

であるからこれを z につき $-\frac{l}{2}$ から $+\frac{l}{2}$ 迄積分すれば

$$P_x = \frac{\alpha}{2} \left[\frac{1}{\left(z - \frac{l}{2}\right)^2 + y^2} - \frac{1}{\left(z + \frac{l}{2}\right)^2 + y^2} \right] \dots (6)$$

となる。同様に y 軸方向に於ける分力 P_y は

$$P_y = \frac{\alpha}{2y^2} \left[\frac{y\left(z + \frac{l}{2}\right)}{\left(z + \frac{l}{2}\right)^2 + y^2} - \frac{y\left(z - \frac{l}{2}\right)}{\left(z - \frac{l}{2}\right)^2 + y^2} \right. \\ \left. + \tan^{-1} \frac{l/y}{1 + \left(\frac{z}{y}\right)^2 - \left(\frac{l/2}{y}\right)^2} \right] \dots (7)$$

x 軸に対しては y 軸と相似である。

$z=c$ の場合即ち z 軸に直角の平面によつて切断せられたときの $P_{z=c}$ は $z=c$, $\frac{l}{2}=1$ と置けばポテンシャルの z 軸分力に相當するが $z=c$ を 2, 3, 4 の場合について求むれば表 3 の如くでその分布は圖 8 に示す。

表 3

z	1.5	2	3	4
I 棒 状	0.296	0.125	0.037	0.0156
II 集團装薬	1.78	0.445	0.094	0.0355
III 棒 状 集 團	6.0	3.56	2.52	2.27

これを同一密度の集團装薬(中心装薬)の場合と比較すれば前表 II に示す如くでこの両者の比は II 或は第 8 圖點線で示すこれで見ると装薬よりの距離がある程度増加するとその比が 2 に近よる。

以上棒状装薬のポテンシャル論に關し基本的解析を行つたがこの應用に關しては尙續行する豫定である。本研究のポテンシャル解析並に計算に關しては東大第一工學部力學教室大井鐵郎教授及柳川頼章君に負ふ所であるがこゝに衷心感謝申上げる次第である。

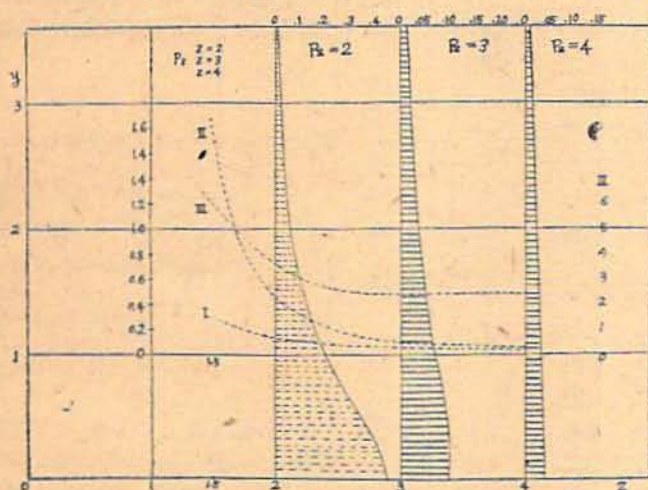


圖 8

Burn cut の 研究 (第1報)

三井神岡鑛山における實驗

(昭和 24 年 10 月 10 日受理)

發破研究會 小林 明 夫・山 本 祐 徳

(日本産業火薬會) (東京大學第一工學部)

摘 要

1. 正方形の 4 隅と中心との 5 個所に心抜孔を穿ち、中心孔のみに装薬したもの(4 隅孔は空孔、この型を B 型と名づける)について、他の條件を一定とし装薬長 μ のみを變數にすればここに出来る漏斗孔の深さ ξ はそれと直線關係をもつ。 $\xi = a\mu - b$ (a, b : 常數)

2. 装薬孔と空孔との距離を r とすれば、漏斗孔が開かれる所まで空孔がつぶされるためには $\mu = c + dr^2$ (c, d : 常數) なることを要する。従てこの装薬量 L_B も亦 r に対し $L_B = c' + d'r^2$ (c', d' : 常數) で與えられる。

3. 正方形の4隅に装薬し、中央孔を空孔としたもの(これをA型と呼ぶ)の1孔装薬量を L_A とすればおおむね $3L_B=4L_A$ の関係がある。
4. A型心拔装薬の作用が pyramid cut や V-cut などとちがうためか、齊發がよいという結果は認められなかった。
5. 孔間隔 r はB型ではA型よりも狭くとるべきであらうし、中抜枠幅についても同様の事柄を観察したが、何れも量的關係は未だ明らかにし得なかった。

目 次

- 緒言, 1. 實驗の方針および計畫, 2. 爆破前の測定値, 3. 心拔及心拔後の測定, 4. 中抜及中抜後の測定, 5. 實驗結果の考察, むすび

緒 言

日本鑛業協會と日本産業火薬會とは採鑛技術と火薬技術とを融合せしめ、爆破の成果をあげようという目的のもとに、本年2月研究會を組織して「發破研究會」"Explosives & Blasting Research Committee"と命名した。そして毎月1回會合して研究をつづけることとしたが、第1に採りあげたのが「Burn cut の研究」であり、本報告はその第1回實驗の経過並に成果である。

三井鑛山神岡鑛業所の格別の好意により8月18日及び20日の兩日、枋洞坑下5Mの空地 hedenbergite 地帯で合計20回の實驗を行うことを得た。ここに同鑛業所に對して深き感謝を捧げる。實驗に参加した委員は石黒元夫(井原鑛業), 白井康(三菱鑛業), 小林明夫(産業火薬會), 近藤正治(三井鑛山), 坂巻量三(同前), 中島太郎(中外鑛業), 南坊平造(日本化業), 西尾吉爾(古河鑛業), 東宣夫(鑛業協會), 廣瀬定治(旭化成), 益田功(日本鑛業), 山家信次(關東電工), 山川道雄(日本油脂), 山本祐徳(東京大學)であつた。實驗後現地に河合技師長, 永松探鑛課長, 村井係長外多數諸氏の列席の下に結果を討議し, なお各委員の検討したところを9月13日, 同30日及び10月5日の3度にわたつて合議した。

しかしこの岩石空地はきわめてしわく發破の利きの悪い質のものであるから、當研究會の最初の實驗としては聊か荷の勝ちすぎたきらいがあり、得られた結論的事項も甚だしく、これが發表は時期尚早の感が深い。かかる實狀ではあるが、大方の批判と教示を仰ぐには1日も早いことが望ましいという委員の總意により、各委員の検討事項の大體を筆者らがりとまとめた。従て本報告の内容はまとまりがなく、筆者は顧みて忸怩たるを禁じ得ないものであるが、事情を陳べて大方の諒恕を希ふ。

1. 實驗の方針および計畫

1.1 圖1において a, b, c, d, e なる心拔孔のほ

かに $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ なる中抜孔を用い、まづ心拔を爆破してその結果をしらべ、後中抜をかけて全體の効果を檢討することにした。従て1回の實驗には合計9孔を準備した。



圖 1

1.2 中心孔 a とそれぞれ $b \sim e$ の4孔との間隔 r が可及的に一定するように鑿孔し、 r としては15, 20及25cmの3種を選ぶ。なお穿孔の深さ l は一律に約200cmとする。

1.3 中抜孔の枠幅は大約70cm角 ($\rho_1 \approx \rho_2 \dots \approx 70$ cm) とする。

1.4 心拔の5孔について中心孔 a を空孔とし、 $b \sim e$ の4孔に装薬するものを假にA型、 $b \sim e$ を空とし a のみに装薬するものをB型、又 c, e の2孔に装薬し a, b, d を空孔として残したのをA'型と呼ぶことにした。

1.5 装薬には主として新桐ダイナマイト(32mm, 112.5g 薬包)を用い、参考として同く32mm, 112.5gの紫扇カーリット、新萩ダイナマイトおよび特桐ダイナマイトを使つた。

1.6 適當な装薬量を求めることが本實驗の第1の目的である。よつて最初孔長 l の $\frac{1}{2}$ および $\frac{3}{4}$ の装薬長をとつて検討しようと考え、第1回實驗では薬包14本(輕く込めると約100cm)及び21本(約140cm)を用い、第2回實驗ではこれを修正した。

1.7 點火は導火線による。第1回のA型では導爆線による齊發を行つたが、第2回には普通の段發をも試みて効果を比較した。

(aを基準として) (凸は+ 凹は-)	ϵ	+ 2	+ 1	+14	- 8	- 9	+ 2	+ 7	0	+ 7
	α	+12	+ 9	+16	- 2	+ 3	+14	-11	+10	- 5
	β	+ 8	+ 7	+23	- 2	- 1	- 8	- 6	- 1	-11
	γ	+ 3	+ 6	+15	0	-12	+ 6	+ 1	+ 4	+ 4
	δ	+ 3	+ 3	+24	+ 9	- 9	+10	+ 1	-15	+ 3

* 測定数値の単位はすべて cm, 2.2~4.2 も同じ。

2・2 第2回實驗の分 (8月20日)

實 驗 番 號		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	2-11
心 抜 間 隔	r_1	15.5	14	17	19	21	20	23	21	24	24	27
	r_2	15	14	16	17	21	21	22	21	25	25	27
	r_3	15	14.5	15	18	20	19	24	20	26	24	25
	r_4	15.5	13.5	15	16	21	19	20	19	25	23	28
心 抜 と 中 抜 間	s_1	34	36	43	34	40	43	38	37	45	39	40
	s_2	25	34	33	29	33	30	32	32	35	37	33
中 抜 棒 幅	ρ_1	54	54	56	60	64	61	65	60	60	66	70
	ρ_2	65	66	67	72	72	73	74	72	70	72	75
	ρ_4	55	54	61	58	64	63	62	59	68	64	63
	ρ_3	64	67	67	75	72	72	78	73	73	70	75
穿 孔 の 深 さ	l_a	192	203	182	190	206	210	203	194	206	196	226
	l_b	204	211	199	205	209	208	206	200	206	180	204
	l_c	183	204	195	199	212	205	198	200	205	202	204
	l_d	196	197	202	210	216	218	194	196	228	190	196
	l_e	207	208	196	198	207	208	200	206	206	210	187
	l_a	200	194	195	200	203	202	195	205	207	201	203
	l_b	204	191	170	221	216	203	199	199	205	201	208
	l_c	200	195	201	201	195	212	198	261	197	200	169
岩 面 の 凸 凹 (aを基準として) (凸は+ 凹は-)	l_d	201	209	185	208	200	215	205	202	203	206	190
	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b	0	+ 2	- 3	- 5	- 3	- 1	+ 8	+ 1	- 3	+ 2	10
	c	- 1	+ 2	0	- 1	0	0	- 2	+ 1	- 3	+ 4	- 2
	d	- 3	+ 2	0	- 2	- 2	+ 3	- 5	+ 2	+ 7	- 8	+ 1
	e	+ 3	+ 4	0	- 4	- 2	- 5	- 2	+ 4	+ 6	+ 3	- 6
	α	+ 8	+ 6	0	- 3	+ 1	+18	-19	+ 2	+ 6	+ 8	+ 2
	β	+ 5	- 4	-17	- 2	+ 2	+ 3	+ 1	+ 3	- 4	+15	+ 3
	γ	- 4	+ 6	- 8	-10	- 9	+ 8	+ 6	+12	+16	+ 5	- 3
	δ	+ 7	+ 5	-17	- 2	0	+ 3	+ 5	+ 5	+ 1	+14	-10

3. 心 抜 及 心 抜 後 の 測 定

3・1 第1回實驗の分

實 驗 番 號		1-1	1-2	1-4	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9
心 抜 型 式		A	B	♂	♂	♂	A	B	♂	A
装 薬 種 類		新 桐	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
	a	-	21	14	14	21	-	14	21	-
	b	14	-	-	-	-	14	-	-	14

装 薬 量(本)	c	14	-	-	-	-	14	-	-	14
	d	14	-	-	-	-	14	-	-	14
	e	14	-	-	-	-	14	-	-	14
點 火 方 法		齊								
心 抜 成 績										
*岩面の凸凹 (心抜前のa孔 口を基準とす)	a	114	45	10	20	63	72	106	86	97
	b	109	18	21	14	44	63	19	84	95
	c	97	29	3	14	15	65	85	51	106
	d	91	46	7	18	54	62	101	45	95
	e	112	33	15	6	61	73	41	64	114
	α	32	29	3	12	33	44	59	35	77
	β	72	11	7	6	26	28	26	78	84
	γ	56	46	5	8	27	31	98	25	85
* この欄全数字一 記號を略す。	δ	75	29	12	10	41	34	23	94	57
残 孔 長	ζ_a	0	170	189	179	151	37	105	111	28
	ζ_b	99	40	78	82	34	114	93	108	103
	ζ_c	104	74	93	82	73	113	31	70	89
	ζ_d	124	16	108	50	38	113	98	155	76
	ζ_e	88	79	111	89	52	97	121	51	95
	ζ_a	144	173	199	204	181	149	148	170	111
	ζ_b	80	214	203	205	181	166	179	134	109
	ζ_r	152	159	201	191	188	124	107	167	110
	ζ_s	138	184	184	203	167	134	179	134	99

3・2 第2回實驗の分

實 驗 番 號		2—1	2—2	2—3	2—4	2—5	2—6	2—7	2—8	2—9	2—10	2—11
心 抜 型 式		A'	B	ク	A	ク	ク	ク	B	A'	B	ク
装 薬 種 類		新桐	カーリット	萩	新桐	カーリット	萩	新桐	ク	ク	特桐	カーリット
装 薬 量(本)	a	—	20	19	—	—	—	—	28	—	28	21
	b	—	—	—	21	21	17	21	—	—	—	—
	c	20	—	—	21	21	19	21	—	14	—	—
	d	—	—	—	21	21	19	21	—	—	—	—
	e	20	—	—	21	21	19	21	—	21	—	—
點 火 方 法		齊			齊 段 $\left(\begin{smallmatrix} b, d, \\ c, e \end{smallmatrix}\right)$			ク	ク	段(c, e)		
心 抜 成 績												
*岩 面 の 凸 凹 (心抜前のa孔 口を基準とす)	a	40	—	53	85	(114)	(68)	67	62	83	12	27
	b	26	—	—	85	—	—	—	—	—	7	—
	c	30	—	42	54	(116)	(63)	73	(53)	(58)	21	9
	d	40	—	—	82	—	—	62	—	—	15	28
	e	63	—	(52)	78	(102)	(68)	(60)	(15)	(74)	(10)	23
	α	0	—	(32)	61	(46)	110	51	37	26	(6)	6
	β	7	—		48	(30)	15	56	28	34		1
	γ	19	—	(24)	32	(80)	(55)	61	41	69	(10)	18
	δ	25	—	—	48	—	—	30	27	75	—	5

残 孔 長	ζ_a	0	183	-	0	0	0	0	136	0	147	160
	ζ_b	55	-	-	130	8	80	124	17	130	100	0
	ζ_c	137	-	-	127	98	-	119	0	159	0	100
	ζ_d	34	-	10	130	50	198	125	0	27	0	0
	ζ_e	139	-	-	122	47	7	不發	9	128	0	30
	ζ_a	187	191	190	155	131	93	133	170	207	180	188
	ζ_b	41	190	165	158	192	168	136	165	165	178	194
	ζ_γ	155	190	185	123	111	133	128	173	140	170	138
	ζ_δ	49	195	173	40	92	125	127	160	130	174	175

* この欄の全数字—記號を略す。

() 内数字は推定値, α と β の行間等に記したものは兩者中間での値を示す。

4. 中 抜 及 中 抜 後 の 測 定

4.1 第1回實驗の分

實 驗 番 號		1—1	1—2	1—3	1—4	1—5	1—6	1—7	1—8	1—9
裝 藥 種 類		新桐	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
裝 藥 量(本)	α	9	13	9	13	13	13	13	13	13
	β	9	13	9	13	13	13	13	13	13
	γ	9	13	9	13	13	13	13	13	13
	δ	9	13	9	13	13	13	13	13	13
點 火 順		$\alpha\beta\gamma\delta$	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
中 抜 成 績										
*岩 面 の 凸 凹	a	-	-	33	-	78	101	137	128	178
	b	-	-	70	-	-	92	-	133	161
	c	-	-	34	-	76	101	128	138	174
	d	-	-	24	-	80	101	133	126	188
	e	-	89	40	-	63	100	-	116	187
	α	65	113	30	115	-	114	124	132	177
	β	60	62	74	97	63	83	-	126	-
	γ	61	117	19	102	79	108	136	128	177
	δ	48	65	69	96	70	123	109	117	171
	ζ_a	-	-	65	-	48	18	0	6	0
残 孔 長	ζ_b	-	-	36	-	-	27	-	18	47
	ζ_c	-	-	71	-	49	29	0	64	41
	ζ_d	-	-	88	-	18	20	10	41	0
	ζ_e	-	18	89	-	32	16	-	0	-
	ζ_a	31	85	157	94	-	86	70	18	24
	ζ_b	0	140	140	93	148	80	-	79	-
	ζ_γ	53	90	89	80	38	67	44	75	17
	ζ_δ	0	138	144	59	17	66	57	76	44

↓ この欄の全数字—記號を略す。

4・2 第2回實驗の分

實 驗 番 號		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	2-11
裝 藥 種 類		新桐	カーリット	萩	新桐	カーリット	萩	新桐	萩	特桐	カーリット	
裝 藥 量(本)	α	17	15	15	13	13	13	13	13	15	13	13
	β	5	15	15	13	13	13	13	13	15	13	13
	γ	17	15	15	13	13	13	13	13	15	13	13
	δ	5	15	15	5	13	13	13	13	15	13	13
點 火 順		$\gamma\alpha\beta\delta$	$\beta\delta\alpha\gamma$	$\alpha\beta\gamma\delta$	δ	δ	δ	δ	δ	δ	δ	δ
中 抜 成 績												
*岩面の凸凹	a	123	69	74	(120)	(147)	(107)	(138)	133	(128)	48	90
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	65
	c	(120)	(25)	69	(116)	(147)	(95)	(135)	(124)	(132)	39	63
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	101
	e	(120)	(64)	(72)	(120)	(120)	(107)	(135)	(101)	144	-	74
	α	146	50	69	137	167	-	118	115	154	46	82
	β	-	5	47	68	148	90	138	126	-	48	58
	γ	(107)	90	66	120	127	125	148	105	(130)	63	107
	δ		49	37	98	-	110	132	88		57	65
残 孔 長	ζ_a	-	35	40	-	-	-	-	40	-	45	55
	ζ_b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	15
	ζ_c	-	-	50	-	-	-	-	-	-	35	100
	ζ_d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	50
	ζ_e	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	35
	ζ_a	70	90	55	30	15	-	75	95	55	110	55
	ζ_b	-	120	70	65	60	95	50	75	-	110	120
	ζ_γ	-	30	50	50	20	50	35	45	-	20	55
	ζ_δ	-	75	70	15	-	50	30	60	-	60	90

* この欄の全数字一記號を略す。

() 内は推定値, 行間は中間値。

5. 實驗結果の考察

5・1 成果判定の規準

従來行われた神岡本地での Burn cut 實驗から次の事柄が承認されている。すなわち心抜で穿孔長の約 30% の深さまでおき①, 次で中抜により約 70% までが抜かれると②, 後の拂では 100% の孔底まできれいに取れる③という。

今回の實驗では中抜までに止めたが, 中抜では孔底まですつぱりと抜けるような氣持のよい成績は一つも得られず, 何かしら物足らぬ感もあ



圖 4

つた。しかし上述の經驗的事實を基として結果を判定することにした。

また穿孔長の 200 cm は本地にはやや長きに過ぎた感もあるが, この點には觸れぬことにする。

5・2 心抜型式

本地における心抜型式としては A 型 (若は A' 型) が好ましい結果を與えた。すなわち心抜で 30% 程度ぬけたのは A 型および A' 型には多數あつたが (1-1 1-6, 1-9, 2-1, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-9), B 型では 1-7, 1-8 及び 2-8 に過ぎなかつた。しかしこの實驗では心抜と中抜との關係も適切であつたと云えぬし, また中抜そして拂の後でなくては眞の判定は下されぬ。ただ中抜配孔の適否にかかわらず, 心抜としては A 型又は A' 型を無難と認めたというに止める。

なお穿孔長の長過ぎたためであらうし, B 型の孔間

隔 r が廣過ぎたためであらうが、程よく漏斗孔が開かずに残された岩石の破壊状況から種々の資料が得られたことは、基礎実験としては成功であつたとも見られる。

5・3 B型心抜より得られた知見

(i) 中央の心抜薬孔の爆発によりまわりの8孔がいかにつぶされたかを観察すると圖5に示すような結果に要約された。

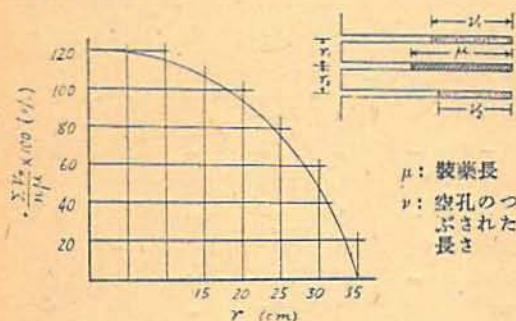


圖 5

この曲線を延すと 35 cm で横軸を 120% で切る。このことは孔間隔 r が 5 cm ほどに小さくなると装薬長の 120% 位も空孔がつぶされ、又 r が 35 cm にもなると空孔をつぶす効果がほとんどあらわれぬことを意味する。

(ii) 装薬孔の最初の残孔長 ψ と心抜後に出来た漏斗孔の深さ $\xi = l - \psi$ との間には、圖6に見るような直線的な関係があり、且圖上から $\xi(\text{cm}) = 165 - 1.57\psi$ が得られた。装薬長 μ は穿孔長 l と残孔長 ψ との差であるから ($\mu = l - \psi$)、 ψ に $l - \mu$ 或は $200 - \mu$ を入れると $\xi = 1.57\mu - 150$ となる。なおこの漏斗孔の頂角は平均して約 104° であつた。

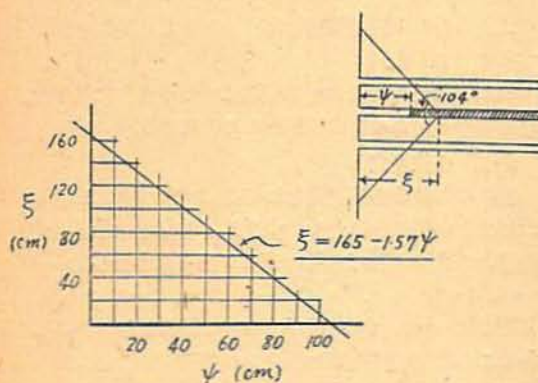


圖 6

(iii) 今 $\xi = 165 - 1.57\psi$ 式の ψ に種々の値を入れて ξ を求め、又 $\mu = l - \psi$ を計算し、且圖5の結果から孔間隔 r の変化により装薬長 μ に對應して空孔

のつぶされる平均の長さ ν を求めると次のようになる。

ψ	0	20	40	60	80	100
ξ	165	134	102	71	40	8
μ	200	180	160	140	120	100
ν	$r=15$	214	193	171	150	128
	20	188	169	150	132	113
	25	144	130	115	101	86
記 號	へ	ホ	ニ	ハ	ロ	イ

これを圖示して圖7を得る。孔口から ξ に應ずるイ、ロ、ハ……の點から 104° に開いた漏斗側線 p の方向を示す直線群を p と名づけておく。さて(イ)装薬が穿孔の半分即ち 100 cm しかない漏斗はほとんど開かず、空孔のつぶされる範囲もこの漏斗孔には遙に遠い内部に止まる。この装薬量は過小である。(ハ)装薬を 140 cm つめると r が 15 cm の空孔は漏斗孔で開かれた所までつぶされ、漏斗の深さは 71 cm すなわち穿孔長の約35%となるからこの装薬は適當であらう。(ニ)装薬が 160 cm 入ると r が 25 cm の空孔が 115 cm だけ、すなわちほぼ漏斗で開かれる所までつぶされ、漏斗孔の深さは 102 cm で穿孔長の半ばになる。これも装薬の適當な例と見られよう。



記号は右の如く示す。○内は装薬位置、□内はイロハニホヘトの装薬位置を示す。漏斗孔、図中のイロハニホヘトの装薬位置を示す。

圖 7

しかるに(ニ)について r が 15 cm 又は 20 cm の空孔はそれぞれ 171 cm, 150 cm もつぶされることになるから、これは過装薬と見るべきであらう。この場合にも $r=25$ ではほぼ適當となり、35 cm になると空孔は全くつぶれぬ(圖5)と考えられるから、圖7上の諸點を圖5の曲線にならつて結ぶと圖8に示すように一群の曲線がえられる。これを ν と呼んでおく。

(iv) 斯くして圖7の漏斗孔の直線群 p と圖8の曲線群 ν とを同一圖上に描き對應する p と ν との交點を求めると薬長とこれによつて漏斗孔内でつぶし得る空孔 ξ の距離の關係が得られる(圖9の破線)。

孔口まで一杯装填すれば漏斗孔は深さ 165 cm まで開き、空孔 ξ の距離が 32 cm ならば漏斗孔となる部分までつぶされる。しかし薬長が 120 cm では空孔 ξ

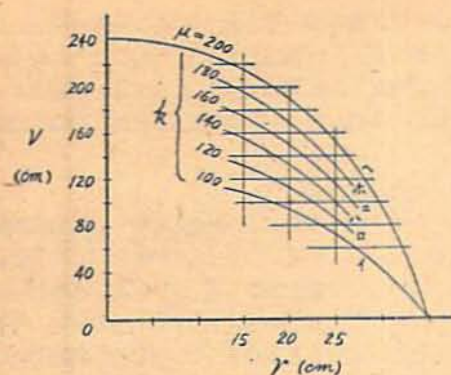


図 8

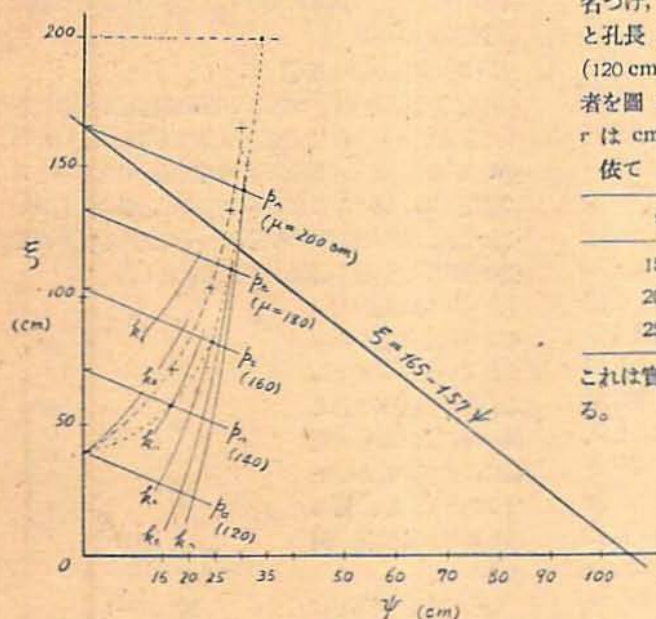


図 9

接近しても漏斗孔となる部分の空孔をつぶすことができぬ。

空孔は孔口まで完全につぶれる必要はないが、せめて漏斗孔に開いた新岩面まではつぶされていることが望ましい。この関係を明らかにするために図 10 を作

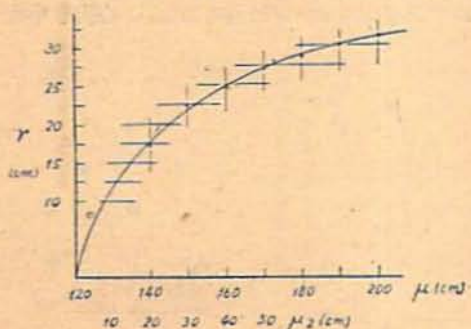


図 10

つた。

これは図 9 の破線 (.....) を横軸 μ (薬長), 縦軸 r の座標に直したものである。

5.4 B 型心拔薬量と r との関係

図 10 によつて装薬長 μ が 120 cm 以下 (穿孔長 200 cm の場合) であると空孔の距離がいかに近くとも漏斗孔内のそれをつぶすようには利かぬことが知られる。心拔であるからは漏斗孔が開くぎりぎりのところまでは空孔をつぶすように働かねばならぬ。 $r=15$ cm のときは装薬長を 120 cm の外になお 16~17 cm 多くしてやると漏斗孔内まで空孔をつぶし得る。この後の追加薬量を假に追效 (おいきき) 薬長とでも名づけ、120 cm の分を基本薬長とでも呼ぼう。すると孔長 200 cm の B 型心拔の装薬長 μ は基本薬長 (120 cm) μ_0 と追效薬長 μ_2 との和で與えられる。後者を図 10 から解析すると大略 $\mu_2 = cr^2$, $c=0.066$ (μ_2 , r は cm 単位) になる。

依て $\mu(\text{cm}) = 120 + 0.07 r^2$

r	μ	μ の l に対する %
15	135	65~70
20	150	~75~
25	165	80~85

これは実験成績を別途から観察した結果にも符合する。

本実験では孔径 41 mm に新鋼ダイナマイトを平均 1.3 の装薬比重で込めたとすると 10 cm 當りの薬量は約 190 g になる。よつてここに安全率を加味して薬量関係を求めると、穿孔長 200 cm の B 型心拔装薬 L_B は

$$L_B(\text{kg}) = 2.3 + 0.002 r^2 \quad (r: \text{cm})$$

實際問題として B 型で r を 25 cm にもとることは無理があり、20 cm が最大限と見受けられた。神岡で 15~18 cm を採用せられているから $r=18$ とおくと $L_B = 2.3 + 0.002 \times 324 = 2.95$ kg となる。

5.5 B 型, A 型及び A' 型の心拔薬量

B 型, A 型及び A' 型での心拔による岩石のこわれかたを観察すると断面では図 11 の上のような形になっている。これを略的に幾何學的な模型で代表させても本質的に誤ではあるまい。模型の断面積はそれぞれ r^2 , $3r^2$, $2r^2$ である。そして心拔薬量はこの断面積に比例して與えればよいであらうから $L_B : L_A : L_{A'} = 1 : 3 : 2$ と見做される。すなわち B 型では $L_B = 2.3 + 0.002 r^2$ を得たから、4 孔式 A 型及び 2 孔式 A' 型の心拔孔薬量 L_A 及び $L_{A'}$ は $3L_B = 4L_A$, $L_B = L_{A'}$ から與えられる。

實驗番號 2-8 は B 型心拔としてやや良好の成果を

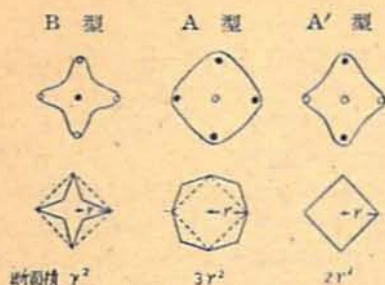


圖 11

與えた例である。 $r=20\text{ cm}$ に対して新制 28 本の装薬を用い、約 35% を漏斗孔としてぬいた。28 本は $112.5\text{ g} \times 28 = 3,150\text{ g}$ 、式からは $L_n = 2.3 + 0.002 r^2 = 3.1\text{ kg}$ が得られる。

A型の $r=20\text{ cm}$ でよく利いた例は 2-4, 2-7 などに見られる。これらは 21 本宛 4 孔に用いたから $21 \times 4 = 84$ 本宛 3, すなわち A 型 (4 孔式) の一孔装薬量 L_A と B 型の装薬量との間の $4L_A = 3L_B$ を満足している。

5.6 心抜と中抜との配孔関係

心抜装薬が空孔に充分よく作用することは必要であるが力が餘つて中抜孔を犯すのは不都合である。心抜のために中抜孔がつぶされると、未装填の場合はもちろんのこと装填後でも爆破の計畫が亂される。心抜が B 型の場合には中抜孔は比較的遠く離れるから無難である。またさらに B 型心抜は大體 35 cm 離れた空孔には作用しなかつたと述べた。しかし A 型では心抜装薬孔がえてして中抜孔に近接しがちであり、たとえ両者が 35 cm 以上離れていても、たとえば c, d 兩孔が協同して a 孔に影響することになる。A 型についてももとより心抜が中抜孔にわざわざした例はあまり多くなかつたが、兩者の安全な距離 R は前述の空孔をつぶす薬長式に類似して心抜装薬長 μ の函数で與えられるであらう。ここにはそれだけの材料をもぬたが大體 R を 45 cm にとれば無難と見られた。

中抜配孔はかせの大きさ、拂の位置等を考慮の上設定

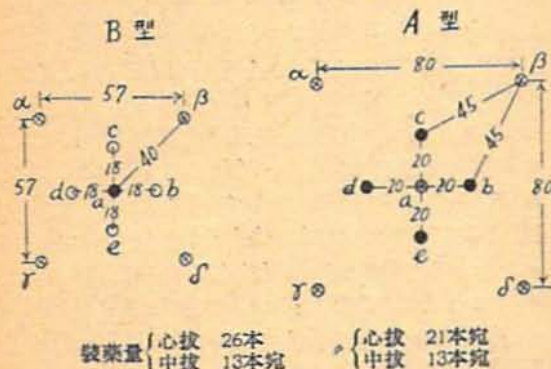


圖 12

せらるべきであるが、今心抜だけの關係を考え、且上述の所を要約して圖示すれば圖 12 のようになる。何れを採用するかは拂の枠幅によつてきめればよい。

ただしこの問題については充分な資料が得られなかつた。

5.7 心抜は齊發がよいのか?

ピラミッド型や楔形などの心抜は多くの場合に齊發に限るとせられている。しかし Burn cut A 型心抜ではこれらとやや趣を異にし爆力は中央空孔の方向に集中されるから、齊發のときは相向う爆力が互に干渉し合うことがありはしないか。この問題の明瞭な解答は得られなかつたが、第 2 回實驗の多くの例のように齊發がよいという結果は認められなかつた。この検討は今後にのこす。

5.8 穿孔方向の嚴守

穿孔方向が計畫通りであるか否かが爆破の結果に著しく影響することは今更述べるまでもないが、Burn cut では殊に著しく現れる。今中心孔 a を基準として觀察する。圖 13 において $\bigcirc$ は空孔、 $\bullet$ は装薬孔のそれぞれ最初の岩面上の位置、 $\rightarrow$ の矢は穿孔方向で矢の先端が中抜後の岩面上の位置を示す。

2-10 では圖 13-1 のように心抜孔からみだれていた。B 型であるから中心孔がこれと同一平面上にない周邊孔によく効かなかつたであらうことは否めぬ。2-11 も同様の例であつた。

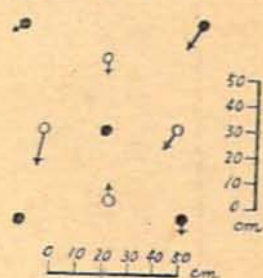


圖 13-1

2-3 では中抜後に $a, c, e, a, \beta, \gamma, \delta$ の孔尻がよく認められた。そのうち a, c, e, a は最初的位置と餘りちがわぬ相互關係を保っているが、 β, γ, δ の 3 孔は著しく方向をかえた (圖 13-2)。

心抜孔は正しくられていたのによく効かなかつた理由は他にある。中抜方向のわるい例である。

2-8 は結果のよかつた例であるが、心抜も中抜も

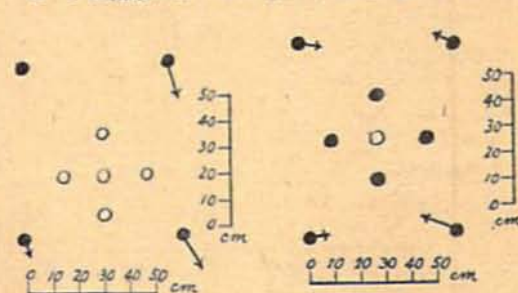


圖 13-3

圖 13-2

きわめて正しく鑿岩されてあつた（圖略）。

2-4 では心抜は比較的正しく、中抜の各孔はむしろ内方にだき込み加減にくれた。これは爆砕岩石をほり出すのに効果があるためか結果はよかつた（圖13-3）。

2-5 も同様の例である。

こんなことをいうと Burn cut の邪道と非難されるかもしれないが、心抜および他の中抜は正しく平行にくり、中抜の1本だけをややだかせぎみにすることが

有効ではあるまいかとの見解も生れている。しかしこれは今後の研究にまたねばならぬ。穿孔の方向を正しく掘らねばならぬことは Burn cut においても變りないことを確認した。

むすび

緒言に述べたように本報告には未だ結論的事項にまで言及することができぬのでここで一應第1報の筆をおく。（24. 10. 20）

バーンカット用爆薬

（昭和24年10月18日受理）

吉川 英吉・日野 熊雄・佐藤 淳一

（日本化薬株式会社厚狭作業所）

摘 要

バーンカット發破法の特質を爆薬の見地から考察し之に適した爆薬は低比重で殉爆性が良く威力の適當なものであることを論じた。多數の試製ダイナマイトの内基礎試験に依り適當なものを選び更に大嶺、持越、山野、田川、三池、生野等に於て種々の岩石に對し實地試験を行つた結果3種類のダイナマイト H_1 , H_2 , CH_1 が實用上適當であることが判つた。 H_1 は最硬岩用、 H_2 は普通の岩石用、 CH_1 は炭坑用の檢定爆薬である。之等は特にバーンカットに適當なものであるのでバーンカット法の代表例たるクローバーショットの名をとつてクローバーダイナマイトと名附けた。多數の實驗値を記述した。

I 序 言

バーンカット式發破法は他の發破法に比べて種々の利點を有する事は既に一般に認められてゐる處であつて、その利點の主なるものは

- (1) 穿孔は角度をつけて設ける必要がないから、機械的に容易に穿孔することが出来る。又穿孔のための裝置を發破面に對し垂直方向に設ければよいから場所を取らない。
- (2) 心抜の際、岩石の飛散が少いから支柱その他を破損しない。
- (3) 一發破で一舉に2メートル～3メートルの心抜を行ひ得るから掘進速度が大となる、又掘進單位長當りの爆薬、火工品その他の經費が少くてすむ。

以上の利點があるためバーンカットは益々普及する傾向にあるが、從來の發破法に用いられてきた爆薬、火工品がそのままバーンカットに使用されて來た。然るに爆薬火工品の立場から考へるとバーンカット法には原理的に考へて自ら之に適した爆薬火工品が選ばねばならぬのであつて、この點に着目して種々研究を行つたが現在迄に一應有用な結果を収めたと思はれる

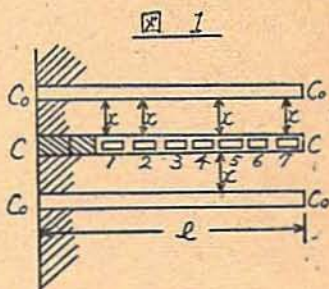
のでそれについて報告する。

II バーンカットの特質

バーンカットの特質の中爆破的に重要な點は爆破さるべき岩石の抵抗線が小なることで、穿孔長はこの小抵抗線長とは無關係に長いことである。他の發破法ではこの穿孔長と抵抗線長が密接な關係を持つてゐる。即ち圖1に於ける ϵ が抵抗線長で穿孔長が l でこの兩者は無關係である。又バーンカットに於ては抵抗線

ϵ の長さが明確に定義されるが他の發破法では完全な集中裝藥はあり得ないから抵抗線の定義も不確實になる。

これから裝藥孔 CC から空孔 C_0C_0 迄の岩石を發破するには裝藥孔 CC 全體にわたつて均一に爆薬が



なければならぬ事が判る。之を集中装薬にしたのではその附近の發破が効いて他は残り、所謂「目かね」になる。一方 α を破断するにはC-Cに從來の岩石發破用爆薬を一杯装填したのでは強過ぎることになり無駄となる。そこでC-Cに例えば爆薬—填物—爆薬—填物と云う風に装填してこの力を加減することが考えられる。填物を入れたり間隔をあければ各薬包を完爆させるために特殊の工夫と手間を要する、その上この間隔が適當でなければ又「目かね」になつたり不爆になつて残留薬が出來たりする。殊に穿孔長 l を長くして一發破に依る掘進長を延ばし得るのがバーンカット法の一大利點であるのに穿孔が長くなる程上記の方法では手間と工夫を要し一方發破が不確實になつて来る。薬徑の細い爆薬の使用も考えられるが之も限度がある。そこで一番合理的で便利で確實な方法は比比重で殉爆性が確實で威力の適當な爆薬を作つて之をCC孔に殆んど全長装填し口許には1ヶ雷管を装着し若干の填塞を行つて一撃に發破する方法である。爆薬の比重を出来るだけ小とし殉爆性を大にすることは成分、製造法に依りその目的を達し得るが威力は岩石の種類に依つて變えねばならぬとも考えられるからこの點は實用的發破試験に依り決定を要するわけである。然し實際には前述の如く抵抗 α が從來の發破法に比べ小

であり爆薬はC-C内に一杯に装填されてゐる關係上爆薬の破断力は十分であつて岩石の硬度に依り殆んど差を認めない。

III バーンカット用爆薬の性能

先に述べた見地から多數の爆薬を試製しその爆發性能を基礎試験や計算に依り検討した結果次の3種類の爆薬がバーンカット用爆薬として適當なものと考えられた。この内一號クローバーダイナマイト H_1 は先に新炭ダイナマイトという名稱で中外礦業株式會社持越礦業所及び宇部興業株式會社山陽無煙炭礦業所に於て實用試験を行い良好な成績を収めたものである。この成績に基き更に經濟的に工夫したのが二號クローバーダイナマイト H_2 である。又甲種指定炭山の岩層掘進に使用し得るように選ばれたのが炭礦用クローバーダイナマイト CH_1 之は檢定合格品である。但し實際にメタン炭塵の發火危険のある現場でのバーンカット法の安全性は今後の研究問題で、 CH_1 は一括して甲種に指定された炭坑中實際にはメタン、炭塵のない場所での岩石掘進に適してゐるわけである。 CH_1 は法定白砲試験で600gメタンに引火しないから舊來の所謂安全度一級品に相當する。當所に於ける基礎的試験及び持越、宇部大嶺、三井田川、山野等に於ける實用

表 1 組 成

試 製 名 稱	略 號	ニトログ リセリン	ニトロセ ルローズ	木粉及び 澱 粉	硝 安 アンモン	食 鹽	トリニトロ トルオール	記 事
(1) 一號クローバー ダイナマイト	H_1	約12.0%	約 0.5	約 8.0	約74.5	—	約 5.0	金屬礦山採掘
(2) 二號クローバー ダイナマイト	H_2	約 8.0	約 0.3	約10.5	約79.7	—	約 1.5	炭礦岩石掘進
(3) 炭礦用クローバ ーダイナマイト	CH_1	約12.0	約 0.5	約 5.0	約58.5	約21.0	約 3.0	檢 定 合 格 品

表 2 爆 發 性 能 (實測)

試 製 名 稱	略 號	比 重 g/cm ³	殉爆(32mm 112.5g)	ヘッス猛度 mm	鉛塊擴大 cm ²	爆 速 m/sec	記 事
(1) 一號クローバー ダイナマイト	H_1	約0.88	藥徑×10倍	14	370	5,500	
(2) 二號クローバー ダイナマイト	H_2	約0.88	× 6	12	350	4,500	
(3) 炭礦用クローバ ーダイナマイト	CH_1	0.98	× 6	13.0	260	3,600	
参 新制ダイナマイト		1.45	× 8	19.5	390	7,000	
考 紫 カーリット		(1.15)	(4.5)		(465)	(3,400)	() 内は雷電 カタログの値
特 綠 カーリット		(1.15)	× (3)	13.5	(320)	(3,340)	
綠 カーリット		(1.05)	× (2.5)	8.7	(272)	(2,575)	

表 3 爆 發 性 能 (計算値)

試 製 名 稱	略 號	酸素過剰量 l/kg	ガス比容積 V ₀ l/kg	爆 發 熱 Q kcal/kg	爆發溫度 K ^o	火 薬 力 f ton/l/kg
(1) 一號クローバー ダイナマイト	H_1	+13.5	895	1,190	2,700	10.1
(2) 二號クローバー ダイナマイト	H_2	+ 6.3	917	1,160	2,600	10.1
(3) 炭礦用クローバ ーダイナマイト	CH_1	+20.6	710	870	2,200	6.6