

SPRÄNGNINGS- OCH BORRNINGSTEKNISK FORSKNING
VID STIFTELSEN SVENSK DETONIKFORSKNING.

Slutrapport, STU 71-527/U422

N. Lundborg

DS 1973:18

9.10.1973

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN - 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

SPRÄNGNINGS- OCH BORRNINGSTEKNISK FORSKNING
VID STIFTELSEN SVENSK DETONIKFORSKNING.

Slutrapport, STU 71-527/U422

N. Lundborg

DS 1973:18

9.10.1973

Summary

Within the project "Blasting- and Drilling Techniques at the Swedish Detonic Research Foundation" research has been carried out during the years 1972 to 73 in the following areas:

- 1/ Strength of rock materials
- 2/ Detonics and physics of explosives
- 3/ Environmental problems (air shock waves et.c.)
- 4/ Field blasting techniques.

This work is part of a long range research program carried out at the Swedish Detonic Research Foundation with support from the Swedish Board for Technical Development and the Swedish industry.

The strength of rock has been studied both theoretically, where the material constant "fracture toughness" has been used for calculating the cracks around a borehole, and experimentally where the interaction between shock waves and gas pressure has been investigated.

In the field of detonics the mechanisms of unstable detonations and the initiation process have been studied. Experimental methods and computer programs for determining the strength of explosives (breaking capacity) have been developed.

The air shock waves from various sizes of detonating charges have been measured, some tolerance criteria have been suggested and different methods for reducing the air shock wave have been tried.

The wide space blasting technique, developed at the Foundation has been followed up by field experiments.

The results have been published in reports and articles in the open litterature, The present report gives a summary and references to all publications.

Sammanfattning

Inom projektet "Sprängnings- och borrarsteknisk forskning vid Stiftelsen Svensk Detonikforskning" har år 1972/73 utförts forskning inom följande delområden:

1. Berghållfasthet.
2. Detonik och sprängämnesfysik.
3. Bullerbekämpning (luftstöt vågor).
4. Tillämpad bergsprängning.

Resultatet har redovisats i rapporter och tidskrifter. Föreliggande slutrapport innehåller kortfattat referat och fullständiga referenser till publicerade arbeten. Stiftelsen har beviljats fortsatt stöd från STU med diarienummer 733489 och 733491.

Inledning

Arbetet har utgjort en fortsättning på det långsiktiga forskningsprogram, som sedan ett antal år bedrivits vid Stiftelsen Svensk Detonikforskning med anslag från STU och industrin.

Arbetet inom berghållfasthet har till stor del varit av teoretisk art där man med hjälp av materialegenskapen "brottseghet" har kunnat beräkna sprickutbredningen kring borrhål, men även av experimentell art där samverkan mellan stöt vågor och gastryck vid sprängning studerats.

Inom detonikområdet har mekanismen vid instabila detonationer, samt initieringsförlopp studerats, metoder för experimentell bestämning av sprängämnens brytförmåga har utarbetats, samt datorprogram färdigställts för teoretisk bestämning av brytförmågan.

Inom området bullerbekämpning har trycket i luftstöt vågor från sprängladdningar uppmätts, störningskriterier har försökt fastställas och olika metoder för att reducera luftstöt vågor har prövats.

Inom området tillämpad bergsprängning har skett en uppföljning av den vid Stiftelsen utarbetade gleshålsmetoden.

1. Berghållfasthet

Arbetet har dels varit av teoretisk art inom området lineär brottmekanik där man med hjälp av materialegenskapen "brottseghet" har beräknat sprickutbredning kring borrhål med inre övertryck dels av experimentell natur där man med hjälp av höghastighetskamera studerat stötvågornas inverkan på sprängningsresultatet. Arbetet har kunnat förklara en del fenomen kända från experiment t.ex. att 5-8 sprickor runt borrhålet utbreder sig medan de övriga undertryckes /2,16/. Arbetet på detta område är mycket omfattande och en av rapporterna /16/ innehåller 148 sidor.

Det experimentella arbetet har utförts i samarbete med Surface Physics, Cavendish Laboratory i Cambridge, där deras Beckman Whitley höghastighetskamera använts. Arbetet visar att ett samspel sker mellan stötvågor och gastryck vid sprängning /8/.

2. Detonik

Arbetet inom detonikområdet har bedrivits för att undersöka detonationstrycket från olika sprängämnen. Detta har skett med hjälp av en stapel av plexiglas med luftspalter och en känslig fotomultiplikator. Sju olika sprängämnen har undersökts som givit tryck på 94-315 kbar. /1/.

Instabila detonationer, återtändningar och initieringsförlopp har undersökts dels med "öppen kamera" teknik med laddningar i vatten /10/, dels med fotomultiplikator /9/. Dessa arbeten har bidragit till förståelsen av initieringsmekanismen och delar av resultaten är tidigare redovisade vid "5th Symposium on Detonation" i Pasadena 1970.

Sprängämnens sprängstyrka, d.v.s. deras förmåga att bryta berg har undersökts med hjälp av sprängning i vatten, där impuls och energi har uppmätts i stötvåg resp. gasbubbla /3,6,11,19/. Resultaten av dessa arbeten har nu givit oss en billig och enkel metod att bestämma sprängstyrkan hos sprängämneskompositioner.

Orienterande försök har utförts med sprängning i metallrör, där man med hjälp av höghastighetskamera mätt rörväggens väg-tidkurva och därur beräknat sprängämnets nyttiga energi.

Jämsides med detta har ett datorprogram utarbetats där man teoretiskt kan beräkna ett sprängämnes energi och sprängstyrka /24/.

3. Bullerbekämpning

Borrnings- och sprängningsarbeten orsakar ofta störningar i form av byggnadsskador och irritation hos kringboende.

Undersökningen har utförts dels för att finna kriterier för tolererbara ljudtryck, dels för att undersöka relationerna mellan ljudtryckets storlek, laddningsmängd, avstånd och väderleksförhållanden. /7,18,22/. Av dessa arbeten framgår att väderleksförhållandena kan ge variationer i trycket på 2 å 3 ggr. och att ljudtryck på 0.5 mbar börjar bli irriterande och omkring 2 mbar obehagliga.

4. Tillämpad bergsprängning

En stor del av Stiftelsens arbeten är av teoretisk art jämte försök i modellskala. Det är därför av vikt att följa upp dessa arbeten i fält med försök i full skala. Detta har skett i samarbete med olika gruv- och anläggningsföretag. Genom det intima samarbete som därvid etablerats har Stiftelsen haft möjlighet att i stor skala pröva sina idéer och resultat /13,14,27,28/. Dessa arbeten har huvudsakligen varit uppföljning av den av Stiftelsen introducerade "gleshålsmetoden" som nu allmänt tillämpas, men samtidigt med detta har andra värdefulla resultat erhållits, som kunnat vara till nytta för Stiftelsens övriga projekt.

5. Resor

Studiebesök vid utländska institutioner och företag samt vid internationella kongresser har givit värdefulla bidrag till den forskning som föregår vid Stiftelsen. Korta redogörelser från sådana besök återges i Stiftelsens rapporter /4,5,12,20,21,23/. Spec. kan här nämnas besök från en studieresa i USA /4/, samt besök vid 10de int. kongressen i höghastighetsfotografi /5/ och 3:e int. konferensen i brottmekanik /23/.

Stiftelsens egna bidrag har även rönt uppmärksamhet vid internationella kongresser. Exempel härpå är att Stiftelsens förre resp. nuvarande chef prof. C.H. Johansson och dr. P.A. Persson har anmodats och åtagit sig att vara "general reporters" vid nästa internationella konferens i bergmekanik i Denver 1974 /17/, samt att Stiftelsen fått en förfrågan från University of Maryland, U.S.A. om utlån av en forskare på ett år som skall ingå i en forskargrupp på bergsprängningsområdet.

Rapporter och publikationer som redovisar resultat av undersökningen.

1. Per-Anders Persson
"Detonation Pressures in Some Condensed Explosives at Low and High Initial Densities".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:8, (1972).
2. Finn Ouchterlony
"Analys av spänningstillståndet kring några olika geometrier med radiellt riktade sprickor i ett oändligt plant medium under inverkan av expansionskrafter".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:11, (1972).
3. Nils Lundborg
"Determination of the Bubble Energy at Underwater Explosions where the Walls Contribute to the Results".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:12, (1972).
4. Finn Ouchterlony
"Rapport från resa i USA 6-17.7.1972".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:13, (1972).
5. Algot Persson
"Reserapport. Några intryck från den 10:de internationella kongressen i höghastighetsfotografi 1972".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:15, (1972).
6. Gert Bjarnholt
"Evaluation of the performance of explosives by underwater explosions".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:16B, (1972).
7. Leif Jerbryd och Algot Persson
"Mätning av luftstöt vågens maximaltryck från några olika sprängämnen".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:17, (1972).
8. J.E. Field and A. Ladegaard-Pedersen
"Fragmentation Processes in Rock Blasting".-
Dechema - Monographien 69 p. 1-29 (1972).
9. P.A. Persson and T. Sjölin
"Light Emission during Initiation of Liquid Explosives".-
Proc. 5th Symp. on Detonation, Pasadena p 153-168 (1970).
10. P.A. Persson and G. Bjarnholt
"A Photographic Technique for Mapping Failure Waves and other Instability Phenomena in Liquid Explosives Detonation".-
Proc. 5th Symp. on Detonation, Pasadena p 115-118 (1970).

11. Gert Bjarnholt
"Bestämning av sprängämnens prestanda genom undervattenssprängning".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1972:9, (1972).
12. Anders Ladegaard-Pedersen
"Rapport från besök i Göteborg den 12-13 december 1972".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:1, (1973).
13. Anders Ladegaard-Pedersen
"Pallsprängning. Jämförelse mellan små och stora borrhål, olika hålsättning och olika sprängämnen".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:2, (1973).
14. Per-Anders Persson and Anders Ladegaard-Pedersen
"Wide Space Blasting. Field Experience from Production Blasts Using Wide-Spaced Boreholes".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:3, (1973).
15. Nils Lundborg
"Beräkning av maximal kastlängd vid sprängning".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:4, (1973).
16. Finn Ouchterlony
"Brottmekaniska synpunkter på sprickutbredningen kring ett borrhål".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:5, (1973).
17. C.H. Johansson and P.A. Persson
"Fragmentation systems".-
General report 3:rd Int. Cong. ISRM, Denver 1974.
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:6, (1973).
18. Algot Persson och Björn Eriksson
"Ljudtrycksnivåer och bullerstörningar från provskjutningar på Tönnesfjäll den 21/2 och 22/2 1973".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:6A, (1973).
19. Gert Bjarnholt
"Data från undervattensskjutningar för 39 olika sprängämnen".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:7, (1973).
20. Anders Ladegaard-Pedersen
"PM angående sprängolycka i kvarteret Friheten, Eskilstuna".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport DS 1973:8, (1973).

21. Anders Ladegaard-Pedersen
"Sydvattenprojektet och luftmagasinskraftverk".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport
DS 1973:9, (1973).
22. Algot Persson
"Beräkning av sprängbullrets störnivå och ljudtrycksmätningar
vid Nitro Metalls skjutplats i Örsjödalen".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport
DS 1973:10, (1973).
23. Nils Lundborg och Finn Ouchterlony
"Reserapport från tredje internationella konferensen i brott-
mekanik samt besök vid Münchens tekniska universitet och
institut Cerac SA".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport
DS 1973:11, (1973).
24. Roger Holmberg
"Introduktion till termokemiska beräkningar för sprängämnen".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport
DS 1973:12, (1973).
25. A. Ladegaard-Pedersen och A. Persson
"Stenkastning vid sprängning II. Experimentell undersökning".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport
DS 1973:13, (1973).
26. Finn Ouchterlony och Roger Holmberg
"En preliminär jämförelse mellan Hewlett-Packards modell 9830 och
Wangs modell 2200B".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm, rapport
DS 1973:14, (1973).
27. Per-Anders Persson
"Sprängningens inverkan på kvarstående berg".-
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Stockholm rapport
DS 1973:15, (1973).
Föredrag vid IVA:s bergmekanikmöte (1973).
28. Per-Anders Persson
"How an explosive can seem expensive and yet shave blasting
costs".-
Engineering and Mining Journal. E/MJ p 110-113 June (1973).