

SZEMELVÉNYEK A TÉGLA, KŐ, BETON ÉS VASBETON SZERKEZETI ELEMÉK ROBBANTÁSI SZABÁLYAINAK FEJLŐDÉSÉBŐL

Dr. habil. Lukács László, a hadtudomány kandidátusa

tanszékvezető egyetemi docens

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Tanszék

A cikkben az 1880-as évek kezdetétől fogva áttekintem a téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődését, a katonai robbantástechnikában.

Tégla, kő és beton falazatok robbantása

Az 1899-ben kiadott Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához még nem említi az építési anyagokból készült szerkezeti elemek robbantását.

Schaffer Antal 1903-ban megjelent, „A gyakorlati robbantó technika kézikönyve” (a továbbiakban Kézikönyv) 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 őket) már régóta foglalkoztatta a katonai szakembereket. A hadi aknák feltalálójának Pedro Navarrot tartják, aki 1503-ban Nápoly ostrománál alkalmazta a „védművek” rombolására. Ennek eredményeként állították fel 1679-ben, Franciaországban 1716-ban pedig Ausztriában az aknász századokat. Ezt követően a belső töltetek (ebben az időben nem tettek különbséget a talajban

és a falakban elhelyezett töltetek között) elméleti kérdéseinek tisztázására fordítottak kiemelt figyelem.

A kutatásokban kiemelt jelentőségű a XVIII. század legkiválóbb aknászának tartott Belidornak azon felfedezése, hogy "minden robbantó töltés bizonyos nyomási gömböt létesít" (175. old.).

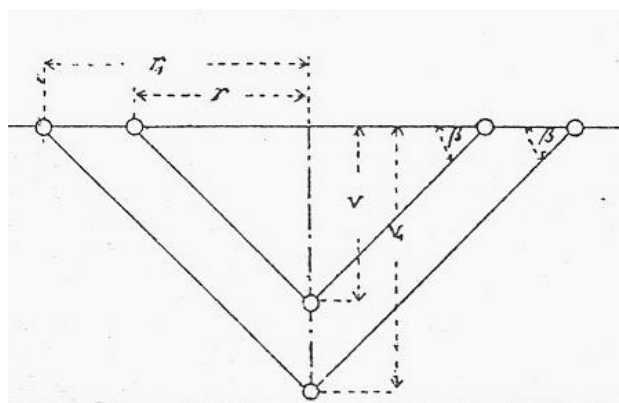
Újabb előrelépést jelentett 1805-ben Lebrun fellépése, aki Megrigny 1686-os kísérleti eredményeit is felhasználva felállította töltési képletét, "mely szerint két hasonló repesztő kúphoz tartozó töltések (T) úgy viszonylanak egymáshoz, mint e kúpok köbtartalmai (K) illetőleg:

$$T : T_1 = K : K_1 \quad (1)$$

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 az 1.sz.ábra szerint.



1. számú ábra: Hasonló repesztő kúpok ábrázolása (2)

A (2) arányból következik, hogy "a töltés és az ellenállás harmadik hatványából képzett hányados állandó; ennek értékét g töltési együtthatónak nevezzük".

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.

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

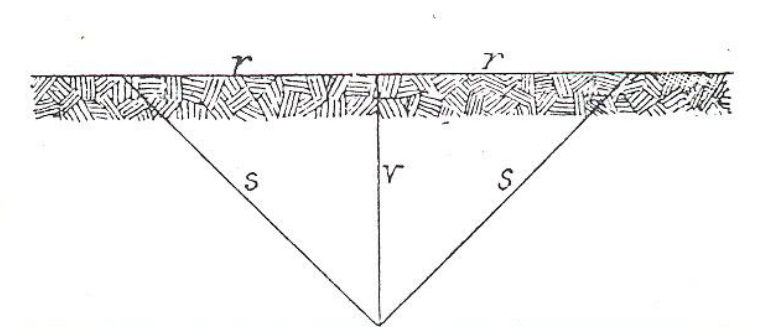
$$T = c * s^3 \quad (4)$$

ahol c - töltési együttható;

s - a repezető sugár.

A (4) képletet finomította tovább 1874-ben Julius Vogl őrnagy, tekintve hogy 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. sz. ábra), melynek alapján:

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



2. számú ábra: A feladat ábrája Vogl szerint (2)

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.

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 tölcsér 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 tölcsér 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".

A szerkezeti elemek több -egymással összefüggően hatótöltettel való robbantása során, a töltetek egymástól való távolságának megállapításakor a Kézikönyv szerint az alábbiakra kell figyelemmel lenni:

- "hogymely építmény falzatának teljes és összefüggő áttörését elérjük, azaz, hogy az akna-tölcsérek között egyes megbontatlan falrészek ne maradjanak, az aknákat legfölbjebb a tölcser-sugár kétszeres távolságában kell egymástól elhelyezni;
- ha az aknákat ennél kisebb távolságban rendezzük el, akkor a falzatnak áttörése tökéletesebb és terjedelmesebb, a megrázkódtatás pedig, erőteljesebb és mélyebbre ható lesz;
- ha ellenben az aknák egymástól való távolsága nagyobb a kettős tölcser-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?".

A Kézikönyv szerint a "kapcsolt aknák" esetén célszerű tölteteket egymástól a tölcser-sugár másfélszeres távolságára helyezni.

Az 1928-ban kiadott Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I-II. rész (a továbbiakban Műszaki oktatás), VIII. fejezetében foglalkozik a falak és sziklák robbantásával, és mindjárt a legelső pontban rögzíti: a fal- és sziklarobbantás elmélete ugyanaz, mint a földrobbantásé.

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 befolyásolja (táblázatban adták meg);

W - az ellenállási vonal m-ben.

A c szilárdsági tényező értékei, ekrazit robbanóanyagra vonatkozóan:

- kemény szikla és beton esetén, ha $W < 1.0$ m $c = 5$
 $W = 1.0 - 1.5$ m $c = 4$
 $W = 1.5 - 2.0$ m $c = 3.5$
 $W > 2.0$ 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.

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 nyújtott töltet tömegének meghatározása:

$$T = c * d * W^2 \quad (9)$$

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

c - d - W - a (8) képletnél tárgyaltak szerint.

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".

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 II. világháborút követően, az 1950-ben kiadott Robbantási segédlet (a továbbiakban Segédlet) volt az első új szakmai szabályzat. Előírásai 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".

Külső töltet alkalmazása esetén, a szerkezetnek a töltet helyénél mért teljes vastagsága az átütendő vastagság. Belső töltetknél azt a vastagságot kell átütendő vastagságként figyelembe venni, "melyet a töltetnek ki kell robbantania a fal teljes átütéséhez" (pl. ha a falvastagság 1/3 részének mélységéig helyezünk be egy töltetet, akkor ez a fennmaradó 2/3 rész).

A töltet tömege az alábbiak szerint határozható meg:

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

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.

A Segédletet követő, 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".

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 függvényében (táblázat alapján);

β - fojtási tényező (táblázat alapján);

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

A nyújtott töltet számítása:

$$C = \alpha * \beta * R^2 * 1 \quad (11)$$

ahol C - α - β - a (10) képletnél tárgyaltak szerint;

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

Az 1965-ben kiadott Mű.2. Robbantási utasítás 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;

A - a robbantandó anyag tulajdonságaitól és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező (táblázat alapján);

B - a töltet elhelyezésétől függő fojtási tényező (táblázat alapján);

R - a rombolás sugara m -ben (számítása a fojtási tényezők táblázatában meghatározottak szerint történik).

Az összpontosított töltetekre vonatkozó további előírások:

- a tárgyalt építési anyagokból készült lemezekben és falakban való nyílás átlyukasztásához a (12) képlet által meghatározott robbanóanyag

menyiség 2-3 -szorosát kell venni (a keletkező nyílás átmérője így kb. a falvastagság kétszerese lesz);

- ha az átlukasztandó szerkezetben rombolásgátló burkolat található (T- és U-tartók, sínek stb.), akkor a (12) 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.

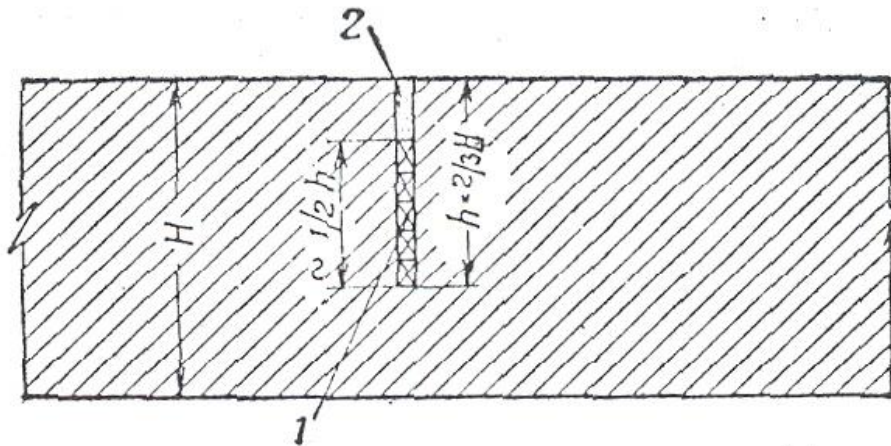
Az építési anyagból készült szerkezetek rombolása fűrt lyukban elhelyezett töltetekkel is történhet, melynek képlete:

$$C = K * h^3 \quad (14)$$

ahol C - a TNT töltet tömege kg-ban;

K - a robbantandó szerkezet szilárdságától és vastagságától, valamint az alkalmazott robbanóanyag tulajdonságaitól függő tényező (táblázat alapján);

h - a fűrt lyuk mélysége m-ben (3. sz. ábra).



3. számú ábra: Fürt lyukban elhelyezett töltet (8)

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 töltetekkel;
- az építési anyagból készült szerkezeteket abban az esetben kell nyújtott töltettel robbantani, "ha a robbantandó szerkezet szélessége kétszer vagy annál többször nagyobb vastagságuknál";
- változtak a "K" tényező értékei is, fürtlyukas robbantásnál.

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 (8) képlet szerint kell a töltetmennyiséget meghatározni, ahol

- v - "a töltet fekvési helyétől a még átütendő legtávolabb eső vasszálig mért távolság cm-ben";
- sz - "a két szélső vasbetét külső szálainak egy mástól való távolsága cm-ben".

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

Amennyiben nem állnak adatok rendelkezésre a vasalásról, úgy előrobbantással kell a szerkezetet feltárni.

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".

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.

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 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".

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".

Kettős robbantásnál az alkalmazandó eljárás megegyezik a Műszaki oktatásban tárgyaltakkal.

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."

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

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.

Érdekesség, hogy az E.-mű.1. a fúrt lyukas vasbeton robbantási módszert is megemlíti, hangsúlyozva azonban annak időigényességét. A tölteteket max. 4 cm átmérőjű lyukakba helyeztetik, 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". 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.

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

megállapítottak. 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 (33) képletekkel, $A = 20$ 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.

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. Erre a feladatra kiválóan alkalmazhatóak a kumulatív nyújtott töltetek is.

Tégla, 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 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".

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:

$$C = 10 * A * h * r^2 \quad (15)$$

ahol C - a TNT töltet tömege kg-ban;

A - a robbantandó anyag tulajdonságaitól és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező (23. sz. melléklet);

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 készítendő nyílások robbantásához szükséges közbehelyezett töltetek nagysága a (15) képlet szerint számított érték háromszorosa".

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

Tégla, 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:

- 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 mennyiséget 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.

Összefoglalás

Vizsgálódásunk eredményeként megállapíthatjuk, hogy a ma alkalmazott robbantási eljárásainkhoz szilárd alapul szolgálnak az elődeink által feltárt szabályok.

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 $/h/-$ vel jelöljük.

Ugyancsak felismerik a rombolási 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, max. kétszeres rombolási 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 Szalamahin professzor munkássága eredményeként (10), a különböző együtthatók finomításában található, az ezt követő Utasításokban.

A 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 ezáltal 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 tényezőt állapítanak meg A-értékeinél 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 (10), 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 Utasításban¹.

Felhasznált irodalom:

1. Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához - fordítás (Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899.)
2. Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve (Pallas Rt., Budapest, 1903.)
3. H-26. Technischer Unnterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift (Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915.)²
4. E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2.Füzet - Robbantások I-II. rész + Mellékletek (M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928-1929.)
5. E-32 (Műsz. okt.): Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet (M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926.)
6. Robbantási segédlet (Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950.)
7. E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás (Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950.)
8. Mű/2. Robbantási utasítás (Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965.)

¹ 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.

² Az utasításnak 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban

9. Mú/213. Robbantási utasítás (Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971.)
10. Szalamahin T. M.: Razrusényije vzrívom elementov konsztrukcij (Szerkezeti elemek robbantása) (Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1961.)
11. Lukács László: A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi értekezés (Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1995.)