

講演

土木學會誌 第一卷第四號 大正四年八月

隧道ノ建設ニ就テ

工學士 瀧山 與

諸先輩ノ前ニ立チテオ話ヲ致シマスルノハ私ニハ空前ノ光榮ヲ御座リマスカ餘リ大キイ問題ヲ揭ケマシタノテ各部分ニ極ク淺ク觸レル事トナリ其結果皆サマノ御感興ヲ惹ク事ノ出來ナイ事ヲ恐レマス。

本題ニ入リマシテ

- 一 地質ノ調査
- 二 隧道ノ形狀
- 三 掘鑿法
- 四 鑿岩機
- 五 運搬法
- 六 疊築工
- 七 換氣法

ノ七項ニ付キ順次オ話ヲ致シマス隧道ト申シマシテモ色々ノ種類カ御座リマス。之レヲ位置ニ依リ分類スレハ山ヲ貫ク隧道 (Mountain Tunnel) 大市街ノ下ヲ穿ツ隧道 (Subway Tunnel) 及水ノ下ノ隧

道 (Subaqueous Tunnel) ノ三ツトナリマス。又用途ニ依リ區別スレハ鐵道ノ隧道、道路ノ隧道、運河ノ隧道等ニナリマス。カ私ノ今日オ話致シマスノハ山ヲ貫ク隧道ニ就テ、御座リマス。又話題ノ内隧道ノ形狀並ニ疊築工ハ鐵道ノ隧道ニ關スル事テ御座リマス。尙隧道ニハ長短カアリマス。カ長キモノニ就テ御話致シマス。長短ト申シマシテモ確然タル區劃カアル譯テハアリマセヌカ。歐羅巴デハ延長五吉米即チ三哩以上ノモノヲ長イト申シテ居リマス。故假リニ此定義ニ從ヒ延長三哩以上ノ隧道ノ建設ニ就テ申述ヘル積リテ御座リマス。コレ丈ケノ事柄ヲ豫メ御斷リ致シテ置キマス。

第一 地質ノ調査 (The Geological Predictions)

技術者ノ隧道ヲ計畫致シマス際第一ニ知リ度イノハ地質テアリマス。地質ノ判斷カ附イタ上テ掘鑿法ナリ鑿岩機ノ撰擇ヲ致シマス。歐洲テハ詳シイ地質圖ヲ作り請負工事ナレハ入札前請負人ニ示シテ居リマス。茲ニぐれんへんべるぐ隧道ノ地質圖ヲ携帶致シマシタ故御廻ハシヲ願ヒマス(第一圖參照)獨リ歐洲ノミナラス彼ノ萬事ヲ無雜作ニ決行スル亞米利加テモ昨年起工セシ D. L. & W. R.R. ノにこそん隧道ハ延長カ僅ニ三千六百三十呎テスカ四ヶ所ニ穴ヲ掘ツテ地質ヲ調査致シマシタ。地質調査ニ經費ヲ費シマシテモ其結果適當ナル掘鑿法及鑿岩機ヲ撰フ事カ出來レハ結局ハ經濟ニナリマス。故長キ隧道ノ起工前地質ノ調査ヲスル事ヲオ勸メ致シマス。第二ノ話題ニ入ル前ニ輓近竣工セシ中央歐羅巴ノ長イ鐵道隧道ノ表ヲ御覽ニ入レマス。此後コレ等ノ隧道名ヲ屢々申上ケマス。故ニ茲ニ掲ケテ置キマス。

大鐵道隧道名稱表(第一表)

隧道名	線路數	鐵道線路名	米延		建設年數
			突	長	
瑞西					

Albula	—	Chur-St. Moritz	五、八六五	三六	—	—	九八〇九
Grenchenberg	—	Münster-Grenchen	八、五一〇	五三	—	—	九一〇九
Hauenstein-basis	—	Basel-Ollen	八、一三五	五一	—	—	九一〇九
Lötschberg	—	Spiez-Brig	一、三、七三五	八五	—	—	九一〇九
Ricken	—	St. Gallen-Uznach	八、六〇四	五三	—	—	九一〇九
Simplon, 1st	—	Brig-Domodossola	一、九、七七〇	一一三	—	—	九一〇九
” 2nd	—	”	一、九、八一〇	”	—	—	九一〇九
埧地利							
Arlberg	—	Innsbruck-Feldkirch	一〇、二五〇	六四	—	—	九八〇九
Bosruck	—	Klano-Setzthal	四、七六六	三〇	—	—	九八〇九
Karawanken	—	Klagenfurt-Triest	七、九七六	五〇	—	—	九八〇九
Tauern	—	Salzburg-Triest	八、五二六	五三	—	—	九八〇九
Wochen	—	Klagenfurt-Triest	六、三三九	三九	—	—	九八〇九

備考 建設年數ノ右側ニ線ヲ引ケルモノハ豫定竣功年數ナリ

此外ニ隧道ノ長サヨリ言ヘハさんくとご。とはるともんせに、伊太利ノちゆるしーのナトカアリマスカ何レモ前世紀ニ竣工セシモノテスカラ加ヘマセナンタ。我國テハ管子隧道ノ延長ハ此表ノぼすらくト略同シテ又近々起工スル管ノ熱海線丹那山隧道ハからわんけんト略同シ長サテ

1242

御座リマス。

第二 隧道ノ形狀 (Direction, Inclination & Cross Sectional Shape of Tunnels)

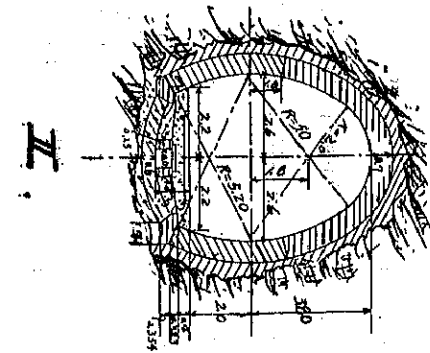
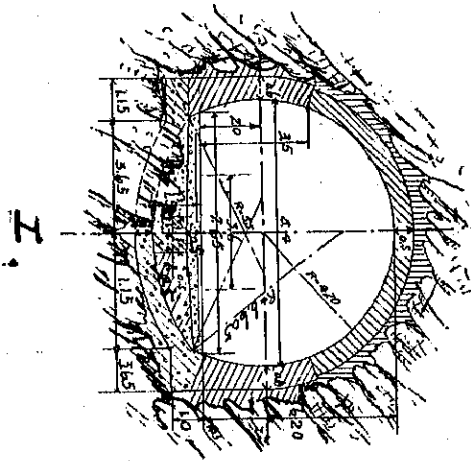
此話題ノ下ニ隧道ノ方向、勾配及ヒ断面ノ形ヲ申上ケマス。長キ隧道ノ方向ハ直線ナレハ測量モ容易テアリ過誤ヲ生スル機會カ少ウ御座リマス。故直線ニ限ルノテ御座リマス。

隧道内ノ勾配ハ野外ヨリハ緩クナクテハイケマセヌ。其譯ハ隧道内ノ水氣アル箇所テハ軌條ト車輪間ノ粘着力カ著シク減スルカラテアリマス。然ラハ野外ニ於ケル最急勾配ニ比シトレ位緩ニスレハ良イカト申シマス。其程度ハ場所ニモ依リマス。カ野外ニ於ケル勾配ノ十分ノ七以内ニスルカ良イト云フ説カアリマス。カク最大勾配ニ限度アル様ニ最小勾配ニモ制限カアリマス。ソレハ施

Hanenstein-tunnel

The Cross Section of

Granchenberg-tunnel



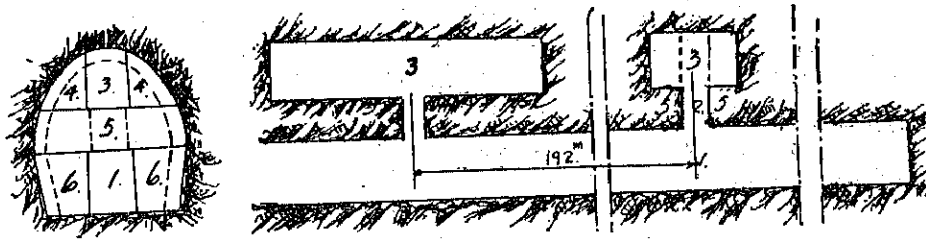
工中及竣功後ノ排水關係カラ起ルノテスカ五百分一ヨリ急ナ方カヨイト申シマス。第一表ニ掲ケマシタ隧道中はうえんすたいんばトシテハ片口ニ六百六十七分一ヲ用ヒテ居リマス。カ其他ハ何レモ五百分一ヨリハ急ナ勾配ヲ採ツテ居リマス。

断面ノ形狀ハ圓形ニ近イ方カ良イト言フノハ誰シモ考ヘル事テハ御座リマス。壓力カ垂直

ニノミ來ルモノナラハ第二圖ノ二ノ様ナ背ノ高キ形ハ強ウ御座リマスケレトモ土壓カ臨カラ働
 ケハ弱イノテ御座リマス。第二圖ノ一ハ今年竣工スル筈ノはうえんすたいんばーしすノ斷面テ御
 座リマスカ此クノ如ク圓イ形狀テ仰拱ノ中央ハ枕木表面ヨリ一米半モ深ク成ツテ居リマス之レ
 ヲ掘ルノハ随分困難ト思ヒマスカソレニモ係ラス圓形ニ近イ形ヲ採用シテ居リマス。
 複線ノ隧道ノ形ハカクノ如ク圓形ニ近フ御座リマスカ單線ノ隧道ニハ第二圖ノ二ノ通り鶏卵ヲ
 立テタ様ナ形カ多フ御座リマス之レハ今年完成スル筈ノぐれんへんべるぐノ斷面テスカしんぶ
 ろん隧道ノ斷面モ之レニ似テ居リマス單線式ニカクノ如キ形狀ヲ採リマスノハ一ハ出來ル丈ケ
 掘鑿面坪ヲ少クスル爲メト又一ツハ坑内ニ於ケル Ventilationノ關係即チ機關車乗務員カ煤烟ノ爲
 メニ苦ム事ヲ可成輕減スル爲メノ様ニ承ツテマス。
 次ニハ複線ノ線路上ニ隧道ヲ作ル際一本ノ複線式隧道ヲ拵ヘルカ單線式ノ隧道ヲ並行シテ二ツ
 造ルカト言フ事ヲ興味ノ深イ問題テ御座リマス。歐羅巴ニ於ケル趨勢ハ大キイ複線式ノ隧道ヲ一
 本掘ル方カ良イト言フ事ニナツテ居リマス。第一表ニ掲ケマシタばはいん及からわんげんハ初メ
 單線式ヲ二ツ拵ヘル事ニ豫定セラレテ居リマシタ。其理由ハ地質カ悪イカラ大キナ隧道ヲ掘ルノ
 ハ困難テアルト言フノテアリマシタ。是レニ就テ大層議論ノアツタ結局一本ノ複線式カ良イト言
 フ事ニ成ツテ大キイ隧道ヲ作りマシタ。地質ノ軟弱ナ箇所ヲ貫ク場合ニハ大キイ隧道ヲ作ルノハ
 勿論困難テアリマス。然シ乍ラ小サイノヲ掘ルニシテモ相當ノ難儀ヲ致シマス而シテ第二ノ隧道
 ヲ掘ル時ニハ第一以上ノ困難ヲセネハナリマセヌ。カク同シ箇所テ二度難儀ヲスルヨリモ大キイ
 穴ヲ掘ツテ一度苦勞ヲシタ方カ良イト言フ説モアリマス。又地質調査ノ上テ地質ノ悪イ箇所カ短
 ケレハ其短イ區間テ金ヲ使フテモ地質ノ良イ長イ區間テ利益ヲ享ケレハ結局ハ經濟テアルト言
 フ説モ御座リマス。經費ノ比較ハ場處毎ニセヌト判リマセヌカ複線式ノ方ハ單線式二本ヨリハ三

圖 三 第

The Modern Austrian System.



講演 隧道ノ建設ニ就テ

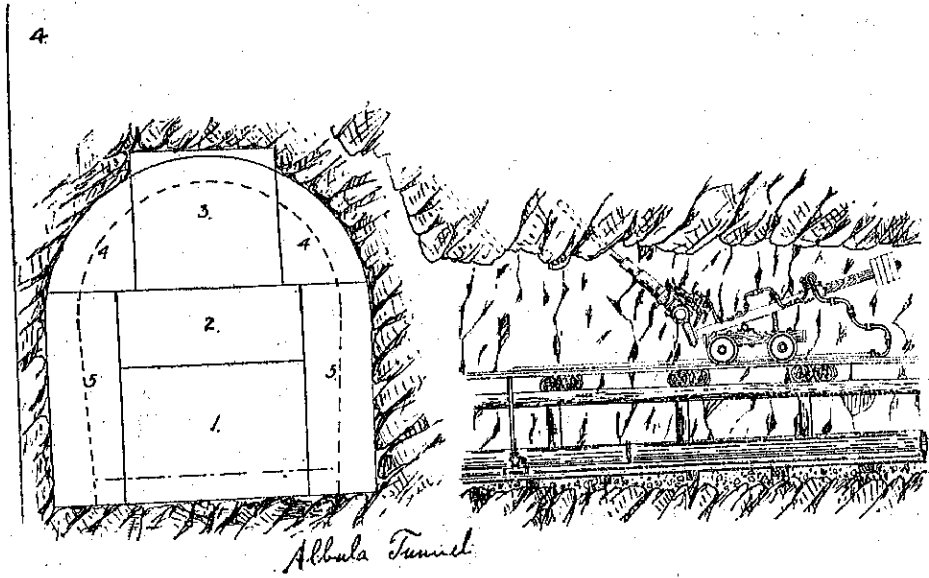
十ば一せんと安ク出來ルト言フ説モアリマス。猶竣工後脱線等ノ事故ノ起ツタ場合ニ大キイ隧道内テハ仕事カシ易ク從テ早ク復舊スル事カ出來ルト言フ人モアリマス。又長イ隧道テハ鐵道開通後べんちれいしよん(換氣)ノ設備ヲセネハナラヌ其場合ニハ複線式ノ方ハ單線式二本ニ比シ動力ニ於テ利益テアリマス。

第三 掘鑿法 (Working System)

掘鑿ノ方式ニハ色々御座リマス。中央歐羅巴テハ第三圖ニ示ス方法カ多ク行ハレテ居リマス。之レヲ Modern Austrian System ト唱ヘマシテ圖面ニ記入セル數字ノ順序ニ掘ルノテ御座リマス。即チ隧道斷面ノ中央下部ニ導坑ヲ穿チ約二百米相隔テ、導坑ノ上ヲ切破リテ上ニ昇リ(3)ノ箇處ヨリ前後ニ向ヒ頂設導坑ヲ穿チマス。此方法ヲ探レハ運搬線路ヲ坑外ヨリ導坑マテ中斷スル事ナク敷ケマス。カラ礪出シニ便利テアリ又湧水ノ劇シイ隧道ニアリテハ排水上ノ都合カ宜ロシウ御座リマス。猶空氣管、水管等ヲ一度布設スレハとつぷへっぢんぐ法ノ如ク幾度モ位置ヲ替ヘル面倒カアリマセヌ。此方法ノ尤モ利益トスル所ハ工事日數ヲ少クスル事殊ニ導坑貫通後疊築工ヲ終ル迄ノ期日ヲ短縮シ得ル事ヲ御座リマス。第一表ニ掲ケマシタ隧道中あるぶらヲ除ク殆ント凡テノ隧道ハ此方式ニ據リ掘鑿致シマシタ。次ニ第四圖ニ示シマス方法ハあるぶらテ用ヒマシタ Top Out Method ト申シマス。カあるぶらテハ

第 四 圖
The Top-Out System

講 演
隧道ノ建設ニ就テ



Aboula Tunnel

此方法ヲ行フタノテとつぷへつぢんぐニ
比シ工費カ十分七テ濟ンタト申シマス。あ
るぶら竣工後ハ此方法ノ賞讃者ハ澤山有
リマス然シ山カ硬クナクテハ實施ニ困難
テ御座リマス。又あるぶらハ高サカ枕木表
面上五米位テスカラ上ヘ向ツテノ切擴ケ
カ二度テヨロシウ御座リマシタカ背ノ高
キ隧道テハ三段四段ニ切擴ケル事トナリ
其都度器械ヲ使フ爲メノ足場ヲ拵ヘネハ
ナリマセヌ故如何ナル場合ニモ適スル方
法トハ申セマセヌ。我國テハ從來殆ントと
つぷへつぢんぐ式ノミヲ用キテ居リマス
カ私ハ場處ニ依リテハ今申述ヘマシタ方
法ヲ御勸メ致シ度イト存シマス。

第四 鑿岩機 (Drill Machines)

次ハ鑿岩機ノ撰擇テ御座リマスカ動力ニ
依リ鑿岩機ヲ區別致シマスレハ

水壓鑿岩機 (Hydraulic Drills)

電氣鑿岩機 (Electric ")

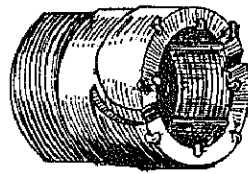
空氣鑿岩機 (Pneumatic ")

蒸氣鑿岩機 (Steam Drills)

トナリマスカ蒸氣ハ隧道ニハ用キマセヌ故略シマス尙電氣ト空氣ヲ兼用スル Electric Air Type ト申スノカ御座リマス又錐 (Bit) ノ運動ニツキ分類スレハ回轉式 (Rotary) ト衝擊式 (Percussion) 即チ錐ノ廻ハル事カ主トナツテ穿孔スルノト錐カ岩石ヲ叩キ付ケテ掘ルノトニナリマス。

扱水壓鑿岩機ハしんぷろんニ使フタノテ有名テアリマス其後あるぶらたうえるんあゝるべるぐニモ用キラレマシタ何レモぶらんと (Brand) 式ト稱スル回轉式テ御座リ

第五圖
Diamond Drill Bit



マス此錐ハ第五圖ニ示ス如キ内空圓筒テ水壓ニ依リテ岩盤ニ押付ケラレ乍ラ廻ハリマス而シテ水ハ内空ノ箇所ヨリ流レ出テ錐ヲ冷ヤシ且孔ノ中ヲ掃除致シマスしんぷろんニ用キタ錐ノ徑ハ三吋三十二分五テ大イ穴ヲ穿ツノテ御座リマス此鑿岩機ニ用フル水壓ハ一平方吋四百五十封度位カ普通テ一臺ヲ動カスニ十五乃至二十馬力ヲ要シマス。

此水壓式ハ能率ノ多イ點テハ一番優レテ居リマスカ水壓ノ高キ爲メ丈夫

ナ鐵管ヲ坑内ニ導カネハナラヌノカ缺點テ御座リマス。

電氣鑿岩機ハ電線ヲ坑内ニ引込ミ發動機テ錐ヲ動カシマスカ發動機カ架臺 (Drill Frame) ニ直接固着セルモノト發動機ヲ架臺カラ離シ可撓性ノ回轉軸ヲ用キテ發動機ノ運動ヲ錐ニ傳ヘルモノトアリマス之レヲ Crank & Spring Type ト申シマスカ此式ハばはいんからわんけんニ用キラレマシタ而シテ從來隧道ニ使用サレシ電氣鑿岩機ハ何レモ衝擊式ノモノテス回轉式ハ鑛山テハ使ハレルソウテスカ隧道ニ使フタ例ヲ聞キマセヌ。

此電氣鑿岩機ハ動力ヲ要スル事ハ最モ尠ク御座リマス一臺ヲ動カスニ二乃至五馬力テ足りマスカ器械ノ餘リ複雑ナル爲メカ修理ニ多クノ費用ヲ要スルノテ缺點カ御座リマス。

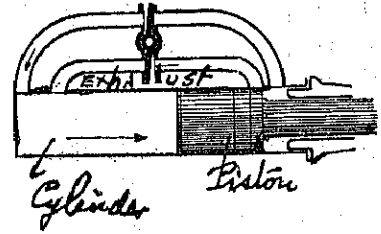


圖 六 第
Butterfly Valve of
Pneumatic Drill

壓搾空氣鑿岩機ハ尤モ廣ク使ハレテ居ルモノテスカ大體ノ構造ハ第六圖ニ示ス通りテ圓筒ノ中ニびすとんカアリマシテびすとんノ兩側ヘ壓搾空氣カ交互ニ入り反對側ノ空氣ハ外ヘ逃ケルノテ御座リマス。空氣カ圓筒ニ入り込ミマス所ノ裝置ニ色々ノ種類カアリばてんとモ有リマス。カ此圖ニハ Butterfly Valve ト稱スルノヲ表ハシマシタ。

一 Piston Drills

二 Hammer

第一ノ種類テハ錐カビすとんノ軸ニ取付ラレテ居リマス。ソレ故ニ錐カビすとんノ運動ト共ニ相互動作 (Reciprocating Motion) ヲ致シマス。之レハぼすらく、れつつべるぐ、ぐれんへんべるぐニ使ハレ我國ニ於テモ廣ク用ヒラレマシタ。

第二ノ種類テハ錐カビすとんノ軸ニ固定サレテ居リマセス。ソレ故ニ錐カビすとんノ軸ニテ居リマス。其錐頭ヲびすとんノ軸先テ叩クノテ御座リマス。ツマリ手振リト同シ要領ヲ穿孔スルノテアリマス。近頃ハ此式カ大流行テ御座リマシテはうえんすたいんばしす並ニ亞米利加テハ廣ク用ヒラレテ居リマス。

一體空氣鑿岩機ハ一番修理カ尠ウ御座リマス。錐カ手荒イ運動ヲ致シマスケレトモ空氣カ器械本體トノ間ノくしよんとシテ働ク故カト思ヒマス。又使用濟ミノ空氣ハ坑内ノ換氣ヲ助ケルノテ御座リマス。然シ之レニハ反對說モアリマシテ一度壓搾機ヲ通過シタ空氣ハ色々ノ不潔物ヲ含ムカラ衛生上良クナイト言フ人モアリマス。此器械ノ缺點ハ動力經濟 (Power Economy) ノ上ニアリマス。空氣壓搾機内ニ於テ Heat Energy ヲ大變損スルコト並ニ鐵管ヨリ空氣ノ漏レル爲メカ能率カ悪フ

御座リマス。此鑿岩機ヲ動かス空氣ノ壓力ハ壓搾機内ニ於テ普通一平方吋百二十封度位テ一臺ヲ動かスニ必要ナル動力ハびすとん式テハ十三乃至三十五馬力平均二十馬力はんまー式ナレハびすとん式ノ半分以下テ御座リマス。

最後ニ空氣ト電氣ヲ兼用スル Electric Air Type ニ就テ申述ヘマスレハ此式ハ電線ヲ坑内ニ引込ミ發動機ニ依リテ空氣ヲ壓搾シ空氣鑿岩機ヲ動かスノテ御座リマス。此器械カ先刻御話シ致シマシタ空氣式ノ器械ト違フ處ハ此式テハ使用濟ノ空氣ヲ排出セスニ同シ空氣ヲ循環的ニ幾度モ使フ事テ御座リマス。此器械モ我國テハ水電ノ隧道テ相當用ヒラレマシタ。

之レテ器械ノ種類ヲ一通リオ話致シマシタカ扱此内ノ何ヲ使用スルカ最モ良イカト言フ撰擇ハ六ツカシイ問題テスカ私ハ空氣式ノ内ノはんまー式ナトハ今後使フニ良イ器械タト考ヘマス。此はんまー式ノ穿孔力ハびすとん式ニ比シ決シテ劣リマセヌ花崗石ノ様ナ硬イ石ニ對シマシテモびすとん式ヨリハ良イ成績ヲ得タ例カアリマス。ソレニモ係ラス動力ト從事人員トニ於テハびすとん式ヨリ節約ニナリマス。而シテ硬岩ニ對シテハびすとん式ノ通り柱 (Column) ニ取付ケテ使用致シマス。

衝擊式ト回轉式トノ優劣ハ岩質ニ依リマス回轉式ハ軟岩ニ適シ硬岩ニ對シテハ衝擊式ノ方カ良イソウテ御座リマス。而シテ回轉式ハ一般ニ錐ノ破損磨滅カ多クコレノ修理カ多クノ費用ヲ要シマス。

第五 運搬法 (Means of Haulage)

隧道ニ於ケル礫ノ搬出及材料ノ持込ミニ如何ナル動力ヲ用フルカノ問題テ御座リマス。短キ隧道ナレハ人力テ宜シウ御座リマスカ長キモノニハ他ノ力ヲ借ラネハナリマセヌ。即チ動物又ハ器械力ヲ使フ事ニナリマス。動物ハ亞米利加テハ盛ンニ用ヒマス。第一表ノりっけんテモ馬ヲ使ヒマシ

タ亞米利加テハ驢馬ノ方カ馬ヨリモ良イト申シマス。驢馬ハ意地カ悪イ爲メ御シ憎イカ馬ノ様ニ神經過敏テナイカラ坑内ノ仕事ニハ適スルト言ヒマス。管子隧道ノ西口テハ牛ヲ用ヒマシタカ西洋テハ牛ヲ使ハスト見エ牛ト驢馬トノ比較ニ付テハ何モ聞キマセヌ。然シ長イ隧道ニハ器械力ヲ利用スルノカ宜シウ御座リマス。器械力ヲ動力ノ種類ニ依リテ別ケマス。

一 蒸氣機關車

二 電氣機關車

三 空氣機關車

四 がそりん機關車

ノ四種類ニナリマス。

蒸氣機關車ハしんぷろん、あーるべるくニテ用ヒラレマシタカ普通ノ蒸氣機關車トハ小シ型カ違ヒマス。ばいらーカ大キクテ多量ノ蒸氣ヲ貯ヘル事カ出来ル、ソレ故ニ坑内テハ石炭ヲ盛ンニ燃ヤサストモ貯蓄セル蒸氣ヲ走り得ルノテ御座リマス。此型ヲ Superheater Engine ト申スソウテス。電氣機關車ニハ Trolley System トカ Accumulator Locomotive ナトノ種類カアリマス。とろりー式ハ管子、生駒山其他多クノ隧道テ用イラレマシタカラ説明スル必要ハ御座リマセン。第一表ノ隧道中テハたうえるん、からわんけんテ此式ヲ使ヒマシタ。蓄電槽付電氣機關車ハとろりー式ノモノト同シ型テ其ノ外ニ電槽ヲ持ツテ居リマス。隧道内テ疊築工ヲ完ヘタ處ニハ針金ヲ引キマスカ、導坑及切擴ケノ箇所ニハ電線ヲ引込ミ憎フ御座リマス。此場所テハ電槽内ノ蓄電ヲ利用致シマス。即チ針金ノアル所テハとろりー式テ走り針金ノナイ箇所テハ蓄電テ動クノテ御座リマスカ此式ハ今迄隧道内テ使ツタ例ヲ知リマセヌ。電氣機關車ニハ尙此外ニモ種類カアリマスカ略シマス。

空氣機關車ハ歐洲テハ大流行テしんぷろん、れつべるぐ、はうえん、すたいんばーしす、ぐれんへん

べるぐテ採用シマシタ。しりんだー内ノ空氣壓力ハ八乃至十五氣壓テスカ機關車ノ持つテ居ル氣槽内ノ壓力ハ高ク百三十五氣壓位ノモノモアリマス。はうえんすたいんばーしすテ使フテ居ルモノハ運轉整備ノ時ニ自重九噸半ト二十四噸トノ二種テ平地ニ於ケル牽引力ハ小ナル方カ五十噸大ナルモノハ七十噸テ御座リマス。空氣式機關車ハ歐羅巴テハ賞讃セラレテ居リマス。カ亞米利加テハ不評判テ御座リマス。空氣ノ壓力ノ非常ニ高イ事モ其原因ノ一カト存シマス。

最後ニがそりん又ハべんじん機關車即チ *Internal Combustion Engine*ヲ持つテ居ルモノニ付キ申上ケマス。此式ハ空氣式トハ反對ニ亞米利加テハ珍重カツテ居リマス。カ歐羅巴テハ不評判テアリマス。普通ノ型ハ四個ノしりんだー及之レヲ冷却スル裝置ヲ持つテ居リマス。

以上述ヘマシタ四種ノ機關車ノ内何レヲ採ルカハ研究問題テ御座リマス。蒸氣カがそりんヲ用フレハ隧道ノ動力計畫 (*Power Plant*)ニ關係ナク機關車ノ數ヲ増シテ運搬力ヲ殖ヤス事カ出來マス。然シ坑内ノ空氣ヲ惡ク致シマス。故換氣ノ爲メ多量ノ空氣ヲ送ラネハナリマセヌ。坑内ノ空氣關係ヨリ言ヘハ電氣式カ空氣式カ宜ウ御座リマス。空氣式ハ電氣式ニ比シ多クノ動力ヲ要シマス。從來ノ例ヲ見ルニ電氣式テ百五十馬力位ヲ要スル場合ニ空氣式ヲ用フレハ二百五十馬力位入ル様テス。何レノ式ヲ採ルカハ其隧道ニ用フル動力ノ種類ニモ依リマス。カ私ハ空氣式又ハ蓄電槽付電氣機關車ナトハ宜シカラウト考ヘマス。

第六 疊築工 (*Tunnel Lining*)

疊築工即チ何ヲ以テ隧道内ヲ積ムカト言フ問題テ御座リマス。其材料ハ石、煉瓦、混凝土ノ三種類テスカ混凝土ニハ豫メぶろくヲ作リテ之レヲ積ム法ト濕混凝土ヲ現場ニ置ク方法トアリマス。此等材料ノ選擇ハ土地ノ狀態ニモ依リ經費ノ關係ニモ依リマス。石ノ得易イ土地ナレハ石ハ強クテ宜ウ御座リマス。瑞西ニハ全部石積ノモノカ多ウ御座リマス。煉瓦ニハ非難ノ聲ヲ能ク聞キマス。其

理由ハ應壓力カ弱イ、煤烟ノ爲メニ浸蝕セラレ、寒サノ嚴シイ土地テハ煉瓦ニ浸込ミタル、水カ氷結シ其結果解氷期ニハ皮カ剝ケテ落チルト言フノテ御座リマス。近頃歐羅巴テハ人造煉瓦 (Kunststein)ヲ穹拱ニ用ヒル事カ流行致シマス。はうえんすたいんばーしすぐれんへんべるぐ共之レヲ用ヒテ居リマス。人造煉瓦ハ膠泥ヲ壓搾シテ作ツタモノテ其寸法ハ $9\frac{1}{2}'' \times 4\frac{3}{4}'' \times 2\frac{3}{4}''$ テ我國ノ煉瓦ニ比シ少シ長イカ略同シ大サテ御座リマス。之レハ應壓力其他ニ於テ煉瓦ニ優ツテ居リマス。

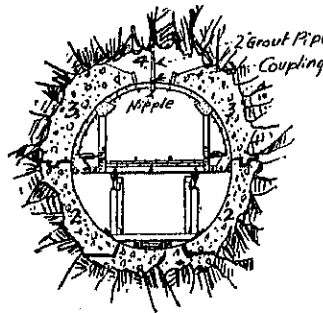


圖 七 第
Concreting the City Tunnel of
the Catskill Aqueduct

隧道ヲ全部混凝土テ築造スル方法ハ歐洲ニモアリマス。カ亞米利加ニ多ウ御座リマス。第七圖ハ紐育市 Catskill Aqueductノ隧道ノ工事テ御座リマス。カ珍ラシク存シマス。カラ御覽ニ入レマス。混凝土ノ内ニ引イタ線ハ工事ノ仕切り箇所テス。いんばーとヨリ着手シ數字ノ番號ニ從ヒ順次上ノ方ニ混凝土ヲ入レマス。(3)マテハ軟イ混凝土ヲ形板内ニ填充致シマス。故確實ナル工事カ出來マス。カ(4)ノ箇所ハ比較的固イ混凝土ヲ側方ヨリ方匙テ投上ケマス。故其結果混凝土ハ沈下シ地山トノ間ニ自然空隙ヲ生シマス。此空隙ニ膠泥ヲ填充スル爲メニ豫メ穹拱頂點ニ於テ二十五呎毎ニ徑二吋ノ瓦斯管ヲ埋込ミ置キマシテ形板取除ケ後此穴カラ膠泥ヲ注射致シマス。其壓力ハ普通一平方吋百封度内外テス。

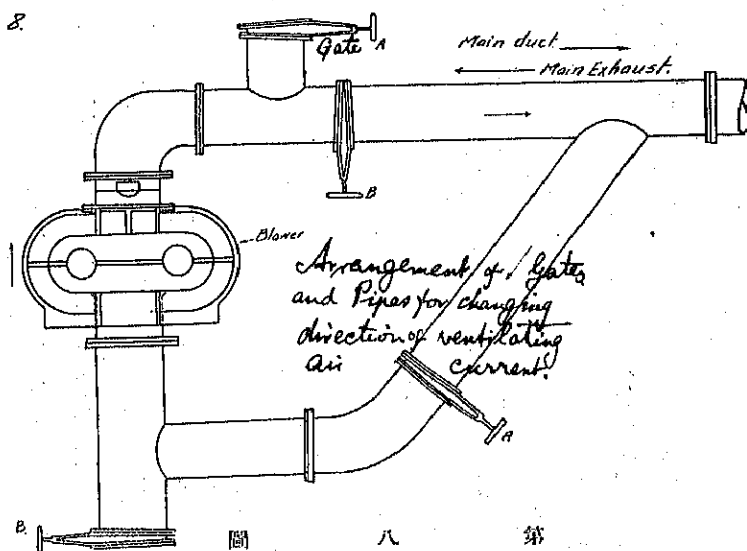
又 Pneumatic Concrete Placing Machine ト申シマシテ濕混凝土ヲ現場ニ運ヒ人力テ形板内ニ入レル代リニ鐵管ヲ形板内ニ導キ一平方吋九十封度位ノ壓力テ濕混凝土ヲ押込ム器械カアリマス。之レヲ用ヒタ隧道ハ亞米利加テハ私ノ知ツテ居ル範圍テニケ所アリマス。此器械ハ最モ斬新テスカ混凝土カ非常ノ勢ヲ以テ形板内ニ這入リマス。故混凝土ノ調合物カ離レル事ハアルマイカト存シマス。從テ此方法ニハマダ改良ノ餘地カアルト考ヘマス。

我國テ工事ヲスル場合ニ側壁ハ何ヲ用ヒテモ宜ウ御座リマスカ穹拱卷立ニハ煉瓦ト混凝土トノ比較ニナリマスカ煉瓦ナレハ良質ノモノヲ撰ビ表面ニハ燒過ヲ用フルノカ宜ウ御座リマス。燒過カ充分ニナイ場合ト雖モ穹拱ノ内線路中心ヨリ左右ニ三呎宛合計六呎間ニハ是非共燒過品ヲ使

用セヨト論スル人モアリマス。

第七 換氣法 (Ventilation)

坑内ノ換氣設備ハ歐羅巴テハ大邊盛ンニヤツテ居リマス。先刻三宅博士ヨリオ話ニナリマシタ衛生思想ノ發達シタ結果ト存シマス。地質ノ固イ隧道テハ尙更盛ンニ換氣ヲ致シマス。ソノ譯ハ石ノ粉末カ空氣中ニ混和致シマスカ之レヲ呼吸スルト有害テアルカラテ御座リマス。坑内ニテ炭酸瓦斯カ一定ノ量ヲ超過スルト人體ニ害カアルカラ有毒瓦斯ヲ緩和スル爲メ空氣ヲ送り込マネハナラスト言フ空氣ノ化學的成分ヨリ論スル以外ニ物理的成分ノ方ヨリモ換氣ノ必要カ起ルノテ御座リマス。尙坑内ノ空氣カ惡イト職工ノ働キ振リカ鈍リマス故經濟上ヨリモ換氣設備カ入用ニナリマス。扱換氣ノ方法ニハ空氣ヲ外ヨリ坑内ニ押込ム法 (Plenum Method) ト坑内ノ惡イ空氣ヲ外へ吸ヒ出ス法 (Vacuum Method) トニツアリマス。カ良イ空氣ヲ押込ム場合ニハ導坑ニ從事セル坑夫ハ充分ニ働ク事カ出來マス。又坑内ノ空氣ヲ吸出ス方ノ利



益ハ爆發後一時ニ澤山出來ル有毒瓦斯ヲ早ク坑外ニ驅逐スル事カ出來マス。雙方トモ特長カアリマス。故近頃ハ押込ミモ吸出シモ出來ル裝置カ流行致シマス。第八圖ハソレテアリマス。Aナルニツノ戸ヲ開キBヲ閉ツレハ空氣カ坑外ヨリ坑内ニ押込マレ反對ニBヲ開イテAヲ閉ツレハ坑内ノ空氣カ吸出サレマス。

次ニ空氣ノ量テアリマス。カ亞米利加テハ爆發後出來ル惡瓦斯ヲ吸出ス方ヨリ此量ヲ決メテ居ル様テス。爆發後六萬立方呎ノ空氣カ惡クナル之レヲ十五分間ニ坑外へ驅逐スル爲メニ一分間ニ四千立方呎ヲ吸出サネハナラヌト言フ說モアリマス。一分間四千立方呎ヲ標準トシタ例カ米國ニハ多ク御座リマス。歐羅巴大陸ハ之レニ比シ大變多量テ御座リマス。塊地利ノ政府鐵道ハ嘗テ長イ隧道ハ一分間ニ三百五十立方呎即チ一萬二千三百立方呎ノ空氣ヲ押込ム事ヲ工事請負人ニ命シマシタ。たうえるんからわんけんナトハ此示方書ニ依リ作ラレタ隧道テ御座リマス。歐羅巴ノ隧道ニ於テ如何ニ多量ノ空氣ヲ坑内ニ供給シ且之レカ爲メニ如何ニ大ナル動力ヲ費シタカハ第二表ニ明カテ御座リマス。

換氣量及所要馬力表 (第二表)

隧 道 名	換 氣 量		所 要 馬 力 數	
	北 口	南 口	北 口	南 口
Wocheln	12,360	5,297	180	120
Karavanken	12,360	12,360	360	180
Tauern	12,360	12,360	390	360
Bosruck	5,297	12,360	190	280
Hauenstein-basis	10,600	10,600	150	100

生駒山隧道ニテハ一分間ニ一萬立方呎換氣スル設備カアリマシタ。次ハ壓力テ御座リマスカ壓力ハ鐵管ノ大サト關係シテ居リマシテ壓力ヲ大キクスレハ鐵管ノ徑ハ小サクテ濟ミ壓力ヲ低クスレハ鐵管ハ大キクナリマス。亞米利加ノ隧道ハ歐羅巴ニ較ヘマスト壓力カ高クテ鐵管ノ徑ハ小サク御座リマス。歐洲テハ鐵管ハ破損シ易ク從テ取換ヲ屢々セネハナラヌカラ壓力ヲ低クシテ鐵管ニ薄イ鐵板ヲ使フ方カ利益タト申シマス。亞米利加テハ一平方吋十二封度ニ達スル壓力ヲ採ツタ例カ御座リマスカ二乃至五封度採ツタ例カ多ク鐵管ハ普通十二吋位テ御座リマス。歐洲テハ壓力ハ普通水柱五百乃至六百密米即チ一封度以內テス其代リニ鐵管ハ大變ニ大キウ御座リマス。はうえんすたいんばしすニテハ疊築工ノ完ヘタ箇所ハ徑一米其先ハ徑半米突ノ鐵管ヲ布イテ居リマシタ。鐵管ノ大キイノハ邪魔氣テス故高々二十四吋位テ止メタカ良イト存シマス。假リニ延長五哩ノ隧道ニテ一分間ニ一萬立方呎ヲ徑二十四吋ノ鐵管テ送ルト致シマスト壓力ハ一封度半要ル事ニナリマス。

右講演後左ノ質問アリタリ

- 會長古市公威君 何ソ御質問テモアレハ此際御發言ヲ願ヒマス。
- 山口準之助君 貴下ノ御覽ナサツタ隧道ノ勾配ハ片勾配テスカ或ハ兩勾配テスカ。
- 瀧山與君 私ノ歐羅巴テ視マシタ工事中ニツノ隧道テハ真中カ高クナツテ居リマス。此はうえんすたいんばしすノ方ハ片口ヨリ三分一位ノトコロカ一番高クナツテ居リマシテ、くれんへんべるぐノ方ハ真中カ頂點ニナツテ居リマシテソレニ勾配カ雙方ヘ附イテ居リマス。
- 山口準之助君 是ハ問題外テスカ換氣法ニ就テ若シアチラニオ出テノ間ニ御覽ニテモナツタラソレヲ承リタイト思ヒマスカ營業ヲシテ居ル處テべんちれしはんヲヤツテ居ル處カアリマ

スカ、アリマスレハトンナ工合ニシテ居リマスカ。

○瀧山與君 長イ隧道ハ開通後換氣設備ヲ持ツテ居ルノカ多ツ御座リマス。換氣ノ方法ハ伊太利人さっかるどーノ發案シ且ばてんとヲ取ツテ居ルト言フ話シノさっかるどー式カ一番宜イト云フ事テコサリマスカ(圖ヲ掲ケテ示ス)ソレハ之カ隧道テコサリマス。其外へえーやちゃんばーヲ附ケル。是ハすけや、鐵筋こんくりーとノ極ク薄イノテコサリマス。軌條ノ下ハ桁ニナツテ居リマス。此えーやちゃんばーニ空氣ヲ吹キ込ムト是カラ外部ノ空氣モ共ニ内部ニ吸ヒ込マレルト云フノカさっかるどーノ式テコサリマスカからわんけん、たうえるんノ二ツノ隧道ハ此式ヲ採ツテ居リマス。是テハ唯押込ムタケテアリマスカ近頃えーやちゃんばーヲ二ツニ區劃シ其ノ一方ニこんぶれっすどえーやヲ入レルト隧道内ノ空氣ヲ誘ヒ出シ他ノ方ニこんぶれっすどえーやヲ入レルト隧道内ニ空氣ヲ押込ムト言フ風ニ一ノ裝置ヲ押込ンタリ又吸ヒ出シタリシテ居ル。要スルニ自然ノ通風ニ逆ハナイ様ニ人爲的ノ風ヲ作ルノテ御座リマス。營業ヲシテ居ル隧道ノべんちれーしゅんヲ最モ盛ンニ行フテ居ルノハ奥太利テコサリマス。奥太利テべんちれーしゅんヲシテ居ル隧道中最モ短キノハ延長八百八十めーたーノでっせんト云フ隧道テス。ちゅーりすとカラざるつぶるぐニ到ル線路中ニコサリマスカ一昨年カラべんちれーしゅんヲ始メテ居リマス。

○山口準之助君 其べんちれーしゅんノ空氣ノ速力ハトンナモノテコサリマスカ。

○瀧山與君 空氣ノ速力ハ大體一秒三めーとると云フノカ普通ノ標準ノヤツテコサリマス。是ハせんとごたーどモ三めーとると云フ計算ニナツテ居リマス。

○山口準之助君 風ノ速力ハ列車速度ヨリ遅フ御座リマスカソレハ哩ニスルトトンナモノテスカ。

○瀧山與君 列車ノ速力ヨリハ遅ウコサイマス。

1256

○山口準之助君 サウスルト列車ニハ達シナイ譯テスカ反對カラ空氣ヲ吹込ムノテスカ又ハ矢張リ後カラ吹込ムノテスカ。

○瀧山與君 列車方向ニハ關係ナク一方ノ坑門口ヨリ間斷ナク吹込ムテコサリマス。風ノ速度三米ト申シマシタカ反對方向ヨリ吹込ム二米ノ自然通風ヲ驅逐スル爲メニ一秒五米トシテ動力ヲ計算シテ居ルノカ多ウコサリマス。

○富田保一郎君 今ノべんちれーしゅんテコサイマスカ先程單線ノ場合ト複線ノ場合トノ話カアリマシテ複線ノ方カ宜イト云フ話テコサイマシタカ複線ノ隧道ハ單線ノ隧道ノ倍ノ列車カ這入ルト思フ少クトモ同時ニ二列車カアルヤウニ考ヘラレル其場合ニ於テモべんちれーしゅんハ宜イトコサイマスカ或ハ惡イトコサイマスカ。

○瀧山與君 私ノ申シマシタノハ例ヘハ複線ノ隧道ノ場合ニ一秒ニ付五米ノ速度ヲ空氣ヲ送ルトシテ計畫ヲスル其場合ニ複線ノトキハ一ツニシテ單線ノ場合ニ二ツニスル其經費ハ複線ニシタ方カ少ナイト云フコトヲ申シマシタノテス。

○富田保一郎君 べんちれーしゅんノべろしちーハ隧道ノ中ニ入ルヘキ列車ノ數ニ依リ異ニス可ヘキモノニシテ隧道ノ數ニ依ルヘキモノニ非ラスト思ヒマスカ此邊如何ナルモノカ。

○瀧山與君 無論オ説ハ御尤テコサリマスカ併シ無論煙ヨリ言ヘハ隧道内ニ信號カナケレハ單線ノ場合ハ一ツシカ列車カ居ラナイ。複線ナラハ途中行違ヒヲスル場合同時ニ二個列車カ隧道内ニアリマス。私ノ申述ベマシタノハ煤烟ノ多少ニ關係セス唯一秒ニ付五米ノ速度テべんちれーしゅんヲ計畫スルトキハ複線ノ方カ利益ダト申上ケタノデアリマス。

○廣井勇君 發破ヲ裝置スル方法ニ就テ大分議論カアルヤウテアリマスカ最近發破ノ穴ノ大サ深サ及配置ハ如何ニナスコトヲ宜シトシテ居リマスカ。

○瀧山與君 近頃ノ隧道テにうまぢくどりるヲ使ウノテハ穴ハサウ大キクナイヤウテコサリマス。大概一時半近クテコサリマス。尤モ御承知ノ如ク穴ノ入口テハ大キク掘ツテ參リマスカ私ノ申上ケマシタノハ一番先テコサリマス。一番先ハ一時半位ノ程度ノモノカ多イノテコサリマス。ソレテへっびんぐノ大サハ私ノ見マシタはうえんすたいんばしす隧道テハ高サ二めーとる八幅二めーとる二テコサリマスカ恰度私ノ視マシタトキニハ導坑ニ穴ヲ十三掘ツテ居リマシタ。乃テ爆發ハ歐羅巴ノ隧道ハ真中ノ穴カ先ニナツテ隅カ遅レルヤウテコサリマスカ亞米利加ノ方ハ下ヨリ初メテ上ノ方ニ進ムノカ多イヤウニ思ヒマシタ。

○廣井勇君 發破ノ穴ノ徑ハ幾何位テスカ。

○瀧山與君 三吋半位ノ穴ヲ明ケマス。

○廣井勇君 穴ノアケ方及填裝ハトウシマスカ。

○瀧山與君 だいなまいとノ方テハサウテアルト云フコトニナツテ居リマス。大キナ穴ヲ開ケテ數ヲ少クシテ半分ニシタトコロテだいなまいとノ量ハ多イ故だいなまいとノ數ヨリ損タト申シマス。はいどろりくニモ矢張りろーたりートばーかっしゅんトアリマス。ばーかっしゅんハ千九百十年英吉利テ拵ヘタサウテコサイマシテ之レニ要スル水壓ハろーたりー式同様高イ故實際ノ隧道ニ應用シタノカナイト云フ話テコサリマス。

○野村龍太郎君 ちーすととりや式掘鑿法テハ上部ノ導坑ハ隧道ノ前後ニ向ヒ掘リ續ケテ行クノテスカ。

○瀧山與君 續ケテ貫通サセルノテコサリマス。下部ノ導坑ヨリ上部ノ導坑ニ達スル切開キ箇所ノ大サハ大概一めーとる角位テコサリマス。乃テ切開キ箇所ノ下ニ礮出シノ車ヲ置キマシテ礮ヲ上カラ車中ニ直接落シテ居リマス。運搬線路カ坑外カラ導坑先マテ一貫シテ居リマス故礮出シニ

便利テコサリマス。

○廣井勇君 しんぶろんテハ既成ノ隧道ヲ工事中ノモノニ利用シテ居リマスカ。

○瀧山與君 私カ視マシタノハマタ仕事ニ掛ツタハカリテコサリマシタカ御承知ノ通り第二ノしんぶろんハ第一ヨリ十七め一とる隔テ、拵ヘテ居ルノテコサリマスカ第一隧道建設ノ際べんちれーしゅんノ爲メ作りマシタ導坑ヲ切擴ケテ居リマス。

○廣井勇君 運搬ノ爲メニハ用ヒテ居リマセヌカ。

○瀧山與君 今單線運轉ヲシテ居リマスカラソレヲ附ケテ居リマセヌ唯元在ツタモノヲ擴ケテ居ルノテコサリマシテ第二しんぶろんハ兩口ヨリ進ンテ切擴ヲシテ居リマシテ第一第二間ニ作ツテアルしやふとヲ利用シテ居リマセヌ尤モ私ノ參リマシタ時ハ起工後二三ヶ月目デアリマシテマタ手掘リテヤツタ時代デアリマシタカ近頃ハトウカ知レマセヌ。

○會長古市公威君 新ラシイノハ前ノ通り曲ツテ居リマスカ。

○瀧山與君 しんぶろんハ入口タケ曲ツテ居リマス。

○野村龍太郎君 歐洲ノ長イ隧道ハスツト同シ大サテ通ツテ居ツテ中間ニ待避等ニ便スル爲廣イトコロヲ設ケテ居リマセヌカ。

○瀧山與君 隧道内ニハ所々ニ置場等ノ爲ニ横ニ大キイまんぼトるヲ附ケテ居リマスケレトモソレ以外ニ特別大キクシタ所ハアリマセヌ。私モはうえんずたいんばーしすテ中ニ信號所テモ造ル設備カアルカト聞キマシタカ今ノトコロハ何モ設備ヲシテ居ラヌト答ヘマシタ。

○廣井勇君 新おーすとあんとすてむハ新舊兩方ニ用ヒテ居リマスカ。

○瀧山與君 左様テコサリマスぼつとむへっぢんくハ書物ニハ柔カイトコロニモ良イト書イテ居リマスカ地質カ柔カケレハ其手前テ上ニアカツテとっぶへっぢんく式トシテ進ンテ居リマス。

堅イトコロテ大背ノ出來ルヲ待ツテ下リ再ヒぼつとむへ。ぢんくニ移ルコトニシテ居リマス。私ノ視マシタ所ニ地質ノ悪イ所テハべるじ。むしすてむテ掘リ穹拱逆卷ヲヤツテ居ツタ箇所カ御座リマシタ。

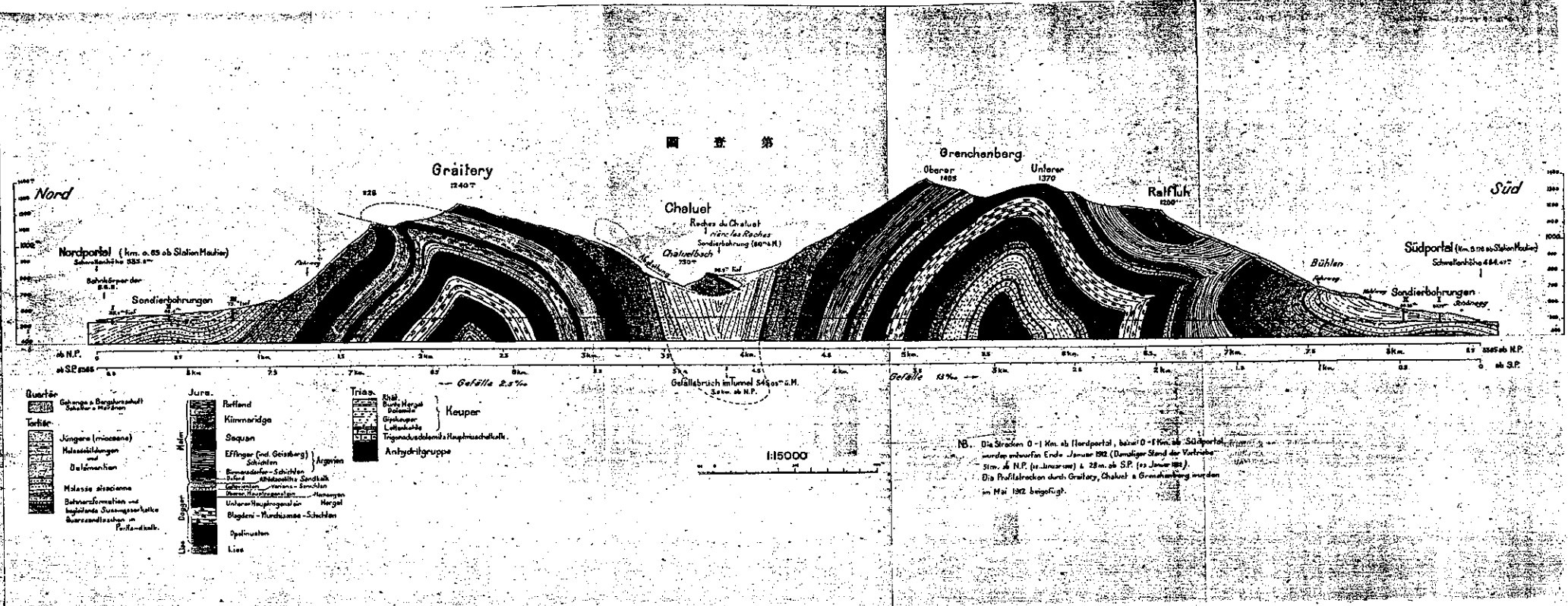
會長ノ挨拶

○會長古市公威君 外ニ質問モコサイマセヌカ——モウ質問モナイヤウテスカラ一言御挨拶ヲ致シマス。瀧山君ノ極ク斬新ナル御調ヘハ極メテ精密テ非常ニ有益ナル御講話アリマシタ。第一回ノ講演會ニ於テ恰モ錦上花ヲ添フルノ心持チカ致シマスノハ本會ノ光榮トスルトコロテ同君ニ對シ厚クオ禮ヲ申上ケマス。——今日ハ是テ閉會ト致シマス。(拍手) (完)

Bern-Alpenbahn-Gesellschaft
Münster-Lengnau

Mutmassliches geologisches Profil
längs der Axe des im Bau befindlichen
Grenchentunnels.
Länge 8585 m
Entworfen von Dr. A. Budarf
mit Berücksichtigung einiger Angaben v. Dr. E. Gumbel'scher Prof. Mathematik
Januar & Mai 1912.

Bern-Alpenbahn-Gesellschaft
Bern-Lötschberg-Simplon
Technische Abteilung
MÜNSTER-LENGNAU



Quartär	Gebirgs- & Bergschutt Schutt- & Moränen	Jura	Rotliegendes Kimmeridgische Saquan Eiffinger (mit Geisberg) Schiefer Bremenschiefer-Schichten Abitobolite Sandstein Murgel Unterer Hauptrogenstein Bludenz - Murgelzone - Schichten Opalinuston Lias	Trias	Chal Eggen Lepontin Toggenburger-Gruppe Anhydritgruppe	Keuper	
---------	--	------	---	-------	--	--------	--

NB. Die Strecken 0-1 Km. ab Nordportal, bzw. 0-1 Km. ab Südportal, wurden im Januar 1912 (damaliger Stand der Vortriebe) 51 m. ab N.P. (1. Januar) & 28 m. ab S.P. (1. Januar) an. Die Profilstrichen durch Graifery, Chaluet & Grenchenberg wurden im Mai 1912 beigefügt.