

# ROBBANTÁS HATÁSÁRA BEKÖVETKEZŐ SZERKEZETVÁLTOZÁSOK ELEMZÉSE

## ANALYSIS OF STRUCTURAL CHANGES CREATED BY THE BLAST EFFECT

Nyikes Zoltán,<sup>1</sup> Daruka Norbert,<sup>2</sup> Kovács Tünde Anna<sup>3</sup>

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Biztonságtudományi Doktori Iskola. Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [nyikes.zoltan@phd.uni-obuda.hu](mailto:nyikes.zoltan@phd.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> [daruka.norbi@gmail.com](mailto:daruka.norbi@gmail.com)

<sup>3</sup> [kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu](mailto:kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

Unfortunately, people can't live in peace in this century: many wars and terrorist attacks have been witnessed even within the last year. In the case of such attacks, both the people and the civil infrastructure is in danger [1-3]. The modern age (infrastructure) provides electrical networks and communication networks for the citizens. Without electricity and/or communications (e.g. the internet), urban life is paralysed. Explosions create heat and shock waves and their effects can potentially damage the wall and cables of a building as changes in the material structure occur. In this article, the authors introduce a blast load effect testing method in an empirical way. The metal microstructure deformation level is measurable by changes in resistance, because resistance is a physical property which depends on the crystal structure of the metal.

**Keywords:** *resistance, electrical cable, blast.*

### Összefoglalás

Sajnos az emberek nem élhetnek békességben a századunkban sem, az elmúlt évben is számos háború és terrorista merénylet volt. Egy támadás során az emberi élet és a lakosság infrastruktúrája is veszélyben van [1-3]. A modern kor (infrastruktúra) biztosítja a lakosság számára a villamos hálózatot és a kommunikációs hálózatot. Elektromos áram és/vagy kommunikáció (internet) nélkül a városi élet lefagy. A robbanás hő és lökéshullámokat okoz. Ezek a hatások károsíthatják az épületek falait és a vezetékhálózatot, mivel az anyagok szerkezete megváltozhat.

**Kulcsszavak:** *ellenállás, villamos vezeték, robbanás.*

### 1. Bevezetés

A védelem mindig fontos szerepet kapott a történelem során. A modern korról új anyagok jelentek meg és az épületek kialakítása is egyre bonyolultabbá vált. Az építési szabványok is kialakultak, melyek alapján figyelembe kell venni a földrengések hatásait. Sajnos a robbantásos merényletekre, esetleges háborúra nehezen lehet felkészülni az építés során, hazánkban ezekre az igénybevételekre vonatkozó szabvány sem áll rendelkezésre [4-5].

A robbantásos igénybevételeket egyébként is igen bonyolult csoportokba sorolni, mivel igen nagy a variációs lehetőség mind a robbanóanyagok kémiai összetétele, megjelenési formája, mind az alkalmazható mennyisége között. Emellett ezeket az anyagokat folyamatosan fejlesztik [6].

Az építőipari anyagok is fejlődnek, bár az elmúlt évszázadok tekintetében megállapítható, hogy ennek üteme a robbanóanyagokhoz képest jóval lassúbb.

A villamos hálózatok esetében fémeket (alumínium, réz), a kommunikáció terén viszont már

nemcsak fém, hanem üvegkábeleket is alkalmaznak.

A fémek igen jó hő- és villamos vezetőképességgel, valamint alakíthatósággal rendelkeznek [7]. Ezen tulajdonságaik miatt alkalmasak a villamos hálózatokban való felhasználásra. Fémes szerkezetük miatt érzékenyek a hő- és dinamikus hatásokra, igénybevételekre. Ezek a hatások szerkezeti változásokat okozhatnak, melyek mind mechanikai, mind fizikai tulajdonságukban változást idézhetnek elő [8]. Kísérleteinkben a villamos hálózatban alkalmazott réz vezető kábelek robbanás hatására bekövetkező változásait igyekeztünk vizsgálni.

## 2. Elméleti háttér

A fémek villamos ellenállása függ a fém mikroszerkezetétől. A rézfelületen köbös rendszer szerint kristályosodik, rácsállandója  $a=0,364$  nm. Mivel a rácsállandója kicsi, jó a vezetőképessége, ugyanis az atomok közösen használják a vegyértékelektronjaikat. A réz és ötvözetei esetében megállapított, hogy a fajlagos ellenállása függ a kristályrácsban található diszlokációk számától (1. ábra).

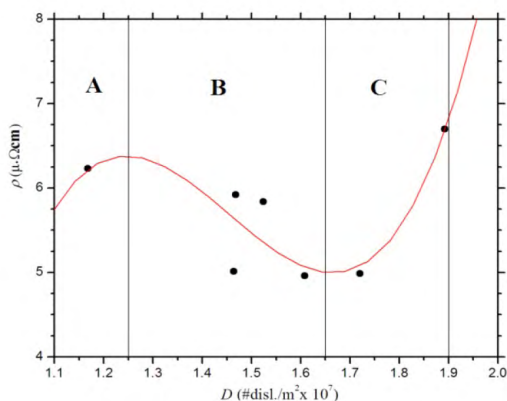
A vezetőképességet,  $G$ -t az ellenállás reciprokaiból határozzuk meg (1), a fajlagos vezetőképesség pedig az egységnyi hosszúságú és keresztmetszetű anyag vezetőképessége (2).

A vezetőképesség, ahol  $R$  ( $\Omega$ ) az ellenállás:

$$G=1/R \text{ (S)} \quad (1)$$

A fajlagos vezetőképesség (konduktivitás) a fajlagos ellenállás reciproka, ahol  $\rho$  ( $\Omega \cdot m$ ) a fajlagos ellenállás:

$$\sigma=1/\rho \text{ (S/m)} \quad (2)$$



1. ábra. A fajlagos ellenállás a felületegységre eső diszlokációk számának függvényében [9]

ahol  $\rho$  a fajlagos ellenállás értéke,  $A$  ( $m^2$ ) a vezeték keresztmetszete,  $R$  ( $\Omega$ ) az ellenállás értéke,  $l$  (m) pedig a vezeték hossza:

$$\rho=RA/l \text{ (}\Omega \cdot m\text{)} \quad (3)$$

Képlékeny alakítás hatására a fémrácsban létrejövő diszlokációk száma megnövekszik. A robbanás lökéshullámai nagy energiájú alakítást okoznak, mely a képlékeny alakításhoz hasonló mechanizmust indít el, a diszlokációk száma megnövekszik [2].

## 3. Kísérleti anyagok

A kísérletben rézvezetékek robbantás hatására bekövetkező változásait igyekeztünk vizsgálni. Kísérleteinkhez a mai építkezésekhez használt két különböző téglatípust használtunk fel (új típusú betontéglát és hagyományos kerámiatéglát), ezekbe helyeztük el az 1 mm átmérőjű, réz villamos vezetékeket (2-3. ábra).

A réz sűrűsége  $8,93 \text{ g/cm}^3$ , olvadási hőmérséklete  $1083 \text{ }^\circ\text{C}$ , szakadási nyúlása 30–35%, szakítószilárdsága  $250 \text{ MPa}$  [10]. A téglákat különböző rétegekkel vontuk be (4. ábra).



2. ábra. Betontégla rézvezetékekkel



3. ábra. Kerámiatégla rézvezetékekkel

## 4. Robbantásos kísérlet

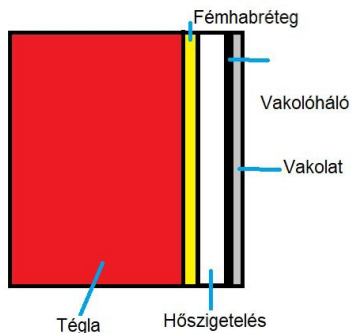
A kísérletekhez TNT és Semtex robbanóanyagot alkalmaztunk, mindkét anyagból 400 g mennyiséget adott robbantási távolságban elhelyezve (robbantási távolság: 2 m, 3 m). A téglákat vízszintesen a földön helyeztük el a robbanóanyaggal egy síkban (felszíni robbantás). Az elrendezést az 5. ábra mutatja.

A különböző robbanóanyagok hatására a téglák károsodást szenvedtek el, a bennük elhelyezett kábeleket a robbantási távolság függvényében elérő lökéshullám érte.

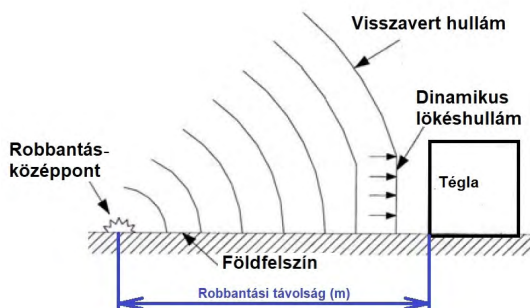
A keletkező hő mennyisége nem volt jelentős az alkalmazott elrendezésben.

## 5. A kábelek vizsgálatai

A robbanás hatását a kábelek szerkezetében ellenállásméréssel igyekeztünk vizsgálni. A nagy energiájú hatások, mint a robbanás, változást okoz a fémek mikroszerkezetében. A fémek fajlagos vezetőképessége függ a szemcsemérettől és a kristályparaméterektől, valamint a diszlokációk mennyiségétől [9]. A vizsgált rézvezetékek azonos



4. ábra. A kísérleti téglá felületére felvitt rétegekkel



5. ábra. Felszíni robbantás elrendezése [9]

hosszúságúak voltak (100 mm), valamint ellenállásuk értéke a kísérlet előtt megegyezett ( $20\text{ °C-on } 4 \cdot 10^{-3} \Omega$ ). A kísérletet követően alakváltozást nem mértünk. Az ellenállásmérést Wheatstone-híddal végeztük öt tizedes pontossággal.

A kísérletet megelőző fajlagos ellenállás értéke az alkalmazott villamos vezetékek esetében a (3) összefüggésből:

$$\rho = 1,256 \cdot 10^{-7} (\Omega \cdot m) \quad (7)$$

Az 1. táblázatban összefoglaltuk a mérési eredményekből meghatározott fajlagos ellenállás értékeket a különböző robbantási távolságok és téglatípusok esetében.

## 6. Eredmények és következtetések

Az elvégzett kísérletek alapján megállapítottuk, hogy az alkalmazott robbanóanyagok hatásában a kísérleti elrendezés esetén a villamos vezető kábelekre releváns eltérés nem mutatható ki.

A robbantás hatására kismértékű fajlagosellenállás-változást mértünk.

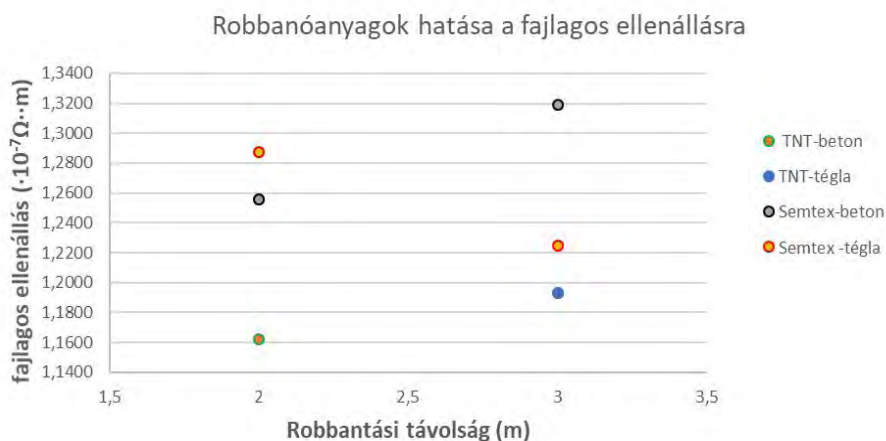
A robbantási távolság és a fajlagosellenállás-változás között nem tudtunk felírni matematikai összefüggést, mert ehhez a kísérleti eredményeink nem voltak elegendőek.

Megállapítottuk, hogy a robbantás a villamos vezetékek esetében okozott szerkezetváltozást, melynek hatására a fajlagos ellenállás változott.

Tervezzük további kísérletek lefolytatását, nagyobb mennyiségű robbanóanyaggal és kisebb robbantási távolságból, mely várakozásaink szerint jelentősebb változást okoz. Tervezzük továbbá a vezetékek mikroszerkezeti vizsgálatait, hogy kapcsolatot teremthessünk a robbantás hatása és az ennek hatására képződő diszlokációk száma között.

1. táblázat. Próbatestek típusai

Alkalmazott robbanóanyag	Távolság (m)	Tégla típusa	Fajlagos ellenállás ( $\cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$ )
TNT	2	beton	1,1618
		kerámia	1,2560
	3	beton	1,1932
		kerámia	1,1932
Semtex	2	beton	1,2560
		kerámia	1,2878
	3	beton	1,3199
		kerámia	1,2246



6. ábra. Fajlagosellenállás-értékek a robbantási távolság és a robbanóanyag függvényében

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Figuli L., Jangl Š., Papán D.: *Modelling and Testing of Blast Effect on the Structures*. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 44/5. (2016).
- [2] Figuli L., Štaffenová D.: *Practical Aspect of Methods Used for Blast Protection*. In: Key Engineering Materials 755. (2017) 139–146. Trans Tech Publications, Switzerland.
- [3] Figuli L., Bedon C., Zvaková Z., Jangl Š., Kavický V.: *Dynamic analysis of a blast loaded steel structure*. Procedia Engineering, 199. (2017) 2463–2469.
- [4] Figuli L., Jangl Š., Papán D.: *Modelling and Testing of Blast Effect On the Structures*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 44/5. (2016).
- [5] Lukács L., Szalay A., Zádor I.: *Explosive forming and the aerospace*. Repüléstudományi Közlemények, vol. XXIV/2. (2012) 431–446.
- [6] Daruka N.: *IEDD – Improvised Explosive Device Disposal*. In: International Conference on Military Technologies – ICMT 2013, 383–390 (2013).
- [7] Ashby M. F., Jones D. R. H: *Engineering Materials. An Introduction to Properties, Applications and Design*. Third Edition, Elsevier 2005. Cambridge, UK P.K.
- [8] Kovács T.: *Explosive Surface Hardening of Austenitic Stainless Steel*. In: Iop conference series: Materials Science and Engineering 123. (2016) 1–5.
- [9] Ramos M. J. G., et al.: *Dependence of Electrical Resistivity on Plastic Deformation on Copper-Aluminium Alloy Cu0,975Al0,025*. Journal of Metals, Materials and Minerals, 26/2. (2016) 31–36. <https://doi.org/10.14456/jmmm.2016.9>
- [10] Meyers M. A. Mura E., Staudhammer K. P.: *Shock-wave and high-strain-rate phenomena in metals*. Marcel Dekker Inc., New York, 1992.
- [11] Draganic H., Sigmund V.: *Blast load on structures*. In: Technical Gazette, 19/3. (2012) 643–652.