

B02-202

Beräkningsanvisning för last Kombinerad stötvåg och splitter

Författare: Joosef Leppänen. Ansvarig utgivare: Björn Ekengren.

1 Orientering	1
1.1 Samlingsdokument	1
1.2 Om detta dokument	1
2 Stötvågsbelastning	2
2.1 Impulslast	2
2.2 Ekvivalent laddningsvikt	2
3 Splitterbelastning	3
4 Kombinerad stötvågs- och splitterbelastning	4

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 stötvågs-, splitter- och kombinerad stötvågs- och splitterbelastning. Bakgrund för här givna samband behandlas i Johansson (2012) och Leppänen (2012).

2 Stötvågsbelastning

2.1 Impulsbelastning

Tryck-tidssambandet $P(t)$ för en stötvåg beräknas med följande samband

$$P(t) = P^+ \left(1 - \frac{t - t_a}{t^+} \right) e^{-\alpha(t - t_a)/t^+} \quad (2.1)$$

där P^+ är övertrycket, t^+ är varaktigheten hos stötvågen och t_a är ankomsttid för stötvågen.

Impulstätheten i^+ kan beräknas enligt följande

$$i^+ = P^+ t^+ \left[\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha^2} (1 - e^{-\alpha}) \right] \quad (2.2)$$

från vilket faktorn α kan lösas ut när P^+ , i^+ samt t^+ är kända. Anvisningar för att bestämma stötvågsparametrar redovisas i dokument B02-111.

2.2 Ekvivalent laddningsvikt

Den totala impulsen består av impulsbelastning från stötvåg samt impulsbelastning från splitter. När bomben fragmenteras, det vill säga när splittret skapas, förbrukas energi och impulsbelastningen från stötvåg minskar jämfört med en ren laddning utan hölje. Detta kan beaktas enligt nedan för en bomb innehållande sprängmedel TNT.

Energimängd hos bomb E_b där sprängmedel är TNT kan beräknas enligt följande formel

$$E_b = 4610 \cdot W \quad (2.3)$$

där 4610 kJ/kg är energimängd för TNT och W är massa sprängmedel i [kg].

Den kinetiska energin för splitter beräknas som

$$E_{k,splitter} = \frac{M_h \cdot v_0^2}{2} \quad (2.4)$$

där M_h är höljets massa och v_0 är utgångshastighet för splitter. Uttryck för dessa redovisas i dokument B02-201.

Den totala energimängden hos en bomb E_b kan beräknas som

$$E_b = E_s + E_{k,splitter} \quad (2.5)$$

där E_s är energimängd för att skapa en stötvåg och $E_{k,splitter}$ är energimängd för att skapa kinetisk energi hos splitter.

För att beakta att en del av energi går åt för att skapa kinetisk energi hos splittren kan en ekvivalent laddningsvikt W_{ekv} tas fram som genererar en impulslast från stötvåg som

$$W_{ekv} = \frac{E_s}{4610} = \frac{E_b - E_{k.splitter}}{4610} \quad (2.6)$$

3 Splitterbelastning

Impulsen från ett enstaka splitter beräknas som dess massa multiplicerat med dess hastighet enligt följande

$$I_s = m_s v_s \quad (3.1)$$

där m_s är massan för ett splitter i [kg] och v_s splittrets anslagshastighet enligt dokument B02-201.

För en splittersvärm sätts massan till splittertätheten ρ_s , vilket definieras som splittermassan från bomben genom anslagsytan S . Splittertätheten minskar med ökat avstånd från detonationen eftersom anslagsytan ökar med avståndet och beräknas som:

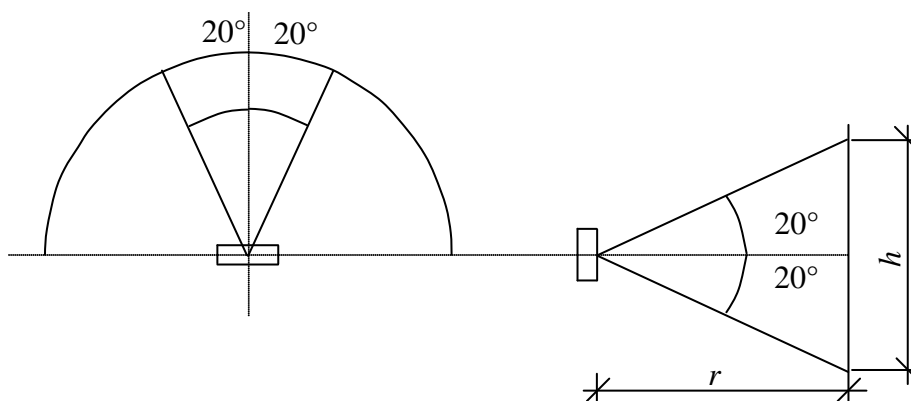
$$\rho_s = \frac{M_h}{S} \quad (3.2)$$

För en detonation i luft kan en första mycket grov approximation göras genom att dela höljets massa från bomben med ytan för en sfär, vilket ger splittertätheten/m².

Ytan S är en sfär med radien r fås som

$$S = 4\pi r^2 \quad (3.3)$$

Vanligtvis så är bomber inte sfäriska och mantelns tjocklek varierar i en bomb, vilket medför att utkastningen varierar i olika riktningar för en bomb. Dessutom har bombens relativa placering stor betydelse för hur splitterfördelningen blir. En approximation för en cylindrisk bomb är att 60 % av splittren träffar ett segment av 40 grader, dvs. ± 20 grader, mätt vinkelrät bomben. En vanlig form hos en laddning är en cylinder och spridningen för en sådan bomb visas i Figur 3.1.



Figur 3.1 Splitterfördelningen för en cylindrisk bomb placerad i horisontalt respektive vertikalt läge.

Detta ger en mer realistisk splittersfördelning när bomben är cylinderformad. Ytan för en cylinder med radien r och höjden h fås som

$$S = 2\pi rh \quad (3.4)$$

För en splittersvärm beräknas impulstätheten i^+ enligt följande

$$i_s^+ = m_s v_s = \rho_s v_s \quad (3.5)$$

där massan sätts till splittertätheten ρ_s för en splittersvärm i $[\text{kg}/\text{m}^2]$ och v_s splittrets medel anslagshastighet enligt dokument B02-201.

Ankomsttid för splitter kan beräknas som sträckan som splitter färdas i luften s genom medelhastigheten hos splittret i luften v_{sm} .

$$t_a = \frac{s}{v_{sm}} \quad (3.6)$$

Impulsens varaktighet för splitter kan uppskattas till

$$t^+ = \frac{x}{v_{smp}} \quad (3.7)$$

där x är penetrationsdjup för som kan beräknas enligt anvisningar i dokument B02-201, och v_{smp} är splittrets medelhastighet under penetrationsförloppet.

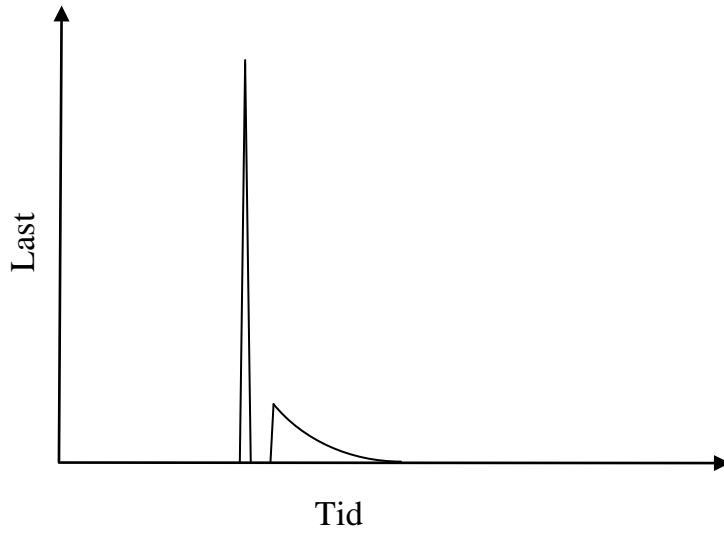
4 Kombinerad stötvågs- och splitterbelastning

För kombinerad stötvågs- och splitterbelastning består impulslasten av en impuls från stötvågen och en impuls från splitterbelastningen. Den totala impulsen i_{tot} kan därmed beräknas som summan av impulslast från stötvåg $i_{stötvåg}$ och impulslast från splitter $i_{splitter}$ som

$$i_{tot} = i_{stötvåg}(W_{ekv}) + i_{splitter}(W) \quad (4.1)$$

där W_{ekv} är ekvivalent laddningsvikt enligt ekvation (2.6) och W är laddningsvikt, båda i $[\text{kg}]$. Impulslasten bestäms enligt anvisningar i dokument B02-111 med ekvivalent laddningsvikt. Impulslast från splitterbelastning beräknas enligt ekvation (3.5) och dess ankomsttid beräknas enligt ekvation (3.6).

Beroende på avståndet kan antingen splittret eller stötvågen träffa konstruktionen först. Ankomsttid för stötvåg och splitter beror på flertal faktorer som mängden sprängämne, höljets massa och avstånd från detonationen. I Figur 4.1 visas principiellt hur en impulslast ser ut från en kombinerad stötvågs- och splitterbelastning. I detta exempel träffar splitter konstruktionen först. Vidare är lastens varaktighet från splitter betydligt kortare jämfört med lastens varaktighet från en stötvåg.



Figur 4.1 Principskiss för impulsbelastning från kombinerad stötvägs- och splitterbelastning.