

# Bontás robbantással

## A) A ROBBANTÁSRÓL ÁLTALÁBAN

A robbantás az a bontási eljárás, amelynek során a szerkezetek statikai egyensúlyának megbontását és ezáltal helyükről való elmozdulásukat, leesésüket és feldarabolódásukat robbantási energiával érjük el. A robbantási energiát a robbanóanyagok fejtik ki.

A robbantást az építőiparban a múlt század vége óta kezdték tervszerűen alkalmazni. A robbanóerőt először az útépítésben, a természeti alakulatok (dombok stb.) átalakítására, később az alagútépítésben majd az épületek alapgödreinek kiemelésére, tuskórobbantásra használták fel. A vegyipar és az elméleti kémia fejlődése új robbanóanyagok megjelenését eredményezte, az I. és II. világháború haditechnikai tapasztalatai pedig a robbantások számítási és méretezési kérdéseinek kidolgozásában jelentettek fejlődést. Napjainkban a robbantást az ipar szinte minden ágában (bányászatban, építőiparban, kohászatban, gépiparban, mezőgazdaságban stb.) alkalmazzák, hatása pontosan számítható, a biztonsági előírások szigorú betartásával veszélytelennek mondható eljárássá vált.

Épületbontás robbantással a II. világháború után terjedt el, mégpedig a háborús romok eltakarításához, majd pedig a világszerte meginduló városépítési, szanálási, főleg tömeges épületbontásokhoz. Az épületek tömeges és teljes robbantásos bontása hazánkban 1960-1980 között volt jelentős. Ezt követően az ipari és a városépítési szanálások csökkenésével a rekonstrukciós robbantások kerültek előtérbe. A rekonstrukciós robbantások során csak egyes épületeket távolítanak el (pl. tömbrehabilitáció során), vagy csak egyes üzemépületek részeit bontják el, vagy szerkezeti áttöréseket végeznek robbantással, vagy régi alapokat számolnak fel.

### 1. A ROBBANÁS ÉS A ROBBANTÓANYAGOK FOGALMA

*Robbanásnak* az oxigénnek különböző hidrogén-, nitrogén-, szénvegyületekkel stb. adott feltételek melletti gyors vegyi egyesülését nevezzük. A gyors kémiai változások közben hatalmas gáz- és hőmennyiségek keletkeznek. Ha ezek kis zárt térben (pl. a robbantólyukban) keletkeznek, óriási feszítő erőt gyakorolnak igen rövid idő alatt a zárt tér falaira, azokat szétfeszíthetik, szétrobbanthatják. A gyors vegyi változást, robbanást általában különleges külső energia indítja meg (ez az indítás az iniciálás).

A robbantásban közreműködő eszközöket robbantóanyagoknak nevezzük (robbanóanyagok és robbanószerkezetek).

*Robbanóanyag* az az anyag, amelyben külső energiaközlés hatására az oxigén és más vegyületek gyorsan egyesülnek, és ezzel feszítő, romboló munkát végeznek. A robbanóanyagok robbanását detonációnak is nevezik.

*Robbantószer* az a közvetítő szer, eszköz vagy anyag (pl. gyutacs, gyújtószinór, robbanószinór stb.), amely a robbanóanyagban a robbanást, a detonációt közvetve vagy közvetlenül kiváltja.

*Robbantástechnikai eszközök* a detonáció elősegítéséhez, megvalósításához szintén szükségesek. Ezek: gyutacsfogók, villamos vezetékek, robbantógépek, szigetelőszalagok, összekötő elemek stb.

## 2. A ROBBANÓANYAGOKRÓL

A detonáció sebessége (az oxigénnel való gyors egyesülés ideje) szerint megkülönböztetünk lassú égésű (1000 m/s) és gyors égésű (1000-9000 m/s) brizáns robbanóanyagokat. Más meghatározások szerint van lobbanás (néhány m/s), robbanás (több ezer m/s) és detonáció (1000-9000 m/s). A detonációs sebesség ismeretének a robbanás továbbterjedésével összefüggő méretezések esetében van nagy jelentősége.

A brizancia-szám a robbanóanyagokra jellemző érték, az időegység alatt fejlesztett gázmennyiségtől, a detonációs sebességtől és a robbanóanyag tömegétől, a detonációs sebességtől és a robbanóanyag tömegétől, sűrűségétől függ, és megadja az elméleti munkavégző képességet (pl. trotilféleségeknél  $\sim 3040$  kJ/kg robbanóanyag). Ezt az elméleti értéket azonban a gyakorlatban ritkán érjük el, mert a robbanóanyagok elhelyezésénél, a robbantást előidéző energia közlésénél a laboratóriumi körülmények nem állíthatók elő. A gyakorlatban kis, közepes és nagy munkavégző képességű robbanóanyagokat különböztethetünk meg.

A robbanóanyagok biztonságos kezelésének, szállításának elengedhetetlen feltétele bizonyos kezelési biztonság, amely azt jelenti, hogy az anyag tulajdonságai szerint csak előírt nagyságú fizikai-kémiai energiaközlés hatására okozhat robbanást (a nitroglicerinnel pl. kis rázkódásra is robban). Követelmény azonban az is, hogy a robbanóanyagok egyben olyan érzékenyek legyenek, hogy a robbanás indítása ne járjon túl nagy energiaigénnyel. A kezelési biztonságot és az

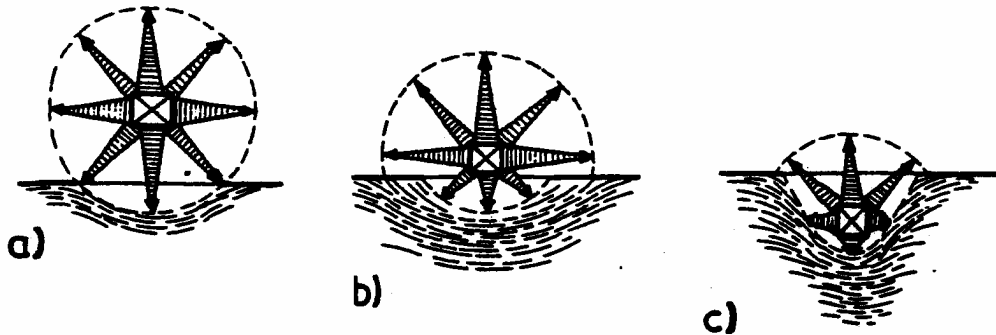
érzékenységet együttesen a centiméterben mért ütésérzékenység szerint ítéljük meg. Az ütésérzékenységet a robbanóanyagra leejtett 2 kg tömegű kalapácsnak a robbanás kiváltásához szükséges ejtési magassága adja meg.

#### A robbanóanyagok fajtái

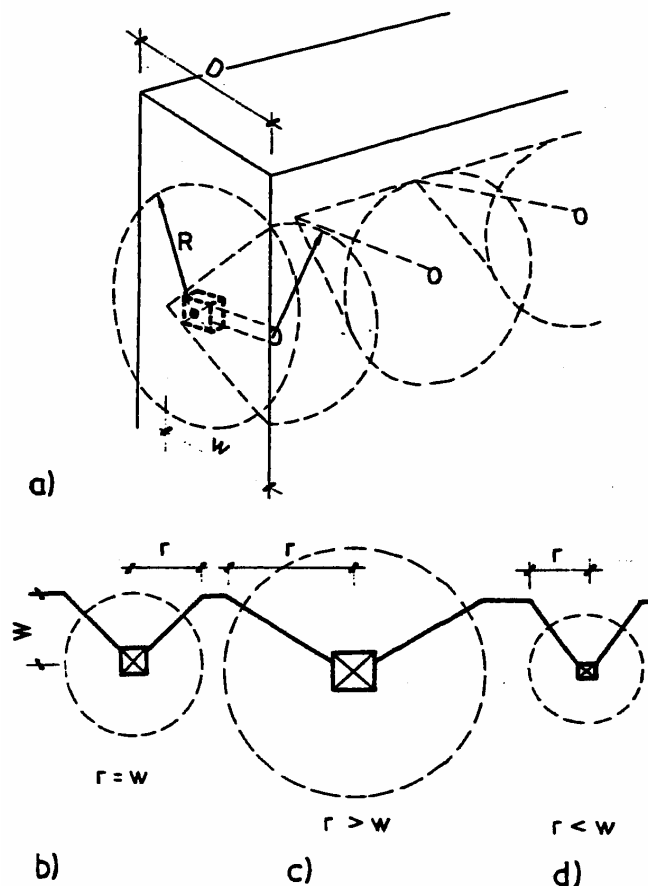
Megnevezés	1 kg robbanóanyag robbanási munkavégzése, kJ	Detonációsebesség m/s	Érzékenység , cm
Fekete lópor	2750	400	45
Nitroglicerín	6300	7600	6
Dinamitok	4700-5900	5600-7200	25-30
Paxitok (por alakú)	3950-4200	3500-4000	40
Trinitro-toluol (TNT)	5100	6900	50
Ólom-azid (gyutacsban)	-	5400	8-10

**Az érzékenységet 2 kg tömegű kalapács  $\delta$  ejtési magassága adja meg akkor, ha az robbanást okoz.**

## ROBBANTÓTÖLTET ELHELYEZÉSE ÉS ROBBANÁSI HATÁSA



A robbantótöltetek különböző elhelyezési módjainak elhelyezési vázlata  
*a) szabadon felfüggesztett, b) felfektetett, c) fűrt lyukban elhelyezett töltet*



A robbanási hatások és a robbanási (kúpok) tölcsérek kialakítása  
*a) axonometrikus vázlat; R a robbantótöltet elméleti hatósugara; r a robbanási tölcsér sugara; w a robbanási tölcsér mélysége, b) normál-, c) túlméretezett; d) alulméretezett töltet*

A töltet robbanóereje a robbantásra kerülő szerkezet anyagában is csaknem gömb alakban terjed. A robbanóerő hatásgömbjének sugarát  $R$ -rel jelöljük. Amennyiben a töltet a robbantandó szerkezetben mélyebben fekszik, mint az  $R$  sugár, a robbanóerő nem töri át a szerkezetet (a töltet gyenge). Ha a töltet robbanóerejének hatásgömbje erősen „kilép” a szerkezetből, a töltet túlméretezett. A cél az, hogy a töltet olyan mélységben legyen, hogy az  $R$  sugár éppen elérje, vagy csak kevéssel lépje túl a szerkezet anyagának határát.

A szerkezet azonban rendszerint nem minden irányban azonos méretű. A robbanóerő pedig a legkisebb ellenállás - általában a fúróluk és a szerkezet legkisebb keresztmetszete - felé hat, és az anyagból kúpot, ún. robbantási tölcsért hasít ki. Ha a robbantási kúp mélysége  $w$ , a kúp alapkörének sugara  $r$ , a helyesen méretezett normáltöltet esetében  $r = w$ . Túlméretezett töltetről beszélünk, ha  $r > w$ , alulméretezetről (hegyesszögű), ha  $r < w$ .

A robbanási hatások és kúpok ismerete a méretezés során azért fontos, mert rendszerint nem egy töltetet robbantunk egyszerre. Falrobbantáskor a fal hosszában egyszerre több töltetet kell felrobbantani. A fal akkor fog eldőlni, ha egyrészt a hatásgömbök  $R$  sugara metszi egymást, másrészt az  $r$  tölcsérsugarak is átfednek, végül a tölcsér  $w$  mélysége is akkora, hogy a fal ép része már nem bírja el a terhet. Ha nem így járunk el, az  $r$  tölcsérsugarak között „**bordák**” maradnak, amelyek a fal megmaradt  $(D-w)$  részével megakadályozzák az eldőlést, és így veszélyes, labilis állapot keletkezik.



**Alulméretezett töltet a falrobbantásnál labilis helyzetet idézhet elő.**

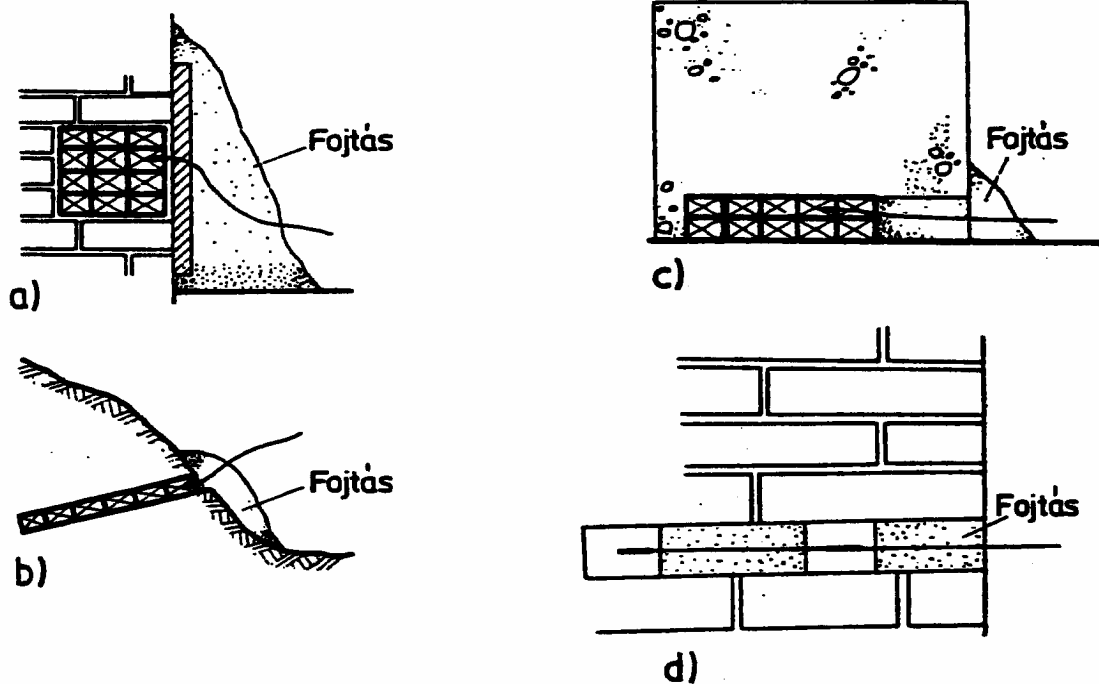
A tölteteket az építőiparban alaki elrendezésük szerint a következő fő csoportokba sorolhatjuk.

**Összpontosított töltet.** A robbanóanyagok általában gyári egységekben (25, 50, 100, 200 g-os darabok) kerülnek forgalomba. Az egységeken a gyutacs számára nyílás van. A gyakorlatban egy egység rendszerint nem fejt ki a kívánt és számított robbanóerőt. Ezért sűrűn előfordul, hogy nem egy, hanem több gyári egységet kell egytűzben - egyszerre, egy helyen - felrobbantani. Ez az összpontosított töltet (hatása közel gömb jellegű).

**Nyújtott töltet.** A hosszú, fúrt lyukban elhelyezett, rövid alakú töltet ellipszis, esetleg ellipszoid alakú hatást fejt ki: hossz tengelye irányában repeszt, hosszú, vékony tölcsért dob ki.

**Nyújtott, összpontosított töltet.** Ez átmenet az előbbi két töltettípus között. Vastag, hosszú, kemény anyagú szerkezetben alkalmazása előnyös lehet (az építőiparban ritkán használják).

*Megszakított (légréses stb.) töltet.* A túlzott romboló hatás csökkentésére, „simább” bontás céljaira alkalmazható.

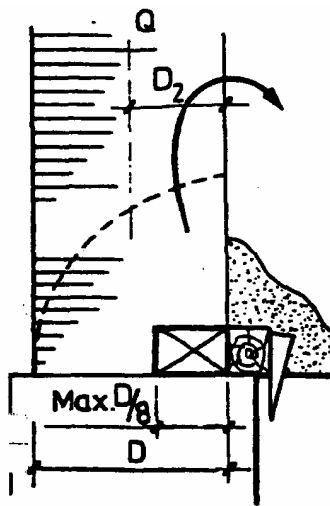


**A töltetek alaki elrendezési típusai**

a) összpontosított, b) nyújtott c) nyújtott-összpontosított, d) megszakított töltet

## A ROBBANÓERŐ HATÁSÁNAK ERŐTANI KÉRDÉSEI

A robbanás során a robbanóerő hatásgömbjének minden  $\text{cm}^2$  -én nyomás (feszítőerő) keletkezik. A nyomóerő különféle módon hat a szerkezetekre.



Vízszintes irányú fúrólukban elhelyezett töltet heterogén anyagú szerkezetben (pl. téglafalban). Az erőjáték módosul, mert a szerkezet anyagának szilárdsága eltérő. A tölcsér egyenetlen felületű aszerint, hogy a szerkezet különböző elemei milyen ellenállást tanúsítottak.

Vízszintes irányú fúróluk esetén felhasználhatjuk az erőtanból ismert forgatónyomaték - billenés, forgatás - elvét. Ha a felrobbantandó fal vastagsága  $D$ , a  $Q$  faltömegerő hatásvonalja  $D/2$ -ben van, és a töltetet maximális fojtással  $D/8$ -ban helyezzük el olyan mennyiségben, hogy  $R$  maximálisan  $w = D$ , vagy  $9/10 D$ , akkor a falban a robbanási tölcsér kivágódása után megközelítően  $QD/2$  billentőnyomaték keletkezik, és a fal a töltet irányában eldől (a  $D/8$  távolság a töltet középpontjára vonatkozik).

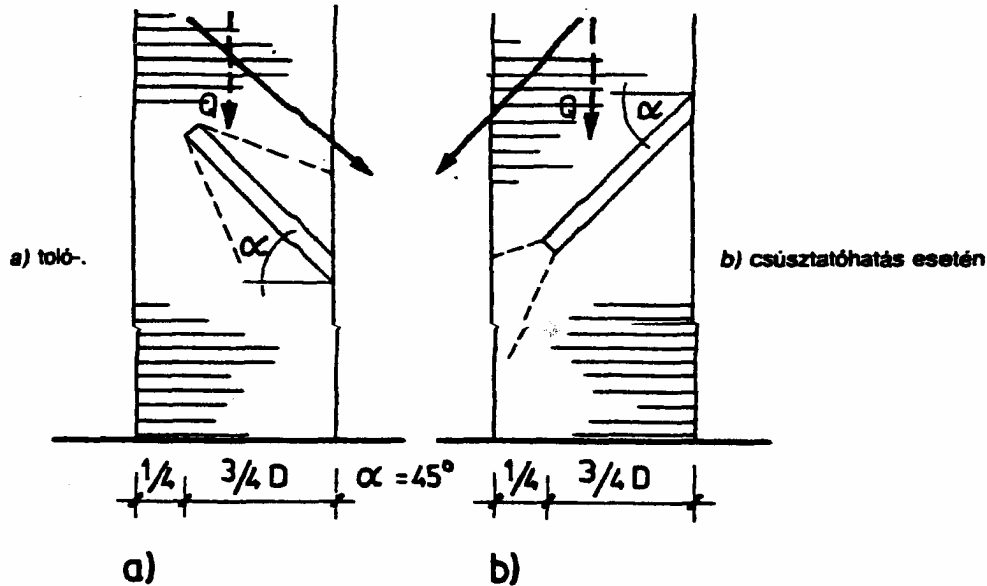
### Ferde irányú fúrólukban elhelyezett töltet

Tételezzük fel, hogy a falszerkezetben a vízszintessel  $\alpha = 45^\circ$  szöget bezáró fúrólukat létesítünk. Ebben az esetben a  $Q$  faltömegerő a robbanási tölcsér kivágásakor komponensével „segíti” a robbantóerőnek, és „lecsúszik”. Így kisebb robbanási energia (kisebb töltettömeg) szükséges.

A  $Q$  faltömegerő  $Q \cos \alpha$  nagyságú összetevője elősegíti, hogy a fal a fúróluk síkja mentén lecsússzon, a  $Q \sin \alpha$  komponens pedig a fúróluksíkhoz tapasztaná a falat, de a falélig ható  $\sim 3/4 D \sin \alpha$   $Q$  nyomaték billenést okozva eldönti a falat.

### Kibicsaklás előidézése robbantással

A terhelt, befogott, függőleges szerkezetben (oszlop, pillér) kifejtett robbanóerő egyrészt megszünteti a szerkezet folytonosságát (áttöri a szerkezetet), másrészt a kihajlás következtében a terhelőerő egyre inkább külponthosszá válik és elősegíti a leszakadást.



### TÖLTETSZÁMÍTÁSI ALAPKÉPLETEK

A töltetek - és végeredményben a bontáshoz szükséges összes robbanóanyag -mennyiségét méretezni kell. A robbanóanyag mennyisége elsősorban a robbanóanyag fajlagos robbanási energiájától és a robbantandó anyag szilárdságától függ. A méretezési képletek, amelyek általában a robbanáselmélet alapján és tapasztalati, kísérleti adatokból születtek meg, robbantási alapesetekre vonatkoznak (pl. fagerenda robbantása). A gyakorlatban igen sok képlet, képletcsoport és számítási mód ismeretes, itt csak egyik típusát mutatjuk be:

#### Faoszlop és -gerenda robbantása

A robbantást szabadon felfektetett töltettel és fúrt lyukban elhelyezett töltettel végezhetjük el.

Szabadon felfektetett töltet számítása:

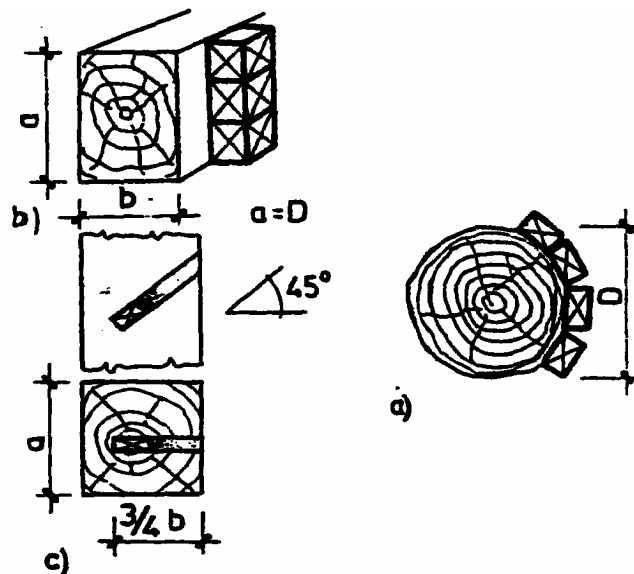
a) gömbfánál:  $L = D^2$ ;

b) gerendánál:  $L = a^2$ ;

ahol  $L$  a közepes hatóerejű robbanóanyagból álló töltet mennyisége,  $g$ ;  $D$  az oszlop átmérője,  $cm$ ;

$a$  a gerenda legnagyobb oldalmérete,  $cm$ .



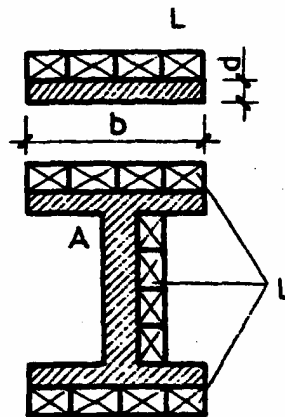


### Faszerkezetek robbantásának méretezése

Töltet: g; cm (legnagyobb oldalmagasság vagy átmérő)

a) szabadon felfektetett töltet gömbfánál, b) gerendánál, c) fúrt lyukban elhelyezett töltet gömbfánál

Példa: 30 cm átmérőjű faoszlop robbantásához  $D^2 = 30^2 = 900$  g dinamit kell robbanóanyag szükséges. Ha 100 g-os gyári egységeink vannak, 9 db-ot helyezünk el egy vagy két sorban az oszlop egyik oldalán.



### Fémszerkezetek robbantásának méretezése

#### Vasgerenda robbantása

A vasgerendákban fúrt lyukban elhelyezett tölteteket nehéz lenne kialakítani (esetleg a szekrényes tartók belsejében). Ezért szabadon felfektetett, a vasgerenda alakjához simuló töltet elnyíró hatását használjuk fel. A tölteteket fadarabokkal merevítve, kötéllel, vashuzallal erősítik a vasgerenda egyik oldalára.

A vasgerenda-robbantás képlete:

$$L = AK$$

ahol L a közepes hatóerejű robbanóanyag töltetmennyisége, g; A az átütendő keresztmetszet területe, cm<sup>2</sup> (építőipari táblázatban megtalálható); K tényező a robbanóanyag-féleségtől és a szerkezet méretétől függő táblázati érték. Ha a szerkezet (lemez) vastagsága <4 cm, K = 25, ha a vastagság >4 cm, K= 50, más esetekben 75 is lehet.

Pl. egy I 30-as acélgerenda elnyírásához 70 cm<sup>2</sup> \* 25 = 1750 g robbanóanyag szükséges.

Szekrényes tartók belsejében elhelyezett töltet esetében a vasgerenda-robbantásnál számított töltet fele elégséges.

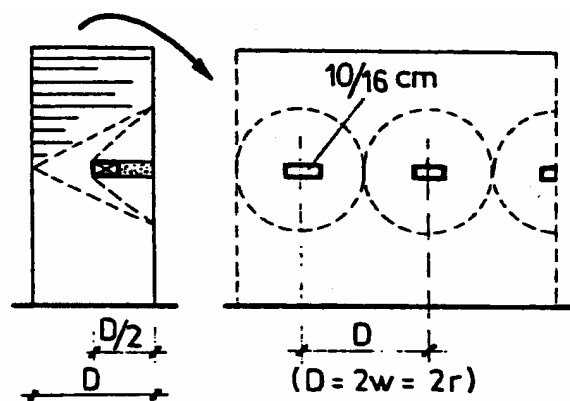
### Felmenő téglafal és betonfal robbantása

Többféle képlet ismeretes a fal jellegétől, a fúróluk elhelyezésétől stb. függően.

Jól használható, összefoglaló képlet vízszintes fúrólukhoz és elrendezéshez

$$L = w^3 K$$

ahol L a közepes hatóerejű robbanóanyagból szükséges töltet mennyisége, kg; w a robbanási tölcsér (kúp) mélysége, m; (normál összpontosított töltetnél egyben a tölcsérkúp talpkörének sugara is); K tényező a fojtástól, a fal jellegétől, a robbanóanyag fajtájától függ, 6-12 között változik (táblázati adat).



**Falazatrobbantás vízszintesen elhelyezett töltetekkel**

Példa: Födémrel vagy áthidalóval terhelt, javított mészhabarcsta rakott, 0,64 m vastag téglafal robbantásához szükséges töltet mennyiségét a következő módon számíthatjuk ki, ha feltételezzük, hogy a fúrt lyukban agyagfojtást alkalmazunk:

$$L = W^3 K, \quad w = 0,64 / 2 = 0,32$$

A gyakorlatban K két táblázat érték szorzatából adódik,

$$K = K_1 K_2,$$

ahol  $K_1$  a falterheléstől függ (ha  $w = 3,0$  m,  $K_1 = 3$  terhelt fal esetén. Ha  $w = 0,80$  m,  $K_1 = 7,5$  terhelt fal esetén);  $K_2$  a fojtástól, a töltetelrendezéstől függ, értéke 1-6 között változhat, de leginkább 1,25 K értéket vegyük fel.

$$K_1 K_2 = 7,5 * 1,25 = 9,4$$

Így  $L = 0,32^3 * 9,4 = 0,30$  kg, azaz töltethelyenként 300 g robbanóanyagot kell elhelyeznünk (3 db 100 g-os gyári egység).

### Vasbeton szerkezet (oszlop, fal) robbantása

A bontás legnehezebb, igen munkaigényes feladata a vasbeton szerkezetek bontása, amely még légkalapácsokkal is lassan végezhető. A vasbeton szerkezetek robbantási méretezésekor arra kell törekedni, hogy ne csak a beton, hanem a vasbetétek is elszakadjanak.

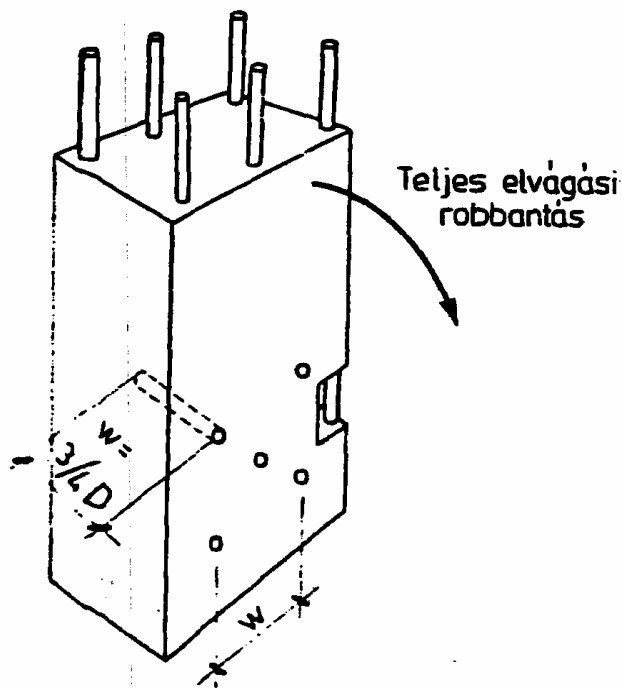
A betonköpenytől megfosztott vasak utólagos elvágása a beton eltávolítása miatt elállott labilis szerkezet miatt igen veszélyes feladat. Előfordulhat azonban, hogy a szerkezet eldöntésére elegendő a beton kirobbantása, és az eldőlt szerkezet további darabolása már kényelmesebben, a földön folyhat tovább. A daraboláshoz pedig - ha a környezet nagyobb töltetek robbanási hatása miatt veszélybe kerülne - elégséges a kisebb töltetekkel végezhető repesztés is. A vasbeton szerkezetek sokféle megjelenési formája ellenére is néhány alapképlet alakult ki, amelyek téglapítványok robbantásához is felhasználhatók, ha  $w > 0,5$  m.

Vasbeton oszlop, fal elvágó robbantása max. 70 cm vastagságig a következő képlettel számítható:

$$L = \left( w + \frac{1}{6} \cdot w \right)^2 \cdot K$$

ahol L a töltet nagysága, kg; w általában 3/4 D-nek vehető, m; D az átütendő keresztmetszet, m; K tényező (táblázati érték) 0,4-0,8 között változik.

Példa. Egy 0,4 x 0,4 vasbeton oszlop robbantásához (teljes elvágásához) szükséges, robbanóanyag mennyisége:  $L = (0,40 + 0,07)^2 * 0,5 = 0,11$  kg (biztonságból egy 100 és egy 50 g-os gyári egységet használunk).



**Vasbeton pillér robbantásának méretezése; a vasakat célszerű előzőleg elvágni**

Az összetett szerkezetű épületek robbantásához a következő képleteket használhatjuk:

Zárt (eltorlaszolt nyílású) épületek teljes robbantásának képlete:

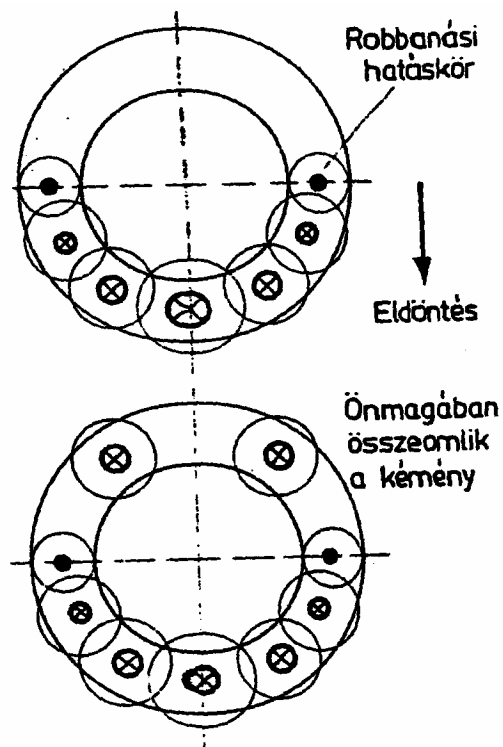
$$L = \left( w + \frac{1}{6} \cdot w \right)^3 \cdot K$$

ahol L a töltethez szükséges közepes hatóerejű robbanóanyag, kg; w a külső fal vastagságának 80%-a, azaz  $0,8 D$ , m; K tényező értékének számítását lásd a korábban, a felmenő téglafalra vonatkozó K1 és K2 tényezőknél.

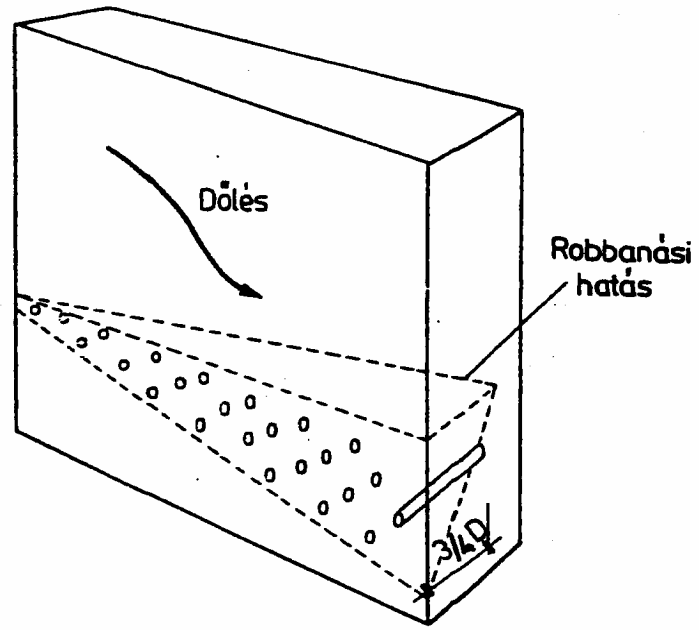
## TELJES ÉPÍTMÉNYROBBANTÁS

A teljes építményrobbantást kisebb objektumoknál központos töltettel, de nagyobb épületeknél leginkább késleltetett robbantással, töltetek nagyszámú sorozatával hajthatjuk végre. Az eljárás módok kiválasztását az épület szerkezeti jellege és a környezet elrendezése, ill. biztonsági követelményei határozzák meg.

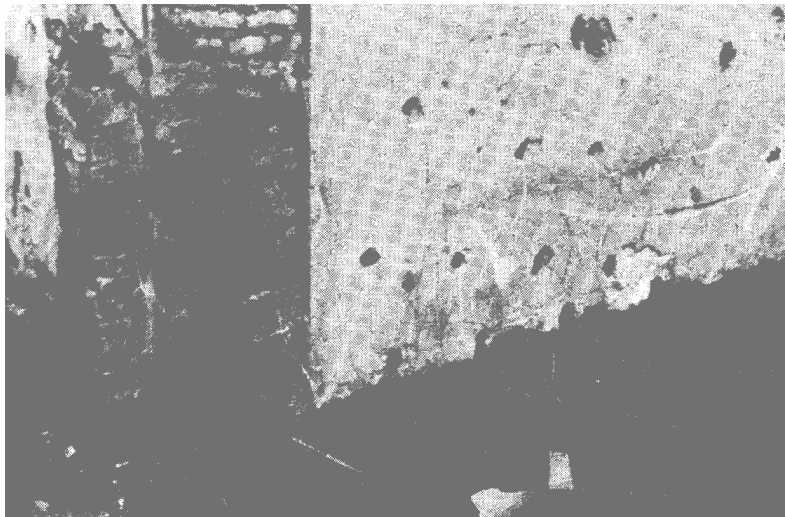
A döntés irányítását a legegyszerűbben a gyárkéményrobbantás példáján szemlélhetjük. Ha a kémény összeomlását akarjuk előidézni, akkor a keresztmetszetben szimmetrikus elrendezésben (az egyik tengely irányában) helyezük el a tölteteket. Míg az eldöntés esetében a kémény egyik felébe nem kerül töltet, az eldőlési irány felőli oldalon egyre nagyobbodó adagokat helyezünk el. A tölteteket rendszerint kívülről fúrt kamrákba tesszük be.



**Gyárkéményrobbantás töltet-elhelyezési módjai**



**Falrobbantás vízszintes irányzású, ék alakú töltetelrendezéssel (nyújtott töltetek)**



**Robbantási ék elrendezése**