

B02-201

Beräkningsanvisning för last Splitterverkan

Författare: Joosef Leppänen. Ansvarig utgivare: Björn Ekengren.

1 Orientering	1
1.1 Samlingsdokument	1
1.2 Om detta dokument	1
2 Splitterfördelning	2
3 Splitterhastighet	4
4 Splitterverkan i betongkonstruktioner	4
4.1 Skador i betong	4
4.2 Penetration	5
4.3 Perforation	5
4.4 Utstötning	5

1 Orientering

1.1 Samlingsdokument

För allmän information om MSB:s kunskapsdokument i serien Beräkning av impulsbelastade konstruktioner, se dokument B01-101. Där ges bland annat övergripande bakgrund, en sammanfattande beteckningslista samt referenser. För en förteckning av utgivna och kommande dokument i serien hänvisas till dokument B01-102.

1.2 Om detta dokument

I detta dokument sammanställs samband för splitterfördelning, splitterhastighet, samt uttryck för att bestämma penetrationsdjup och erforderlig tjocklek hos en konstruktion för att undvika perforation och utstötning i en betongvägg. Bakgrund för här givna samband behandlas i Leppänen (2012).

2 Splitterfördelning

Antalet splitter som har massan större än ett splitter med massan m_s fås som

$$n_{ms} = \frac{M_h}{2M_A} e^{-\sqrt{\frac{m_s}{M_A}}} \quad (2.1)$$

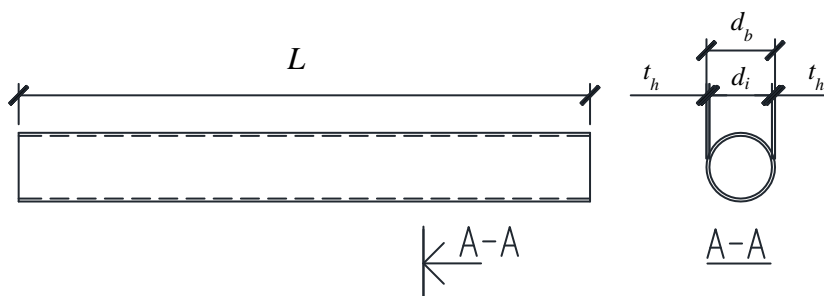
där M_h är höljets massa och M_A är en splitterfördelningsparameter. Totala antalet splitter fås genom att sätta $m_s = 0$, vilket ger

$$n_s = \frac{M_h}{2M_A} \quad (2.2)$$

För att beräkna splitterfördelningsparametern omvandlas bomben till en ekvivalent cylinder enligt Figur 2.1 och splitterfördelningsparametern beräknas som

$$M_A = B^2 \cdot t_h^{5/3} \cdot d_i^{2/3} \left(1 + \frac{t_h}{d_i}\right)^2 \quad (2.3)$$

där B är Motts konstant (fragmenteringskonstant) som beror på explosivämnet, t_h är höljets ekvivalenta tjocklek och d_i är höljets ekvivalenta innerdiameter.



Figur 2.1 Ekvivalent cylinder.

Motts konstanter B för olika explosivämnen och splitterfördelningsparametrar M_A för olika vapen anges i Tabell 2.1 respektive i Tabell 2.2.

Beräkning av impulsbelastad konstruktion

Tabell 2.1 Motts konstant B för olika explosivämnen.

Explosiv- ämne	B [kg ^{1/2} / m ^{7/6}]
Baratol	6,23
Comp B	2,69
Cyclotol (75/25)	2,44
H-6	3,42
HBX-1	3,18
HBX-3	3,91
Pentolite (50/50)	3,06
TNT	3,67

Tabell 2.2 Splitterfördelningsparameter för olika vapen.

Vapentyp	M_A [kg]
GP 250lb Mk81	$1,42 \cdot 10^{-3}$
GP 500lb Mk82	$2,04 \cdot 10^{-3}$
GP 1000lb Mk83	$5,78 \cdot 10^{-3}$
Spränggranat 155mm	$7,17 \cdot 10^{-3}$

3 Splitterhastighet

För att bestämma splitterhastighet kan splittrens utgångshastighet v_0 bestämmas som

$$v_0 = 2400 \cdot (1 - e^{-2W/M_h}) \quad (3.1)$$

där W är sprängämnesmassa i [kg] och M_h är höljets massa i [kg].

Splitterhastigheten i luften v_r avtar med sträckan r och kan bestämmas som

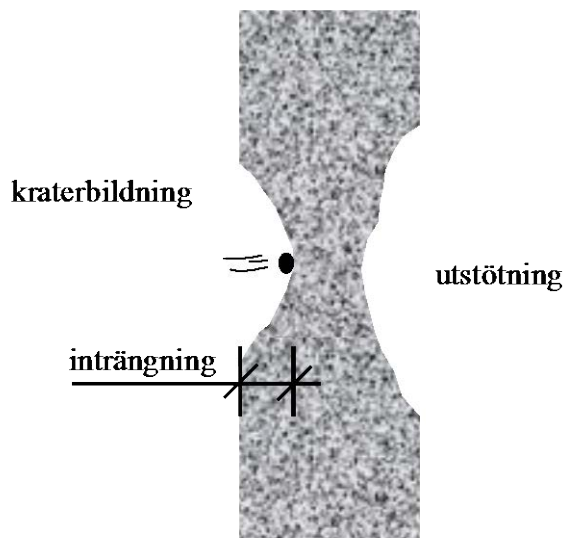
$$v_r = v_0 e^{-0,00456r/\sqrt[3]{m_s}} \quad (3.2)$$

där v_0 beräknas enligt ekvation (3.1) och m_s är splittermassa i [kg].

4 Splitterverkan i betongkonstruktioner

4.1 Skador i betong

Vid en detonation av en bomb skapas en luftstöt våg och splitter i varierande storlek. Figur 4.1 visar olika skador i betong orsakad av splitterbelastning. Splitter som träffar ett mål kan antingen penetrera eller perforera målet. Med penetration menas splitterinträngning, medan med perforation menas att splittret tränger igenom konstruktionen. Närmast anslagsytan krossas betongen och kraterbildning sker. Ifall penetrationsdjupet är tillräckligt stort sker utstötning på baksidan av anslaget.



Figur 4.1 Skador i betong orsakad av splitterbelastning.

Vidare kan splitter träffa armeringen som kan gå av eller skadas. Dessutom reduceras vidhäftningen mellan armering och betong på grund av vibrationerna i konstruktionen vid splitteranslag.

4.2 Penetration

Penetration betyder splittrinträngning. Penetrationsdjupet x i [mm] för ett splitter i betong kan beräknas som

$$x = \frac{26,9m_s^{0,37}v_s^{0,9}}{f_c^{0,25}} \quad \text{för } x \leq 117m_s^{1/3} \quad (4.1)$$

och

$$x = \frac{4,35m_s^{0,4}v_s^{1,8}}{f_c^{0,5}} + 40,6m_s^{1/3} \quad \text{för } x > 117m_s^{1/3} \quad (4.2)$$

där splittermassan, m_s är i [kg], hastigheten, v_s är i [m/s] och betongens tryckhållfasthet, f_c är i [Pa].

4.3 Perforation

Perforation innebär att splittret tränger igenom konstruktionen. Ekvation (4.3) visar den minsta tjocklek t_p i [mm] hos en betongvägg som erfordras för att förhindra perforation för ett splitter

$$t_p = 1,23x m_s^{0,033} + 74,9m_s^{0,33} \quad (4.3)$$

där x beräknas enligt ekvation (4.1) och (4.2) och splittermassan m_s är i [kg].

4.4 Utstötning

Utstötning innebär att betong slits loss på baksidan av den belastade konstruktionen. Ekvation (4.4) visar ett samband för den minsta tjocklek t_u i [mm] hos en betongvägg som erfordras för att förhindra utstötning

$$t_u = 1,32x m_s^{0,033} + 121m_s^{0,33} \quad (4.4)$$

där x beräknas enligt ekvation (4.1) och (4.2) och splittermassan m_s är i [kg].