

Leromlási folyamatok Sentab típusú nagy átmérőjű, feszített vasbeton nyomócső esetén

Deterioration Mechanisms of Sentab Type High Pressure Water Pipe

CZOBOLY Olivér Attila¹ (doktorandusz), MAJOROSNÉ Dr. LUBLÓY Éva¹ (adjunktus),
Dr. BALÁZS L. György¹ (egyetemi tanár, tanszékvezető),
ZIMMER Péter² (okleveles mérnök, főmunkatárs)

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, H-1111 Budapest Műegyetem rkp. 3., K. ép. 185, Tel.: 463-4068 (titkárság), Fax: 463-3450, czoboly.oliver@epito.bme.hu, czobolyoli@gmail.com, lubeva@web.de, balazs@vbt.bme.hu,
² Fővárosi Vízművek Zrt. H-1134 Budapest, Váci út 23-27., Peter.Zimmer@vizmuvek.hu

ABSTRACT

Overall 360 km Sentab type water pipes were installed in Hungary. Due to the significant diameter the Sentab water pipes were used as parts of the main water lines, so it is very important to prevent any failure. In our research we studied the production technology of the water pipes, to locate the main cause of the deterioration. We carried out non-destructive tests on uncovered but still in use Sentab water pipes. We also carried out destructive tests on already replaced and out of order water pipes.

ÖSSZEFOGLALÓ

Összesen 360 km Sentab típusú cső került beépítésre Magyarországon. A Sentab csöveket nagy átmérőjük miatt a gerinchálózat részeként alkalmazták, így nagyon fontos az esetleges meghibásodásuk elkerülése. Tanulmányoztuk a csövek gyártástechnológiáját, hogy abból következtetni lehessen az állapotromlás szempontjából veszélyeztetett részekre. Ezt követően roncsolásmentes vizsgálatokat végeztünk feltárt, de üzem alatt levő Sentab csöveken. Továbbá roncsolásos vizsgálatokat végeztünk már kicserélt, használaton kívüli csöveken.

Kulcsszavak: Sentab, feszített vasbeton nyomócső, gyártástechnológia, állapotvizsgálat, leromlási folyamat.

1. BEVEZETÉS

Magyarországon (a BVM szentendrei gyárában) 1969-1988 között összesen mintegy 360 km hosszúságban készültek Sentab típusú, nagy (500-1200 mm) átmérőjű, feszített vasbeton nyomócsövek. A csőhálózatokban a nagy átmérőjének köszönhetően a Sentab csöveket általában a gerinchálózat részeként alkalmazták, így nagyon fontos a meghibásodásuk elkerülése. Az ivóvíz-ellátás megzavarásán túl, egy csőtörés jelentős anyagi károkat okozhat, vagy esetleg emberéletet is veszélyeztethet.

Csőtörés súlyosságára hívta fel a figyelmet egy 2012 nyarán bekövetkezett eset is, amikor egy 1000 mm átmérőjű Sentab típusú cső tönkremenetele következett be, mely jelentős károkat okozott. Amellett, hogy a környező városrész ivóvíz ellátottságában időszakos zavart okozott, jelentős anyagi kár keletkezett. A tönkrement cső környezetében mintegy 15 méter átmérőjű, több méter mély gödör alakult ki. Az útburkolat darabjait 20-50 méterre sodorta el a víz. A víz térd magasságig ért a csőtörést követően a környező utcákban és bejutott a környező lakóházak pincéjébe.

Az elmúlt években 8 használatban lévő és 10 használaton kívüli, kivett csőelem állapotvizsgálatát végeztük el [1]. Vizsgálataink eredményeit foglaltuk össze jelen munkánkban.

2. GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA

A Sentab csöveket svéd szabadalom alapján szovjet berendezések felhasználásával kezdték el gyártani Magyarországon. A svéd SENTAB-Trickröör cég fejlesztette ki a feszített beton nyomócsövek vibrohidropréseléses gyártástechnológiáját [2].

A csöveket B500 szilárdsági jelű betonból készítették, amihez 500-550 kg/m³ cementet használtak fel, a víz-cement tényező 0,35-0,38 között volt [3].

A Sentab csöveket hozzávetőlegesen 5 m hosszban gyártották. A csövek tervezett betonfedése minimum 12 mm volt [4].

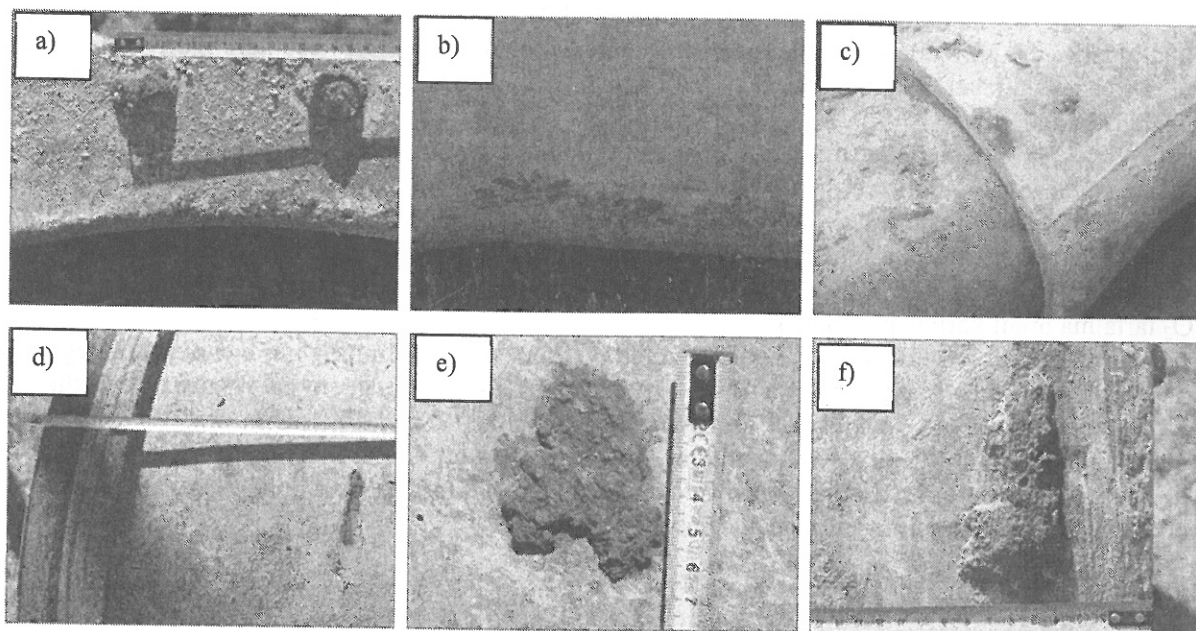
A Sentab csöveknél hosszanti irányban és spirálisan is feszítőhuzalokat alkalmaztak. A hosszirányú feszítőbetéteket kézi feszítőpuskával, szálanként feszítették meg. Ezt követően tekercselték fel a spirális feszítőhuzalt. A spirális feszítőhuzal megfeszítését a belső acélsablon és a gumiköpeny közé vezetett, 30-35 atmoszféra nyomású vízzel végezték, mely egyben a beton tömörítését is biztosította [2]. A nyomást fenn kellett tartani addig, amíg a beton a gőzérlelés hatására a 40 N/mm^2 szilárdságot el nem érte.

Az 1000 mm átmérő alatti csövek esetén 2 szegmensből állt a zsalu, míg 1000 mm átmérőtől 4 szegmensből voltak összerakva. A sablonszegmenseket rugós csavarokkal fogták össze. Az illesztéseket ipari szalaggal tömítették. A tömítőszalagot a csövek helyszíni vizsgálata során nyomokban megtaláltuk, hozzávetőlegesen a beton külső felülete alatt 1 cm-rel. Laboratóriumi vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a zsalu-illesztések környezetében a beton porózusabb volt mint az általános részeken, melynek oka az lehetett, hogy a cementpép egy része a zsaluillesztéseknél ki tudott folyni.

A spirálisan futó feszítőbetét véglehorgonyzásához két laposacél darabot alkalmaztak. A helyszíni vizsgálataink során, több csövön is megfigyeltük ezeknek a lehorgonyzó elemeknek a korrózióját.

3. ÉSZLELT HIBAHELYEK

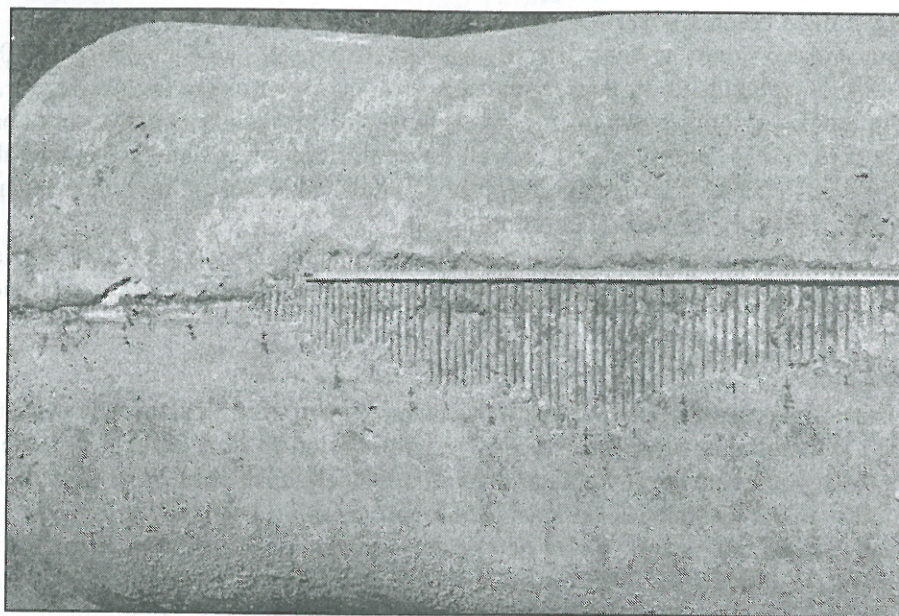
A 2. ábrán összefoglaltuk az általunk tapasztalt, jellemző korróziós hibákat. A hosszbetétek végénél, a cső bűtös felületén rozsdafoltokat figyeltünk meg a vizsgált csőelemen (2.a. ábra). Az 5 mm átmérőjű hosszanti feszítőbetét környezetében hozzávetőlegesen $4 \times 4 \text{ cm}$ kiterjedésű rozsdafolt alakult ki. A 2.b. ábrán hozzávetőlegesen $100 \times 10 \text{ cm}$ kiterjedésű felületen, több apró rozsdafoltot tapasztaltunk a zsaluillesztés környezetében. A rozsdatermék magassági mérete helyenként elérte a 32,79 mm-t. A zsaluillesztés környezetében tapasztalt nagy kiterjedésű rozsdafoltok környezetében eltávolítottuk a betonfedést a cső teljes alkotója mentén (3. ábra). A zsaluillesztés környezetében levő rozsdafolt feltárásánál, a betonfelület alatt hozzávetőlegesen 1 cm-rel megtaláltuk a tömítő szalagot. Ez alapján felmerült a kérdés, hogy a cementpép egy része kifolyhatott gyártás közben a zsaluillesztésnél, így porózusabb lehetett ezen a részen a beton. Mintát vettünk a zsaluillesztés környezetében levő betonfedésből, illetve egy ép, tömörnek látszó betonfelületből. Laboratóriumban meghatároztuk az adott minták testsűrűségét, illetve látszólagos porozitását. A mérések igazolták, hogy a zsaluillesztés környezetében a beton testsűrűsége kisebb volt, míg a látszólagos porozitása nagyobb, mint az ép betonfelületnek.



2. ábra: Jellemző hibahelyek a Sentab csövek esetén, a) hosszanti feszítőbetét végének korróziója, b) zsaluillesztés környezete, c) spirális feszítőbetét véglehorgonyzása, d) cső palástján észlelt korrózió, e) cső palástján észlelt korrózió, f) cső palástjának végén észlelt korrózió

A Sentab csövek gyártástechnológiájának ismertetése kapcsán már említettük, hogy több csődarabon is megfigyelhető volt a cső tokjának végéhez közel a cső palástján egy jellegzetes rozsdafolt (2.c. ábra). A betonfedés eltávolítását követően megtaláltuk a rozsdafolt alatt a spirális feszítőbetét véglehorgonyzó elemét. A 2.d. ábrán és a 2.e. ábrán két jellegzetes rozsdafolt látható a csövek palástján, melyeknél a beton felületén

nagyméretű (2-3 mm átmérőjű) pórusokat tapasztaltunk. Az egyik csődarabon megfigyeltünk a tok végének közelében egy hozzávetőlegesen 4×10 cm kiterjedésű rozsdafoltot (2.f. ábra), rozsdatermék alatt egy repedést találtunk.



3. ábra: Zsaluillesztés környezete a betonfedés eltávolítását követően

4. BETON SZILÁRDSÁG EGYENLETESSÉGE, KARBONÁTOSODÁSI MÉLYSÉG, KLORIDION-TARTALOM

A betonszilárdság egyenletességét minden általunk megvizsgált csődarabon Schmidt-kalapáccsal ellenőriztük. A mérések alapján a csövek betonszilárdsága egyenletesnek mondható.

A kivett, üzemén kívüli csövek esetén a betonfelületet megbontottuk, és a frissen tört felületen fenolf-talein oldattal megvizsgáltuk a karbonátosodási mélységet, mely két korróziós hely környezetét kivéve nem érte el az acélbetéteket. Tehát általános esetben nem a karbonátosodás miatti depassziváció okozta az acélbetétek korrózióját.

A 2.d. ábrán ismertetett rozsdafolt környezetét feltárva megfigyeltük, hogy az acélbetét nem lett a spirálhuzal-rendezőlécebe befűzve, így ott a betonfedés jelentősen lecsökkent, és a betonfedés is porózus volt. Ezen a részen a karbonátosodási mélység elérte a feszítőbetétet. A 2.f. ábrán látható rozsdafolt alatti repedésnél azt tapasztaltuk, hogy a repedés a feszítőbetétekig tart. A repedés felülete fenolf-talein oldat felhordása után nem színeződött el. (Ez nem meglepő, hiszen a repedés felülete nem frissen tört felület, így a levegő CO₂ tartalma miatt karbonátosodott.)

Az üzemén kívüli csövekből furatpor mintát vettünk a kloridion-tartalom mennyiségi meghatározásához. A laboratóriumi vizsgálatokat a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék végeztük el. Több esetben tapasztaltuk, hogy a kloridion-tartalom meghaladta az MSZ 4798-1:2004 szabvány, feszített vasbeton szerkezetekre megengedett, a cement tömegére vonatkoztatott 0,1 m% legnagyobb kloridion-tartalmat. A 2.b. ábrán ismertetett rozsdafoltnál hozzávetőlegesen 2,1 m% kloridion-tartalmat tapasztaltunk a feszítőbetét mélységében, a cement tömegére vonatkoztatva.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon hozzávetőlegesen 360 km hosszban építettek be Sentab típusú feszített vasbeton nyomócsöveket, melyek állapotvizsgálata nehéz a földel, illetve burkolattal való takartságuk miatt. A csőelemek tönkremenetelei mellett, hogy a hálózat üzemét megzavarják, jelentős anyag károkat is okozhatnak.

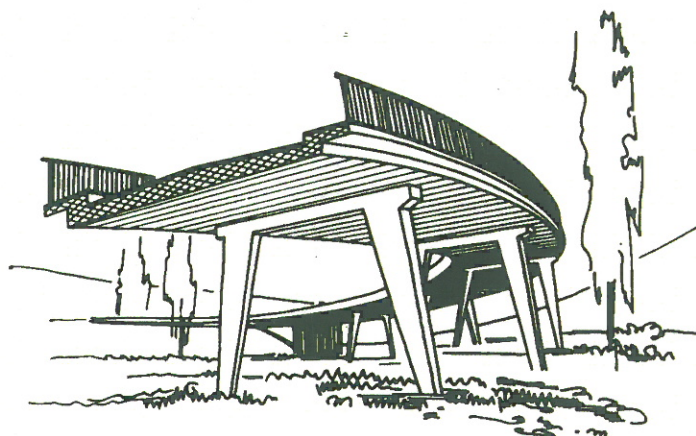
A gyártástechnológia tanulmányozásával és saját vizsgálati tapasztalataink alapján meghatároztuk a tipikus hibahelyeket, illetve meghibásodásuk okát. Vizsgálataink alapján azt tapasztaltuk, hogy a csöveken keletkezett hibahelyek legtöbbször ott alakultak ki, ahol a betonfedés túlzottan kicsi, illetve ahol a beton porózusabb volt, mely feltehetően a gyártáshibákra vezethető vissza. Továbbá azt tapasztaltuk, hogy a csövek állapota rövid távolságon belül is jelentősen eltérhet egymástól, mely fölhívja a figyelmet a feltárási helyek kiválasztásának fontosságára a csőszakasz állapotának becslése kapcsán.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Czoboly O.: „Lehetséges leromlási folyamatok ellenőrzése Sentab típusú, nagy átmérőjű, feszített vasbeton nyomócső esetén”, TDK dolgozat, 89 p., 2013, <http://tdk.bme.hu/EMK/DownloadPaper/Lehetséges-leromlasi-folyamatok-ellenorze>,
- [2] Fogarasi Gy.: „A feszített vasalás technológiája”, ISBN 963 431 330 2, Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézete, 1981, Budapest, 161 p.,
- [3] Balázs Gy.: „Beton és vasbeton II., Mélyépítési beton- és vasbeton szerkezetek története”, ISBN 963 05 6884 5, Akadémiai Könyvkiadó, 1995, 752 p.,
- [4] Mester, J.: „BVM – SENTAB nyomóvezetékek, Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium Műszaki Előírás”, Építésügyi Tájékoztatási Központ Nyomdaüzeme, 1978, Azonossági szám: 579/77, 138 p.

**XVIII. NEMZETKÖZI
ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI
KONFERENCIA**

**18th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON CIVIL ENGINEERING AND
ARCHITECTURE**



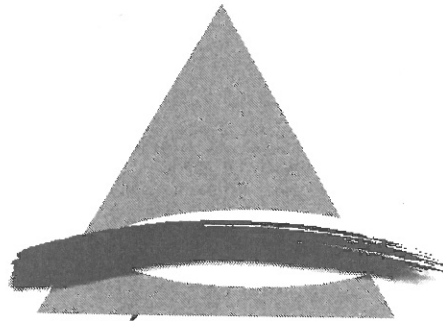
ÉPKO 2014

**ERDÉLYI MAGYAR MŰSZAKI
TUDOMÁNYOS TÁRSASÁG**

**HUNGARIAN TECHNICAL
SCIENTIFIC SOCIETY
OF TRANSYLVANIA**



Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania



ÉPKO 2014

**XVIII. NEMZETKÖZI ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI
KONFERENCIA**

**18th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

Csíksomlyó, 2014. június 12-15
Șumuleu Ciuc, 12-15 June 2014

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

Támogató / Sponsor

Bethlen Gábor Alapkezelő Zrt. – Budapest
Bethlen Gábor Found – Budapest
Magyar Tudományos Akadémia – Domus Kuratórium – Budapest
Hungarian Academy of Sciences – 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

Dr. Farkas György – Budapest, HU

Dr. Gobesz Ferdinánd Zsongor – Kolozsvár, RO

Dr. Guțiu Ștefan – Kolozsvár, RO

Dr. Herman Sándor – Temesvár, RO

Dr. Horvát Ferenc – Győr, HU

Holló Csaba – Budapest, HU

Dr. Karvaly Elemér – Budapest, HU

Dr. Kazinczy László – Budapest, HU

Dr. Kiss Zoltán – Kolozsvár, RO

Dr. Kontra Jenő – Budapest, HU

Dr. Mecsi József – Pécs, HU

Dr. Moga Petru – Kolozsvár, RO

Dr. Szalay György – Pozsony, SK

Dr. Takács János – Pozsony, SK

Tartalomjegyzék – Content

Épületenergetikai tanúsítás speciális kérdései Beépítetlen tetőtér Special Aspects of Energy Performance Certification of Buildings Roof Lofts BAUMANN Mihály	8
A nagyméretű vízcseppek hatása a vízköd sugár pályájára Effect of the Flow of Large Water Droplets on the Water Mist Sprays BEDA László, SZIKRA Csaba.....	13
Előregyártott betonburkolatok élettartam alatti viselkedése The Behaviour of Precast Cement Concrete Pavement BENCZE Zsolt, KARSAINÉ LUKÁCS Katalin.....	19
Rácsolással merevített íves fatartók közelítő stabilitásvizsgálata Approximate Stability Analysis of Truss-braced Timber Arch Girders BÓDI István, KORIS Kálmán	23
Helyi hőérzeti komfort elemzése sugárzó falfűtés alkalmazásánál Analysis of Local Thermal Discomfort by Using Wall Radiant Heating Mária BUDIAKOVÁ.....	27
A hőhidasság hatása a szükséges szellőzésre, állagvédelmi szempontból Effect of the Cold Bridges to Ventilation Required to Avoid Mildew BUDULSKI László	31
Égéstermék visszacsapó szelep áramlástechnikai mérése Flow Test of Non-return Gas Valve CAKÓ Balázs	35
A zuzottkő ágyazat oldallellenállása különböző keresztaljak esetében Track Ballast Lateral Displacement Resistance for Different Rail Sleepers Type CIOTLĂUȘ Mădălina, KÖLLŐ Gábor	41
Leromlási folyamatok Sentab típusú nagy átmérőjű, feszített vasbeton nyomócső esetén Deterioration Mechanisms of Sentab Type High Pressure Water Pipe CZOBOLY Olivér Attila, MAJOROSNÉ LUBLÓY Éva, BALÁZS L. György, ZIMMER Péter	46
Szennyvíztisztító telepek épületgépészete Engeneering of Sewageworks CSANÁD Bálint	50
Fókuszban a kínai vasútfejlesztések China's Railway Development CSÁRÁDI János.....	56
A Debreceni Stadion szerkezeti harmóniája Structural Harmony of the Debrecen Stadium DEZSŐ Zsigmond, KOCSIS Attila.....	61
Aléptítmény védőrétegek kombinálása geopolimerekkel The Combinations of Protective Layers and Geopolymers in the Substructure ELLER Balázs	67
Rurális térségek vízi infrastruktúra jellemzői Features of Water Infrastructure in Rural Areas EÖRDÖGHNÉ MIKLÓS Mária	73
Feszítés alkalmazása a vasbeton hídépítésben Prestressing in Reinforced Concrete Bridge Design FARKAS György	78
64 méteres ponyvafedésű acéltartó áthelyezése Relocation of a 64 m Span Textile Covered Steel Structure GALASKÓ Gyula	82
Az utófeszített vasbeton lemezek átszűrődási teherbírása The Punching Shear of Prestressed Flat Slabs GÁLL Szilárd, KISS Zoltán	87
A román P100-as földrengés-méretezési kód fejlődése The Evolution of the Romanian p100 Seismic Design Code GOBESZ Ferdinánd-Zsongor, KEGYES Csaba	91



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