© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

HÖGHASTIGHETSFILMNING AV TUNNELKILARS FUNKTION

Gunnar Persson, ingenjör, SveDeFo, Stockholm och
Ingvar Bergqvist, civilingenjör, Nitro Nobel AB, Gyttorp

Utvärdering av sprängningsresultat, liksom möjligheterna att följa ett sprängningsförlopp, är som bekant mycket begränsade. Detta medför i sin tur att det ofta kan vara svårt att ur teknisk/ekonomisk synvinkel optimera alla ingående parametrar. Ett hjälpmedel som emellertid fått allt större betydelse under senare år är höghastighetsfilmning, varmed större möjligheter bjuds att studera sprängningsförloppet i detalj. Närmast till hands ligger att filma pallsprängningar, vilket också görs på många håll med bra resultat. Helt klart är därför att detta är en metod på stark frammarsch, som kommer att få en allt större utbredning.

När vi för ett par år sedan funderade över optimala fördröjningstider i en parallellhålskil, föll det sig naturligt att undersöka möjligheterna till att använda sig av höghastighetsfilmning för att studera detta. Ett problem var emellertid att parallellhålskilar huvudsakligast användes under jord i förhållandevis trånga utrymmen. Då metoden trots detta verkade intressant, beslutade SveDeFo och Nitro Nobel att gemensamt inom SveDeFo:s ramprogram studera möjligheterna att höghastighetsfilma sprängning av parallellhålskilar. För att komma ifrån de tidigare nämnda problemen, bestämdes att ett antal kilar skulle borras i en vertikal pallkant ovan jord i något stenbrott. De första försöken, som utfördes i ett stenbrott för makadamtillverkning, misslyckades emellertid helt, då berget kring kilen rasade samman utan att någon öppning bildades. Efter detta sökte vi upp ett berg som uppvisade en betydligt homogenare struktur, och hamnade efter filmning av några kilar i ett brott utanför Lysekil, slutligen utanför Oskarshamn varifrån de visade filmerna är hämtade.

Det aktuella brottet, Kråkemåla, där en idealisk provplats välvilligt ställdes till vårt förfogande av AK Fernström Granit AB, består av en mycket homogen granit som brytes ut i block. I berget förekommer dock kraftigt markerade slag, såväl horisontella som vertikala. Med ett pallborrningsaggregat borrades 11 st kilar enligt Fig 1 med mycket god precision. Borr- och laddplan framgår av Fig 2. Förutom att två kilar hade ett djup av ca 4 m istället för som övriga ca 3 m, varierade endast fördröjningstiderna mellan de enskilda hålen. Övriga parametrar hölls konstanta mellan de olika kilarna.

För filmning användes 2 alt. 3 kameror, vars placeringar framgår av Fig 1. Härvid användes följande hastigheter:

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Kamera	A	500 bilder/sek
"	B	400 "
"	C	64 "

Den högre hastigheten, 500 bilder/sek, innebär en tidsförlängning av ca 30 ggr vid en visningshastighet av 16 bilder/sek. De visade filmerna härrör huvudsakligast från kamera A, förutom en film som är tagen med kamera B. Utöver filmning utfördes i vissa fall även mätningar av detonationshastighet samt vibrationer. Det senare för att ytterligare indikera detonationsögonblicken för de olika laddningarna. Då det redan i Lysekil visat sig att möjligheterna att urskilja de utkastade partiklarna vid detonationen kraftigt försvårades av rök och damm, monterades en blåsanordning strax ovanför den aktuella kilen. Denna var kopplad till en kompressor och utgjorde viss hjälp, om än icke tillräcklig.

Att på detta sätt filma sprängning av parallellhålskilar har visat sig fungera bra. Dock kvarstår än så länge problem med utvärdering av resultatet p g a för mycket rök och damm, vilket gör att alla detaljer inte går att urskilja. Sålunda har det visat sig svårare att utnyttja filmerna för att studera erforderliga intervalltider än vi från början hade hoppats på. Då filmerna ännu inte färdigutvärderats, är det emellertid svårt att på nuvarande stadium i detalj uttala sig om vilka resultat som kommer att erhållas. Några av de observationer som hitintills gjorts framgår av de visade filmerna enligt Fig 3. Till detta kan fogas ytterligare några kommentarer:

- Hastigheten hos utkastade stenpartiklar har bestämts i ett antal fall. Härvid har hitintills ett högsta värde av 112 m/sek uppmätts.

- För utblåst laddlås och rörladdning i hål 2, kil 7, gäller följande:

  * 0 ms, hål nr 1 detonerar

  * 18 ms, laddlås lämnar mynningen med en hastighet av ca 70 m/sek

  * 45 ms, yttersta rörladdningen börjar passera mynningen med en hastighet av ca 22 m/sek

  * 49 ms, rörladdningen detonerar

- Vid initiering av endast hål nr 1 i kil 10 gäller följande:

  * 0 ms, hål nr 1 detonerar

  * 15 ms, laddlås från hål 4 lämnar mynningen med en hastighet av ca 85 m/sek

  * 26 ms, laddlås från hål 3 lämnar mynningen med en hastighet av ca 40 m/sek

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

* 38 ms, yttersta rörladdningen börjar passera mynningen med en hastighet av ca 25 m/sek. Laddningen hittas 28 m ut från pallkanten.

* Efterföljande rörladdning i hål 3 kastas ut 20 m.

- Vid initiering av endast hål nr 1 i kil 9 gäller följande:

* 0 ms, hål nr 1 detonerar.

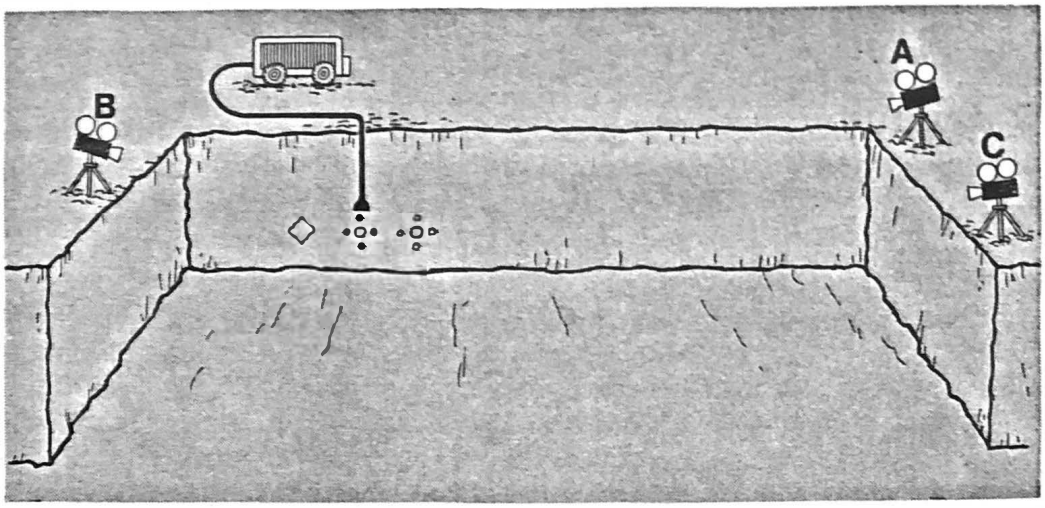
* 10 ms, laddlås med efterföljande rörladdning lämnar mynningen i hål nr 1 med en hastighet av 16 m/sek.

* 30 ms, 10 kg "laddlås" i hål nr 3 pressas ut 0,1 m med en hastighet av 0,5 m/sek.

  ("Laddlåset" bestod av en klenare del, Ø 30 mm stålcylinder placerad i hålet, samt en yttre grövre del).

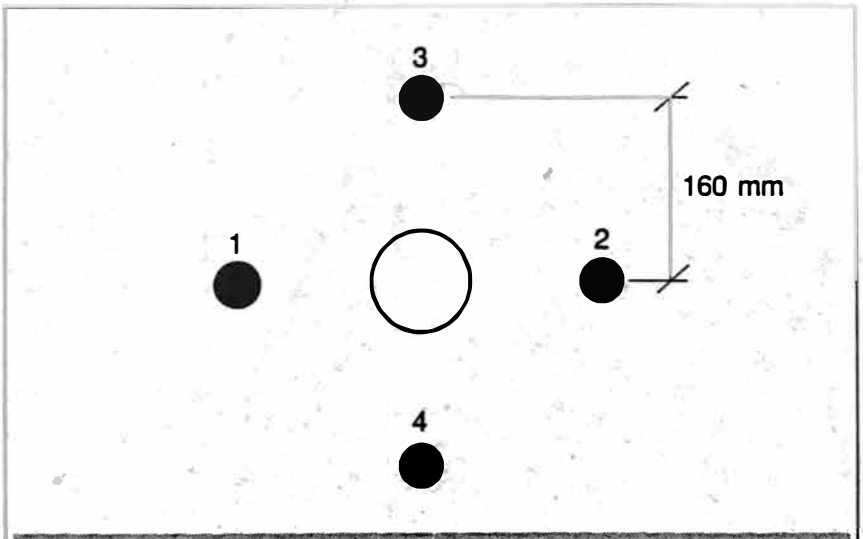
Avsikten med denna presentation har främst varit att visa vilka möjligheter som erbjuds med höghastighetsfilmning, men också vad som kan hända vid sprängning av en parallellhålskil. Då utvärdering av samtliga kilar ännu inte färdigställts, hänvisas till en kommande SveDeFo rapport när det gäller de slutliga resultaten av de utförda filmningarna.

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare



FIGUR 1

BORRNINGS- OCH LADDNINGSDATA



Håldiameter	Ø 38 mm
Grovhålsdiameter	Ø 89 mm
Håldjup	3,0–4,0 m
Bottenladdning	1 st D×M 25×200
Pipladdning	Nabit 29×1000
Oladdat	0,1–0,4 m
Initiering	VA/MS
Initieringsföljd	Enl. hålnumrering
Fördröjning	Varierande

FIGUR 2

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

PRESENTERADE KILAR

Kil nr	2	7	10	9	4
Håldjup, m	3,1	3,1	3,1	2,9	4,1
Fördröjning, ms	125	50	∞	∞	125

OBSERVATIONER

Kil nr 2
Utan anmärkning med bra resultat

Kil nr 7
Utblåsning av laddlås och rörladdning från hål 2

Kil nr 10
Utblåsning av laddlås och 2 st rörladdningar från hål 3 då hål 1 detonerar

Kil nr 9
Utblåsning av rörladdningar i detonerande hål (hål 1)

Kil nr 4
Bom. Endast smärre lossbrytning inne i kilen.

FIGUR 3