

# 隧道ノ建設ニ就テ

言

誌

土木學會誌

第一卷第六號

大正四年十二月

工學士 坂岡末太郎

著者ハ此大問題ヲ捉ヘ來リテ之ヲ七種目ニ別チ各種目ニ就キ極メテ簡單ニ極メテ早急ニ講述セルヲ以テ讀者ハ各種目ニ關シ何トナク物足ラヌ心地スルコソ遺憾ナレ元來著者ノ掲ケタル各種目ハ何レモ皆大問題ナレハ單ニ其一種目ヲ取リテ之ヲ論述スルモ何レモ裕ニ數十頁ヲ要スルニモ關ハラス著者ハ僅々十六ノ少頁數ヲ以テ各種目ニ亘リテ論去セルヲ以テ其論旨ノ微ニ入ル能ハサルハ固ヨリ其數ナルモ歐米留學中隧道ヲ研究セル著者ニ取リテハ或ハ此問題ヲ局小シ今少シク細微ニ立入りテ之レカ講述ヲナシタランニハ或ハ又一層大規模的ニ各種目ニ亘ルノ詳細ナル調査ヲ發表シタランニハ世上ヲ益スル一層大ナリシナランヲ思ハスンハアラサルナリ著者冀クハ後日ヲ期シ其實見調査セルモノヲ發表セラレンコトヲ

記者ハ著者ノ講述ニ關シ多少異論ヲ有スルモノナリ然レトモ各種目ニ亘リテ一々之ヲ細論シ以テ著者ノ高見ヲ叩クトキハ其餘マリニ大頁數ヲ要スルカ故ニ茲ニハ單ニ一二ノ蛇足ヲ加ヘ若シクハ卑見ヲ述ヘテ著者ノ高教ヲ仰クニ止メ他ハ後日機ヲ見テ記者ノ疑問ヲ發表シ普ネク大方諸君子ノ高教ヲ仰カント欲スルナリ

掘鑿ノ方式

掘鑿ノ方式名稱ノ如キハ餘マリ重キヲ措クニ足ラサルノ問題ナルモ左リトテ全然之ヲ等閑ニ附ス可キモノニアラサルカ故ニ記者ハ著者ノ所謂現今塊式ナル名稱ニ異議ナキ能ハサルナリ著者ハ第三圖ノ如キ掘鑿法式ヲ現今塊式ト稱スルモ記者ノ見聞スル所ニヨレハ第三圖ノ如キ方式ハ塊式ニアラスシテ白耳義式トナスヲ妥當トナスナリ塊式ノ特性ハ其極メテ舊式ナルモノ、外ハ断面ノ中央ヲ上下ニ通シテ掘鑿シ次ニ左右ニ切擴クルニアリテ其中央部ヲ掘鑿スルノ順序ハ先ツ底部ノ導坑ヨリ始マルアリ若シクハ又頭部ノ導坑ヨリ始マルアリテ要ハ地質ノ乾濕如何ヲ察シテ之レヲ定ムルモノトスどりんかー氏 (Drinken) 著ノ「隧道法」五百二十一頁—五百二十六頁ヲ見ルモぶれりにー氏著「隧道法」第六十三頁—百六十六頁ヲ見ルモ若シクハ亦工學必携 (Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften) 第一卷隧道論第二百六十五頁—二百七十五頁ヲ見テモ断面ノ中央ヲ先ツ掘鑿スルハ塊式ノ特性ナルコト明カナリ然ルヲ著者ハ第三圖ニ示セルカ如キ頭部導坑ヨリ直ニ丸形切擴ニ移リテ次ニ5ニ移ル鑿法ヲ新塊式ナリト稱スルハ之レ著者ノ誤リニアラサルカ第三圖ニテハ1ヨリ3ニ至リ夫レヨリ4ニ至ルモノニシテ5ハ其次ニ切取ラル、ヲ以テ此場合ニテハ決シテ中央ヲ上下ニ通シテ切取ルコト塊式ノ如キアラサルナリ試ミニ工學必携第一卷二百六十頁ニ記スル所ヲ見ルニ著者ノ記述セルモノト全然同一ノ順序ニヨリテ掘鑿セラレタルまーれんたーれる隧道 (Marienfelder tunnel) ノ如キハ白耳義式ニ組ミ入ラレ居ルニアラスヤ白耳義式ハ普通ハ頭部ニ導坑ヲ設クルモ必スシモ頭部ニ之ヲ設ケサルノ實例ハ同書二百五十八頁ニ記載セラレ居ルナリ導坑ヲ頭部ニ設クルハ英式白式ニ普通ナルモ地質ノ濕潤ナルトキハ排水ノ便ヲ計ルカ爲メニ時ニハ先ツ之ヲ底部ニ設クルハ英式白式共ニ異ナル所ナキナリ故ヲ以テ著者ノ第四圖ニ示セルカ如キ方式ヲハ之ヲ塊式ト稱スルニ異議ナシト雖モ第三圖ノ如キニハ塊法ト稱スルヨリハ寧ロ之ヲ白耳義式ト稱スルヲ妥當ナリト考フルナリ

## 回錐式ト突錐式トノ比較

此點ニ關シテハ從來異論アルヲ免レサリキ著者ハ唯水壓式ハ能率多キモ水壓ノ爲メ丈夫ナル鐵管ヲ坑内ニ導クヲ要スルノ不利アリ云々トノミ一言シテ其他ニ及ホサルハ讀者ノ深ク失望スル所ニシテ轉々隔靴搔痒ノ感ナクンハアラサルナリ故ニ記者ハ從來ノ異論ヲ讀者ニ紹介スルモ穴勝無益ノ業ニアラサルヲ信スルナリ

ぶらんと式 (Brandt Drill) ハ突錐式ノ如ク衝擊ニ歸スル振動ナク又水ハ極メテ容易ニ器中ニ流入シ得ルノ裝置ナルヲ以テ原體ヨリ離脱セル岩層ハ直チニ孔外ニ押出サレテ常ニ新シキ面ヲ錐前ニ現出スルニヨリ錐ハ絶エヌ新面上ニ動作シ彼ノ已ニ離脱セル岩層ヲ徒ラニ衝擊シテ力ヲ茲ニ浪費スル突錐式ノ如キニアラサルナリ故ニ動力ノ全部ヲ鑿岩上ニ利用セラレ得ルノ經濟アルニ反シ回突錐式ハ其一部ヲ浪費スルヲ以テ動作上ノ不經濟タルヲ免レストハ回錐式論者ノ唱道スル所ナリ

之レニ反スルモノ曰ハク論者ノ唱フルカ如キ利益アリトスルモ回錐式ハ場所ニヨリテ著シク不利ナルコトアリ (一) 動力用水ノ酸類ヲ含ムトキ又ハ砂土ヲ混スルトキ是レナリトス前者ハ直ニ錐ヲ害シテ其用ヲ少フシ後者ハ其力ヲ減損スルヲ以テ結局前述ノ利ヲ舉クル能ハサルナリ (二) 又硬岩ヲ掘鑿スルニ當リテハ其水壓ハ非常ニ大ナラサルヘカラサルカ故ニ從テ重ク且ツ頑丈ナル仕懸ヲ用フルノ必要ヲ來シ之レカ取除取付ニ莫大ノ勞力ト費用トヲ要スルノミナラス導水鐵管モ亦極メテ頑丈ナラサルヘカラサルヲ以テ之レニ要スル費用モ亦多大ナリトス (三) 又之ヲ實際ニ徵スルニ之ヲ硬岩ニ使用スルトキハ其能率ハ著シク減退シテ之ヲ軟岩ニ應用セルモノニ比ス可クモアラサルナリ (四) 機械ノ動作部及連結部ハ極メテ多キヲ以テ之レカ破損修理等モ亦決シテ鮮少ナリトセス云々

電氣鑿岩機ニ關シテモ著者ハ唯器械ノ餘リニ複雜ナルカ爲メニ修理ニ多クノ費用ヲ要スルノ缺點アルモ動力ヲ要スル最少ナリ云々ト一言セルノミナルヲ以テ此點ニ關スル記者ノ見聞セル所ヲ記述シテ讀者ノ參考ニ供ス可シ

る。S. 教授 (Prof. H. Louis) ハ熱心ナル回錐式ノ辯護者ナリ彼レハ揚言シテ曰ハク掘鑿錐ノ最極問題ハ電氣式回錐式ニヨリテ完全ニ解決セラレタリ世界中最早ヤ之ニ比敵スルノ鑿岩機アラサルナリ軟岩ニ對スル此機ノ有效ナルハ何等ノ異議ヲ許サ、ルナリくれ、ぶらんど (Cleveland) ノ鐵鑛ニ於ケル動作ハ明カニ之ヲ證明セリ從來ノ突錐式ハ悉ク此機ノ使用ニヨリ皆驅外セラレタリしんぶろん隧道 (Simpson) ニ於ケル成功的使用ハ吾人ノ耳目ニ新ナルニアラスヤ又三吋大ノ孔ヲ要スル幾多ノ鑛山ニテハ皆非常ノ喝采ヲ以テ迎ヘラル、ニアラスヤ水壓ヲ用フルトキハ一平方吋七百听乃至二千听ノ高キニ至ルモ回轉ノ割合ハ一分間ニ僅々十回乃至三十回ノ緩慢ナルニ反シ電氣ヲ用フルトキハ比較的高速力ヲ以テ回轉スルヲ以テ此機ヲ用フルニ適當ナル土質ナルニ於テハ其直チニ適用セラル、ハ明カナリ然レトモ錐質ハ少クモ石英ヨリ於硬キヲ要シ同時ニ又絶エス受クル所ノ扭曲力ニ抗スルニ充分ナル強度ナルヲ要スルハ勿論ナリ又曰ハク

吾レハ回錐式ノ強硬ナル贊護者ナリ是レ獨リ機械的ニ優秀ナルノミナラス抗内ノ塵埃問題ヲ完全ニ解決スルカ故ナリトス抗夫ノ最モ恐ル、肺勞 (Phthisis) ノ如キハ主トシテ突錐式ノ使用ヨリ生スル鋭尖ナル細粉ニ歸スルモノニシテ之レカ細粉ノ發生ヲ防止スルハ一ニ回錐式ニヨルノ外アラズ云々ト

然リト雖モ岩石ノ軟硬如何ヲ問ハス何レモ皆同一ノ成功ヲ持來ス可キヤ否ヤハ頗ル疑問ニシテ從來ノ經驗ハ重ニ軟岩ニ對シテ成功的ナリシモ硬岩ニ對シテハ未タ成功的ヲ持來セルノ例ナキカ如シ故ヲ以テ之レニ反スルモノ曰ハク

硬岩ノ粘着力ニ打勝ツニハ莫大ノ破壊力ヲ要スルモノニシテ突錐式ハ最モ能ク之レカ目的ヲ達スルモ回錐式ハ然ル能ハサルナリ前者ニテハ其蓄積活力ヲ切刃ニ集中シテ之レカ岩面ニ衝擊スルカ故ニ硬質ノ岩石モ何等ノ苦難ナクシテ之ヲ穿孔シ得ルモ後者ニテハ此種ノ突撃ヲ望ム能ハサルヲ以テ從テ同一ノ成功ヲ期待スル能ハサルナリ若シ後式ニテ硬岩ヲ穿孔セントセハ其壓力ヲ加フル非常ニ高ク之レカ動作部及其他ノ附屬部モ亦極メテ重大ナルモノヲ使用セサルヘカラス故ニ其仕懸ヲ左迄大ニセス其壓力ヲモ亦左迄大ニセスシテ其速力ヲ適當ニ齊整シ尙能ク回突錐式ト同一ノ効果ヲ望ムハ絶對的ノ不可能ナリ云々ト

著者ノ回錐式ハ軟岩ニ適シ硬岩ニテハ突錐式ハ宜シト云ヘルハ記者ノ茲ニ拔萃セル意見ト殆ント同一ナルヲ以テ此點ニ關シテハ何等異論ヲ挾ムノ餘地ナシト雖モ著者ハ嚮キニ單ニ水壓式ハ能率多キヲ唱ヘテ其場合ト其岩質ノ如何ヲ制限セサルニ至リテハ決シテ論理徹底セリト稱スル能ハサルナリ著者若シ回錐式ト突錐式トノ比較ニ關シ具體的調査アラハ普ク之ヲ發表シテ記者及同感者ノ疑ヲ解カンコトヲ希望ニ堪ヘサルナリ

#### 唧子式錐ト鉋式錐トノ比較

此點ニ關シテモ著者ノ所說餘マリニ簡單ナルカ故ニ記者ハ從來ノ異論ヲ略說シ以テ聊カ著者ノ所說ヲ補足シ併セテ著者ノ所說ニ關シ尙一層詳細ナル說明ヲ乞ハントス

唧子式錐 (Piston drill) ト鉋式錐 (Hammer drill) トニ關シ其利害得失ヲ明論セルハぜれ、て一 (Gillette) ヲ以テ當初者トスルカ如シ氏曰ハク

鉋式ハ打撃力ノ大部分ヲ損耗スルナリ即ハチ獨リ錐頭錐體ヲ壓スルノ際ニ損失アルノミナラス鉋自身ニモ亦力ノ減失アルヲ免レス柔土ニ杭ヲ打込ムニ當リ動力ノ六割五分ハ杭頭ヲ熱スルニヨリテ消失セラレ其消失ハ杭ノ長サヲ加フルニ從ヒ益々増加スルモノナルヲ知ラハ思半ハニ過

クルモノアラン唧子式ニハ全然此種ノ損失ナシ元來岩石ヲ碎クニハ時ハ必要ナル要素ニシテ又ノ岩面ヲ突撃スルニ當リ先ツ壓力ノ波動ヲ數尺ノ深サニ傳ヘ次ニ動作錐ノ有スル全勢力ヲ岩石ニ傳フルヲ以テ其岩石ニ及ホス動作ハ緩ニシテ且ツ確實ナル擊破力ヲ與フルコト、ナリ結局力ハ最モ有効ニ動作スルコト、ナルナリ唧子式ノ利以テ見ル可キナリ云々

然リト雖モ錐式ノ代表者ナルレ一な一錐 (Leyner drill) ノ製造者ハ次ノ如ク反論セリ

(一) 錐式ハ極メテ簡單ナル構造ナリ其動作部ハ唯一タルニ過キス若シクハ之ヲ最大ニスルモ二個アルニ過キス從テ作業ハ確實ニシテ修理費用ハ最少ナリ(二) 錐ノ取替ハ極メテ容易ナリ從テ一孔ヲ終ヘテ他孔ニ移ルノ際極少ノ時間ヲ要スルニ過キサルナリ故ニ此式ニテハ時間ノ七割乃至九割ハ之ヲ穿孔ニ利用セラレ得ルニ反シ唧子式ニテハ少クモ之レカ取換ニ五割ノ損失アルヲ以テ殘餘ノ五割ヲ穿孔ニ利用シ得ルニ過キサルナリ(三) 錐式ニテハ多數ノ輕打ヲ加ヘ得ルヲ以テ錐ノ損害唧子式ニ比シテ極少ナリ先ツ唧子式ノ半ト見做セハ大差ナカラン(四) 錐式ハ狹隘ナル個所ニテモ手掘ノ如ク任意ノ個所及方向ニ使用セラレ得ルヲ以テ決シテ唧子式ノ如ク使用上ノ制限ヲ狹隘ニ受クルナキナリ(五) 空氣ノ消費ハ最小型ノ唧子式ノ略半ニ過キサルナリ故ニ一定ノ大サヲ有スル壓搾機ニテハ二倍ノ仕事ヲ成シ得ルナリ(六) 之レカ使用上何等ノ熟練ヲ要セサルヲ以テ何人ト雖モ直ニ之ヲ使用スルヲ得ルナリ唧子式ハ之レニ反シテ熟練ナル工夫ヲ使用セサルハ最大ノ效果ヲ舉クル能ハサルナリ(七) 錐式一機ハ能ク坑夫十人ノ作業ニ相當ス故ニ手掘法ヨリ遙カニ經濟的ニシテ其仕事ハ迅速ナリ(八) 錐ハ孔中ニ執着スルノ憂ナシ(九) 錐ニ與ヘラレタル勢力ハ全部有效的仕事ニ使用セラル、ナリ已ニ脫離セル岩石ヲ碎クカ如キ力ノ浪費ハ此機ニテハ全然ナシ(十) 錐ノ磨耗ハ比較的長シ何トナレハ水ハ絶エス錐心ヲ流ル、カ故ニ常ニ錐ヲ冷態ニ保ツカ故ナリ云々

然リト雖モとらんずグマール (Transvaal) ニ於ケル各種錐ノ競争掘ノ結果ニヨレハ下向孔ノ掘鑿ニハ唧子式ハ他式ニ比シテ著シク優秀ナルヲ證明セリ即ハチ先ツ導坑ヲ穿テテ漸次ニ下方ニ掘下クル方式ノ掘鑿ニ對シテハ唧子式ハ最モ満足ナル結果ヲ現出セルニ反シ水平孔若シクハ略水平向ノ孔即ハチ導坑ノ掘鑿ニ重ニ用ヒラル、カ如キ場合ニハ錐式ハ他式ニ擢ンテ、優等ナル成績ヲ舉クルヲ示セルニヨリ兩式ノ得失ヲ定ムルニハ之ヲ用フル孔ノ方向如何ヲ察セサルヘカラスぶらんとん氏 (Brunton) ハ其著「現今隧道建設法」(Modern tunneling) 百五十一頁ニ兩式ノ比較的進工表ヲ掲ケ居レリ其表ニヨレハ唧子式ハ粘板岩 (Shale) 砂岩 (Sandstone) ノ如キ左迄堅硬ナラサル岩質ニ對シ毎時ノ進工十呎ヲ超ユルコト稀レナルモ錐式ニテハ花崗石 (Granite) 片麻岩 (Gneiss) 等ノ硬岩ニ對シテモ尙十五呎乃至二十呎ノ進工ナルヲ示セルニヨリ導坑ノ如キ重ニ水平孔ヲ穿ツ場合ニハ錐式ハ遙ニ唧子式ニ勝ルヲ窺知スルニ足ルナリ

更ニ之ヲ錐ノ修理費用上ヨリ比較スルニ唧子式ハ錐式ヨリ遙カニ利ナルヲ示セリ記者ハぶらんとん氏著ヨリ左表ヲ編出シテ讀者ノ一覽ニ供ス可シ

番號	隧道名	時機	用式	掘鑿長毎呎ノ修理費 一機操ニテ
1.	Grunison	1905-1906	錐式	\$ .13
"	"	"	唧子式	.08
2.	Marshal	1908-1911	錐式	.015
3.	Strawberry	1909-1911	唧子式	.025
4.	Los Angeles Aqueduct	1909-1911	錐式	.24
5.	Carter	1910-1911	"	.02

此表ニヨレハ一ノ外ハ比較的價值ヲ知ル能ハスト雖モ一ニ就キ之ヲ見レハ唧子式ノ勝レルコト

明々ナリ  
 今ヤ一轉シテ之ヲ重量ノ點ニ見ルニ鑄式ハ百十五听乃至百七十听ヲ普通トスルモ唧子式ハ二百八十听乃至四百听ナルカ故ニ其輕便ニシテ取扱ノ便ナル點ヨリセハ鑄式ハ唧子式ニ勝ルヤ明カナルモ最近ノ製造ニ係ル唧子式ハ殆ント鑄式ト同一ノ重量ト大サト有ストノ事ナルカ故ニ最近ノ機械ヲ以テ彼式ニ比セハ唧子式必スシモ鑄式ニ劣ルト稱スル能ハサルニ似タリ  
 空氣ノ消費ヨリ兩式ヲ見ルニ鑄式ハ遙カニ唧子式ニ勝ルモノアリ即ハチ前者ニテハ百听ノ壓力ヲ有スル空氣ヲ毎分六十五乃至百立方呎ナルニ反シ後者ニテハ百二十五乃至百七十五立方呎ヲ要スルカ如キ之レナリトス  
 要スルニ一利一害彼此相伴フヲ以テ絶對的ニ可否ヲ定ムル頗ル困難ナルモ導坑ノ如キ重ニ水平的若シクハ略水平的ナル孔ヲ穿ツニハ鑄式ハ極メテ有利ナル可キモ下向的ナル孔ニハ唧子式ノ勝ルハ從來ノ實驗之ヲ證シテ餘リアルカ如シ  
 著者ハ鑄式ハ今後使フニ良キ器械タト考ヘマス穿孔力ハ唧子式ニ比シ決シテ劣リマセヌ花崗石ノ様ナ硬キ石ニ對シマシテモ唧子式ヨリハ良イ成績ヲ得タ例カアリマスソレニモ係ハラス動力ト從事人員トニ於テ唧子式ヨリ節約ニナリマス云々ト稱スルモ其所謂穿孔力ノ唧子式ニ比シテ劣ラヌ事實ハ如何ナル方向ノ孔ニ就テナルヤ記者ハ著者ノ歐米遊學中得タル調査アラハ之ヲ發表シテ記者ノ疑ヲ解カンコトヲ希望シ併セテ動力ト從事人員ノ經濟ナリシ實例ヲ統計的ニ示サレンコトヲ望ム (完)