta	500	300	8848	3709551	0	0	0,299	1,011
összetett			12146	3583650	82,2	41,1	0,296	
tiszta	1000	300	8848	3709551	0	0	0,422	1,012
összetett			9620	3576419	14,3	14,3	0,417	



3. ábra: Összetett feszültségállapotból számított hatékony keresztmetszeti jellemzők a 2. ábrán látható keresztmetszet esetén (ConSteel 3.2)

dásokat, mint amikor például tiszta nyomásra a keresztmetszet negyedik, tiszta hajlításra pedig második osztályú.

3. A GLOBÁLIS STABILITÁSI ELLENÁLLÁS

A változó gerincmagasságú keretszerkezet különösen érzékeny lehet az oldalirányú kihajlásra, illetve annak a kifordulással való interakciójából létrejövő térbeli globális stabilitásvesztésre. Az EN 1993 szabvány 1.1 kötete szilárd kísérleti alapokon álló tervezési formulákat kínál az állandó keresztmetszetű és egyszerű megtámasztású szerkezeti elemek tervezéséhez. A nemszokványos kialakítású (például a változó gerincmagasságú) elemek teherbírásának meghatározására nem végeztek annyi kísérletet (illetve numerikus vizsgálatot), hogy az alapesetekhez hasonlóan szilárd alapokon álló tervezési formulákat lehessen felállítani. Ezért a szabvány az ilyen elemek teherbírását visszavezeti az egyszerű kialakítású alapesetek teherbírására. Az eljárást rugalmas extrapolációnak nevezzük, amely elnevezés utal arra, hogy a tényleges teherbírási viselkedésre a szerkezeti elem rugalmas viselkedésből kívánunk következtetni. A szabvány általános stabilitásvizsgálati eljárása formai szempontból az alábbi egyszerű alakot ölti:

χ_{op}α_{ult,k} / γ_{M1} ≥ 1 (3)

ahol χ_{op} a teljes szerkezetre érvényes stabilitási csökkenő tényező, α_{ult,k} ≥ 1 pedig a szerkezet kritikus (legkihasználtabb) keresztmetszetéhez tartozó legkisebb tehernövelő tényező (amellyel a tervezési igénybevételeket felszorozva a keresztmetszet teljes teherbírási kihasználtságát kapjuk). A formula fizikai tartalma a következő: a tervezési teherhez

tartozó keresztmetszeti teherbírási mutatószámnak (lásd 2. fejezetet) akkorának kell lennie, hogy azt a térbeli stabilitásvesztés hatását figyelembe vevő csökkentő tényezővel szorozva, illetve a megfelelő parciális tényezővel osztva egynél ne legyen kisebb. A formailag egyszerű kifejezés mögött, ahogy a fentiekben már jeleztük, bonyolult összefüggések húzódnak meg, melyeket az alábbiakban világitunk meg.

3.1 Az α_{ult,k} tehernövelő tényező

Formai szempontból az α_{ult,k} számítása az (1) alapján egyszerűnek látszik,

1 / α_{ult,k} = N_{Ed} / (A_ff_{yd}) + (M_{Ed} + N_{Ed} · e_N) / (W_yf_{yd}) (4)

azonban a szabványalkotó biztosítékot keresett arra, hogy a keretszerkezet síkbeli stabilitásvesztése ne lehessen mértekadó határállapot. Ennek érdekében az α_{ult,k} számításánál előírja a keret síkjában bekövetkező stabilitásvesztés figyelembevételét. Régóta ismert, hogy a rúdkihajlás vizsgálata elhagyható, ha a helyettesítő görbeséggel (imperfeccióval) terhelt rúdon másodrendű analízis alapján végzünk el a keresztmetszet ellenállásának számítását. Ezt a gondolatot alkalmazza a szabványalkotó a jelen esetben is, amikor előírja, hogy (4)-ben szereplő tervezési igénybevételeket a globális és lokális kezdeti geometriai hibákkal terhelt modellen, a geometriai megváltozását is figyelembe vevő másodrendű módszerrel kell kiszámítani. Síkbeli viselkedés és állandó keresztmetszet esetén például az ún. stabilitási függvények módszere egzakt megoldást ad a másodrendű számításra. Ezt a megoldást több kereskedelmi tervező program is alkalmazza. Más programok (mint például a jelen cikkben bemutatott ConSteel program) a térbeli másodrendűség leírására is alkalmas végeselemes eljárást alkalmaznak. Tehát az α_{ult,k} tényező számítása a következő két részletkérdést veti fel:

- a globális és lokális geometriai imperfecciók meghatározását, illetve
- a változó gerincmagasságú keretek másodrendű számítását.

3.1.1 A globális és lokális geometriai imperfecciók felvétele

Az EN 1993 1.1 kötete portál keretek esetén a helyettesítő geometriai imperfecciókat a 4. ábra szerint határozza meg:

- globális kezdeti ferdeség:

φ = φ₀α_hα_m (5)



ahol

$$\phi_0 = 1/200$$

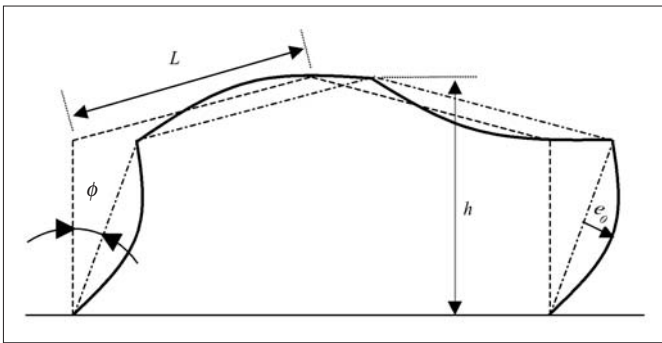
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \quad \text{de} \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

ahol m azoknak az egy sorban lévő oszlopoknak a száma, amelyekben a tervezési normálerő eléri az oszlopok átlagértékének 50%-át (tehát portál keret esetén nagy valószínűséggel $m=2$).

- hegesztett I szelvényű szerkezeti elemek nagytengely körüli lokális kezdeti görbesége, ha a legnagyobb lemezvastagság kisebb, mint 40 mm:

$$e_0 = \frac{L}{250} \quad (6)$$



4. ábra: Helyettesítő imperfekciókkal terhelt keretmodell

Meg kell jegyeznünk, hogy jelentős oldalirányú teher (pl. jelentős szél és/vagy daruteher), illetve megfelelően merev keretszerkezet esetén a fenti helyettesítő imperfekciók hatása elenyésző lehet.

3.1.2 A változó gerincmagasságú keretek pontos másodrendű számítása

A tervezőmérnökök túlnyomó többsége valamelyik kereskedelmi programot alkalmazza az analízishez. A programok többsége a mátrix elmozdulásmódszeren alapul, ahol állandó keresztmetszetű síkbeli tartók esetén a másodrendű számítás megoldott, például a stabilitásfüggvények segítségével. Elvileg a változó gerincmagasságú elemekre is léteznek ilyen függvények, azonban a szabvány (3) formulájához szükségünk van a térbeli stabilitási viselkedés figyelembevételére is, ami már nem kezelhető stabilitásfüggvényekkel. Sőt, az ismert végelemek a változó gerincmagasságot sem tudják kezelni egy elemen belül. Azonban erre nincs is szükség, mivel a jól bevált szegmens technika (lásd a cikk 3.3.2 fejezetét) megfelelő eredményt ad. A szabvány (3) formulája olyan analízist kíván, ahol a síkbeli, illetve a térbeli stabilitási viselkedés egyszerre megtalálható, egyetlen modell alkalmazásával. Ilyen számítási eljárást mutatunk be a 3.3 fejezetben.

3.2 A χ_{op} csökkentő tényező számítása

Az általános méretezési eljárás (3) kifejezésében a χ_{op} stabilitási csökkentő tényező számítása az előzőeknél összetettebb feladatot jelent. A szabvány kísérleti és numerikus vizsgálatokon alapuló tudásbázisa csak a tiszta kihajlás,

illetve a tiszta kifordulás esetére adja meg a csökkentő tényezőket, ezért a χ_{op} csökkentő tényezőt ezekbe helyettesítjük be:

- tiszta kihajlás esete:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \quad (7)$$

$$\text{ahol} \quad \phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2 \right]$$

- tiszta kifordulás esete:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad (8)$$

$$\text{ahol} \quad \phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2 \right]$$

ahol α a kihajláshoz, illetve α_{LT} a kiforduláshoz tartozó imperfekciós tényező, amelyeket a szabvány a keresztmetszet kialakításától függően táblázatos formában ad meg. A (7–8) képletekben a redukált karcsúság az előzőekben már említett általánosított rugalmas extrapoláció hipotézise alapján számítható:

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} \quad (9)$$

ahol $\alpha_{ult,k}$ tehernövelő tényező számítását a 3.1 fejezetben tárgyaltuk. Az α_{cr} tehernövelő tényező a tervezési teherkombináció azon legkisebb teherorzója, amely hatására a szerkezeti elem, illetve a síkban fekvő keretszerkezet rugalmas kritikus teherbírási ellenállása kimerül az oldalirányú kihajlás és/vagy kifordulás formájában. Tehát α_{cr} kiszámítása olyan térbeli stabilitási analízist kíván, amely tartalmazza a gátolt csavarás jelenségét, és térbeli másodrendű elméleten alapul. A tényező gyakorlati számításának részleteit a 3.3 és 3.4 fejezetekben mutatjuk be.

Összetett stabilitásvesztési forma (például a vizsgált esetben az oszlop kihajlásának és kifordulásának interakciója) esetén a χ_{op} stabilitási csökkentő tényező értéke a biztonság javára történő közelítéssel a két tiszta tönkremeneteli formához tartozó érték közül a kisebbik lehet:

$$\chi_{op} = \min[\chi; \chi_{LT}] \quad (10)$$

Gazdaságosabb tervezéshez vezet, ha a két érték között az N_{Ed} és az M_{Ed} hatások relatív viszonya szerint interpolálunk, ami az alábbi kifejezésre vezet:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi N_{k,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_N}{\chi_{LT} M_{k,Rd}} \leq 1 \quad (11)$$

ahol $N_{k,Rd} = A f_y$ a nyomott keresztmetszet karakterisztikus teherbírási, $M_{k,Rd} = W_y f_y$ a hajlított keresztmetszet karakterisztikus teherbírási. A formula annyiban különbözik a szabvány alapformulájától, hogy a csökkentő tényezőkhöz tartozó karcsúságot egységesen a (9) alapján határozzuk meg, és az interakciót, illetve a lokális másodrendű hatást a csökkentő tényezők tartalmazzák.

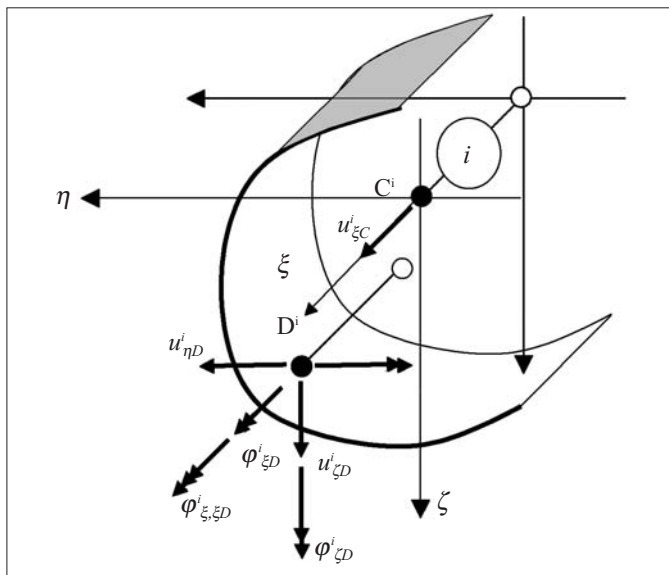
3.3 A globális stabilitási analízis vékony falú rúd vége-selemes modell alkalmazásával

3.3.1 A vékony falú térbeli rúd vége-selemet alkalmazó analízis

A gyakorlati tervezésben előforduló keretszerkezetek többsége jól modellezhető az egyenes és állandó vastagságú lemezelemekkel, ahol feltételezzük, hogy a globális deformáció után a keresztmetszet megtartja eredeti alakját. A kereskedelmi programok többsége az elemi statikából ismert két csomópontú 12 szabadságfokú rúdelemet alkalmazza, ahol az elem tengelyének hajlítási alakváltozását harmadfokú polinomokkal közelítjük (Lip Teh 2001). Ez az elem nem képes figyelembe venni a térbeli stabilitásvesztés jelenségét. A Vlasov, Thimosenko és Gere által lefektetett vékony falú gerendaelmélet elvei alapján Rajasekaran fejlesztett ki olyan rúdelemet (Chen és Atsuta 1977), amely tartalmazza a gátolt csavarás jelenségét (Wagner hatás). Az elem harmadfokú polinomokkal közelíti az elemtengely elcsavaródását is, ezért a két csomóponton összesen 14 szabadságfokot tartalmaz. Az 5. ábrán látható elem esetén C a súlypontot, D a nyírási középpontot jelzi, és az axiális erőt kivéve, a belső erők a nyírási középpontban hatnak. Rajasekaran az alábbi virtuális munkaegyenletet írta fel a vékony falú elemre:

$$\int_l (\sigma \delta \epsilon + \tau_{\eta\xi} \delta \gamma_{\eta\xi} + \tau_{\xi\xi} \delta \gamma_{\xi\xi}) t ds = \int_s (\sum_d f_d \delta u_d) ds \quad (12)$$

ahol a bal oldali kifejezés az elemben ébredő feszültségeknek a virtuális deformációkon végzett munkáját, míg a jobb oldali kifejezés az elemvégi igénybevételeknek a megfelelő virtuális elmozdulásokon végzett munkáját szimbolizálja.



5. ábra: A 14 szabadságfokú vékony falú rúdelem szabadságfokai

A (12) kifejezésben l az elem hossza, t a lemezelem állandó falvastagságai, s a tangenciális koordináta, $\sigma = \sigma_{\xi}$ a normál-feszültség, $\delta \epsilon$ a megfelelő virtuális deformáció, $\tau_{\eta\xi}$ és $\tau_{\xi\xi}$ a nyírófeszültség két komponense, $\delta \gamma_{\eta\xi}$ és $\delta \gamma_{\xi\xi}$ a megfelelő virtuális deformációk a keresztmetszet középvonalának pontjában. A gátolt csavarás figyelembevételével a (12) kifejezés 14 szabadságfokot ($d=14$) tartalmaz. Rajasekaran az elem merevségi illetve geometriai mátrixát a kis elmoz-

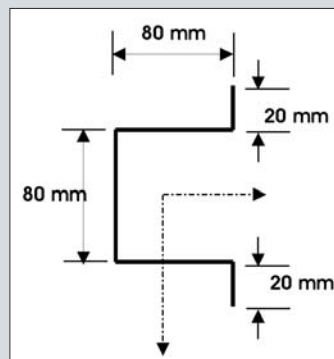
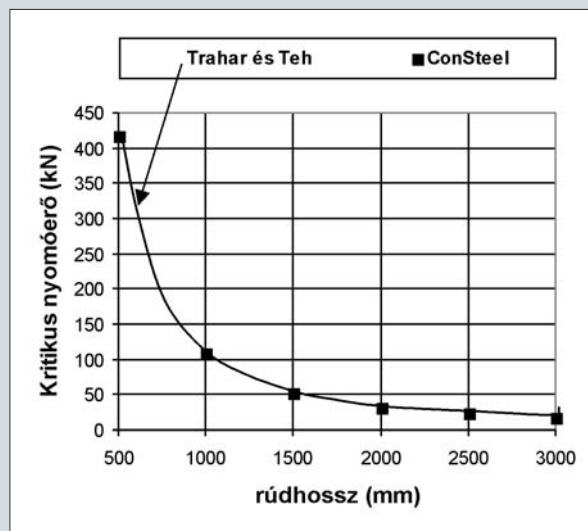
dulások korlátain belül zárt alakban adta meg (Chen és Atsuta 1977). A vége-selem figyelembe veszi az alábbi hatásokat:

- gátolt csavarás;
- Wagner hatás (másodrendű hatás a csavarás vonatkozásában);

és képes kezelni az alábbiakat:

- térbeli másodrendűség;
- tetszőleges nyitott szelvény;
- tetszőleges referencia tengely (külpontos elem).

A fenti elemre alapozott mátrix elmozdulásmódszer megoldást ad a térbeli másodrendű feladatokra, illetve a kihajlás és kifordulás kölcsönhatásából álló térbeli rugalmas stabilitási problémákra. A módszer pontosságának bizonyítására tekintsük a 6. ábrát, ahol az egyszerű megtámasztású kalapszelvény globális stabilitási ellenállásának ismert feladatát látjuk. A fenti elemet alkalmazó ConSteel program eredménye egybeesik a Trahair (1993) és Lip Teh (2001) által publikált analitikus eredményekkel. A 7. ábra egy irodalomból ismert mono-szimmetrikus keresztmetszetű gerenda problémáját mutatja. A mintapéldát Mohri et. al. (2003) analitikusan és numerikusan is megoldotta, az összehasonlítást a ConSteel program eredményeivel 2. táblázat tartalmazza. Mindkét példa jól bizonyítja, hogy állandó keresztmetszet esetén a síkbeli vagy térbeli másodrendű, illetve stabilitási feladatokra a vékony falú 14 szabadságfokú vége-selemre alapozott analízis a mérnöki tervezés számára pontos megoldást ad.



6. ábra: Klasszikus mintapélda az egyszerűen szimmetrikus kalapszelvény térbeli elcsavaródó kihajlására

2. táblázat: Különböző megoldások a 7. ábrán látható feladatra

Módszer	Felső öv nyomott	Alsó öv nyomott
Pontos analitikus (Mohri et. al. 2003)	77.48	54.65
Abaqus (S8R5) (Mohri et. al. 2003)	77.41	53.99
ConSteel (14 DOF)*	77.00	52.98

(*) A vékony falú 14 szabadságfokú elemre épített ConSteel 3.2 program megoldása.

3.3.2 A változó gerincmagasságú szerkezeti elem analízise

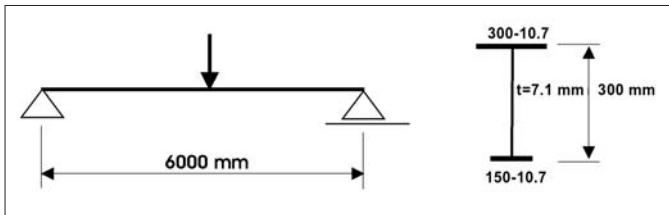
A változó gerincmagasságú (vagy kiékel) szerkezeti elem globális stabilitási analízise, illetve a (9) szerinti χ_{op} csökkentő tényező kiszámítására alkalmas a szegmens technika, ahol a változó gerincmagasságú szerkezeti elemet megfelelő számú állandó magasságú szegmensre bontjuk fel. A szegmens modell két paraméterrel írható le:

- a szegmensek száma (végelemek száma);
- az állandó magasságú szegmensek gerincmagassága (lásd a 8. ábrát).

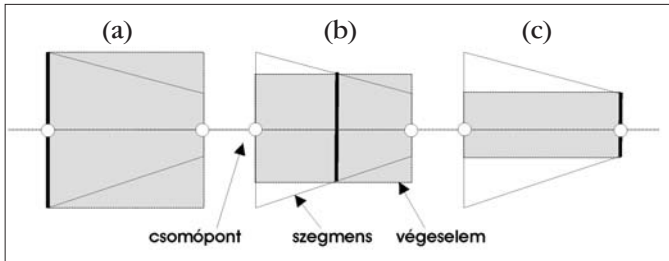
Először vizsgáljuk meg a második paraméter hatását. A konvergencia gyorsasága szempontjából a (b) eset az optimális, az (a) eset a merevség túlértékeléséhez, a (c) eset annak alulértékeléséhez vezet. Méretezéselméleti szempontból a (b) és (c) eset elfogadható, mert a biztonság javára közelítenek. Gyakorlati szempontból a (c) eset az optimális, mert az analízis elsődlegesen a csomópontokra ad eredményt, és ebből következően a keresztmetszeti számítások és ellenőrzések összetartozóak lesznek (szemben a (b) esettel). A szegmensek száma alapvetően meghatározza a szegmens technika pontosságát.

A 9. ábra egy változó gerincmagasságú egyszerű gerenda szegmens modelljét mutatja. A rugalmas stabilitási analízis konvergenciáját a 10. ábrán szemléltetjük, ahol a diagram függőleges tengelye a konvergencia általánosított mérőszámát (az aktuális szegmens számmal számított kritikus teher és a 32 elemhez tartozó kritikus teher hányadosa), a vízszintes tengely az aktuális szegmensszámot jelzi. A diagram három különböző szerkezeti hosszra kiszámított eredményeket tartalmazza. Látható, hogy 8 szegmens esetén a módszer 4–6%-os várható eltéréssel dolgozik, míg 16 szegmens esetén a várható eltérés 2% alatt marad. A 11. ábra az Andrade és Camotim (2002) által vizsgált egyszerű kéttámaszú változó gerincmagasságú gerendát mutatja. A G1 modell a szimmetrikus I szelvényű, G2 és G3 a mono-szimmetrikus I szelvényű modellt jelzi, ahol G2 esetben az alsó, G3 esetén a felső öv fele szélességű. A 3. táblázat a „klasszikus” és a „javított” kritikus nyomatókót mutatja, ahol az analitikus módszerrel meghatározott magasabb „javított” értéket a gerinc „ív”-hatásával magyarázzák.

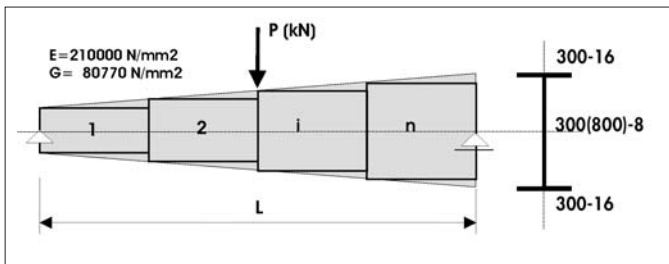
A javasolt szegmens technika 16 elem esetén szinte a „klasszikus” eredményt szolgáltatja, a legnagyobb eltérés kisebb, mint 5% (a nyomott öv a szélesebb). A példával azt kívántuk igazolni, hogy a szegmens technika a tervezési gyakorlat számára egy egyszerű és pontos módszert jelent.



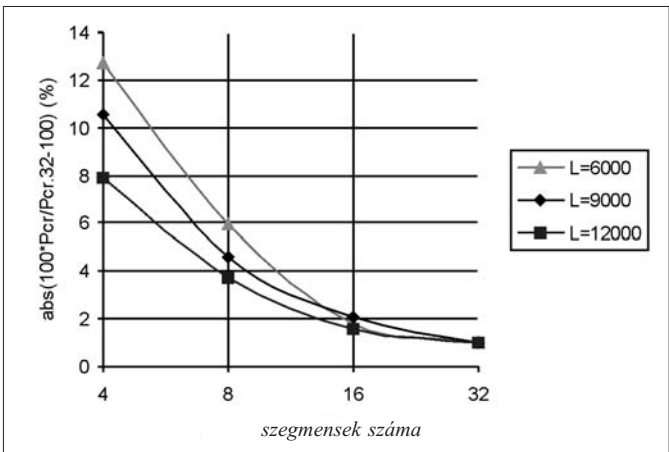
7. ábra: Mohri mintapéldája mono-szimmetrikus I szelvényű hajlított gerenda kifordulás vizsgálatára (a teher és a megtámasztás a csavarási középpontban)



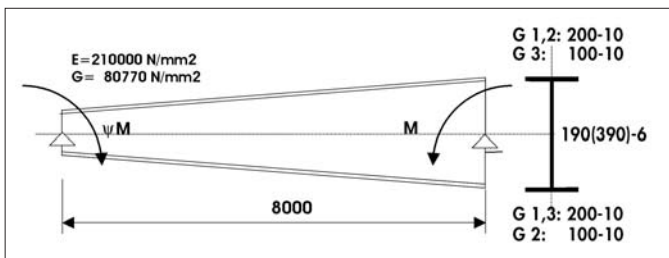
8. ábra: A szegmens technika típusai a gerincmagasság megválasztása vonatkozásában: (a) nagyobbik szelvény; (b) átlagos szelvény; (c) kisebbik szelvény



9. ábra: Egyszerű megtámasztású gerenda szegmens modellje a (c) technika alkalmazásával, kifordulás vizsgálatához



10. ábra: Konvergencia teszt eredménye a 9. ábrán látható szegmens modell és rugalmas kifordulás esetén



11. ábra: Andrade és Camotim (2002) által vizsgált egyszerű, kéttámaszú és változó gerincmagasságú gerenda modellje

3. táblázat: A 11. ábrán látható szerkezeti modell rugalmas kritikus nyomatóka (Mcr) Andrade és Camotim (2002), illetve a ConSteel program számításai alapján

References	G 1		G 2		G 3	
	$\Psi=0.5$	$\Psi=0$	$\Psi=0.5$	$\Psi=0$	$\Psi=0.5$	$\Psi=0$
„klasszikus” [4]	129.7	184.4	115.3	169.3	43.4	56.3
„javított” [4]	143.4	206.0	125.1	182.3	46.6	61.4
szegmens (n=16)*	127.5	182.5	111.3	161.3	43.9	57.6
klasszikus/szegmens (%)	1.73	1.04	3.59	4.96	-1.14	-2.26
javított/szegmens (%)	12.47	12.87	12.40	13.02	6.15	6.59

(*) Az értékeket a ConSteel programmal számítottuk.

3.4 A globális stabilitási analízis héjvégeselemes modellel

Az előzőekben bemutatott vékony falú rúdelemmel végrehajtott stabilitási analízis hatékony módszer, azonban az alkalmazhatóságát két korlát megkérdőjelezi:

- a hetedik szabadságfok illesztésének pontossága,
- a lokális horpadási jelenségek elhanyagolása.

Az első probléma a hetedik szabadságfok illesztéséből adódik, mivel az a kapcsolatok, az iránytörések és a szelvényváltások helyén nem oldható meg egzakt módon. Amennyiben mégis alkalmazzuk az eljárást, akkor meg kell elégednünk azzal az illesztési hipotézissel, hogy a véges-elem háló csomópontjaiban találkozó rúdelemek végein számított bimoment értékek összege zérus egyensúlyt alkotnak. A második probléma a lokális horpadás rúdelemen belüli figyelembevétele, amelyre elvben van lehetőség, azonban az ismert eljárások a gyakorlat számára lényegében használhatatlanok.

Egzakt megoldást mindkét problémára a héjvégeselemes analízis ad. A kereskedelemben is megvásárolható nagy teljesítményű tudományos programok széles skáláját kínálják a héjelem alapú számításoknak, ahol mindkét rúdelem-specifikus probléma eliminálódik. A gyakorlati tervezésben történő alkalmazásuknak azonban több tényező is gátat szab:

- a programok magas ára;
- a tudományos felkészültség igénye;
- a nehézkes modellépítés (makró nyelv alkalmazása);
- a kapott eredmények értelmezése, és a szabványos számításokban történő felhasználás módja.

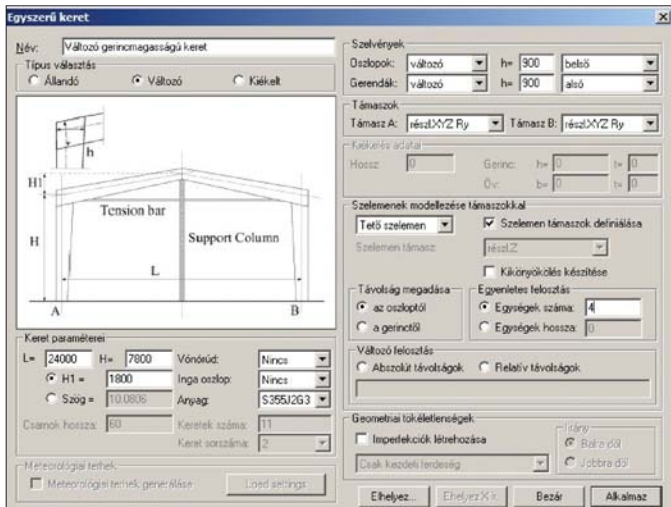
A nehézkes modellépítés különösen megnyilvánul a kapcsolatok valósághelyes kialakításában. Mindazonáltal, a kérdéses programok alkalmazása kifejezetten előnyös az alkalmazott kutatásban és műszaki fejlesztésben, illetve az alacsonyabb szintű rúdelemes eljárások kalibrálásában.

3.5 Tervezés a ConSteel programmal

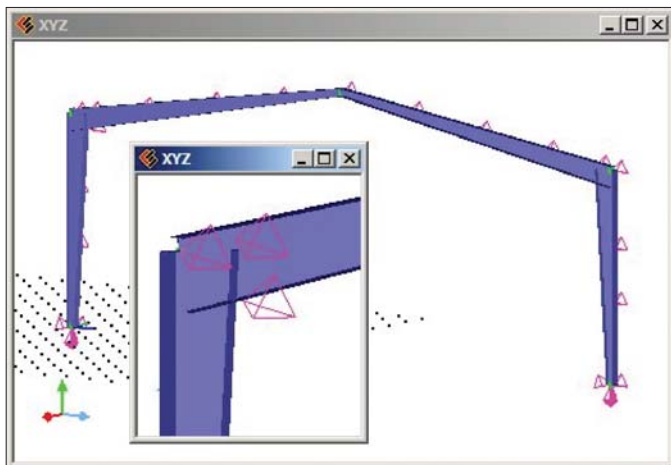
Az új generációs tervezés-orientált programok integrálják a nagy teljesítményű tudományos programok végeselemes eljárásainak hatékonyságát a CAD rendszerek hatékony grafikus szerkesztési felületeivel, illetve a szabványos vizsgálatokat megvalósító mérnöki eljárásokkal. Ilyen hazai fejlesztés a ConSteel program (2005), amely kifejezetten alkalmas a változó gerincmagasságú szerkezetek gyakorlati tervezésére. A tervezési folyamat főbb lépéseit a következőkben mutatjuk be.

1. lépés: A szerkezeti modell felvétele

A szerkezeti modell geometriai leírását a megfelelő szerkezeti makró segítségével parametrikusan végezzük el (12. ábra). Az automatikus modellgenerátor a szerkezeti elemeket valós helyzetben (külpontosan) helyezi el a referencia hálózaton (13. ábra). Az alapszelvény övlemeze 300 mm széles és 12 mm vastag, gerinclemeze 300 mm-ről 800 mm-re változik, vastagsága 6 mm. A megfelelő globális stabilitási teherbírás elérése érdekében a keretsarkoknál két közel fekvő szelement és kikönyöklést alkalmazunk.



12. ábra: Változó gerincmagasságú portál keret geometriai leírása szerkezeti makró segítségével (ConSteel 3.2)



13. ábra: Az automatikusan generált szerkezeti modell külpontosan (valós helyzetbe) elhelyezett változó gerincmagasságú elemekkel, a keretsarkoknál módosított megtámasztással (ConSteel 3.2)

2. lépés: A tehermodell felvétele

A szabványnak megfelelően a tervezési terheket teheresetekbe, a tehereseteket teherkombinációkba csoportosítjuk. Az analízist minden teherkombinációra másodrendű elmélet alapján hajtjuk végre. A példamodell esetén az alábbi egyszerűsített terhet alkalmazzuk:

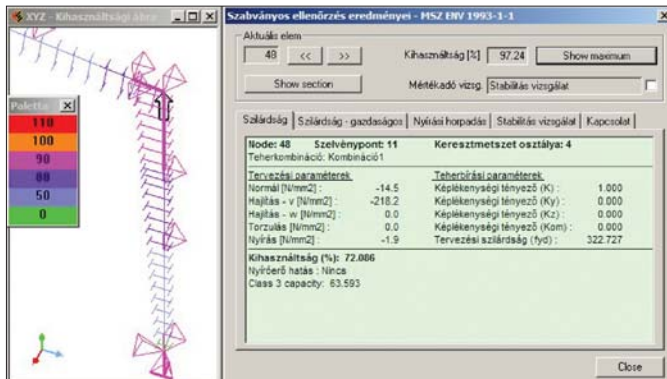
- totális hóteher (S): 4,8 kN/m
- állandó teher (G): 3,0 kN/m
- megoszló szélteher bal oldali oszlopon (W1): 3,0 kN/m
- megoszló szélteher jobb oldali oszlopon (W2): 1,2 kN/m
- mértékadó teherkombináció:
 $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 0,6 \cdot 1,5 (W1 + W2)$

3. lépés: Az analízis végrehajtása

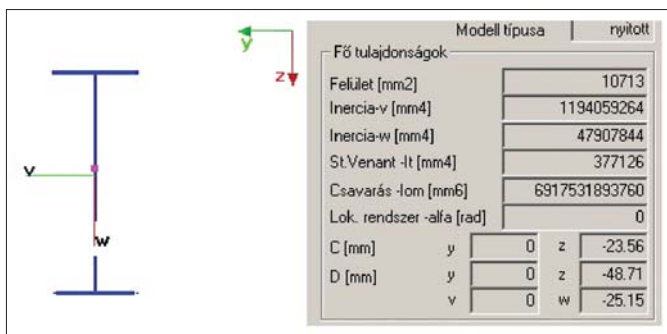
A mértékadó teherkombinációhoz beállítjuk a másodrendű és a rugalmas stabilitási analízis opciókat, majd a beállított paraméterek alapján elvégezzük a rúdszerkezeti analízist a 3.2 fejezet szerint. A 14. ábra a mintapélda jobb oldali oszlopának kihajlás-kifordulás interakcióját és a megfelelő kritikus tehernövelő tényezőjét mutatja.

4. lépés: A kritikus keresztmetszet és globális stabilitási ellenállás számítása, tervezés

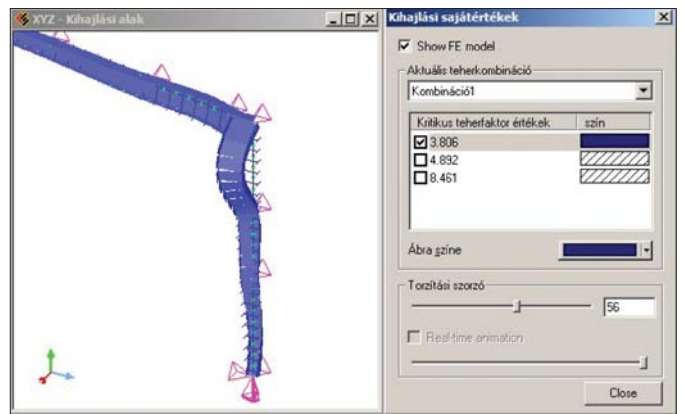
Az analízis eredménye alapján a program automatikusan kiszámítja a keresztmetszetek szabvány szerinti ellenállását a 2.2 fejezetben ismertetett összetett feszültségállapot alapján (15.a-b ábra), illetve meghatározza a globális (kihajlás-kifordulás interakciója) és a lokális (nyírási horpadás) stabilitási ellenállást a 3. fejezetben leírtak szerint. A szerkezet optimális méreteit (keresztmetszeit) iteratív úton a 3. és 4. lépések ismétlésével érhetjük el.



15. a ábra: A változó gerincmagasságú keret kritikus keresztmetszetének kihasználtsága az MSz ENV 1993 NAD alapján (ConSteel 3.2)



15. b ábra: A változó gerincmagasságú keret 4. osztályba sorolt kritikus keresztmetszetének jellemzői (ConSteel 3.2)



14. ábra: A térbeli rúdszerkezeti modell mértékadó globális stabilitásvesztési módja (jobb oldali oszlop kihajlás-kifordulás interakciója; $\alpha_{cr} = 3,806$ (ConSteel 3.2))

A fenti négy fő lépésből álló eljárás illusztrálása érdekében számoljuk ki a keretszerkezet keresztmetszeti és globális stabilitási kihasználtságát az EN 1993 új általános formulája alapján. (Ezt a számítást a program az MSz ENV 1993 NAD alapján automatikusan elvégzi.) A másodrendű analízis kiértékelése megmutatja, hogy a szerkezet kritikus keresztmetszete a jobb oldali oszlop felső végén a keretsarokban található (15. a ábra), ahol a keresztmetszet 4. osztályú. A hatékony keresztmetszetet, illetve a megfelelő keresztmetszeti jellemzőket a 15. b ábra mutatja. Látható, hogy a szelvény nyomott részén a gerinchen és az övben is megjelentek a nemhatékony lemezrészecskék. A számítás részletesen a következő lépéseket tartalmazza:

(a) mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed} = 154,8 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 627,4 \text{ kNm}$$

(b) súlypont eltolódása:

$$e_N = 0,02368 \text{ m}$$

(c) effektív keresztmetszeti jellemzők:

$$A_{eff} = 10705 \text{ mm}^2$$

$$W_{eff} = 2935000 \text{ mm}^3$$

(d) keresztmetszeti teberszorzó:

$$\frac{1}{\alpha_{ult,k}} = \frac{154800}{10705 \cdot 355} + \frac{627400000 + 154800 \cdot 23,68}{2935000 \cdot 355}$$

$$\alpha_{ult,k} = 1,547$$

(e) stabilitási teberszorzó:

$$\alpha_{cr} = 3,806$$

(f) globális karcsúság:

$$\lambda_{op} = \sqrt{\frac{1,547}{3,806}} = 0,638$$

(g) stabilitási csökkentő tényező (mivel a szerkezet tiszta nyomási kibasználtsága elenyésző, a csökkentő tényezőt a kifordulási feladatból vesszük):

$$\phi_{op} = 0,5 \cdot [1 + 0,76 \cdot (0,638 - 0,2) + 0,638^2] = 0,869$$

$$\chi_{op} = \frac{1}{0,869 + \sqrt{0,869^2 - 0,638^2}} = 0,685$$

(b) stabilitási kibasználtság:

$$\frac{\chi_{op} \cdot \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,685 \cdot 1,547}{1,0} = 1,059$$

(az MSz ENV 1993 NAD szerint: 1,028) MEGFELEL!

4. A LOKÁLIS STABILITÁSI ELLENÁLLÁS

A változó gerincmagasságú keretszerkezetek gyártásában jól érzékelhető a „tömegtermelés” paradigmája: *a minél gazdaságosabb (könnyebb) szerkezetekre való törekvés a negyedik osztályú szelvények alkalmazása felé vezette a tervezőket*. Az övek, és különösen a gerinc falvastagságának csökkentése, és ezzel egy időben a gerincmerezítők elhagyása előtérbe hozta a vékony falú szerkezetekre jellemző tönkremeneteli formákat:

- lokális lemezhorpadás;
- gerinclemez nyírási horpadása;
- közvetlen teher okozta gerinchorpadás (beroppanás);
- lemezhorpadás és globális stabilitásvesztés interakciója;
- horpadással és keresztmetszeti alaktorzulással járó globális stabilitásvesztés.

Az EN 1993 Part 1.1 szabvány rúdszerkezeti megközelítése csak a nyomott lemez horpadására, illetve annak a globális stabilitásvesztéssel való interakciójára ad számítási eljárást. A bonyolultabb horpadásos stabilitásvesztési módok számítására az EN 1993 Part 1.5 szabvány kínál eljárásokat.

4.1 Az általános horpadásvizsgálati eljárás

A fenti határállapotok a lemezhorpadás különböző megjelenésével függnek össze. A szabványalkotó a globális stabilitásvesztés (3) formulájának analógiájára bevezette az általános horpadásvizsgálati eljárást:

$$\frac{\rho \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \geq 1 \quad (13)$$

ahol $\alpha_{ult,k}$ a már ismert teherszorzó (lásd 3.1 fejezetet), ρ az általános horpadási csökkentő tényező, amely az alábbi lemezkarcsúság függvénye:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} \quad (14)$$

A (14) kifejezésben α_{cr} a tervezési teher azon legkisebb szorzója, amely a rugalmas lemezhorpadás állapotához vezet. A formula érvényességi határa az analízis pontosságától függ, és nem érvényes a *horpadásos alaktorzulással járó globális stabilitásvesztési módra*. Amennyiben az α_{cr} számítása során olyan analízist alkalmaztunk, amely képes figyelembe venni az összes horpadási jelenséget, illetve azok interakcióját (beleértve az esetleges alaktorzulás jelenségét), akkor az alábbi általános horpadási csökkentő tényezőt használjuk

$$\rho = \frac{1}{\phi_p + \sqrt{\phi_p^2 - \bar{\lambda}_p}} \quad (15)$$

$$\phi_p = 0.5 \left[1 + \alpha_p (\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p0}) + \bar{\lambda}_p \right]$$

a (13) formula integrált módszert ad az ellenállás meghatározására. Változó gerincmagasságú hegesztett I tartó esetén az $\alpha_p = 0,34$ imperfekciós tényező és a $\bar{\lambda}_{p0} = 0,8$ módosító karcsúsági tényező alkalmazható. A formula gyakorlati alkalmazásának hatékonyságát a két teherszorzó számításának módja határozza meg, amely kérdéssel a következőkben foglalkozunk.

4.2 Az $\alpha_{ult,k}$ tehernövelő tényező

A rúd végeelem alapú analízissel sem az összetett feszültségi állapot (például a közvetlenül terhelt gerinclemez feszültségállapota), sem a lemezhorpadás komplex számítása nem hajtható végre egzakt módon, ezért a karcsúság (14) kifejezésében feltételezett analízist a héjvégeelemes eljárásra célszerű alapozni. Az $\alpha_{ult,k}$ teherszorzó az összetett lemez-membrán feladat megoldásából közvetlenül az első folyás határállapotának (harmadik osztályú keresztmetszet) figyelembevételével határozzuk meg:

$$\alpha_{ult,k}^2 = \left(\frac{\sigma_{xEd}}{f_y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{zEd}}{f_y} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{xEd}}{f_y} \right) \left(\frac{\sigma_{zEd}}{f_y} \right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y} \right)^2 \quad (16)$$

ahol σ_x , σ_z és τ a tervezési teherből számított hosszirányú, keresztirányú illetve nyírási feszültség a vizsgált szerkezeti lemezrész kritikus pontjában, a horpadás figyelmen kívül hagyásával.

4.3 Az α_{cr} tehernövelő tényező

Az α_{cr} teherszorzó számítása az előzőnél összetettebb feladatot jelent, az eljárással szemben alapvető feltétel a másodrendű elmélet alkalmazása. A kereskedelemben is kapható robusztus tudományos programok – például az ANSYS program – számos olyan héjvégeelemes eljárást kínálnak, amelyek megfelelnek a fenti kritériumoknak. A Lánccs-módszeren alapuló nagy teljesítményű sajátérték megoldó eljárások közvetlenül szolgáltatják az α_{cr} értékeit. A kiszámított sajátalakok kiértékelése azonban a tervezőmérnök számára nehézséget okozhat, mivel a fent felsorolt stabilitásvesztési formák felismerése nagy rutint kíván. Ez különösen igaz, amikor a horpadás és a globális stabilitásvesztés (pl. kifordulás) egy sajátalakban jelentkezik. Az EN 1993 1.5 kötet kimondja, hogy a (13) formula kizárólag arra a sajátalakra alkalmazható, ahol a globális stabilitásvesztési mód nincs jelen. Amennyiben mindkét stabilitásvesztési mód jelen van, akkor az EN 1993 1.1 kötet szerinti (3) formula alkalmazható, azzal a különbséggel, hogy a karcsúság meghatározásakor a rugalmas (3. osztályú) keresztmetszeti viselkedést lehet feltételezni (ugyanis a horpadás hatását a kritikus tehernövelő tényező már tartalmazza).

A gyakorlati alkalmazás szempontjából nehézkesnek látszó tudományos programok mellett egyre több olyan új generációs tervezés-orientált program jelenik meg, amely alkalmas a fenti héjvégeelemes analízisre. Az NKFP 2002/16 számú e-Design nevű projektjének keretében a BME Műszaki Mechanikai Tanszékén Vörös Gábor (2003) vezetésevel fejlesztették ki a jelen feladatra kalibrált 3, illetve 4 csomópontú háromszög, illetve négyszög elemcsaládon alapuló héj-analízis motor (H-motor) prototípusát, amelyet a ConSteel acélszerkezeti program beépített a saját rendszerébe. A H-motor alapú ConSteel programon alapuló tervezési eljárást az 5. fejezetben mutatjuk be.

5. STABILITÁSVIZSGÁLAT A H-MOTOR ALAPÚ CONSTEEL PROGRAMMAL

5.1 A héjvégeelemes modellen alapuló eljárás

A változó gerincmagasságú hegesztett tartók horpadásos, illetve azzal összefüggő interakciós határállapotai a (13-14) alapján vizsgálhatók, ahol a (14) kifejezésben szereplő kritikus tehernövelő tényező kiszámítása héjvégeelemes mo-



dell alkalmazásával történhet. Az eljárás akkor ad megfelelő közelítést a teherbírásra, ha a kritikus teherszorzó számításához használt szerkezeti modell megfelelő pontossággal képes a horpadásos tönkremeneteli módokat meghatározni. A feltételeknek megfelelő és viszonylag egyszerű topológiájú három- és négypontháromszög illetve négyszög síkhéj elemcsaládot javasolt Vörös Gábor (2003). Ezek az elemek az egymástól független síklemez és síkmembrán elemek összegzésével állíthatók elő. A sík középfelületű héjelemnél a membrán és hajlító hatások függetlenek egymástól, azok kapcsolatát csak a görbült szerkezetre illeszkedő, nem egy síkban lévő elemek kapcsolódása hozza létre. Az elem szintjén független membrán és hajlító hatás végső soron, a szerkezeti modell szintjén, a kívánt módon kapcsolódhat. Az ilyen típusú síkhéj elemes analízis alkalmazása ma már rutin feladatnak számít, problémát a gyakorlati tervezésben csak a megfelelő modell felvétele okozhat. A tervező mérnök alapvetően az alábbi két eljárás közül választhat:

- a szerkezeti elemekre bontás, vagy
- a globális szerkezeti analízis módszere.

A szerkezeti elemekre bontás módszere a számítógépes eljárások alkalmazása előtti időkben szinte kizárólagos módszer volt. A globális szerkezeti analízis gondolatán alapuló „fejlett tervezés” tipikusan a számítógépek alkalmazását általánossá tévő korszak terméke. A módszer lényege, hogy a szerkezet térbeli végelem modelljét reális anyagi és geometriai tulajdonságokkal ruházzuk fel, és közvetlenül a globális szerkezet teherbírását határozzuk meg. Az eljárás jelentős eredményeket hozott, azonban néhány példától eltekintve a mérnöki gyakorlatban legfeljebb a kutatás-fejlesztés területén került alkalmazásra, aminek a főbb okai a 3.4 pontban részletezett szempontokon túlmenően a következők:

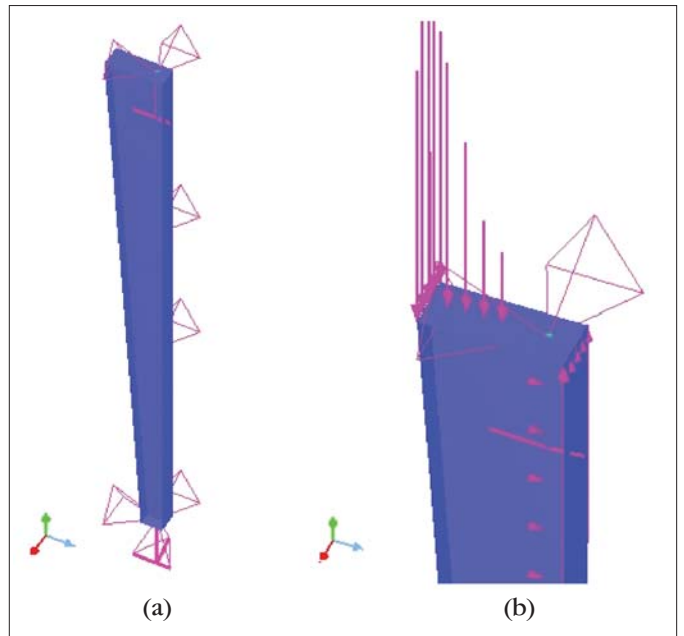
- az anyagilag nem-lineáris analízis végrehajtásának nehézségei;
- az anyagi és geometriai tulajdonságok valószínűségi eloszlása; illetve
- a valószínűségi eloszlások hiányos ismerete.

A fenti okok miatt a számítógépes eljárásokra alapozott tervezési gyakorlat általában megmarad a szerkezeti elemekre bontás módszerénél, de azon belül kihasználja az új szabvány biztosította lehetőségeket a fejlett héjvégelemes analízis alkalmazása vonatkozásában.

5.2 Szerkezeti elemekre bontás módszere

A ConSteel program lehetővé teszi a globális szerkezet alkotó részelemek automatikus elkülönítését, és az elkülönített szerkezeti elemeknek fejlett héjvégelemekkel végrehajtott analízisét. Az elkülönítés módszerének fontosabb szabályai a következők:

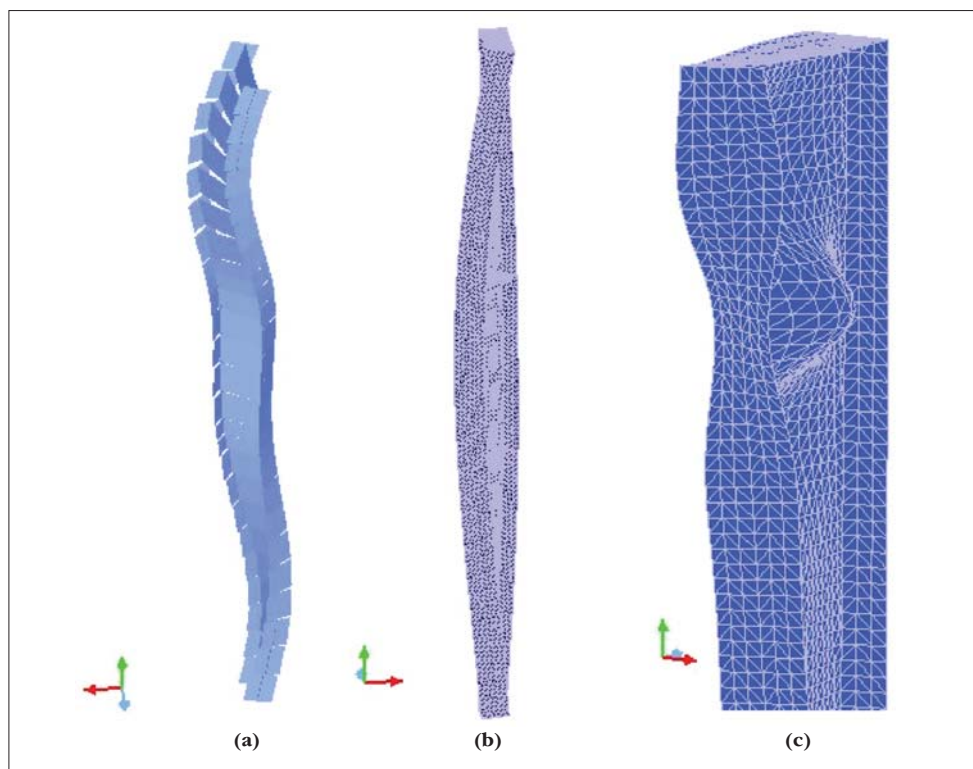
- az elkülönítendő elemen lévő külső megtámasztások és terhek változtatás nélkül átkerülnek az elkülönített modellre;
- a szelvényátvágás helyén kiszámított igénybevételek keresztmetszet mentén megoszló „külső teherként” kerülnek a megfelelő elemvégre;
- a szelvényátvágás helyén az elkülönített modell referenciapontjában kétirányú oldalsó és tengelykörüli megtámasztás jön létre.



16. ábra: A keretszerkezetből elkülönített oszlopelem (a); az elkülönített elem külső és belső terhei (b)

Az elkülönítés módszerének kétségtelenül leggyengébb eleme az átvágás helyén feltételezett külső megtámasztás, ugyanis a helyes megtámasztási mód erőteljesen függ az átvágott szelvény geometriájától, illetve az elmaradó rész merevségétől. Vegyük a 13. ábrán látható mintapéldát, és különítsük el a jobb oldali oszlopot. A 16.(a) ábra az elkülönített szerkezeti elem automatikusan generált megtámasztási viszonyait, a 16.(b) ábra a modellt terhelő külső és belső erőket mutatja. Az elkülönített elem analízise és szabványos stabilitásvizsgálata rúdvégelem, illetve héjvégelem modell alapján is végrehajtható. A 17.(a) ábra a rúdvégelemes modell alapján meghatározott globális kihajlási módot, a 17.(b) ábra a héjvégelemes modell alapján számított első globális, a 17.(c) az első tiszta horpadásos stabilitásvesztési módot mutatja. A 17.(a) ábrán látható globális stabilitásvesztési módhoz tartozó kritikus teherszorzó két szélső értéket vehet fel: a szabad öblösödéshez tartozó értéket (1,657) vagy a teljesen gátolt öblösödéshez tartozó értéket (6,578). A globális modellben az oszlopfej öblösödése részlegesen gátolt, ezért a teljes szerkezeti modellre mértékadó 3,806 teherszorzó a két szélső érték közé esik (14. ábra). Ennek helyességét a 17.(b) ábrán látható héjmodelles analízissel igazoljuk, ahol az öblösödés gátlása a véglemezek t vastagságával arányos. Viszonylag erőteljes öblösödésgátlás esetén ($t=50$ mm) a kritikus teherszorzó 3,308 értéke a globális rúdmodellből kapott értékhez közelít. A ConSteel programmal végzett héjmodelles analízis eredményeit ellenőriztük az ANSYS 9.0 program Shell 181 jelű elemével végzett számításokkal (17.b-c ábra) is. Az elemkiemelésen alapuló analízis pontosítása érdekében kísérletet tettünk a globális szerkezeti kialakításban alkalmazott oszlop-gerenda kapcsolat és kikönyöklés hatásának modellezésére az oszlopfej elcsavarodásának és gerinchorpadásának megakadályozása révén. Az így számított kritikus teherszorzó 5,064 értékre adódott (18. ábra), amely meghaladja a globális rúdszerkezeti modellből számított értéket.

Végezetül a 17.(c) ábra az első tiszta horpadásos stabilitásvesztési módot mutatja, amelyre alkalmaztuk a 4. fejezetben leírt ellenőrzési formulát.



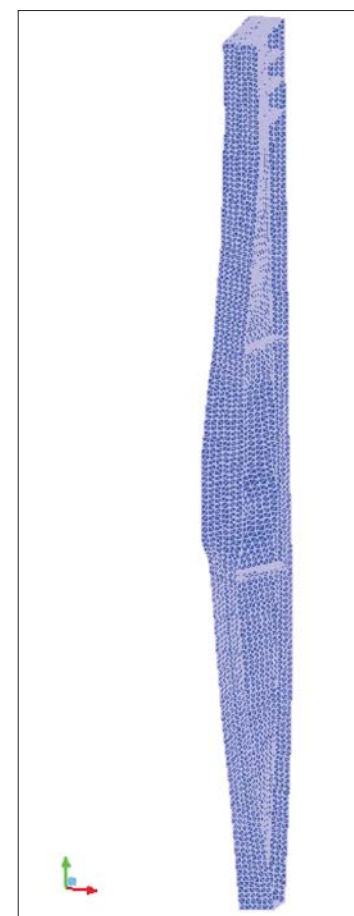
öblösödés	α_{crit}	t (mm)	α_{crit}		t (mm)	α_{crit}	
			ConSteel	ANSYS		ConSteel	ANSYS
szabad	1,657	10	2,092	2,077	10	-	-
-	-	20	2,257	2,236	20	2,091	2,159
-	-	50	3,308	3,334	50	-	-
gátolt	6,578	∞	6,395	-	∞	-	-

17. ábra: Az elkülönített szerkezeti oszlop globális és lokális stabilitásvesztési módjai rúd- és héjvégelemes modellel (ConSteel 3.2); (a) globális mód rúdvégelemes modellel; (b) globális mód héjvégelemes modellel; (c) lokális mód héjvégelemes modellel; (t a véglemezek vastagsága)

Az összes szabványos vizsgálat eredményét a 4. táblázatban foglaltuk össze. Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a teljes rúdszerkezeti modellen alapuló EN 1993 1.1 kötetének előírásai alapján elvégzett ellenőrzés megfelelően közelíti a szerkezet várható valós ellenállását, bár a 17.(a) és (b) ábrákon látható stabilitásvesztési módokban jelentkező eltérés arra utal, hogy a valós szerkezeti viselkedést a horpadással együtt járó keresztmetszeti alaktorzulásra való hajlam befolyásolja. Ezt a megállapítást megerősítette a modell teherbírásának az ANSYS 9.0 programmal történő vizsgálata, amely során képlékeny anyagmodellt, illetve globális és lokális kezdeti geometriai imperfekciót alkalmaztunk (a maradó belső feszültségeket elhanyagoltuk). A vizsgálat a 17.(b), illetve a 18. ábrán látható tönkremeneteli alakokhoz közel álló alakot eredményezett (a számított teher-elmozdulás görbéket a 4. táblázathoz tartozó grafikon mutatja).

6. A KAPCSOLATOK HATÁSA A SZERKEZET ELLENÁLLÁSÁRA

A fenti vizsgálatoknál feltételeztük, hogy a keretszerkezeti modellben a befogási és kapcsolati viszonyok ideálisak. A 13. ábrán látható konkrét példánál az oszloptalpat tökéletes csuklónak, a sarok- és taréjkapcsolatokat teljesen merevnek feltételeztük. A magas gerincű szelvények



18. ábra: Az elkülönített oszlop-elem héjvégelemes modelljének oszlopfej merevítéssel és kikönyökléssel javított stabilitási analízise ($\alpha_{crit} = 5,064$; ConSteel 3.2)

„merev” oszlop-gerenda illesztését gyakran nyomatékíró homloklemezkes kapcsolattal, a „csuklós” oszlopvéget pedig letámasztott talplemezkes kapcsolattal alakítjuk ki. Ezeknek a kapcsolatoknak az erőtani tervezését az EN 1993 Part 1.8 kötet szabályozza. A szabvány a hivatkozott kapcsolati típusokra komplex teherbírási és merevségi számítást kínál, amelyet az újgenerációs tervezés-orientált programok már meg is valósítottak. A jelen cikk terjedelmi okok miatt nem tud vállalkozni a szabvány mögött húzódó eljárások elméleti ismertetésére. A jelen fejezetben csak arra vállalkozunk, hogy a szabványos számításokat megvalósító ConSteel program alkalmazásával bemutassuk a 4. fejezetben megtervezett változó gerincmagasságú keretszerkezet csomópontjainak egy lehetséges megoldását, illetve illusztráljuk, hogy az alkalmazott kapcsolatok hogyan hatnak vissza szerkezet globális viselkedésre.

6.1 A nyomatékíró homloklemezkes oszlop-gerenda kapcsolat

A 13. ábrán látható keretszerkezet oszlop-gerenda kapcsolatának tipikus megoldása, amikor a gerenda végére hegesztett homloklemez nagy szilárdságú csavarokkal rögzítjük az oszlopfej övéhez (19. ábra).

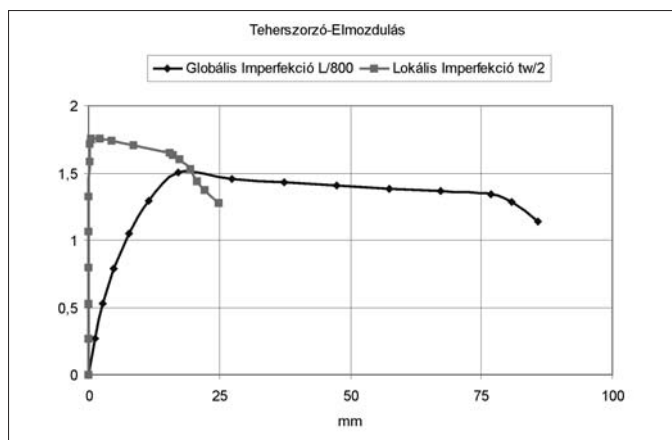
A példában szereplő szerkezet oszlopának gerinc- és övlemez is viszonylag vékony, ami jelentősen csökkenti a

4. táblázat: Szabványos teherbírási paraméterek a különböző tönkremeneteli módok esetén

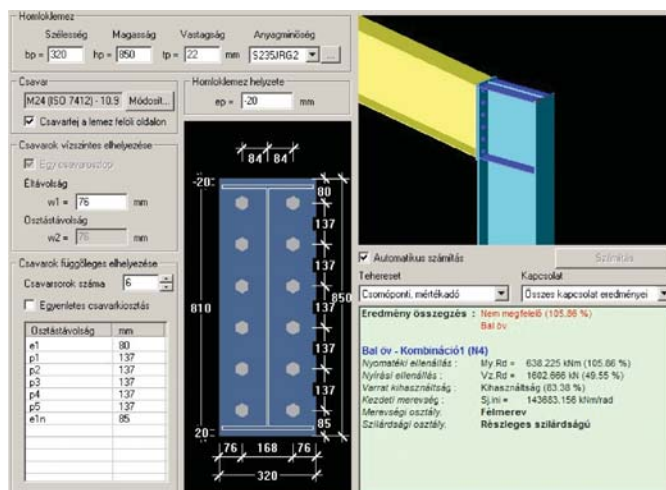
	Tönkremeneteli mód ellenőrzése			
Teherbírási paraméter	Teljes rúdmodell alapján (EN 1993 Part 1.1)	Elkülönített héjmodell alapján (EN 1993 Part 1.1)		Elkülönített héjmodell alapján (EN 1993 Part 1.5)
		t=20 mm	18. ábra	t=20mm
$\alpha_{ult,k}$ teherszorzó	1,547	1,755	1,755	1,755
α_{crit} teherszorzó	3,806	2,257	5,064	2,107
$\bar{\lambda}_{op}$ karcsúság	0,638	0,882	0,589	0,913
χ_{op} csökkentő tényező	0,685	0,531	0,718	-
ρ csökkentő tényező	-	-	-	0,854
Ellenállási tényező (EN)	1,059	0,932	1,260	1,497
Fejlett analízis (f _y =355)	-	1,506*	-	1,753**

(*) ANSYS 9.0 Shell 181 elemmel végzett nemlineáris teherbírás szimuláció $L/800$ kezdeti görbeséggel;

(**) ANSYS 9.0 Shell 181 elemmel végzett nemlineáris teherbírás szimuláció $t_w/2$ kezdeti horpadással;



Az ANSYS 9.0 program Shell 181 elemével számított teher-elmozdulás görbék, ahol a függőleges tengely a szabványos teherbírási érték szorzóját, a vízszintes tengely a legjobban elmozduló keresztmetszeti pont vízszintes elmozdulását mutatja.



**19. ábra: Nyomatékbíró oszlop-gerenda kapcsolat a keretsarokban
(ConSteel 3.2/JOINT 1.0)**

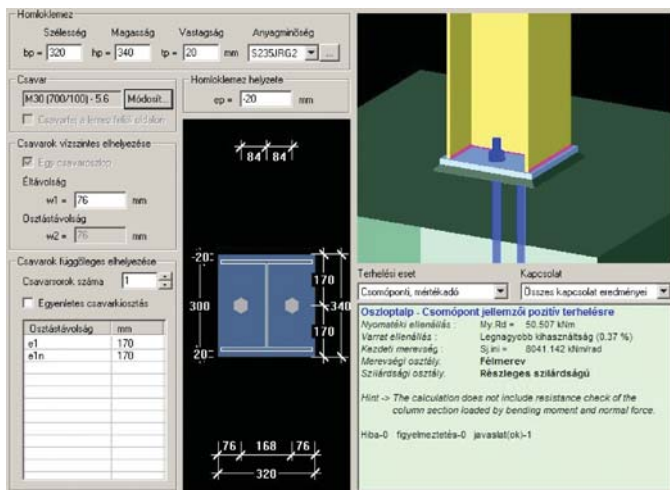
19. ábrán látható kapcsolat nyomatékai teherbírását és kezdeti rugalmas merevségét. Az oszlop gerincén elhelyezett ferde merevítőborda általában képes megjavítani mindkét kapcsolati jellemzőt, azonban a jelen példában most hatástalan maradt. Amennyiben a gerinc- és övlemez vastagságának megnövelésével (öv: 20 mm; gerinc: 12 mm) kiváltó oszlopfejet alkalmazunk, akkor a kapcsolat teherbírása meghaladja a tervezési nyomaték értékét, de továbbra is a félmerev kategóriába esik. Ebben az esetben a szabvány előírja a keretszerkezet analízisének megismétlését a megfelelő kezdeti kapcsolati merevség figyelembevételével. Amennyiben az új analízis eredményein alapuló szabványos ellenőrzések igazolják a szerkezet teherbírását, akkor a félmerev kapcsolat biztonságosan alkalmazható a szerkezetben.

6.2 „Csuklós” oszloptalp kapcsolat

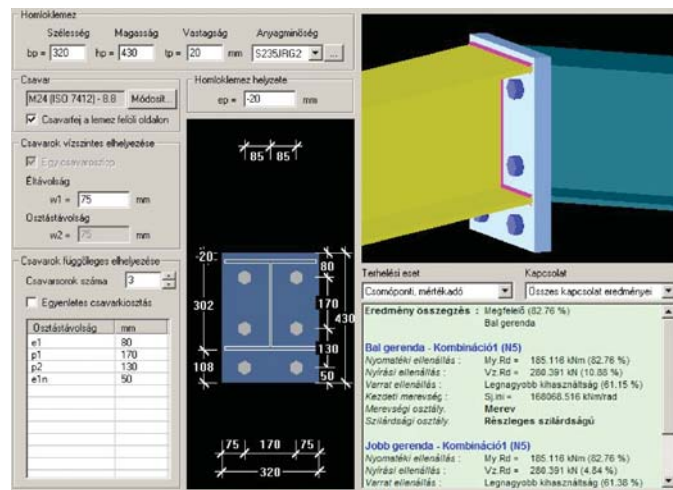
A 13. ábrán látható keretszerkezet oszloptalpát az eredeti statikai modellben csuklósnak feltételeztük, ezért most olyan gazdaságos szerkezeti megoldást keresünk, amely ezt

a feltételt teljesíti. A tipikus megoldást a 20. ábra szemlélteti, ahol azonban látható, hogy a kapcsolat jelentős nyomtérk felvételére képes, sőt a félmerev kategóriába esik. A kapcsolat gyengítésével csökkenteni tudnánk a nyomtérk felvételi képességet, azonban azzal legyengítenénk a kapcsolat nyírási ellenállást. Az eredmények elemzése alapján kimondhatjuk, hogy a 20. ábrán látható oszloptalp nem elégíti ki a kezdetben feltételezett statikai peremfeltételeket, ezért az analízist és a szabványos ellenőrzéseket meg kell ismételni, vagy más típusú megoldást kell alkalmazni.

Mivel más kialakítás bizonyosan költségesebb megoldáshoz vezetne, a 20. ábrán látható kapcsolatot alkalmazzuk, és elvégezzük a keret újbóli analizisét. Ez utóbbi az új szabványok előírásaiból következik, és feltehetően ellentmond az olvasó személyes tapasztalatának, hiszen a tervezők már régóta alkalmazzák ezt a csuklós oszloptalp-kialakítást, és nem volt gyakorlat a kapcsolati merevség számítása, illetve figyelembevétele a globális analizisben. Az a tény, hogy az új szabvány az eddigi szakmai gyakorlat felülbírálvá többszámításra kényszeríti a tervezőt, nem egyedi, számos helyen előfordul.



20. ábra: Tipikus „csuklós” oszloptalp-kialakítás (ConSteel 3.2/JOINT 1.0)



21. ábra: Tipikus nyomatékbíró gerenda-gerenda kapcsolat a keret taréjpontjában (ConSteel 3.2/JOINT 1.0)

6.3 Gerenda-gerenda kapcsolat a taréjánál

A szerkezet taréjánál tipikus szerkezeti megoldás a homloklemez nyomatékbíró kapcsolat, ahol a húzott övnél a homloklemezt túlvezetjük az övlemezre, és a szelvényen kívül is elhelyezünk egy csavarsort. A megoldást a 21. ábra mutatja, ahol a számítások szerint a kapcsolat merev, a nyomatéki ellenállása megfelelő, ezért a kapcsolat kielégíti a kezdeti peremfeltételeket.

6.4 Félmerev kapcsolatok hatása a keret ellenállására

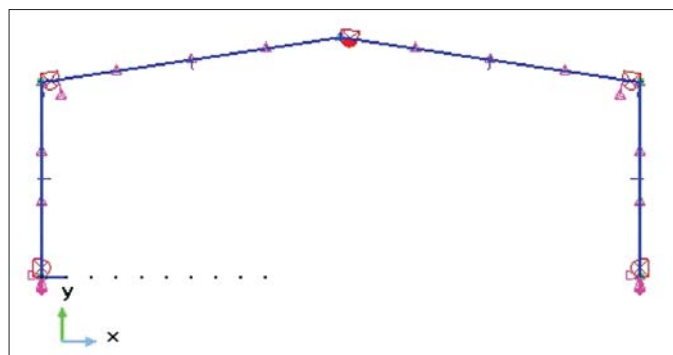
A homloklemez (talplemez) nyomatékbíró kapcsolatok $S_{j,ini}$ [kNm/rad] kezdeti rugalmas elfordulási merevségét a szabvány alapján a komponens módszer segítségével kiszámíthatjuk. Ez adja az alapját annak az előírásnak, hogy a félmerev kapcsolatok alakváltozásának hatását be lehet építeni a szerkezetek statikai modelljébe, és a módosított modellen újra el kell végezni az analízist és a szabványos ellenőrzéseket. Az eljárás a következő előnyökkel járhat:

- a nyomatéki ábra átrendeződése miatt az oszloptalpakban és a sarokkapcsolatokban ébredő csúcnyomatékok csökkenhetnek; következésképpen
- az előzőleg kisebb mértékben túlterhelt kapcsolatok megfelelőek lehetnek.

Az eljárás tényleges gazdasági előnye mindenekelőtt abban rejlik, hogy bizonyíthatjuk a félmerev kapcsolatok alkalmazhatóságát, azaz csökkenthetjük a kapcsolatok költségét. A 13. ábrán látható keret, illetve a 16–18. ábrákon látható kapcsolatok alkotta szerkezetre az analízis megismétlése előtt a következő két megállapítás érvényes:

- az oszlop-gerenda kapcsolatok félmerevek, nyomatéki teherbírásra nem megfelelőek;
- az oszloptalp kialakítása félmerev, nem felel meg az eredeti statikai modellnek.

A fenti esetre a szabvány egyértelműen előírja az új szerkezeti modell felvételét, és az analízis és ellenőrzés megismétlését. A ConSteel programban a fenti kapcsolatokat a globális modell alapján hoztuk létre, így a kiszámított kezdeti merevségeket a program automatikusan visszahelyezte a megfelelő kapcsolati helyekre. Így automatikusan állt elő a 22. ábrán látható módosított modell, ahol a taréjkapcsolat minden vonatkozásban megfelelő, azonban a többi kapcsolat viselkedését figyelembe kell venni. Az analízis és az ellenőrzések újbóli elvégzésével – a várakozásnak megfelelően – a módosított modellben az oszlop-



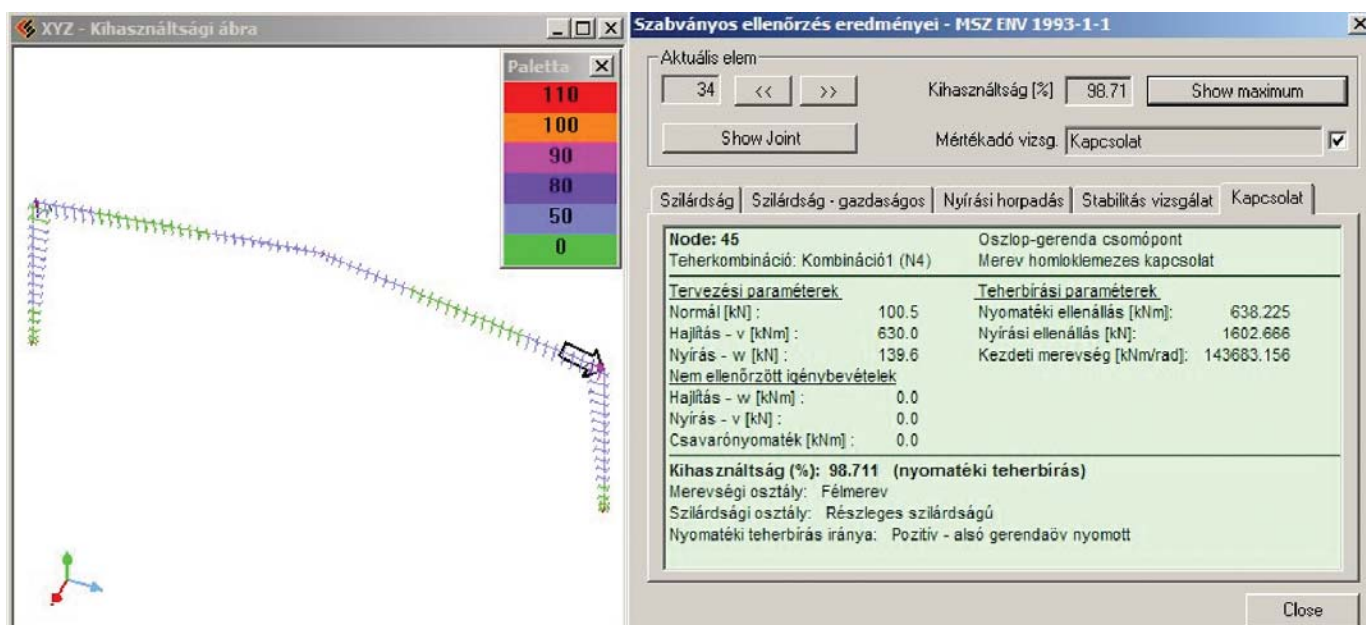
22. ábra: Félmerev kapcsolatok következtében rugalmas csuklókkal módosított szerkezeti modell (ConSteel 3.2)

gerenda kapcsolat helyén a nyomaték csökkent, míg az oszloptalpnál megjelent egy viszonylag kis értékű befogási nyomaték, illetve mezőközépen megnőtt a maximális nyomaték. Az igénybevételi átrendeződés után az összes kapcsolat teherbírásra megfelelővé vált. A szerkezet mértékadó vizsgálatához tartozó legnagyobb kihasználtságot a 23. ábra mutatja. Az eljárással azt bizonyítottuk, hogy az alkalmazott félmerev kapcsolatok megfelelnek a szabvány előírásainak, azok hatása kedvezően módosította a keret igénybevételeinek eloszlását, végeredményben szükségelenné vált a kapcsolatok költséges megerősítése.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A változó gerincmagasságú hegesztett tartók fontos szerepet játszanak a csarnoképítésben. A tömegtermelésre jellemző módon a tervezők, illetve a gyártók a lehető legalacsonyabb szintre próbálják szorítani a lehetőségeket. Ennek kézenfekvő módja a 4. keresztmetszeti osztályú szelvények alkalmazása, amely jelentős tartósúlycsökkenéshez vezethet. A több évtizedes múlttal rendelkező gyártók fokozatosan alakították ki termékprofiljukat, elsősorban kísérleti igazolásra alapozott műszaki fejlesztésen keresztül.

Magyarországon az MSZ 15024 szabvány konzervatív lemezhorpadási felfogása gátolta a karcsú lemezekből épített szerkezetek elterjedését. Az új EN 1993 szabvány ezt a helyzetet alapvetően megváltoztatta. A cikkben megmutattuk, hogy a tervezők számára egyszerűen alkalmazható eszközök állnak rendelkezésére a szabványnak mindenben megfelelő, könnyű és gazdaságos változó gerincmagasságú keretszerkezetek tervezéséhez. A bemutatott vékony falú térbeli rúd végelemes modellen alapuló eljárás lehetővé



23. ábra: A félmerev kapcsolatokkal módosított szerkezet mértékadó kihasználtságait szemléltető színábra és dialóg (legnagyobb kihasználtsággal; ConSteel 3.2)

teszi a szerkezet valós megtámasztási viszonyainak figyelembevételét, aminek köszönhetően olyan mértékadó karcúsággal számolhatunk, amely kizárja a biztonság kárára történő számottevő tévedés lehetőségét. (A jelen cikk szerzőjének egy évtized során felhalmozódott tapasztalata, hogy az EN 1993 általános stabilitási formuláján alapuló csökkentő tényező alkalmazása messze kisebb tévedéssel jár, mint az egyszerű szerkezeti elemekre vonatkozó kétségtelenül pontosabb, de egyben bonyolultabb képletrendszerből álló interakciós formula alkalmazása, ahol a kihajlási hosszak felvétele a mérnök „bölcsségére” van bízva.)

A vékony lemezekből épített változó gerincmagasságú szelvényeknél különös fontosságot kap a horpadással kapcsolatos tiszta és/vagy összetett tönkremeneteli módok ellenőrzése. Az említett jelenségeket jól lehet követni a lemezhorpadási feladatokra kidolgozott három-, illetve négy pontos három-, illetve négyszög alakú hégvégeelemes modellekre alapozott analízissel. Megmutattuk, hogy a nagy teljesítményű szoftverekkel a probléma jól kezelhető, azonban alkalmazásuk a napi mérnöki tervezésben mégsem jellemző. Ugyanakkor, az új generációs tervezés-orientált programok a szerkezeti elemek elkülönítése elvén hasonló teljesítményre képesek, de a napi tervezés igényének megfelelő egyszerűséggel. A ConSteel program segítségével bemutattuk a tervezés menetét, a modellalkotástól az analízisen keresztül, egészen a szabványos ellenállás kiértékeléséig.

Végezetül bemutattuk a kapcsolatok tervezésének új módszerét, amelynek alap gondolata az, hogy nem kell feltétlenül törekedni az ideális (azaz csuklós vagy merev) csomóponti kialakításokra, mivel az új szabvány lehetőséget ad a félmerev kapcsolatok jellemzőinek (ellenállás és kezdeti rugalmas merevség) kiszámítására, illetve azoknak a statikai modellben történő figyelembevételére. Ez különösen kedvező a vizsgált szerkezeti kialakításnál, ahol a viszonylag vékony lemezek miatt a merev és teljes szilárdságú kapcsolati viselkedés általában nem érhető el.

A jelen cikk nem foglalkozott több speciális kérdéssel, amely szorosan kapcsolódik a korszerű változó gerincmagasságú szerkezetek gazdaságos tömegtermeléséhez. Ilyen

kérdés például a féloldali varratok alkalmazása, a gyártási pontosság kérdése, a rendkívüli terhek (pl. földrengéster) hatása, a tűzterherre történő tervezés, vagy a tűzi horganyzás, illetve ezek hatása a szerkezeti kialakításra. Ezen kérdések komplex bemutatása egy másik cikk feladata.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen cikk a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával az NKFP-2/0016/2002 számú, e-Design: komplex acél, vasbeton és acél-vasbeton mérnöki szerkezetek tervezését támogató Internet alapú tudásbázis című projekt keretében jött létre. A szerző megköszöni dr. Dunai László egyetemi tanár és dr. Horváth László egyetemi docens hasznos tanácsait és észrevételeit, amely jelentősen hozzájárultak a cikk végső formájához.

HIVATKOZÁSOK

- EN 1993 Part 1.1 (2003), „Design of steel structures – Part 1.1: General rules and rules for buildings”
- EN 1993 Part 1.5 (2003), „Design of steel structures – Part 1.5: Plated structural elements”
- NAD MSz ENV 1993 (2002), Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése, CD ROM, 2002
- EN 1993 Part 1.8 (2003), „Design of steel structures – Part 1.8: Design of joints”
- Lip H. Teh. (2001), „Cubic beam elements in practical analysis and design of steel frames”, *Engineering Structures*, 2001;23:1243-1255
- Chen, W.F., Atsuta, T. (1977), *Theory of Beam-Columns: Space behaviour and design*, Vol.2., McGraw-Hill, 1977., pp. 539-608 (by Rajasekaran)
- Trahair, N.S. (1993), „Flexural-torsional buckling of structures”, E & FN Spon, London 1993, ISBN 0 419 17110 5, p.99
- Mohri, F., Brouki, A., Roth, J.C. (2003), „Theoretical and numerical stability analyses of unrestrained, mono-symmetric thin-walled beams”, *Journal of Constructional Steel research*, 2003;59:63-90
- Andrade, A., Camotim, D. (2002), „Lateral-torsional stability behaviour of arbitrary singly symmetric tapered steel beams: a variational formulation”, International Conference on Steel Constructions, Eurosteel, Coimbra 2002., Conference Proceedings, pp. 107-118.
- Vörös Gábor (2003), „e-Design K+F Közlemények, I. kötet: Alaputatási eredmények, 1. fejezet: Többfunkciós hég végeelemes számító motor (H-motor), CD ROM, 2003.
- ConSteel (2005), „Acélszerkezeti tervező program”, www.consteel.hu

A DUNAÚJVÁROSI DUNA-HÍD TERVEZÉSE

DESIGNING THE DANUBE BRIDGE OF DUNAÚJVÁROS

1. ELŐZMÉNYEK

A Nemzeti Autópálya Részvénytársaság 2002 tavaszán kért ajánlatot a magyar hídtervező társaságoktól a Dunaújvárosi Duna-híd engedélyezési terveinek elkészítésére. A tervezés alapjául egy évekkel azelőtt készült tanulmányterv szolgált. Az ajánlatkérő nyitva hagyta a lehetőségét az eltérő hídszerkezet tervezésére.

A FŐMTERV Híd- és Szerkezettervező Irodája a mederhídra az alapajánlat mellett két eltérő szerkezetet is ajánlott. Az egyik a tanulmánytervihez hasonló gerendahíd volt, a lehető legegyszerűbb megoldás. A másik egy nagy fesztávolságú, kábelekkal függesztett, merevítőgerendás, kosárfül alakú, acél ívhíd. Az NA Rt. ezt az ajánlatot fogadta el, ennek alapján rendelte meg az engedélyezési tervek elkészítését.

A szerkezetválasztást alapvetően két fő szempont befolyásolta. Az egyik nyilván a helyszín kellett legyen. A hídtól északra mintegy 400 méterre a bal parton ma egy kikötő működik. Dunaújváros rendezési tervében szerepel egy logisztikai központ, mely a jobb partra is tervez egy kikötőt, szinte szembe a másikkal. A vontatmányok manőverezését megkönnyítendő javasoltuk mi a 300 m körüli hídnylást (1. kép). Alapvető szempont természetesen a megvalósítás lehetősége. Ebben a tekintetben a ferdekábeles híd is jó és gazdaságos szerkezet, de a nyílás az igazán indokolt méret alatt van. A környezet, különösen a hídtól délre vezetett, magasfeszültségű kábelek tornyai, esztétikailag összeegyeztethetetlen a ferdekábeles híd magas pilonjaival. Az ívhíd viszont összeszerelhető a bal parton, a kikötő alatti ártéren, s egyben a helyére úszatható. Szerencsés találkozása ez az igényeknek és a lehetőségeknek.

Az ajánlatadásra két hetet kaptunk. Mikor az elnyert munkán elkezdtünk dolgozni, akkor derült ki, hogy a híd

a maga kategóriájában világcsúcs méretű. Az eddig épült legnagyobb ilyen szerkezetű híd Japánban áll, fesztávolsága 254 m (2. kép).



2. kép: A Shin-Hamadera híd

2. A HÍD ISMERTETÉSE

A híd az M8 autópályát vezeti át a Duna folyó és annak ártere fölött. Az M8 autópálya nyomvonala délről elkerüli a kisapostagi vízfolyáson levő halastavat, a Duna medre és ártere fölött pedig a híd tervezett tengelyétől délre levő 120 kV-os vezetéktől az előírt védőtávolságra halad, figyelembe véve természetesen a vezeték kilengését is. A harmonikus vonalvezetés szükségessé tette, hogy a jobb parti ártéri szakaszon nagy, $R=7000$ m sugarú ívet alkalmazzunk. Ez az ívsugar olyan nagy, hogy a híd építéstechnológiája és szerkezeti kialakítása lényegében azonos az egyenes tengelyű hídéval. Ez a vonalvezetés ugyanakkor lehetővé teszi, hogy a löszplató felől érkezőknek, a bevágásból kilépve, a különleges hídszerkezet – mely hazánk leghosszabb közúti hídja lesz – teljes hosszában, oldalról is megmutatkozzék, így fokozott műszaki-esztétikai élményt nyújtson.

2.1. Ártéri hidak felszerkezete

A jobb parti ártéri híd hídfője a löszfalon, a 11+213,46 km szelvényében áll. A híd a löszfalban levő eróziós völgyet elhagyva eléri a Dunaújvárosi Hulladéklerakót. E fölött áthaladva a korábban zagyterként használt területet keresztezi, mely fölött átlagosan kb. 30 m magasságban halad. A feltöltött holtág keleti oldalán levő védőgát után a Kisapostagi-sziget fölé kerül a híd, alsó élét tekintve átlagosan kb. 25 m magasságban, s így éri el a Duna medrét. A bal parti ártéri híd véderdő felett halad, majd keresztezi az árvédelmi töltést. A hídpálya teljes hosszában állandó esésben van. Az lejtő hajlása 1,46%.



1. kép

A tizenhárom nyílású, 1067 m hosszú jobb és a négy nyílású, 302 m hosszú bal parti ártéri hidak jobb és bal pályaszerkezetei egyaránt ortotrop pályalemez, párhuzamos övű, többtámaszú, folytatólagos, két főtartós, ferde gerincű, egy cellás, acél szekrénytartós szerkezetek. A szekrénytartós szerkezet felső övét az ortotrop pályaszerkezet alkotja. A párhuzamos övű tartó gerinclemezének magassága a belső (magas) oldalon, függőleges vetületben mérve 3400 mm, a külső (alacsony) oldalon a pálya keresztirányú esésének megfelelően ennél kisebb: 3198 mm. A szekrény alsó felülete az állandó gerincmagasságra tekintettel követi a hossz-szelvény vonalát, keresztirányú alkotói vízszintesek. A ferde gerinclemezek távolsága az acél pályalemez alsó síkjában 8100 mm, az alsó öv vonalában 6500 mm. A gerinclemezek a szekrénytartó nagy részén 12 mm vastagok, amely méret a közbelső támaszoknál 16 mm-re növekszik. A szerkezeti magasság a pályaszint értelmezésének vonalában (autópálya-tengelytől 1800 mm-re), a 90 mm összvastagságú szigetelés és burkolat figyelembevételével, 3548 mm a szekrény fenéklemezének felső síkjáig mérve. A 12 mm vastag ortotrop acél pályalemez 30 cm-enként 300 mm magas, trapéz keresztmetszetű hosszbordák, valamint 3,75 m-enként 900 mm magas keresztartók támasztják alá. A gerinclemezeket és a szekrény fenéklemezét két irányú, hossz- és arra merőleges elemek merevítik. A gerincek és a fenéklemez 200 mm magas, trapéz keresztmetszetű merevítői 6÷8 mm vastag, hajlított lemezből készülnek. A vastag fenéklemez hosszirányú merevítése a közbelső támaszoknál 300 mm magas, 8 mm vastag, trapéz keresztmetszetű.

Mivel a mederhíd szélesebb, mint a két külön pályából álló ártéri hidak, ezért a járdalemezeket a mederhídhöz csatlakozó szakaszokon 4185–4185 mm-rel kell szélesíteni, kifelé inflexiós átmenettel. A konzolokat, lehajlásuk csökkentésére a végkeresztartóknál és a szélesített járdalemez-nél zártszelvényű ferde rudakkal támasztjuk a szekrénytartóhoz.

Az acélszerkezet S355-ös és részben S235-ös acélból készül.

Az ártéri hídfelszerkezetek terveit a Pont-TERV Rt. készítette el.

2.2. A mederhíd felszerkezete és az alépítmények

A mederhíd kábelekkal függesztett, merevítőgerendás, kosárfül alakú acél ívhíd. Ezt a szerkezetípust az elmúlt évtizedben a világ hídepítésének élvonalába tartozó országokban, elsősorban Japánban, előszeretettel alkalmazzák. Ez a szerkezet a ferdekábeles hidak alternatívájaként jelentkezik, a megépült szerkezeteknél jellemzően a 180–260 m-es nyílástartományban.

Az ívre függesztett gerendahíd esetén a kábelhosszak jóval rövidebbek, mint egy azonos fesztávolságot áthidaló ferdekábeles hídnál. A kábelek és a merevítőtartó csatlakozása közel merőleges, amely a járulékos feszültségek csökkenése révén igen kedvező a kábelfáradás szempontjából. A kábelméretek kisebbek, így a lehorgonyzó fejek is kisebbek lesznek, elhelyezésük egyszerűbb. Fenntartási szempontból nagyon előnyös az egyszerűen végrehajtható kábelcsere lehetősége, a járműutkozás esetén az esetleges szakadás következményei sokkal kisebbek, mint egy ferdekábeles hídnál. A szerkezetípus dinamikai és stabilitási tulajdonságai rendkívül jók, az ívtartó, a merevítőtartó és a pályalemez egymást stabilizáló rendszert alkot.

A mederhíd egy szerkezeten vezeti át a jobb és a bal pályát a folyó fölött. A hídpálya beosztása: 2x3,75 m forgal-

mi, 3,50 m leállósáv, a két irány közötti 3,60 m-es elválasztó sávban 2x1,00 m biztonsági sáv, és 1,60 m széles kiemelt szegély, vezetőkorlátokkal. A híd befolyási oldalán 2,40 m széles kerékpárút létesül, a kifolyási oldalon, az egyeztetések szerint, azonos szélességű járda épül, mindkettő a híd főtartó ívein kívül elhelyezett konzolokon.

A híd fő tartóeleme a kábelekkal összekötött ív és merevítőgerenda. A két főtartó a függőleges síkhoz képest 16,5°-os szögben meg van döntve, a síkjukban körvonal alakú íveket egymáshoz 8 darab téglalap alakú, szekrény keresztmetszetű keresztmetszet kapcsolja. A keresztmetszet geometriai kialakításakor figyelembe vettük a nemzetközi tervbírálat javaslatát.

A főtartót MSZ EN 10113-2 szerinti S460 N minőségű acélból terveztük. A legnagyobb övlemezvastagság így 50 mm lehet. Az elért önsúlycsökkentés megkönnyíti a beüzemelés szerelés végrehajtását is. A nagy szilárdságú acél alkalmazása az említett japán hidaknál általános, de Nyugat-Európában is hosszú évek óta használják. Az ívtartók zárt szekrény keresztmetszetűek, vizsgálat, fenntartói tevékenység céljára járhatók. Belméretük 1960x3720 mm. A merevítőtartó paralelogramma keresztmetszetű, dőlése az ív dőlésének megfelelő. Övlemezei 2000 mm szélesek, belmagassága tartótengelyben 3100 mm, felső öve a pályalemez esésének megfelelően 2,5%-kal esik.

A függesztőelemek párhuzamos pászmák, bekötésük az ívtartóba és a merevítőtartóba a diafragmáknál történik, a függőhidaknál szokásos acélcső fogadó szerkezetes kialakítással. A pászmákat 3,00 m magasságig acélcső burkolat védi a szándékos károkozástól. Minden pászma az ívben szabályozható, a pálya alatti gerendában pedig véglegesen rögzített a lehorgonyzás.

A pályaszerkezet ortotrop acélszerkezet, az MSZ szerinti S355 J2G3 és K2G3 minőségű acélból gyártva. A 12 mm vastag pályalemez 8 mm-es trapézbordák támasztják alá, a kerékpárút alatt szélesacél bordákat alkalmaztunk. A keresztartók távolsága 3,80 m, 11,40 m-enként függesztő keresztartókat alakítunk ki, melyek együttdolgozását két hosszartó is biztosítja. A hosszartók a függesztett keresztartókon át vannak vezetve. A járdakonzolok a keresztartókiosztásnak megfelelően 3,80 m-enként támasztják alá a kerékpárút és a járda hosszbordáit. A mederhíd szerkezeti magassága 3600 mm.

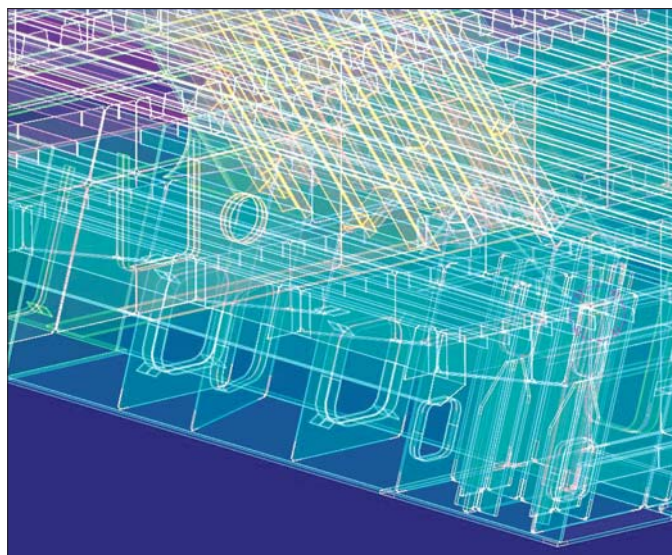
3. EGYEBEK

Az engedélyezési tervet nemzetközi bírálóbizottság tárgyalta és bírálta el. Nagy örömeinkre és a megrendelő megelégedésére, a terveket jónak ítélték, és néhány javaslattal elfogadták. A kivitelezési tervzést a statikai számításokhoz, próbaszámításokhoz vezdtük. A statisztikai vizsgálatokhoz a Sofistik végelelemes programot használtuk. A Budapesti Műszaki Egyetemet kísérletek elvégzésével bíztuk meg, illetve stabilitásvizsgálatokat végeztek számunkra. Az ottani munkát *dr. Dunai László* vezette. A pozsonyi Műszaki Egyetemet kértük fel a mederhíd statikai számításának független ellenőrzésével. *Dr. Agócs Zoltán* és munkatársai nagyszerű partnernek bizonyultak, sokat tanultunk tőlük!

Három hónapi munka után jutottunk el oda, hogy a nemzetközi zsűri javasolta kábelképet elvetettük. Az eredeti kábelrendezést megtartottuk, a párhuzamos, döntően esztétikai okokból. Ekkorra tudtunk meggyőződni arról, hogy a híd így is kellően merev lesz, a széltelherre megfelelően viselkedik, s lehajlásai is a megengedett értéknél kisebbek lesznek. Nagyon sokat vártunk a Műegyetem



3. kép: Az 1:34 léptékű modell



4. kép

kísérleteitől. Két független kísérletet végeztek. Az egyik az ívek kihajlási számítási módszerének igazolására, s a híd kihajlási állapotbeli viselkedésének vizsgálatára szolgált. Az 1:34 léptékű modell (3. kép) törési folyamata nagyon értékes adatokat adott a tervezéshez. Az előzetes várakozásoknak mindenben megfelelő eredmények az engedélyező hatóságot is megnyugtatták.

A szélcsatorna-kísérletek a nagy fesztáv és a rendkívül karcsú pályaszerkezet ($h:l=3,2:307,8$) miatt voltak elengedhetetlenül szükségesek. Az Áramlástechnika Tanszék *Lajos Tamás* vezetésével a kísérlet és a háromdimenziós áramlási számítás eredményei alapján kimutatta, hogy a híd legalább 200 km/h szélsébség felett kezdhet el „táncolni”.

Az alépítmények tervezéséért *Nagy István*, a felszerkeztét *Nagy Zsolt* felelt. A felszerkezet statikai számítását a Sofistik programmal *dr. Sapkás Ákos* készítette *László Viktor* együttműködésével, *Nagy Zsolt* pedig hagyományos

eszközeinkkel dolgozott. Az alépítményt *Nagy István* számolta. Az acélszerkezeti tervek számunkra új programmal, az XSTEEL-lel készültek. *Szőkéné Fáber Éva* és friss diplomás kollégáink három dimenzióban rajzolták meg a mederhíd acélszerkezetét (4. kép).

Néhány adat a hídról: az alépítményekbe közel 30.000 m³ betont kell beépíteni. A mederhíd 7200 t tömegű, Magyarországon először részben S460 minőségű acélból. Az ártéri hidak felszerkezete mintegy 15.000 t. A kezelőjárdák szerkezete 457 t acélt tartalmaz. A mederhíd acélszerkezeti terveinek száma 2550, ami kb. 1500 m² rajzfelületet jelent, az alépítmények majdnem 100 tervlapon fértek el. A kezelőjárdák tervei 500 tervlapot tartalmaznak (ezeket a POLIGON Kft. készítette). Az ártéri hidak terveinek száma – a tartozékokkal együtt – 132.

Az óriási feladat hatalmas munka, fantasztikus kihívás volt. Hálásak vagyunk azért, hogy ez megadatott nekünk!



5. ábra

**Aral ipari
kenőanyagok**



Óhaja számunkra parancs!

Szezám, tárulj! Ismerje meg az Aral több mint 600 féle különböző termékből álló páratlan ipari kenőanyag-választékát.

Ha azonban egyedülálló különlegességre vágyik, mi azt is elővarázsoljuk Önnek. Mert nekünk az Ön kívánsága parancs.



Több, mint szuper.

HÍDESZTÉTIKA EGY TERVEZŐ SZEMÉVEL

BRIDGE AESTHETICS WITH THE EYES OF A DESIGNER

Mint minden környezetünket formáló építmény, a hidak esztétikai tervezése, megjelenése nagy hatással van komfortérzetünk kialakulására. A hidat tervező mérnök több-kevesebb mértékben figyelembe veszi az esztétikai szempontokat is, azonban ez a gyakorlatban inkább spontán, kevésbé tudatos jelleggel valósul meg. Időnként szükség van a már ismert elvek és szempontok összefoglalásához, hogy a tervezőmérnök munkája során ezek jobban érvényesülhessenek. Ilyenkor megfogalmazhatjuk az elmúlt időszakban felszínre került súlypontváltozásokat is, melyek a társadalom igényeit tükrözik. Ez a tanulmány arra tesz kísérletet, hogy megpróbálja összefoglalni azokat a szempontokat, és felvetni azon kérdéseket, melyek a hidak esztétikájával kapcsolatban a tervezőt foglalkoztatják. A szempontok részletes megtárgyalása olykor egy önálló tanulmányt, esetleg a szakma folyamatos együttgondolkodását is megérdemelné. Egyes kérdésekre a választ megadni nehéz, talán nem is lehet maradéktalanul. Úgy gondolom, mégis érdemes ezt a tanulmányt útjára bocsátani, ezzel talán a tervezők közös gondolkodását is elindítva.

1.

A hidak esztétikai hatását a közönségre, minden esztétikai élményt okozó építményhez hasonlóan, két fő tényező befolyásolja. Az egyik tényező az objektív alapelemek hatása, a másik a szubjektív megítélés élménye.

Az objektív elemek közül a legfontosabb az arány és a ritmus helyes alkalmazása az építmény egyes elemei között, és kapcsolatában a körülvevő környezettel. Úgy gondolom, ezeket az elemeket nyugodtan nevezhetjük alapvetőnek, hiszen helyes alkalmazásuk nélkül aligha lehet szemtől gyönyörködtető, szép építményt vagy hidat építeni. Gondoljunk csak a Lánchíd arányaira, mely nem csak a pillérek és nyílások viszonyában, hanem a budai Vár-hegy és a pesti épületek közötti méretek áthidalásában figyelhető meg, vagy a Margit híd íveinek ritmusára. Ugyanezt a hatást láthatjuk régi boltozott kőhidjaink arányait és boltozatainak ritmusát szemlélve. Érdekes megfigyelni, hogy a régi Erzsébet híd, amely az arány és a ritmus objektív elemeinek és a részletek gazdag kidolgozásának szépségét, a háború utáni újjáépítésben a részletek építészeti elemeit elvesztette, de a szépség fő objektív elemét, arányait megtartva még mindig a budapesti Duna-hidak sorának egyik ékessége maradt.

Az építmények esztétikai megítélésében azonban egyéb tényezők is befolyásolnak bennünket, melyek a fenti szabá-

The aesthetic design and appearance of bridges, as with any building that forms our environment, have a great influence on our feeling of comfort. During the work, a bridge engineer also takes aesthetic aspects into consideration to a more or less extent. However, in practice this is generally realized in a spontaneous, less conscious way. It is necessary, from time to time, to summarize principles and aspects already known, in order to ensure that they should be more efficient during the work of a designer engineer. At that time, any change in major aspects that has come up in recent period can be formulated, which reflects the society's demands. This study will make an attempt to try to summarize all aspects, and raise the questions, that interest a designer in regard to the aesthetics of bridges. The detailed discussion of aspects would sometimes be worth of a special study, or a steady common joint thinking of specialists involved in that field. Giving an answer to some questions is difficult, or - perhaps - impossible to give a comprehensive answer thereto. Nevertheless, I deem that it is worth launching this study, perhaps thereby initiating the common thinking of designers.

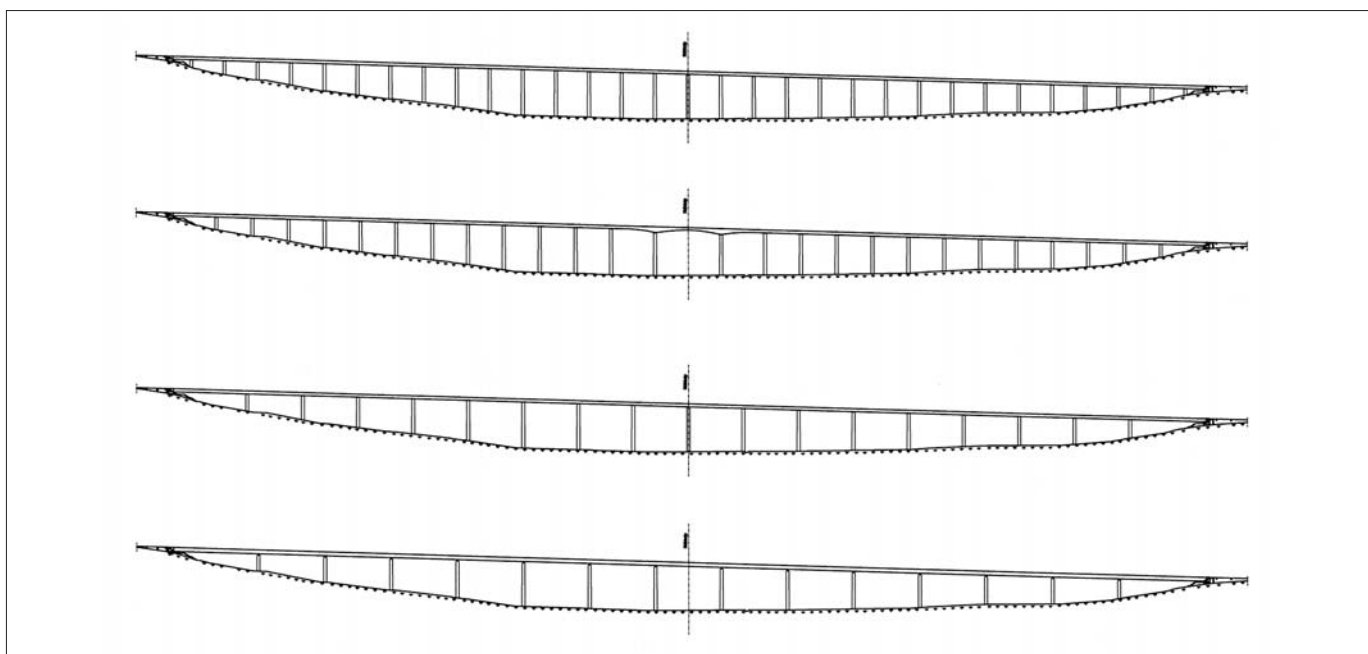
lyok helyes alkalmazásán túl, az egyén és a kor szokásai, divatja szerinti szubjektív véleményalkotásnak tág teret adnak.

Néhány szempontot említve ezek közül, a teljesség igénye nélkül: Fontos, hogy a híd illeszkedjék a környezetéhez, a rávezető út, az építészeti környezet, a környező táj mind befolyásolhatja kialakítását. A részletek építészeti megformálásának szerepe egészen más lehet autópálya hidaknál, ahol a szerkezet csak nagy sebességgel száguldó autóból látható és városi környezetben, ahol a gyalogos közvetlen közlelő találkozik a részletek finomságával és az egyes szerkezeti elemek anyagának szépségével. A felhasznált anyagok és az alkalmazott színek hatása ugyancsak az előzőekben felvázolt végletek között változhat.

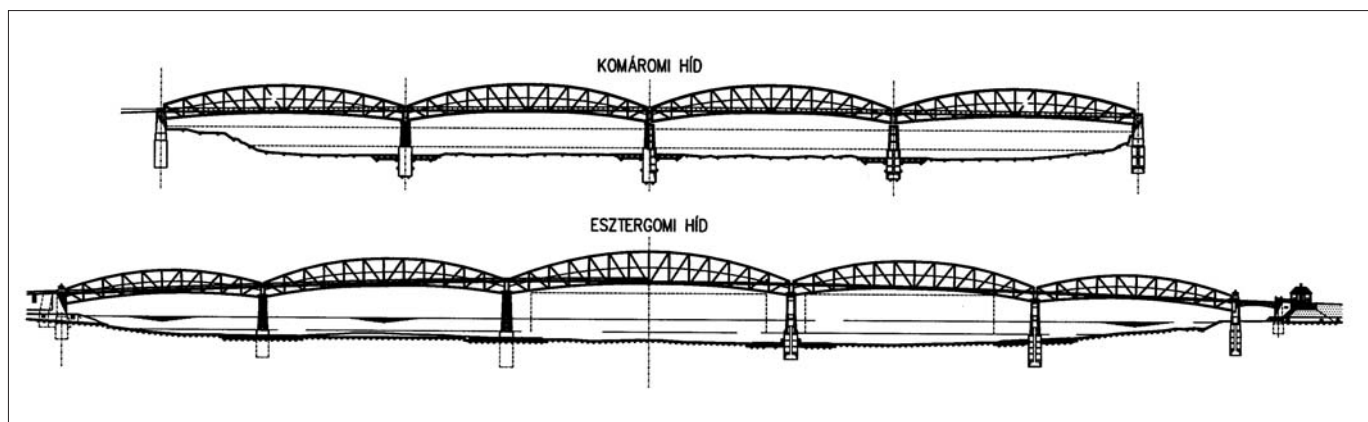
A tervezőnek a fenti objektív és szubjektív elemeket tudatosan kell használnia, azonban ahhoz, hogy a híd, mint építmény hatása a közönség rokonszenvét elnyerje, gyakran a mérnök egyéni elképzelése, ötlete is hozzájárul.

Mindezeket túlmenően meg kell állapítani, hogy az esztétikai megítélés alapfeltétele a rend. Rend a tervezésben, a tervezett és megvalósult létesítményben és annak környezetében. Nem szabad elfelejtenünk arról sem, hogy a legszebben megtervezett híd sem nyújt kiemelkedő esztétikai élményt, ha az építés minősége nem megfelelő, ha a fenntartás hiánya és nemtörődomsége miatt a szerkezet és környezete leromlott állapotban van (pl. grafitíval telefirkált, beázástól leromlott, rozsdás vagy takarítatlan hidak).





Változatok a Köröshegyi Völgyhíd nyílásbeosztására



Az arányok és a ritmus esztétikai hatása jól megfigyelhető a komáromi és az esztergomi Duna-hidak összevetésével

2.

A továbbiakban a fenti szempontok közül kiemelünk néhányat, melyek véleményem szerint a mindennapi tervezésben jelentős szereppel bírnak.

Az első vázlatok készítése során mindenekelőtt az egyik legfontosabb kérdés a nyílások helyes beosztása. Ennek jelentőségét mutatja, hogy szinte minden hídesztétikával foglalkozó tanulmány első helyen foglalkozik a vele. Éppen ezért túl sok újat nem is lehet erről a kérdésről mondani, leghelyesebb, ha elfogadjuk a klasszikusok értekezését az arany metszés szabályairól, Leonhardt és Schlaich professzorok iránymutatásait.

A nyílásarányok helyes megválasztásával kezdődik a tervezésben az esztétikai szempontok figyelembevétele. A megfelelő nyílásbeosztás hatásával általában még akkor is lehet, sőt kötelező élni, ha a szűkös anyagi körülmények nem teszik lehetővé drágább anyagok vagy szerkezeti megoldások alkalmazását. Ezt tekinthetjük tehát a hídtervezés alfájának.

Mint már erről az előbbieken szót ejtettünk, az épülő híd környezete szerint más és más igények merülnek fel a híd esztétikai megjelenésével kapcsolatban.

Az esztétika szerepe leginkább szembeszökő a városi hidaknál, olyannyira, hogy nem is olyan régen tulajdonképpen főként csak a lakott környezetben épülő hidakkal kapcsolatban merültek fel esztétikai igények. Jó példák erre a 19. században épített budapesti Duna-hidakra kiírt pályázatok, és az Erzsébet híd újjáépítése iránti óriási érdeklődés.

A városi hidakhoz hasonló igények fogalmazódhatnak meg egy-egy fontos idegenforgalmi létesítmény környezetében, sőt a két hatás erősítheti egymást. Ezt figyelhettük meg az esztergomi Mária Valéria híd újjáépítésénél, ahol a régi Erzsébet híd újjáépítésével ellentétben a kor igényei szerint nem csak a híd arányainak megtartása, hanem az építészeti részletek korhű és az eredetinek megfelelő helyreállítása is megtörténhetett. Ilyen környezetben egy rekonstrukció, vagy egy új híd építése visszahat a környezetre, elősegíti annak rendezett, igényes kialakítását is.

Kiemelten kell foglalkozni a folyami és a völgyhidak és a környezet kölcsönhatásával. Ezeknél a hidaknál még fontosabb, hogy a tervező tudatosan foglalkozzon a táj és a mérnöki alkotás kölcsönös viszonyával. Egyrészt kiemelt figyelmet kell fordítani arra, hogy a szerkezet a terep ta-

goltságához, léptékéhez illeszkedő legyen, másrészt figyelembe kell venni, hogy a híd méretével és a táj környezetben való hangsúlyos megjelenésével maga is térformáló erővé válik.

Azt hiszem, helyesen tesszük, ha megfogadjuk dr. Pogány Frigyes útmutatásait, melyet a híd és a mérnöki alkotás tájba illesztésével kapcsolatban megfogalmazott: „A tájszépség jelentőségének mérlegelésével a természeti és az emberi mű helyes viszonyát kell tisztázni, mint alárendeltségi viszony, semleges beillesztés, tájalakító szerep, környezet fölött uralkodó motívumhatás stb. A tájképi egység és a beilleszkedő emberi alkotás szintéziséből határozott esztétikai jellegnek, értéknek kell kibontakoznia.”

Külön figyelmet érdemel a mai hídépítésben legjelentősebb szerkezetcsoporthoz, az autópályahidak építéséhez. Az első magyarországi autópályaszakasz építésekor a tervezők fontosnak tartották az esztétikai szempontok érvényesülését. Változatos formák alkalmazásával szép hidakat sikerült építeni, ezzel is megtörve az autópálya unalmas egyhangúságát. A későbbi szakaszok építésénél az előre gyártott gerendák tömeges alkalmazásával az esztétikai szempontok helyett a mennyiségi és gazdaságossági kérdések kerültek előtérbe. Fontos lenne, hogy a tervezők ismét megpróbálják összeegyeztetni a fenti szempontokat a hidak esztétikusabb, változatosabb kialakításával.

Az autópályahidakra is érvényes, hogy elsősorban nem a részletek megfogalmazásával, hanem az egyes elemek és a szerkezet egészének tömegével hatnak. Ezért fontos a nyí-

lások beosztása, a hídfők elhelyezése, a híd „kinyitása”, a pillérek szélessége, az oszlopok ritmusa és tömege. Autópályahidaknál is lehet mind a függőleges, mind a vízszintes elemeket hangsúlyozni, a szerkezeti elemek és a nyílások arányának változtatásával. Bármilyen kicsi konzol a fel szerkezet látványát karcsúbbá tudja tenni, befolyásolja a hatást a szerkezeti gerenda és az oszlopok tömegének formálása is.

Emeli a híd esztétikai értékét, ha a híd magáról az útról is látható, az út mintegy feltárja önmagát. Az ilyen kialakítású útpálya már önmagában is esztétikai élményt nyújt, figyelembe véve azonban, hogy egy híd mindenekelőtt távolról érvényesül, ezt a hatást fokozhatjuk a rávezető út helyes vonalvezetésével. Ebből is láthatjuk, hogy egy esztétikai értékeket hordozó mérnöki alkotás építésével a tervezésben és a kivitelezésben dolgozó mérnökök harmonikus és felelősségteljes együttműködésére is szükség van.

3.

Magyarország területének túlnyomó többségét síkság vagy alacsony dombok alkotják, így viszonylag ritkán van lehetősége a hídtervezőnek meredek völgyek, mély bevágások áthidalására, hidjaink túlnyomó többségénél a kis szerkezeti magasság problémájával kell a tervezőnek szembenéznie.



A táj és a híd egymásratalálása – Svájc, Sunnibergbrücke



Kis szerkezeti magasság jellemzi hídjaink túlnyomó többségét – az esztergomi Árok utcai híd

A kis szerkezeti magasság beszűkíti a tervező mozgásterét, ezáltal lecsökken az építészeti tér formálásának eszköztára. Kisebb nyílásokban így előtérbe kerülnek a lemez és tartórács szerkezetű hidak, párhuzamos övekkel, az esztétikai előnyökkel járó és nagyobb változatosságot kínáló megoldásokkal szemben.

Általában elmondhatjuk, hogy a felsőpályás híd elsősorban a részletek megfogalmazásával elégíthet ki magasabb esztétikai igényeket, a környezet és a híd kiegészítő elemeinek igényes megfogalmazásával. Ilyenkor ugyanis a förtartó vagy egyáltalán nem látható, vagy szerkezeti kialakítását a gyakorlati funkciónak és nem az építészeti megjelenés elveinek rendelhetjük alá. Kivételt talán csak a felsőpályás ívhidak képeznek, melyek a felsőpályás hidak kitüntetett csoportjaként, mind egy nyílással, mind nyílások sorozatával jelentős térformáló erővé válhatnak. A veszprémi Völgyhíd és a budapesti Margit híd szolgáltatnak jó példát a fentiekre.

Nagyobb és közepes nyílásoknál, a híd szélességének függvényében alkalmazhatunk alsőpályás hidakat, melyek a szerkezet megformálásával és hangsúlyozásával hatnak, ezért esztétikai szempontból több lehetőséget rejtenek magukban.

4.

Mint azt fentebb megállapítottuk, Magyarországon a felsőpályás hidak túlsúlyban vannak, ilyen esetekben az esztétikai kialakítás fontos elemévé válhat a hídszerelvények tartozékok építészeti kialakítása.

A hídfők környezetében mellvédek és egyéb díszítőelemek alkalmazásával is lehet fokozni a híd esztétikai élményét. A korlátok a szegélyek és egyéb, saruk dilatációs terek kialakítása funkciójuk ellátásán túl, esztétikai tartalmat is hordoznak. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy az üzemeltetés, hídvizsgálat és hídfenntartás szabályai és kötöttségei nem mindig illenek a híd építészeti tömegéhez, és annak

látványát hátrányosan befolyásolhatják. Mindig keresni kell azonban az olyan megoldásokat, melyek ezeket a kötöttségeket kielégítve esztétikus megoldásokhoz vezetnek.

5.

Városi környezetben mindig jelentkezett a nagyközönség igénye, hogy az új hidak funkciójuk betöltésén túl, magas esztétikai igényekkel alakítsák, építsék környezetünket. Úgy tűnik azonban, hogy újabban ez az igény tovább fokozódott, és egyre egyedibb és érdekesebb építészeti megoldások nyerik el a megrendelőket és a közönség tetszését. Divatba jöttek, sőt gyakran igény mutatkozik a megbökkentő, extrém megoldásokra, melyek építését a korszerű számítástechnika és az építés korszerű műszaki feltételei lehetővé tesznek.

A kisebb és nagyobb hidakat szívesen használják fel városok, közösségek jelképnek, szimbólumának. A híd, mint jelkép, jelentősen emeli az igényes esztétikai megfogal-



A részletek gondos kialakításával is emelhető az esztétikai élmény – Esztergom, Mária Valéria híd

mazás igényét, egyúttal azonban lehetőséget is teremt a tervező számára esztétikusabb, igényesebb szerkezet megformálására.

Véleményünk szerint azonban óvakodni kell a szélsőséges divatirányzatok kritika nélküli másolásától és a funkció háttérbe szorításától, mivel félő, hogy az így megépült híd nem lesz képes maradandó értéket magában hordozni.

6.

A hidak esztétikai tervezése azonban etikai kérdéseket is felvethet.

Az egyik ilyen kérdést az előbbieken már említettük is. Arról van szó, hogy a hidak építészeti tervezése során nem kerülhetünk szembe a funkció szempontjaival és főképp nem áldozhatjuk fel azokért. Egészen ritka kivételtől eltekintve a híd elsősorban a közlekedésben betöltött funkciója miatt épül, és csak másod- vagy harmadsorban az esztétikai megjelenés kedvéért.

Az etikai megfontolás másik tárgya, hogy az esztétikai igények kielégítése gyakran költséges lehet. Az önmagának a művével szobrot állító, rekordokat öncélúan hajszoló tervező megítélése nemcsak gazdasági, hanem etikai kérdés is lehet. Különösen ebbe a kategóriába esik, ha a tervező egyéni érdekek motivációja hatására nem tájékoztatja megrendelőjét a lehetséges megoldások sokszínűségéről.

A hidak esztétikus tervezése egyre gyakrabban a munka megszerzésének eszközévé válhat. Erre napjainkban a szerzői jogok erősödése is lehetőséget nyújt. Ha a híd építészeti megfogalmazása a megrendelő tetszésével találkozik, a megoldás tervezője a szerzői jogok alapján megrendeléshez juthat. Nehéz azonban az ilyen kiválasztás törvényes és etikus módját megtalálni.

A megbízó érdeke gyakran nem ad lehetőséget a tervezői szabadság és az építészeti megfogalmazás teljes kibontakozására. Ez az érdek lehet vélt vagy valódi, vagy akár a vonatkozó szerződéses állapottól függően más és más. Ilyenkor gyakran csak szerencse kérdése, hogy az esztétikai elvek a gyakorlatban érvényesülni tudjanak.

7.

Végül érdemes egy-két szót ejteni arról a változsról, amely az építészeti megformálás korszerű tervezői eszköztárában az elmúlt tíz esztendőben bekövetkezett.

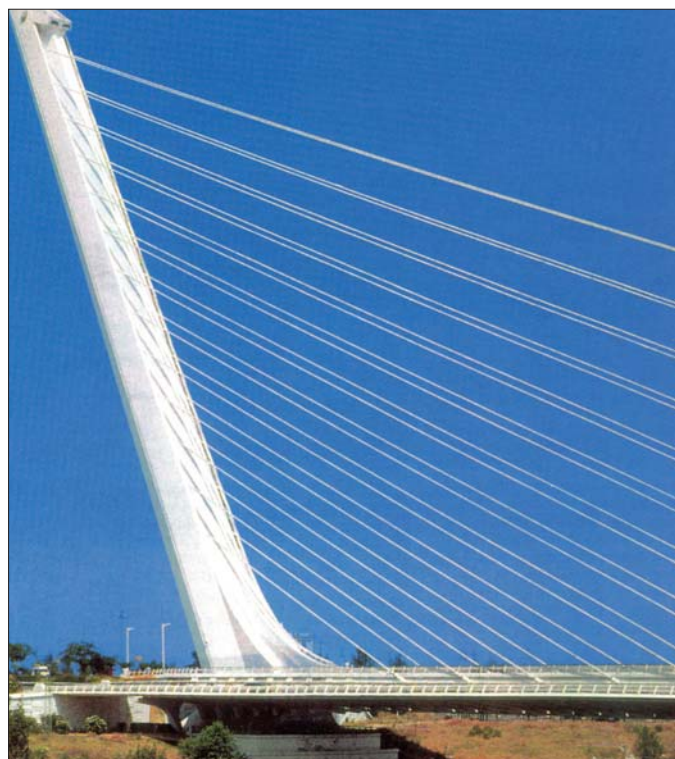
Régebben az építészeti kialakítás és a tájba illesztés eszköze a grafikus ábrázolás és megfelelő méretarányú modellek készítése volt. A nagy teljesítményű számítógépek megjelenése ezen a téren is jelentős változásokat hozott. A tervezett műtárgy három dimenzióban való elkészítése és fényképbe való beillesztése már nem különleges követelmény. Megjelentek már mozgó animációk is, mellyel a szerkezet építés közbeni állapotát, vagy a kész hidat mutatják be előzetesen. Ezek a képek és animációk fontos eszközzé váltak, hogy a tervező bemutassa elképzeléseit a megrendelője számára.

Irodalom:

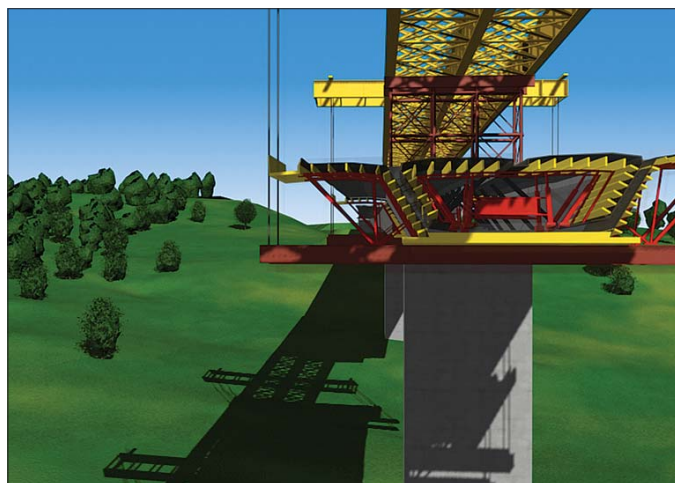
- Fritz Leonhart „Brücken. Aesthetik und Gestaltung”
- Jörg Schlaich, Hartmut Scheef „Beton Hohlkastenbrücken”
- Pogány Frigyes „Építészeti ismeretek”
- Gáll Imre „Budapesti Duna-hidak esztétikája” tanulmány
- Adela Fleet Bacow „Bridge design. Aesthetics and Developing”



A közönség igénye ma az extrém, néha meghökkentő megoldások felé fordul



Nem feltétlenül szükséges a szélsőséges divatirányzatokat követni



Korszerű mozgóképes animáció az építés bemutatására – Köröshegy Völgyhíd

A DUNAFERR vállalatcsoport tagjaként, meghatározó szerepet tölt be elsősorban a hazai durvalemez piacon, de beszállítója több nyugat-európai cégnek is.

Terméke: a MELEGEN HENGERELT ACÉL DURVALEMEZ.

A durvalemezek 8-100 mm lemezvastagságban, egyedi technológiával készülnek, a felhasználó optimális méretigényeinek megfelelő táblaméretben az alábbi minőségi csoportokban, a hazai és nemzetközi EN, DIN, ASTM szabványelőírások szerint:

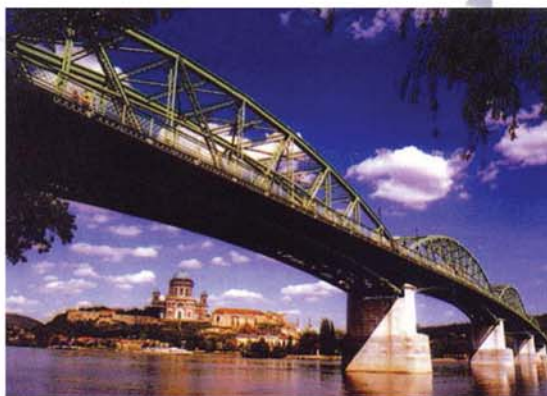
- Szerkezeti és finomszemcsés acélok
- Kazánok és nyomástartó edények acéljai
- Hajóépítési acélok
- Betétben edzhető acélok
- Nemesíthető acélok

A termékek minőségét az EN ISO 9001:2000 szerinti Minőségirányítási rendszerben történő gyártási folyamat garantálja, amelyet a Det Norske Veritas akkreditáló intézmény által kiadott certifikáció igazol. Az egyes termékek minőségét külön – termékekre vonatkozóan

- a TÜV Rheinland
- a TÜV (PED)
- a Lloyd's Register of Shipping
- a Germanischer Lloyd
- a Det Norske Veritas
- a Bureau Veritas
- az LGA
- a Caterpillar
- az ABS intézetek jóváhagyásai tanúsítják.

Referenciák:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Erzsébet-híd - Lágymányosi-híd - Esztergom-párkányi Mária Valéria-híd - Polgári-híd - Tiszaugi-híd - Pozsonyi Kosicka-híd - Százhalombattai olajfinomító tartályai | <ul style="list-style-type: none"> - Acélszerkezetek - CATERPILLAR markolókanalak - Kazántestek - Nyomástartó edények, gáztartályok - Földmunkagép alvázak - Villamos vasúti járművek és - Közúti teherjárművek alkatrészei |
|--|--|



MEGRENDELŐLAP

Előfizetésben megrendelem a MAGÉSZ Acélszerkezetek című folyóiratot példányban.
Előfizetési díj: 1 évre 3200 Ft+áfa és postaköltség.

Megrendelő:

Cím:

Telefon/fax/e-mail:

Fizetés: ☐ átutalással ☐ csekken

A megrendelőlapot az alábbi címre kérjük:

MAGÉSZ, Dr. Csapó Ferenc
1161 Budapest, Béla utca 84.
Tel./fax: 1/405-2187

.....
aláírás, bélyegző



H
I
R
D
E
T
É
S

1/2 oldal (A/5) színes:
MAGÉSZ tagoknak 50 000 Ft+áfa,
külső cégeknek 70 000 Ft+áfa
Azon partnereink részére,
akik minden számban hirdetnek
(4 db/év), **10% kedvezményt** adunk.

FÜRT Marketing
2400 Dunaújváros, Hold u. 4.
Fax: (25) 432-020 • Mobil: (30) 9894-791
E-mail: frt@777westel.hu

ZN Műszaki, Tanácsadó,
Kereskedelmi és
Módusz Szolgáltató Bt.

ZN
Módusz

Tűzihorganyzott acélszerkezetek

bevonatai minősítése
ipari szakértői vélemények készítése

Postacím: 2400 Dunaújváros, Gőzmalom u. 6.
Telefon/fax: +36 25 288 952
Mobil: +36 30 441 8780
E-mail: mydom@freemail.hu



MAGÉSZ®
ACÉLSZERKEZETEK

Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Association

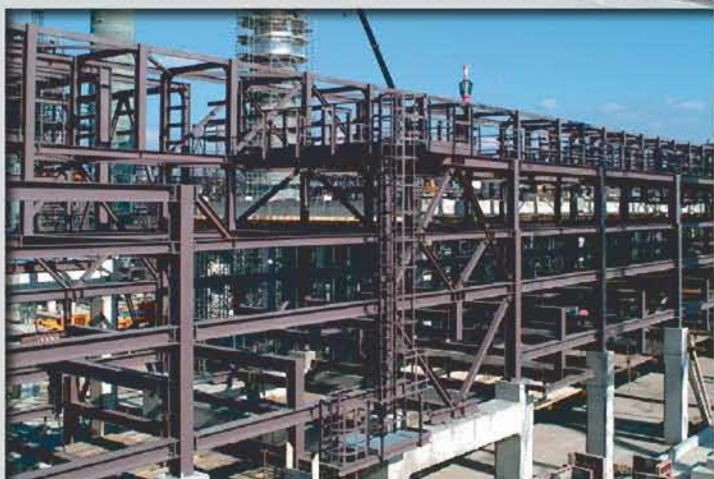
Kiadja a Magyar Acélszerkezeti Szövetség
1161 Budapest, Béla u. 84.
Tel./fax: (1) 405-2187 E-mail: magesz@axelero.hu
Felelős kiadó: Markó Péter
Felelős szerkesztő: Dr. Csapó Ferenc
A szerkesztő munkatársa: Nagy József
ISSN: 1785-4822

Készült: TEXT Nyomdaipai Kft.
Dunaújváros, Papírgyári út 49., 2401 Pf. 262
Telefon: (25) 283-019, Fax: (25) 283-129,
E-mail: studio@textnyomda.hu



ACÉLÍVŰ KAPCSOLAT

Rutin



TVK, Oléfin 2. • 2003-2004

7200 Dombóvár, Bajcsy-Zsilinszky u. 45.
Telefon: 74/566-200 • Fax: 566-210
E-mail: info@rutin.hu

www.rutin.hu



MOLNÁR RT

2400 Dunaújváros,

Papírgyári út 49.

Tel.: (25) 512-512

www.molnarrt.hu



DARUK, HIDAK, GÉPÉSZETI SZERKEZETEK GYÁRTÁSA