

TÉGLA, KŐ, BETON ÉS VASBETON SZERKEZETI ELEMEEK ROBBANTÁSI SZABÁLYAINAK FEJLŐDÉSE, A HONI KATONAI ROBBANTÁSTECHNIKÁBAN

Prof. Dr. Lukács László ny. mk. alezredes

A honi katonai robbantástechnika múltjának feldolgozásával, rendszerező áttekintésével és a továbbfejlesztés javasolt irányjaival is foglalkozó mű Magyarországon, eddig még – tudomásom szerint – nem készült. Külön érdekességet ad a kérdésnek, hogy az 1800-as évektől a mai napig terjedő időszak során, az először német alapokon nyugvó robbantási szabályozást, a II. világháború után felváltották a volt szovjet szabályzatok fordításai, majd a rendszerváltozást követően új utakat kellett, kellene keresnünk e szakterületen belül is. Közben tagjai voltunk a Varsói Szerződésnek, jelenleg pedig a NATO szövetségi rendszerében kell megfelelnünk, a hazai és a nemzetközi elvárásoknak.

A katonai felsőoktatásban 1979 óta robbantást oktató tanárként meggyőződésem, hogy akkor alkalmazható igazán mesterien egy-egy eljárás, módszer, ha nem csak a végeredményként megfogalmazott szabályt, hanem annak kialakulását, fejlődését is ismerjük. Szakmai önbizalmunkat növeli, az egyes szabályok, eljárások, módszerek iránti bizalmat erősíti, ha bizonyítottnak látjuk ezek időtállóságát, a sok-sok éven keresztül folytatott elméleti kutatásokon, és a megszerzett gyakorlati tapasztalatokon nyugvó megalapozottságát.

Az aktuálisan érvényben lévő szabályzat, szakutasítás kötelező érvényű, az azt alkalmazó katonai szervezet minden tagjára. A benne foglaltak feltétlen elfogadását viszont, az elrendelő határozatnál, intézkedésnél sokkal eredményesebben szolgálja az, ha például azt is tudjuk, látjuk, hogy 1903-ban, majd 1928-ban is ugyanolyan

szabályok szerint kellett kezelni a robbanózsínórt, mint ma. Ha szilárd meggyőződéssel, tényekkel alátámasztottan tudunk azonosulni az előírásokkal, mert tudjuk: ebben a szakmában a fennálló rendszertől, politikai berendezkedéstől függetlenül igaz, több mint egy évszázadon átívelő, és alapvetően a mai napig érvényes szabályozók szerint végzendők a feladatok. A robbantó igazát mindig az elért eredmény bizonyítja. Számol, töltetet szerel és robbant. Ha a munkáját jól végezte, akkor sikeres volt. Ha nem, akkor – jó esetben – okulhat a hibáján. De a robbantási feladatokat békében is „élesben” hajtjuk végre. És a robbanóanyagot nem érdekli a diploma minősítése. „Öntörvényű” anyag. Ha betartod a szabályait, akkor a segítőtársad. Ha nem, akkor büntet.

Jelen dolgozatban a téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődését vizsgáljuk meg a honi katonai robbantástechnikában. Az irodalomjegyzék anyagai közül, az alábbi szabályzatok, utasítások adták a fejlődéstörténeti áttekintés vázát:

- Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához, 1899. (a továbbiakban Vezérfonal);
- E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utásai számára, 1902.;
- Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. (a továbbiakban Kézikönyv);
- E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I-II. rész + Mellékletek, 1928-1929. (a továbbiakban Műszaki oktatás);
- Robbantási segédlet, 1950.;
- E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, 1950.;
- Robbantások, Honvédelmi Minisztérium, 1953.;
- Mű/2. Robbantási utasítás, 1965.;
- Mű/213. Robbantási utasítás, 1971.

A dolgozatban az egyes fogalmak és anyagok nevei többféle formában, és helyesírással szerepelnek. Ennek oka az, hogy a különböző szakirodalmakban így jelentek meg, ezért – a történeti hűség okán – nem alkalmaztam a ma elfogadott megnevezéseket¹.

1. Téglá, kő és beton szerkezeti elemek robbantása

A **Vezérfonal (1899)** nem említi az építési anyagokból készült szerkezeti elemek robbantását.

A **Kézikönyv (1903)** viszont már bőséges terjedelemben foglalkozik a „falazatok” robbantásával, történeti áttekintést is adva az egyes eljárások kialakulásáról.

A falazat teljes áttörésére a Vogl-féle alapképletet alkalmazza, melyet később a földrobbantásnál is alkalmazni fog. A képlet létrejöttének történetéhez tartozik, hogy a belső töltetek problémája (abban az időben „hadi aknáknak” nevezték őket²) már régóta foglalkoztatta a katonai szakembereket. A hadi aknák feltalálójának Pietro Navarrot tartják, aki 1503-ban Nápoly ostrománál alkalmazta a védművek rombolására. Ennek eredménye volt 1679-ben Franciaországban, 1716-ban pedig Ausztriában az aknász századok felállítása, és ezt követően a belső töltetek (ebben az időben nem tettek különbséget a talajban és a falakban elhelyezett töltetek között) elméleti kérdéseinek tisztázására fordított figyelem.

A kutatásokban kiemelt jelentőségű, a XVIII. század legkiválóbb aknászának tartott Belidornak azon felfedezése, hogy „minden robbantó töltés bizonyos nyomási gömböt létesít”³.

¹ Ahol ezt (a könnyebb érthetőség kedvéért) szükségesnek éreztem, ott lábjegyzetben utalok a ma ismert megnevezésre.

² Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest. 1903. 170. oldal

³ Uo. 175. oldal

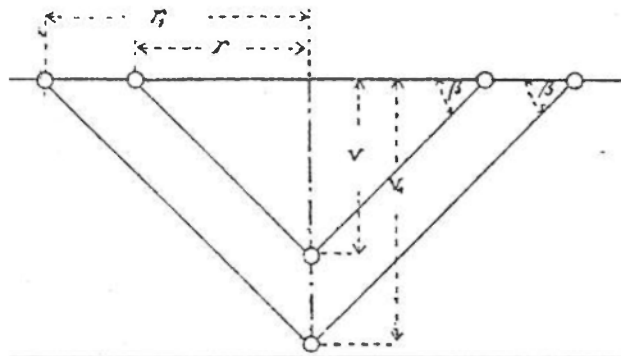
Újabb előrelépést jelentett 1805-ben Lebrun fellépése, aki Megrigny 1686-os kísérleti eredményeit is felhasználva felállította töltési képletét, „mely szerint két hasonló repesztő kúphoz tartozó töltések (T) úgy viszonylanak egymáshoz, mint e kúpok köbtartalmai (K) illetőleg:

$$T : T_1 = K : K_1^{3/4} \quad [1]$$

Ebből eredően „mértanilag hasonló aknatölcsérekre ...a robbantó töltések úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő ellenállások harmadik hatványai”, vagyis

$$T : T_1 = v^3 : v_1^3 \quad [2]$$

ahol v és v_1 a 1. számú ábra szerint.



1. számú ábra: Hasonló repesztő kúpok ábrázolása⁵

A [2] arányból következik, hogy „a töltés és az ellenállás harmadik hatványából képzett hányados állandó; ennek értékét g töltési együtthatónak nevezzük⁶.”

Ennek alapján a közismert Lebrun-képlet:

$$T = g * v^3 \quad [3]$$

ahol T - a robbanóanyag tömege kg-ban;

v - az ellenállási vonal m-ben;

g - a töltési együttható.

⁴ Uo. 175. oldal

⁵ Uo. 175. oldal, 147. ábra

⁶ Uo. 176. oldal

Lebrun elméletét fejlesztette tovább 1871-1873 között, Linzben végrehajtott kísérleti falrobbantásai során az Osztrák-Magyar Hadügyi Bizottság, mely azt állapította meg, hogy „különböző fúrólyukak töltései úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő romboló övek félátmérőinek (repszto sugarak) harmadik hatványai”⁷, vagyis:

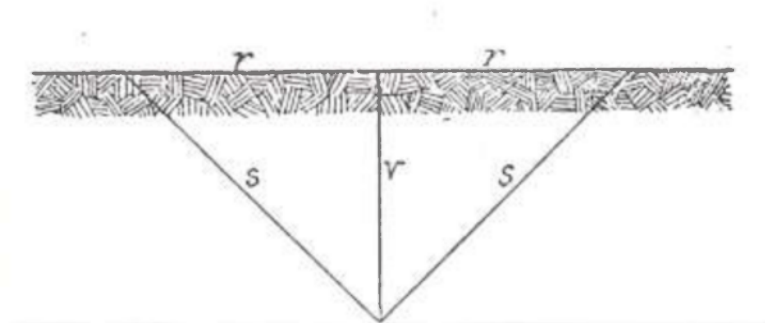
$$T = c * s^3 \quad [4]$$

ahol c - töltési együttható;

s - a repszto sugár.

A [4] képletet finomította tovább 1874-ben Julius Vogl őrnagy, mivel ebben a formájában a gyakorlati számítások végrehajtására alkalmatlannak találta. A különféle feladatok végzése során ugyanis rendszerint a legkisebb ellenállás v és a tölcsér sugara r adott (2. számú ábra), melynek alapján:

$$s = (v^2 + r^2)^{1/2} \quad [5]$$



2. számú ábra: A feladat ábrája Vogl szerint⁸

Az [5] képletet átrendezve bevezette a töltet hatásmutatóját n , mely:

$$n = r / v \quad [6]$$

A falrobbantási tapasztalatok alapján Vogl szerint e hatásmutató értéke 0.75 - 1.5 között változik.

⁷ Uo. 176. oldal

⁸ Uo. 177. oldal, 148. ábra

Vogl képletének végső alakja a következő:

$$T = k * (v + r)^3 \quad [7]$$

ahol T - a robbanóanyag töltet tömege kg-ban;

k - töltési együttható;

v - a legkisebb ellenállás m-ben;

r - a tölcser sugara m-ben.

A $/g/$ és $/k/$ töltési együttható kísérleti meghatározására, valamint néhány gyakorlati értékére vonatkozóan a Kézikönyv 178-182. oldalain található útmutatás.

Az $/n/$ töltet hatásmutató értékének megválasztása során az alábbiak figyelembevételét ajánlja a Kézikönyv:

- „minél nagyobb az $/n/$, annál teljesebb és nagyobb terjedelmű a szerkezeti rész áttörése;
- minél nagyobbak vesszük a tölcser sugarát, annál távolabbra helyezhetjük el egymástól az aknákat, vagyis annál kisebb lesz a robbantandó tárgyhoz szükséges töltések száma és ezzel kapcsolatosan kisebb az előmunka;
- az $/n/$ viszonyszám növelésével, a robbantandó építményhez (pl. bizonyos hosszú szabadon álló falnál) szükséges repesztő-szer mennyisége is nagyobbodik s maximumát éri el $n = 1.5$ -nél, midőn is a felével nagyobb, mint $/n/$ legkisebb értékénél, illetve 0.75 -nél”⁹.

A szerkezeti elemek több, egymással összefüggően ható töltettel való robbantása során, a töltetek egymástól való távolságának megállapításakor az alábbiakra kell figyelemmel lenni:

- „hogy valamely építmény falazatának teljes és összefüggő áttörését elérjük, azaz, hogy az akna-tölcserék között egyes megbontatlan falrészek ne maradjanak, az aknákat legföljebb a tölcser-sugár kétszeres távolságában kell egymástól elhelyezni;

⁹ Uo. 239. oldal

- ha az aknákat ennél kisebb távolságban rendezzük el, akkor a falazatnak áttörése tökéletesebb és terjedelmesebb, a megrázkódtatás pedig, erőteljesebb és mélyebbre ható lesz;
- ha ellenben az aknák egymástól való távolsága nagyobb a kettős tölcésr-sugárnál, akkor a robbantandó falazatrétegek csak részben lökődnek ki, s az építmény állékonyságától függ, vajon a helytálló részek megakadályozhatják-e annak teljes beomlását vagy sem?¹⁰.

A Kézikönyv szerint a „kapcsolt aknák” esetén célszerű tölteteket egymástól a tölcésr-sugár másfélszeres távolságára helyezni.

A **Műszaki oktatás (1928) VIII. fejezetében** foglalkozik a falak és sziklák robbantásával, és mindjárt a legelső pontban rögzíti: a fal- és sziklarobbantás elmélete ugyanaz, mint a földrobbantásé¹¹.

A töltetek elhelyezésére vonatkozóan az alábbiakat rendeli el, ugyanebben a pontban: „Falakat rendszeren zárt aknával robbantunk; csak akkor, ha kevés az időnk, alkalmazzunk falrobbantásnál egészen vagy részben beeresztett vagy szabadon fekvő aknát... Az aknák külalakjuk szerint lehetnek összpontosított (ide tartoznak a fűrt töltetek is) vagy nyújtott aknák. A töltetek fojtását, ha lehet el kell végezni”.

Az összpontosított töltet tömegének meghatározása:

$$T = c * d * W^3 \quad [8]$$

ahol T - a töltet tömege kg-ban;

c - szilárdsági tényező, mely az ellenállási vonal nagyságától és az anyag szilárdságától függ (értékei a képlet után található);

d – „lefojtási tényező”, melynek értékét az akna elhelyezése és lefojtása befolyásolja¹²;

W - az ellenállási vonal m-ben.

¹⁰ Uo. 239. oldal

¹¹ E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I. rész, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928-1929. 221. oldal, 298. pont

¹² Uo. 224. oldal 144. táblázat, és 225. oldal 145. táblázat

A /c/ szilárdsági tényező értékei, ekrazit robbanóanyagra vonatkozóan:

- kemény szikla és beton esetén, ha $W < 1.0 \text{ m}$ $c = 5$
 $W = 1.0 - 1.5 \text{ m}$ $c = 4$
 $W = 1.5 - 2.0 \text{ m}$ $c = 3.5$
 $W > 2.0 \text{ m}$ $c = 3$
- laza kőzet és falak esetén $c = 3$.

Egyéb robbanóanyag alkalmazása esetén a töltet nagysága úgy állapítható meg, ha a kapott értéket megszorozzuk a Műszaki oktatás, robbanóanyagokkal foglalkozó fejezetében közölt szorzószámokkal (sajnos trotilra vonatkozóan ez a szám nincs megadva, mert csak, mint tüzérségi lőszer töltőanyagát említi).

Erősen terhelt falak (pl. pillérek, boltozatok, állandó erődítési építmények) robbantásánál a /c/ tényező értékét 1.3-mal, vasbeton esetén pedig, 1.5-tel meg kell szorozni.

Több (együtt ható) töltet alkalmazása esetén az összpontosított töltetek egymástól való távolsága:

- terheletlen (szabadon álló) falak esetén $2 W$;
- boltozatok, beton és vasbeton építmények esetén pedig, $1.5 W$.

A számítás megkönnyítésére egy táblázatot és egy nomogramot is közöl¹³. Megjegyzendő, hogy a táblázat értékei nem terhelt (szabadon álló) falakra vonatkoznak. Erősen terhelt falak, boltozatok esetén a kapott robbanóanyag mennyiséget 1.3-mal, vasbeton falaknál pedig, 1.5-tel még meg kellett szorozni.

A nyújtott töltet tömegének meghatározása:

$$T = c * d * W^2 \quad [9]$$

ahol T - az egy folyóméter robbanóanyag tömege kg-ban;

$c - d - W$ - a [25] képletnél tárgyaltak szerint.

¹³ Uo. 227.229 oldalak III. táblázat, valamint 5. sz. melléklet 9. ábra

Amennyiben a kapott robbanóanyag mennyiség nem fejezhető ki teljes „szelencesorokban”, akkor vagy el kell osztani a hiányos sor szelencéit a teljes sor (-ok) mentén, vagy a töltetet teljes sorra felkerekítve kell alkalmazni.

Nyújtott tölteteket legtöbbször szabadon felfektetve, esetleg „beeresztve” kell alkalmazni. Zárt „aknaként” való alkalmazása esetén több robbanóanyag kerül felhasználásra, mint az összpontosított „aknák” esetén. Használatukat beton és vasbeton elemek robbantásakor is ajánlja a Műszaki oktatás, tekintve, hogy elhelyezésük egyszerűbb és az „összefüggő sávok átütése biztosabb”¹⁴.

A tervezést ebben az esetben is egy számítási táblázat és egy nomogramm segíti¹⁵.

A Műszaki oktatás ezen kívül tárgyalja a „fúrt töltetekkel” való robbantást, ahol 50 cm furatmélységig próbarobbantás alapján kell az alkalmazandó töltet tömegét meghatározni (ha erre nincs idő, akkor a furat 1/3-1/4 részének robbanóanyaggal való feltöltését ajánlja). Az 50 cm-nél hosszabb furatok töltésére szolgáló robbanóanyag tömegét a [8] képlet szerint kell meghatározni. A furatok egymástól való távolságát 1.5-2.0 -szeres "falköz"-ben határozza meg.

A **Haditechnikai alapismeretek I. kötete (1929)** a Műszaki oktatásban ismertetett képleteket közli, a fal- és sziklarobbantások végrehajtására.

A **Robbantási segédlet (1950)** szerint téglá, kő, beton és vasbeton elemek külső és belső töltetekkel robbanthatók. A töltet tömegét a „a fal, oszlop vagy gerenda vastagsága szerint kell számítani, nagysága ezen kívül függ, a töltet elhelyezésétől (külső vagy belső) és a robbantandó építmény anyagának szilárdságától”¹⁶.

¹⁴ Uo. 230. oldal. 315. pont

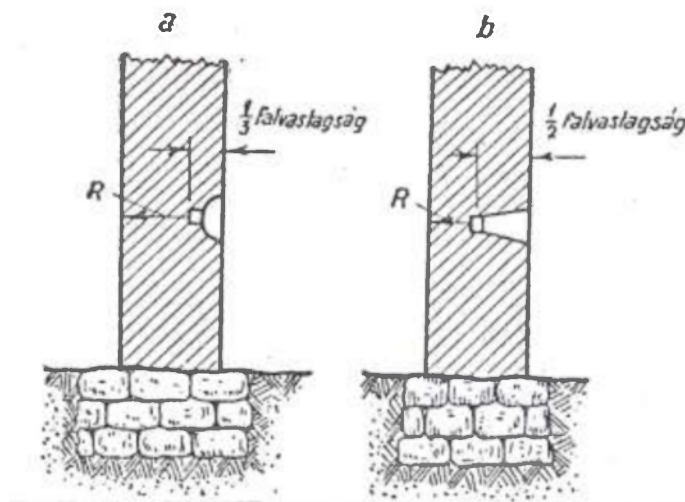
¹⁵ Uo. 232-233. oldalak IV. táblázat, valamint 5. sz. melléklet, 9 ábra

¹⁶ Robbantási segédlet. Honvédelmi minisztérium. Budapest, 1950. 138. oldal

Külső töltet alkalmazása esetén, a szerkezetnek a töltet helyénél mért teljes vastagsága az átütendő vastagság. Belső tölteteknél azt a vastagságot kell átütendő vastagságként figyelembe venni, „melyet a töltetnek ki kell robbantania a fal teljes átütéséhez” (pl. ha a falvastagság $\frac{1}{3}$ részének mélységéig helyezünk be egy töltetet, akkor ez a fennmaradó $\frac{2}{3}$ rész) (3. számú ábra).

A töltet tömege az alábbiak szerint határozható meg:

- az átütendő vastagság m -ben mért értékét köbre emeljük, majd megszorozzuk a 8. számú táblázatban található (a töltet elhelyezésétől és a robbantandó szerkezet anyagától függő) tényezővel; ezáltal az alkalmazandó TNT töltet tömegét kapjuk kg -ban;
- fojtás nélküli töltet esetén a számított érték dupláját kell venni.



3. számú ábra: Belső töltetek a falban¹⁷

R - a fal számítandó vastagsága

¹⁷ Uo. 138. oldal, 117. ábra

1. számú táblázat

A töltet elhelyezésétől és a fal anyagától függő tényező¹⁸

A fal anyaga \ A töltet elhelyezése	Alacsony szilárdságú mészhabarcába rakott tégla fal	Közepes szilárdságú cementhabarcába rakott tégla fal	Szilárd kőfal-beton
Külső töltet fojtással:	2.5–3.5	4.5–7.0	7–12
Belső töltet fojtással:	1.0–1.5	2.0–3	3–5

A tégl-, kő- és betonfalak (összpontosított) töltettel történő robbantásához szükséges robbanóanyag mennyiségek gyors meghatározását egy táblázat is segíti.¹⁹

A Segédlet ebben az alfejezetben nem említi a tárgyalt szerkezeti elemek, nyújtott töltettel való robbantásának lehetőségét. Erre csak a Falak és kisebb építmények robbantása c. alfejezetben kerül sor, mikor 0.5 m-ig terjedő falvastagság esetén ezt a robbantási módot is ismerteti.

Ugyancsak a fenti alfejezet rögzíti, hogy az összpontosított töltetek egymástól való távolsága a kétszeres falvastagság.

Az **E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás (1950)** már sokkal konkrétabban tárgyalja a kérdést, mint a Segédlet. Kimondja, hogy „tégla-, kő- és betonépítmények robbantása a robbantandó tárgy felületére helyezett külső-, vagy aknakamrába, barázdába, töltővájatokba, csövekbe, fűrt vájatokba, lyukakba helyezett belső töltetekkel történhet. Alakjukat tekintve ezek a töltetek lehetnek összpontosítottak vagy nyújtottak”²⁰.

¹⁸ Uo. 139. oldal, 6. táblázat

¹⁹ Uo. 140-141. oldalak, 7. táblázat

²⁰ E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950. 171. oldal, 146. pont

Az összpontosított töltet számítása:

$$C = \alpha * \beta * R^3 \quad [10]$$

ahol C - a TNT töltet tömege kg-ban;

α - szilárdsági tényező, az anyag minőségének és /R/ értékének függvényében²¹;

β - fojtási tényező²²;

R - rombolási sugár m-ben (a töltet középpontjától számítva) - értékét 0.5-nél kisebbre venni nem célszerű.

A tervezés megkönnyítését itt is egy töltettáblázat valamint egy nomogramm segíti²³. A táblázat érdekessége, hogy $\alpha = 1$ esetére tartalmazza az értékeket, és a kiegészítő utasítás szerint, ettől eltérő esetben a táblázatból kikeresett robbanóanyag mennyiséget az adott anyagminőségénél szereplő számmal még meg kell szorozni.

A nyújtott töltet számítása:

$$C = \alpha * \beta * R^2 * 1 \quad [11]$$

ahol C - α - β - a [42] képletnél tárgyaltak szerint;

R - a robbantás hatósugara m-ben (a nyújtott töltet hossz tengelyétől számítva).

A Mű.2. Robbantási utasítás (1965) két változást vezet be, az E.-mű.1.-hez képest: a külső, szabadon felfektetett tölteteknél alkalmazásra javasolja a kumulatív tölteteket is, valamint időhiány esetén a közbehelyezett töltettel való robbantást.

Az összpontosított töltetek számítása:

$$C = A * B * R^3 \quad [12]$$

ahol C - az összpontosított TNT töltet tömege kg-ban;

²¹ Uo. 172. oldal. 14. táblázat

²² Uo. 173. oldal 15. táblázat

²³ Uo. 175. oldal. 16. táblázat, valamint 176. oldal, 96. ábra

A - a robbantandó anyag tulajdonságaitól és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező²⁴;

B - a töltet elhelyezésétől függő fojtási tényező²⁵;

R - a rombolás sugara m-ben (számítása a fojtási tényezők táblázatában meghatározottak szerint történik - megjegyzendő, hogy a Robbantási segédlet, átütendő vastagság meghatározásánál leírtak szerint kerül rögzítésre)

Az összpontosított töltetekre vonatkozó további előírások:

- a tárgyalt építési anyagokból készült lemezekben és falakban való nyílás átlyukasztásához a [12] képlet által meghatározott robbanóanyag mennyiség 2-3 -szorosát kell venni (a keletkező nyílás átmérője így kb. a falvastagság kétszerese lesz);
- ha az átlyukasztandó szerkezetben rombolásgátló burkolat található (T- és U-tartók, sínek stb.), akkor a [29] képlettel számított töltet hatszorosát kell venni.

A nyújtott töltetek számítása:

$$C = 0.5 * A * B * R^2 * l \quad [13]$$

ahol C - A - B - R - a [12] képletnél tárgyaltak szerint;

l - a töltet hossza m-ben.

Amennyiben a nyújtott töltet hossza nem haladja meg a számított rombolási sugár kétszeresét, a [13] képletet a 0.5-ös szorzótényező nélkül kell alkalmazni.

Az építési anyagból készült szerkezetek rombolása fúrt lyukban elhelyezett töltetekkel is történhet, melynek képlete:

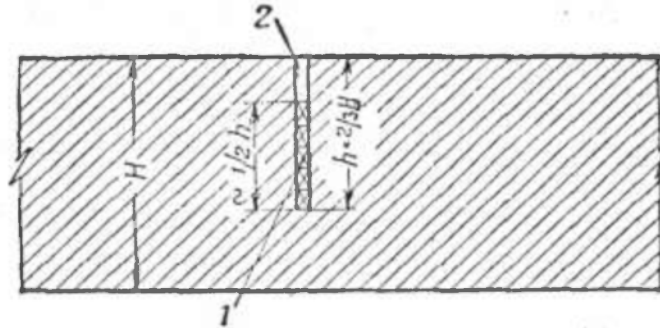
$$C = K * h^3 \quad [14]$$

ahol C - a TNT töltet tömege kg-ban;

²⁴ Mű/2. Robbantási utasítás. Honvédelmi minisztérium, Budapest. 1965., 134. oldal. 19. táblázat

²⁵ Uo. 135-136. oldalak, 20. táblázat

K - a robbantandó szerkezet szilárdságától és vastagságától, valamint az alkalmazott robbanóanyag tulajdonságaitól függő tényező²⁶;
h - a fűrt lyuk mélysége m-ben (4. számú ábra).



4. számú ábra: Fűrt lyukban elhelyezett töltet²⁷

1 - töltet; 2 - fojtás

A **Mű/213. Robbantási utasítás (1971)** lényegében a Mű.2.-ben foglaltak szerint tárgyalja az építési anyagokból készült szerkezetek rombolását. Az alábbi eltérések találhatók:

- a „B” fojtási tényező értékeit tartalmazó táblázat kibővült a fal mellett szabadon felfektetett töltetekkel²⁸;
- az építési anyagból készült szerkezeteket abban az esetben kell nyújtott töltettel robbantani, „ha a robbantandó szerkezet szélessége kétszer vagy annál többször nagyobb vastagságuknál”²⁹;
- változtak a „K” tényező értékei is, fűrtlyukas robbantásnál³⁰.

Az összpontosított töltet elhelyezésének vázlatja az 5. számú, a nyújtott tölteté pedig, a 6. számú ábrán látható.

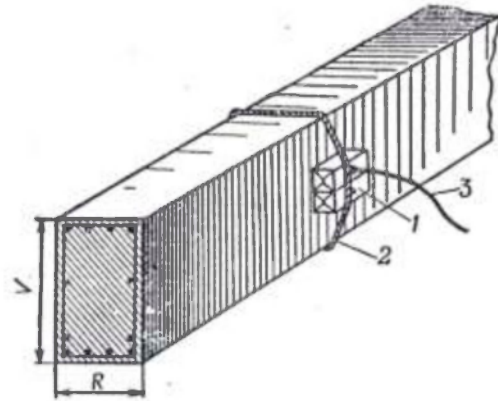
²⁶ Uo. 138. oldal, 21. táblázat

²⁷ Mű/2. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965. 137. oldal, 95. ábra

²⁸ Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971., 120-121. oldalak, 9. sz. táblázat

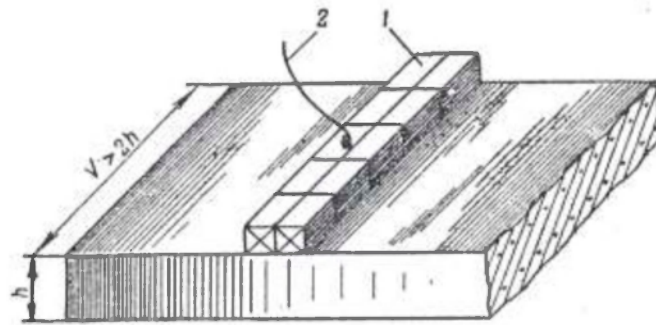
²⁹ Uo. 122. oldal, 148. pont

³⁰ Uo. 124. oldal, 10. sz. táblázat



5. számú ábra: Vasbeton gerenda robbantása szabadon felfektetett összpontosított töltettel³¹

1 - töltet; 2 - fémhuzal (zsineg); 3 - szerelt gyutacs



6. számú ábra: Vasbeton lap robbantása külső szabadon felfektetett nyújtott töltettel³²

1 - töltet; 2 - szerelt gyutacs

2. Vasbeton elemek robbantása

Először a **Műszaki oktatás (1928)** foglalkozott a vasbeton szerkezetek robbantásának sajátosságaival.

Amennyiben ismerjük a vasbeton tárgy keresztmetszetében a vasalás elhelyezkedését, úgy a vasalt részt (különösen fontos a húzott vasbetéteket) teljes egészében vasnak tekintve robbantjuk át. A vasrobbantás képlete szerint kell a töltetmennyiséget meghatározni:

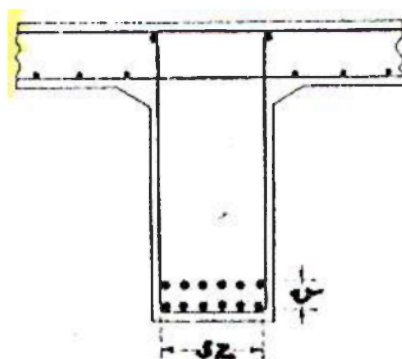
³¹ Uo. 118. oldal, 76. ábra

³² Uo. 122. oldal, 77. ábra

$$T = 10 * sz * v^2 \quad [15]$$

ahol

- T – az ekrazit töltet tömege g-ban;
- v – „a töltet fekvési helyétől a még átütendő legtávolabb eső vasszalig mért távolság cm-ben”³³;
- sz – „a két szélső vasbetét külső szálainak egy mástól való távolsága cm-ben” (7. számú. ábra).



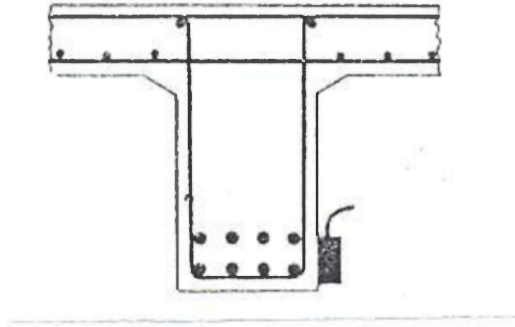
**7. számú ábra: Vasbeton elem robbantása a vasalás teljes átszakításával
(vasrobbantás képletével számolva)³⁴**

A robbantási keresztmetszetet lehetőleg a gerenda közepén kell megválasztani, mert itt számíthatunk arra, hogy a húzott acélszalak legnagyobb része a gerenda alsó részén van beágyazva.

Amennyiben nem állnak adatok rendelkezésre a vasalásról, úgy előrobbantással kell a szerkezetet feltárni. A töltet elhelyezése ebben az esetben, a 8. számú ábrán látható.

³³ E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I. rész, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928-1929. 260. oldal, 375. pont

³⁴ Uo. 261. oldal, 169. ábra



8. számú ábra: Töltet elhelyezése a vasbeton szerkezeten vasalást feltáró robbantás esetén³⁵

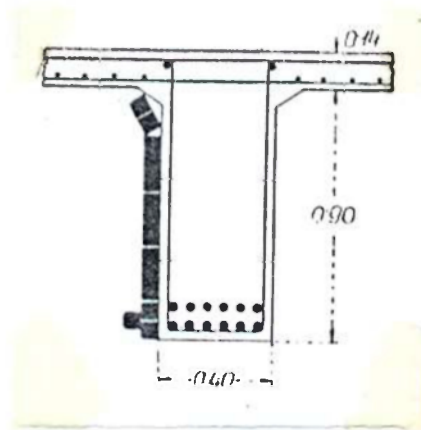
A robbantás biztonsága fokozható a gerenda felső részében lévő, nyomott vasbetéteknek, az alsó részen található húzott szálakkal egy időben történő átütésével. A fenti elvek figyelembevételével számított tölteteket ebben az esetben úgy kell elhelyezni, hogy azok az átütendő vastagságnak megfelelő eltolással kerüljenek felerősítésre, a húzott vasalást romboló töltethez képest.

A teljes átütést biztosító töltet tömege úgy csökkenthető, „hogy a töltet fekvési felületén 1-2 sor ekrazittölténnyel a vasbetétig terjedő ... betonréteget lerobbantjuk”³⁶.

Amennyiben akár a rendelkezésre álló idő, akár a robbanóanyag kevés, a vasbeton szerkezetek rombolhatók, a betonnak a vasbetétek közül való kiütésével. Legcélszerűbb a nyújtott töltet alkalmazása, mely a robbantandó keresztmetszetet teljesen átfedi. A töltet tömege a [9] képlettel számítandó, de a /c/ szilárdsági tényező értékét 1.5-tel meg kell szorozni. A töltet elhelyezése a 9. számú ábrán látható.

³⁵ Uo. 260. oldal, 168. ábra

³⁶ Uo. 262. oldal



9. számú ábra: A nyújtott töltet elhelyezése vasbeton szerkezeten, beton-kiütés esetén³⁷

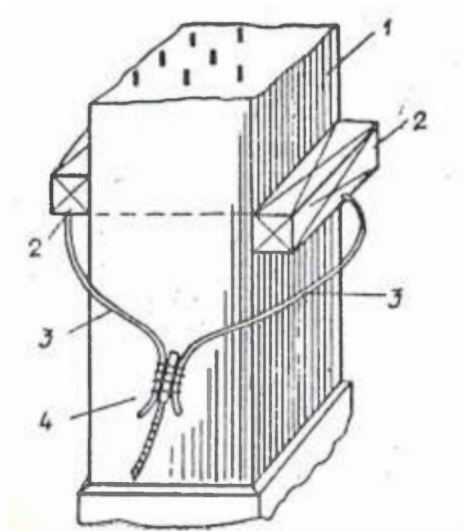
Harmadik módszerként említi a Műszaki oktatás a kettős robbantást, amikor első lépésként kiütjük a betont a szerkezetből, majd az így szabaddá vált vasalást a vasrobbantás szabályai szerint újból szereljük robbantáshoz.

A **Haditechnikai ismeretek I. kötete (1929)**, a Műszaki oktatásban tárgyalt három módszert ismerteti, a vasbeton szerkezetek robbantására vonatkozóan.

A **Robbantási segédlet (1950)** szintén a fenti három módszert ajánlja, vasbeton elemek robbantására. Kiemeli, hogy a vasalás teljes átütéséhez nagy töltetekre van szükség, ezért meg kell vizsgálni, mely szerkezeteknél indokolt ennek végrehajtására. Véleménye szerint oszlopok esetén csak akkor szükséges a vasbetétek átütése, ha azok „I” vagy „U” vasból készültek. Egyszerű gömbvas betétek esetén a vasalás nem lesz képes megtartani a rajta nyugvó terhet, ha kiütjük a betont a szerkezetből. Vasbeton gerendák esetén viszont általában szükséges a vasbetétek átütése. A töltetet a vasrobbantás szabályai szerint kell számítani, a teljes vastagságot vasnak tekintve. „Az oszlopok és gerendák átütéséhez a tölteteket két oldalt arányosan eltolva helyezzük el ugyanúgy, mint az acélsodronyok robbantásánál”³⁸ (10. számú ábra).

³⁷ Uo. 264. oldal, 171. ábra

³⁸ Robbantási segédlet, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950. 143. oldal



10. számú ábra: Vasbeton oszlop teljes átütése³⁹

1 - oszlop; 2 - töltetek; 3 - durranó gyújtózsín; 4 - szerelt gyutacs

A beton kiütésére „a külső tölteteket ugyanúgy számítjuk ki, mint a beton robbantásánál, de vasbeton gerendák és oszlopok robbantásánál a meghatározott töltet kétszeresét vesszük, vasbeton falakon és födémeken való nyílások átütésénél pedig, annak hatszorosát”⁴⁰.

Kettős robbantásnál az alkalmazandó eljárás megegyezik a Műszaki oktatásban tárgyaltakkal.

A tervezés megkönnyítését itt is egy számítási táblázat szolgálja⁴¹.

Az **E.-mű.1. Robbantási utasítás (1950)** is a már ismert három módszert ajánlja vasbeton elemek robbantására.

„Merev vasalású és nem nagy keresztmetszetű vasbetonszerkezeteknél együtt robbantandó a vas és a beton. A töltetet a vas robbantás képlete szerint kell kiszámítani.”⁴².

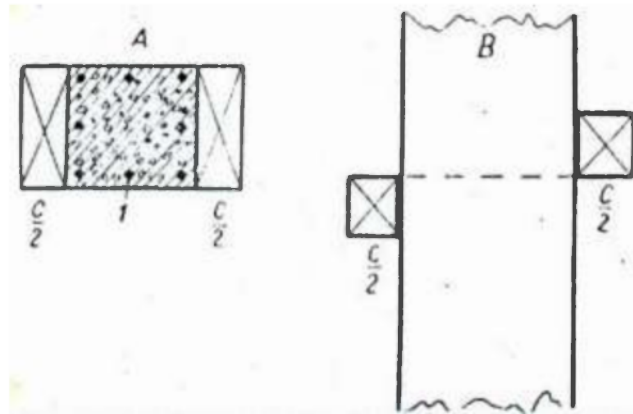
³⁹ Uo. 144. oldal, 118. ábra

⁴⁰ Uo. 143. oldal

⁴¹ Uo. 143. oldal, 8. sz. táblázat

⁴² E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950. 179. oldal, 155. pont

Erősebb, hajlékony vasalás esetén a töltet tömegét duplájára kell növelni, és megosztva (egymáshoz viszonyítva, eltolva) kell felerősíteni a robbantandó elem két szemközti oldalára (11. számú ábra).



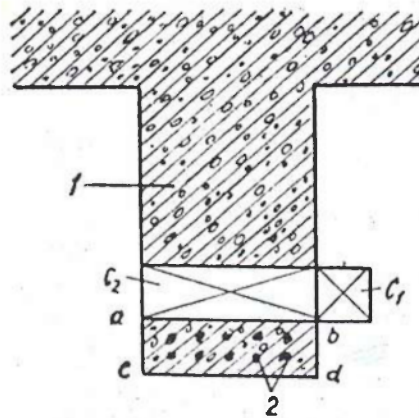
11. számú ábra: Vasbeton tartó robbantása megosztott töltettel⁴³

A - keresztmetszet; B - oldalnézet; C/2 - megosztott töltetek; 1 - a vasalás gömbvasai

A betonkiütés esetén a [10] képlet szerint számított robbanóanyag mennyiséget a duplájára kell növelni, ha négy szabad felülettel rendelkező elemet kell rombolni (pl. oszlop, gerenda). Két szabad felülettel rendelkező építményeknél (pl. erődítési építmények) a számított töltet hatszorosát kell venni, de ez is csak $R = 1$ m vastagságig alkalmas a szerkezet átütésére. Betonkiütést csak abban az esetben enged meg az E.-mű.1., ha a vasalások keresztmetszetének összege nem haladja meg a gerenda egész keresztmetszetének 5 %-át, valamint a legfeljebb 20 mm átmérőjű gömbvasak közötti távolság legalább 5 cm.

Kettős robbantási módszer esetén először a betont ütik ki a szerkezetből, a [10] képlet szerint számított robbanóanyag mennyiség $2/3$ -ával. Ezután a vasrobbantás szabályai szerint kell a második töltet (-ek) tömegét meghatározni, az armatúra minden elemének robbantásához (12. számú ábra).

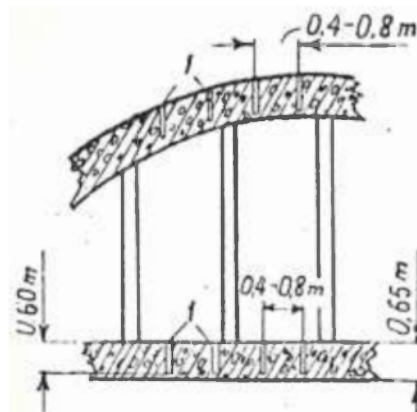
⁴³ Uo. 179. oldal, 101. ábra



12. számú ábra: Vasbeton tartó kettős robbantása⁴⁴

1 - borda; 2 - vasalás; C1 és C2 – töltetek

Érdekesség, hogy az E.-mű.1. a fűrt lyukas vasbeton robbantási módszert is megemlíti, hangsúlyozva azonban annak időigényességét. A tölteteket max. 4 cm átmérőjű lyukakba helyeztetni, melyek egymástól való távolsága – a vasalás erősségének függvényében – 0.4-0.8 m. „A lyukakat teljes hosszúságukban töltényekkel kell tölteni. 1 fm lyukhosszra 1 kg robbanóanyagot kell számítani”⁴⁵. Kiemeli az utasítás, hogy ebben az esetben csak azon vasszerkezetek átszakítása biztosított, melyek közvetlenül érintkeztek a töltetekkel. A furatok mélységének néhány cm-rel rövidebbnek kell lenni, az elem teljes vastagságánál (13. számú ábra).



13. számú ábra: Vasbeton szerkezetek robbantása fűrt lyukba helyezett töltetekkel⁴⁶

1 - fűrt lyukak

⁴⁴ Uo. 178. oldal, 99. ábra

⁴⁵ Uo. 179. oldal, 154. pont

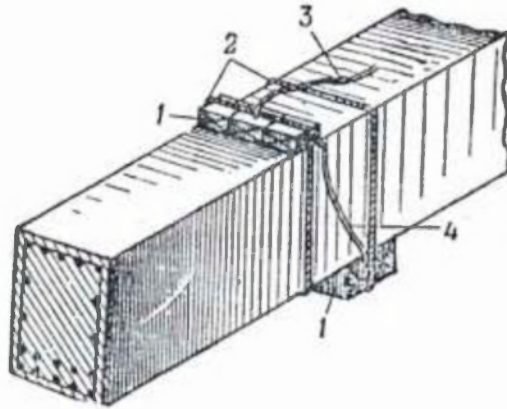
⁴⁶ Uo. 178. oldal, 100. ábra

A **Mű.2. Robbantási utasítás (1965)** már az építési anyagokból készült szerkezetek robbantásának tárgyalásánál külön figyelmet fordít a vasbeton szerkezetek rombolására, amennyiben külön „A”-tényezőt állapít meg úgy a beton kiütésre, mint a vasalás részleges átszakítására vonatkozóan. Ezáltal beton kiverés esetén a számított robbanóanyag tömege több mint háromszorosa lesz az építészeti, és több mint 2.5-szöröse az erődítési beton robbantására megállapítottnak. A vasalás részleges átszakítása esetén, ugyanezen építőanyagokhoz viszonyítva a töltetnövekedés mértéke 13-szoros és 11-szeres.

Ennek ellenére a Mű.2. kiemeli, hogy még „A”-tényező legnagyobb értéke mellett sem biztosítható a vasbeton elemek egész armatúrájának átszakítása. A teljes átütésre ebben az utasításban is a kettős robbantás módszerét ajánlják, valamint a szerkezet vasrobbantás szabályai szerinti rombolását.

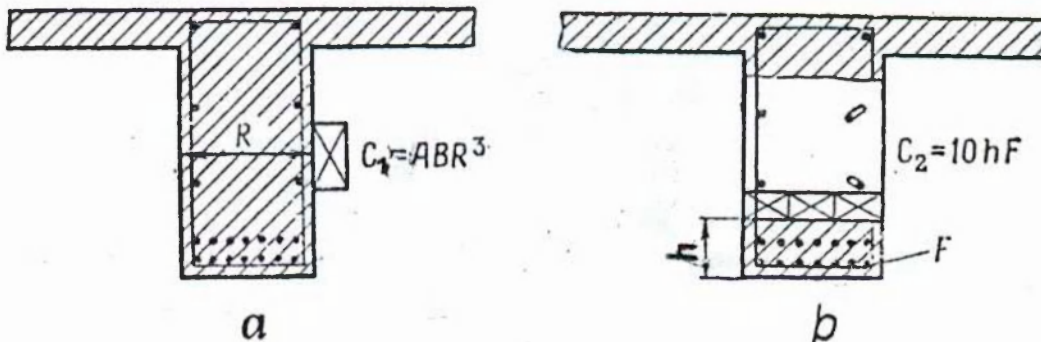
A **Mű/213. Robbantási utasítás (1971)** a teljes szerkezet vasnak tekintését, a kettős robbantást és a megosztott töltetek alkalmazását ajánlja a vasbeton szerkezeti elemek teljes átütésére. Ez utóbbi módszernél a [12] vagy [13] képleteket alkalmazva, az $A = 20$ értékével számolt robbanóanyag töltetet két részre osztja, és azokat a robbantandó elem két oldalán, a teherviselő vasaláshoz minél közelebb elhelyezve, egymáshoz viszonyítva, eltolva erősíti fel (14. számú ábra).

A kettős robbantásnál kiemeli az utasítás, hogy az armatúra robbantására elhelyezendő második töltet számításánál, csak a keresztmetszeti terület azon részét vegyük figyelembe, amely a vasalás fő tömegét tartalmazza (15. számú ábra). Megjegyzi, hogy erre a feladatra kiválóan alkalmazhatóak a kumulatív nyújtott töltetek is.



14. számú ábra: Vasbeton gerenda robbantása két részre osztott töltettel⁴⁷

1 - töltetek; 2 – kötöző drót; 3 - szerelt gyutacs; 4 - összekötő durranó gyújtózsínó
gyutaccsal



15. számú ábra: Vasbeton elemek kettős robbantása⁴⁸

a - a beton kirobbantása (első robbantás); b – vasalás robbantása (2. robbantás);
C1 és C2 - töltetek; F - legjobban vasalt keresztmetszet felülete

3. Téglá, kő, beton és vasbeton elemek robbantása közbehelyezett töltettel

A **Kézikönyv (1903)** az építési anyagból készült szerkezeti elemek robbantásánál nem említi a közbehelyezett töltetek alkalmazásának lehetőségét. Az építmények rombolásának tárgyalásakor viszont bemutatja a „szabad töltések” alkalmazását, amikor a robbanóanyag tömegét az épület belső térfogata, illetve

⁴⁷ Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971. 125. oldal, 79. ábra

⁴⁸ Uo. 126. oldal, 80. ábra

alapterülete alapján állapítja meg ugyanúgy, mint ahogy ezt ma is tesszük az adott módszernél.

A **Műszaki oktatás (1928)** szintén csak az épületek, tornyok és kémények robbantásánál tesz említést a „belső helyiségekben elhelyezett aknákról”, a Kézikönyvbe tárgyalt elvek szerint.

Robbantási segédlet (1950) ugyancsak a falak és kisebb építmények robbantási szabályainál foglalkozik a „szabadon elhelyezett töltetek” alkalmazásának elveivel.

Ugyanez vonatkozik az **E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasításra (1950)** is.

Először a **Mű.2. Robbantási utasításban (1965)** jelenik meg a közbehelyezett összpontosított töltet képlete:

$$C = 10 * A * h * r^2 \quad [16]$$

ahol C - a TNT töltet tömege kg-ban;

A - a robbantandó anyag tulajdonságaitól és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező;

h - a legtávolabbi robbantandó elem vastagsága m-ben;

r - a töltet középpontja és a legtávolabbi robbantandó elem tengelyvonala közötti távolság m-ben.

„A téglából, kőből és nem armatúrázott betonból készült lapokban és falakban készítenő nyílások robbantásához szükséges közbehelyezett töltetek nagysága a [16] képlet szerint számított érték háromszorosa”⁴⁹.

A **Mű/213. Robbantási utasítás (1971)** a Mű.2-ben foglaltak alapján tárgyalja az építési anyagból készült szerkezetek, közbehelyezett összpontosított töltetekkel való robbantását.

⁴⁹ .; Mű/2. Robbantási utasítás. Honvédelmi minisztérium. Budapest. 1965. 140. oldal, 158. pont

4. Téglá, kő, beton és vasbeton elemek víz alatti robbantása

A II. világháború előtti utasítások nem tárgyalták külön ezt a kérdést. Először az **1965-ös Mű.2. Robbantási utasításban** jelennek meg az építési anyagból készült szerkezetek víz alatti robbantásának szabályai, az alábbiak szerint:

- téglából, kőből és betonból készült szerkezetek, szabadon felfektetett töltetekkel való robbantása esetén, a víz alatt alkalmazandó töltetek tömege megegyezik a szabad levegőn lévő töltetekével;
- vasbeton elemek víz alatti robbantása esetén (függetlenül a víz alatti mélységtől) a számított robbanóanyag mennyiségét 1.5-tel meg kell szorozni;
- téglából, kőből, betonból és vasbetonból készült szerkezetek, közbehelyezett összpontosított töltetekkel víz alatt történő robbantása esetén, a számított robbanóanyag mennyisége a 2/3-ára csökkenthető, ha a töltet legalább $r/2$ mélységben van a víz alatt.

A **Mű/213. Robbantási utasítás (1971)** a Mű.2-ben foglaltakkal megegyezően tárgyalja az építési anyagból készült szerkezetek, víz alatti robbantását. Egyedül a közbehelyezett töltetekkel történő robbantás szabályainál található egy fordítási hiba: a töltet tömegének „másfélszeresére” csökkentését természetesen a fenti 2/3-ra való csökkentésként kell érteni.

5. Következtetések

Már az 1903-as Kézikönyv azonos elméleti alapokra helyezi a szikla- illetve építési anyagokból készült szerkezetek robbantását, és a földrobbantást. A töltet hatásmutatójának $/n/$ számítása tökéletesen megegyező a századfordulón alkalmazott ($n = r/v$) és a mai képlet esetében ($n = r/h$), a különbség csak annyi, hogy a legkisebb ellenállás vonalát akkor $/v/$ -vel, ma pedig $/h/$ -val jelöljük.

Ugyancsak felismerik a robbolási sugár és a töltetek száma közti azon összefüggést, hogy minél nagyobb a sugár értéke, annál kevesebb (de nagyobb tömegű) töltet, vagyis kevesebb előkészítési idő szükséges.

A töltetek egymástól való távolságának, maximum kétszeres robbolási sugár értékben való korlátozása is megegyezik mai elveinkkel.

Az 1928-as Műszaki oktatás, elsősorban belső tölteteket javasol alkalmazni. Az elméleti alapok egyezését a földrobbantásával itt is hangsúlyozza. A töltet tömegének meghatározásához alkalmazott [8] képlet megegyezik a mai [12] képlettel, csak a betűjelölésekben van eltérés. Már tárgyalja a nyújtott töltettel való robbantást, és a préstest sorok kerekítését egész sorra. Megjelenik a fűrtlyukas robbantás.

Az orosz elvek szerinti szabályozás az 1950-es Segédletben még képlet nélkül közli, az egyébként addigiakkal megegyező töltet-meghatározást, de az Ideiglenes utasítás már lényegében a mai elveket tükrözi. Változás a már említett Szalamahin munkásság eredményeként, a különböző együttthatók finomításában található, az ezt követő Utasításokban.

Vasbeton robbantással először az 1928-as Műszaki oktatásban találkozhatunk, akkor viszont lényegében lefektetésre kerülnek azok az alapelvek, melyek mind a mai napig használatosak (kisebb finomításokkal). Három módszert javasol a vasbeton szerkezeti elemek robbantására: a kettős – egymáshoz viszonyítva eltolt – töltetek alkalmazását; a növelt hatású (1.5-szörös) nyújtott töltetekkel a betonkiverést, vasalás részleges átszakításával; a kettős robbantást (beton kiütése, majd a vasalás robbantása). Ehhez képest az 1950-es Segédlet annyiban hoz újat, hogy bevezeti a teljes keresztmetszet vasnak tekintését, és ez által a vasrobbantás képletének alkalmazását. Az Ideiglenes utasítás tárgyalja a fűrtlyukas módszert is, de rögtön hangsúlyozza annak roppant időigényes voltát. Az Utasítások (1965 és 1971) annyiban lépnek előre, hogy az eddigi 1.5-szörös, illetve 2-szeres töltettömeg növelés helyett, külön értéket állapítanak meg az /A/ anyagtényezőnél a beton kiverésére, és a

vasalás részleges átszakítására (mely viszont jelentősen megnöveli a robbanóanyag mennyiséget, az addigiakhoz képest).

Közbehelyezett töltetek alkalmazásához szükség volt Szalamahin professzornak, a robbanási hatás vizsgálatát célzó munkásságára, így először az 1965-ös Utasítás tárgyalja ezt a kérdést.

Ugyancsak 1965-ben találkozunk először a víz alatti töltetekkel, mely változtatás nélkül kerül tárgyalásra az 1971-es Utasításban⁵⁰.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek, katonai robbantástechnikában ma alkalmazott robbantási szabályai, kiállják az idő próbáját. A robbantási gyakorlatban eddig kiválóan bevált tervezési módszerek annyiban szorulhatnak felülvizsgálatra, hogy az újonnan kifejlesztett – elsősorban vasbeton – szerkezetekre mennyiben felelnek meg? Ezért érdemes lenne az az óta alkalmazott új szerkezetek szempontjából is vizsgálat tárgyává tenni ezeket.

Az eddigiéknél nagyobb figyelmet kell e jövőben szentelni a belső töltetekkel történő szerkezeti elem robbantásnak. Az ebből fakadóan jelentősen kisebb töltettömegek alkalmazásával, a környezeti hatás mértéke is csökkenthető.

IRODALOMJEGYZÉK

Törvények, határozatok, intézkedések

4334/el. rendelet, a Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához című tankönyv megjelentetésére, 1899. 06. 18., Rendeleti Közlöny, 17. o.

2388/el. rendelet az E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utászszakaszai és század-utászai számára című szolgálati könyv kiadásáról, 1902. 04. 07., Rendeleti Közlöny 95. o.

⁵⁰ A fordító „jóvoltából” a közbehelyezett összpontosított töltetekkel való víz alatti robbantásnál itt is 1.5-szeres töltettömeg csökkentés olvasható, 2/3-ra való csökkentés helyett.

17530/el. rendelet az E-32 (Műsz. okt.): Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet c. szolgálati könyv kiadására, 1926. 12. 01. Honvédségi Közlöny 29. szám. 232. o.

5281. eln. rendelet az E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I-II. rész + Mellékletek c. szolgálati könyv kiadására, 1928. 04. 30. Honvédségi Közlöny 10. szám, 73. o.

577/Elnökség-1950. rendelet a Robbantási segédlet c. szolgálati könyv kiadására, 1950. 05. 19., Honvédségi Közlöny 14. szám, 289. o.

2.278/Elnökség-1950. rendelet az E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás c. szolgálati könyv kiadására, 1950. 12. 13., Honvédségi Közlöny 1. szám, 1. o.

MNVK 7. Önálló Osztály közleménye a Mű/2. Robbantási utasítás c. szolgálati könyv kiadására, 1965. 10. 30., Honvédségi Közlöny 5. szám, 48-49. oldalak

MNVK 7. Önálló Osztály közleménye (HK.2.), a Mű/213. Robbantási utasítás c. szolgálati könyv kiadásra, 1972. 03. 20., 21-22. oldalak

Könyvek

BASSA, R.- KUN, L.: Robbantástechnikai kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

BOHUS G. – HORVÁTH Z.– PAPP J.: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

SCHAFFER Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903.

SCHMOLL Endre: Haditechnikai ismeretek I. kötet, a szerző kiadása, Budapest, 1929.

SCHMOLL Endre: Haditechnikai ismeretek III. kötet, M. kir. bpesti honv. tiszti szabályzatismertető tanf., Budapest, 1933.

SZALAMAHIN, T. M.: Fizicseszkije osznóvi mehanyicseszkava gyejsztvija vzriva i metodi opregyelenyija vzrívnih nagrúzok (A robbanás mechanikus hatásának fizikai alapjai és a robbanási erőhatások meghatározásának módjai), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1974.

SZALAMAHIN, T. M.: Osznóvi modelirovanyija i bojevaja efektyívnoszty zarjádov razrusenyija (A romboló töltetek harci hatékonysága és modellezésük módszerei), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984.

SZALAMAHIN, T. M.: Razrusényije vzrívom elementov konsztrukcij (Szerkezeti elemek robbantása), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1961.

SZALAMAHIN, T. M.: Poszóbije dlja resényija zadacs po teoriji mehanyicseszka gyejsztvija vzriva (Segédlet a robbanás mechanikus hatásának elmélete alapján megoldandó feladatokhoz) Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1967.

Szpravocsnyik oficéra inzsenyernih vojszk (A műszaki csapatok tisztjének kézikönyve), Vojennoje Izdatyelsztvo, Moszkva, 1989.

Szpravocsnyik po vojenno-inzsenyernomu gyelu armji SzSA (Az USA katonai-műszaki segédlete FM 5-34), Vojennoje Izdatyelsztvo Minyisztjersztva Oboroni Szozuja SzSzR, Moszkva, 1960.

Szabályzatok, jegyzetek és egyéb dokumentumok

Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899.

E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1902.

H-26. Technischer Unnterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915. – az utasításnak 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban

E-39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1915.

E-32 (Műsz. okt.): Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926.

E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I. rész, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások II. rész + Mellékletek, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928-1929.

Robbantási segédlet, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

Robbantások, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.

Mű/2. Robbantási utasítás, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965.

Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971.

Mű/243. Műszaki szakutasítás a nem műszaki alegységek számára, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1978.

FM 5-250 Explosives and Demolitions, Headquarters, Department of the Army, Washington, DC, 15 June 1992.

LUKÁCS László: A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi disszertáció, ZMKA, Budapest, 1995.

LUKÁCS László: A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem - egyetemi jegyzet, ZMNE Hadtudományi kar, Műszaki harcászati-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997.

Military Engineering, Volume II, Field Engineering, Pamphlet No. 4, Demolitions, Ministry of Defence, UK, 1988

Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései 5. sz. füzet OMBKE Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

VARGA József: Katonai robbantástechnika – tansegédlet, ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1983.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.