

BESTÄMNING AV BROTTSEGHET HOS BERG-
MATERIAL.

Nils Lundborg o. Lars Åke Almgren

DS 1972:6

2.3.1972

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN — 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

BESTÄMNING AV BROTTSEGHET HOS BERG-
MATERIAL.

Nils Lundborg o. Lars Åke Almgren

DS 1972:6

2.3.1972

Sammanfattning

I en tidigare rapport DS 1971:26 har brottsegheten bestämts för plexiglas. I föreliggande rapport har en liknande metod använts för brottseghetsbestämning på kalksten och granit. På grund av svårigheten att bilda initialsprickor i sten har en förenklad metod använts med definierade sprickspetsradier, som synes ge tillfredsställande resultat.

Vid bestämning av brottseghet hos bergmaterial har här använts samma standardmetod och mått på provbitarna som användes för metall /1/ och plexiglas /2, 6/. Fig. 1 visar provets utseende.

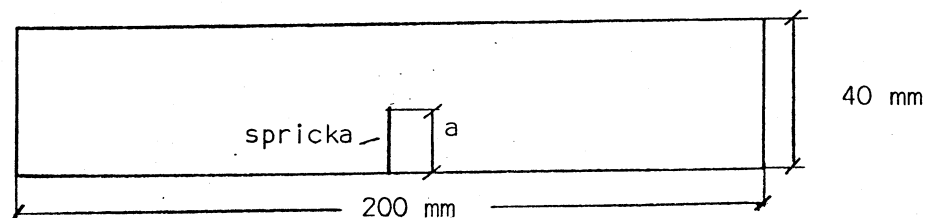


Fig. 1. Standardprov för bestämning av brottsegheten. Provets tjocklek ung. hälften av dess höjd ($c:a$ 20 mm).

Det är förenat med stora svårigheter att i bergmaterial åstadkomma en väldefinierad skarp spricka (a). En del forskare har därför använt sågade spår enligt fig. 2 /6/.

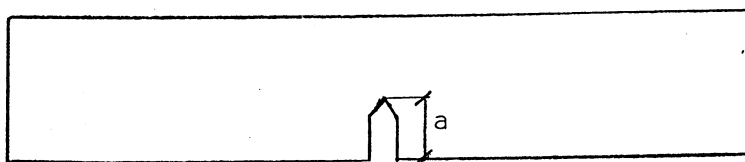


Fig. 2. Prov med sågad anvisning.

För att i någon mån utreda effekten av olika utformning av sprickspetsen, har Guljaev /7/ mätt slagsegheten hos metaller där definierade sprickor med olika radier använts. Han får därvid ett lineärt samband mellan slagseghet (energi) och sprickradie.

I föreliggande rapport har brottsegheten K_{IC} uppmätts på liknande sätt med prov enligt fig. 3. Hål med från 1 till 5 mm diameter borrarades i provet varefter ett 1 mm spår sågades in till hålet.

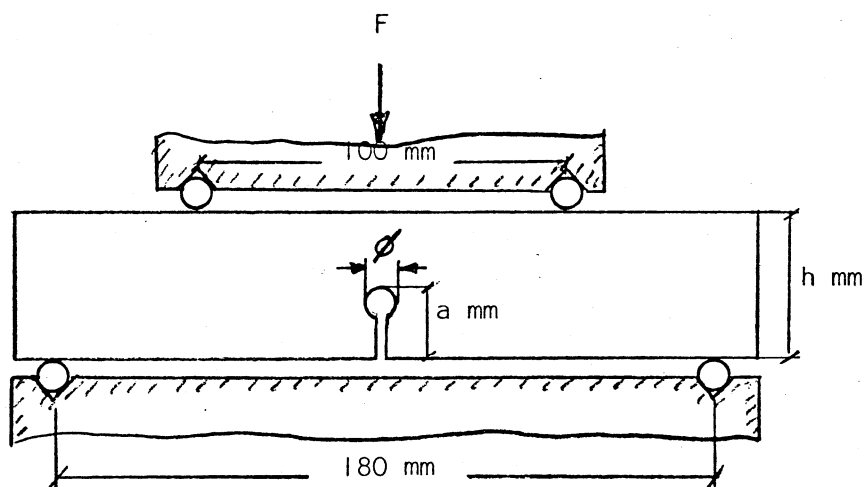


Fig. 3. Prov med borrarad anvisning och sågat spår.
Provet's tjocklek b mm.

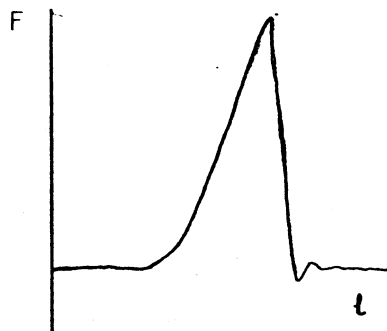


Fig. 4. Kraft-vägg diagram vid bestämning av brottseghet.

Vid provet mättes kraften och förskjutningen med x-y skrivare. (Fig. 4). Tiden till brott var c:a 10 sekunder. Det är därvid möjligt att mäta dels maximala kraften och dels tillförd energi vid brott för olika håldiametrar.

Då det är enklast att mäta kraften och detta ger en nästan linjär funktion av $\emptyset$ har denna metod använts för beräkning av K_{Ic} .

Brottsegheten har bestämts ur sambandet

$$K_{Ic} = \frac{0.0862 F}{b(h-a)^{3/2}} \quad (1)$$

där beteckningarna framgår av fig. 3.

$$\text{Vid provet bör } b > 2.5 \left(\frac{K_{Ic}}{\sigma_s} \right)^2 < a < \frac{h}{2} \quad (2)$$

där σ_s är den största spänning för vilken spänningstöjningskurvan är linjär.

Tabell 1 och 2 anger brottsegheten för granit och kalksten. För granit har försök även utförts med sprickor, som åstadkommits med små sprängladdningar, och försök med sågade spår samt ett försök helt utan spår ($\emptyset = \infty$). Det senare fallet har som synes givet ett högre K_{Ic} -värde, som kan bero på att (2) ej är uppfylld.

I fig. 5 och 6 är brottsegheten inprickad som funktion av sprickspetsens diameter $\emptyset$. Vi ser att funktionen är i det närmaste linjär, varför man kan extrapolera till $\emptyset = 0$.

Brottsegheten blir därvid för:

Granit	$3,26 \cdot 10^6$	$N/m^{3/2}$
Kalksten	$1,37 \cdot 10^6$	$N/m^{3/2}$

Som jämförelse anges för:

Chelmsford Granite	$0,57 \cdot 10^6$	ref. 8
Quartzite	$7,35 \cdot 10^6$	ref. 5
Norite	$8,10 \cdot 10^6$	ref. 5
Quartz	$2,30 \cdot 10^6$	ref. 6

där E om inget annat angetts satts till $8 \cdot 10^{10} N/m^2$ och $\nu = 0.25$. Som synes varierar värdena kraftigt även för likartade bergarter.

Tabell 1. Brottseghet hos granit

ϕ (mm)	h(mm)	a(mm)	b(mm)	F	$10^{-6} \cdot K_{Ic}$ (N/m ^{3/2})
0(spricka)	42	12	25	4470.0	3.17
0(spricka)	42	12	25	4900.0	3.25
2.0	42	21	23	2622.4	3.23
2.0	42	21	23	2583.8	3.18
3.0	42	21	23	2468.1	3.04
3.0	42	21	23	2548.3	3.13
4.0	42	21	23	2543.3	3.13
4.0	42	21	23	2313.9	2.85
5.0	42	21	23	2429.6	2.99
5.0	42	21	23	2313.9	2.85
5(sågad)	42	11	25	4570.0	2.89
5 (sågad)	42	11	25	4570.0	2.89
(utan spår)	43	0	25	14020.0	5.42

$$10^{-6} \cdot K_{Ic} = 3.264 - 0.068 \phi \text{ (mm)}$$

Tabell 2. Brottseghet hos kalksten

ϕ mm	h(mm)	a(mm)	b(mm)	F(n)	$10^{-6} \cdot K_{Ic}$ (N/m ^{3/2})
1.0	43.5	22	23.5	1170	1.36
1.0	43.5	22	23.5	1170	1.36
2.0	43.5	22	23.5	1170	1.36
2.0	43.5	22	23.5	1250	1.45
3.0	43.5	22	23.5	1150	1.39
3.0	43.5	22	23.5	980	1.14
4.0	43.5	22	23.5	1170	1.36
4.0	43.5	22	23.5	1170	1.36
5.0	43.5	22	23.5	1260	1.47
5.0	43.5	22	23.5	1090	1.24

$$10^{-6} \cdot K_{Ic} = 1.366 - 0.006 \phi \text{ (mm)}$$

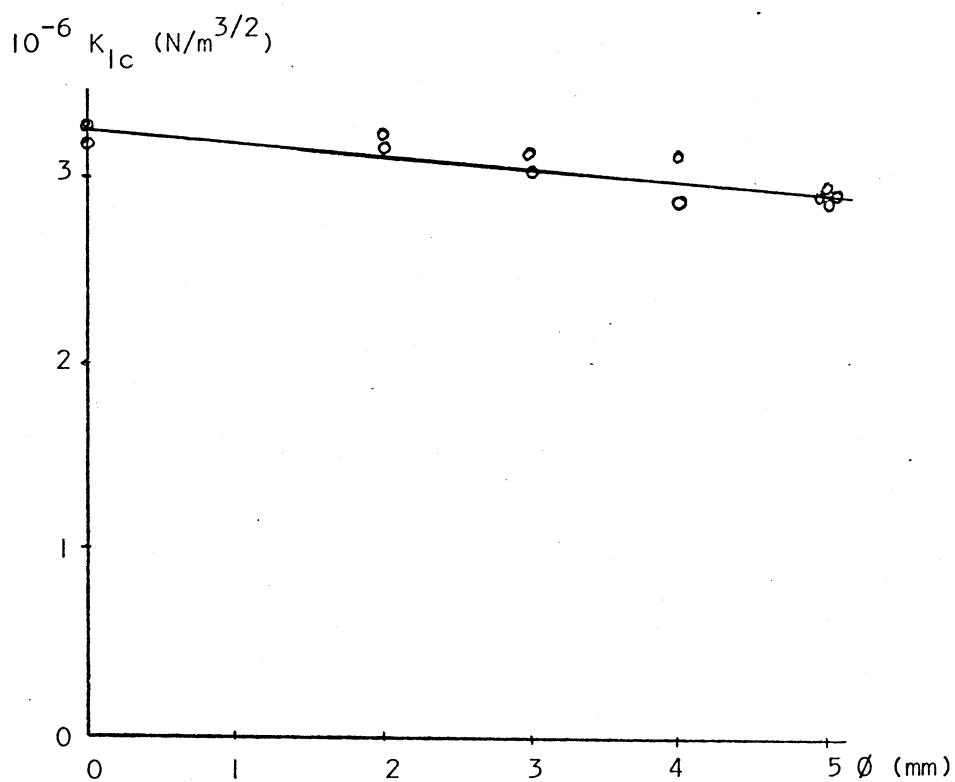


Fig. 5. Brottseghet hos granit vid olika hålanvisningar.

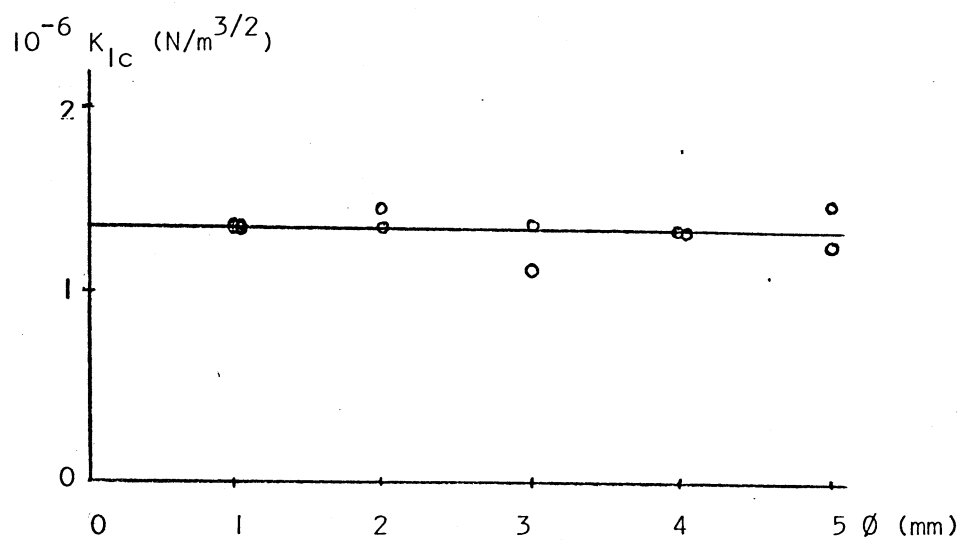


Fig. 6. Brottseghet hos kalksten vid olika hålanvisningar.

Litteratur

1. Carlsson, J. m.fl. Kurslitteratur till STF-TLI kurs, Brottmekanik och fraktografi. Stockholm (1969).
2. Lundborg, N. och Masuda, M. Bestämning av brottseghet hos plexiglas. - Stiftelsen Svensk Detonikforskning. Rapport DS. 1971:26 (1971).
3. Ouchterlony, F. Beräkning av spricklängdens variation med håldiametern vid konstant sprängämnesmängd per meter. - Stiftelsen Svensk Detonikforskning. Rapport DS. 1971:3 (1971).
4. Neuber, H. Kerbspannungslehre - Springer, Berlin, (1937).
5. Bieniawski, Z.T. Stable and Unstable Fracture Propagation in Rock - CSIR, Rapport MEG 493, (1966).
6. Summers, D.A., Corwine, J. and Chen, L.K. A Comparison of Methods available for the Determination of Surface Energy. - Dynamic Rock Mechanics, G.B. Clark. Proc. 12:th Sym. Rock Mech., Rolla, Missouri s. 241 (1970).
7. Guljaev, A.P. Om bestämningar av arbetet för en sprickas fortplantning. (ryska) - Centrala Forskningsinstitutet för järnmetallurgi Bardin, Zavodskaja Laboratorija, No 12 (1969).
8. Peng, S. and Johnson, A.M. Crack Growth and Faulting in Cylindrical Specimens of Chelmsford Granite - Int. J.R.M. M. Sci. 9 p 37 (1972).