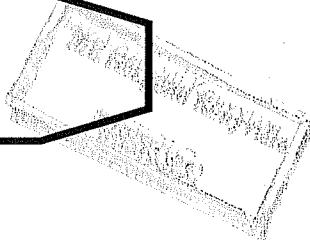


GÉP

S13



A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



**GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK
XXII. ORSZÁGOS SZEMINÁRIUMA**

2006/8–9

1. kötet

88 oldal
LVII. évfolyam

TARTALOM

I. KÖTET

1. Bakosné Diószegi, M.: Az ötlettől a megvalósulásig – a Bánki porlasztó története	4
2. Bálint, R.; Cselényi, J.; Illés, B.; Kovács, L.: Kis teherbírású, függőleges, modulokból felépíthető, számítógépes irányítású tároló rendszerek optimális kialakítási lehetőségei és működtetési stratégiái	9
3. Barányi, I.; Bódi, I.: Ortogonalis lemezek hegesztéshelyes kialakításának szilárdságtani vizsgálata	14
4. Barkóczi, I.; Güntner, O.; Varga, L.: Növelt villámállóságú sodronyok fejlesztése	18
5. Bartak, J.; Cermak, R.: A technikai rendszer tulajdonságainak definíciója és figyelembe vételének figyelése a teljes mérnöki tervezési folyamat során	20
6. Békési, N.; Goda, T.: A hiszterézis végeleemes vizsgálata gumi és merev érdes ellenfelület csúszó súrlódása során	22
7. Belšak, A.; Flašker, J.: Repedés-feltárási módszerek fogaskerekben	26
8. Bencsik, B.; Kollár, Gy.: A tömítés anyagának hatása a csavarral szerelt karimás kötésekre	31
9. Apró, F.; Czégé, L.: Két szabadságfokú epicyclois fogaskerék-hajtás tervezése állandó áttételre	35
10. Czél, B.; Váradi, K.; Mitariu, M.; Albers, A.: Kerámiabetétes tengelykapcsoló végeleemes hőfeszültségi vizsgálata	39
11. Czél, G.; Czigány, T.: Tekercselt polimer kompozit csövek nedvességfelvételi tulajdonságainak elemzése	43
12. Demeter, P.; Helbig, J.; Patkó, Gy.; Tajnafői, J.; Takács, Gy.: Szuperfiniselő berendezés tervezése	47
13. Ecsedi, I.; Dluhi, K.: Egyenes középvonalú, előcsavart rúd statikai és dinamikai vizsgálata	50
14. Erdélyi, J.; Lukács, J.: Váltakozó áramú hidrogenerátor (VHG) működtető excenter tárcsáinak kiegyensúlyozási módszerei ..	54
15. Bercsey, T.; Groma, I.: Csavarfelületek geometriai hibáinak modellezése	57
16. Huy Hoang, N.; Varga, A.: Tengelykapcsoló numerikus és kísérleti vizsgálata	61
17. Horák, P.: Körívprofilú csigahajtópárok hibahatás elemzése	65
18. Horváth, S.; Szunyogh, G.: A technikatörténet szerepe a gépészmérnök alapképzésben	69
19. Jármái, K.; Rzeszut, K.; Farkas, J.: A biztonság ára: hegesztett acélkeret optimalítása tűzvédelemre	74
20. Jármái, K.: Mérnöki nagyjaink érmeiken és bélyegeken IV.	78
21. Jermendy, A.; Varga, L.: Kompozit anyagú szendvics szerkezetű csatornacsövek vizsgálata, új módszerek és eredmények	86

2. KÖTET

22. Karsai, G.:	A kinetostatika kombinatorikus összefüggései	92
23. Krisch, R.:	A fogazatkapcsolódás vizsgálata bütykös generátorral szerelt síkkerekes hullámhajtóműben	96
24. Lovas, L.; Play, D.; Márialigeti, J.:	Szíjfesztítő csillapításának vizsgálata változó fordulatszám esetén	101
25. Glodež, S.; Knez, M.; Kramberger, J.:	Az S1100Q jelű nagyszilárdságú acél fáradási és törésmechanikai paraméterei	105
26. Šraml, M.; Kramberger, J.; Flašker, J.:	Teherautó sebességváltók optimalizálása a kifáradási élettartam alapján	109
27. Kramberger, J.; Jezernik, N.; Glodež, S.:	A teleszkópos tartók érintkezési problémáinak numerikus analízise	114
28. Morlin, B.; Czigány, T.:	Adhézión mérő berendezés fejlesztése és alkalmazása	118
29. Nagy, J.; Vincze, Gy.; Szabó, I.; Kátai, L.:	Sztocasztikus terhelő nyomtatékkal terhelt rugalmas hajtásátviteli elem rendszerelméleti leírása	122
30. Nagy, L.; Jakab, E.:	Módszeres géptervezés alkalmazása indítómotorok fejlesztésénél	128
31. Nándoriné Tóth, M.:	Homlokfelületek geometriai vizsgálata	131
32. Pálfi, L.; Váradi, K.:	A hiszterézis okozta súrlódás modellezése acélgolyó és elasztomer lap között	134
33. Péter, J.:	Csavar-hullámhajtómű vizsgálata	138
34. Pető, I.; Borbás, L.:	Szálerősítés nélküli polipropilén próbatestek rugalmassági modulusa változásának vizsgálata fárasztó igénybevétel esetén	141
35. Pongor, A.; Takács, Gy.:	Elektromos kéziszerszámgepek korszerű szerszámbe fogásai	145
36. Rádai, L.; Cselényi, J.; Illés, B.:	Tömbtárolású automatizált gépkocsiparkoló géprendszerek számítógépes irányítási rendszere	148
37. Rick, T.; Groma, I.; Bercsey, T.:	Tervezési folyamatok erőforrás hozzárendelése heurisztikus módszerrel	153
38. Cermák, R.; Barták, J.:	Aktív mágneses csapágyakkal ellátott rendszerek tudásbázisú multidiszciplináris tervezése	157
39. Rostás, E. R.; Kamondi L.:	Taposógép koncepcionális fejlesztése	159
40. Siménfalvi, Z.:	Rugóterhelésű biztonsági szelep felhajtóerő karakterisztikájának vizsgálata numerikus szimulációval	162
41. Szabó, I.; Kátai, L.; Nagy, J.; Madarász, I.:	Mezőgazdasági gépeken alkalmazott vezérlőpályák analízise genetikus algoritmus segítségével	166
42. Szeghő, K.:	Előzetes költség- és rizikómenedzsment a tervezési folyamat korai szakaszában	170
43. Szikszay-Molnár, G.:	Mért, háromdimenziós pontfelhő alapú, különböző CAD modellezési technikák	174
44. Szilágyi, A.; Tatár, S.; Jakab, E.:	Kézi szerszámgepek energiamenedzsment vizsgálata	179
45. Takács, Á.; Szabados, V.; Kamondi, L.:	Tervezési irányelvek és katalógusok a módszeres géptervezésben	181
46. Vojna, J.; Hudec, Z.:	Hidrosztatikus csapágyak analízise	186

A BIZTONSÁG ÁRA: HEGESZTETT ACÉLKERET OPTIMÁLÁSA TŰZVÉDELEMRE

Dr. Jármái Károly*, Dr. Katarzina Rzeszut**, Dr. Farkas József***

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the differences between optimized frames without and with fire resistance. An interior three storey frame structure with a column and 4 beams in each floor is investigated. The vertical forces, normal forces and bending moments are calculated. Welded box columns and rolled I-section beams are designed for minimum weight and cost. The fabrication costs are calculated in details. Design constraints relate to stability of column parts and beams loaded by compression and bending in normal case and under fire. Optimizing for fire resistance for a given time it shows the prize of safety, the relation between mass and safety. To increase fire resistance we have to put more steel into the structure.

1. A FELADAT MEGFOGALMAZÁSA

Azért, hogy a tűzvédelem hatását tanulmányozhassuk, egy viszonylag egyszerű keret méretezését mutatjuk be (1. ábra). Ez egy egyszerűsített modellje egy három emeletes épület keretszerkezete belső részének. A keret merevítettlen. Az oszlopok hegesztett szekrény-szelvényűek, a gerendák pedig hengerelt I-szelvények, (universal beam UB) [1]. A keretre függőleges erők hatnak, állandó és hasznos terhelés (1. ábra). Az ún. 'halcsont' keretnél a gerendavégeket rögzítettnek tekintjük függőleges és csuklósnak vízszintes irányban.

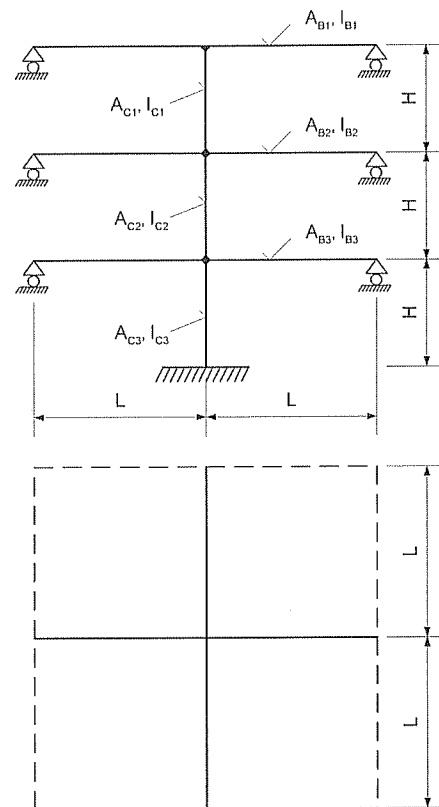
A feladat a megfelelő oszlop és gerenda szelvények megkeresése, hogy kielégítsük a tervezési előírásokat és hogy a célfüggvény minimális legyen. A vízszintes gerendák és függőleges oszlopok nyomást és hajlítást kapnak. Három oszlop és három gerenda szilárdsági és stabilitási vizsgálatát kell elvégezni az egyes szinteken az Eurocode 3 [2] előírásai szerint. Fontos szempont az oszlop-gerenda kapcsolat viselkedése, mely képlékeny merevsége elég nagy kell legyen ahhoz, hogy képlékeny csukló alakulhasson ki. A kapcsolat képlékeny analízissel és kísérleti eredmények alapján került kialakításra.

2. A FÜGGŐLEGES ERŐK MEGHATÁROZÁSA

A Design [3], mely 5-szintes keretet vizsgált, kissé változtatott adatait használtuk a tervezéshez.

Állandó terhelés (tető, önsúly) az egyes szinteken $q_1 = 5.5 \text{ kN/m}^2$, $q_2 = q_3 = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Hasznos terhelés 2.0 kN/m^2



1. ábra. A vizsgált keret oldal- és felülnézete

3. AZ OSZLOP ÉS GERENDA FESZÜLT-SÉGI, STABILITÁSI FELTÉTELEI

3.1. Az I-szelvényű gerenda (UB szelvény) tűzvédelem nélkül [2]

Az Eurocode 3 alapján a kétirányú terhelésre tervezés a következő:

$$k_{yyB} \frac{M_{Bi}}{\chi_{LT} W_{yB} f_{y1}} \leq 1 \quad (i=1,2,3), \quad (1)$$

* Miskolci Egyetem,

** Poznan University of Technology,

*** Miskolci Egyetem,

$$k_{zy} \frac{M_{Bi}}{\chi_{LT} W_{yB} f_{y1}} \leq 1 \quad (i = 1, 2, 3), \quad (2)$$

$$\chi_{yB} = \frac{1}{\phi_{yB} + \sqrt{\phi_{yB}^2 - \bar{\lambda}_{yB}^2}}, \quad (3)$$

$$\phi_{yB} = 0.5 \left[1 + \alpha_{yB} (\bar{\lambda}_{yB} - 0.2) + \bar{\lambda}_{yB}^2 \right]; \alpha_{yB} = 0.21, \quad (4)$$

$$\bar{\lambda}_{yB} = \frac{K_{yB} L}{r_{yB} \lambda_E}; K_{yB} = 1; r_{yB} = \sqrt{\frac{I_{yB}}{A_B}}, \quad (5)$$

$$k_{yB} = C_{mB} \left(1 + 0.6 \bar{\lambda}_{yB} \frac{N}{\chi_{yB} A_B f_{y1}} \right) \leq C_{mB} \left(1 + 0.6 \frac{N}{\chi_{yB} A_B f_{y1}} \right), \quad (6)$$

$\chi_{zB}, \phi_{zB}, \lambda_{zB}, \bar{\lambda}_{zB}, k_{zy}, \chi_{LT}, \phi_{LT}, \lambda_{LT}, \bar{\lambda}_{LT}, k_{zy}$ meghatározása az (1-6) képletek alapján hasonlóan történik a megfelelő értékekkel. $E = 2,1 \times 10^5$; $G = 0,81 \times 10^3$ MPa

3.2. Az I-szelvényű gerenda (UB szelvény) tűzvédelemmel [4]

3-as osztályú a szelvény [2] alapján:

$$\frac{k_{yB} M_{Bi}}{W_{yB} k_{y\theta} f_{y1}} \leq 1, \quad (i = 1, 2, 3). \quad (7)$$

$$\text{Magas hőmérsékleten } \alpha = 0.65 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (8)$$

3.3 A hegesztett szekrényzszelvényű oszlop tűzvédelem nélkül [2]

$$\frac{N_{Ci}}{\chi_{yC} A_C k_{y\theta} f_{y1}} + 2k_{yy} \frac{M_{Ci}}{W_{yC} f_{y1}} \leq 1 \quad (i = 1, 2, 3). \quad (9)$$

3.3 A hegesztett szekrényzszelvényű oszlop tűzvédelemmel [4]

$$\frac{N_{Ci}}{\chi_{1,min} A_C k_{y\theta} f_{y1}} + \frac{2k_{yy} M_{Ci}}{W_{yC} k_{y\theta} f_{y1}} \leq 1 \quad (i = 1, 2, 3). \quad (10)$$

A zárt szelvény alkalmazása miatt elcsavarodó kihajlással nem kell számolnunk.

3.4. A szekrényzszelvényű oszlop helyi horpadása

Az EC3₁ szerint:

$$b_i / t_i \leq 33\varepsilon; \varepsilon = \sqrt{235 / f_y}. \quad (11)$$

ahol magas hőmérséklet esetén:

$$\varepsilon = 0.85 \sqrt{\frac{235}{f_y}}. \quad (12)$$

4. A HŐMÉRSEKLET ÉS AZ ANYAGJELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSA EMELKEDŐ HŐMÉRSEKLET ESETÉN

A hőmérséklet emelkedését tűzvédelem nélküli szerkezetnél [5,6,7] alapján határozhatjuk meg:

A kezdőértékek a következők:

$$\theta_a = 20 [^\circ\text{C}], \Delta\theta_a = 0 [^\circ\text{C}], \rho_m = 7850 \text{ kg/m}^3. \quad (13)$$

A fajhő a hőmérséklet függvényében a meg határozható. A gáz hőmérséklete a tűzhatásnak kitett szerkezeti elem környezetében (szabványos hőmérséklet-idő görbe)

$$\theta_g = 20 + 345 \log \left(8 \frac{t_i}{60} + 1 \right) [^\circ\text{C}], \quad (14)$$

A nettó hőáramlási fluxus

$$\dot{h}_{netc} = \alpha_c (\theta_g - \theta_a), \quad (15)$$

ahol a hőáramlási tényező $\alpha_c = 25$ [W/m²K]

A nettó hőszugárzási fluxus

$$\dot{h}_{netr} = \Phi \varepsilon_m \varepsilon_f \sigma \left[(\theta_g + 273)^4 - (\theta_a + 273)^4 \right] [\text{W/m}^2],$$

ahol a konfigurációs tényező $\Phi = 1$, az elem felületi sugárzóképesége $\varepsilon_m = 0,8$, a tűz sugárzóképesége $\varepsilon_f = 1,0$, a Stephan Boltzmann állandó $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ [W/m²K⁴],

A teljes nettó hő fluxus a hőszugárzási és a hőáramlási fluxusok összegéből számítható

$$\dot{h}_{netd} = \dot{h}_{netc} + \dot{h}_{netr}, \quad (16)$$

$$\frac{A_m}{V_m} = \frac{1}{10^{-3} t_2}. \quad (17)$$

A hőmérsékletváltozás

$$\Delta\theta_a = k_{sh} \frac{A_m / V_m \dot{h}_{netd} \Delta t_i}{c_a \rho_m}, \quad (18)$$

ahol $k_{sh} = 1$.

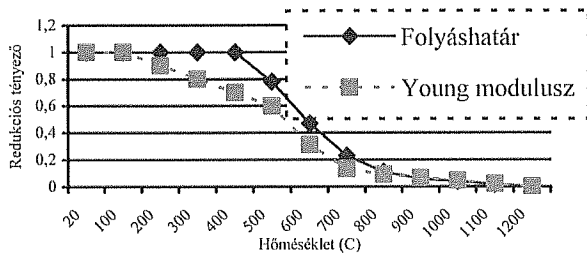
Az acélelem felületi hőmérséklete

$$\theta_a = \theta_a + \Delta\theta_a. \quad (19)$$

A folyáshatár és a Young modulus meghatározása magasabb hőmérsékleten a Eurocode 3 1.2 része [4] alapján történik. A 2. ábra tartalmazza a redukciós tényezőket 20 és 1200 C° között. A folyáshatár és a Young modulus egy adott hőmérsékleten számíthatók a $k_{y\theta}$ és $k_{E,\theta}$ redukciós tényezőkből

$$f_{y,\theta} = k_{y,\theta} f_y. \quad (20)$$

$$E_{a,\theta} = k_{E,\theta} E_a. \quad (21)$$



2. ábra A folyáshatár és a Young modulusz redukciónak a hőmérséklet függvényében

5. A CÉLFÜGGVÉNY

A célfüggvény lehet a keret tömege:

$$V = H(A_{c1} + A_{c2} + A_{c3}) + 2L(A_{b1} + A_{b2} + A_{b3}) \quad (22)$$

A célfüggvény tartalmazhatja a szerkezet anyagköltségén kívül a gyártási költségeket is, mely magában foglalja az oszlop-gerenda kapcsolat költségét is.

A szerkezetenél változó az szekrényszelvényű oszlop szélessége és lemezvastagsága a három emeleten, valamint a gerendatartó magassága az egyes szinteken (b_{c_i} , t_{c_i} , h_{b_i} , $i=1,2,3$). Az UB szelvényeknél h_{b_i} ismeretében számíthatók az I-tartó többi méretei (b_{b_i} , t_{b_i} , $i=1,2,3$).

A költségek a következők [8]:

- *anyagköltség*, melyben 5% anyagvesztéséget veszünk figyelembe. Fajlagos anyagköltségként 1,08 \$/kg értéket veszünk a szekrényszelvényre 0,67 \$/kg értéket az I-szelvényre. Ezen árak változhatnak, tehát egy konkrét tervezésénél aktualizálni kell.
- *a tervezés, szerelés és vizsgálat költségeit* arányosan vesszük a szerkezet tömegével $k_{drawing} = 1.55$ óra/tonna, $k_{assembly} = 5.91$ h/t, $k_{inspection} = 1.80$ h/t, összesen 9.26 h/t. A fajlagos munkaköltség $k_F = 31.25$ \$/h.
- *vágási költségek*. A vágás acetilén gázzal történik és az ESAB adatait vesszük figyelembe [9]. I-es minőséget veszünk, az átlagos lemezvastagság $t_c = 25$ mm, a vágási sebesség 450 mm/min = 27000 mm/h.
- *a gerendák lemezeinek vágása*,

- *a diafragmák kivágása*,
 - *merevítőlemezek kivágása*,
 - *csavarlyukak kifúrása* számjegyzéssel: 72 lyuk a merevítőlemezeknél és 72 a gerendáknál.
 - *hegesztési költségek*. Az átmenő diafragmák hegesztése műhelyben készül, robotizált, teljes beolvadású varrattal (CJP complete joint penetration) 35°-os szöggel. A hegesztés fajlagos időigénye 0.0026 h/m = 2.6×10^{-6} h/mm
 - *helyszíni hegesztés* a gerenda övénel alátétlemezzel. A varratgyökknél a köz 7 mm, a varratszög 35°. A fajlagos időigény 0.074 h/m = 7.4×10^{-5} h/mm, a helyszíni hegesztés tényezője 1.5.
- Az összköltség az anyag-, a vágás-, a lyukfúrás- és a hegesztés összesített költsége.

Optimalásra a részecskecsoport módszert alkalmaztuk (particle swarm optimization PSO) [10].

6. OPTIMÁLÁS ÉS EREDMÉNYEK

A keretnél a gerendahossz $L = 6$ m, a szintmagasság $H = 3.6$ m.

A 1. táblázat a keret optimális méreteit tűzvédelem nélkül. Mind a kerekített, mind a diszkrét értékek megadásra kerülnek [11].

A 2. táblázat mutatja a keret optimális méreteit tűzvédelemmel. Látható, hogy a tűzvédelmi idő növekedésével a lemezvastagságok jelentősen megnövekednek. Az összehasonlítás elméleti, hogy lássuk a tűzállósági idő növelésének hatását a tömegre és költségre. A BS EN 10210-2 [12] melegen hengerelt zártszelvényre négyzetszelvény (SHS) esetén 400 mm magassági és 20 mm vastagsági határt ad meg. Ha vastagabb szelvényre van szükségünk, akkor hegesztett szelvényeket alkalmazhatunk. Másik lehetőség a tűzvédelmi bevonat alkalmazása, de ezen vizsgálat erre nem terjed ki. A számítás mutatja, hogy a szerkezet tömege és költsége arányos a tűzállósági idővel. Minél tovább működik megbízhatóan a szerkezet a tűz esetén, annál több a beépített acél mennyisége és a befektetett költség.

1. táblázat a keret optimális méretei tűzvédelem nélkül, 3-3 oszlop és gerenda mérete.

b_{c1}/t_{c1} (mm)	b_{c2}/t_{c2} (mm)	b_{c3}/t_{c3} (mm)	h_{b1} (mm)	h_{b2} (mm)	h_{b3} (mm)	Költség (\$)
241.9/7.3	266.4/8.1	378.2/11.5	419.0	393.9	418.8	3884.3
250/8	260/10	350/12	457	406	457	4180

2. táblázat a keret optimális méretei tűzvédelemmel, 3-3 oszlop és gerenda mérete.

Tűzállóság ideje (sec)	b_{c1}/t_{c1} (mm)	b_{c2}/t_{c2} (mm)	b_{c3}/t_{c3} (mm)	h_{b1} (mm)	h_{b2} (mm)	h_{b3} (mm)	Költség (\$)
0	283.0/10.9	331.1/10.3	363.4/12.4	419.3	394.9	419.3	4335.3
900	240.3/16.0	334.5/10.1	371.5/11.9	425.6	403.9	420.4	4460.4
1800	237.6/16.6	209.7/31.5	317.6/16.8	436.2	394.3	422.4	4928.0
2700	279.8/15.3	281.4/17.5	304.2/20.2	466.1	411.0	428.4	5135.6
3600	193.1/31.8	258.7/23.4	258.7/30.4	443.6	416.6	425.4	5528.6
4500	215.8/29.9	214.5/35.7	232.4/41.6	464.1	405.9	421.9	5908.9
5400	184.4/47.5	217.8/39.2	223.6/51.3	448.1	417.1	422.9	6274.1
6300	180.2/59.6	196.1/56.7	215.7/65.5	445.6	402.9	419.7	6611.1
7200	182.8/66.3	193.8/69.9	227.2/61.7	450.3	401.0	434.9	6940.0

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Hegesztett szerkezetek optimalása tűzvédelemre újszerű téma. Viszonylag egyszerű modellt alkalmazva elvégeztük az háromszintes keret optimális méretezését lokális és globális stabilitási feltételek esetén. Az oszlopok szekrényszelvényűek, a gerendák hengerelt I-szelvényűek. A számítást kidolgoztuk tűzvédelem nélküli esetre és tűzvédelem mellett. A minimálandó célfüggvény tartalmazza az anyag-, a vágás-, a lyukfúrás- és a hegesztés összesített költségeit. Egy nagyon hatékony optimáló módszerrel (particle swarm optimization PSO) végeztük el a számítást.

A számítás azt mutatja, hogy védelem nélküli acélszerkezet esetén elvégezve az optimalást mind a tűzvédelem nélküli, mind a tűzvédelmi esetre, jelentős hatása van a tűzállósági időnek a szerkezet tömegére és költségére vonatkozólag. Jelen példánál 1 órás tűzállóság a költségek 42 % -os növekedését eredményezi. Ez mutatja a szerkezet biztonságának és a költségének viszonyát tűznek kitett acélszerkezeteknél.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást a Lengyel-Magyar Tét együttműködési program támogatta PL 4/2006 számon. A magyar partner az NKTH és a KPI, a kutatás forrása a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap. A lengyel partner a Lengyel Tudományos és Informatikai Minisztérium Kutatási Hivatala. A kutatást támogatta az Öveges József programon keresztül a KPI.

IRODALOM

- [1] Profil Arbed Sales program (2001): Structural shapes. Arcelor Long Commercial.
- [2] Eurocode 3 (ENV 1993-1-1) (2003): Design of Steel Structures, Part 1 – General Rules and Rules for Buildings, CEN, Brussels, Belgium.
- [3] Design of structures in seismic zones. 1995. Eurocode 8. Worked examples. Eds Lungu, D., Mazzolani, F. & Savidis, S. Tempus CME 001198/95 Project: Implementing of Structural Eurocodes in Romanian Civil Engineering Standards. Bridgeman Ltd, Timisoara, Romania.
- [4] Eurocode 3 (ENV 1993-1-2) (2003): Design of Steel Structures, Part 1.2: General Rules - Structural Fire Design, (CEN), Brussels, Belgium.
- [5] Eurocode 1 (ENV 1991-1-2) (2002): Basis of Design and Actions on Structures – Part 2-2: Actions on Structures - Actions on Structures Exposed to Fire, CEN, Brussels, Belgium.
- [6] ISO 834 (1975): Fire Resistance Test – Elements of Building Construction, International Standards Organisation, Genève, Switzerland.
- [7] British Steel (1999): The Behaviour of Multi-Storey Steel Framed Buildings in Fire, Swinden Technology Centre, Rotherham, U.K.
- [8] Farkas, J. & Jármay, K. (1997): Analysis and optimum design of metal structures, Balkema Publishers, Rotterdam, Brookfield, 347 p.
- [9] SAB (2003): Cutting and consumption table. Cutting speed according to DIN 2310.
- [10] Farkas, J. & Jármay, K. (2003): Economic design of metal structures. Rotterdam, Millpress, 340 p. ISBN 90 77017 99 2
- [11] Dutta, D. (1999): Hohlprofil-Konstruktionen. Ernst & Sohn, 532 p. ISBN 3-433-01310-1
- [12] BS EN 10210-2 (1997): Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels. Tolerances, dimensions and sectional properties. British Standard/European Standard 15-Dec-1997.