

論 說

土木學會誌 第一卷第六號 大正四年十二月

岩石ノ崩壞ニ要スル錐及孔ニ就テ

工學士坂岡末太郎

本邦ノ鐵道ハ早ヤ八千哩内外ノ長キニ亘レリ之レカ布設ニ要セシ星霜ハ已ニ四十有餘年ノ久シキニ亘レリ從テ邦人ハ岩石ノ掘鑿崩壞等ニ關シ多大ノ經驗ヲ積ミ多大ノ知識ヲ得タルハ明カナルモ未タ之レニ關スル充分ナル研究及實驗ノ結果ヲ公ニセルモノアルヲ聞カサルハ豈ニ千歲ノ遺憾ナラスヤ管子隧道ニテハ此點ニ關シ極メテ有益ナル研究及實驗ヲ施シテ較々具體的調査ノ結果ヲ發表シ以テ大ニ世上ヲ利セルモノアリト雖モ其他ニハ何等信據ス可キノ實驗又ハ論文ヲ發表セルモノナキヲ以テ邦人ノ此點ニ關スル知識ハ未タ具體的ニ現出セルナク談偶々岩石ノ崩壞ニ及フトキハ所謂實際家ハ盛ンニ自己ノ經驗ヲ吹聽シ卓厲風發ノ辯ヲ奮ヒ傍人ヲシテ後ニ墮若タラシムルモノナキニアラスト雖モ仔細ニ之レカ質問ヲ試ムルトキハ茫乎トシテ要領ヲ得サルモノ比々皆然リトス是レ則ハチ一ハ其實驗ノ學理的ナラサルト其經驗者ノ知識薄弱ナルトニ歸スルモノニシテ多少書ヲ讀ミテ先ツ原理ヲ明カニシ然ル後實驗ヲ施スニアラサレハ其得ル所其勞スル所ニ比シテ極メテ少量ナルハ萬々免ルヘカラサルノ數ナリトス

吾人ノ茲ニ論スル所ノモノハ重ニ等質岩石 (Homogeneous rock) ニ於テスルヲ以テ特殊ノ場合ニ之ヲ應用スルトキハ或ハ著シク其結果ヲ異ニスルナキヲ保セスト雖モ其結果ノ實地ト一致セサル

カ故ニ何等ノ累ヲ一般原理ニ及ホスモノニアラスシテ特殊ノ場合ニハ特殊ノ原因アリテ之レカ一般原理ニ狂ヒヲ來サシムルモノナレハ其結果ノ異ナルハ正シク異ナル可キノ特殊ノ原理ニ支配セラル、ニ因ルモノナリトス

岩石ノ崩壞ハ裂隙、岩質、裂目ノ方向、硬軟等一々之レカ結果ニ差異ヲ來スノ原因ナレハ特殊ノ場合ニテハ其一般原理ヲ追ハサルハ明カナルモ之レヲ通覽スレハ矢張一般原理ニ從フテ崩壞スルヲ常トスルカ故ニ記者ハ次ニ重ニ一般原理ニ就キテ之ヲ述フルアラントス

記者ノ本論ヲ草スルノ目的ハ(一)一般原理ヲ讀者ニ紹介シ以テ讀者後日研究ノ一參考タルヲ期シ(二)本記事ニ異論アルモノ、高教ヲ仰クニアルヲ以テ讀者若シ充分信據ス可キノ調査又ハ研究アラハ其多年蘊蓄スル智識ヲ傾注シ以テ本邦岩石崩壞ニ關スル智識ヲ發表セラレ記者及實際家ノ迷ヒヲ氷解セラレンコトヲ希望ニ堪ヘサルナリ是レ豈ニ記者一人ノ幸福ノミナランヤ實ニ互リテ國家全體ノ幸福トナルナリ

吾人ハ次ニ左記ノ順序ニ從ヒ記者ノ鐵道技師タリシトキ實地上得タル智識經驗及其後ニ見聞セル事實ヲ摘記シ以テ世上ノ高見ヲ叩カント欲スルナリ

- 一 錐ノ刃
- 二 錐ノ徑
- 三 孔ノ配置
- 四 孔ノ深
- 五 孔ノ數
- 六 爆藥裝填量
- 七 孔ノ撞固
- 八 結論

(一) 錐ノ刃

本邦鐵道隧道ハ重モニ手掘法ニヨリテ掘鑿セラル、カ故ニ其錐刃ハ皆一文字又ハ蛤刃ノ二種ナルカ如シト雖モ機械掘法ニヨルトキハ十字形刃ヲ用ヒタルノ例ナキニアラス管子隧道ノ如キ其一ナリトス

(a) 一文字刃ト蛤刃

工學必携 (Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften) 隧道論ニハ次ノ如ク記セリ

錐刃ノ形狀ハ從來幾多ノ種類アリキ一文字形、蛤形、鉢形、楔形、鳩尾形、鋸齒形等之レナリトス其今日ニ至ル迄ニハ其何レカ最モ有效ナルカニ關シテハ使用者間ニ異論アルヲ免レサリシモ現今ハ單ニ次記ノ二種ハ專ラ用キラル、ニ至レリ即ハチ一文字形及蛤形トス極メテ硬質ノ岩石ニハ前者ハ適當ニシテ軟カナル岩質ニテハ後者ハ適當ナリ

あんどれー (André) 氏著岩石爆發法 (Rock Blasting) ニヨレハ次ノ如シ

一文字形ハ曲線形ニ比シ其切付上有利ナルモ刃ノ隅部ハ曲線形ヨリ於弱キカ故ニ硬岩ヲ切付クルニ不適當ナリ又刃ノ燒方ニ關シテモ比較的困難ナリ

以上二者ヲ比較スルニ全然反對ノ主張ナリトス記者ハ未タ此種ノ經驗ニ乏シキヲ以テ此問題ニ關シ普ク識者及實際家ノ高教ヲ乞フモノナリ

(b) 錐刃ノ燒キ

燒刃ノ剛柔如何ハ大ニ研究ヲ要スル問題ナリ何トナレハ刃ニシテ剛キニ過クルトキハ掘鑿中錐ノ尖端折レテ孔底ニ止マリ再ヒ其孔ヲ穿ツ能ハサルヲ以テ已穿ノ孔深ヲ全部捨テ去ルノ不利アリトス柔ニ過クルトキハ先端ハ忽チ鈍リテ全然用ヲ爲サ、ルニ至リ錐ノ交換上多大ノ時間ヲ要スルニ至ル故ニ其岩質ニ對シテ最モ適當ナル錐ヲ得ンニハ如何ナル方法及原理ニヨリテ之レヲ燒クカ是レ研究ス可キノ一大問題ナリ人或ハ一ニ之ヲ鍛冶工ノ手腕ニ信賴シテ他ヲ顧ミサルモノアルモ是レ決シテ賞揚ス可キノ方法ニアラサルナリ故ニ記者ハ記者ノ見聞セル一二ヲ記シテ以テ世上ノ參考ニ供セントス

此點ニ關シ吾人ノ第一ニ知ラサルヘカラサルハ鋼ノ性質ナリ鋼ヲ高度ニ熱スルトキハ炭素ハ其中ニ溶解スルコト猶ホ砂糖ノ水中ニ溶解スルカ如クナルモ若シ之ヲ漸次ニ冷却スルトキハ其質

均等ナラサルカ故ニ顯微鏡ヲ以テ之ヲ檢スレハ單ニ炭素ト鋼トノ混合ヲ見ルニ止マリテ極メテ軟キ性質トナルナリ然レトモ之ヲ冷却スル極メテ急激ナルトキハ炭素ハ鋼内ニ均布シテ極メテ硬性ノ鋼トナルナリ故ニ鋼ノ第一ノ性質ハ之ヲ冷却スル緩急ノ如何ニヨリ其硬度ヲ異ニスルコトナリトス鋼ノ第二ノ性質ハ炭素ヲ含ム量ノ大小ニヨリテ軟硬ヲ異ニスルコトニアリ即チ炭素ヲ含ム多ケレハ多キ程其剛度ヲ増加スルコトニアリトス故ヲ以テ鋼ノ剛度ヲ支配スル要素ハ炭素ノ溶量ト冷却ノ緩急トニアリテ此二者ヲシテ最モ適當ナラシメハ最モ適當ナル鋼ヲ得ルナリ換言セハ硬度ト靱度 (Hardness & Toughness) トニ於テ間然スル所ナキノ鋼ヲ得ルナリ此兩者ヲ最モ適當ニ鍛鍊調合スルハ即チ所謂鍛冶工ノ妙ヲ得タルモノニシテ其妙所ノ何クニアルヤハ科學的ニ之ヲ説明スルコト極メテ困難ナリト雖モ次ニ歐米ニ於ケル燒法ヲ述ヘテ以テ世上ノ批判ヲ乞ハントス

今一鋼ヲ取リテ之ヲ熱スルニ其鋼ノ現スル色ハ熱度ノ高低ニヨリテ種々ノ變化ヲ受クルモノニシテ其熱度ノ等シキトキハ其色モ亦必ス一定ス又他ノ鋼ヲ取リテ之ヲ熱スルニ熱度ト色トノ關係ハ全然第一者ト同一ナリト稱スル能ハサルモ亦必シモ著シク異ナルモノニアラス言ハノ大同小異ノ結果トナル今其關係ヲ示セハ大略次ノ如クナルナリ

熱 度	色	用 途
攝氏 220°	薄 黃	外科用器
230	藥 色	ないふ剃力木具用刃物
255	齒 黃	鑿剪刀類
265	敵 紫	穿大ないふ

275	527	紫	彈器類
290	534	薄荷色	時計彈器、刀劍類
295	563	黒青色	細銀、九がね類
315	600	甚シキ黒青色	手鏡

以上ハなるすとん (Thimston) 氏ニ據ルモノニシテ此表ニヨレハ錐類ノ燒度ハ攝氏二百九十五度内
外ニ熱スルヲ適當トスルカ如シあんどれー氏ハ亦次ノ如ク記セリ「鑿岩錐ニテハ其岩質ノ甚タ硬
キトキハ藁色ヲ以テ最モ適當ナル燒度トシ中位ノ硬度岩ニ對シテハ薄青ヲ以テ最モ適當トナス
ナリ云々」

ト之ヲさるすとん氏ノ記スルモノト比較スレハ多少相違アルヲ免レサルモ要ハ其岩石ヲ察シテ
最モ其岩質ニ適スル様臨機燒度ヲ加減スルハ最得策ナル可キニヨリ先ツ種々ノ色ニテ之ヲ試ミ
ナハ其最モ適當ナル色ヲ見出スコト左迄困難ナラサル可キニヨリ工事監督者モ亦此點ニ關シ研
究ヲ積マレンコトヲ希望ニ堪ヘサルナリ

鋼ノ燒法ハ次ノ如シ

先ツ錐ノ刃ヲ形クリテ其錐ノ先端三四吋ヲ赤熱ニ係ク可シ次ニ略一時深ノ冷水槽ニ其先端ヲ投
入シ其際其先端ヲ少シク上下ニ動かス可シ此上下作用ヲ等閑ニ附スルトキハ硬度ノ定マル餘リ
ニ急激ナルカ故ニ刃ハ其水面線ニ沿フテ缺クルノ惧アリトス水ノ餘マリニ冷カナルトキハ鐵ノ
熱片ヲ槽中ニ投入シテ幾分之ヲ熱スルノ方法ヲ取り然ル後ニ錐端ヲ投入ス可シ錐端ノ充分硬化
スルヲ待ツテ錐ノ他ノ熱灼部ヲ水ニ入レテ以テ燒ヲ入ル、ニ充分ナル熱度ニ至リテ止ム夫レヨ
リ之ヲ取上ケテ其色ヲ熟驗スレハ尙ホ錐體上ニ殘レル熱度ハ漸次錐端ニ傳ハルモノニシテ刃部
ニ熱度ノ増スニ從ヒ先端ヨリ錐體ニ移ル色ノ變遷ハ極メテ整然トシテ且自然的ナルヲ見ル夫レ

ヨリ錐體全部ヲ槽中ニ投入シ全ク之ヲ冷却セシメテ以テ錐ノ燒工ヲ終ルナリ

(c) 錐刃ノ角度

錐刃ノ角度ヲ如何ニス可キヤハ是レ亦一大問題ニシテ如何ニ鍛工ニ缺クルナキノ錐ヲ作ルト雖モ此角度ニシテ適當ナラサレハ或ハ鈍フリ或ハ缺ケテ以テ所要ノ目的ヲ達スル能ハサルナリ然レトモ硬岩ニ對シテハ角度ノ大ナルヲ要シ軟岩ニ對シテハ於少ナルヲ要スルハ一般ノ概則ト見做シテ差支ナキモ一岩質ヲ捉ヘテ其角度ヲ定ムルハ極メテ難事タラスンハアラス工學必携ニヨレハすば一法トシテ次ノ方程式ヲ掲ケ居レリ



圖一第

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{\phi}{\alpha}}$$

α=刃ノ角度; φ=岩石ト錐トノ摩擦角

同氏ハ又砂岩ニテハφ=45 石灰石ニテハφ=24トナセルニヨリ前者ニテハα=75°トナリ後者ニテハα=64°トナル

(d) 單刃ト複刃トノ比較

管子隧道工事報告書ニヨレハ手掘ノ際ハ全部 $\frac{3}{4}$ 一字形錐ヲ用ヒタルカ如ク又鑿岩機用ニハ複式ナル十字形ニ燒刃ヲ入レタルモノヲ用ヒタルカ如ク手掘ノ際ニ十字形又ハ其他ノ複刃ヲ用フルハ其抗力餘マリニ大ナルヲ以テ單刃ヲ用フルハ獨リ本邦ニ普通ナルノミナラス世界ヲ通シテ然リトスルカ如ク此點ニ關シテハ何人モ異論ヲ挾ムノ餘地アルナキカ如クシト雖モ或ハ場合ノ如何ヲ問ハス單刃ヲ用フ可キヲ推獎スル埃國ノ製造家ノ如キアルニ反シ米國ニテハ盛シニ複刃ヲ推獎スルヲ以テ之レ亦一問題タルニ至レリ

單刃ノ利點ハ(一)刃ヲ作り又ハ之ヲ直シ又ハ之ヲ研クニ極メテ便ナルニアリ(二)使用上輕便ナリ(三)

孔内ノ回旋自在ナルヲ以テ地質ニヨリテ十字刃ヨリ速ニ穿孔スルナリ(四)べんでご(Bendig)ニ於ケル實驗ニ徴スレハ一字刃ニテハ毎呎ノ進工ニ對スル定量十六八立方呎ナルニモ關ハラス星形刃ニテハ十八立方呎ヲ要セルヲ以テ空氣ノ用量ハ少ナル等ニアルモ硬岩ニテハ(一)刃ノ損磨ハ同一進工ニテハ複刃ハ略一字形ノ半ニ過キササルヲ以テ從テ進工上複刃ノ勝ルヤ明カニシテ(二)單刃ハ時ニハ岩質ノ裂目ニ埋マリテ之ヲ拔取ルノ際非常ニ困難ヲ來スコトアリト雖モ複刃ハ全然此憂ナシ(三)複刃ハ單刃ヨリ鑿孔上速ナルノミナラス其孔ニハ亦大ナルヲ以テ一度ニ多量ノ岩石ヲ崩壞スルヲ得ルノ利モアルナリ

以上ノ如キヲ以テ機械掘ノ場合ニ尙單刃ヲ推奨スルハ工事ノ進捗上ヨリ見テ決シテ得策ナラサルヲ信スルナリ

(二) 錐ノ徑

本邦ノ慣習ニヨレハ手掘ノ場合ニハ $\frac{3''}{4}$ 又ハ $\frac{7''}{8}$ ヲ普通トス鑿岩機ヲ使用スル場合ニハ $\frac{3''}{4}$ $\frac{1''}{2}$ $\frac{1''}{8}$ 徑等ノ錐ヲ用ヒタルノ例ナキニアラサルモ最後ノ穿孔ニハ $1''$ 乃至 $\frac{1''}{8}$ ノ一文字形ヲ用フルカ如シ管子隧道工事報告ニヨレハ大ハ $\frac{3''}{4}$ ヲ超エス小ハ $\frac{1''}{4}$ ニ止ルヲ可トスルカ如シトアリテ之ヲ外國ノ例ニ徴スルトキハ $\frac{3''}{4}$ 乃至 $3'$ ヲ使用セルモノ多クアリテ其何レカ最モ利アルヤハ是レ正シク研究ヲ要スル一問題ニアラスヤ今外國ノ實例ヲ調査スルニ次ノ如シ

名稱	錐 徑(吋)	氣壓一平方吋(磅)	備 考
Kalgoorlie Field	$\frac{3\frac{5}{8}-1\frac{1}{4}}$	80-90	鑿坑ニテ
Walhalla, Australia	$\frac{3\frac{1}{4}}$	100	"

Caledonia mine

$$\left. \begin{array}{l} \frac{2}{3} \\ \frac{2}{3} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{7} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{5} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{1} \\ \frac{1}{2} \end{array} \right\} \text{口付用}$$

60

Utah mine

$$\frac{3}{4} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

G. T. P. R. R.

$$\frac{3}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

Chepple Creek

$$\frac{3}{8}$$

口付用

Meyer & Charlton mine

$$\left. \begin{array}{l} \frac{2}{4} \\ \frac{3}{4} \\ \frac{2}{4} \\ \frac{1}{4} \\ \frac{1}{3} \\ \frac{1}{4} \\ \frac{1}{1} \\ \frac{1}{2} \end{array} \right\}$$

他ニ幾多ノ實例アルモ何レモ皆以上ト大差ナキノ錐ヲ用フルヲ普通トシ管子隧道ニテ實驗セル結果即ハチ $2\frac{3}{4}$ 乃至 $1\frac{3}{4}$ ヲ最良ナリト認メタルニ比スレハ實ニ雲泥ノ差アルヲ見ルナリ然リト雖モ錐ノ大小ヲ定ムルハ之レカ氣壓ノ高低ヲ斟酌セサルヘカラス管子隧道ニ使用セル氣機ノ氣壓ハ一平方吋ニ付キ四十乃至四十五所ニ過キスシテ配氣器ニテハ更ニ其壓力ハ減シテ三十乃至三十五所内外ニ至リタリシヲ以テ之ヲ外國ニ於ケル氣壓六十ヲ最小ニシ八十乃至百所ヲ普通トスルニ比シテ衝擊力著シク減少スルハ理ノ當然ナレハ本邦ニ於ケル鑿岩器ノ使用拙劣ノ結果小徑錐ヲ用フルノ止ムナキニ至レルモノト速斷スルノ誤謬ナルコト明カニシテ要ハ壓氣機ノ氣壓如何ニヨリテ之レカ錐徑ヲ定ムルヲ適當ナリト思惟スルナリ

(三) 孔ノ配置

最小ノ孔數ト最小ノ爆藥量ヲ以テ最大ノ崩岩ヲ得ントセハ孔ノ配置ニ充分ノ注意ヲ拂フノ必要アルハ固ヨリ其所ニシテ從來我邦ノ技術者ハ孔ノ掘鑿ニ關シテハ一ニ之ヲ抗夫ノ爲スカ儘ニ任シテ深ク之レカ研究ヲ重ネサルモノ多キヲ以テ此點ニ關スル記事ヲ本邦ノ工事報告及雜誌書籍ニ見ル極メテ少ナク從テ本邦技術者ノ此點ニ關スル知識モ極メテ菲薄ナルノ遺憾アルヲ以テ記者ハ此點ニ關スル外國ノ例ヲ舉ケテ以テ讀者ノ參考ニ供ス可シ

孔ノ配置ニ關スル外國ノ習慣ヲ調査スルニ大略次ノ如ク區別セラレ得ルナリ

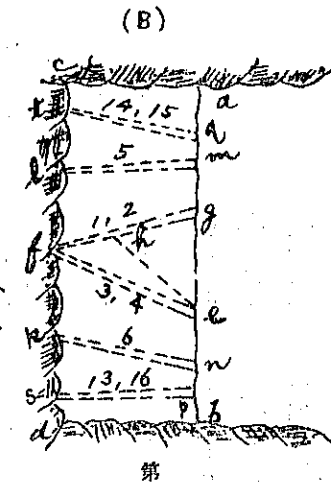
(a) 中心掘 Centre out.

(b) 角掘 Square out.

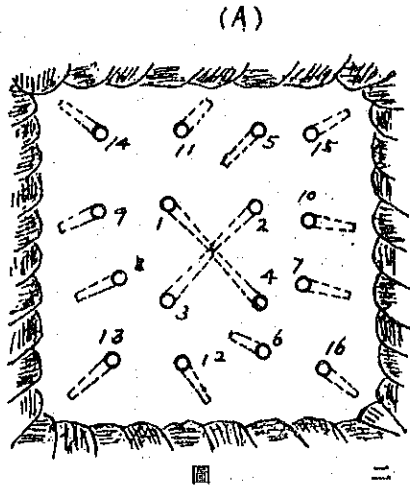
(c) 側掘 Side out.

(a) ハ導坑又ハ堅坑ノ掘鑿面ノ中央ニ先ツ岩窟ヲ穿チ次ニ其岩窟ノ周圍ヲ掘鑿シテ以テ之レカ進工ヲ計ルノ方法ニシテ岩窟ノ形狀ハ或ハ之ヲ圓錐形ニスルアリ或ハ角錐形ニスルコトモアリ (b)

導坑又ハ堅坑ノ掘鑿面ノ中央ヲ上下ニ通シテ先ツV形ニ掘鑿シ次ニ其左右ヲ掘鑿シテ以テ其一



第 二 圖



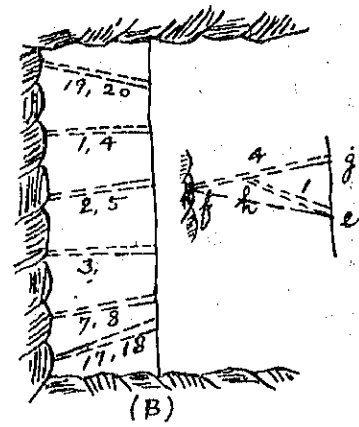
第 一 圖

進工ヲ計ルモノニシテ中央ノ掘鑿ハ或ハ之ヲ横ニスルコトモアルナリ(0)此方法ハ先ツ掘鑿面ノ何レカ一側ヲ上下ニ掘鑿シ終リ次ニ其已鑿溝ニ平行シテ崩壞スルノ方法ニシテ或ハ第一ノ掘鑿ヲ頂點又ハ底點ヨリ始ムルコトモアルナリ第二圖ハ中心掘ノ好例ニシテ點線ハ孔ノ方向ヲ示ス(A)ハ導坑ノ前面ニシテ(B)ハ其縱斷面ナリトス1 2 3 4 孔端ハ皆一點ニ集中セラル、カ故ニ岩ノ抵抗カハ最少トナリ從テ容易ニ所要ノ岩窟ハ得ラル、ナリ

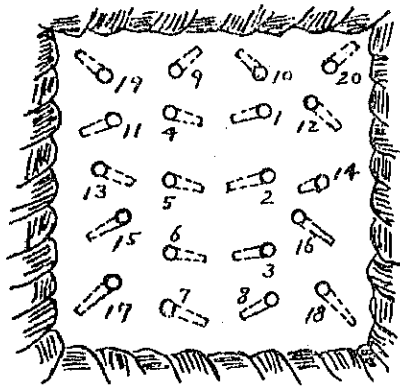
或ハ四孔ノ代リニ三孔ヲ以テ之レカ岩窟ヲ作ルコトモアリ要ハ岩質ノ如何ヲ察シテ之ヲ定ム可キノミ若シ此種ノ孔ニシテ其位置宜シキヲ得サルトキハ尙ホ餘分ノ孔ヲ穿チテ之レヲ爆發セシムルニアラサレハ所定ノ岩窟ヲ得ル能ハサルニヨリ之レカ中心孔ノ配置ト深サニ關シテ非常ノ注意ヲ要スルハ勿論ナリ第二圖ノ如キ孔ノ配置ニテハ先ツ1 2 3 4 孔ヲ同時ニ爆發セシメ第二ニハ切擴孔5 6 7 8 ヲ同時ニ又ハ引續キニ爆發セシメ第三ニハ9 10 11 12 孔ヲ第四ニハ13 14 15 16 孔ヲ同時ニ又ハ引續キニ爆發セシムルハ最モ經濟ナル方法ナリトスさんご

50ノ隧道(St. Gotthard)ノ如キハ中心掘ニヨリテ起工シ竣功セラレタリ角掘ノ適例ハ第三圖ノ如キ配置ニシテ此場合ニテハ1 2 3 4 5 6 6 孔ヲ點線ノ方向ニ穿チテ略之ヲ圖ノ如ク中心ニ會セシム

若シ孔ノ最小抗力線ニシテ爆發力以上ナルトキハ1 2 3 孔ヲ4 5 6 孔ヨリ淺クシテ先ツ *egh* |
 ナル部分ヲ崩壞シ次ニ4 5 6 孔ヲ以テ *ahf* | 部ヲ崩壞セシムルコトモアルナリ1...6 孔ノ爆



(B)



(A)

三

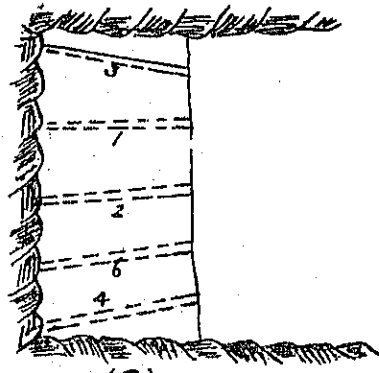
第 圖
 發ハ同時ナルヲ要シ7 8 ハ同時ニ9 10 孔モ亦同時ナルヲ要スル
 ハ勿論ナリ夫レヨリ11 13 15 孔ヲ同時ニ又ハ引續キニ12 14 16 孔ヲ同
 時ニ又ハ引續キニ最終ニ17 18 19 20 孔ヲ同時ニ又ハ引續キニ爆發
 セシムルモノナリ第三圖(A)(B)ノ點線ハ之レカ各孔ノ方向ヲ示ス
 モノトスばふるふる水道用隧道 (Buffalo water tunnel) ノ如キカッ
 とすける (Carter) 隧道ノ如キ此方法ノ實例ナリトス

側掘ハ第四圖ノ如ク穿孔セラル、モノニシテ此場合ニテハ第一
 ニ1 2 孔同時ニ第二ニハ3 4 孔引續キニ第三ニハ5 6 孔第四ニ
 ハ7 8 孔引續キニ第五ニハ9 10 孔引續キニ第六ニハ11 12 孔引續
 キニ爆發セシムルモノトス(B)ハ則ハテ孔ノ方向ヲ示スモノトス
 かるた、隧道 (Carter tunnel) ノ如キハ此法ノ實例ナリ

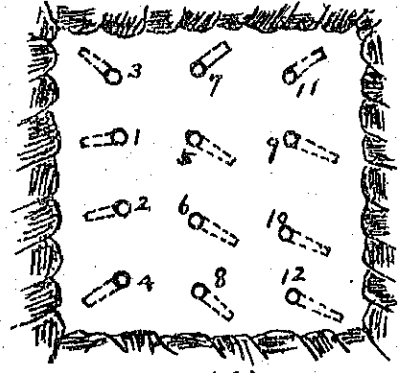
以上數法中何レカ最モ有利ナルヤノ問題ハ之ヲ決スルコト甚タ
 困難ナリ然レトモ吾人ノ第一ニ考フ可キノ點ハ岩石ノ抗力線
 (Line of resistance) ト孔ノ方向トノ關係ナリ此點ニ關スル原理ハド
 ー (Daw) 氏ニヨリテ主張セラレタルモノニシテ次ノ如シ
 孔ノ方向ハ岩石ノ抗力線ト直角ナルトキニ最大効力ヲ與フ
 ルモノニシテ其線ト一致スルトキハ最小効力ヲ與フルモノ

論 說 岩石ノ崩壞ニ要スル維及孔ニ就テ

以上ハドー氏ノ岩石爆發法 (Blasting of rock) 第五章ニ論結セル所ニシテ實驗上學理上決シテ誤謬



(B) 第



(A) 圖

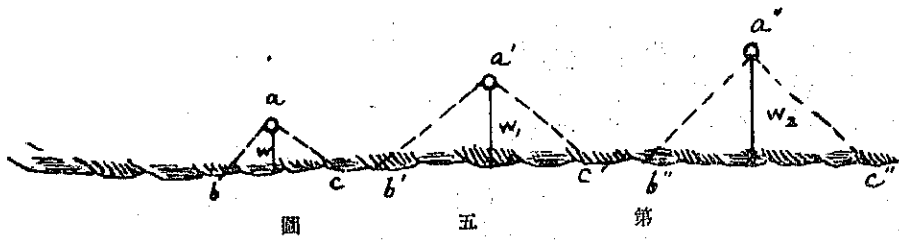
四

ナクンハアラサルナリ

ナキモノナリトハ著者ノ公言セル所ナルノミナラス其他ノ隧道學者モ亦此論結ニ異議ヲ唱フルモノナキナリ今此前提ヲ可容的ナリトセハ最モ不利アル孔數ヲ最小ニシ最モ有利ナル孔數ヲ最大ニスルハ最モ有利ナル掘鑿法ナリト論斷スルモ亦何ノ不都合ヲ見ス而シテ堅坑又ハ導坑ノ掘鑿ニ際シテハ最大有効ノ孔ヲ設クル能ハサルナリ何トナレハ孔ノ方向ハ導坑又ハ堅坑ノ前面ト平行ナラシムルコトハ導坑又ハ堅坑ノ如キ唯一ノ開壁 (Free wall) ヲ有スル場合ニハ絶對的ニ不可能ナレハナリ故ニ此場合即ハ特ニ中心掘ニ要スル孔ノ方向ハ開鑿中最モ不利ナルモノニシテ此不利ナル開鑿ヲ要スルノ點ヨリセハ中心掘ハ(一)此種ノ孔數最小ニシテ其他ハ皆其中心窟ヲ利用シテ開壁ヲ二面又ハ二面以上トナシ以テ開壁ニ平行ナル孔向ヲ設ケルヲ以テ最大能率ノ孔數ハ中心掘法ニ於テ最大ナレハ理論上最良法ナルハ明白ナリトス(二)且ツ中心ヨリ左右上下ニ同時ニ穿孔シ得ルヲ以テ二臺以上ノ機械ヲ据付ケ得ルノ利アリテ工事ヲ急クノ際ニハ特ニ有利ナリトス

角掘法モ亦(二)ノ利益アルハ明カナルモ第一開鑿ニ要スル孔數中心掘法ヨリ多數ナルヲ以テ中心掘法ニ比シテ其能率ノ幾分劣ル

側掘法ノ最モ適當ナル場合ハ(一)唯一ノ鑿岩機ヲ用フルノトキニアリ此場合ニテハ唯一ノ鑿鉗ヲ



取付クルトキハ凡テノ孔ハ皆此一据付ニヨリテ穿孔セラレ得ルヲ以テ之レカ
取外シ取付ニ餘分ノ時間ヲ要スル最小ナルノ大利アリトス(二)此方法ノ利點ハ
岩層ハ縱向ナルノ際ニアリ何トナレハ此際ニテハ孔ハ最モ有利ナル方向ニ穿
タレ得ルカ故ナリトス然リト雖モ此等特殊ノ場合ヲ除キテハ中心掘法又ハ角
掘法ニ劣ルヤ明カナリ

本邦鐵道ノ例ヲ見ルニ側孔ヲハ傾斜セシムルモ中心孔ヲ前面ニ直角ニ穿ツヲ
普通トスルカ如シ管子隧道ノ如キモ亦此法ニヨリテ掘鑿セルモノニシテ是レ
則チ最小能率法ナレハ孔向ヲ幾分ニテモ傾斜セルモノハ於大ナル效力アルコ
ト前述ノ如キヲ以テ本邦ニ於ケル中心孔ノ方向ハ決シテ當ヲ得タリト稱スル
能ハサルナリ

最小抗力線ヲ知ルハ爆發上極メテ有益ナル事項ニシテ此線長ヲ知ラスシテ漫
リニ穿孔シ裝藥スルカ如キハ徒ラニ裝藥ヲ損耗シ孔尻ヲ殘スノ不利アリテ工
事進捗上經濟上是非共先ツ之ヲ知ラサルヘカラサルナリ此抗力線ハ岩質ニヨ
リテ一々異ナルモノナレハ特殊ノ場合ニハ特殊ノ試驗ヲ施シテ之レヲ知ルヲ
要スルナリ

最小抗力線ヲ知ルニハ二個ノ開壁ヲ有スル第五圖ノ如キ場合ヲ取ルヲ宜シト
ス

今 a' a'' 等ノ各孔ヲ穿テテ其方向ヲ開壁 bc'' ニ平行ナラシメ各孔ノ bc'' ヲ去ル距
離ヲ w w_1 w_2 等トシ此等ノ各孔ニ裝藥ヲ裝填シテ之ヲ爆發セシメ其何レカ最モ

有利ナル爆發ヲナスヤヲ試ム可シ崩岩ノ遠キニ飛ヒ散サレ若シクハ高度ノ聲音ヲ發シテ爆發スルハ極メテ不經濟ナル爆發ニシテ是等ハ其爆發力全部ヲ岩石ノ崩壊ニ費サスシテ岩石ヲ遠キニ飛ハスノ勢力ニモ費サル、ヲ以テ結局其崩壊力全部ヲ崩壊ニ費サ、ルコト、ナルナリ之レニ反シテ崩壊ハ毫モ遠方ニ飛フナク爆發モ亦恰モ遠雷ノ轟クカ如キアラハ是レ爆力ノ殆ント全部ハ崩壊ニ費ヤサレタルモノニシテ此際ニ於ケル距離ハ即ハチ所謂最小抗力線トナルナリ故ニ此法ヲ數回繰返セハ所要ノ抗力線ハ其場合ニ適用セラレ得可キモノトナリテ現ハル、ナリ

此線ニ關スル數理的ノ計算公式ハドー氏ニヨリテ案出セラレタルモノナキニアラサルモ實用上左迄利益アリト信スル能ハサルヲ以テ記者ハ何人ニモ容易ニ實行シ得可キ方法ヲ茲ニ掲記セルモノトス

(四) 孔ノ深

本邦ニ於ケル手掘孔ノ深サヲ見ルニ $\frac{3}{4}$ ぼるとニテハ先ツ二尺内外ヲ普通トシ其硬岩ニ際會セハ偶ニハ一尺又ハ五寸内外ノ深サニ至ルノ例ナキニアラサルモ普通ノ岩石ニテハ先ツ二尺内外ト見做セハ可ナラント信スルナリ然レトモ機械掘ニ於ケル孔深ヲ見ルニ管子隧道ノ例ニヨレハ軟岩ニテハ三呎中硬ノ砂質板岩ニテハ二呎變性堅緻板岩ニテハ一二呎ニ降レルカ如シ即ハチ軟岩ニテハ孔深ヲ増シテ孔數ヲ減シ硬岩ニテハ孔深ヲ減シテ孔數ヲ増スノ方法ヲ取レルナリ孔數ヲ増ストキハ機械ノ移轉取付取外等ニ多大ノ時間ヲ徒費スルヲ以テ進工程ヨリセハ孔數ヲ増スノ方法決シテ宜シキヲ得タリト稱スル能ハサルモ要ハ一日ノ進工ト爆藥量トヲ計算シテ一ハ以テ一爆藥ニ相當スル崩壊ヲ最大ニシ一ハ以テ一日ノ進工比較的大ナル可キヲ期スルニアルヲ以テ孔深ト孔數トノ間ニ於テ自ラ最大効率ヲクンハアラサルナリ

歐洲ニ於テハ一般ニ淺孔ヲ推奨セリ何トナレハしんぷるん及れいつひべる(Simpson & Loetschberg)

隧道ニ於ケル經驗ハ淺孔ニヨリ多大ノ成功ヲ來シタレハナリ之レニ反シ米國ニテハ一般ニ深孔ヲ獎勵セリ何トナレハ米國ニテハ深孔ニヨリテ何レモ亦相當ノ成績ヲ擧ケタレハナリ如斯歐米何レモ成績ノ良好ヲ示セル以上ハ淺孔法ヲ取ルモ深孔法ヲ取ルモ何等利害得失ノ徑庭スル所ナキカ如シト雖モ仔細ニ之ヲ檢査スレハ大ニ然ラサルモノアルヲ發見セン

淺孔論者曰ハク一定ノ爆藥量ニテハ淺孔ハ深孔ヨリ多量ノ崩岩ヲ得ルナリト是レ頗ル疑問タルヲ免レヌ今導坑ノ幅ヲ一定ナリトセハ岩石ノ最小抗力線ト孔向トノ間ノ角度ハ則ハチ之レカ孔深ヲ定ムルノ要素ニシテ淺孔ニテハ此角度ハ比較的大ナルヲ以テ深孔ヨリ於大ナル崩岩ヲ得ルニ由ナク又最小抗力線ハ岩質ニヨリテ一定スルモノナレハ(一定ノ爆藥ニ對シテハ)淺孔法ニテハ之レカ最小抗力線以內ニ爆發セシメサルヘカラサルノ場合多々アル可キヲ以テ決シテ最大效率ヲ以テ爆發セシムル能ハサルナリしんぷろん及れ一つひべるく隧道ニテハ其孔向ハ殆ント前面ト鉛直ナル方向ナリシヲ以テ記者ノ前節ニ述ヘタル爆發原理ニ之ヲ照ラストキハ最小效率ノ爆發タルハ勿論其孔向モ亦一點ニ會スル事ナキカ故ニ之レニ伴フ利益ヲ全然沒却スル事トナリ結局穿孔法其宜シキヲ得タルモノト稱スル能ハサルナリ故ニ若シ是等ノ隧道ニシテ深孔法ヲ用ヒ中心掘若シクハ角掘ヲ以テ孔向ヲ一點ニ會セシムルノ方法ニ依リタランニハ一層良好ノ結果ヲ得タリシハ毫モ疑フノ餘地ナキナリ

淺孔ヲ主張スルモノ又曰ハク淺孔ニテハ孔底ニ比較的大徑ノ孔ヲ穿テ得ルニヨリ爆藥ヲ多量ニ且ツ一點ニ集中シ得ルノ便アリテ從テ多量ノ崩岩ヲ得ルノ利大ナリ云々ト然リト雖モ是レ通論ト稱スル能ハサルナリ記者ノ已ニ述ヘタルカ如ク一定ノ爆藥量ニ對シテハ其岩石ノ最小抗力線ト孔向ノ間ノ角度及最小抗力線ノ延長ハ之レカ孔深ヲ定ムルノ要素ナレハ此等ヲ量ラスシテ無謀ニ多量ノ爆藥ヲ裝填シ以テ其抗力以上ノ爆力ヲ發生セシムルトキハ徒ラニ岩石ヲ遠キニ飛散

ラスニ止マリテ何等有效的裝填ヲナス能ハサルナリ故ニ多量ノ爆藥ニテハ其量ニ相當スル抗力線ニ對セシメサルヘカラスシテ其相當ナル抗力線ニ對セシムルニハ是非共相當ニ孔深ヲ増サ、ルヘカラス故ニ爆藥量ト孔深トハ自ラ一定ノ比アルモノニシテ此比ニ不相當ナル爆藥ヲ用フルトキハ其爆力ハ最有效果的ニ使用セラレスシテ徒ニ崩岩ヲ吹キ飛ハスノ不經濟タルニ終ランノミ淺孔ニ多量ノ爆藥ヲ用フルトキハ徒ラニ爆聲ヲ高ムルニ止マリテ其實效極メテ薄弱ナル所以ノモノハ職トシテ之レニ由ラスンハアラサルナリ淺孔ノ多數ヲ穿ツトキハ機械ノ取付取外等ニ多クノ時間ヲ要スルヲ以テ實際ノ穿孔時間ハ大ニ減縮セラレ從テ穿孔延ヘ長ハ大ニ減少スルニ反シ深孔ヲ用フルトキハ時間ノ浪費ハ大ニ節減セラル、ヲ以テ此點ヨリ見ルモ深孔ノ利アルヤ明カナリ

以上ノ如シト雖モ孔ノ餘マリニ深キトキハ一大不利ノ之レニ伴フヲ免レス即ハチ中心掘ノ崩壞宜シキヲ得サルニヨリ大ニ孔尻ヲ殘シ之レカ後始末ニ多大ノ勢力ト時間トヲ浪費スルニ至ルモノニシテ是等ハ一ニ最小抗力線以上ノ深サニ穿馳セルノ結果ナリトス

深孔法ニテハ淺孔法ヨリ却テ其進工ノ遅々タルコトアリ是レ則ハチ餘マリニ孔ヲ深フセルノ結果ナレハ比較的ニ孔ヲ淺フスルハ却テ良好ノ結果ヲ持來スルコト、ナルナリらゝるめ、ふ、ど

(Laramie-Poudre) 隧道ノ如キ其例ナリトス此隧道ニテハ其東口三千百七十一呎ヲ掘鑿スルノ際毎日平均四百五十三呎ノ進工ニシテ其孔深ハ平均十呎ナリシモ次ノ四千七百九十八呎ニテハ毎日平均五百四十五呎ノ進工ニ上リ其平均孔深ハ七呎ナリシカ如キ其例ナリ此場合ニテハ設備上岩質上何等ノ差異ナキニモ關ハラズ後法ニヨリテ略二割ノ増加ヲ進工ニ見シ所以ノモノハ一ニ淺孔法ニ依レルノ結果タラスンハアラサルナリ

以上ノ如キヲ以テ淺孔深孔何レニモ之レカ絶對的價值ヲ與フル能ハサルモノニシテ要ハ現場ノ

模様ヲ斟酌シテ之レカ深サヲ定ムルヲ最モ有效ナル方法トナス可キモ時ニハ交替ノ時間ニヨリ
 テ之レカ孔深ヲ制限セラル、コトアリ則ハチ一晝夜ノ交替ハニ交替ナルカニヨリ
 テ孔深ヲ制限スルコトモアルナリ今一交替ヲ八時間トセハ此八時間ニ穿孔シ爆發シ得可キ孔ノ
 延長ハ即ハチ之レカ孔深ヲ定ムルモノニシテ此場合ニテハ孔深ヲ理論的ニ定ムル能ハサルコト
 往々ナリト雖モ最モ有效ナル孔深ヲ實驗的ニ定ムルヲ得ハ交替ノ如何ニ頓着ナク適當ノ孔深ヲ
 穿テテ而シテ後爆發セシムルヲ最經濟的トナスナリ
 ぶらんとん (Brunton) 氏ハ米國ニ於ケル孔深ノ實例ヲ表示セルニヨリ記者ハ此表ヨリ左記ノ如ク
 拔萃シテ以テ讀者ノ一察ニ供ス可シ

名 稱	掘 法	掘 坑 深	掘 坑 中	掘 坑 心ノ平均深	掘 坑 周ノ平均深	掘 坑 ノ 平 深	掘 坑 ノ 平 深 比	備 考
Buffalo Water	掘 形	8 ^尺	15 ^尺	8 ^尺	7 ^尺	7 ^尺	46.5	石灰石
Carter	掘 形	7 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$	9	8	8	106	片麻岩、花崗岩、變狀岩
Catskill Aqueduct Rondout	掘 形	8	14	10	8	8	57	石灰石、砂岩、粘板岩
Catskill Aqueduct Valhalla	"	8	14	12	10	10	71.5	粘板岩
Catskill Aqueduct Moodna	"	8	14	10	8	8	57	石灰石、粘板岩
Catskill Aqueduct Yorkers	"	8	14	8	6	6	48	片麻岩
Central	"	7	5	8	7	7	140	片麻岩

2080

論 說 岩石ノ崩壞ニ要スル錐及孔ニ就テ

Fort Williams	底形	$6\frac{1}{2}$	5	6	5	5	5	77	玄武岩
Gold Tanks	"	8	6	6	5	5	5	62.5	花崗岩、片麻岩
Garrison	楔形	6	10	7	6	6	6	60	變性花崗岩
Jokers	"	11	12	$10\frac{1}{2}$	9	9	9	75	—
Laramie-Poudre	"	$6\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	8	7	7	7	74	細粒花崗岩
Lausanne	"	8	12	8	7	7	7	58	凝塊岩、片麻岩
Lucania	"	8	8	9	8	8	8	100	硬性花崗岩
Marshall-Russel	角錐形	9	8	10	9	9	9	112	花崗岩、片麻岩

孔ノ深サハ又孔徑ニヨリテ制セラル何トナレハ孔徑ハ孔ノ深キニ從ヒ漸々減少スルモノニシテ之レヲ減セサレハ錐ノ出入自ラ自在ヲ缺キ遂ニ全然穿孔スル能ハサルニ至レハナリ之レヲ實驗ニ徴スルニ $3\frac{1}{4}$ 倍るとニテ手掘スルニハ二尺内外ハ最モ適當ナルカ如ク亦一吋以上ノ徑ニ關シテハドー氏ハ實驗上左ノ如クスルヲ適當トセリ

孔徑	孔深	裝藥長	裝藥重	抵抗力
1"	4-2'	12"	.32#	3'-2"
$1\frac{1}{4}$	5-3	15	1.00	4-0

全部崩壞セラル、コト、ナルナリ
 故ニ孔徑ハ定マリ孔深ハ定マル以上ハ最小抗力線第二圖ニテハ gh 又ハ fh (ハ則ハチ孔數ヲ定
 ムルノ一大要素ニシテ其抗力線ハ短ケレハ短キ程多クノ孔數ヲ要スルニ至ルモノトス
 堅抗又ハ導坑ノ場合ニテハ中心掘ヲナスニ最大有效ノ崩壞ヲナス様之レカ孔向ヲ設クル能ハサ
 ルヲ以テ其岩質ニ相當スル最小抗力ニ相當スル長 eh (第三圖ニテ) ヲ最小抗力線長ニ相當セシメサ
 ルヘカラス故ニ先ツ chg ヲ崩壞シテ次ニ ef 孔ヲ穿チテ fh ヲ最小抗力線長ニ相當セシムルトキハ efh
 ハ次ノ爆發ニヨリテ崩壞スルヲ以テ結局 efh ナル岩窟ハ得ラル、コト、ナルナリ故ニ心掘法モ亦
 最小抗力線ノ如何ニヨリテ決セラル、ナリ即ハチ中心掘周圍掘共ニ最小抗力線ニヨリテ決セラ
 ル、モノニシテ唯中心掘ニテハ之レカ崩壞ニ最モ有效ナル方向ヲ取ル能ハサルノ差アルノミ
 以上ノ如ク岩質ハ重ニ其孔數ヲ定ムルノ要素ナルモ試ニ米國ニ於ケル各隧道ノ孔數ヲ見ルニ
 らんとん氏ニヨレハ次ノ如シ

孔 數	岩 質	導坑ノ面積大約	一孔ニ對スル導坑面積	
			水 成 岩	火 成 岩
16	花崗岩及片麻岩 片麻岩、花崗岩 及雲母岩	42 ⁵ 方尺	—	2.6 ⁵ 方尺
10—11	—	41	—	3.7—4.1
18—24	片麻岩	35	—	1.5—1.9
15—19	—	57	—	3.0—3.8
12	片麻岩及花崗岩	48	—	4.

24	變性花崗岩	60	—	2.5
21—26	細粒花崗岩	70	—	2.7—3.3
15—21	粘板岩、凝塊岩 及石灰	85	4—5.6	—
25	堅硬花崗岩	65	—	2.6
20—24	花崗岩	80	—	3.6—4.0
25—24	安山岩	55	—	2.0—2.2

管子隧道ニテハ其面積四十九平方呎ニ對シ軟岩ニテハ十孔硬岩ニテハ十三孔ナリシヲ以テ單ニ孔數ヨリ之ヲ見レハ之ヲ米國ノ例ニ比シテ決シテ多數ナリト稱スル能ハサルナリ
 今二個ノ開面ヲ有スル場合ニ就テ之ヲ見ルニ $a d$ — — ノ如キ孔ノ距離ヲ定ムルニ當リ $a d$ ノ距離ヲシテ最小抗力線 w ノ二倍ヨリ大ナラシムルトキハ $a d$ — — 點ニ裝填セル爆藥ハ單ニ點線ニ示セル圓錐體 abc cdf ヲ崩壞スルニ止マルト雖モ若シ $a d$ ノ距離ヲシテ w ノ二倍ニ相當スル様配置置スル(A)ノ如キトキハ獨リ前記ノ錐體ヲ崩壞セシムルノミナラス acd ナル部分モ之レカ爆發ニ伴フテ崩壞スルニヨリ此場合ニ必要ナル孔ノ配置ハ $a d$ ノ距離ヲシテ多クモ w ノ二倍タラシムルハ最モ有效ナル爆發法ニシテ此等ノ距離ハ則チ孔數ヲ定ムルノ要素ナレハ最小抗力線ヲ知ルハ孔數ヲ定ムルノ要因タルコトハ此場合ニ於テモ明カナリトス

(六) 爆藥裝填量

爆發ヲシテ最モ有效ナラシムルニハ其爆藥ニ對スル最小抗力線長ヲ知ルノ必要アリテ其延長ハ爆藥量ノ如何ニヨリテ各異ナルモノナレハ岩質ハ一定スルモ裝填量ハ則チ最小抗力線ノ函數

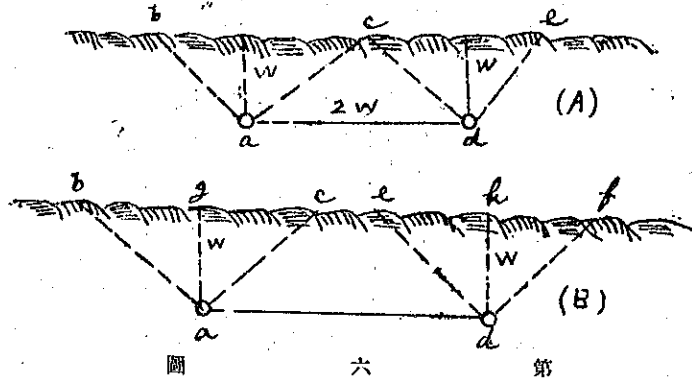


圖 六 第

ナラサルヘカラス此點ニ關スルドー氏ノ公式ハ次ノ如シ

$$L = c_0 w^2$$

L = 爆藥量; c_0 = 定數; w = 最小抗力線

此式中 c_0 ハ則ハチ實驗ニヨリテ定メラル、モノニシテ已知最小抗力線 w_1 ノ三乗ト已知爆藥量トノ比即ハチ $c_0 = \frac{L}{w_1^3}$ ナリトス故ニ特殊ノ岩質ニ就テ已定爆藥ニ對スル最小抗力線長ヲ見出ストキハ容易ニ c_0 値ヲ知ルコトヲ得ルナリ

c_0 ハ爆藥量ノ已知ナルトキハ最小抗力線ノ三乗ニ逆比例スルヲ以テ軟岩ニテハ其長サハ長ク硬岩ニテハ短キノ結果前者ニテハ c_0 ハ少トナリ後者ニテハ大トナリ之ヲ換言セハ硬岩ニテハ L ハ比較的多量ヲ要シ軟岩ニテハ少量ヲ要スルヲ知ルナリ

管子隧道ニテハ岩石掘鑿ニ關シ色々有益ナル實驗ヲ施セント雖モ其岩質ニ對スル最小抗力線ヲ見出スノ方法ヲ取ラサリシハ記者ノ大ニ遺憾トスル所ニシテ此最小抗力線ヲ知ラサリシヲ以テ之レカ理論的ノ法則ヲ抽象スルニ由ナク學理ト實際トハ決シテ甚シキ相違アルモノニアラサルヲ證明スルノ材料ヲ供給シ若シ又甚シキ相違アラハ其相違ヲ來ス可キ特殊ノ事由アリテ之レヲ影響スルヲ證明スルノ好材料ヲ供給セサルノ遺憾ナルヲ感セスンハアラサルナリ

今管子隧道ニ於ケル實驗ニヨルニ次表ノ如シ

岩石ノ軟硬

粘板岩

砂質岩石

變性堅緻板岩

爆發一回ニ要スル孔數

九

一四

一六

孔ノ平均深

三

二〇

一二

一爆發ニ要スルだいな

小形

九〇

八四

一二〇

まいとノ數

(約十听)

(九、四听)

(十二听—十五听)

一孔ニ對スル爆藥量

一、一听

六听

(七、五—九、四听)

裝填長ニ關シテハどり氏ニヨレハ $8d$ 乃至 $12d$ 迄ハ最經濟ナリト云ヘリ今最小抗力線長 w ハ次式ノ

如シトセヨ

$$w = \frac{A}{C_a s}$$

A = 孔底面積 = md ; $s = 2(m+d)$ = 孔ノ周圍

m = 孔徑ノ倍數; C_a = 定數

$$\therefore w = \frac{md}{2C_a(m+d)}$$

今 $m = 8d$ トセハ $w = \frac{8d}{9} \frac{d}{2C_a}$ トナリ $m = 12$ トセハ

$w = \frac{12}{13} \frac{d}{2C_a}$ トナリテ前者ヲ $w = 8$ ノ場合ニ比スレハ唯 $\frac{1}{8}$ ノ差アルノミニテ後者ニテハ單ニ

$\frac{1}{12}$ ノ差アルノミナリトス即ハチ $12d$ 以上ニ至レハ如何ニ其裝填長ヲ増スト雖モ最小抗力線ニ得ル所極メテ少ナク $8d$ 迄ハ比較的其得ル所多キヲ以テ先ツ最經濟的ナル裝填長ヲ $8d$ 乃至 $12d$ トセハ大差ナキヲ信スルナリ

以上ノ所説ヲ大過ナシトセハ管子隧道ニテ用ヒシ裝填長ハ較々長キニ過キタルモノナキニアラ

サルモ大約其當ヲ得タルカ如シ管子隧道ニテハ一時徑ノ太サニだいヲ改造シテ其長ヲ四吋トシ此改造だいノ二本乃至四本ヲ以テ裝填トナシタルヲ以テ二本乃至三本ニテハ約8d乃至12dニ相當シ正シクドー氏ノ法則ニ適合スルモ四本ニテハ16dニ相當スルヲ以テ幾分長過キタルノ感ヲ免レサルノ嫌アリトス

(七) 孔ノ撞固 (tamping)

孔ノ穿チ方終レハ次ニ之レニ爆藥ヲ孔底ニ裝填シ次ニ岩屑又ハ其他ノ材料ヲ入レテ孔ヲ塞キ能ク之ヲ撞固ムルニアリ撞固用トシテ用ヒラル、材料ハ普通ハ岩屑ノ細末ヲ用フルモ岩屑ハ兎角圭角多クシテ撞固ノ際往々發火作用ヲ惹起シテ不時ノ災禍ヲ醸スヲ以テ出來ル丈之ヲ避クルヲ安全トス或ハ粘土ヲ以テ撞固用ニ供スルモノモ容易ニ之ヲ得ル能ハサル場合ニハ實際上決シテ便ナリト稱スル能ハサルナリ然レトモ撞固ハ是非其必要ナルモノナリトセハ其費用ノ如何ハ之ヲ問フ可キニアラサルモ若シ左迄必要ナルモノニアラストセハ最モ輕便ニ之レカ撞固ヲナシ其用材モ亦直ニ取り得ルモノヲ用フルヲ可ナリトス故ニ記者ハ撞固ノ必要程度ヲ次ニ述フ可シ撞固ノ必要ヲ説クニ當リ吾人ノ第一ニ知ラサルヘカラサルハ爆藥ノ如何ヲ見ルニアリ即ハチ爆藥ハ火藥ノ如キ爆發ノ比較的緩性ナルカ又ハだいノ如キ高度ノ爆藥ナルカヲ知ルニアリ後者ニテハ其爆發極メテ急激ナルヲ以テ瓦斯ハ逃去スルニ暇ナク其發生瓦斯モ亦原量ノ數千倍ニ相當スルヲ以テ假令其孔ヲ全然塞閉セスト雖モ此孔ヨリ逃去スル瓦斯量ハ極少ニシテ何等爆發上ニ損失ヲ來スモノニ非ラサルヲ以テ撞固上左迄ノ注意ヲ拂フニ及ハサルナリ然リト雖モ火藥ヲ用フルトキハ其爆發極メテ緩ク其發生瓦斯モ亦著シクだいニ比シテ少ナキヲ以テ出來ル限リ發生瓦斯ノ逃去ヲ防クノ方法ヲ取ラサレハ著シク其効力ヲ減損スルニ至ルモノトス故ニ撞固ノ必要如何ヲ定ムルニハ其用フル爆藥ノ爆發性ノ緩急ヲ察シテ之ヲ定ム可キヲ宜シトスルナリ

撞固用材料ニ關シテハ若シ孔ノ方向ニシテ之ヲ許ストキハ單ニ水ヲ以テ孔ニ入レ置ケハ可ナリト論スルド一氏(Chiffet)ノ如キアリ或ハ是非共粘土ヲ要スト論スルアリ或ハ紙屑ヲ詰込ム可シト論スルアリテ此點ニ關シテハ多少異論ナキニアラサルモ要ハ高爆發藥ヲ用フルカ低爆發藥ヲ用フルカニヨリテ決セラレ、モノニシテ最近ノ說ニヨレハ前者ヲ用フルモ單ニ水ヲ詰込ムノミニテハ不充分ナルヲ以テ矢張多少粘土又ハ紙屑ノ如キモノヲ入レ込ムヲ可トス可ク唯餘マリニ之レカ詰込ニ注意ヲ拂フニ及ハサル可キヲ可トスルノ議論ナルニ似タリ然レトモ火藥ヲ用フルトキハ其尖銳ナル岩屑ヲ撞固用ニ供スルカ如キハ絕對ニ之ヲ避ク可キハ勿論出來ル丈ハ粘土又ハ紙屑ヲ以テ固ク之ヲ撞固ムルヲ最良ナリトスルノ論ニ歸スルニ至レルカ如シ

(八) 結論

以上記セル外尙他ニ記述ヲ要スル點ナキニアラサルモ問題ノ餘マリニ多岐ニ亘ルトキハ何レノ點モ却テ要領ヲ得サルノ恐アルヲ以テ記者ハ茲ニ一先ツ擱筆シ以テ世上博學多識ノ君子又ハ多年ノ經驗ヲ積メル實際家ノ高教ヲ乞ヒ此等ノ問題終結ヲ待ツテ新ニ筆ヲ起シテ再ヒ紙上ニ見ユルヲ期セントス(完)