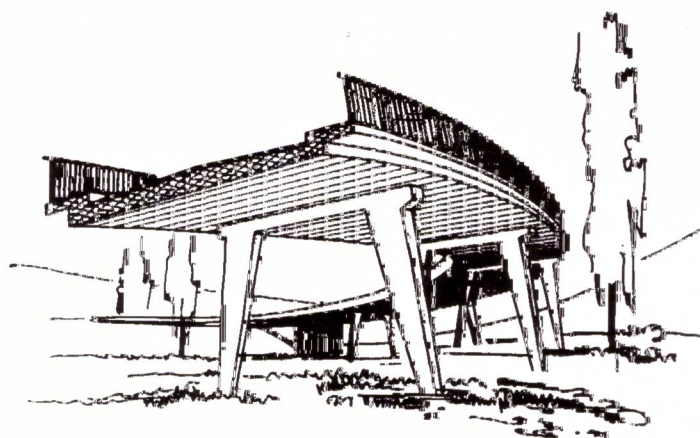


**XXII. NEMZETKÖZI
ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI
KONFERENCIA**

**22nd INTERNATIONAL CONFERENCE
ON CIVIL ENGINEERING AND
ARCHITECTURE**



ÉPKO 2018

**ERDÉLYI MAGYAR MŰSZAKI
TUDOMÁNYOS TÁRSASÁG**

**HUNGARIAN TECHNICAL
SCIENTIFIC SOCIETY
OF TRANSYLVANIA**

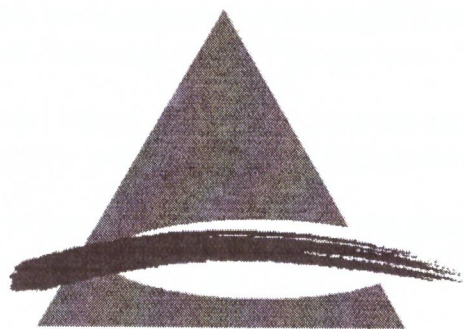


RO - 400750 Cluj, O.P. 1, C.P. 140
Tel./fax: +40-(0)264-590825; (0)264-594042
+40-(0)744-783237
E-mail: emt@emt.ro
<http://www.emt.ro>

ISSN 1843-2123



Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania



ÉPKO 2018

**XXII. NEMZETKÖZI ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI
KONFERENCIA**

**22nd INTERNATIONAL CONFERENCE
ON CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

Csíksomlyó, 2018. május 31. – június 3.
Șumuleu Ciuc, 8 May – 3 June 2018

Kiadó / Publisher

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

Szerkesztő / Editor

Dr. Köllő Gábor

Nyomdai előkészítés / Desktop publishing

Prokop Zoltán

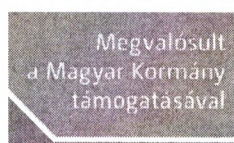
Nyomtatás / Print

Incitato Nyomda – Kolozsvár

Támogatók / Sponsors

Bethlen Gábor Alapkezelő Zrt. – Budapest

Bethlen Gábor Found – Budapest



Szervezők / Organizers

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

Hargita Megye Tanácsa
Harghita County Council

Társszervezők / Co-organizers

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Infrastruktúra Tanszék
Technical University of Cluj-Napoca, Department of Infrastructures

MTA, Kolozsvári Akadémiai Bizottság
Hungarian Academy of Sciences, Cluj Branch

fib Magyar Tagozat
Hungarian Group of *fib*

Konferencia elnök / Chairman

Dr. Köllő Gábor

Tudományos bizottság / Scientific Committee

Dr. Köllő Gábor – Kolozsvár, RO
Dr. Balázs L. György – Budapest, HU
Dezső Zsigmond – Debrecen, HU
Dr. Dunai László – Budapest, HU
Dr. Gobesz Ferdinánd-Zsongor – Kolozsvár, RO
Dr. Guțiu Ștefan – Kolozsvár, RO
Dr. Herman Sándor – Temesvár, RO
Dr. Karvaly Elemér – Budapest, HU
Dr. Kazinczy László – Budapest, HU
Dr. Kiss Zoltán – Kolozsvár, RO
Dr. Kontra Jenő – Budapest, HU
Dr. Moga Petru – Kolozsvár, RO
Dr. Nyers József – Szabadka, RS
Dr. Takács János – Pozsony, SK

Tartalomjegyzék – Content

Kerékpárforgalmi hálózati terv: egy új eszköz a települések élhetőbbé tételéhez Cycling Network Plan – A New Tool for Liveable Cities BARNA Zsolt.....	8
Burkolati problémák közúti járművek által használt villamos vágányokon Pavement Failures on Tramway Tracks Used by Road Vehicles BALOG Péter, LIEGNER Nándor	12
Új generációs közutak a fejlődő járműtechnológiák tükrében New Generation Roads for Future Vehicle Technologies BALOG Péter, TÓTH Csaba, CSISZÁR Csaba	15
Pécs – Szeged vasúti kapcsolat kialakításának vizsgálata Pécs – Szeged Railway Connection Analysis BOGOS Katalin.....	18
Alternatív hő- és vízszigetelő anyagok Alternate Materials for Heat and Water Insulation BOROS Sándor, LECZOVICS Péter, NEMODA Ferenc	22
Médiaművészet és örökségi épületek Media-Art and Heritage Buildings BOSTENARU DAN Maria, DILL Alex	26
Kortárs beavatkozás az épített örökségbe – alkalmazkodás a modern követelményekhez Contemporary Intervention in the Built Heritage – Adaptation to the Modern Requirements BUCUR HORVÁTH Ildikó	30
Mérés termikus műemberrel Measure with Thermal Manikin CAKÓ Balázs	36
Hagyományok Háza (Budai Vigadó) tervezett épületrekonstrukció (1011. Budapest, Corvin tér 8. HRSz.: 14277) Hungarian Heritage House (Budai Vigadó) Building Reconstruction (1011 Budapest, Corvin Tér 8. Hrsz.: 14277) CSÉFALVAY Gábor, SZANISZLÓ Gábor, ARMUTH Miklós, KÁDI Gábor, CSÁSZÁR Viktor, BAKURA Csenge	40
Érd, Szent István úti hidak szerkezeteinek kiválasztása The Selection of the Construction Type of the Bridges at Szent István Road in Érd, Hungary FECZKÓ Róbert.....	44
Megbízhatósági vizsgálat fontossága a magasfeszültségű távvezetékek tartóoszlopainak ellenőrzésében The Importance of Reliability Analysis in the Investigation of Lattice Steel Transmission Towers FELEKI Attila, NAGY Zsolt.....	48
Biológiailag lebomló táblás hőszigetelő anyag tűzállósága Fire Resistance of a Biodegradable Board Thermal Insulation FENYVESI Olivér, CSANÁDY Dániel.....	52
Vasúti zúzottkő ágyazati anyagok laboratóriumi fárasztással végzett aprózódásvizsgálatai Laboratory Fatigue Degradation Tests of Railway Ballast Materials FISCHER Szabolcs, NÉMETH Attila, HARRACH Dániel, JUHÁSZ Erika.....	58
„Közösségben az Úr asztalánál”. Református templomok építésze a két világháború közötti Magyarországon „In Community at the Lord's Table”. Calvinist Churches Architecture in Hungary Between the Two World Wars GÁL-HEVÉR Dominika, GÁL Szabolcs	62
Hengerelt betonburkolatok jövője Magyarországon The Future of Roller Compacted Cement Concrete Pavement in Hungary GÁSPÁR László, KARSAINÉ LUKÁCS Katalin, BENCZE Zsolt, ÉNEKES László.....	66

Fa-beton öszvér felszerkezet modellezése Modelling of Timber-Concrete Superstructure HARRACH Dániel	69
Az épületek kihajlására vonatkozó román szabványok fejlődése The Evolution of Romanian Standards for Buildings Lateral Displacement IOZAN-TOTH Helga, PUSKÁS Attila	74
A temesvári Hunyadi-kastély kálváriája The Renewing Problems of the Hunyadi Castel from Timișoara JAKABFFY László, NAGY Zsombor	78
Hogyan segíti egy projektmenedzsment-szoftver a tervezési munkát? How Can a Project Management Software Help the Designing Work? JANCSÓ Ernő	81
Nagyméretű munkagödör-határolás tervezési kérdései Design Considerations for Retaining Walls Used for Deep Excavation KARVALY Elemér	84
Lakóházak légtömörség vizsgálata Airtightness Measurement of Residential Houses KÁDÁR Ferenc	89
A marosvásárhelyi Szabadi úti református templom megerősítéséről Strengthening the Calvinist Church of Strada Voiniceni in Târgu Mureș KEGYES Csaba	96
A budapesti Szent János Kórház hőenergetikai rekonstrukciójának hőforrás oldala Renovation Utilization Energy of Szt. János Hospital KONTRA Jenő	100
A beton kémiai ellenállóképességének fokozása Enhancing Chemical Resistance of Concrete KOPECSKÓ Katalin, MLINÁRIK Lilla, LUBLÓY Éva, Salem G. NEHME, BALÁZS L. György	106
Régi fémépítmények szakértői vizsgálata The Expert Study of Old Metal Constructions KOPENETZ Lajos György, GOBESZ Ferdinánd-Zsongor	112
Függőleges kerékterhelések számítása, íves vágányok esetén Calculation of Vertical Wheel Loads in Curved Tracks KÖLLŐ Szabolcs Attila, KÖLLŐ Gábor, KAZINCZY László, HERMAN Sándor	117
Természeti analógiák az építésben Analogies for Nature in Architecture LECZOVICS Péter	121
Zöldépítési megoldások a közeli jövőben Green Surfaces Solutions of the Near Future LECZOVICS Péter	125
Zöld felületek ökológiája Ecology of Green Surfaces LECZOVICS Péter	129
Zöldtető hőtechnikai mérési rendszere Green Roof Thermal Monitoring System LENKOVICS László	132
Duna-ártéri épületek tervezése Building Designs in Danube Flood-Basin LEPSÉNYI Ákos	137
A betonfelület leválásának hatása a szerkezet tűzállóságára Effect of Explosive Spalling on the Fire Resistance of Structures LUBLÓY Éva, NEHME G. Salem, KOPECSKÓ Katalin, ABDELMELEK Nabil, HLAVIČKA Viktor, BALÁZS L. György	141

Gipszlemezrel merevített könnyű acélszerkezetek viselkedése földrengésre Behaviour of Gypsum Panel Braced Light Steel Structures Under Earthquake Loading MARITY Dávid.....	147
A talajmechanika bumerángja, a földművek, felületes, durva, tervezés és kivitelezés hibái, katasztrófális elváltozások formájában konkretizálódva Nagyvárad és Bihar megyében The Boomerang of the Earth Mechanics, as Part of the Planning, Construction, Earthworks, due to Superficial Planning, Design and Execution, Characterized as a Total Disaster, Shortly After Commissioning MIHALIK András, Adriana SCURT.....	151
Öszvérszerkezetű hidak – Rövid történelmi kronológia Steel-Concrete Composite Bridges – Short Historical Chronology MOLNÁR Lajos, ORBÁN Zsolt László	159
A vasúti pályageometria romlási folyamatának leírása The Description of the Railway Track Deterioration NAGY Richárd.....	165
Hidegen hajlított acélidomokból kialakított csomópontok vizsgálata végeselem módszer segítségével FEM Investigation of Cold-Formed Joints for Multi-Storey Steel Frames NAGY Zsolt, DEZŐ Andrea, BALLOK Róbert	169
Előregyártott beton elemek betonjának fagyállósága Freeze-Thaw Resistance of the Concrete of Precast Elements NEHME G. Salem, JAKAB András, LUBLÓY Éva, KOPECSKÓ Katalin, SINKA Alex, SZIJÁRTÓ Anna, BALÁZS L. György	174
Radon, mint megoldásra váró feladat Radon, Than Task Waiting for a Solution NEMODA Ferenc.....	179
Orosz gyártmányú, polimer kompozit hevederes ragasztott-szigetelt vasúti sínillesztések vizsgálatai Investigation of Glued Insulated Fibre-Glass Reinforced Polymer-Composite Fishplated Russian-Made Rail Joints NÉMETH Attila, FISCHER Szabolcs.....	183
Trapézlemez gerincű hibrid tartók beágyazott nyírt kapcsolatának push-out teszt vizsgálata Push-Out Tests on Embedded Shear Connections of Corrugated Steel Web Hybrid Girders NÉMETH Gábor, JÁGER Bence, KOVÁCS Nautika, KÖVESDI Balázs.....	187
Együttműködő acél-beton híd-lemezszerkezetek számítógépes tervezése Composite Steel-Concrete Bridges Computerized Design ORBÁN Zsolt László, KÖLLŐ Gábor	191
Acél-beton lemezszerkezetek összehasonlító tanulmánya Comparative Study of Composite Steel-Concrete Slabs ORBÁN Zsolt László, KÖLLŐ Gábor, MOLNÁR Lajos	195
Projektek környezeti hatásainak értékelése – A LIFE Sustain EuroRoad project bemutatása Assesment of Enviromental Effects of Projects – Explanation of LIFE Sustain Euroroad Project PUCHARD Zoltán, ROSZIK Gábor, VINCZENÉ GÖRGÉNYI Ágnes.....	200
Transzparens teherhordó szerkezet, avagy az üveg mint tartószerkezet Transparent Load-Bearing Construction, the Glass as Structural Element STOCKER György.....	204
A vasúti infrastruktúra jelentősége a magyar kikötőkben Importance of the Railway Infratructure in Hungarian Ports SZABÓ Lajos, HORVÁTH Gábor.....	208
A marosvásárhelyi Teleki-Téka felújítása Rehabilitation of Teleki Library SZÁSZ Béla Gyula, CSÁKÁNY Dezső.....	212
Zárt térben terjedő tüzek modellezésének lehetőségei Modeling Spreading Fire in Enclosures SZIKRA Csaba, TAKÁCS Lajos Gábor	216

Franciaerkélyek homlokzati tűzterjedés elleni védelmi lehetőségei Possibilities Against Facade Fire Propagation of French Balconies SZIKRA Csaba, TAKÁCS Lajos Gábor, KOVÁCS Botond, JANKUS Bence	220
A nagymegyeri geotermális energetikai rendszer elemzése Evaluation of Geothermal Energy System in Velký Meder TAKÁCS János, DERZSI István, GAŽÍKOVÁ Soňa.....	224
Fekszintszabályozás ágyazat nélküli vasúti hídon Railtrack Leveling on the Ballastless Railway Bridge WEINREICH Zoltán	228
Római katolikus templomfelújítások Tolna megyében Renovation Plans for Church in Tolna Country, Hungary ZSIGA Zoltán	232

Trapézlemez gerincű hibrid tartók beágyazott nyírt kapcsolatának push-out tesztés vizsgálata

Push-out tests on embedded shear connections of corrugated steel web hybrid girders

NÉMETH Gábor¹, JÁGER Bence¹, Dr. KOVÁCS Nauzika¹, Dr. KÖVESDI Balázs¹

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék, 1111 Budapest Műegyetem rkp. 3-9. Kmf. 85, Tel.: +36 1 463 1751, Fax: +36 1 463 1784, www.hsz.bme.hu

Abstract

A trapézlemez gerincű hibrid tartók alkalmazása egyre inkább terjed a hídtervezésben, számos, szerkezeti viselkedésben mutatott előnyük miatt. A cikk témája a trapézlemezes hibrid tartók gerinclemez és vasbetonlemez közötti beágyazott kapcsolatainak vizsgálata, a szerkezeti viselkedés és nyírási teherbírásának meghatározás teljes léptékű push-out tesztek alapján. A jelenlegi cikkben 2 push-out teszt kísérleti vizsgálatát ismertetjük részletesen, illetve a beton dübelek hatását a szerkezet viselkedésére.

Hybrid girders with corrugated web are increasingly used in bridge engineering due to its numerous advantages in structural behavior. The topic of the current paper is the investigation of embedded connection between steel web and concrete slab, the determination of structural behavior and shear capacity by full scale push-out tests. In the current paper the details of 2 push-out tests are introduced as well the influence of concrete dowels.

Kulcsszavak

hibrid tartó; nyírt kapcsolat; trapézlemez gerinc; beágyazott kapcsolat; push-out teszt

1. BEVEZETÉS

A trapézlemez gerinc alkalmazása gerendatartók gerinclemezeként számos kedvező tulajdonságának köszönhetően modernizálja az öszvér- és hibridgerendák gyártását és alternatív, versenyképes szerkezeti kialakítást jelent kis fesztávolságú szerkezetek esetén a hagyományos előregyártott feszített vasbeton hídgerendákkal szemben. A trapézlemez gerincek alkalmazása gazdaságosabbá teheti a hagyományos öszvérszerkezetek alkalmazását közepes és nagy fesztávolságú hídgerendák esetén is.

Nagy fesztávú hidaknál a magas tartógerinc használata vékonyabb gerincvastagságot eredményez, ezzel még inkább relevánssá téve a gerinchorpadás problematikáját. A trapéz acéllemezek használata a gerendatartóknál egy lehetséges módja a megfelelő merevség és horpadási ellenállás eléréséhez anélkül, hogy merevítő lemezeket vagy vastagabb gerincet kellene használni.

A trapézlemez jellemzői miatt az acél trapézlemez gerinc alkalmazása a következő előnyökhöz vezet az öszvérszerkezeteknél [1]: (i) A gerinc kis merevséggel rendelkezik hosszirányban, így hosszirányú előfeszítés esetében a kúszás és zsugorodás hatására kialakult erők nem okoznak jelentős feszültségnövekményt az acél tartóban. (ii) A gerinclemez horpadással szembeni ellenállása – lokális és globális – nő, így a merevítők száma jelentősen redukálható. (iii) Összehasonlítva a normál gerinccel, magas hajlítási merevséget kapunk keresztirányban, ami gerendahidak esetén lehetővé teszi a keresztartók számának csökkentését.

A funkcionalitás és a költséghatékonyság egy fontos részlete a nyírt kapcsolat. A legelterjedtebb megoldás a fejes csap, amely kialakítás esetén az acél és a beton szerkezeti elemek között a hosszirányú

nyíróerők átadását a felső övlemezre hegesztett függőleges csapok biztosítják. Egy betonlemezbe beágyazott, nyírt kapcsolóelemekkel ellátott acélgerinc azonban jó alternatívaként szolgálhat.

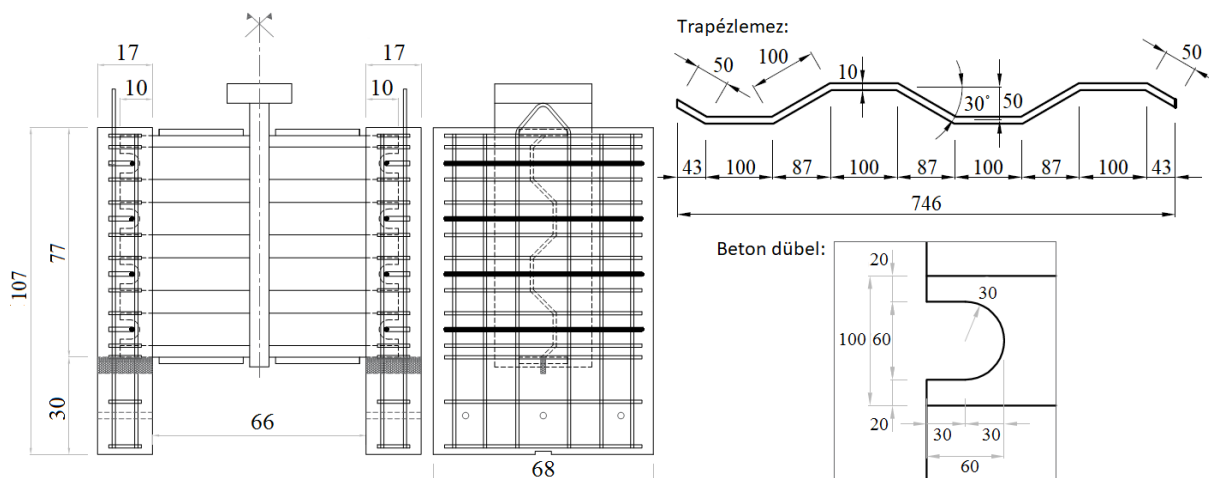
Az acél gerinc-vasbeton lemez kapcsolatát tekintve, kísérleti úton már vizsgáltak különböző elrendezéseket, azonban csak kevés méretezési ajánlás található a nemzetközi szakirodalomban a kapcsolat ellenállásának meghatározására, különösen a beágyazott kapcsolattípusok esetén [2] [3]. A szakirodalomban található kapcsolattípusoknál az acél trapézlemez gerinc be van ágyazva a beton lemezbe, további erősítésként a trapézlemez gerincre vágott nyitott vagy zárt furatokon átvezetők keresztirányú betonacélokat (beton dübelek) alkalmaznak, vagy a trapézlemezre vízszintesen elhelyezett fejes csapokat hegesztenek.

Az acél övlemez elhagyása a következő előnyökhöz vezet [1]: (i) A trapézlemez hullámai kiegészítő nyírási kapcsolatként is használhatóak. (ii) Az acél övlemez elhagyásával nincs szükség intenzív hegesztési munkálatokra, így a fáradás szempontjából kritikus szerkezeti részletek csökkennek. (iii) Keresztirányú hajlítás esetében az övlemezrel való tervezés olyan nyírt kapcsolatokat igényel, amelyek húzófeszültségeket is képesek átvinni.

2. KÍSÉRLETI PROGRAM

2.1. Próbatestek

A kísérletsorozatot 2017-ben végeztük a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában. Összesen 57 darab trapézlemez gerincű acél tartóval kialakított próbatest kísérleti vizsgálatát végeztük el, a jelenlegi cikk 2 kísérlet tapasztalatait mutatja be részletesen. Az egyik, később bemutatott próbatest kialakítása és méretei az 1. ábrán láthatók.



1. ábra

Próbatest [cm], trapézlemez [mm] és beton dübel [mm] geometriája

Az acélelem elkészülte után a betonlemezrel érintkező felületek be lettek zsírozva annak érdekében, hogy a különböző anyagú szerkezeti elemek könnyen el tudjanak válni egymástól. A betonlemezek két betonozási ütemben készültek, vízszintes pozícióban betonozták őket két nap különbséggel. A betonlemezekben 10 mm átmérőjű betonacélok találhatók, de a kivágásokon átvezetett vasalás 14 mm átmérőjű. A betonlemez és a bebetonozott trapézlemez szélei között 70 mm távolság van. A különböző ütemekhez készült betonkeverékekből legalább 3 próbakocka készült, a betonminőség megállapításához. Az acél trapézlemez húzószilárdságának meghatározására szakítóvizsgálat készült.

A próbatesteken vizsgált paraméterek a (i) trapézlemez-mezők szélessége, (ii) ferde lemezmezők hajlítási szöge, (iii) beágyazási mélység, (iv) betonszilárdság, (v) beton dübelek (átmenő keresztirányú vasalással kiegészítve) vagy fejes csapok hatása, (vi) betonacélok átmérője, illetve (vii) az acél övlemez hatása. Ezen paramétereknek jelentős hatása lehet a beágyazott kapcsolattípusok, kutatási program keretében vizsgált tulajdonságaira: a szerkezeti viselkedésre, és a teherbíráásra.

2.2. Kísérletek menete

A kísérleti elrendezés a 2. ábrán látható. A kísérletek során az alkalmazott terhelés és az acél trapézlemez gerinc-betonlemez közötti megcsúszást határoztuk meg, a kapcsolatok kezdeti merevségének, duktilitásának, és nyírási teherbírásának vizsgálata céljából. A méréshez három-három elmozdulás mérőt alkalmaztunk. A terhelést a laboratórium 6000 kN kapacitású hidraulikus sajtója szolgáltatta. A sajtó a terhet a próbatest tetején található merev acéllemezen adta át az acélelemre, majd az acélelem a betonlemezekre.

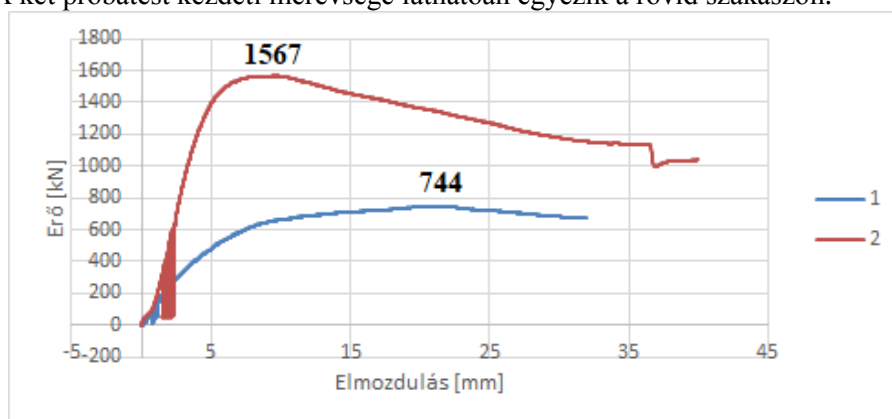


2. ábra
Próbatestek elrendezése

Az EN 1994-1-1 Annex B [5] szabvány terhelési protokollja alapján a próbatesteket a becsült teherbírásuk 40%-ának megfelelő teherszintig kell ciklikusan terhelni 25-ször a beton és az acél felületek közötti tapadás felszakítása céljából, majd a terhelést statikusan kell folytatni egészen a tönkremenetelig.

3. KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI

A bemutatott próbatestek paraméterei az 1. ábrán láthatók, a különbség a két próbatest között a beton dübel jelenléte. Az 1 jelű próbatest nem, a 2 jelű próbatest pedig tartalmaz beton dübeleket átfűzött betonacélokkal. A bemutatott próbatestek erő-relatív elmozdulás ábrái a 3. ábrán láthatók, a teherbírások feltüntetésével. A beágyazott trapézlemezt kiegészítő beton dübelek 110%-kal növelték meg a teherbírást. A két próbatest kezdeti merevsége láthatóan egyezik a rövid szakaszon.



3. ábra
Erő-relatív elmozdulás diagramok

A próbatestek tipikus tönkremenetelét a 4. ábra szemlélteti. A kiegészítő kapcsolat nélküli, 1 jelű próbatest esetében a betonlemezek keresztirányú hajlítása okozta a tönkremenetelt. Ezt a ferde lemezmezők által kifejtett vízszintes irányú erő okozta, amely kinyitotta a betonlemezeket. Az átmenő vasalással rendelkező, 2 jelű próbatest esetén a ferde lemezmezők alatti beton morzsolódásával ment tönkre a próbatest, mivel a vasalás nem engedte szétnyílni a betonlemezeket (a szétnyílás akkor indult meg, mikor a betonacélok elkezdtek elpattanni – a 3. ábrán látható az ugrás a 2 jelű próbatest görbéjén).



4. ábra

Keresztirányú hajlítás (1 j. próbatest) és betonmorzsolódás (2 j. próbatest)

4. ÖSSZEGZÉS

Az elvégzett 57 db kísérlet eredményeinek részletek kiértékelése folyamatban van, a bemutatott 2 kísérlet alapján a következő konklúziókat lehet levonni:

- (i) a beágyazott trapézlemez igen duktilis kapcsolatot eredményez;
- (ii) a beton dübelek (átmenő vasalással) jelenléte befolyásolja a tönkremeneteli módot és nagymértékben növeli a teherbírást;
- (iii) átmenő vasalás nélkül a keresztirányú hajlítás okozza a tönkremenetelt, átmenő vasalás esetén a betonlemez morzsolódása.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás a *BridgeBeam* K&F program GINOP-2.1.1-15-2015-00659 része, köszönet a pénzügyi támogatásért. A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket az Emberi Erőforrások Minisztériumának a számukra nyújtott támogatásért. Jelen kutatás és cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-2-I., ÚNKP-17-3-IV. és ÚNKP-17-4-III kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Hivatkozások

- [1] U. Kuhlmann, J. Raichle, Headed studs close to the concrete surface - fatigue behaviour and application, Leon, R. T et al.: Composite construction in steel and concrete VI, July 20-24, Tabernash, Colorado, ASCE 2011, 26-38.
- [2] B. Novák, J. Röhm, Anwendung von Trapezblechstegen im Brückenbau – Längsschubtragverhalten von Betondübeln in Kombination mit Trapezblechstegen, Beton- und Stahlbetonbau 2009;104(9), 562–569.
- [3] J. Raichle, U. Kuhlmann, Trapezblechstege im Verbundbau – Längsschub und Querbiegung der Verbundfuge mit randnahen Kopfbolzen, Stahlbau 2015;84(10), 763–770.
- [4] U. Kuhlmann, P. Maier, J. Raichle, M. Euler, M. Hubmann, New Developments of Steel and Composite Bridges, Ermopoulos (Ed.): Proceedings of the 7th National Conference of Steel Structures. Volos, Greece, September 29-30 and October 1st, 2011, 18-38.
- [5] EN1994-1-1:2004, Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings.