

論說報告

土木學會誌 第七卷第二號 大正十年四月

岩石爆破法ノ研究

准員 工學士 安藤新六

左ノ一編ハ著者カ三菱礦業株式會社ニ在職中社命ニヨリ研究シタル結果ニシテ今回同社ノ許諾ヲ得テ發表スルモノナリ

目次

一 緒論	一	一 緒論	一
二 研究ノ方針	三	二 研究ノ方針	三
三 爆藥ノ物理的性質	四	三 爆藥ノ物理的性質	四
(イ) 溫度ノ影響	五	(イ) 溫度ノ影響	五
(ロ) 爆轟ノ傳播	七	(ロ) 爆轟ノ傳播	七
(ハ) 爆力	八	(ハ) 爆力	八
四 實驗ノ方法	二	四 實驗ノ方法	二
(イ) 爆破ニ影響ヲ及ホス要件	二	(イ) 爆破ニ影響ヲ及ホス要件	二
(ロ) 鑽孔々徑	二	(ロ) 鑽孔々徑	二
(ハ) 裝填方法	三	(ハ) 裝填方法	三
a 鑽孔ノ掃除	三	a 鑽孔ノ掃除	三
b 鑽孔ノ充填度	四	b 鑽孔ノ充填度	四
c 填塞	五	c 填塞	五
(ニ) 雷管	七	(ニ) 雷管	七
a 雷管ノ位置	七	a 雷管ノ位置	七
b 雷管ノ強度及ヒ使用數	七	b 雷管ノ強度及ヒ使用數	七
(ホ) 電氣發火法	九	(ホ) 電氣發火法	九
(ヘ) 爆藥ノ混合	二〇	(ヘ) 爆藥ノ混合	二〇
五 一開壁ノ實驗	二	五 一開壁ノ實驗	二
(イ) 鑽孔ノ方向	二	(イ) 鑽孔ノ方向	二
(ロ) 爆破岩形	二	(ロ) 爆破岩形	二
(ハ) 爆破岩量ノ實驗公式	四	(ハ) 爆破岩量ノ實驗公式	四
六 二開壁ノ實驗	五	六 二開壁ノ實驗	五

- (イ) 鑽孔ノ方向……………二五
- (ロ) 破壊岩形……………二五
- (ハ) 爆破岩量ノ實驗公式……………二六
- (ニ) 階段掘ノ爆破岩量……………二七
- 七 傾斜孔……………二七
 - (イ) 爆破力ノ作用圈……………二七
 - (ロ) 一開壁ノ傾斜孔……………二八
 - (ハ) 二開壁ノ傾斜孔……………二八
- 八 鑽孔々徑……………二九
- 九 實驗式ノ圖式解法……………三〇
 - (イ) 一開壁ノ爆破……………三一
 - (ロ) 岩石爆破ノ經費……………三四
 - (ハ) 二開壁ノ爆破……………三六
 - (ニ) 階段掘ノ爆破……………三七
- 十 研究ノ實地應用……………三八
 - (イ) 明延ニ於ケル應用……………三八
 - (ロ) 生野ニ於ケル應用……………四〇
- 十一 鑽……………四一
 - (イ) 鑽ノ形狀……………四一

- (ロ) 淬硬方法……………四二
- 十二 引立ニ於ケル鑽孔ノ位置……………四四
 - (イ) 一般方法……………四四
 - (ロ) 中心掘鑽孔配置ノ數例……………四四
 - (ハ) 拂數ト交代數トノ關係……………四七
 - (ニ) 歐米ニ於ケル實例……………四八
- 十三 一交代中ニ掘鑿スヘキ鑽孔長……………五〇
- 十四 本研究ノ一般的应用……………五四

附 圖

- 第一 鉛礮原形及各種試驗ノ結果
- 第二 一開壁手掘孔ニ於ケル孔深ト爆破岩量トノ關係
- 第三 一開壁手掘孔ニ於ケル藥量ト爆破岩量トノ關係
- 第四 一開壁鑿岩機孔ニ於ケル孔深ト爆破岩量トノ關係
- 第五 一開壁鑿岩機孔ニ於ケル藥量ト爆破岩量トノ關係
- 第六 二開壁鑿岩機孔ニ於ケル孔深ト爆破岩量トノ關係
- 第七 二開壁鑿岩機孔ニ於ケル藥量ト爆破岩量トノ關係
- 第八 階段掘ニ於ケル破礮孔深ト最小抵抗線トノ關係
- 第九 傾斜孔ノ破礮作用
- 第十 各種孔深ニ對スル一開壁最大爆破諸點ヲ Σ 平面ニ投寫シタル曲線
- 第十一 一開壁最大爆破岩量ト是レニ對スル爆破經費曲線
- 第十二 一開壁ニ於ケル孔深ト爆破經費「才當」トノ關係
- 第十三 二開壁鑿岩機孔ニ於ケル各種孔深ニ對スル破礮岩量ト爆破經費トノ關係
- 第十四 階段掘ニ於ケル最小抵抗線ト爆破岩量トノ關係
- 第十五 各種孔深ニ對スル掘進率曲線

一 緒 論

凡ソ鑛業ノ產出物ハ工業材料ノ主源タルカ故ニ工鑛業ハ互ニ柳因絮果ノ關係ヲナシテ進歩發達シ來リテ絢爛タル近世文化ヲ現出セシムルヲ得タルナリ然ルニ鑛業ノ代表的地位ヲ占ムルハ採鑛業ニシテ其ノ採鑛業タルヤ進歩改善ノ跡遲々トシテ進マス之レ何ノ故ソヤ坑内監督ノ不便多キカ爲カ業場不健康ニシテ能率ノ上ラサルカ故カ技術上ノ研究至難ナルカ爲カ將又他工業ノ應用不足ナルカ故カ余之ヲ知ラス唯西紀一八四九年ぱーかっしょん・どりる及一八六六年だいなまいとノ發明セラレテヨリ斯業ニ一革命ヲ來シタリシト雖モ爾來六十年之等利器ノミハ各相當ノ改良ヲ促サレタレトモ之ニ密接ナル關係アル岩石爆破 (Blasting of rock) ニ關スル研究ハ未タ寡聞ニシテ其ノ研究ノ發表セラレタルモノ多クヲ知ラサルナリ偶々次ニ掲クル諸學者ノ說ハ從來岩石爆破學ノ權威タリシカ故ニ順序トシテ先ツ之等諸學者ノ學說ヲ記述スヘキナレ共諸賢ハ既ニ之等論說ヲ讀破シ盡サレシコトナルヘク茲ニ再ヒ抄録スルハ多岐冗漫ニ亘ルカ故ニ之レヲ省キ只タ之等理論ハ何レモ實際上疑問トスル處少カラサルノミナラス又理論ノ根本ニ於テモ幾多ノ誤謬ヲ指摘シ得ヘキモノナル事ヲ附言スルニ止メオカシ

H. Hofer:—Beiträge zur Spreng oder Minen Theorie. (1880).

L. Willmann:—Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Band. 1. (1902).

Ballet:—Cours de Fortification. (1902).

O. Gutmann:—Rock Blasting. (1892).

A. Daw. & Z. Daw:—The Blasting of Rock. (1909).

Weston:—Rock Drills. (1910).

八田工學士 岩石燻壞ノ經濟的研究 (土木學會誌第二卷第三號)

凡ソ採鑛業ノ目的トスル所ハ鑛石ヲ破壞採集スルニアルカ故ニ之カ經費ハ實ニ採鑛費ノ大部分ヲ占ムルヲ常トス故ニ其

ノ研究タルヤ重且ツ大ナル事言フ俟タサルナリ岩石爆破ニ關スル研究ニシテ進歩スレハ學理ト實際トハ相接近スルニ至リ從來ノ如キ坑夫唯信ノ爆破法ハ改メラレテ科學的判斷ニ準據スル最有效ナル方法ノ採用セラル、ヤ明ニシテ本論ノ眼目トスル所又實ニ此所ニアリ

故ニ將來之カ研究者ノ一參考トモナラハヤト本論ヲ草スル所以ナリ幸ヒ諸賢カ日頃ノ蒞蓄ヲ披瀝セラレ且ツハ本論ノ誤謬ヲ指示補正スルノ勞ヲ惜マレスシテ爆破論ノ進歩ヲ計リ以テ採鑛經費ノ低減ニ貢獻セラル、所アラハ當ニ論者ノ本懐ノミニ非ルナリ

二 研究方針

抑モ岩石ノ爆破ハ同一狀態ノ下ニアル岩石ニ於テハ鑽孔ノ深サ鑽孔ノ方向鑽孔々徑及爆藥重量ノ四條件ノ變化スルニ從ヒ破壞狀態ヲ異ニスヘシ依テ本研究ニ於テハ凡テ實驗ノ結果ヲ測定シ之等四條件ヲ變數トスル實驗公式ヲ以テ破壞岩量ヲ示ス事トセリ

斯ク直接ニ實驗式ヲ作ラントスルニハ各變數ノ僅少ノ變化カ與フル結果ヲモ正確ニ測定シ得ルカ如キ等質岩石ノ所ニ於テ實驗ヲ行ハサル可カラス然ルニ研究ヲ命セラレタル兵庫縣下明延及生野ノ兩鑛山ニ於テハ斯カル岩質ノ所ハ殆ト無之從テ破壞岩量ノ測定ヲナスト雖モ其ノ結果ハ區々トシテ何等ノ統一ナク徒ニ勞多クシテ效無キノ恨アリテ最初兩三週ノ間ハ研究ヲ放棄スルノ止ムナキニ至ランカト考ヘシカ岩質ト破壞ノ狀態トヲ仔細ニ比較研究スルニ從ヒ漸ク研究ノ曙光ヲ認め得ルニ至レリ

凡テ最初ハ手掘ニ就テ試驗シ其ノ歸趨ヲ見テ更ニ鑿岩機掘ヲ以テ充分ニ實驗ヲ行ヒタリ

明延ニ於テハ明神隧道明延口及大禮一坑入地ノ二箇所ニ手掘試驗ヲ行ヒ大仙本坑東入地ニ於テ鑿岩機試驗ヲ行ヘリ岩質ハ何レモ堅硬質粘板岩ニシテ殊ニ東入地ノ岩石ハ當山隨一ノ硬質岩ナリキ生野ニ於テハ主トシテ金香瀨坑五番十二井入地ニ於テ行ヘリ岩質ハ當山ノ母岩タル石英粗面岩ニシテ入地ノ附近ハ殊ニ堅硬質ノモノナリキ粘板岩モ石英粗面岩モ何

レモ花崗岩ノ如ク等質ナラサル故破壊状態ノ測定ハ往々意表ノ外ニ出ツルモノアリタレトモ實驗中ニ感得シタル諸種ノ推測ヲ加ヘ取捨スレハ略ホ等質岩石ニ等シキ結果ヲ得ラル、事ヲ知レリ但シ附圖ニ示セルモノハ皆結果通りヲ測定シタルモノトス之等實驗場岩石ノ破壊強度等ヲ測定ナシオケハ他山ニ應用スル場合等ニ於テモ至便ナラント思考シタレトモ山中ニアリテハ之レ等試験ノ便モナクシテ終リシハ遺憾トスル所ナリ使用だいなまいとハ現今最モ廣ク用ヒラル、官製櫻印だいなまいとヲ以テシ導火ハ大阪日進合資會社製造ノ牡丹印及ヒ汽車印ヲ使用セリ而シテ實驗ニ使用セシ鑽孔ノ數ハ引立押ノ試験ヲモ加フレハ無慮五百本ナリキ實驗期間ハ大正八年四月ヨリ十一月ニ亘ル約七箇月半ニシテ宛モ溫暖期ニ當リシ事トテ爆藥氷結ノ爲メ爆力ニ大差ヲ來シ或ハ凍結ニ基ク災害等ヲ免レ得タルヲ喜フモノナリ

實際ニ岩石ヲ爆破スル場合ニハ一開壁 (One free surface) 及ヒ二開壁ニシテ殊ニ二開壁ニ對スル爆破ヲ主トス故ニ本實驗ニ於テモ兩者ニ對シテ行ヒ明延ニ於テハ一開壁生野ニ於テハ主トシテ二開壁ノ爆破状態ヲ研究セリ

三 爆藥ノ物理的性質

岩石ノ爆破ヲシテ最有效ナラシメント欲スルニハ先ツ爆藥ヲシテ最有效ニ作用セシメサル可ラス之カ爲ニハ爆藥ノ物理的性質ヲ熟知スルヲ要ス本章ハ此ノ目的ノ爲メニ其ノ性質一斑ヲ簡述セルモノナリ

(イ) 溫度ノ影響 爆藥ハ高溫度ニ於テ著シク銳感ニシテ反對ニ低溫度ニ於テ鈍感ナルハ其ノ一般性質トシテ知ラル、所ナリ下記ノ表ハ固形炭酸及ヒ液體窒素ヲ以テ爆藥ヲ零下八十度及ヒ零下百九十度ニ冷却シ之レヲ爆發セシムルニ要スル雷汞量ヲ示ス

Explosive	Density	Grammes fulminate required	
		Ordinary Temperature	-190°
Fulminate	1.20	< 0.25	1.0
Blasting gelatin	—	< 0.25	0.25
Cheddite No. 2	1.00	0.25	< 2.0

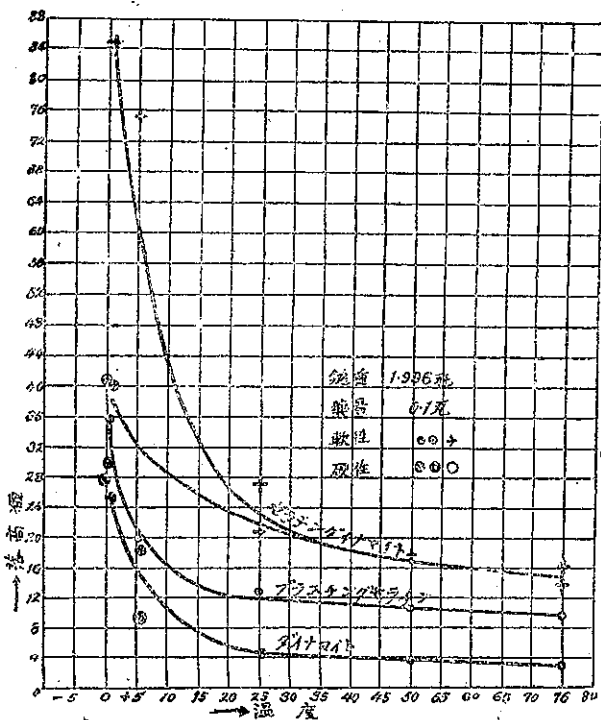
第一圖ハ爆薬温度トノ關係ヲ實驗ニヨリ圖示シタルモノナリ

Explosive	Density	Grammes fulminate required
Picric acid	0.30	- 80°
Gun-Cotton	0.40	- 190°
	0.25	> 2.0
	0.25	> 2.0
	> 2.0	> 2.0

第 一 圖

第 二 圖

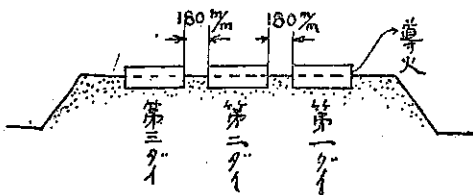
溫度ト感度トノ關係



断面圖



側面圖



大正八年十二月五日三菱鑛業會社ニテ岩鼻陸軍火藥製造所ヲ見學セシ際同所ノ好意ニヨリ二三ノ爆薬試驗ヲ實施セラレタルカ梅印だいなまいと(重量五〇瓦)ヲ第二圖ノ如ク一八〇^{mm}ノ間隔トシ六號雷管ヲ以テ起爆セシメタルニ親だいの

ミ爆發シ第二だいハ頭部ノミ少シク燃燒シテ大部分ハ其ノ附近ニ轉リ第三だいハ只位置ヲ移動サレタルノミニシテだいソレ自身ニハ何等ノ異狀ナカリキ但シ當日ノ外氣溫度ハ一度ニシテ夏期二〇乃至三〇度ノ時ハ右ト同間隔ニテモ容易ニ全部ノだいカ爆發スヘシト云フ

故ニ溫度カ爆發感度ニ影響スル事ハ確實ナレ共其ノ爆力ニ對シ果シテ如何ナル程度迄影響スルモノナルヤハ未知ノ問題ナリ蓋シ現今ノ測定法ニテハ之カ解決困難ナルモノナルカ故ニ其ノ影響程度モねぐれじぶるノモノナラン

(□) 爆發ノ傳播 (Transmission of detonation) 爆發ノ感度銳敏ナラハ藥包 (Cartridge) 間ノ距離大ナルモ良ク爆發セラルレ共此距離ハ第一藥包 (親だい) ノ受クル衝撃ノ大小及ヒ主トシテ比重ノ變化ヨリ生スル爆速度 (Velocity of detonation) ノ大小ニヨリ影響ヲ受クルナリ又藥包ノ置カル、表面ノ性質ニモ依ルモノニシテ即チ軌條ノ上ニアルモノヨリモ地上ニアリテハ藥包間ノ距離少ナルヲ要シ空中ニ懸垂セル時ハ更ニ小ナルヲ要スルナリ故ニ二個藥包カ全ク裸出ノ儘ナルヨリモ紙ニテ卷カル、方傳播距離大ナリ之レニ依レハ藥包カ鑽孔内面ニ密着セル時ハ最モ良ク傳播セラル、理ナリ
 同一組成ノ爆發ハ密度 (比重) 増加スレハソノ傳播距離ハ大トナルヘキモ比重ノ増加ハ感度ヲ遲鈍タラシムルカ故ニ爆發ヲシテ有效ニ働カシムルカタメ其ノ比重ヲ増加セントスルニハ一定ノ限界アルモノナリ又藥包ノ徑大ナラハ自ラ傳播モ可ナリ Conroy ノ實驗ニヨレハ藥包ヲ或ル間隔ヲ置キテ爆發セシメタル時其間隔 (空中) ノ傳播速度ハ左表ノ如シ

Strength of Normal Velocity Dynamite	Velocity of Transmission of Wave of Detonation thru the Air					Limit of Sensitiveness
	5"/ (127 mm)	10"/ (254 mm)	20"/ (508 mm)	30"/ (711 mm)	40"/ (1016 mm)	
Percent	Meter/Sec	"	"	"	"	"
60	5,795	5,346	5,224	4,395	3,852	48" (1,219 mm)
40	4,796	4,500	4,196	3,537	2,714	40" (1,016 mm)
30	4,311	—	3,489	3,159	—	42" (1,067 mm)
60	—	—	5,260	4,372	3,567	Whole Stricks
40	—	—	4,610	3,791	2,908	"

(The explosives used were American "Straight dynamites")

又傳播距離ハ起爆々藥ノ大サニヨリ異ルナリ C. E. Bichel. ハゼらちん・だいなまいとニ關シ起爆々藥ノ重量ヲ種々ニ變シ之ニ對應スル傳播距離ヲ研究シテ次ノ如キ數字ヲ與へ最初ノ衝擊ノ如何ニ影響スルカヲ示セリ此ノ數字ハ又火藥庫ヲ設置スル場合其ノ相互間隔ヲ幾何トセハ安全ナルカノ問題ノ參考トナル可シ

起 爆 藥 重 量

傳 播 距 離

起 爆 藥 重 量	傳 播 距 離
1 磅	0.80 米
5 "	1.45 "
10 "	1.80 "
25 "	2.25 "
50 "	2.50 "
100 "	2.75 "
200 "	5.25 "

前記岩鼻火藥製造所見學ノ際梅印だいの一八〇^m/m間隔ニテ起爆セシメタル時ハ不完全爆發ニ終リシモ一〇〇^m/m間隔ニテ同一狀況ノ下ニ起爆セシメタルニだいのハ全部完全ニ爆發シタリ

同所有川技師ノ試験ニヨレハ各三本ノだいの一五〇^m/mノ間隔トシ三號雷管ヲ以テ起爆セシムル時ハ最初ノ一本ノミカ爆發シ他ノ二本ハ爆發セサレトモ六號雷管ヲ以テスル時ハ二本カ爆發シテ一本ノミ殘留スト云フ

爆發ノ傳播ヲシテ不充分ナラシメサル事ハ肝要ナリトス何トナレハ一本以上ノ藥包ヲ鑽孔中ニ裝填スル場合ニ藥包間ノ間隙カ傳播距離以上ナル時ハ全爆發ノ爆發セサル事アリテ往々危險ヲ惹起スルカ故ナリ然レトモ爆發カ凍結セル時ハ例令藥包ハ密接ナシ居ルト雖モ不完全爆發ヲナス事アリ

(ハ) 爆力 (Brisance or Violence of Explosion) 爆力ハ實驗的ニ次式ヲ以テ示シ得ヘシ

$$B = KFU$$

B = 爆力, $F = PY$ = 爆薬比力, U = 爆速度, P = 空気中ニ於ケル爆破壓力

Y = 爆薬室ノ容積, K = 定數 = Δ = 爆薬重量

Kast へ實驗上ヨリ次ノ如キ値ヲ得タリ

Explosive	Density Δ	Velocity of Detonation U	Relative Energy f	$\frac{fUA}{10,000}$	Compression of Copper
Picric acid	1.5	7,000	100	105	4.05
Trinitro toluene	1.5	6,600	94	93	3.59
Macarite	2.6	4,500	104	22	4.38

Bichel 等三種ノ爆薬ニ就キ次ノ結果ヲ擧ケタリ

	By Calculation fUA	By Direct Measurement Compression of Copper
Picric acid	100	100
Trinitro-toluene	89	89
Macarite	116	108

下表ハ上式ニヨリ各種爆薬ノ爆力ヲ計算シタルモノナリ

Explosive	Density D	Pranzl Test E	Velocity of Detonation U	Instance $\frac{EUD}{10,000}$
Blasting gelatine (with primet)	1.6	650	7,500	780
Gelatine dynamite "	1.6	490	6,700	525
Dynamite No. 1	1.58	510	6,000	486
Picric acid	1.7	320	7,700	420
" "	1.6	320	7,300	374
Trinitro-toluene	1.6	290	7,000	324

Explosive	Density <i>D</i>	Transl. Test <i>E</i>	Velocity of Detonation <i>V</i>	Brisance $\frac{EVD}{10,000}$
Donarite	1.31	487	4,100	261
Gannonton	1.12	420	5,300	249
Blasting gelatine (with out primet)	1.6	650	2,200	210
Mercury fulminate	2.5	213	3,970	209
Cheddite 60	1.4	383	3,100	125
Kohlen-carbonite	1.42	230	2,700	111
Carbonite	1.08	266	2,440	70
Gunpowder	1.04	187	280	5

我カ官製爆薬ヲとらうる鉛爆ニテ比較試験シタル結果ハ次ノ如シ

松印 (Blasting gelatine)	92.5%	N.G.	134
竹印 (Gelatine dynamite)	70.0%	"	114
櫻印 (Geligrite)	60.0%	"	100
鶴印 (Dynamite No. 1)	75.0%	"	91
龜印 (Dynamite No. 2)	70.0%	"	81
梅印 (Samsomite)	58.0%	"	95
蘭印 (Carbonite)	30.0%	"	61
楓印 (Grisonite)	44.0%	"	56

爆力ハ爆轟ノ進行スル方向ニ對シテハ其ノ逆方面ニ比シ著シク強大ナル事ハ Kast, Fafanel. 及 Daubröhe 等カ諸種ノ實驗ヲ行ヒテ之レヲ確證ナシ居レリ即チとりどころあるヲ裝藥狀トナシテ鉛製圓筒ノ上ニ載セ之レヲ爆轟セシムルニ雷管ヲ頂部ニ附スル時ハ圓筒ノ長サハ二・八一耗タケ壓縮セラルレトモ雷管ヲ低部ニ附スル時ハ僅ニ一・七三耗タケ

壓縮セラル、ノミナリキ又一ノ藥包ヲトリ其ノ兩方向ニ各同一ノ爆藥ヲ置キ藥包ノ一方ニ雷管ヲ裝置シテ之ヲ爆轟セシムル時ハ其ノ進行方向ニアル爆藥ハ遠距離ニテモヨク其ノ衝擊ヲ受ケテ爆轟スルトモ反對方向ニアルモノハ近距離ニアラサレハ爆發セスシテ兩者ノ間ノ距離ニハ大差アリタリ

爆壓力ハ略ホ爆力ト比例スルモノト見做シ得ヘシ密閉器中ノ爆壓力ハ次ノ方程式ヲ以テ示シ得ヘシ

$$P = \frac{2f\Delta}{1-a\Delta}$$

f = 比力, Δ = 比重, a = Covolume (爆成瓦斯ノ分子容積)

爆速度ハ音響ノ速度ト同様ニ其ノ震動波カ爆藥中ヲ通過スル速度ナリ

Dautrich の 爆破波ノ速度ヲ次式ニテ算出シタリ

$$U = 641 \frac{\sqrt{f}}{1-a\Delta}$$

尙ホ爆速度ハ起爆藥ノ強弱ニヨリ大小ノ變化ヲ受クト云フ

一般ニだいなまいとハ製造後日ヲ經ルニ從ヒ爆破力ヲ減少スルモノニシテ曩ノ岩鼻見學ノ際直徑及高サ各二〇〇耗ナル鉛礮ノ中央ニ徑二五耗 深サ一二五耗 即容積六一立方糶ノ孔ヲ穿テルモノ三個ヲ用ヒ之ニ各梅印一〇瓦ノだいなまいヲ裝填シ
 ○三及○五耗めし間ノ砂五〇瓦ヲ以テ填塞ヲ施シ八號雷管ヲ以テ爆發セシメタルニ其ノ爆破後ノ擴大幅增加容積ハ製造日ニヨリ左ノ如ク異同アリタリ

十一月 六 日

三一四立方糶

十一月 十六 日

三二一立方糶

十一月 二十二 日

三四四立方糶

即チ右ノ例ニヨレハ一箇月間約一割ノ差違ヲ生シ居レリ然レトモ現今ノ製造技術ニテハ全然同一性質ノだいなまいヲ造ル事ハ

困難ナルカ故ニ右實驗ノ一例ヲ以テ其ノ爆力減度ノ標準トハナシ難シ且ツ右ノ減度ハ爆藥貯藏場所ノ溫度濕度等ニヨリ大差アルモノナリ

四 實驗ノ方法

(イ) 爆破ニ影響ヲ及ホス要件 Davy 及 Weston ハ次ノ諸項ヲ列擧セリ

- a 岩石ノ開壁ノ大小及其數 即チ錘押引立ハ一開壁階段掘ハ二開壁露天掘ノ階段ハ三開壁ヲ有ス
- b 岩石ノ粘着力 即チ截力ノ爲ニ破壞セラル、ニ抵抗スル力ナリ
- c 岩石ノ組成狀態 即チ節理ノ有無塊狀ナルカ層狀ナルカ或ハ罅裂アルカ等
- d 爆藥ノ強度及ヒ性質
- e 導火ト填塞物トノ性質
- f 岩石及ヒ填塞物ノ熱傳導率
- g 單一爆破ト數孔同時爆破ノ場合
- h 岩石カ破壞落下スルト破壞跳起セラル、場合
- i 岩石ノ比重
- j 藥室ノ大サ及ヒ形狀
- k 最小抵抗線ノ大サ鑽孔ノ深サ及傾斜度

然レトモ以上諸項ノ中 f h i ノ三項ハ輕視シテ可ナルモノト著者ハ信スルナリ

從來鑽孔爆破ノ方法ハ斯界大家ノ説區々トシテ何レカ最有效ノ方法ナリヤ判斷ニ苦ミタリ本實驗ニ於テハ前述ノ爆藥性質ト實地比較試驗トノ結果ニヨリ最有效ノ方法ヲ決定シ凡テ此方法ニ從ヒテ爆破セシムル事トセリ以下之ヲ略記セン

(ロ) 鑽孔々徑 鑽孔ハ深サ大ナル程孔底ノ孔徑小トナルハ現今ノ鑿岩機械ニ於テハ止ムヲ得サル事ニシテ之ハ抵抗ノ

最大ナル點ニ於テ爆藥量ノ最少ナル結果ヲ來スカ故ニ好マシカラサル缺點ナリ故ニ嘗テ歐米ニ於テ Ausböhler, Shear-borer 等ノ機械ヲ作リテ右ノ缺點ヲ除カント計リシモ未タ實用セラル、ニ至ラス依ツテ現在ノ作業法ニテハ此缺點ハ不可避ノ問題ナリトシ凡テ實際通りノ鑽孔ニ就キ實驗スルノミニ止メ藥室ノ形狀ヲ變化セシメテ其ノ影響ヲ檢スル等ノ事ハ一切行ハサリキ

爆破岩量ヲ公式化スルニ當リ孔徑ヲ其ノ變數ノ一トセサル可カラサル事ハ既述シタレトモ實際ニ鑿孔スル場合ニ手掘ニテハ六分鑽ヲ鑿岩機掘ニテハ七分八分又ハ一寸ノ鑽ヲ使用シ其ノ銳端幅モ岩質及鋼性ニ應シ其鑽相當ノ大サトナスヘキカ故ニ一定機械ニ對シテハ孔深ニ大差ナクシテハ略一定ノ孔徑トナリ其間リ Gradual change ヲナス事ハ無之ヲ以テ實驗ニハ一定ノ先ノ鑽ヲ使用シ之レニ對スル實驗式ヲ求ムル事トセリ之レニヨリ實驗式ノ變數ヲ孔深及ヒ藥量ノ二ツノミトシテ簡單トナシ且ツ孔徑ヲ Gradually ニ變化シテ實驗スル事ノ大困難ヲ避クル事トセリ斯クスルモ實際上海等ノ背理ナク又不便モ來サ、ルナリ而シテ孔徑ノ測定ハ各最後ニ使用セシ鑽ノ先ヲ以テシタリ

(ハ)裝填方法 抑モ爆藥ノ裝填ハ爆破ノ最後ノ操作ナルカ故ニ其ノ方法ニシテ不備ナラハ如何ニ強力ナル爆藥タリトモ其ノ效果ヲ殺滅セラレ苦心シテ鑿孔セシ勞モ酬ヒラレスシテ終ル可シ故ニ裝填並ニ發火ノ方法ハ最モ肝要ナル事ニシテ從テ各種ノ方法ニ就キ等質岩盤及ヒ鉛礮ニテ比較研究ノ結果最有効ニシテ而カモ實用ニ便ナル方法ヲトレリ其ノ方法左ノ如シ

a 鑽孔ノ掃除 一般ニ鑽孔ヲ清掃シタル後ニだいヲ充填スル事ハ固ク嚴守スヘキ事ニシテ手掘ニ於テハヨク實行セラルレトモ機械掘ニ於テハ孔深大ニシテ掃除ニ手數ヲ要スル故カ之ヲ疎略ニスル傾アリ故ニ孔底ニ數寸ノ線粉ノ殘留セル儘だいに裝填スルノ實例ハ決シテ乏シカラサルナリ若シ Blow-pipe ヲ用フレハ線粉泥水等ハ綺麗ニ吹出サレ而カモ一孔ニ對シ僅々二十秒ニシテ足ルカ故之レハ是非使用セシメサル可カラス岩石ニ裂罅多キ時ハ粘土眞土等ヲ以テヨク之等隙罅ヲ充填スル事ヲ推賞スル人アレトモ余ハソノ實驗ノ機會ヲ得サリキ恐ラクハ效果ナカラント信スルナリ何ト

ナレハ爆破瓦斯カ之等隙罅ニ逃レ去ル程ノ罅裂ヲ有スル岩石ナラハ爆薬ヲ用ヒテ破壊セシムルニ及ハサル可ク又粘土等ヲ以テ鑽孔内部ヨリ瓦斯逸出ヲ多少ナリトモ防止シ得ルカ如キ充填ヲ爲ス事ハ不可能事ニ屬スルカ故ナリ寧ロ鑽孔ノ方向ヲ變シ之等隙罅ヲ利用スルノ賢ナルニ如カサルナリ

b 鑽孔ノ充填度 既ニ第三章爆力ノ項ニ於テ述ヘタルカ如ク爆力ハ爆薬ノ比重ニ比例スヘシ藥室一定ナル時ハ眞比重ハ裝填比重 (Loading density) ニ比例スルモノト見做シ得ヘキカ故ニ爆薬ハ藥室ニ密充シテ餘裕ノ少キ程有效ナルヘシ但シ鑽孔爆破ノ際ハ爆壓力ノ一部ハ孔口ヨリ逃レ去ルカ故ニ密閉室ニ於ケル爆力試験トハ同視スヘカラサルナリ故ニ鉛礮試験ヲ以テ之カ比較ヲナセリ

凡テ鉛礮ハ附圖第一A及Eニ示スカ如キ寸法トナシ鉛ノ溶解溫度鑄型ヘノ注キ入レ方冷却法等ハ中原工學士ノ監督ヲ煩ハシ其ノ質ノ均一ナラン事ヲ計リタリ發火法ハ電氣雷管ニヨルモ工業雷管ニヨルモ雷管各個ノ性質ノ差違ハ同様ナルカ故ニ普通ノ導火ヲ用ヒ填塞ハ均一ニ行フ事困難ナルカ故ニ只押ヘノ爲メ藥ノ小片ヲ用ヒ凡テ試験ハ三回ノ平均値ヲトルコトナセリ幸ヒ同一試験中異常ナル差違ヲ來シタルモノハナカリキ

櫻印だい二二・六ヌヲトリ一方ハ包裝紙ノ儘裝填シ其ノ長サ四寸六分トシ他方ハ包裝紙ヲ解キ込棒ニテ搗固メ長サ三寸六分トナシ何レモ六號雷管ヲ以テ起爆セシメ其ノ擴大シタル容積ヲめとる・ぐらすニテ測定シ之ヨリ爆破前ノ藥室容積ヲ減シタル結果次ノ如シ

普通藥包

三七五八〇〇・

搗固藥包

三七三二〇〇・

即チ搗固メノ方少シク爆力小ナルカ如シ然レ共附圖第一ABCニ就テ見ル如クC即チ搗固メノ分ハ孔底ニ於テ爆力大ナリ即チ一局部ニ於テハBヨリモ大ナリ故ニ爆破ノ目的ヲ達スル上ヨリハC即チ搗固メノ方法ヲ勝レリト稱シテ可ナラン Weston 氏ニヨレンハ白砲試験ニ於テ No. 3ノだしままとして四分ノ一をんす用ヒ或ル重量ノ砲丸ヲ發射セシメ

タルニ其距離三〇〇呎ナリシカ砲丸ト下ノ間ニ二分ノ一時ノ空隙ヲ殘シテ發射セシメシ時ハ只僅ニ二一〇呎ヲハセシノミ即チ三〇％ノ差アリト云フ故ニ孔壁ニ空隙ノナキ様爆藥ヲ搗固ムル事ノ有利ナルハ明ナリ然レ共此方法ハ包裝紙ヲ一々解クノ煩搗固メヲナスノ手數並ニだいカ凍結セシ際ニ危險ヲ伴フ等ノ缺點ハ免レサルナリ但シ引立押ノ心抜孔ノ如キハ孔底ノ抵抗力最大ナルカ故ニ搗固法ニヨリ孔底ニ於ケル爆藥ノ量ヲ増スヲ得策ナリトセン手掘孔ノ平均直徑一時ノモノニ就キ二乃至五本ノ一二寸だいヲ裝填シ込棒ニテ搗固メタルニ其ノ壓縮セラレシ長サハ原長ニ對シ〇・六乃至〇・五五 平均〇・六二五ニシテだいノ數多キ程孔徑大トナルカ故短縮スル率モ亦大ナリ鑿岩機孔ノ平均直徑一時四分ノ三ノモノニ就キ三乃至六本ノ二〇寸だいヲ詰メシモノハ〇・六五乃至〇・四平均〇・五二ナリキ即チ藥包ノ儘ナレハ手掘孔ニ對シテハ一二％鑿岩機孔ニ對シテハ三〇％タケケ長サ大ナリ

本實驗ニ於テ明延ニテハ皆包裝紙ヲ解キ生野ニ於テハ一開壁タケ此方法ヲ採用セリ

○ 填塞 (Tamping) 黑色火藥ニハ填塞ハ重要々件ナレ共だいなまいとニ對シテハ輕視セラレ任々何等ノ填塞物ナクシテ發火スル習慣アリシカ嘗テ Arizona ニ於テ孔尻殘リ惡瓦斯ヲ生シテ困却セシ時之ニ填塞ヲ施シテヨリ之等ノ害ヲ除去シだいノ量モ節約シ得タル實例アリ故ニ填塞ハ決シテ疎外ス可キニ非ラサルナリ大正八年二月下半期ニ明延明神隧道神兒烟口ニ於テ當事ノ現場監督員タリシ津田岩吉君カ從來ノ藥玉ニ代ユルニ藁俵ニ眞土ヲ詰メタルモノヲ以テシ其ノ前後半箇月ノ成績ト比較シタルニ行地一尺當ノ爆藥量ハ一・〇七五貫ト一・二八七貫トニシテ即チ約一七％ノ節約ニ當レリ而シテ岩質ハ殆ント等質ナル粘板岩ニシテ填塞ヲ施シタル時ハ之レヨリ堅硬ナル閃綠岩大部ヲ占メタルニモ拘ラス一才當リ進行ハ却ツテ少シク大ナリキ 因ニ該隧道ハ高サ七尺幅八尺ニシテ平均三・七尺ノ孔ヲ一四乃至一五本掘リテ一拂ヒトナシ一孔ニ二〇〇寸内外ノだいヲ使用シタリ

一般ニ諸事複雑シテ簡單ニ定メ難キ問題ハ統計ヲ取リテ比較スルヲ常トスレトモ岩石爆破ノコトキ岩質鑿孔法裝填法等諸種ノ原因ニヨリ影響ヲ受クルモノニ對シテハ之等原因ヲ全ク同一トナシテ試驗セサレハ如何ニ永年ノ統計ヲ集ム

ルト雖モ其ノ價值ナキナリ故ニ寧ロ鉛礮ニテ實際ニ近キ孔ニ就キ比較試験スル方カ正シキ結果ヲ得ラル可シ試験鉛礮ノ孔口三・三寸ノ間ヲ眞土ヲ以テ充分填塞發火セシメ擴大容積ヲ測リシニ四、九七三C.C.ヲ得之ヲ填塞セサル時ノ擴大容積三、七五八C.C.ニ比較スレハ約三二%ノ増加ナリ

鉛礮試験ハ擴大度二倍ニ對シ約一〇%ノ補正ヲ要スルカ故ニ三二%ノ増加ニ對シテハ三・二%ノ補正ヲ施シ擴大容積ヲ四、八一五C.C.トナシ即チ約二八%ノ増加ト見做シテ可ナラン

填塞ノ有效ナルハ爆成瓦斯ノ壓力カ之ヲ押出スニ至ル迄抵抗シ藥室ノ爆壓力ヲ増スカ爲メニシテ宛モ水流ヲ一時堰止メ落差ヲ大ナラシムルニ似タリ故ニだいノ量少キ時ハ填塞物非常ニ有效ニシテ其ノ量大ナル時ハ效果薄シ手掘ニテハ一二%だいで二本内外用フルヲ常トスル故略ホ鉛礮試験ニ近キ位ノ效力即チ二八%内外ノ效果アルモノト見テ可ナリ

鉛礮試験ノ孔徑ハ八分ニシテだいノ長サ四寸六分ナルカ故孔徑ニ對シだいノ長サハ五・七五倍トナル故ニ孔徑一寸三分ノ鑿岩機孔ニ對シテハだいノ長サハ七寸五分ニ相當スヘキカ故ニ〇%だいで三・八五本ニ當ル

故ニ二〇〇%だいで一〇本ニ對シテハ填塞ノ效力かだいノ量ニ逆比例スルモノト見レハ此ノ時ハ試験ノ結果ノ三・八五%即チ實際ニハ

$$28 \times 0.385 = 10.78$$

即チ約一二%ノ效力トナル可シ此値ハ明神隧道ノ成績ト比シテ略ホ正シキモノト見做シ得ヘシ故ニ鑿岩機孔ニ對シテハ填塞ハ一〇%内外ノ效果アルモノト見做シテ可ナラン故ニ填塞ハ決シテ疎略ニス可カラサルナリ

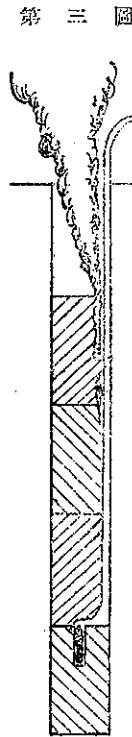
從來手掘坑夫ハ丁寧ニ填塞ヲ行ヘトモ鑿岩機坑夫ハ其ノ孔ノ深ク大ナルカ爲カ或ハ爆藥量大ナル故之ヲ顧ミサルカ爲メカ即チ其煩ヲ厭ヒテ往々填塞ヲ用ヒスシテ發火セシムル事アリ故ニ紙袋俵又ハぶりけつと等ヲ作りテ填塞ヲ簡單ニ行ヒ得ル様ニシ之ヲ怠ラサラシムルノ必要アラン坑夫ノ屢々用フル糞玉ハ無キニ優ルト雖モ眞土填塞トハ同一ノ比

ニ非サルナリ水填塞ノ效力少キハ何人モ異論ナカラン尙ホ填塞物ノ性質等ニ關シテモ更ニ研究スルノ價値アリト思考スルナリ

(二) 雷管

雷管ノ位置 米國ニ於テハ孔底だいに雷管ヲ附シ好成績ヲ擧ケ居ル所アリトテ斯界ノ大家往々ニシテ孔底雷管ノ有利ナルヲ主張スル人アリ

等質岩盤ノ一開壁面ニ於テ一二だいに三本ヲ用ヒ孔底雷管ト孔頂雷管トヲ比較スルニ其爆破岩量ハ後者ハ前者ノ略ホ二倍ニ達シ孔底ノ荒サル、事ハ遙ニ大ニシテ孔尻ノ殘ル程度モ小ナリ故ニ孔底雷管カ有利ナリトハ如何ニシテモ信シ難キナリ然ラハ孔底雷管ノ不利ナル原因如何ヲ探究スルニ導火線ハ燃燒スル際周圍ニ火ヲ出シ水中導火線ニテモ手ニテ支持シ難キ程ノ熱ヲ生スルカ故ニ孔底雷管トシテ孔壁ニ於テ導火線トだいたカ密着シ居レハ導火線ノ燃燒ノ爲メ雷管ノ發火スル以前にだいの一部ハ空シク燃燒スル事第三圖ニ示スカ如シ

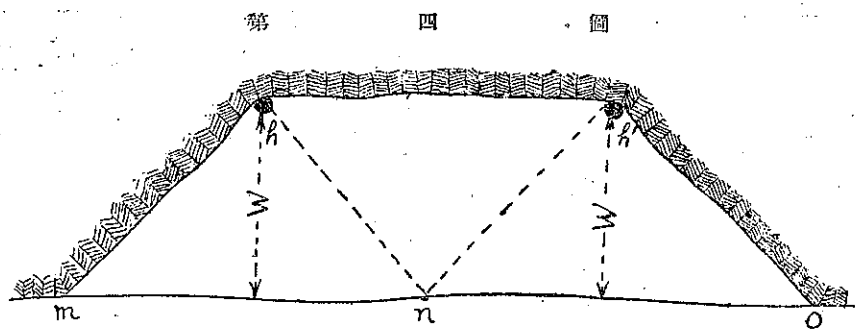


又第三章第三節ニ述ヘタル如ク爆力ハ爆發ノ進行方向ニ大ニシテ反對方向ニ小ナルカ故孔底雷管トセハ恰モ反對方向ニ爆力カ働ク事トナル故其ノ效力減少スル事明ナリ尙孔底雷管トセハ導火線ノ長サ甚大トナリだ

いノ壓縮容積ヲ減シ又だいの搗固及填塞ノ際導火線被覆ヲ磨リ破リテ導火ノ目的ヲ達セサル事アルノミナラス不發ノ場合次ノ鑽孔ニ危険ヲ醸ス事アリ故ニ雷管ノ取付ハ最後ノだいに三分ノ二迄壓入スルヲ以テ最良ト信ス藥包ノ中央部ニ親だいの入ル、方法モ同様ノ理由ニヨリ賛同シ難シ

b 雷管ノ強度及ヒ使用數 本春帝大助教西松唯一氏生野訪山ノ節明石技師親シク其ノ意見ヲ聽取セラレシ所ニヨレハ雷管ハ各だいなまいとノ性質ニ適合セルモノヲ用フレハ其ノだいの完全爆破ヲナシ雷管ノ數ヲ増シ又雷管ノ強サヲ

大ナラシムルトモ其ノ效ナク櫻印だいなまいとニ對シテハ六號雷管ヲ用フレハ充分ナリト云フ然レトモ爆力ハ最初ノ衝撃ノ大小ニヨリ影響ヲ受クル事ハ既ニ歐米學者ノ研究ノ結果明ナル事既述ノ如シだいの發明者 Zouai ハ一種ノ白

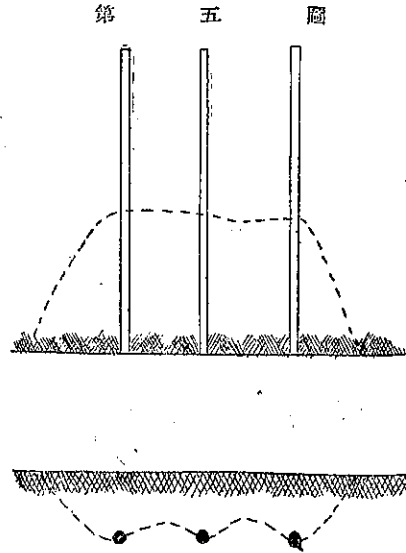


砲ニ就キ雷量ヲ $\frac{1}{2}$ Grain ヨリ 5 Grain 迄増加シテにとるぐりせりんヲ爆發セシメタルニ 5 Grain ノ時最大爆力ヲ得爆藥ノ長サ之レヨリ大トナレハ 30 Grain 或ハ其レ以上ノ雷汞ヲ要シタリト云フ鉛塊試験ニヨレハ六號管ヲ用ヒタルモノハ既記ノ如ク其ノ擴大容積ハ三、七五八 C.C. ナレ共八號管ヲ用ヒタルモノハ三、八九八 C.C. ニシテ約三・七%ノ増加トナレリ六號管ト八號管トノ價格ハ僅カ一錢ノ差ナルカ故一孔當リ爆破費ニ對シ右八號管ノ利益ト對照セハ一般ニ八號管ヲ使用スルノ有利ナル場合多カラン殊ニだいの裝填長大ナル鑿岩機孔ニ對シテハ一層有利ナルモノアラシカ

鉛塊試験ニ於テ二二・六匁ノだいの中央ト孔頂トニ二個ノ六號雷管ヲ取付ケ發火セシメタルモノ、擴大容積ハ三、七〇〇 C.C. ニシテ六號管一個ノ三、七五八 C.C. ニ比シ何等有効ナル點ヲ見出サ、ルナリ故ニ手掘孔ニハ雷管ハ一個ノミニテ充分ナリだいの裝填長大トナレハ往々中途ニテ不爆だいの生スルコトアルカ故ニ尻管又ハ中管等ヲ用フル事ヲ奨誘スル人アレトモ抑モ不爆だいの生スルハ雷管ノ強度小ナルモノヲ使用シタルカ凍結又ハ變質セシ爆藥ヲ使用シタルカ裝填法不注意ニシテだいの間隔大トナリ或ハ燥粉堆積シ居リシカ又ハ先ニ爆發セシ爆力ニヨリ鑽孔カ中途ヨリ切取ラレシカ等ノ諸原因ニ基クモノニシテ之等ノ原因ナクシテ雷管ノ爲ニ不爆だいの生スルカ如キコトハナキナリ之ハ余カ數百本ノ實驗ノ結果ヨリ斷言シテ可ナリト信ス故ニ途中ニ雷管ヲ取付クルトモ其ノ衝撃ハだいの其レニ比シ霄壤ノ差ナルカ故全體ノ爆力ニハ殆ント影響ナシト云フヘシ反ツテ之等雷管ヲ用フレハ徒ラニ危險

ノ機會ヲ増加セシムルノミナリ

(ホ)電氣發火法 從來歐米ノ學者ハ電氣發火ニヨリ一齊爆破ヲ行ハ第四圖ノハ h ノ二孔ノ距離カ最小抗力線 W ノ二倍以下ナラハ中間ノ h ナル部分モ共ニ破壊セラル、カ故一齊發火ニヨレハ約二〇%ノ爆破費ヲ節約シ得ヘシト云ヘリ一齊發火ハ Volley-fire ト Instantaneous fuse トヲ用ヒテ行フ方法モアレト電氣發火ノ一齊ナルニ如カサルカ故米國^てのぼん會社製造ノ第二號發火器ヲ以テ低壓雷管ヲ使用シテ試驗シタリ低壓ノ高壓ニ優ル事ハ既ニ諸賢ノ熟知セラル、所ナラン



一開壁ニ就キ鑽孔ノ相互距離ヲ種々變化セシメテ一齊爆破ヲ行ヒシカ何レノ場合ニ於テモ其ノ Crater form ハ一孔爆破ノ Crater ヲ其ノ位置ニ接續セシメタルト變リナク何等一齊爆破ノ利點ハ認め得サリキ只鑽孔カ相接近セル時ハ導火線發火ニヨレハ往々最初ノ爆破ノ爲メ次ノ導火線^{だい}等カ中途ヨリ引切ラレ不發ヲ生スル事アレトモ電氣發火ニヨル時ハ此ノ憂ナキノ利ヲ認め得タルノミナリ次ニ二開壁ニ就キ試驗セシニ第五圖ノ如ク破壊シ半以上孔尻ヲ殘スナリ之ヲ導火線ニヨリ順々ニ發火セシムレハ皆孔底迄綺麗ニ庖丁ヲ以テ截リタル如ク破壊セラル、ナリ

又電氣雷管ヲ用ヒ實際ノ引立ニ於テ心抜拂ヒ等ニ應用スレハ何レモ孔尻殘リ成績思ハシカラサルナリ

明延ニ於テモ引立ヲ二回拂ヒトシテ電氣發火ヲ行ヒシカ約一箇月ノ結果ヲ見レハ普通ノ導火線發火ニ比シ掘進少カリシト云フ米國等ニ於テハ Delayer ヲ用ヒ二段ニ一齊爆破ヲ行ヒ居ル處有レトモ之トテ順次爆發ニ劣ルコト明ナリ何トナレハ一齊爆破ハ抵抗ノ大ナル鑽孔ノミヲ爆破セシムルニ反シ順次爆破ハ一孔ノ爆破毎ニ次ノ鑽孔ニ對スル開壁ヲ作リツ、爆破スルカ故ニ各爆破カ有效ニ行ハル、故ナリ且ツ電氣發火ニハ諸種ノ缺點ヲ伴フモノナリ即チ不發ノ多キ事爆破震動

大ナル故支柱ヲ損傷シ岩盤ノ弱キ所ハ危險多ク又坑夫等モ使用ヲ嫌惡スル事及ヒ發火器重ク電線ノ後片付煩雜ナル事等ナリ不發ノ多キ原因ハ運搬中ニ雷管白金線ノ切斷スル等ノ事モアレトモ其ノ主タル原因ハ Powellノ說ニヨレハ電氣雷管ハ其ノ抵抗同一ノモノニテモ爆發時間ハ〇・〇五乃至〇・二秒ノ差異アルヲ免レスシテ之ハ點火劑ト白金線トノ接觸度點火劑ノ分量ノ差違等ノ爲メニシテ現今ノ技術ニテハ製造上不可避ノコトナリ而シテ電流ハ電線ノ長サヲ百米突トスレハ 0.0000003 secノ間ニ通過シ終ルカ故最初ニ爆發セシ雷管ヨリ 0.15 secモ遅レテ爆發スルモノアラハ既ニソレ迄ニ電線ハ切斷セラレテ爆發時間ノ長キ雷管ハ遂ニ點火劑カ充分熱セラレスシテ不發スルニ至ルナリ故ニ之ヲ避ケンカ爲ニハ電流ヲ充分強クシ少クモ規定發火個數ノ二倍以上ノ強サノ發火器ヲ使用スルヲ可トス尙同一發火器ニテモ其ノ手動方法ニヨリ電力ニ大差アルモノニシテ雷管ノ抵抗ト略ホ同シキ一ダツと電球ヲ Wheatstone bridgeニ連結シ發火器ヲ種々動カシ試ムレハ自ら明瞭トナル可シ電路ヲ並列トナシ又 Galvanometerヲ以テ始メニ雷管電路ノ良否ヲ檢スレハ多少不發ノ憂ヲ除去シ得ヘシ

以上ノ如ク電氣發火ノ利點ハ到底其ノ不利ヲ償ヒ得サルカ故一般ニ使用セラレサルナリ只タ瓦斯多キ炭坑又ハ掘上リ Shaft sinking 等ノ處ニ於テハ點火後逃ケ去ル際ノ危險ナク水ノ爲不發スル憂ヒ少ク又導火線ノ燃燒スル煙ナキ丈燻煙モ少キ故電氣發火ヲ使用スルニ好適ナラン又坑道掘ヲナシテ大爆破ヲ行フ時ニモ有效ナリト云フ

(八) 爆藥ノ混合 一鑽孔ニだいなまいとト黑色火藥トヲ裝填スル方法ノ利害ヲ試驗セシニ前掲ノ鉛燻ニ於テ一・三匁ノだいなまいヲ詰メ其上ニ同重量ノ黑色火藥ヲ充填シ填塞ヲ施シテ爆發セシメタル擴大容量ハ一、六五〇 C.C.ニシテ全部即チ二二・六匁ノだいなまいヲ用ヒタル時ノ擴大容量三、七五八 C.C.ノ二分ノ一ニモ達セサルナリ即チ火藥ノ效果ナキノミナラス反ツテだいなまいノ爆力ヲ殺滅スルノ傾向アルナリ附圖第一 D 圖ハ該試驗鉛燻ノ斷面ヲ示ス等質岩盤ノ一開壁面ニ深サ八寸ノ手掘孔ヲ掘リだいなまいト火藥トノ同量ヲソレソレ裝填發火セシメ其ノ平均値ヲ比較スルニだいなまいノ爆破岩量ハ黑色火藥ノ約十八倍トナレリ抑モだいなまいト火藥トハ其爆力爆速等ニ大差アルモノナレハ同時ニ其ノ能力ヲ發揮シ得ラレサルノ理ニシテ

同一岩石ニ對シテハ其ノ孔深及藥量等ニ大差ヲ附シテ使用スヘキナリ

故ニ黑色火藥ヲ填塞物ノ如キ形ニ用フルヨリモ寧ロ之ヲ廢シテ充分ニ填塞丈ヲ施ス方好結果ヲ得ヘシ

松印等ノぶらすちんぐぜらちんぱだイト共ニ用フレハ或ハ良成績ヲ得ル事アルヤモ計ラサレトモ目下此種官製品ハ製造中止ノ有様ニ付キ試験ヲナスノ術モナカリキ爆藥ハ取扱上ノ危險サヘ防キ得ハ爆力ノ強大ナルモノ程好結果ヲ與フヘシト信ス故ニ安全ニシテ經濟的ナル強力爆藥カ發明セラレナハ岩石爆破ニ貢獻スル所蓋シ大ナルモノアラン

五 一開壁ノ實驗

(イ) 鑽孔ノ方向 岩石ノ爆破ハ大半ニ開壁ニ於テ行ハル、コト前述ノ如クナレ共一開壁ニ於ケルモノハ試驗最簡ニシテ且ツ大ナル參考トナルカ故先ツ一開壁ノ實驗ヨリ行フコト、セリ

一開壁ノ場合ニテモ鑽孔ノ方向ハ盤面ニ垂直ナルモノハ稀ニシテ或ハ傾斜ヲ保タシムルヲ常トスルカ故ニ之カ實驗モ實際ニ近カラシムルカ爲ニハ鑽孔ヲ傾斜セシムルカ至當ナランモ之カ爲メニハ傾斜ヲ一定ニシタル鑽孔ヲ掘ルニ大ナル困難アルノミナラス種々ノ傾斜ニ對シ一々公式ヲ作ルノ煩夥シキモノアリテ到底結論ヲ得難キカ故凡テ土平ニ垂直ニ即チ水平孔ヲ穿テテ其ノ爆破岩量ヲ測定セリ而カモ後述ノ理ニヨリ水平孔ヨリ誘出セシ理論ハ直ニ取テ傾斜孔ノ場合ニモ應用セラル、カ故ニ先ツ水平孔爆破ノ公式ヲ作り然レ後進ンテ水平ト傾斜トノ關係ヲ研究セント欲ス又數本ノ鑽孔ヲ集合セシメテ爆破セシムル事アリ此ノ發火ヲ電氣雷管ニヨレハ所謂 Concentrated holes ニシテ其ノ結果ハ寧ロ各孔ニ相當ノ間隔ヲ置キテ順次發火セシメタル方遙ニ良好ナルカ故斯カル鑽孔ニ對スル深キ研究ハ行ハサリキ普通ノ導火線發火ニヨルモノハ如何ニ其ノ數多クトモ皆一孔爆破ノ原理ニ歸着スヘキモノナルカ故一孔爆破ノ研究ノミニテ充分ナリト思考ス

(ロ) 爆破岩形 一開壁水平孔ノ爆發セシ跡ハ截頭圓錐形ニ近キ噴火口狀 Crater form ヲナスナリ而シテ或一定藥量ヲ用ヒ孔深ヲ種々ニ變化セシムルニ孔淺キ時ハ第六圖Aノ如ク扁平形ニシテ孔深大トナルニ從ヒBニ示ス如クαカ $\frac{1}{2}$ ニ近ツキ此時ノ爆破岩量ハ最大ナリ Hoefar ハ α カ $48^{\circ}11'28''$ ノ時最大ナリト稱セトモ岩石ハ餅ヲ切ル如ク破壞スルモノ

ニ非ナル故 α ヲ正確ニ測定スル事ハ不可能ナリ次ニ更ニ孔深大トナレハCノ加ク噴火口形急激ニ小トナリ孔深尙増大ス

レハ何等ノ破壊ヲ來サ、ルナリ

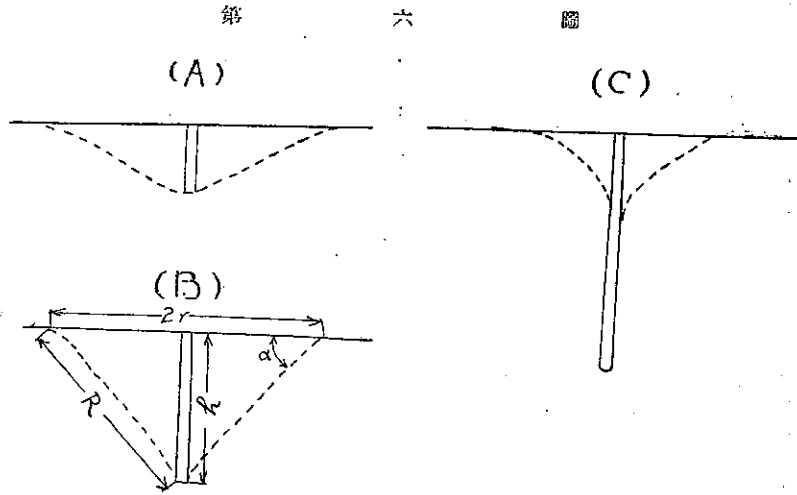
附圖第二ハ明延大禮一坑切込ニ於テ手掘孔ヲ以テ孔深ト爆破岩量トノ關係ヲ圖示セルモノナリ岩質ハ堅硬質粘板岩ニシテ櫻印一二 α だ α 三本ヲ用ヒ破壊岩量ハ $R_1 R_2$ ノ平均値ヲ測定シ之レヨリ圓錐形容積ヲ求ムルカ如クニシテ算出セリだ α ハ製品ノ儘ナレハ一 α 位迄ノ重量差アルカ故一々秤量シ正シク三六 α トシテ裝填セリ

附圖第四ハ明延大仙本坑東入地ニ於テ鑿岩機孔ヲ以テ試驗シタル孔深ト岩量トノ關係ヲ示ス岩質ハ最堅硬質粘板岩ニシテ櫻印二〇 α だ α 五本ヲ用ユ

附圖第四ノ Δ 符號ハ生野金香瀨五番十二井入地土平ニ於ケル鑿岩機孔ニ二〇 α だ α 五本ヲ以テ試驗セルモノナリ岩質ハ堅硬ナル石英粗面岩ニシテ明延ノ粘板岩ヨリモ破壊ナレ易キコトハ圖面ニヨリ明ナルカ如シ

次ニ孔深ヲ一定トナシ裝藥ノ分量ヲ變化セシメ其ノ破壊岩量ヲ測定セルニ爆藥量少キ間ハ只填塞物ヲ押出シ宛然銃砲ノ如キ働キヲナスノミニシテ岩石ハ毫モ破壊セラレス此狀態ハ同一孔ニ同一量ノ爆藥ヲ以テ數回反覆爆破セシムルトモ依然トシテ鐵砲音ヲ操返スノミニシテ岩盤ハ殆ント弛緩裂罅ノ痕跡ヲ

ヘ示サ、ルヲ常トス然レトモ此ノ限度ヲ越シテ裝藥ヲ増加セシムレハ第七圖Aノ如ク外面ノ一部分カ破壊セラル、ナリ漸次裝藥ヲ増加スルニ從ヒBノ形ニ近ツキ岩量モ漸次増大シ遂ニCノ形トナルヘシ此ノ時ハ孔尻モ殘ラス破壊岩量ハ最大ニ達スルナリ之ヨリ更ラニ裝藥ヲ増ストモ破壊形ハ殆ント變化ヲ受ケスシテ只岩石カ細片トナリテ遠ク飛散セラル、



第六圖

ノミナリ而シテ藥量更ラニ増加シテ孔口ニ溢ル、迄ニ至テハリノ如ク孔口ニ於テ大ナル爆力ヲ受ケ爆成瓦斯ノ逸出早キ

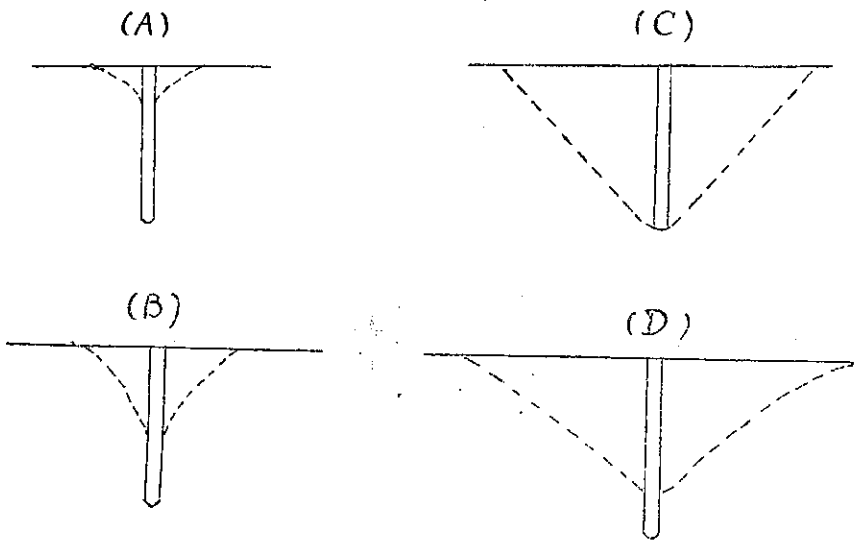
カ故ニ岩量ハ反ツテ稍減少スルニ至ルナリ

附圖第三ハ明延大禮一坑切込ニ於テ孔深一尺三寸ノ手掘孔ヲ以テ實
驗シタル藥量ト破壊岩量トノ關係ヲ圖示シタルモノナリ之レニヨレ
ハ六〇匆内外ノ爆藥ヲ用ヒタル時最大岩量ヲ與フルナリだいの短縮
率ヲ乘スレハ六〇匆ノだいのハ長サ約九寸トナル故孔深一尺三寸ニ對
シ約七割トナルナリ之以上だいの増セハ反テ岩量減少スルノ傾向ア
ルナリ

破壞岩量ハ藥包長大ナル程大ニシテ且ツ填壓大ナル程大ナリ

然ルニ填壓大ナレハ藥長ハ小トナルカ故ニ藥長ヲ以テ爆藥量ヲ示セハ之等相矛盾スル性質ヲ包含シ藥量ヲ正確ニ規定ス

第 七 圖



附圖第五ハ明延大仙本坑東入地ニ鑿岩機孔ヲ以テ試驗シタルモノナ
リ孔深ハ二尺乃至三尺ノ二種トシ三尺ノモノハ半途迄ニシテ其ノ曲
線カ略ホ二尺孔ノモノニ類似スルコトヲ確メタルノミニシテ不幸同
一岩質ノ試驗場所ニ餘地ナキニ至リタル故中止スルコト、セリ圖面
ニヨリ明ナル如ク二六〇匆内外ノだいのヲ用ヒタル時最大岩量ヲ與フ
ルナリ二六〇匆ノだいのニ短縮率ヲ乘スレハ約一・三五尺ナル故孔深
二尺ニ對シテハ手掘孔ト同シク約七割トナルナリ

藥量ヲ孔深ト同シク其ノ長サニテ示スハ從來ノ爆破理論ニ用ヒラル
、所ナレトモ斯クスレハ裝填壓力ノ如何ニヨリ藥包長ニ變化アリテ

ル事困難ナレ共之レヲ重量ヲ以テセハ填壓ト藥長トノ破壊岩量ニ及ホス影響ハ略ホ同シキカ故之等條件ノ如何ヲ觀ルノ要ナキナリ又藥長ハ孔徑ニ直接影響セラル、ナリ之等諸種ノ原因ノ爲メ藥長ヲ正確ニ測定スル事ハ頗ル困難ナルカ故從テ實驗ノ結果モ支離滅裂トナリ應用價値モ薄減スル理ナリ然レトモ重量ヲ以テスレバ之等ノ缺點ナク其ノ測定モ最モ正確ニ行ヒ得ヘシ之レ本實驗ニ於テ爆藥ヲ其ノ重量ヲ以テ表シタル所以ナリ

(八) 爆破岩量ノ實驗公式 手掘ニテハ二尺五寸以上ノ鑽孔ヲ掘鑿スルコトハ困難ニシテ且ツ孔徑ノ變化モ大ナルカ故ニ正確ナル實驗曲線ヲ作ルコト不可能ナリ故ニ實驗式ハ凡テ鑿岩機孔ニ就テノミ作製スル事トス既ニ第二章研究方針ノ項ニ述ヘタルカ如ク破壊岩量ハ孔深ト藥量ノ二變數ニテ示サル、カ故ニ岩量ノ實驗式ハ一ノ Surface equation トナルヘシ而シテ斯カル實驗式ヲ作ルニハ可成數多クノ曲線ヲ作り之ヨリ實驗式ヲ誘導スルヲ最正確ナリトスレトモ本試驗場ノ如ク元來場所狹キ上ニ岩質ノ一様ナル必要アル所ハ數十回ノ試驗ニテ掘場ナキニ至リ自由ニ數多ノ鑽孔爆破ヲ行フコトモ叶ハサルカ故ニ止ムナク僅少ナル實驗ヲ基礎トシテ公式ヲ作製スルノ外ナキナリ之等曲線ノ方程式ヲ作ルニハ普通最小自乘法ニヨルナレ共本實驗式ノ如キハ其ノ曲線ノ大體ノ形狀カ判然スレハ可ナルモノニシテ精密ナル解法ヲナストモ抑モ其ノ應用カ不精密ナルモノナルカ故計算ノ煩夥シキ方法ヲ避ケ圖式解法ニヨリ曲線方程式ヲ求ムル事トセリ附圖第四ノ曲線ハ原點ヲ $X=1.18$ $Y=1.52$ ノ點ニ移シX軸ヲ 22° 傾斜セシメタル時ノ拋物線

$$Y = -0.394 X^{1.6}$$

ニ近似スルナリ故ニ之ヲ更ニ原點ニ移セハ

$$-0.97 + Y \cos \alpha - X \sin \alpha = -0.394 (-1.66 + X \cos \alpha + Y \sin \alpha)^{1.6}$$

$$\alpha = 22^\circ$$

ノ如キ形ノ方程式トナルナリ

次ニ附圖第五ノ曲線ハ略ホ次ノ如キ拋物線トナルヘシ

$$Y - 3.43 = 0.484 (X - 2.6)^{1.5}$$

更ニ孔深三尺ノ試験孔ニ對スルモノモ之ト略ホ似タル形ノ式トナルヘシ故ニ之等曲線式ヲ纏メ適當ニ組合セハ一ノ表面方程式得ラルヘキモノナレ共之ヲ實際ニ解キ試ムルニ其ノ手數夥シクシテ結局ノ方程式ハ頗ル複雑ナル形トナリ到底實用ニ適セス故ニ斯カル Surface equation ヲ求ムル解法ハ之ヲ拋棄シテ後章ニ述フルカ如ク圖式解法ニヨリ満足ナル結果ヲ求ムル事トセリ

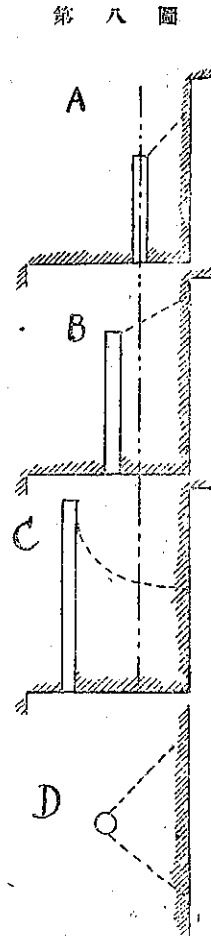
六 二開壁ノ實驗

(イ) 鑽孔ノ方向 一開壁爆破ト同シク二開壁爆破ノ場合ニテモ鑽孔カ其ノ一壁面ニ平行ナル場合ハ稀ニシテ多クハ多少ノ傾斜ヲナセトモ實驗ノ便宜上凡テ平行鑽孔ニ就キ之ヲ試驗シタリ場所ハ金香瀨五番十二井入地ニシテ該入地ハ高サ七尺幅九尺トシテ引立ヲ進メ居タルモノヲ改メ六七ノ加背ニテ引立ヲ進メ後三尺ハ土平落シノ方法ニテ破壊シ行キ此所ニテ專ラニ開壁實驗ヲ行ヘリ故ニ本實驗ハ開壁ノ幅七尺ノモノニ就キ行ヒタルモノニシテ此ノ幅ノ大小ニヨリ破壊容積ニ變化ヲ及ホスモノナル故開壁ノ幅ノ異ル所ニ於テハ其レ丈ノ修正ヲナス必要アルヘシ

鑽孔ノ位置ハ壁面ヨリ一尺九寸ノ距離ヲ隔テ、壁面ト平行トナシ孔底ニ於テ此ノ距離ニ一寸以上ノ差違アルモノハ凡テ破壊岩量ニ大差ヲ來スモノトシテ除外セリ故ニ鑽孔前ニ定規等ヲ以テ正確ナル方向ヲ測定シ機械ヲ向ケタレトモ僅ノ狂ヒノ爲メ孔底ニテハ此ノ距離ニ大差ヲ生シ約倍數ノ鑽孔ハ試驗ノ目的ニ合セスシテ只崩岩ノ補助ヲナサシメタルノミナリキ而シテ壁面トノ距離ヲ一尺九寸トセルハ階段掘等ノ鑽孔ノ配置カ多ク此位ノ間隔ヲ以テ崩岩セラル、カ故ナリ尙鑽孔ハ壁面幅ノ三分ノ二以上一方ニ偏スルカ如キコトナク多ク中央部ニ掘鑿セル故ニ一本ノ鑽孔試驗ニ對シテハ實ニ多大ノ勞苦ヲ要シタルナリ

(ロ) 破壊岩形 最小抵抗線ヲ一尺九寸トナシ爆藥量ハ三〇匁だいで四本ヲ包裝紙ノ儘使用シ孔深ヲ種々變化セシメシニ初メ孔深ノ小ナル間ハ左圖 Δ ノ如ク孔底ヨリ尙後方迄モ破壊スレト漸次孔深大トナルニ從ヒ B ノ如ク孔尻迄綺麗ニ破壊セラル、ニ至レリ之ヨリ更ニ孔深増加セハ C ノ如ク孔尻ヲ殘シ破壊岩量モ減少シ更ニ孔深大トナレハ途ニ鐵砲音ヲ發ス

ルノミニシテ岩石ヲ破壊スルニ至ラスシテ終ルナリ
 附圖第六ハ即チ孔深ト破壊岩量トノ關係ヲ示ス曲線ニシテ岩量ノ代リニ破壊サレシ點迄ノ孔深ヲ以テセリ之レ第八圖
 ニ示スカ如ク各孔深ニ對スル破壊三角形ニハ大差ナキカ故實用上反ツテ至便ナレハナリ附圖第六ヨリ明カナル如ク或深
 ナ以上ニ孔深増加スレハ急激ニ破壊岩量ノ減少スルヲ知ルヘシ之レ最モ注意スヘキ點ナリトス



次ニ孔深ト最小抵抗線トヲ一定シ藥量ヲ
 種々變化セシメシニ最初或藥量ニ達スル
 迄ハ只銃砲音ヲ發スルノミニシテ藥量ノ
 増加ニ從ヒ漸次岩量大トナリ遂ニ或藥量
 ニ達スレハ其以上爆藥ヲ増加スルトモ只

少シク後方斜ニ破壊セラル、岩量カ増加スルノミニシテ其ノ他ハ徒ラニ岩石ヲ細片トナシテ飛散セシムルノミニナリ附圖
 第七ハ種々ノ孔深ニ對シ藥量ト破壊岩量トノ關係ヲ圖示シタルモノニシテ附圖第六ト同シク岩量ノ代リニ孔深ヲ以テ示
 スコト、セリ

(ハ) 爆破岩量ノ實驗公式

附圖第六及第七ノ曲線ニ對スル方程式ヲ求メ之等ヲ連結スレハXYZノ三變數ヨリナル一
 ノ Surface equation ヲ作り得ヘシ之レ最小抵抗線一尺九寸ノ時二開壁ニ對スル破壊岩量ヲ表ス公式ナリ同様ニシテ最小
 抵抗線ヲ種々ニ變化セシムレハ其ノ各ニ對シ夫々一ノ Surface equation ヲ得ヘシ然レトモ附圖第六及ヒ第七ニ示シタル
 曲線ハ共ニ其ノ方程式頗ル複雑ニシテ到底簡單ナル二次式算ヲ以テ示シ得サルカ故ニ之等ヨリ表面方程式ヲ作ルコトハ
 更ニ困難ニシテ而モ一層複雑シタル方程式トナリ到底實用ニ不適ナリト考ヘラル、カ故ニ一開壁ニ關スルモノト同シク
 後述ノ如キ圖式解法ニヨリ岩量ノ比較ヲナス方簡單ニシテ且ツ明瞭ナルナリ故ニ表面方程式ヲ求ムル事ヲ止メテ只茲ニ
 ハ孔深ト藥量トニヨリ如何ニ破壊岩量ニ影響スルモノナルカノ概念ヲ示スニ止メタリ

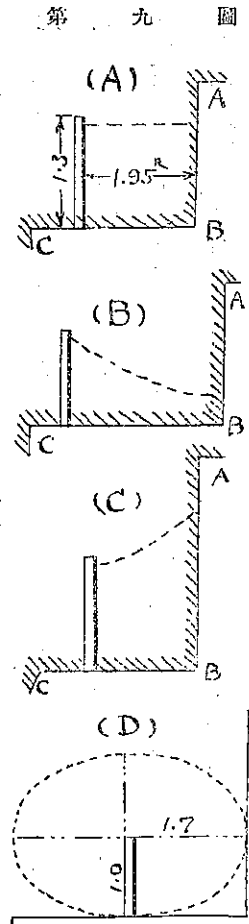
(II) 階段掘 (Shoring) ノ爆破岩量 以上(イ)ヨリ(ハ)迄ニ述ヘタルハ皆最小抵抗線ノ一定ナル場合ニ關スルモノナリ

然レトモ階段掘ニ於テハ從來ノ坑夫ノ實經驗上略ホ一定ノ厚サ(最小抵抗線)トシテ爆破ナシ居レトモ之ヲ學術的ニ研究スルニハ破壊岩量ヲ孔深、藥量及最小抵抗線ノ三變數ヲ以テ示ス曲線(方程式)トナシ之レヨリ其ノ最大岩量ヲ與フル條件ヲ決定スルヲ最モ合理的ナリトス而シテ之カ最モ簡單ナル解法トシテハ藥量ヲ一定シ厚サヲ種々ニ變シ之レニ應シテ破壊セラレタル孔深ノ變化ヲ圖示スル方法ナリトス附圖第八ハ即チ三〇、四、四本ヲ用ヒ幅七尺ノ土平ニ於テ此ノ試驗ヲ施シタル結果ヲ示シタルモノナリ、五本又ハ六本トナシタルモノモ略ホ附圖第八ノ曲線ト平行セル曲線トナルナリ土平ト天井落シトハ破壊ノ模様異ルヘシト稱スル說モアレト爆力ノ甚大ナルニ比シ岩石ノ重量ノ如キハ鴻毛ト等シキモノナルカ故此影響ヲ殆ント考慮スルノ必要ナキコトハ實際破壊ノ模様ヲ檢シテ確言シ得ル所ナリ此ノ場合最大岩量ヲ與フル條件如何ノ問題ハ一、二開壁ノ場合ト同シク第九章圖式解法ノ項ニ讓ラン

七 傾 斜 孔

(イ) 爆破力ノ作用圈 明延ノ手掘孔試驗ノ場合ニハ一二、三本ヲ使用シ孔深一尺三寸ノ時最大岩量ヲ與ヘ孔尻モ殆ント殘ラサル状態ニアリタル故同一掘場ニ階段ヲ作り孔深ヲ一尺三寸トシ最小抵抗線ヲ種々變更シテ爆發セシムルニ此ノ距離カ一尺九寸五分ノ時ニハ第九圖(A)ノ如ク破壊シ何レノ壁面ニ對シテモ等勢ニシテ破壊岩量モ最大ナル共最小抵抗線カ之レヨリ大トナレハA、B壁面ニ對スル破壊面ハ漸次少トナル事(B)ノ如ク此ノ距離カ二尺五寸ヲ越ユレハ遂ニB、C面ノミノ破壊トナリテ二開壁ニ對スル好條件ヲ失フニ至ルナリ之ニ反シ最小抵抗線ノ距離ヲ減シ行ケハ(C)ノ如クA、B面ニ對スル破壊面ハ増加スレトモ之モ略ホ四十五度位ニ止マルナリ故ニ孔深一尺三寸ニ對シ抵抗線一尺九寸五分ヲ以テ何レノ壁面ニ對シテモ等勢ニ爆發力ヲ働カセタルモノト推定シ得ヘシ即チ破壊力ハA、B面ニ強大ニシテB、C面ニ弱小ナリ之レB、C面ニ對シテハ或藥量迄ノだいた徒ラニ鐵砲音トナリテ破壊作用ヲ伴ハサルト又其ノ裝藥形狀カ細長キ故其ノ投影面積ニ大差アリテA、B面ニ對シ爆發力ノ強大ナルハ理ノ當然ナリ此ノ結果ヨリ推測スレハ孔尻ハ平均二寸ヲ殘スカ

故孔深一尺一寸ニ對シ最小抵抗線一尺九寸五分ノ割合ニ破壊力カ分布セラル、モノト見做シ得ヘキナリ即チ右ノ場合ニ於テ第九圖(D)ノ如ク小軸一・〇ニ對シ大軸一・七ナル橢圓體表面ヲ以テ破壊力ノ限界ナリト假定シテ可ナリ



(□)一開壁ノ傾斜孔 種々ノ傾斜孔ヲ作リ之ヲ爆破セシメテ其ノ破壊形ヲ檢スルニ(イ)ノ假定ヲ應用スレハ良ク實驗ト合致スルナリ附圖第九左圖ハ種々ノ孔深傾斜ニ對シ試驗シタルモノ、一例ニシテ AB ハ鑽孔ニシテ Broken line ハ實際ノ

破壞面ヲ示ス一開壁水平孔完全爆破ノ孔深 AO ヲ一トシ鑽孔方向ニ直角ニ之レノ一・七倍ノ長サ OC ヲ測リ之等二點 A C ヲ通スル橢圓ヲ描ケハ之レカ壁面ト交又スル點 L ハ恰モ破壊形ノ一端ト一致スル事圖面ヲ見レハ明カナルヘシ但シ E 點ノ位置ハ果シテ如何ナル附近ニ落付クヘキヤハ未タ研究ノ及ハサル所ナリ又 AO ノ距離ハ一・一尺トシ孔深大トナレハ多少ノ減少ヲ來スヘキナレトモ傾斜角 α カ六十度以下ノ時ニハ其ノ影響ハ極少ナルカ如シ α カ六十度以上ノ時ニハ略ホ一開壁水平孔ノ試験ニ於テ孔深ノ増加ニ從ヒ AO ノ長サ減少シタルカ如キ比ニテ短縮セシメテ可ナリ(第五章第二節 參照)

(ハ)二開壁ノ傾斜孔 二開壁ノ場合ニ於テモ(イ)ノ假定ハヨク實際ト一致ス附圖第九右圖ハ即チコノ關係ヲ明示ス圖面ニヨリ知ラル、カ如ク BC 面ニ對シ孔尻ヲ下クル様ニ傾斜セシムレハ BC 面ト平行ナル鑽孔ヨリ以上ニ最小抵抗線ヲ大トナシ得ヘク之ト反對ニ孔尻ヲ上ケ加減ニ傾斜セシムレハ破壊岩量ハ遙ニ小トナルヘシ
(イ)ノ假定ハ鑿岩機孔ニ對シテモ略ホ同様ニ成立スルナリ但シ藥量ニ變化アル時ハ AO ノ長サニ多少ノ影響ヲ來スカ故此間ノ關係ヲ研究シ置ク要アランモ本實驗ニ於テハ未タ其ノ餘裕ナクシテ終レリ但シ附圖第三及第五ニヨレハ大體ノ見

當ヲ附スルコトヲ得ヘシ

八 鑽孔々徑

曩ニ破壞岩量ノ實驗式ヲ求ムル際便宜上鑽孔々徑ノ關係ヲ省略シタレ共別ニ此ノ影響ノ如何ヲ研究ナシタクノ必要アリ即チ明延東入地掘場ニ於テ一開壁ニ對シ鑿岩機ト手掘トヲ以テ各孔深二尺ノ鑽孔ヲ五本宛作り孔深ト裝藥長ノ割合カ何レモ同一ナル様ニシ即チ孔徑以外ノ凡テノ條件ヲ皆同様トナシテ爆破セシメ其ノ破壞岩量ヲ測定セシニ手掘孔ハ〇・七立方尺ニシテ鑿岩機孔ハ一・一立方尺ナリ即チ其ノ比ハ $1:1.57$ トナル而シテ兩者ノ孔徑ノ比ハ $1:1\frac{1}{4}$ \parallel $1:1.75$ ナリ即チ孔徑ノ比ヨリモ一〇%タケ破壞岩量ノ比ハ小トナル

次ニ生野金香瀨五番十二井入地ニ於テ二開壁ニ對シ兩者孔深二尺ノ鑽孔ニ就キ凡テノ條件ヲ一樣トナシ各孔尻迄爆破セラル、様最小抵抗線ノ長サヲ變化セシムルニ手掘ノモノハ一尺七寸鑿岩機ノモノハ二尺四寸ノ時等勢ニ破壞セラル、カ故ニ此ノ時ノ岩量ノ比ヲ算出スレハ $1:1.99$ トナル而シテ兩者孔徑ノ比ヲ取レハ $0.08:0.13$ \parallel $1:1.63$ トナルナリ即チ孔徑ノ比ヨリモ二二%丈破壞岩量ノ比ノ方大トナルナリ故ニ一開壁ノ場合ニハ孔徑ヲ増ストモ岩量ハ之ト比例的ニハ増加セス反ツテ一〇%ノ減少ヲ來スナレトモ二開壁ノ場合ニハ孔徑ノ比以上ニ岩量増加スルカ故孔徑ヲ増大スルノ效果ハ大ナルナリ

鉛礮試驗ニヨリ深サ八寸孔徑八分及一寸三分ノ兩者ニ就キ藥長ヲ同一トシテ其ノ擴大容積ニ比較スルニ孔徑八分ノモノハ既述ノ如ク三、七五八C.C.ニシテ一寸三分ノモノハ一〇、六三五C.C.ナリ即チ $1:2.33$ ノ比トナル鉛礮試驗ノ補正ヲ容積二倍ニ對シ一〇%ノ割合ニ施セハ $1:2.55$ トナルナリ即チ孔徑ノ比 $0.8:1.3$ \parallel $1:1.62$ \parallel 對シ約五〇%ノ増加ナリ然レトモ此ノ試驗ハ鉛礮ノ大サカ爆力ニ比シテ少ナルカ故ニ更ニ多クノ補正ヲ加フルヲ正當トナスヘシ(附圖第一B參照)要之ニ二開壁爆破ノ場合ニハ孔徑増加ノ割合以上ニ岩量ノ増加アルモノト思考シテ可ナリ

右ノ如ク孔徑ノ増加ハ岩量ノ増大ナルカ故ニ孔徑ヲ大ナラシムル事ハ一見有利ナルカ如シ然レトモ之ヲ經濟上ノ見地ヨ

リ考フルニ岩量ハ孔徑ニ直比例的ニ増加スレトモ爆藥量ハ孔徑ノ二乗ニ比例シテ増大シ又第十一章ニ述フルカ如ク鑽ノ掘進率ハ孔徑ノ二乗ニ逆比例スルカ故ニ鑽孔費ハ略ホ孔徑ノ二乗ニ正比例スルモノト考ヘ得ヘシ

一ノ鑽孔ニ對スル爆破經費ハ爆藥費ト鑽孔費トヲ主タルモノトシ兩者ノ費用ハ殆ント同一ナリ依ツテ今一ノ鑽孔ニ對スル爆破經費ハ爆藥費ヲ a 鑽孔費ヲ a' 孔徑ヲ b トスレハ b ヲ大ナラシムレハ破壊岩量ハ之ニ比例シテ増大シ即チ爆破經費ハ之レニ逆比例シテ減少スレトモ一方爆藥費 a 及ヒ鑽孔費 a' ハ b^2 ニ比例シテ増加スヘシ故ニ鑽孔ノ爆破經費ハ略ホ次式ニヨツテ表示シ得ヘシ

$$\text{爆破費} = \frac{C}{b} (ab^2 + a'b^2) = Cb(a + a') \quad C = \text{係數}$$

即チ一才當爆破費ハ孔徑ト直比例的ニ増減スヘシ故ニ一般ニハ孔徑ヲ或限度迄減少セシムル方經濟上有利ナル場合多シトス但シ爆破ノ急激多量ナルヲ期待スルカ如キ時ハ自ラ孔徑ヲ増大セシメサル可カラサルナリ

次ニ同量ノ裝藥ヲ用ヒ孔徑ヲ變化シ其ノ破壊岩量ヲ測定セシニ岩盤ニ於テハ到底其ノ比較ナシ難カリシ故鉛壘試驗ヲ以テシ孔徑八分及一寸三分ノ甲乙二種ノ鉛壘ヲ造リ爆藥ヲ二二・六匁宛裝填シテ發火セシメタルニ其ノ平均擴大容積ハ甲(八分ノモノ)ハ三、七五八C.C.ニシテ乙(一寸三分ノモノ)ハ二、一七五C.C.ナリキ即チ孔徑比ハ0.8:1.3||1:1.63ナルニ擴大容積比ハ375.8:217.5||1.37:1ノ如ク逆トナルナリ故ニ同一藥量ヲ用ヒテ孔徑ヲ大ナラシメたいヲ孔底部ニ充填スレハ爆破有效ナリト考フルハ誤謬ナルカ如シ附圖第一BトGトハ即チ右試驗ノ結果ヲ圖示シタルモノニシテ兩者ヲ比較セハ其ノ作用狀態ヲ推測シ得ヘシ即チ徒ラニ鐵砲音ヲ發シテ爆發瓦斯ノ放出スル分量ハ甲ヨリモ孔徑大ナル乙ノ方多大ナルカ故ナリ

九 實驗式ノ圖式解法

實驗方程式作製ノ困難ナルコトハ既ニ第五第六兩章ニ詳述シタルカ如シ且ツ實際ノ應用ニ際シテハ之等方程式ヨリ計算シテ定ムルモノニモ非ス又他種岩石ニ際會セシ時ハ其ノ方程式ノ指數係數等ヲ如何ニ變化シテ可ナルモノナリヤハ實驗

ノ結果又ハ他岩石トノ比較推定ニヨルノ外ナク而カモ吾人ノ要求スル所ハ精密ナル結果ニ非シテ大體ノ見當ニアルカ故寧ロ圖式解法ニヨリ凡テノ變化形勢ヲ一目ノ下ニ推察シ得ル方實用的ナルヘシ且ツ方程式トセハ曲線ニ悉ク適合スルカ如キモノヲ作ル事至難ニシテ必スヤ或程度迄ノ誤差ヲ許容セサルヘカラサルニモ係ラス其ノ手數徒ニ煩雜ナリ故ニコレヲ強イテ實驗方程式トナスカ如キハ只「素人騙シ」トシテ價値アルノミニシテ斯カル複雑ナル方程式ハ數學的ニ取扱フコト不可能ノ事多ク實用的價値ナキニ至ルナリ依テ本研究ノ結果ハ皆圖式解法ヲ以テ示ス事トセリ以下各場合ニ對シ是レヲ略述セン

(イ)一開壁ノ爆破 附圖第三及第五ヨリ明ナルカ如ク爆藥裝填長カ孔深ノ約七割ニ當ル邊カ最大岩量ヲ與フル藥量ナリ此關係カ各孔深ニ對シ適當ノモノトスレハ各孔深ニ對スル爆破岩量ノ最大ナル點ハ之等曲線ノ Peak ヲ連續シタル曲線トナルヘシ之レ吾人ノ要求スル爆破ナリ

今此ノ Peak curve ノ描カル、面ヲ ZY 平面ニ投射スレハ孔深ヲ X トシ藥量ヲ Z トシ二十㍉だゝカ填壓ノ爲メ長サ一寸八厘ニ短縮セラル、モノトシ百㍉ヲ以テ單位一・〇トシ孔深 X ノ七割長迄爆藥ヲ裝填スルモノトセハ其ノ藥量

$$Z = \frac{0.7X}{0.108} \times 0.2 = 1.3X \text{ トナルヘシ之ヲ圖示セハ附圖第十ノ如キ一直線トナル即チ Peak curve ハ } YX \text{ 面ヲ } 52^\circ - 30' \text{ 丈}$$

回轉セシメタル平面上ニ其ノ軌跡ヲ有スルコトヲ知ルナリ然ラハ此平面上ニ於ケル曲線ノ形ハ如何ト云フニ附圖第五ヲ見レハ Peak point ニ至ル迄ノ曲線ノ傾斜ハ略ホ直線ニシテ破壞岩量 Y ニ對スル藥量 Z ノ比ハ 1:0.58 ナリ然ルニ附圖第四ヨリ各孔深ニ對スル Y ノ値ヲ知り得ル故 0.58 Y ノ値ヲ求ムレハ附圖第四ハだゝ百㍉ヲ用ヒテ實驗シタルモノナルカ故ニだゝ百㍉迄ノ各曲線ノ底邊ノ値ヲ知り得ヘシ之ニ百㍉以上頂點迄ノ曲線ノ底邊 $N-10$ ノ値ヲ加フレハ即チ曲線ノ始點ヨリ頂點迄ノ底長トナルナリ而シテ底ト高サトノ比ハ附圖第五ヨリ明ナルカ如ク 1:1.55 トナル故底ノ長サニ 1.55 ヲ乘シタルモノハ即チ最大爆破岩量ノ頂點ニシテ Y ノ値ヲ示ス左表即チ其ノ計算ヲ記シタルモノナリ附圖第十一ノ Peak curve ヲ XY 平面ニ投射シタルモノナリ

X	Y'	0.58 Y'	1.3 X=Z	Z-1	(0.58 Y'+Z-1)	1.55 (0.58 Y'+Z-1)=Y
0.8	0.31	0.18	1.04	0.04	0.22	0.34
0.9	0.30	0.464	1.17	0.17	0.534	0.98
1.0	1.32	0.764	1.30	0.30	1.064	1.64
1.1	1.48	0.860	1.43	0.43	1.290	2.00
1.2	1.52	0.880	1.56	0.56	1.440	2.23
1.3	1.52	0.880	1.69	0.69	1.570	2.43
1.4	1.49	0.864	1.82	0.82	1.684	2.62
1.6	1.37	0.793	2.08	1.08	1.873	2.91
1.8	1.23	0.712	2.34	1.34	2.052	3.18
2.0	1.08	0.626	2.60	1.60	2.226	3.45
2.2	0.91	0.528	2.86	1.86	2.388	3.71
2.4	0.75	0.435	3.12	2.12	2.555	3.96
2.6	0.58	0.336	3.38	2.38	2.716	4.21
2.8	0.41	0.237	3.64	2.64	2.877	4.46
3.0	0.24	0.140	3.90	2.90	3.040	4.71
3.2	0.13	0.075	4.16	3.16	3.235	5.02
3.4	0.06	0.035	4.42	3.42	3.455	5.37
3.6	0.02	0.012	4.68	3.68	3.692	5.72

岩石爆破ノ經費ハ次項ニ記述スルカ如ク鑽孔費ト爆薬費トノ二ヲ變數トスル一平面ニテ示シ得ルナリ故ニ此ノ平面カ既述ノ Peak curve ノ平面ト交ル所ハ一ノ直線トナルヘシ故ニ各孔深ニ應シ此ノ直線ノ縦座標 Y ト Peak curve ノ縦座標 Y' トノ比 $\frac{Y'}{Y}$ ヲトレハ之レ即チ單位爆破費ニ對スル最大爆破量トナルカ故之等ノ値ヲ下表ノ如ク計算シテ附圖第十二ノ如ク圖示セハ孔深ノ變化カ如何ニ爆破經濟ニ影響スルカヲ一目ノ下ニ知り得ヘシ之ニヨレハ孔深一尺四寸ノ附近カ最も經濟ナル爆破ヲナスヲ知ルナリ Y ハ岩量ニシテ Y' ハ經費ナルカ故ニ同一圖ニ表シ得サルナレトモ只兩者ノ比ヲ見ル丈ナレハ Y' ハ一ノ直線ニテ示シアレハ可ナルモノニシテ其ノ傾斜ノ如何等ハ影響ナキカ故便宜上四十五度ノ直線トナシタル事附圖第十一ノ如シ

γ	γ	$\frac{\gamma}{\gamma}$
0.34	0.8	0.425
0.98	0.9	1.090
1.64	1.0	1.640
2.00	1.1	1.820
2.93	1.2	1.858
2.43	1.3	1.870
2.62	1.4	1.872
2.91	1.5	1.89
3.18	1.8	1.77
3.45	2.0	1.72
3.71	2.2	1.688
3.96	2.4	1.65
4.21	2.6	1.62
4.46	2.8	1.59
4.71	3.0	1.57
4.94	3.2	1.54
5.18	3.4	1.52
5.40	3.6	1.50

生野ニ於ケル實驗ハ附圖第四ニ示ス如ク不完全ノ儘トナシタレトモ明延ノ粘板岩ニ比シ爆破岩量多ク曲線モ右方ニ偏スルカ如シ故ニ經濟的孔深ヲ求ムレハ恐ラクハ明延ニ於ケル一尺四寸ヨリモ大ナル孔深ヲ與フルコトノナルヘシ

本試驗ニ使用シタル鑽孔ノ孔底ニ於ケル直徑ハ平均^{3/4}ナリキ附圖第十一ノ Peak Curve ニ於テ三尺以上ノ諸點ハ虛線ニテ示タル方正シキモノナリ何トナレハ附圖第四ニヨリ明カナル如ク三尺以上ノ岩量ハ孔口ノ少シク破壊シタル迄ニシテ爆破ノ中ニ入ラサルカ故之ヲ基準トシテ求メタル Peak ニハ當然之カ影響ヲナシ岩量ヲ過大ナラシメ居レハナリ故ニ虛線ノ如ク修正スル方自然ニシテ實際ト合致スヘキナリ

(口) 岩石爆破ノ經費 抑モ岩石爆破ノ經費ハ 一、鑽孔費 二、爆藥費 三、裝填及發火費ノ三ニシテ此ノ中(三)ノ條項ハ他ノ經費ト比較スレハ殆ト考慮ニ及ハサル少額ナレバ(一)及ヒ(二)ヲ主タルモノト見テ可ナリ而シテ鑽孔費ハ既述ノ如ク孔徑ノ二乗ト孔深トニ略ホ正比例スルモノナリ故ニ孔徑ヲ一定トセハ只孔深ニ比例スルモノニシテ爆藥費ハ爆藥重量ニ比例スルモノナルカ故ニ各ノ單位費用ヲ夫々 a トシ孔深及爆藥重量ヲ x トシ

$$\text{爆藥費} = a + bx$$

トシテ指示シ得ヘシ此ノ式ハ e ヲ縱座標軸 y ニトレハ座標軸原點ヲ通過スル一ノ平面ナリ b ハ購入時價ヲ照合スレハ直ニ判明スヘケレトモ a ハ諸種ノ條項關係スヘク次ニ一例トシテ明延及生野ニ於ケル計算ヲ記載セン

鑽孔費ハ大體 一、坑夫賃銀 二、經常費(作業費)及ヒ 三、原價償却ノ三ニ分チ得ヘシ本試驗當時明延ノ鑿岩坑夫ノ賃銀ハ米價其他ノ諸經費ヲ合算シ平均一人當二圓五十五錢ニシテらいなーいんがそーる 36 $\#$ ヲ使用スルモノトセハ坑夫二人ヲ要シ之カ賃銀 $3 \times 2.55 = 7.65$ ヲ要スルナリ次ニ經常費ハ一個月平均三百三十臺(一基ノ鑿岩機ヲ以テ八時間作業スルヲ一臺トス)ニシテ其ノ一臺當費用ハ

動力費	2.05
鑿費	2.01
雜品費	0.51
計	4.57

次ニ原價償却ニ關シテハ實際トノ間隔ハ大ナレトモ帳簿上半期償却高次表ノ如シ

種	架	原價	八年五月ヨリ十月ニ至ル原價	償却高
250 B. H. P. 5.5 なるこもびーる	1	7,403.72	5,244.31	462.73
いんがーそーる 壓氣機	1	4,477.80	3,150.52	277.99
鑿岩機(らいなーしやんク)	11	6,967.89	4,935.58	435.50

はいどちまうくす・どりる	2	881.81	312.96	20.41
がばな一付 400 H.P. ナービンス車	1	8,884.02	6,093.65	397.41
3 吋 鐵 管	383	8,336.74	3,497.65	228.10
機械修繕工場新設費		6,387.47	4,156.00	324.00
壓氣機及鑿岩機費		61,976.24	59,850.50	3,150.00
鑿岩機購入費(附屬品費共)		13,966.99	13,452.00	708.00
計				6,004.14

右ノ償却高六千四圓ニ年六朱即半期三朱ノ利子ヲ見積レハ六千八百八十五圓トナリ一箇月千三十一圓トナルカ故一臺當三圓三十三錢トナルナリ故ニ鑽孔費ハ之等三經費ヲ合シタルモノ即チ十二圓八十錢トナル

$$e = 5.10 + 4.57 + 3.13 = 12.80$$

而シテ一臺當平均鑽孔長ハ二十五尺ナルカ故ニ一尺當鑽孔費ハ五十一錢餘トナルナリ

生野ニ於テハ坑夫賃銀ハ $2 \times 2.5 = 5.00$ ニシテ經常費ハ

動力費	1.14 ^M
鑿費	1.68
機械修繕費	2.06
雜品費	1.34
計	6.22

原價償却ハ目下ノ所殆ト其必要消失シ居レトモ近ク新設ノ壓氣機鐵管爐及鑿岩機等購入費十三萬七千圓ヲ十年間ニ年六朱ノ利子ヲ附シテ償却スルモノトセハ一箇年當一萬四百十二圓即チ一箇月八百六十八圓トナリ此ノ新設機械ニヨリ一箇月三百六十四圓ヲ運轉セシムルモノトセハ一臺當償却高ハ二・三八圓トナル故ニ一臺當鑽孔費ハ $e = 5.00 + 6.22 + 2.38 = 13.60$ 即チ十三圓六十錢トナル而シテ一臺當平均鑿孔長ハ三十尺ナル故一尺當鑽孔費ハ四十五錢餘トナルナリ故ニ

鑽孔經費ハ決シテ輕視スヘキモノニアラスシテ普通引立ニ於テ一拂ニ約四十尺ノ孔長ヲ掘鑿シ爆藥ハ約二貫目ヲ使用スルモノトセハ兩者ノ經費ハ略ホ同値トナルヘシ爆藥費ハ製造者ノ賣價ニ支配セラル、モノナレハ止ムナキモノトシ鑛山ノ現業者ハ鑽孔費ノ低減ニ關シ一層ノ考慮ヲ費スノ要アラシテ手掘ノ鑽孔費ヲ考フルニ明延ニテハ一工賃一圓七十九錢鑿費十六錢雜品費五錢合計二圓ニシテ一工當平均鑿孔長ハ四尺ナル故一尺當ノ鑽孔費ハ五十錢トナル生野ニ於テハ一工賃一圓八十錢鑿費六錢四厘雜品費四錢五厘合計略一圓八十九錢ニシテ一工當鑿孔長ハ四尺五寸ナル故一尺當鑽孔費ハ四十二錢四厘トナルナリ

之ニヨレハ一尺當鑽孔費ハ手掘ニテモ鑿岩機掘ニテモ殆ント差違ナキヲ知ルナリ然ルニ一般ニ手掘カ鑿岩機ニ比シ爆破費ノ安價ナルハ孔徑ノ大小裝填法ノ完否等ノ原因ニモ依レトモ亦坑夫自ラヨク岩質ヲ熟知シ適當ナル鑽孔ヲナスカタメナラン

(ハ)二開壁ノ爆破 附圖第七ヨリ推測スレハ最小抵抗線ヲ一定トナシタル場合二開壁爆破ノ爆破岩量 Y ヲ藥量 Z 及孔深 X ノ二變數ヲ以テ表セハ各藥量ニ對スル岩量ノ最大ナル諸點即チ Peak ハ一平面上ニ非サルコト明ナリ故ニ一開壁爆破ノ如ク Peak ヲ連續シタル直立面ハ一平面トナラス從テ爆破經費ノ平面ト此ノ直立面トノ Intersession モ亦一直線ニ非スシテ一曲線トナルヘシ依テ此等 Peak ト爆破費曲線トヲ一平面上ニ表示スルコトハ困難ナリトス

故ニ最小抵抗線ト孔深 X トヲ一定トナシテ藥量ト破壞岩量トノ關係ヲ圖示シ同様ニ諸種ノ孔深ニ對シテ行ヒ之等ヲ ZY 面ニ投射シタルモノハ即チ附圖第七ニシテ之ヲ換言スレハ附圖第七ハ各孔深 X ニ相當スル Z 面ニ於ケル藥量 Z ト岩量 Y トノ曲線ナリ而シテ爆破費ハ現今ノ作業狀態ニテハ一尺當鑽孔費ニ對シ百匁當爆藥費ハ略ホ倍額ナルカ故ニ附圖第十三ノ如キ尺度ヲ以テ兩者ヲ圖示スルモノトスレハ爆破費平面ト ZY 面トノ交ハリナル直線ノ傾斜ノ二倍トナルヘシ即チ爆破費平面ハ左記ノ如キ二直線ヲ含ム平面タルヘキナリ

$$Y = mX,$$

$$Y = nZ,$$

$$n = Zm$$

故ニ今孔深二尺ノ點ニZ Y面ヲ立ツレハ之ト爆破費平面トノ交リハA'直線ニシテ藥量ト岩量トノ關係ハA曲線トナルナリ同様に諸種ノ孔深ニ對シ此ノ關係ヲ示シタルモノハB B' C C' D D'等ノ如シ

即チ附圖第十三ハ孔深ヲ二尺、三尺、二寸五分、四尺及四尺五寸ノ四種トシテ各藥量ニ應シテ鑽孔ノ爆破セラル、模様ヲ圖示シタルモノニシテ最小經費ノ爆破ヲ求ムルタメニハ各曲線ノ $\frac{P}{Q}$ ノ縱座標Yト之レニ對應スル爆破費直線ノ縱座標Yトノ比ヲ計算シ各ノ値ヲ比較シ其ノ最大ナルモノヲ得ハ之レ即チ最經濟的ナル爆破ナリ附圖第十三ニ依レハ孔深大ナルDハ其ノ値小ニシテB(三尺二寸五分)トA(二尺)トハ同値トナルナリ故ニ此ノ値ノ最大ナルハ恐ラクハ孔深二尺七寸附近ノモノナラン余ノ不注意ヨリシテ右ニ相當スル孔深ノ爆破曲線ヲ研究スルコトヲ怠リタルハ遺憾トスル所ナリ

(二)階段掘ノ爆破 第六章(二)ニ記セシ如ク藥量ヲ百二十トシ最小抵抗線ト孔深(爆破セラル、)トノ關係ヲ指示セルモノハ附圖第八ニシテ藥量ヲ多少變化シタルモノモ略ホ之ト平行性ノ曲線トナルナリ故ニ此曲線ニ就キ研究ナシ置カハ他ノ藥量ノ場合ニ於テモ之ヲ應用シ得ラルヘキナリ

然ラハ此ノ曲線中ノ何所ノ點即チ最小抵抗線ト孔深トヲ如何ナル割合ニセハ最大爆破ヲナシ得ルヤヲ研究センニ爆破岩量ハ一ノ三角嚙ト假定シ得ヘク即チ最小抵抗線ノ二乗ニ孔深ヲ乘シタルモノニ比例スヘキカ故曲線上ノ諸點ニ就キ之カ計算ヲナシ其ノ結果ヲ圖示セハ附圖第十四ノ如キ曲線トナル即チ厚サ一尺九寸孔深三尺三寸トスルモノカ最大破壊岩量ヲ與フルナリ即チ厚サト孔深トノ比ハ $1.9:3.3 \equiv 1:1.74$ トナルナリ坑夫等ハ鋸缺キ追切り等ニ於テハ孔深大ナル程爆破有效ナリト考ヘ居レ共附圖第十四ヨリ推究スレハ斯カル考ヘノ根據ナキコトヲ了解シ得ヘシ即チ附圖第八ヨリ明ナル如ク孔深五尺ノモノハ最小抵抗線ハ一尺五寸トラサル可ラサル故其破壊岩量ハ附圖第十四ニヨレハ五・六立方尺トナル然レ共孔深ヲ三尺トセハ厚サハ二尺トシテ可ナルカ故ニ其ノ破壊岩量ハ五・八立方尺ニシテ孔深五尺ノモノヨリモ大ナリ本邦鑛山ノ大半ハ階段掘ニハ手掘ヲ以テスルカ故ニ實際掘場ニ於テ手掘實驗ヲナシ附圖第十四ノ如キ曲線ヲ作レハ從來ノ如ク只坑夫ノ技術ニノミ信賴シ來リタルト異リ根本的ニ鑽孔方法ヲ指定シ得テ爆破ノ大部分ヲ占ムル階段掘ニ一新生

面ヲ開クヲ得ヘシ

以上二開壁ノ實驗ニ於ケル其ノ鑽孔々徑ハ孔尻ニ於テ平均一寸二分ナリキ

右ニ述ヘ來リタル圖式解法ニヨリ一開壁ノ場合ニハ一尺七寸内外ノ淺孔カ有效ニシテ二開壁ノ時ニハ二尺七寸内外ヲ最經濟的トナシ階段ニテハ厚サ二尺孔深三尺餘トナスカ最良ナリシ事ヲ科學的ニ知了シ得タリ尙階段掘ノ研究ヨリ知ラルル如ク引立ニ於テモ孔ト孔トノ間隔ヲ二尺位トシテ階段掘ニ準スル如ク爆破セシムルカ得策ニシテ即チ孔數ヲ無暗ニ増シ或ハ減スルハ結局不利トナルナリ

十 研究ノ實地應用

實際ノ岩石爆破ハ殆ント二開壁ニ於テ行ハル、場合多キ事既述ノ如シ而シテ其ノ開壁タルヤ階段ハ別トシ引立ニ於テハ心抜ノ後ハ宛然角錐形ヲ抜キトリシ後ノ面ノ如ク孔尻ニ於テ壁面小ニシテ又最小抵抗線ハ孔尻程大ナリ

故ニ引立爆破ノ研究ニハ更ニ右ノ如キ壁面ニ就キ其ノ研究ヲ行フヲ至當ナリト思ハルレトモ斯ル壁面ヲ常ニ同一狀態ニ作ル事ハ殆ント不可能ニシテ從テ之レニ對シ孔深藥量等ノ變化ヲ附シ其ノ爆破岩量ヲ測定スルカ如キハ其準備餘リニ複雑困難ニシテ假令實驗ハ行ヒ得ルト雖モ價値アル研究結果ヲ求ムル事甚タ難シ故ニ本研究ヨリモ更ニ實際ニ接近シタル研究ヲナスハ不可能ニ近ク又其ノ必要モ少カラント考ヘ本實驗ハ之ニテ一段落トナシ先ツ本研究ノ結果ヲ實際ニ應用シテ其ノ效果如何ヲ試驗スル事トセリ

階段掘ノ實際ハ實際ノ稼行鑽孔ト差違ナキモノナレハ特ニ之レカ應用ヲ行フノ要ナシ只タ引立ハ諸種ノ開壁狀態トナリテ破壊セラル、モノナレハ本研究結果ノ有效價値如何ヲ之レニ付キ試驗シタルナリ

(イ) 明延ニ於ケル應用 明延ニテハ大仙二百尺坑北押ト通稱セル七七ノ加背ノ引立ニ於テ行ヘリ岩質ハ堅硬質石英中ニ錫石カ顯微鏡的ニ滲染セルモノニシテ岩層罅裂等ハ殆ントナク試驗當時各掘場中最モ坑夫ノ苦辛シタル所ナリキ試驗時期ハ大正八年八月下半年期十四日間ニシテ全部寸線ニテ鑽孔セシメ孔深ハ平均二尺八寸ニシテ一拂孔數ハ十四乃至十五

本トシ大部分ハ一方ニ一拂ナスコト、セリ之ト比較スルタメ此ノ前後一箇月間ノ普通請負制度ニ於ケル一方當進行及掘進一尺當爆藥量ヲ左ニ記サン但シ此ノ期間ニ於ケル岩質ハ終始殆ント一樣ニシテ爆破ニ大影響ヲ及ホスカ如キ事殆ントナカリキ試験ハ一交代ニテ行ヒタル故ニ交代ヲ用ヒタル時ニハ兩者ノ一方當掘進比ハ、1.38:1.00ニ相當スルモノトシニ交代ノ方數ニ相應シテ之ヲ補正ヲナシソレソレ一方當進行ヲ大トナシ一尺當爆藥量ヲ小トナシタリ右ノ掘進比ハ明延ノ諸々ノ掘揚ニ就キ最モ正確ニ比較シ得ヘキモノヨリ實例ヲトリテ算定セル値ナリ

掘進	入番數	平均孔深	一拂孔數	爆藥量	一方進行	一尺當爆藥	壓氣力
R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8
七月下期	30.4	25	3.55	19	44.18	1.41	75
八月上期	27.1	19	3.55	13	44.55	1.55	75
九月上期	18.6	10	3.93	16	22.23	1.86	75
九月下期	36.6	25	4.10	15	48.33	1.86	80
平均						1.67	1.23

然ルニ八月下期寸線ニテ行ヒタル試験掘ノ結果ハ左ノ如シ

掘進 二八・一尺 入番數 一四 一拂孔數 一五 平均孔深 二・八尺
 爆藥量 二八・五〇貫 一方進行 二・〇一 一尺當だス 一・〇一四 壓氣機平均壓力 六五ぼんど
 故ニ右四期ノ平均値ト此ノ試験ノ値トノ比ヲトレハ

$$\frac{2.01}{1.67} = 1.203, \quad \frac{1.014}{1.23} = 0.825$$

即チ試験掘ハ在來ノ方法ニ比シ進行ニ於テ二割多ク爆藥量ニ於テ一割七分餘ノ節約ヲ爲シ得タルナリ而カモ本試験ノ際ハ壓氣機空氣壓力微弱ニシテ鑽孔ノ時間ハ他ノ場合ニ比シテ多クヲ要シ坑夫ノ技術モ寧ロ他ノ四期ニ從事シタル者ヨリ拙劣ナリキ且ツ坑夫ハ本試験ノ如キ淺孔ニ對シ不熟練ナリシ爲始メ兩三回ハ不成功ニ終リ又四方(入番數四)丈ハ四尺位ノ孔深ヲ用ヒタルカ故ニ淺孔試験トシテハ頗ル不成績ノモノニシテ實際淺孔ノミノ五回ノ平均ヲトレハ其成績左ノ如シ

一方進行 二・二二二 一尺當だゞ 二・〇一六貫
 之ヲ四期ノ中ノ最好成績ナル九月下期ト比較スレハ

$$\begin{array}{l} \text{一方進行} \\ \frac{2.22}{1.86} = 1.194, \quad \text{一尺當だゞ} \\ \frac{1.016}{1.04} = 0.977 \end{array}$$

即チ進行ニ於テ一割九分餘爆藥ニ於テ三分餘ノ利益トナレルナリ

(○)生野ニ於ケル應用 生野金香瀬五番十二井入地ノ略ホ等質ナル石英粗面岩中ニ六、七ノ加背ヲ以テ引立ヲ押進メタル時ノ坑夫請負ノ成績ハ次ノ如シ

	掘進	入番	孔深	一拂孔數	一方當進行	一尺當だゞ
九月下期	12.8 ^R	7	4.5 ^R	14 ^R	1.83 ^R	1.93 ^R
十月上期	20.9	13	4.6	14	1.688	1.14
平均					1.72	1.185

トナルナリ然ルニ同一掘場ヲ平均孔深三尺二寸一拂孔數一三トシ寸線ニテ一方一拂トシタルトキノ成績ハ一方進行二・六八尺一尺當だゞ〇・八六四貫ニシテ之ト右二期ノ平均値トノ比ヲトレハ

$$\begin{array}{l} \text{進 行} \\ \frac{2.68}{1.72} = 1.56, \quad \text{爆 藥} \\ \frac{0.864}{1.185} = 0.725 \end{array}$$

即チ一方進行ニ於テハ實ニ五割六分ノ増加ニシテ一尺當爆藥量ニ於テハ二割七分ノ節約ヲナシ得タルナリ

寸線トナセハ坑夫過勞ノ嫌ヒ有ラスヤトノ疑ヲ狹ム者アレト本試驗ニ於テハ何レモ規定時間以内ニ掘鑿及爆破ヲ終リシモノニシテ多少坑夫ノ勞役心緊張セシ傾ハアリタレトモ決シテ平常ノ作業ニ對比シテ過激勞働ヲ強イタル跡ハナキナリ故ニ上記ノ如キ結果ヲ得タルハ専ラ孔深ト鑽孔數ノ適否ニ基クモノト信シテ可ナリ即チ第九章ノ結論ハ實地ニ應用シテ其ノ眞理ヲ確認セラレ其ノ有利程度ヲ立證セラレタルモノナリ

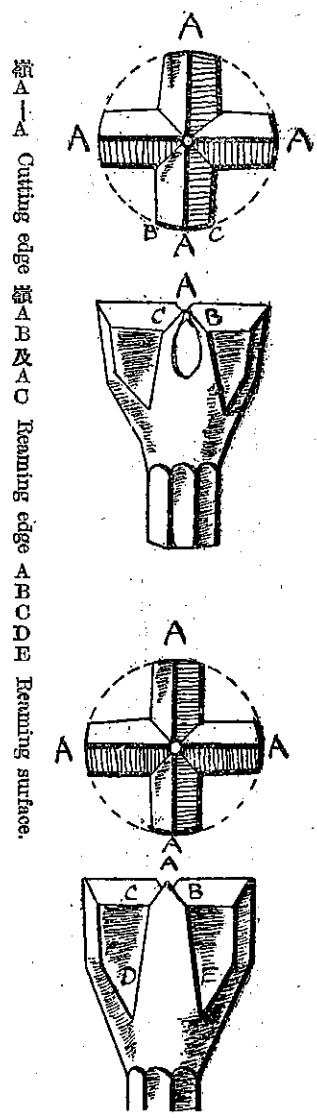
十一 鑽

(イ) 鑽ノ形状 鑿岩機ノ優劣坑夫ノ技術ノ熟否等カ鑽孔經費ニ大影響アルハ明瞭ナル事實ナルカ故ニ鑿岩機ハ成ル可ク優秀ナル新機械ヲ使用シ殊ニ熟練坑夫ノ養成保護ハ重要々件ナレトモ更ニ鑽ノ良否ニ關シテモ亦不斷ノ注意ヲ拂フヘキナリ

鑽ノ刃先ハ岩質ニ應シ適當ナル形状トナスヘキナレトモ一般ニ鑽ハ其ノ刃先カ磨滅シテ鈍クナリ角形ヲナサ、ルニ至ルモ尙ヨク鑽孔シ得ルモノニシテ使用時間ニ對スル掘進率ハ殆ト變化ナク最後ニ至リ急ニ減スルノミナリ故ニ鑽取換ノ手數ヲ省ク上ヨリハ成ル可ク長時間使用スル方便利ナランモ刃先餘リニ鈍トナレハ其ノ銳刃カ岩石中ニ切入リテ *Oushion* ノ作用ヲナサ、ルニ至ルカ故鑽鋼、啣子等ヲ折リ又機械ノ諸部分ヲ破損セシムルノ憂アルナリ

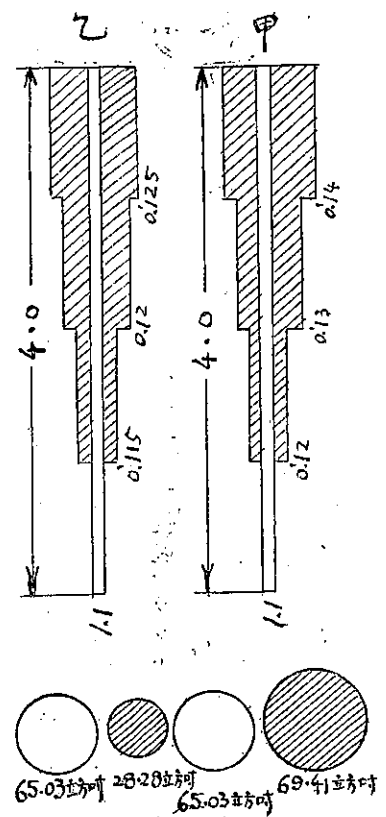
又餘リニ長ク同一鑽ヲ使用セハ磨滅シテゲージニ狂ヒヲ來スナリ一般ニ一本刃 (*Single bit or Car bit*) ハ其掘進率大ナレトモゲージニ大差ヲ來スコト、*Pitting* ヲナス等ノ缺點アルカ故ニ形状サヘ巧ニ作り得ハ十字形 (*Cross bit or X bit*) ヲ優レリトス鑿ノ形状ニ關シテハ右ニ種類ノ外ニ *Z-bit*, *Rose bit*, *Double-Cross bit*, *Double-Chisel bit*, *Y-bit*, *Brunton bit*, *H-bit*, *Double-arc bit* 等諸種ノ形式アレトモ何レモ其ノ形ヲ作ル事困難ナルニ非スンハ其ノ燒入レ一様ニ行ハレシテ使用ノ結果良成績ナルモノナシ故ニ最モ簡單ナル形状ヲ有スル一本刃又ハ十字形ニ就キ其緣及刃先ノ傾斜度並ニ尖端ノ角度等ヲ各岩質ニ適應スル様研究査定スルヲ寧ロ賢明ナリトスヘシ從來本邦ニ於テ *Sharpen* ヲ以テ仕上ケタル鑿ハ却ツテ鍛冶工カ手燒ヲ以テ仕上タルモノニ劣ルトノ聲ハ往々聞ク所ナレトモ之レ *Sharpen* ノ使用法未熟ナル故刃先ノ形状正確ナラスシテ掘鑿ニ際シ鑿ノ一部分ノミカ岩石破碎ノ作用ヲナシ即チ *Reaming point* ニテ破碎スルカ故ニ鑿ハ忽チニシテ磨滅シ鑽孔モ歪形ヲ生スルニ至ルカ故ナリ米國 *Sulih Van* 會社製造ノ *Sharpen* ハ右ノ如キ憂ナク *Reaming edge* 又ハ *Reaming surface* ヲ巧ニ仕上ケ得ルカ故ニ鑿刃尖兩端ノ磨滅少ニシテ從ツテ鑿相互ノゲージノ差ハ僅ニ $\frac{1}{16}$ ニテ足ルナリ

第十圖



在來鑿ノゲーじハ $\frac{1}{8}$ ノ差違ヲ附スルヲ常トシタレ共ゲーじノ差ハ能フ限リ小ナルヲ利トスル事明ニシテ試ニ今四尺ノ
 鑽孔ニ就キ孔底ノ直徑ヲ何レモ $\frac{3}{8}$ トナシ甲ハ一尺ニ就キ $\frac{1}{8}$ 乙ハ $\frac{1}{16}$ ゲーじ差ヲ附スルモノトセハ第十一圖ニ示スカ

第十一圖



如ク甲ハ有效孔ノ容積六五・〇三立方吋ニ對
 シ不要孔ノ容積六九・四一立方吋ニシテ鑿ハ
 有效孔ヲ掘鑿スルヨリモ不要孔ヲ掘鑿スルニ
 多クヲ費シタルヲ知ル然ルニ乙ハ有效孔六
 五・〇三ニ對シ不要孔ノ容積ハ有效孔ノソレ
 ノ半ニモ達セス即チ乙ハ甲ニ比シ遙ニ有利ナ
 ルヲ知ルヘシ既述ノ如ク鑽ノ掘進速度ハ略ホ
 孔徑ノ二乗ニ逆比例スルモノナレハゲーじ差

ノ小ナルモノハ掘進率大ニシテ有效ナル仕事ノミヲナシタルコトナルヘシ
 (□) 淬硬方法 (Tempering) 如何ニ良質ノ鋼ニテモ其ノ淬硬方法ヲ誤レハ何等其ノ効ナキニ至ルヘシ淬硬方法ノ中
 最モ重要ナルハ淬硬溫度ニシテ之ヲ檢定スル最良ノ方法ハ磁石ヲ應用スルモノナラン

此ノ方法ニ就キテハ東洋工業社ノ宮崎氏カ親シク *Chiman* 氏ヨリ聽キタル所ニヨレハ爐ノ可成近キ所ニ臺ヲ置キ其ノ上ニぼけつとこんばすノ類ヲ置キ十吋内外ノ鋼片ヲ爐ニテ熱シ眞鍮等ノ磁性ナキ箸ヲ以ツテ之ヲ磁石上ニ持來リ左右ニ振レハ磁針ハ之レニ附隨シテ動ケトモ更ニ高溫度ニ熱スル時ハ遂ニ磁性ヲ失フニ至ルナリ然レトモ或一定溫度以上ニ熱スレハ皆磁性消失スルモノナル故一二回ノ試驗ノミニテハ不可ニシテ其ノ鋼片ノ磁性ノ有無相別ル、如キ溫度ヲ見出サ、ル可ラス此ノ溫度カ即チ臨界點ニシテ此時ニ健滓ヲ行ヘハ充分堅硬ナル鋼ヲ得ラル、ナリ故ニ可成外光ノ影響少キ所ニテ此時ノ色工合ヲ知悉セシメ凡テ燒キ入レハ此溫度附近ニ於テナス様熟練セシムル事ヲ得但シ爐ヨリ健滓場迄持行ク間ニ 100°F 位ノ冷却ヲ來スカ故之丈ノ溫度ハ始メヨリ高ク熱シ置カサル可ラス又磁性ノ有無相別ル、點ハ鋼ニ含有スル炭素ノ量ニ從テ其ノ溫度異ル故ニ各使用鑽鋼ニ付キ右ノ臨界點ヲ定メサル可ラス右ノ如ク磁性ニ變化ヲ來スハ本多博士ノ鋼ノ研究ニ於ケル A 點ト稱スルモノニシテ此點附近ノ溫度ニ於テハ鐵ト Cementite (Fe_3C) トカ固溶體 *Solid solution* ノ狀態ニアルモノナレハ急速冷却ニヨリ固溶體其ノ儘ノ狀態ニテ鐵組織ヲ形成スルカ故ニ始メテ燒入レノ効ヲ奏スルナリ

冷却水ニ關シテモ清良水ハ不可ニシテ食鹽ノ飽和溶液又ハ次ノ如ク溶液ヲ使用スルヲ可ナリトス

鹽 水 (配水)

15 gallons

丹 鹽

7 lbs

鐵 砂

4 lbs

尙浸水スルニ當リテモ只靜止セシムルハ不可ニシテ多少ノ上下運動ヲ行ヒ以テ淬硬作用カ漸次ニ傳ハル様ニシ又鑽ハ垂直ニ立テ、一方ノミカ他方ヨリ多ク淬硬セラル、コトナキ様ニスヘキナリ之等淬硬方法ニ關シテハ製鋼其他ノ工事ニ從事セル技術者ト協力セハ完備ナル方法ヲ研究シ得ラル可シ

十二 引立ニ於ケル鑽孔ノ配置

(イ) 一般方法 鑽孔ノ配置ハ孔深藥量等ノ關係ト共ニ岩石爆破ノ重量因子ナリ一般ニ鑽孔配置ハ(一)中心拔法(Conical cut) (二)中掘法(Wedge or Vcut) 及(三)横掘法(Side or Bottom cut)ノ三種ニ別タルカ如シ此ノ中(三)ハ主トシテ質弱キ隙罅等存在スル岩石ノ場合ニノミ採用セラルル方法ニシテ等質岩石ニ對シテハ(一)ノ方法ヲ以テ最良ノ方法トス次ニ著者カ實驗ヨリ得タル確信ニ基キ中心掘法ニヨル諸種ノ鑽孔配置ヲ圖示セン

(ロ) 中心掘鑽孔配置ノ數例

十二本孔

第十二圖ニ示スカ如ク第一乃至第四ノ四本ヲ以テ心拔孔トナスモノニシテ最モ簡單ナル方法ノ一ナリ

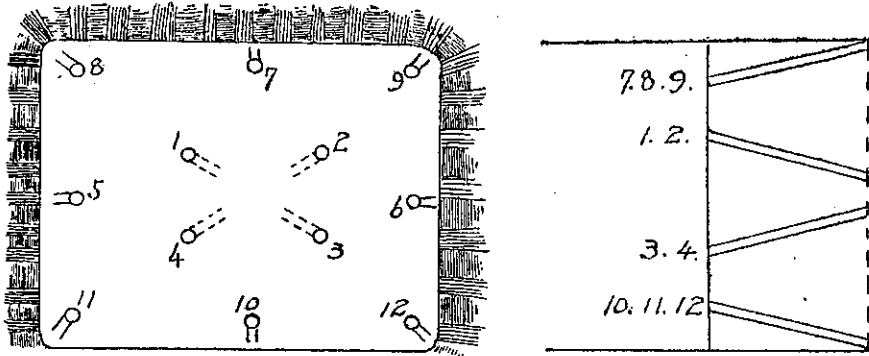
凡テ鑽孔ノ配置ハ各孔カ略ホ相等シキ荷重ヲ受クル様ニスルコト肝要ニシテ傾斜ヲ大トセハ荷重ハ輕クナレトモ其ノ次ニ爆破スヘキ鑽孔ノ荷重ヲ頗ル大ナラシムル不利アルナリ故ニ中心掘ノ孔モ七十六度内外ニ傾斜セシムルヲ宜シトス而シテ孔尻ニ於ケル各孔ノ間隔ハ小ナル程爆破シ易ケレトモ斯クスレハ傾斜自ラ大トナルカ故ニ右ノ間隔ハ一乃至二尺ノ間ニ止ムルヲ可トス(岩石ノ硬軟ニヨル) 中心掘及四隅ノ孔ハ當然だいの分量ヲ多クセサル可ラス圖ニ記シタル數字ハ爆破順序ヲ示シタルモノナリ

十三本孔

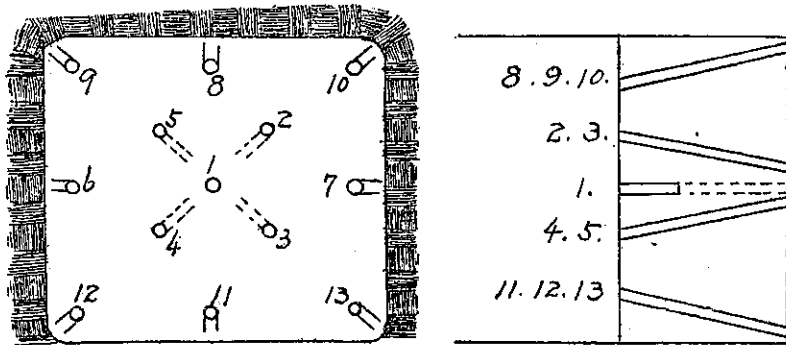
十二本孔ニテハ良ク爆破セラレサル岩質ニ對シ第十三圖ノ如ク四本ノ心拔ノ中央ニ更ニ一本ノ補助孔ヲ設クルナリ

此ノ孔ハ全然一開壁爆破トナルモノナレハ既述ノ如ク深孔ヲ掘ルトモ徒ラニ孔尻ヲ殘スモノナル故一開壁爆破ノ最大岩量ヲ與フル如キ孔深トナスヲ可トス或ハ此孔ニ多少ノ傾斜ヲ附スレハ一層有效ナルコトアリ此ノ孔ヲ他ノ孔ト同深度トナシ先ツ之レノミテ爆破セシメタル後更ニ其ノ孔尻ニ裝藥スル方法有效ナリトノ説アレトモ孔尻ニ再ヒ裝藥爆破セシムルトモ其爆破跡ハ殆ト爆破前ト同様ニシテ何等ノ效ナキヲ常トスルカ故ニ斯カル方法ハ只時間ト裝藥トヲ空費スルノミナリ次ニ第十四圖ノ如ク中央ノ補助孔ニ代ルニ上部孔ヲ以テシ四本ノ心拔孔ハ水平内側ニ多ク傾斜セシムル様ニスレハ

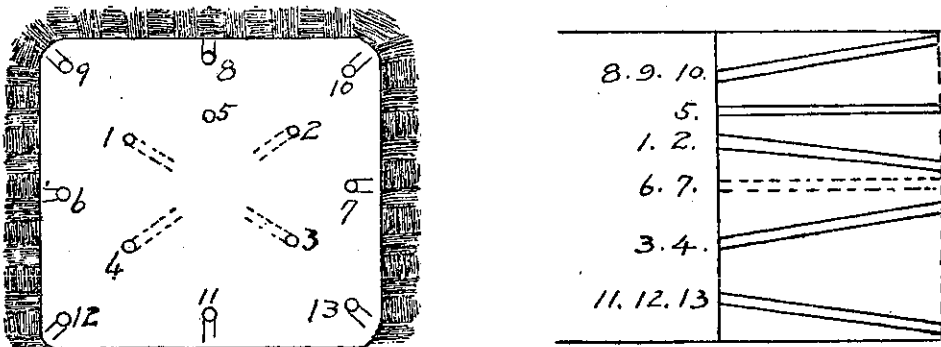
第十二圖



第十三圖



第十四圖



右ノ中央補助孔ヨリモ更ニ有效ナルカ如シ
高サ七尺幅六尺ノ如ク加背高キ時ハ一層此ノ方法ノ特色ヲ發揮シ得ヘシ

世ニ Chamber blasting ノ有利ナルヲ説ク人アレトモ土壤中ニ於ケル爆破ナラハ兎モ角岩石ニ於テハ一度爆破セシ後ノ

孔ニ裝藥發火セシムルトモ前爆破ノタメニ孔壁擴大セラレ或ハ罅隙ヲ生シテ次ノ爆藥ハ皆之等ノ處ヨリ其ノ壓力逃レ去

リテ爆破ノ効ヲナサ、ルヲ常トス且孔尻ノ擴大セラル、ハ極少ニシテ却テ岩細

片カ溜リテ容積ノ擴大ヲ帳消シスルコト多シ

十四本孔

之ハ堅質岩盤ニ應用シテヨク爆破ノ目的ヲ達シ得ル方法ナリ即チ第十五圖ノ如

ク四本ノ中心孔ヲ少シク引立中心ヨリ下ケ一、二ノ孔ヲ下方ニ多ク傾斜セシメ

三、四ハ殆ト水平内側ニノミ傾斜セシメ五乃至六ノ補助孔モ亦同シク上下ノ傾

斜ヲ少クスヘシ

凡テ中心掘ノ孔ハ最モ破壊セシメ易キモノヨリ爆破セシム可ク又十四本孔ニ於

テハ四本ノ心抜孔ハ第十六圖ノ如ク引立ノ左右側ニ寄セテ掘ル事アリ即チ岩質

ノ最モ柔軟ナル又ハ龜裂ノ多キ所ヘ心抜ヲ向クル様ニナスヘキナリ補助孔ヲ心

抜ト隔抜トヲ繋キタル直線A'A'、B'B'上ニ置ク習慣アレトモ賞スヘキ方法ニ非

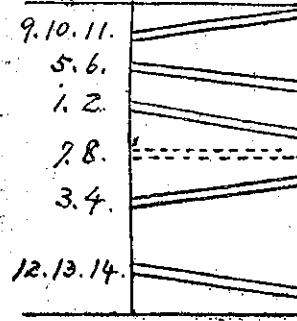
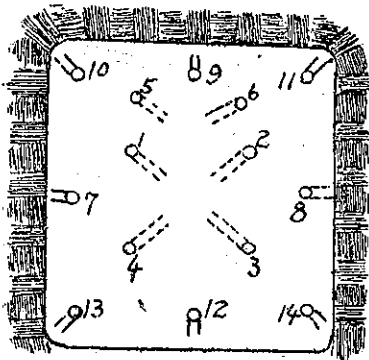
サルナリ (甲圖參照)

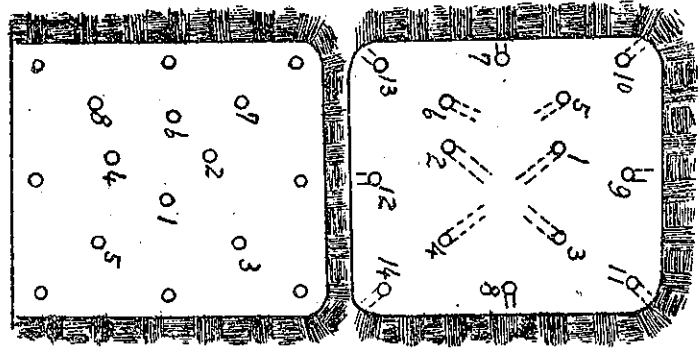
岩質更ニ堅硬トナレハ補助孔ヲ三本トナシ又ハ更ニ中央孔ヲ設クル等ノ方法

ヲ講セサル可ラサレトモ七七ノ加背ニ於テハ斯カル必要ノ生スルコト稀ナリ

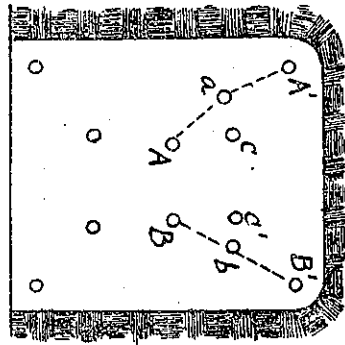
(乙圖參照)

第十 五 圖



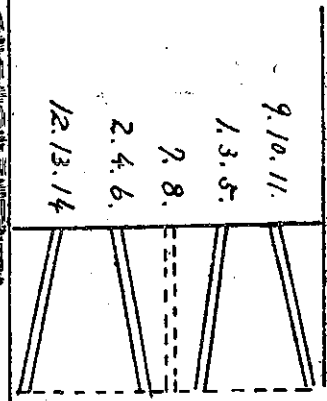


乙



甲

a. b. 不良孔
c. c' 可良孔



加背カ七七ヨリ大ナル時ニテモ既ニ心抜終リシ後ハ皆補助孔ナルカ故荷重ノ平均スル様鑽孔ヲ配置スレハ可ナリ以上ノ方法ハ單ニ Drilling ノミナラス切上リ掘下リ等ノ引立ニ於テモ同様ニ配置セラルヘキモノナリ然レトモ著者ノ實驗ニヨレハ七尺以上ノ加背ニ於テハ六七位ノ加背ニテ引立ヲ押シ後ハ段缺キ天井落シ等ノ方法ニ依ルヲ有利ナリトス

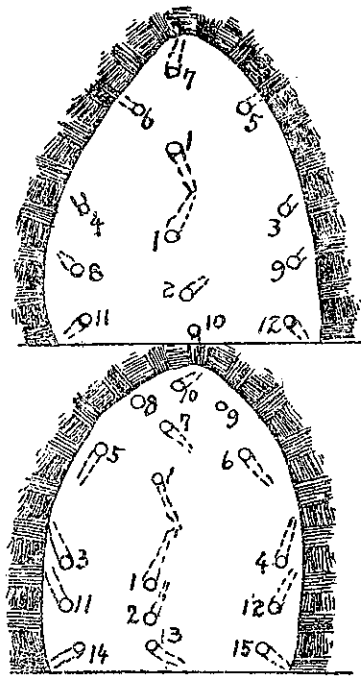
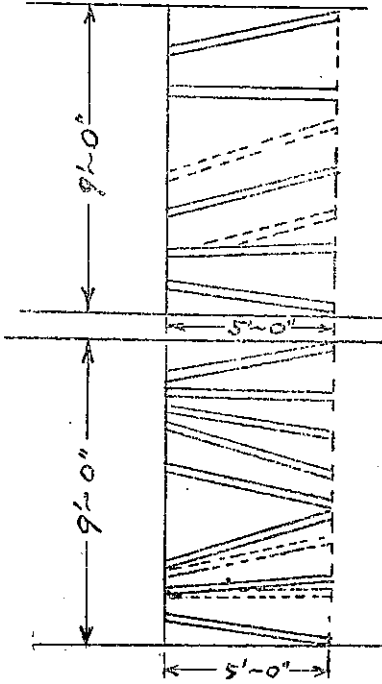
(八) 拂數ト交代數トノ關係 次ニ二交代一拂ニテ引立ヲ掘進スル場合ニ前番者カ心抜大爆破セシメ置クカ可ナルカ或ハ鑽孔ノミヲナシテ後番者カ全部ノ爆破ヲナスカ可ナルカハ其ノ岩質掘場ノ換氣等ニ依リ確言シ難ケレトモ概シテ各番

ニ發破ヲカケルヲ可ナリトス之レ心抜キヲ失敗スルコト屢々起リ心抜不完全ニ爆破スレハ其ノ後ノ拂ノ孔ハ悉ク不完全崩岩トナリ多クノ孔尻ヲ殘スコト、ナレハナリ然ルニ前番ニ心抜丈ヲ爆破セシムレハ後番ハ其破壊ノ模様ニヨリ更ニ補助心抜孔ヲ掘鑿シ得ルノミナラス他ノ凡テノ鑽孔モ前番ノ破壊ニ應ジテ適當ニナシ得ルノ便アリ故ニ假令一度ニ全部ヲ爆破セシムル場合ニ於テモ其ノ回數ハ許ス限リ多キヲ利トナスナリ然レトモ實際ニ於テ一孔ツ、爆破セシムルカ如キハ不可能ナル故心抜、補助孔、拂ノ三度ニ別ツカ又ハ心抜ト補助拂トノ二度ニ別ツカ普通トス何レノ場合ニ於テモ心抜ノ中最初ニ爆破セシムルモノハ雷管及導火ヲ二個ツ、附シテ不發ノ憂ナカラシムルヲ可トセン一交代一拂ト二交代一拂トノ利害ヲ比較センニ同一孔深トセハ一交代一拂ノ時ハ一臺ニテ完成スル能力ナキ爲機械ヲ二臺使用シ其ノ時間中ニ全部ノ鑽孔ヲ終ラサル可ラサル故ニ精神緊張ノ度ヲ増サシムルノ利アレトモ一度壓汽機々械等ニ故障アラハ其ノ交代ト次ノ交代トニテ一拂ヲナスコト、ナルナリニ交代一拂トセハ前交代ニ多少ノ故障ヲ生スルトモ之ヲ後番ニテ恢復シ得ルノ利アルナリ故ニ孔深同一ノ時ハ兩者ノ利害相伯仲スルカ如シ然レトモ一日ニ二交代宛作業スル掘場ニ於テハ一交代一拂トセハ次番ノ坑夫ノ仕事ニ支障ヲ來スカ故假令横シ々ふと等ノ方法ヲ用フルトモ工程ハ遲延スヘシ只一日一交代宛作業スル所ニ於テハ孔深ヲ變化スレハ一交代一拂ノ方有利ナルナリ之レ孔深ノ關係ニヨルモノニシテ一交代一拂トセハ自ら淺孔トナリ普通ノ岩石ハ七七ノ加背ニテ之位ノ孔深ノ時最好結果ヲ與フヘキハ既ニ前章ニ開壁爆破ノ研究ニ於テ詳述シタルカ如シ若シニ交代ニテ多クノ深孔ヲ掘ルト一交代ニテ僅カナル淺孔ヲ掘ルモノト同一工程ナリトセハ其ノ何レカ有利ナリヤノ問題ハ之亦ニ開壁階段掘ノ項ニ研究シタル最小抵抗線ト孔深トノ關係ニテ充分説明シ得ラル、ナリ即チ生野ノ試驗掘場ノ如キ岩質ニテハ最小抵抗線(此場合孔深ノ距離)ノ略ホ一・七倍ノ孔深トセシ時最大岩量ヲ與ヘタルカ故斯カル割合ニ近キモノ最モ經濟的ノ方法トナルナリ故ニ次項ニ述フルカ如ク米國流ニ多クノ深孔ヲ掘ル方法ハ決シテ推賞スヘキニ非サルナリ

(二)歐米ニ於ケル實例

一般ニ歐洲ニテハ淺孔(五尺以下)ヲ使用シ米國ニテハ深孔(五尺以上)ヲ使用スルノ習慣アリ

第十 七 圖



之レ兩者岩質ノ異ル關係モアランモ主トシテ兩人種性格ノ相違ニ起因スルナルヘシ

あるよす山脈ヲ貫通スル Stimpson Loeschberg ノ兩隧道ニテハ三尺五寸内外ノ淺孔ヲ使用シテ大成功ヲナシタルヨリ淺孔ニ對スル問題研究セラレタレ共未タ確タル見解ナキカ如シ只米國ニ於テモ十尺孔ヲ七尺ニ短縮シ二〇%内外ノ進行及爆藥費ヲ省節シ得タル結果多キカ如シ故ニ近來斯界ノ權威者ハ引立幅(最小)ノ六〇乃至八〇%ノ孔深ヲ最上ナリトセリ

本研究ニ於テハ既ニ第九章圖式解法ニ述ヘタルカ如ク引立幅七尺ニ對シ孔深二・七乃至三・〇尺ノモノ最モ經濟的ナル結果ヲ得タルカ故ニ孔深ハ引立幅ノ三八乃至四三%位ヲ有利ナリトス即チ右權威者ノ概括說ニ比シ遙ニ孔深淺キヲ可トス然レ共右ノ如ク孔深ヲ定ムルニ單ニ引立幅ノミヲ準據トナスハ抑々誤ニシテ第九章迄ニ記述シタル如ク引立幅ノ外ニ最小抵抗線ノ大サ及ヒ鑽孔ノ傾斜度等ヲ考慮スルヲ要ス左表ニ示スハ米國諸地方ニ於ケル引立押ノ鑽孔法ニシテ一孔ニ對スル引立ノ面積ハ平均三・七平方尺ナレトモ之ヲ生野ノ如キ Hand Ipavie ニ近キ強度ノ岩質ノモノ、ミヲトレハ平均三・二平方尺トナル然ルニ生野ニ於ケル試驗ニテハ七七ノ加背ニ對シ十二乃至十三本ノ鑽孔ヲ用ヒタルカ故ニ一孔當平均三・九平方尺トナリ 米國流ヨリモ其ノ值大ナリ一孔當面積ハ略ホ最小抵抗線ニ等シキモ

ノナルカ故右ノ結果ハ即チ米國式ハ深孔ニシテ抵抗線小ナレ共生野ノ試験ハ淺孔ニシテ抵抗線大ナルコトヲ示シ宛モ第九章(二)ニ述ヘタル原理ニ一致セルヲ知ルヘシ故ニ米國式ニ從ヒ孔深ヲ大ナラシムルヨリモ本試験ノ如ク孔深ト抵抗線トノ割合ヲ第九章ノ如クナスヲ以テ遙ニ有利ナリトスル事明ナリ(附表參照)

次ニ參考ノ爲米國 *Copper Queen Mine* ニ於テ幾多ノ試験ノ結果ヨリ決定シタル鑽孔配置ノ標準型ヲ圖示セハ第十七圖ノ如シ該鑛山ニ於テハ此型ヲ用ヒテヨリ從來ニ比シ掘進ニ五割ノ増加ヲ來シタリト云フ然レトモ余ノ愚考スル所ニヨレハ同圖ノ如キ標準型ハ等質岩石ノ所ニ於テハ決シテ賞讃スヘキ配置ニ非サルナリ

十三 一交代中ニ掘鑿スヘキ鑽孔長

一交代中ニ掘鑿スル鑽孔長ノ大ナル程作業狀態良好ナル事明ナル故其ノ鑽孔長ヲ數學的ニ計算シテ比較研究ヲナシ得ル方法アレハ鑿岩機工程ヲ増進セシムル上ニ利便ヲ與フルコト大ナリ *Griller's rule* ハ略ホ完全ニ此要件ヲ満足セシムルカ如シ其ノ公式左ノ如シ

$$N = \frac{S}{r + \frac{m}{f} + \frac{s}{D}} \quad \text{III}$$

N ハ一交代中ニ掘鑿スル孔長(呎)

S ハ一交代中正味作業時間(分)即チ裝填發火岩石取除等ノ時間ヲ除去シタルモノナリ

r ハ岩石一呎ヲ鑽孔スルニ要スル平均時間(分)

m ハ鑽取換ノ時間(分)

f ハ各番鑽ノ長サノ差(呎)原式ニハ之ヲふいどすくりうノ長サト記シアレトモ之ハ各番鑽ノ長サノ差ヨリモ遙ニ

大ナルヲ常トスル故本式ノ如ク訂正スルヲ正當ナリトス

s ハあゝむヲ轉回シテ新孔ノ口切リヲナス時間(分)

Dの鑽孔々深(呎)

今一交代ヲ八時間トセハ鑽ノ運搬シヤムと立テ方水汲ミ其他準備ニ一時間裝填發火後片付等ニ一時間半臨時故障ニ三十
分ヲ費スモノトシ合計三時間ヲ差引ケハ $S = 11.5$ 分トナル。ハ生野石英粗面岩ニ於テ汽壓六十五ぼんどノ
時孔深ト掘進率トノ關係ヲ測定シ之ヲ曲線トシタルモノ附圖第十五ナリ。mハ生野ノ坑夫ハ一・三ニシテ明延坑夫ハ技倆
勝レル故一・二ナリ。gハ何レモ〇・八呎トス。ハ生野ハ五・五明延ハ五・〇ノ平均トナル

以上ノ測定ヲ基礎トシ上記 Guillet's rule ニ依リ各種孔深ニ應ジ一交代中ノ鑽孔長ヲ計算セハ次ノ如シ
(A)孔深四尺五寸ノ場合

$$D=4.5, \quad r = \frac{1.0}{0.26} = 3.84$$

$$\text{生野} \quad N = \frac{300}{3.84 + 1.62 + 1.22} = \frac{300}{6.68} = 44.9$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{N}{D} = \frac{44.9}{4.5} = 10.0$$

$$\text{明延} \quad N = \frac{300}{3.84 + 1.38 + 1.11} = \frac{300}{6.33} = 47.4$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{47.4}{4.5} = 10.5$$

右ノ結果ハ何レモ孔數僅ニ十本ニ過キササル故此場合ハ一交代ニ一拂ナスコトハ不可能ナリ

(B)孔深三尺五寸ノ場合

$$D=3.5, \quad r = \frac{1.0}{0.275} = 3.64$$

$$\text{生野} \quad N = \frac{300}{3.64 + 1.62 + 1.57} = \frac{300}{6.83} = 43.9$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{43.9}{3.5} = 12.6$$

$$\text{明延} \quad N = \frac{300}{3.64 + 1.38 + 1.43} = \frac{300}{6.45} = 46.5$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{46.5}{3.5} = 13.3$$

右ノ結果ハ孔數十三本内外ナル故生野ニ於テハ少シク無理ノ傾アレトモ何レモ一交代ニ一拂ヲナシ得ラルヘシ然レトモ一交代一拂トナス時ハシ。ふとノ立替ニ約三十分ヲ費スヲ以テ此ノ時間ヲ差引カサル可ラス故ニ計算ハ左ノ如キ結果トナル

$$\text{生野} \quad N = \frac{270}{6.83} = 39.5$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{39.5}{3.5} = 11.3$$

$$\text{明延} \quad N = \frac{270}{6.45} = 41.9$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{41.9}{3.5} = 12$$

即チ生野ニ於テハ孔數僅ニ十一本ニシテ一拂ヲナスニ不足ナレトモ明延ニテハ十二本トナル故略ホ爲シ遂ケ得ラル、コトヲ知ル

(C) 孔深二尺五寸ノ場合

$$D=2.5, \quad r = \frac{1.00}{0.237} \div 4.22$$

生野

$$N = \frac{300}{4.22 + 1.62 + 2.2} = \frac{300}{8.04} \div 37.3$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{37.3}{2.5} \div 14.9$$

明延

$$N = \frac{300}{4.22 + 1.38 + 2.0} = \frac{300}{7.60} \div 39.4$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{39.4}{2.5} \div 15.8$$

一交代ニ一拂ナスモノトセハ作業時間ヲ二十分減スレハ可ナリ

生野

$$N = \frac{270}{8.04} \div 33.6$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{33.6}{2.5} \div 13.4$$

明延

$$N = \frac{270}{7.60} \div 35.5$$

$$\therefore \text{孔數} = \frac{35.5}{2.5} \div 14.2$$

即チ此ノ時ハ何レニ於テモ充分一交代ニ一拂ナシ得ラルハコトヲ知ルナリ

以上ノ計算ニヨリ明ナル如ク各鑛山各掘場ニ於テ其ノ従業坑夫ノ技倆鑿岩機ノ種類性質及ヒ一交代間ノ作業時間等ヲ斟酌シテ *Gulliet's rule* ノ各係數ノ値ヲ定メ以テ各種孔深ニ對シ右ノ如キ計算ヲ行ヘハ其ノ如何ナル孔深トナスカ最モ適

當ナルヘキカヲ判斷シ得ラルヘシ故ニ此ノ結果ト曩ニ第九章ニ述ヘタル結論トヲ照合スレハ略ホ理想ト實驗トヲ融合セシメタル爆破法ヲ施工シ得ラルヘシ

然レトモ實際ノ掘鑿孔長ハ一般ニ本計算ノ如ク良好ニ進ミ居ラサルナリ之レ壓氣機鑿岩機鑽等ニ故障ヲ生ヌルト又坑夫ノ怠慢ノタメ正味作業時間短少ナルカタメナリ

以上計算ノ結果ヲ見レハ鑽孔長 N ノ値ヲ大ナラシムルカ爲メニハ先ツ一呎當鑽孔時間 T ノ値ヲ小ナラシムルコト最モ必要ニシテ之カタメニハ鑽鋼性質鑽刃尖ノ形狀鑽ノ滓硬度及鑿岩機ノ改良檢査等モ肝要ナレトモ亦一面壓氣機ノ空氣壓力ヲ増大セシムル必要アルナリ壓氣機ニ於テ八〇ぼんど内外ノ氣壓ハ引立ニ於テ六〇ぼんど内外ニ下降スル箇所アリ尙途中鐵管若クハ壓氣機ニ僅ノ支障ヲ生シ氣壓少シク降下スル場合ハ最早引立ニ於テ運轉不可能ニ陥ル事屢々アリ故ニ若シ之ヲ一〇〇ぼんど内外ニ高ムレハ多少ノ氣壓ノ降下ニ對シテモ尙ホ能ク作業ニ耐ヘ且ツ掘進率モ遙ニ増加スルナリ但シ之レカ爲メ鐵管其ノ他ノ構造ヲ堅固ナラシムルノ必要アルト鑿岩機ノ耐久力減少シ空氣消費量増加スル等ノ缺點ハ免レスト雖モ之等缺點トテモ掘進率ノ増大ニヨリ其ノ不利ヲ償ヒテ餘リアリ即チ切羽ニテ八五ぼんど位ノ氣壓力最モ適當ナルモノ、如シ恨ムラクハ壓力ノ變化ニ伴フ掘進ノ關係ヲ精細ニ研究スルノ暇ト便ナクシテ終リシコトナリ次ニ鑿取換ノ時間 m ト新孔口切ノ時間 s トハ何レモ先手坑夫ノ優劣ニヨリ其ノ值定マル問題ナルカ故ニ先手坑夫ノ良否如何ハ鑽孔長 N ノ値ニ約二分ノ一ノ影響ヲ與フルモノト考ヘテ可ナリ孔ノ長サノ差 f ハ岩質鋼質及ヒ刃先ノ如何ニ應シ適當ノ長サトスヘキナレ共他ニ支障ナクンハ其ノ值大ナル程良好ニシテ第十一章ニ述ヘタル如クニ刃先ノ形狀滓硬法等カ改善セラレナハ自ラ此ノ値モ大トナルヘシ

十四 本研究ノ一般的應用

以上各章ニ亘リテ論シ來リタル所ヲ見レハ本研究カ實地應用ニ多少ノ參考トナリ決シテ徒爾ニ終ラサリシヲ欣快トスル處ナリ

只々由來採鑛ノ事タルヤ其ノ結果ヲ急速ニ求メ難ク永年ノ經過ヲ待ツテ始メテ其ノ果ヲ結フヘキナリ故ニ岩石爆破ノ研究ニ關シテモ聰明練達ナル諸賢ノ感興ヲ促シ諸種ノ岩石諸種ノ鑛孔ニ對シ自究研鑽ノ結果ヲ綜合シテ始メテ爆破ノ理論モ確定スヘキモノナラント信スルナリ故ニ各鑛山ニ於テ其ノ主要岩石ニ對シ以上ノ如キ研究ヲ行ヒテ最モ經濟的ナル爆破法ヲ決定ナシ置カハ採鑛經費ノ節減即チ生產費ノ低下ニ利スル所蓋シ僅少ナラサルヘシ

岩石爆破ニ志アルノ士ハ先ツ等質岩盤ノ掘場ニ於テ一定ノ方針ヲ立テ少クモ兩三箇月ハ坑夫同様ノ仕事ヲナシ鑛孔ヨリ爆破ノ孔跡ヲ檢スルニ至ル迄悉ク自ラ手ヲ取リテ行動スルノ覺悟ナカル可ラス

單ニ坑夫ノ作業ヲ監視シ現場員ノ報告ヲ聽クカ如キハ何等實價值ヲ附與スルモノニ非サルナリ

論者或ハ曰ク實際ノ引立階段ニ於テハ等質岩石ハ殆ト無之石目罅裂等ノ存在スルヲ常トスルカ故ニ等質岩石ニ就テ實驗スルトモ其ノ結果ハ實用上何等ノ價值ヲ附與セサルモノナリト

等質岩石ノ稀ナルコトハ事實ナリ現ニ本試驗ニ使用セシ岩石トテモ無數ノ小罅裂アリタリ恐ラクハ岩石ノ組成上罅隙ノナキ純等質ナルモノハアリ得可カラサルナルヘシ而シテ斯カル岩石ニ就キ試驗ノ結果確然タル曲線ヲ誘出シ得タルモノナルカ故ニ大ナル罅裂ノ岩層等ハ別トシ通常ノ石目位ナラハ爆破ニハサシタル影響ナク等質岩石ノ假定ニ從テ破壊スルモノナリ之レ本實驗ノ結果ヨリ余カ斷言シ得ル所ナリ勿論例外トスヘキ破壊ヲナシタルモノ屢々アリタレトモ凡ソ自然ノ現象ニシテ學智ノ及ハサル所ニ例外即チ豫期以外ノ事件ノ起ラサル事トテハ無之ナリ又罅裂カ大影響アルモノナリトシテモ之ハ人智ヲ以テ測定シ得ヘキモノニ非ラスシテ一寸先ハ既ニ其ノ罅裂カ如何ニ傾斜シ如何ニ擴大セルカハ神ナラヌ身ノ知ラン由モナキナリ故ニ貧弱ナル經驗ヲ基トシ斯カル罅裂ヲ唯一ノ信賴物トシテ鑛孔ノ方向深度等ヲ定メントスルハ抑モ誤レリ故ニ在來ノ如ク低級ナル坑夫ノ知識經驗ヲ過信シテ漠然ト舊慣ニヨル鑛孔ヲナシ之ヲ爆破セシムルトモ斯カル罅裂ニ遭遇セハ曩ノ研究的鑛孔ニ比シ更ニ一層甚シキ豫期相違ヲ來スヘシ之レ岩石ハ如何ニ罅裂多シトハ云ヘ爆破力ニ影響ヲ與フル如キモノハ極小部分ニシテ大體ハ等質岩石トシテ爆破セラル、カ故ナリ之ヲ要スルニ等質岩石ニ對

スル爆破カ根本ニシテ石目ニヨリ影響ヲ來スカ如キハ稀ニ起ル不可避ナル枝葉ノ問題タルナリ故ニ曩ノ論者ノ言ノ如キハ苟クモ學ニ志ス者ノ口ニス可カラサル事ナリ

尙此件ニ關シテハ嘗テ Copper Queen Mine ニ於テ從來ノ如ク罅裂ニ準據シテ鑽孔シタル方法ト新ニ實驗ヨリ得タル標準型ヲ定メテ爆破セシメタルモノトヲ比較セシニ諸種ノ岩石ニ對シ何レモ後者ハ前者ヨリモ優勝成績ヲ得タルナリ即チ坑夫ハ從來ノ方法ヲシテハ幾度試ムルモ遂ニ懸賞豫定尺ニ達スルヲ得サリシカ一度標準型ヲ用フレハ忽チ懸賞ヲ獲得スルヲ得タリ故ニ龜裂石目等ニ執着シテ苦心スルハ頑矇ノ方法ナリトスヘシ

本研究ノ結果ヨリ手掘ト鑿岩機掘トヲ比較スルニ手掘法ノ方理想ニ近キカ如シ何ントナレハ孔深ハ一乃至二尺ニ止マリ坑夫カ仕掛ニ非常ニ苦心シ可成多クノ開壁ヲ利用シツ、破壊シ行キ填塞等モ充分ニ行ヒ又發火ヲ一々行フ等ノ優レル點アレハナリ之ニ反シ鑿岩機掘ニテハ一般ニ深孔ニ過キ孔掃除填塞等モ不完全ニシテ又一度ニ數本ヲ爆破セシムル等ノ不利ナル方法ヲ行ヘルカ故ナリ

然リト雖モ勞力ノ供給ハ人文ノ開明ト共ニ益々逼迫シ從テ其ノ勞銀モ年毎ニ昇騰スヘク況シテ勞働問題社會革命ノ聲ハ澎湃トシテ潮ノ如ク世界各國ニ風靡遍漫セントスルヲ想ヘハ採鑛業ノ將來ハ是非共機械作業ニ據賴スルノ覺悟ナカル可カラス故ニ之カ作業ノ進歩改良ヲ計ルハ一日モ勿緒ニ附ス可カラサルナリ

終リニ臨ミ本研究ノ當初ヨリ終始懇篤ナル教示ト親切ナル激勵トヲ給ヘラレタル重松常務田口鑛山長始メ會社幹部諸老及生野並ニ明延ニ於テ多大ノ便宜ト援助トヲ與ヘラレタル明石孝因、高橋逸作兩工學士ヲ始メ當時ノ現場監督員諸賢ニ對シ茲ニ深厚ナル謝意ヲ表明ス

尙ホ恩師柴田畦作博士カ常ニ指導誘掖ノ勞ヲ垂レ給ヒシコトハ著者カ滿腔ノ感謝ヲ捧クル所ナリ (完)

NUMBER OF HOLES USED IN DRIVING TUNNEL HEADINGS

附表
ノ
一

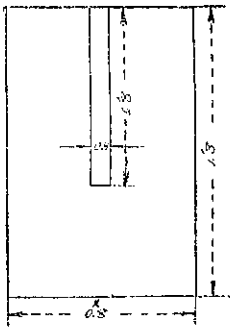
Tunnel	No. of holes	Rock	Approximate area of heading, sq. ft.	Square feet of heading per hole	
				Sedimentary rocks	Igneous rocks
Burleigh.....	16	Granite and gneiss	42	.....	2.6
Buffalo Water.....	22	Limestone	120	5.5	.....
Carter.....	10-11	Gneiss, granite, and porphyry	41	.....	3.7 - 4.1
Catskill Aqueduct:					
Rondout.....	22	Limestone, sandstone, and shale	120	5.5	.....
Walkill.....	24	Shale	120	5.0	.....
Moodna.....	24	Sandstone and shale	120	5.0	.....
Yonkers.....	21	Gneiss	120	.....	5.7
Central.....	18-24	Gneiss	35	.....	1.5 - 1.9
Chipeta.....	15-19	.....	57	.....	3.0 - 3.8
Fort Williams Water.....	14-20	Basalt	35	.....	1.7 - 2.5
Gold Links.....	12	Gneiss and granite	48	.....	4.0
Grand Central Sewer.....	18	Gneiss	40	.....	2.2
Gunnison.....	24	Altered granite	60	.....	2.5
Joker.....	19-21	.....	130	6.2 - 6.9	.....
Laramie-Poudre.....	21-26	Close-grained granite	70	.....	2.7 - 3.3
Lausanne.....	15-21	Shale, conglomerate, and coal	85	4.0 - 5.6	.....
Los Angeles Aqueduct:					
Elizabeth Lake.....	25	Granite	145	.....	5.8
Little Lake Division.....	14-16	Medium granite	90	.....	5.6 - 6.4
Grape Vine Division.....	20-21	Hard granite	90	.....	4.3 - 4.5
Lucania.....	25	Hard granite	65	.....	2.6
Marshall-Russell.....	18-20	Granite and gneiss	72	.....	3.6 - 4.0
Mission.....	12-14	Shale and slate	37	2.6 - 3.1	.....
Newhouse.....	19	Gneiss	65	.....	3.4
Nisqually.....	18	Rhyolite	95	.....	5.2
Northwest Water.....	22	Sedimentary rock	110	5.0	.....
Ophelia.....	20-24	Granite	80	.....	3.6 - 4.0
Rawley.....	25-27	Andesite	55	.....	2.0 - 2.2
Raymond.....	14	Gneiss and granite	80	.....	5.7
Roosevelt.....	24-26	Hard granite	60	.....	2.3 - 2.5
Siwatch.....	12	Granite	45	.....	3.7
Snake Creek.....	16	Diabase	65	.....	4.0
Spiral.....	21	Limestone	175	8.4	.....
Stilwell.....	16	Conglomerate and andesite	50	3.1	.....
Strawberry.....	16-18	Limestone, sandstone, and shale	50	2.8 - 3.1	.....
Utah Metals.....	12-16	Quartzite	80	5.0 - 6.6	.....
Yak.....	18	Limestone, sandstone, shale, and granite	50	2.8	.....

(十六年會誌第七卷二編附圖)

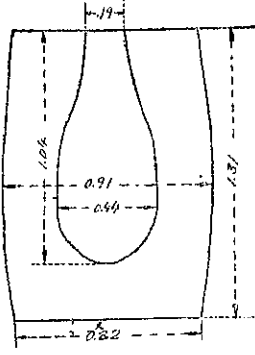
	Type of cut	Height of heading	Width of heading	Average depth cut-holes	Average depth other holes	Average depth round drilled	Percentage average depth to width of heading	Rock
Buffalo Water.....	Wedge Bottom	8 7½	15 5½	8 9	7 8	7 8	46.5 106*	Limestone Gneiss, granite, and porphyry
Carter.....	Wedge	8	14	10	8	8	57	Limestone, sandstone, shale
Catskill Aqueduct:	Wedge	8	14	12	10	10	71.5	Shale
Roundout.....	Wedge	8	14	10	8	8	57	Sandstone, shale
Walkkil.....	Wedge	8	14	8	6	6	48	Gneiss
Moodna.....	Wedge	8	14	8	6	6	140	Gneiss
Yonkers.....	Wedge	7 6½	5	6	7	7	77*	Basalt
Central.....	Wedge	7 6½	5	6	5	5	62.5*	Granite and gneiss
Fort Williams.....	Bottom	8	6	6	5	5	60	Altered granite
Gold Links.....	Bottom	8	6	7	6	6	75	Close-grained granite
Gunnison.....	Wedge	11	12	10½	9	9	74	Conglomerate shale and coal
Joker.....	Wedge	6½	9½	8	7	7	58	Hard granite
Laramie-Poudre..	Wedge	8	12	8	8	8	100	Granite and gneiss
Lausanne.....	Wedge	8	8	9	7	7	112*	Shale and slate
Lucania.....	Wedge	9	8	10	9	9	140	Sandstone
Marshall-Russell..	Pyramid	7 7	3	8 6½	7 5½	7 5½	59*	Gneiss
Mission.....	Bottom	7 7	3	8 6½	7 5½	7 5½	69	Rhyolite
Miss'n (hard gr'd)	Pyramid	8	5	8 6½	7 5½	7 5½	69	Sedimentary
Newhouse.....	Pyramid	8	8	8 6½	7 5½	7 5½	69	Granite
Nisqually.....	Bottom	11	9½	8	9	9	69	Andesite
Northwest Water.	Wedge	10	13	10	6	6	106	Gneiss and granite
Ophelia.....	Wedge	9	9	7	8	8	111	Hard granite
Rawley.....	Wedge	7 7	7½	9	10	10	60	Granite
Raymond.....	Wedge	9 9	10	12	6	6	67*	Diabase
Roosevelt.....	Wedge	6	6	7	5	5	63	Limestone
Siwatch.....	Bottom	7½	9½	5 6½	5 5½	5 5½	85	Conglomerate and andesite
Snake Creek.....	Wedge	6½	16	12	10	10	75*	Limestone, sandstone, and shale
Spiral.....	Wedge	10	7	6½	6	6	75*	Quartzite
Stitwell.....	Wedge	7	8	6½	6	6	57	Limestone, sandstone, shale, and granite
Strawberry.....	Wedge	6	7	6½	6	6		
Utah Metals.....	Bottom	8	10	5	4	4		
Yak.....	Pyramid	7	7	5	4	4		

* The height of the heading, instead of its width, is considered in this ratio when the bottom cut is employed.

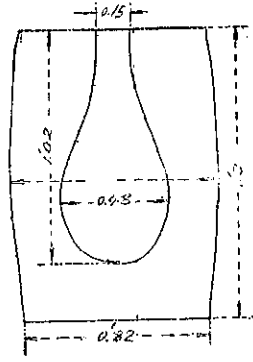
A 鉛壙原形(甲)



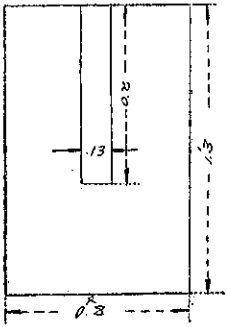
B 薬包のまゝ点火(甲)



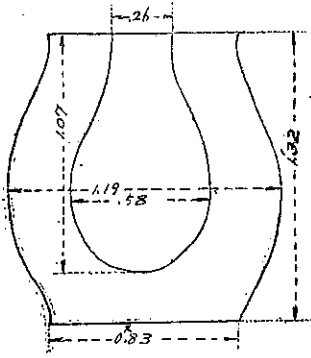
C 包装紙を解きて点火(甲)



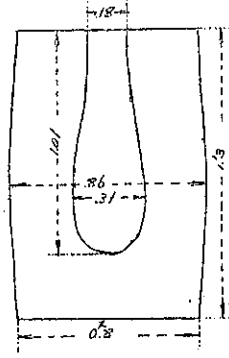
E 鉛壙原形(乙)



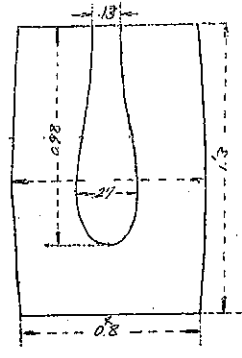
F 薬包のまゝ点火(乙)



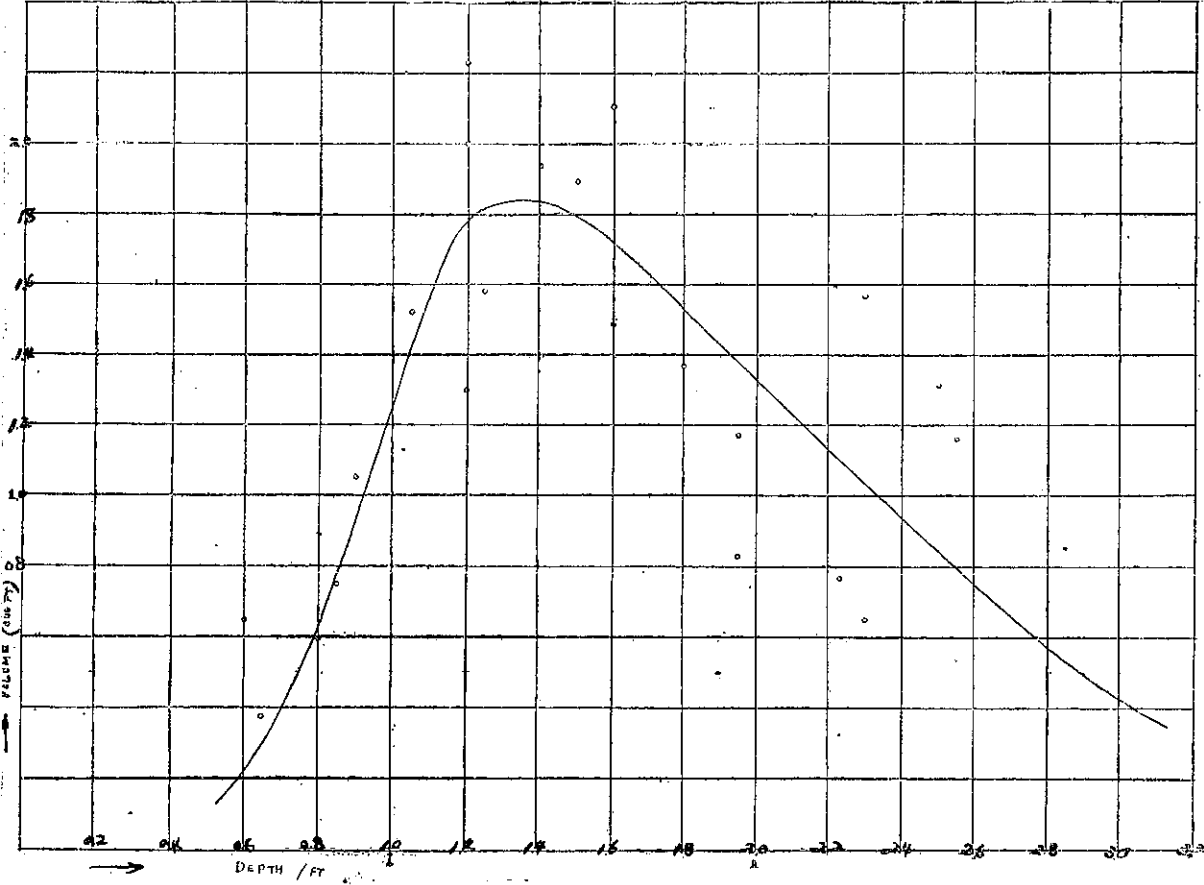
G 包装紙を解きて点火(乙)



D 火薬の混合した点火(甲)



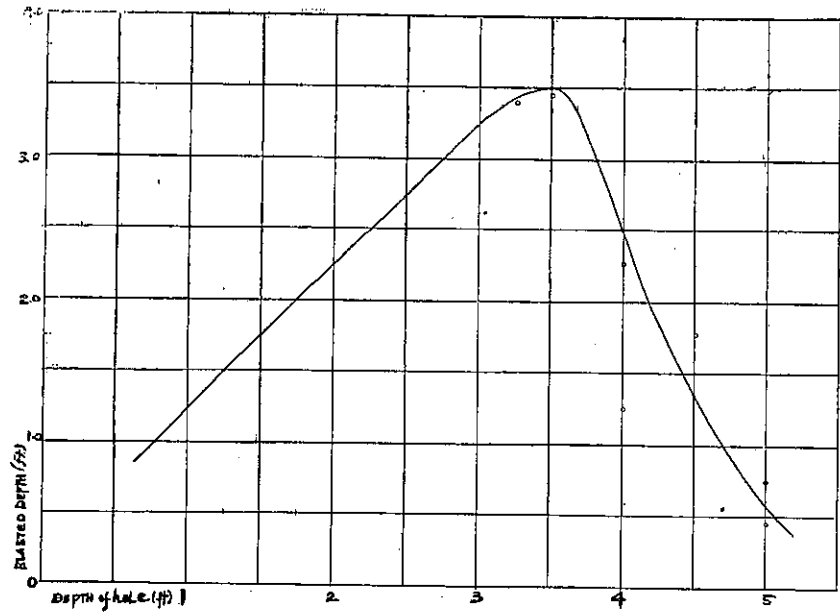
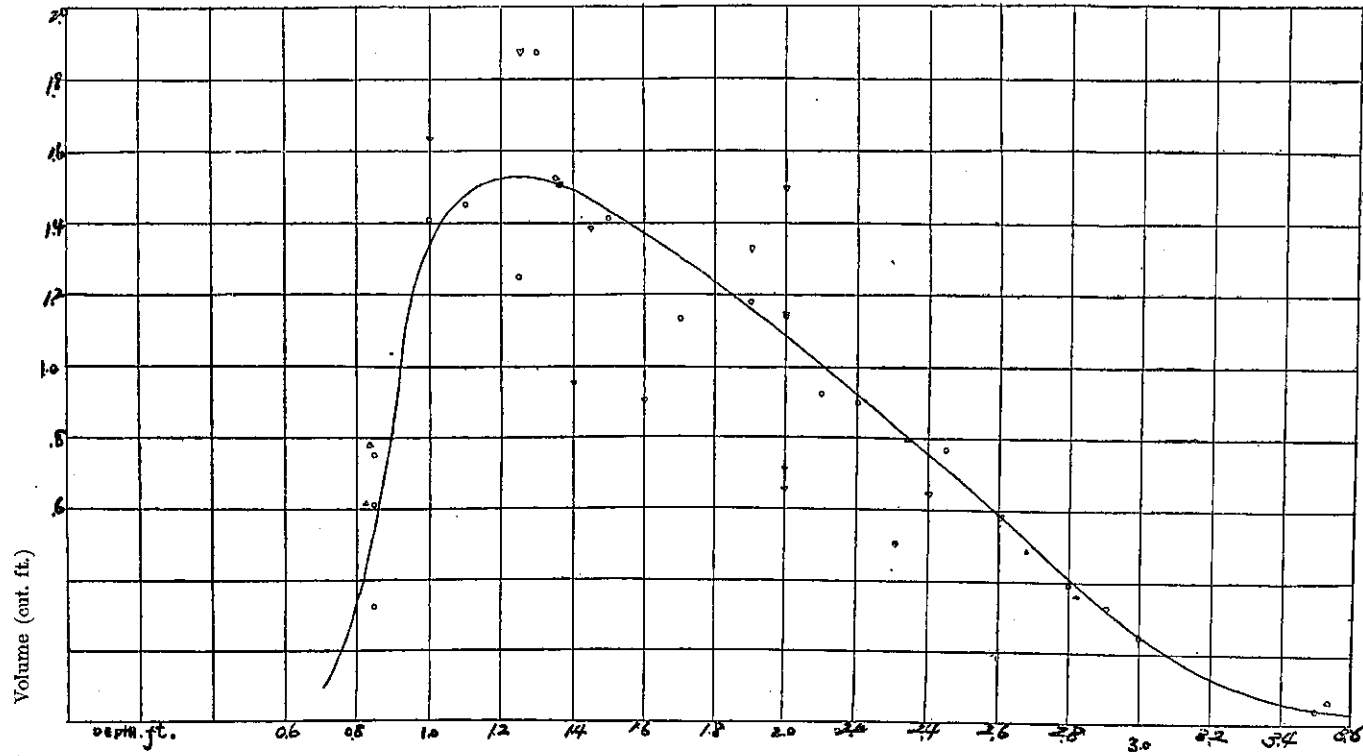
附圖第二 一開壁手掘孔ニ於ケル孔深ト爆發岩量トノ關係 (明延大禮一坑)



附圖 第四

一開壁鑿岩機孔ニ於ケル孔深ト爆破岩量トノ關係

(明延大仙本坑東入地金香瀨五番十二井入地)

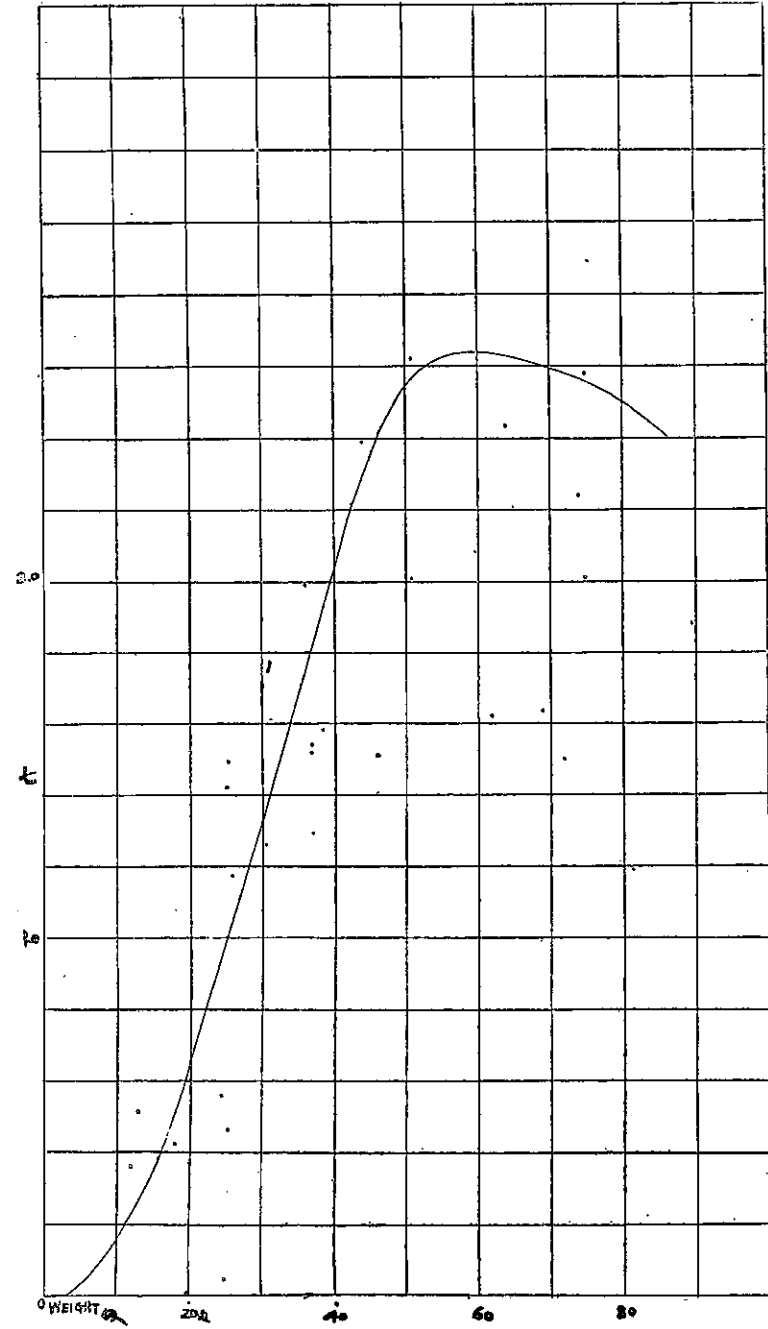


附圖 第六

二開壁鑿岩機孔ニ於ケル孔深ト
爆發岩量トノ關係

(生野金香瀨五番十二井入地)

附圖 第三



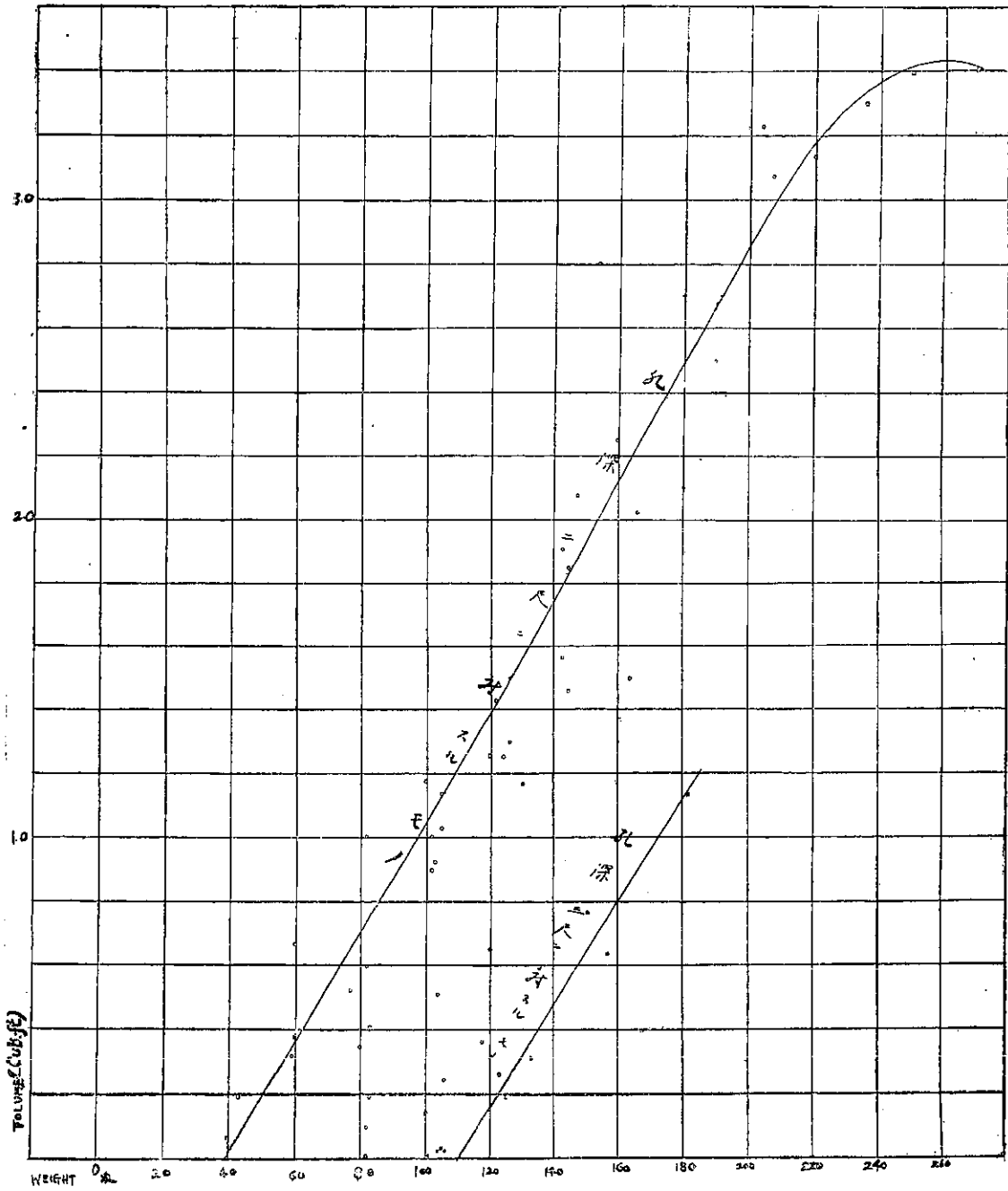
一開壁手掘孔ニ於ケル爆發量ト爆破岩量トノ關係
(明延大禮一坑切込)

(土本會館第七室第三號附圖)

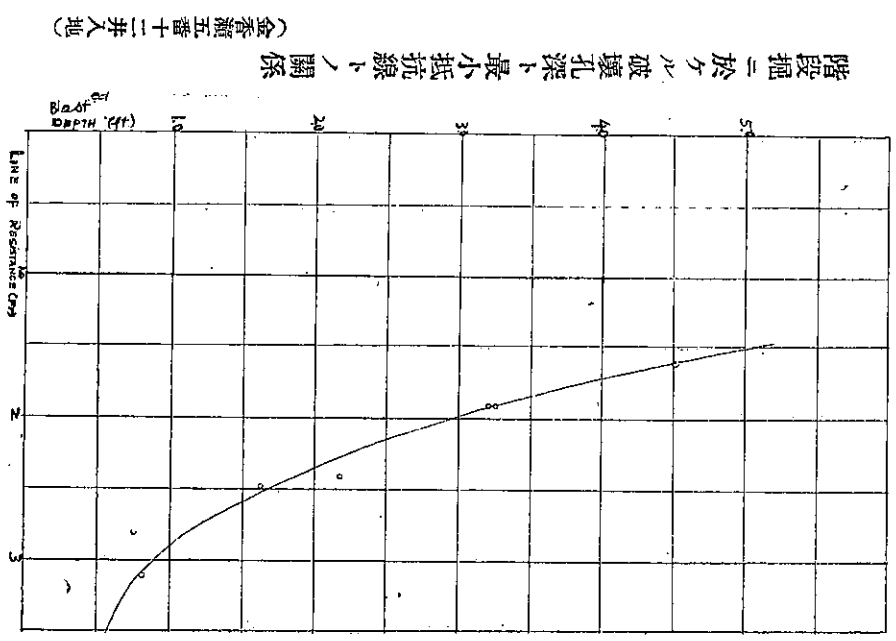
附圖第五

一開壁鑿岩機孔ニ於ケル藥量ト爆破岩量トノ關係

(明延大仙本坑東入地)

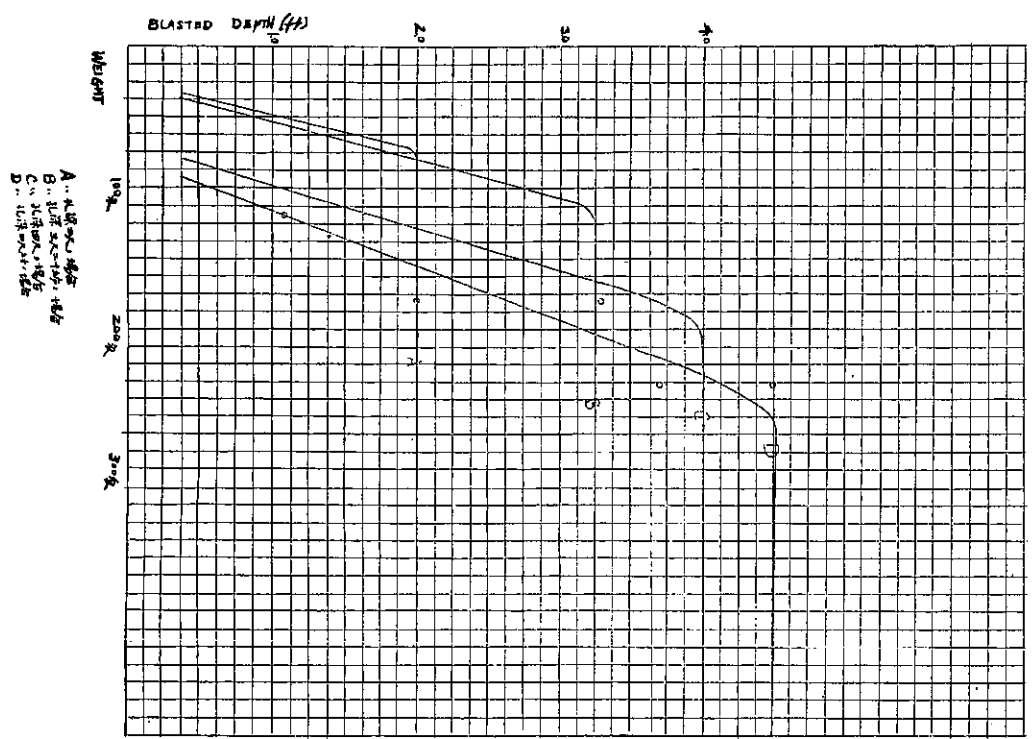


附圖第八



附圖第七

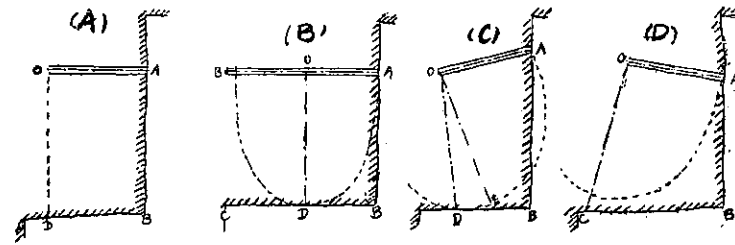
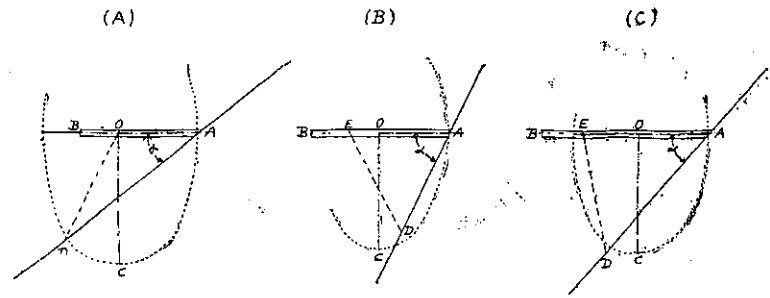
二開壁鑿岩機孔ニ於ケル藥量ト爆破岩量トノ關係
(最小抵抗線一尺九寸トス)



(土木會誌第七卷二附圖)

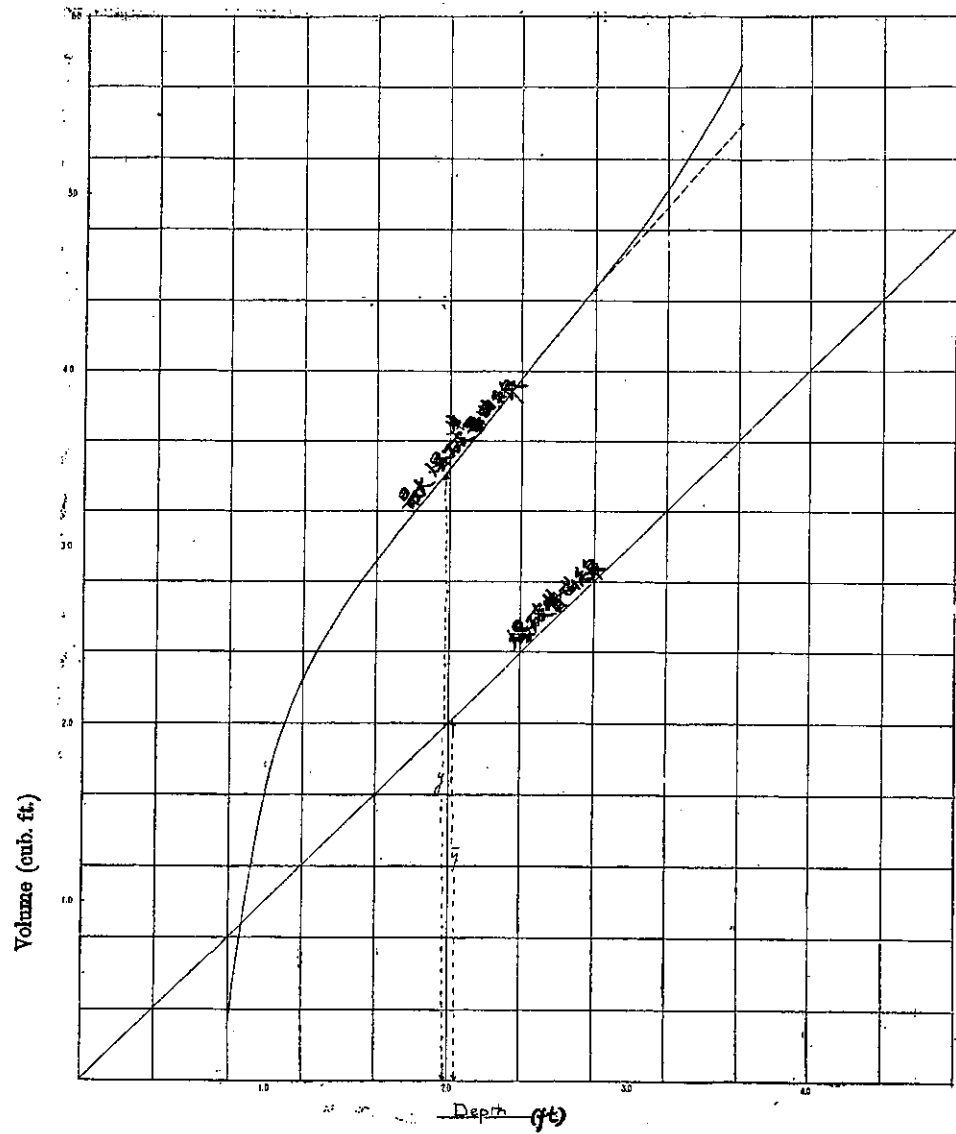
一開壁ノ場合ニ於ケル傾斜孔ノ破壊作用

二開壁ノ場合ニ於ケル傾斜孔ノ破壊作用



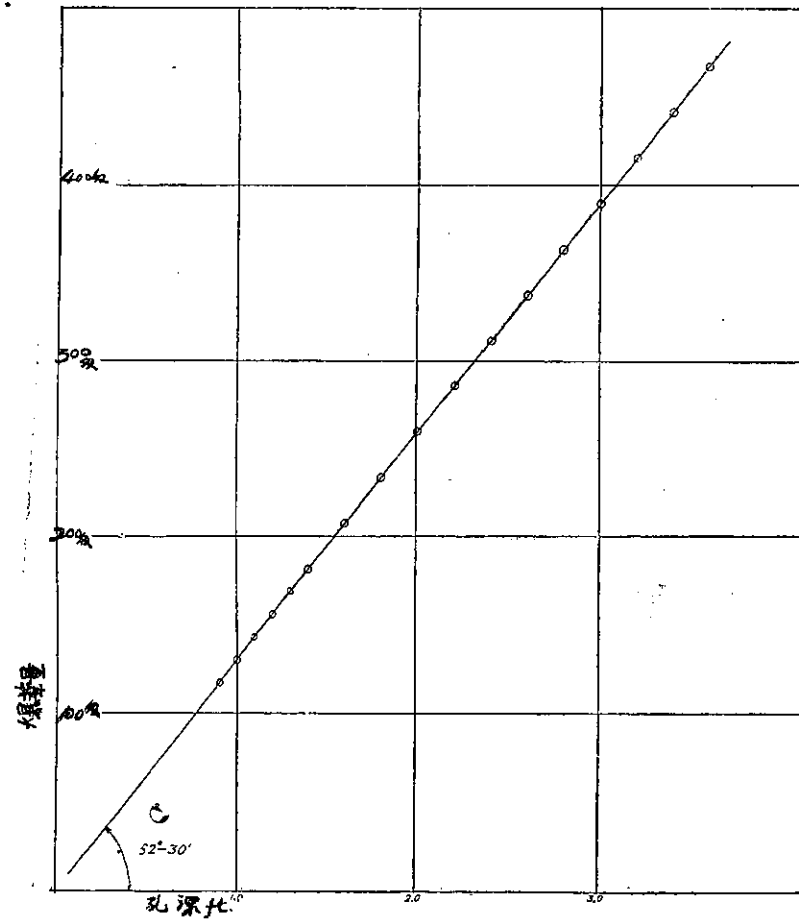
附圖第十一

一開壁最大爆破岩量曲線ト之ニ對スル爆破經費曲線



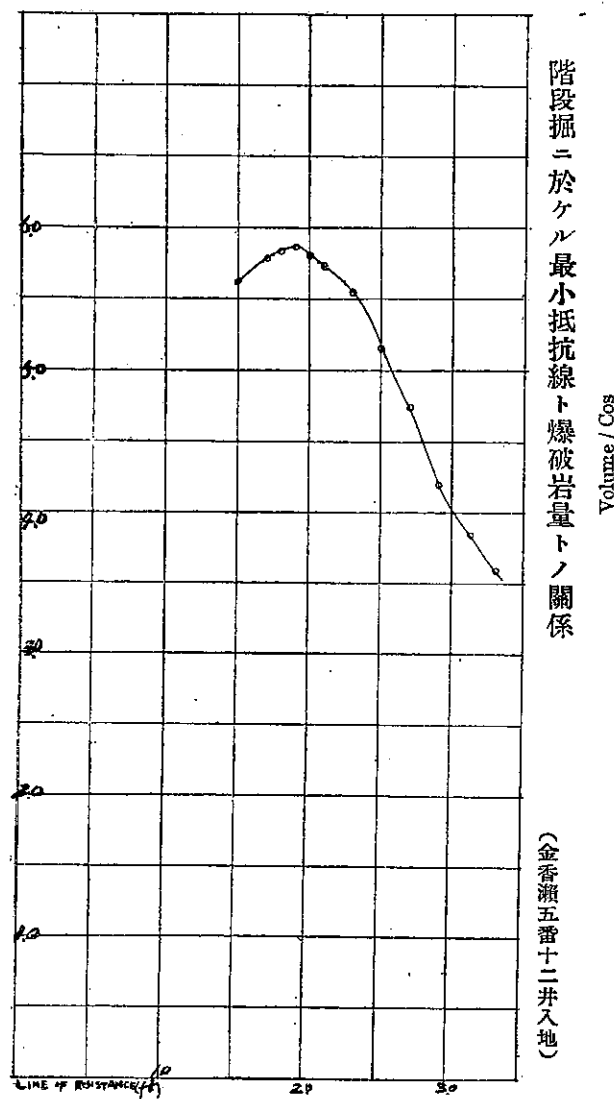
附圖第十

各種孔深ニ對スル一開壁最大爆破諸點ヲZX平面ニ
投射シタル曲線 (明延大仙本坑東入地)

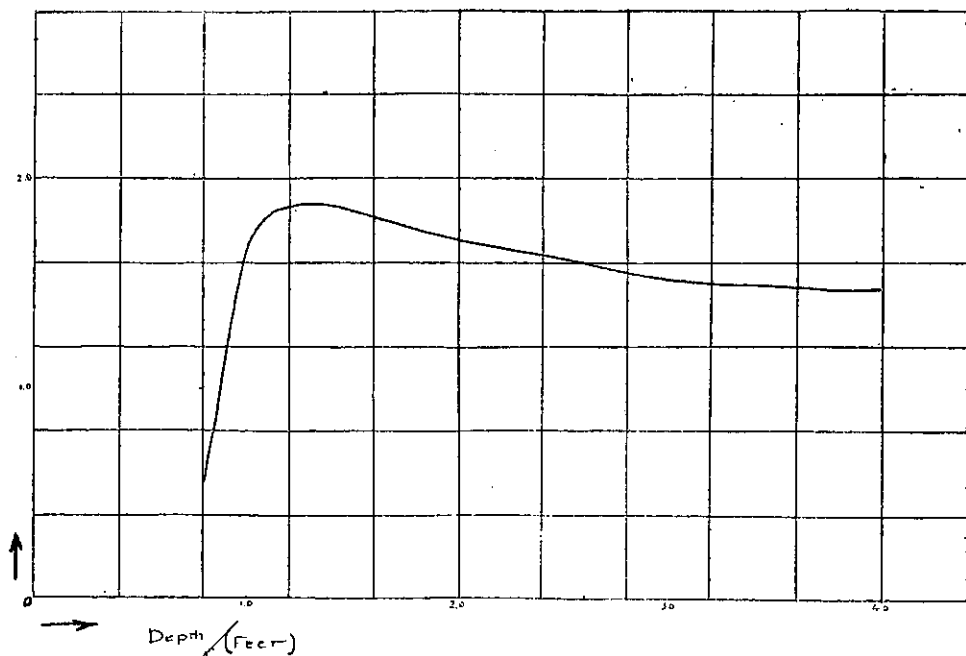


（明延大仙本坑東入地）

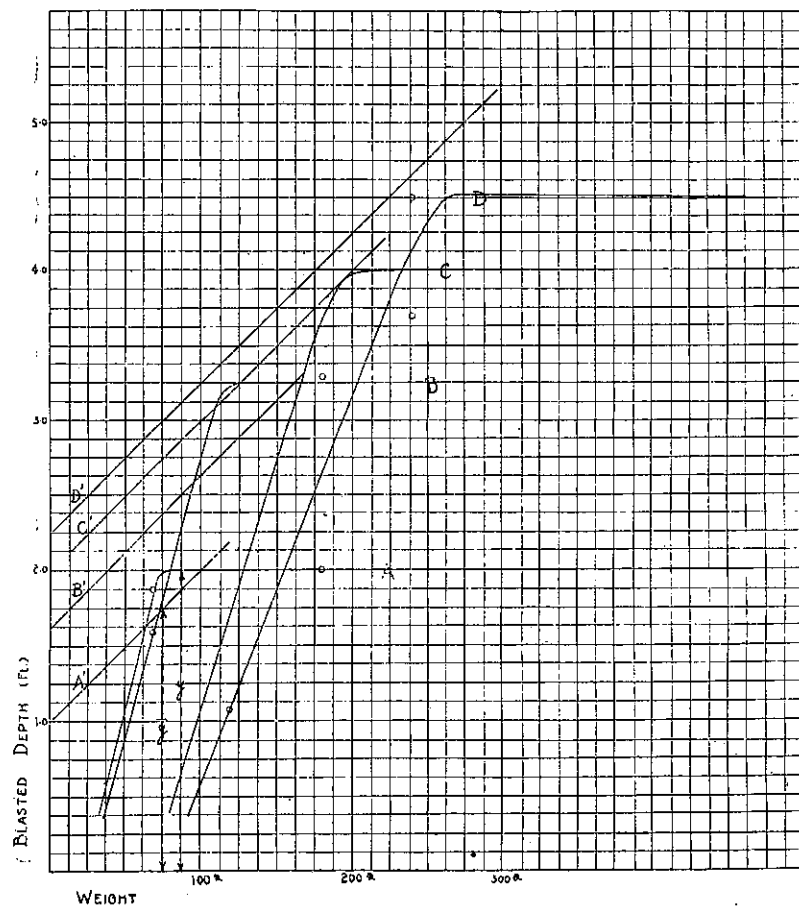
附圖第十四



一開壁ニ於ケル孔深ト單價當最大爆破岩量トノ關係圖
(明延大仙本坑東入地)



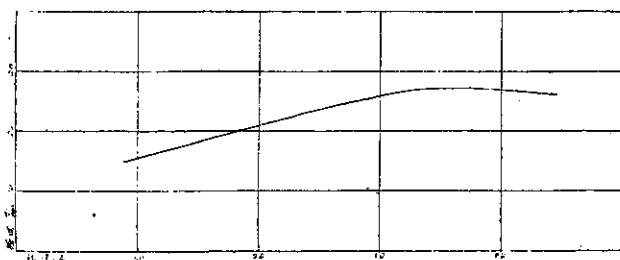
附圖第十三



A - 3.0m 孔徑
B - 4.0m 孔徑
C - 5.0m 孔徑
D - 6.0m 孔徑

附圖第十五

各種孔深ニ對スル掘進率曲線



(土木學會誌第七卷第二號附圖)