

水底隧道

工學士 平井喜久松

總論

近時歐米ニ於ケル都市ノ膨脹及商業ノ發達ハ都市交通機關ノ上ニ一大革命ヲ齎シ單ニ路面電車ノ普及ノミヲ以テシテハ其速度及輸送量ノ上ニ於テ満足ナル能ハス何レノ大都市ニ於テモ幾多特種ナル高速度交通機關ノ普及ヲ計リ以テ此ノ缺陷ニ應スルノ設備ヲ完フセリ而シテ高速度交通機關ハ其性質上路面ニ敷設運轉スル時ハ通行者ニ危害ヲ與フルノ惧アルヲ以テ高架若シクハ地下トシ路面ト其高サヲ異ナラシメタリ

高速度交通機關中最初ニ生シタルモノハ高架鐵道ナリトス然レトモ漸次其普及ヲ見ルヤ列車運轉ノ際激シキ音響ヲ發スルコト、道路上ノ光線ヲ遮リ都市衛生上芳シカラサルコト、ハ市民ノ喜ハサル所トナリ多少建設費ハ嵩ムトモ地下鐵道ヲ可トスルノ說勢力ヲ得漸次地下鐵道ノ普及ヲ見ルニ至レリ而シテ地下鐵道ノ普及ニ當リ生シタル工事上ノ困難ハ河川ヲ横キルニ當リ如何ニシテ水ヲ含メル地質中ニ隧道ヲ築造スヘキカノ問題ナリトス乾燥セル地質中ヲ通スル地下鐵道ノ築造ハ通常ノ隧道建設ト異ナル所ナケレトモ水ヲ含メル地質中ヲ通スルモノハ多少異ナレル方法ヲ必要トス以下述ヘントスルモノハカ、ル場合ニ於ケル隧道ノ建設ニシテ所謂水底

隧道 (Subaqueous tunnel) の建設ニ用フル特殊ノ工事方法ナリトス

第一章 水底隧道建設ノ諸法

水底隧道建設ノ方法トシテ以下ノ五種ヲ數ヘ得ヘシ

第一方法 しゝるど式

隧道ノ先端ニしゝるど (Shield) ヲ附シ其前面ノ水壓ニ相當スル壓力ノ壓搾空氣ヲ送りテ隧道内ニ水ノ浸入スルヲ防キ大氣中ニ於ケルト同様ノ方法ヲ以テしゝるど前覆 (Apron) 内ノ土砂ヲ掘鑿シ掘鑿面ハ矢板ヲ以テ落込ヲ防キ覆工ヲ終リタル時しゝるど背面ノ周縁ニ取付ケラレタル數箇ノ水壓筒ヲ既成隧道ニ接觸セシメ水壓ヲ以テしゝるどヲ前進セシメ其後方ニ既成隧道ニ接續シテ鐵製若シクハこんくりーと製せぐめんトヲ以テ卷立ヲナシ逐次隧道ヲ造リ行クモノ、是カ例トシテハ New York ニ於テハ Hudson 及 East River ニ造レル Penn. R. R. Tunnel 既成 Subway ノ Battery Tunnel, Belmont Tunnel 目下建設中ノ Subway ニ於ケル Montague St., Clark St., 14th St., 60th St., ノ四隧道 Hudson and Manhattan R. R. ノ Hudson 河ヲ造レル二隧道 Paris Concorde Tunnel, London Thames Tubes, Hamburg, Eubent Tunnel 等ナリトス

第二方法 沈設法

陸上ニ於テ鐵板ヲ以テ隧道ヲ形造リ是レヲ豫メ切均シタル河底カ若シクハ河底ニ掘鑿セルとれんち中ニ沈置シ隧道内ノ水ヲ排除セル時ノ浮力ニ打勝ツタケノこんくりートヲ其ノ外側ノ枠内ニ入レカ、ル隧道數箇ヲ連結シ且陸上隧道トノ接結ヲモ終リタル時隧道内ノ水ヲ排除シテ隧道ヲ完成スルモノ是レカ例トシテハ Michigan Central Railway ノ Detroit River ニ造レル隧道 New York Subway ノ今回 Harlem River ニ造レル隧道等ヲ數ヘ得ヘシ

第三方法 潜函法

各箇ノけいそんヲ隧道位置ニ沈下シ是ヲ接續シテ隧道トスルモノ是カ例トシテハ Paris Metropolitan Railway ノ Pont Mirabeau Tunnel. Pont St. Michel Tunnel 等ノ得ヘシ

第四方法 覆工法

此ノ語ハ正當ニ其意味ヲ表ハサ、ルモ第一期紐育市地下鐵道建設當時 Harlem River crossing ニ用イタル所謂 McBean 法ニテ Sheet pile ニテ締切工ヲナシ之ニ假ノ木造又ハこんくりーと造ノ屋根ヲ造リ氣密トシテ壓搾空氣ヲ送り隧道ノ卷立ヲナス

第五方法 冷却法

豫メ掘鑿セラレタル隧道又ハ管ノ中ニ冷却セラレタル空氣又ハ鹽化カルシウム溶液 (Chloride of calcium brine) ヲ送りテ其ノ周圍ノ土壤ヲ氷結セシメ由リテ浸水ヲ防キ掘鑿ヲ行ハントスルモノ、方法トシテ出來得ヘキモ未タ隧道ノ全延長ニ亘リテ此ノ方法ヲ以テ完成シタル例ナシ是レ多額ノ費用ヲ要スルト同時ニ充分ナル防水ヲ造リ得サレハナリ

比

以上五方法ノ内第二方法ハ第三方法及第四方法ノ進歩セルモノニテ第五方法ハ未タ完全ノ域ニ達セス結局方法トシテハ第一方法及第二方法ヲ可トス以下少シク兩方法ノ比較ヲナサントス

其一 河川ノ性質及川底ノ地質

第一方法ハ舟行ニ對シ聊カモ妨害ヲナサ、ルニ比シ第二方法ハ少クモ掘鑿ヲ初メテヨリ沈設函ノ沈設及外部こんくりーと工ノ填充ヲ終ル迄常ニ其區間上部河川ノ舟行ヲ妨クルノ不利アリ故ニ舟行頻繁ナル河川ニ於テハ第二方法ハ適用シ得ス又流速急ナル河川ニ於テモ沈設函ノ沈置困難トナリ第二方法ハ適用シ得サルヘク即第一方法ハ河川ノ性質及川底ノ地質ノ如何ニ關セズ適用シ得ヘキニ對シ第二方法ハ舟行頻繁ナル河川並ニ流速急ナル河川ニハ不適當ニシテ又河底ノ

泥土ノ如何ニヨリテモ不利益トナルコトアルヘシ

其二 水面ヨリ軌條面迄ノ深サ

第二方法ハ第一方法ニ比シ利ナリ何トナレハ第一方法ニ於テハ隧道ヲ掘鑿スルニ際シ常ニ相當深サノ土砂ヲ覆(Cover)トシテ隧道頂部上ニ殘サ、ルヘカラスコレ隧道内空氣ノ進出ヲ防ク上ニ於テ必要ニシテ從ツテ川底ヨリ隧道頂部迄ノ深サハ少クモ十四五呎ナラサルヘカラス第二方法ニ於テハ沈置スル方法ナルヲ以テ第一方法ノ如キ注意ヲナスノ必要ナク軌條面ハ第一方法ニ比シ十四五呎ヲ高ムルコトヲ得從ツテ水底隧道兩端ニ於テ勾配ヲ緩和シ得ルノ利アリ

其三 壓搾空氣

第一方法ハ必ス壓搾空氣ヲ隧道建設ニ用フルヲ要ス勿論方法トシテハ浸水ヲばんぷニテ排除スレハ壓搾空氣ヲ用ヒサルモ施工シ得ヘシト雖浸水ハ同時ニ隧道周圍ノ土砂ヲ伴フヲ以テ隧道ノ定置(Alignment)ヲ害スルノ不利アリテ近來ハ壓搾空氣ナシニシ、ルどヲ用フルコトハ流行セス壓搾空氣内ノ従事員ハ世間周知ノ如ク潜函病(Caisson Disease)ニ冒サル、危險アリ壓搾空氣内ニ於テハ人體ノ血液ハ恰モ壓搾サレタル炭酸水ノ炭酸瓦斯ヲ多量ニ溶解スルカ如ク平壓ノ時ニ比シテ多量ノ空氣ヲ溶解ス故ニ壓搾空氣内ヨリ平壓ノ所ニ出ツルニ際シ徐々ニ氣壓ヲ變シ血液中心ニ溶解セラレタル空氣ヲ肺ヲ通シテ徐々ニ排出スルニアラサレハ壓力低下ニヨリ氣化サレタル空氣ハ血管内ノ隨所ニ於テ滯留シ血液ノ循環ヲ妨クル恐レアリ是レ潜函病ノ起ル原因ニシテ其急激ナルモノハ致命症トナリ急激ナラサルモノト雖漸次神經系統ヲ冒シ従事員ノ生命ヲ短縮スルノ憂アリ故ニ各國トモ壓搾空氣内ノ作業ニ對シテハンレンレ規定ヲ設ケ此ノ憂ヲ除クコトニ務メタリ是カ詳細ハ他日述フル所アルヘシ

第二方法ハ二ツノ函ノ取付箇所又ハとれんちヲ掘リテコレニ函据付ノ爲メ特殊ノ土臺ヲ置クカ

如キ場合ヲ除キテハ絶對ニ從事員ハ壓搾空氣内ニ於テ作業スルコトナシ從テ從事員保健上大ナル利アリ

其四 經費

しゝるど一箇ノ價格ハ約三〇〇〇圓ナリ從ツテ隧道延長短カキ箇所ニ於テしゝるどヲ用フルコトハ隧道一尺當リノ工費ニ對シ多大ノ負擔ヲ課スルコトハナリ不利ナリ然レトモ壓搾空氣内ノ作業ハ前述ノ如ク潜函病ヲ惹起スルノ憂アルヲ以テコレヲ防ク方法トシテ壓搾度ニ應シ勞働時間ヲ短縮スルヲ以テ勞銀ハ壓搾度高マルニ從ヒ著シク増大ス故ニ一般ニ河川ノ性質之レヲ許スナラハ經費ノ點ニ於テハ第二方法ヲ以テ經濟的ナリトス

第一方法第二方法ノ取捨ハ以上ノ諸點ヲ考察シテ後決定ヲ見ルヘキモノニテ土地ノ狀態 (Local condition) ニヨリ殆ント其何レヲ可トスルカ判知スルヲ得ヘシ

以下主トシテしゝるど式ノ方法ニ就キテ叙述シ沈設法ニ就キテハ他日期ヲ見テ論述スル所アラントス

第二章 しゝるど式水底隧道

しゝるど式隧道ハ以下三種ノ特徴ヲ有ス

- (1) 壓搾空氣ヲ使用ス
- (2) しゝるどヲ使用ス
- (3) 特別ナル覆工 (Lining) ヲ使用ス

而シテ此ノ方法ヲ述フルニ當リ順次以下ノ諸項ニ分チ論セントス

- (I) 壓搾空氣及水壓 しゝるど
- (II) 隔壁及氣間 覆工

(V) 測量

(I) 壓搾空氣及水壓

壓搾空氣ノ壓力

(VI)

工事實例

(VII)

工費

隧道内ニ使用スル壓搾空氣ノ壓力ハ隧道ノ水面ヨリノ深サニヨリテ規定セラル即チ

$$p = h w$$

p = 壓力強度

h = 垂直深

w = 流動體ノ重量 = $0.0362 \frac{\text{lb}}{\text{cu. in}}$

但シ

ナル式ニヨリテ其壓力ヲ定ムルコトヲ得ヘシ

此處ニ注意スヘキコトハ隧道ニ於テハ潛函 (Caisson) ノ場合ト異ナリ隧道自身或ル高サヲ有スルヲ以テ其壓力度ハ隧道内ノ何レノ部分ノ水壓ニ相當スル壓力ヲ用フヘキカニアリ即今若シ隧道ノ直徑二十五呎ナリトスレハ其頂部ト底部トニ於テハ $25 \times 12 \times 0.036 = 10 \frac{\text{lb}}{\text{sq. in}}$ ノ壓力ノ差アリ故ニ若シ隧道頂部ニ於ケル壓力ヲ用フレハ隧道底部ニ於テハ隧道内ノ壓搾空氣壓力ハ水壓ニ比シ小ニ過キ底部ヨリ浸水スルノ恐アリ又隧道底部ノ壓力ヲ用スルトキハ頂部ニ於ケル壓搾空氣ノ壓力水壓ニ此シ大ナルヲ以テ隧道内ノ空氣ハ進出シ噴出作用 (Blow out) ヲ起スノ恐アリ又隧道中部ノ壓力ヲ用フルトキハ頂部ニ於テハ空氣進出シ底部ニ於テハ浸水スルノ傾アリ而シテ果シテ何レノ壓力ヲ使用スルヲ得策トスヘキカハ頗ル興味アル問題ナルカ從來ノ經驗ニ徴スレハ隧道上ニ相當深サノ覆ヲ置キ進出スル空氣ニ抵抗セシメ隧道底部ノ水壓ニ相當スル壓力ヲ用フルヲ最利ナリトスルカ如シ隧道内ノ壓力ヲ隧道頂部ノ水壓ト等シクシ隧道底部ヨリノ浸水ヲぼんぶニテ吸ミ出セハ何等支障ナキカ如ク考ヘラル、モ浸水ハ同時ニ幾分ノ砂ヲ運ヒ入ル、ヲ以テ隧

道附近ノ基礎ヲ弛メ定置及水準ヲ審スルノ不利アリ既成 New York Subway ノ Battery Tunnel 於テハ常ニ所定ヨリ低キ壓力ノ壓搾空氣ヲ使用シ浸水ヲぼんぶニテ汲ミ出シタルカ爲メニ隧道ハ所々ニ於テ沈下シ隧道全部ノ連絡ヲ見タル後甚ダシキ狂ヒヲ發見シタルヲ以テ所々ニ杭打ヲ施シテヨリ以上ノ沈下ヲ防キ又隧道内部ニ施スヘキこんくりトノ厚サヲ變スル等不備多キ建造物ヲ殘セリ

壓搾空氣ノ量

隧道内ニ送ルヘキ空氣ノ量ハ壓力トハ全々別問題ニテ

- (i) 隧道ノ直徑
- (ii) 隧道内ノ從事員ノ數
- (iii) 土質

ニヨリ決定ス即チ隧道ノ直徑大ナル時及從事員ノ多數ナル時ハ從ツテ多量ノ空氣ヲ要シ土質ハ堅キ粘土 (Stiff clay) ノ如キ緻密ナルモノハ少量ノ空氣ニテ充分ナルモ分壞岩石 (Disintegrated rock) 礫砂 (Gravel, Sand) ノ如キ地質ニ於テハ粘土ニ比シ餘程多量ノ空氣ヲ必要トスヘシ
從事員一人當リニ要スル空氣ノ量ハ各國共州 (State) 又ハ市 (City) ニヨリ其最小限度ヲ規定セリ今二三ノ例ヲ擧クレハ次ノ如シ

Netherland Government	45 cub. meters per hour	(1,588 cub. ft.)	June 1905
French Government	40.3	" (1,423 "	Dec. 1908
London County Council		(8,000 "	
Buenos Ayres	150	" (5,295 "	

以上ノ數字ハ單ニ通風ノ上ヨリ必要ナル空氣ノ量ヲ定メタルモノニテ通常水底隧道ニ於テハ Heading ニ於ケル從事員ノ數ハ殆ント一定シ隧道ノ直徑十六呎ヨリ三十呎ニ至ルニ從ヒ二十五人ヨリ三十五人ノ間ニ變スルヲ以テ今其平均數三十人ヲ以テ隧道從事員ト考ヘ各國ノ規定ニヨル

講演 水底隧道

通風上必要ナル空氣量ヲ算出スレハ次ノ如シ

毎時問送入スルキ空氣ノ容積規定 (Required vol. of free air pumped per hour)

- (1) 244,000 ^英cu. ft./hr. 和蘭 17,640 cu. ft./hr.
- (2) 180,000 ^英cu. ft./hr.

(3) ノ容積數モシテ (2) ノ命令遵守ナリ

之レニ對シ既成隧道ニ於テ事實送リタル空氣ノ一時間ノ最大量ハ

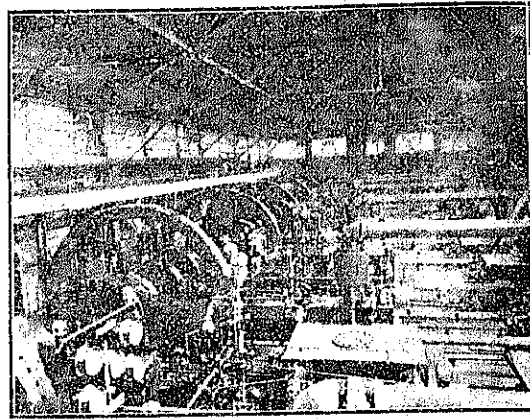
	Per sq. ft. of heating cross section	Per total transverse area of heating
Blackwall Tunnel	1,050 cu. ft./hr.	600,000 cu. ft./hr.
Parker St. & Waterloo Tunnel	1,550	200,000 "
Penn. Tunnels (North River)	867	380,000
" (East River)	1,179	490,000
Hudson Tunnels	1,541	333,000
Paris Metropolitan Cercirde Tunnel.	1,115	570,000

ナリ即チ是レニヨリテ見レハ前記通風上ヨリノ必要量ヲ超過スルコト約二倍ニシテ由リテ隧道内ニ送ルヘキ空氣ノ量ハ多クノ場合 Heating ヨリ逸出スル量ニヨリテ決定セラル、ヲ知ルヲ得故ニ新タナル隧道ヲ建設セントスルニ當リテ豫定スヘキ空氣ノ量ハ地質相似タル既成隧道ノ例ヨリ其必要量ヲ決定スルヲ可トス

壓搾機ノ形式

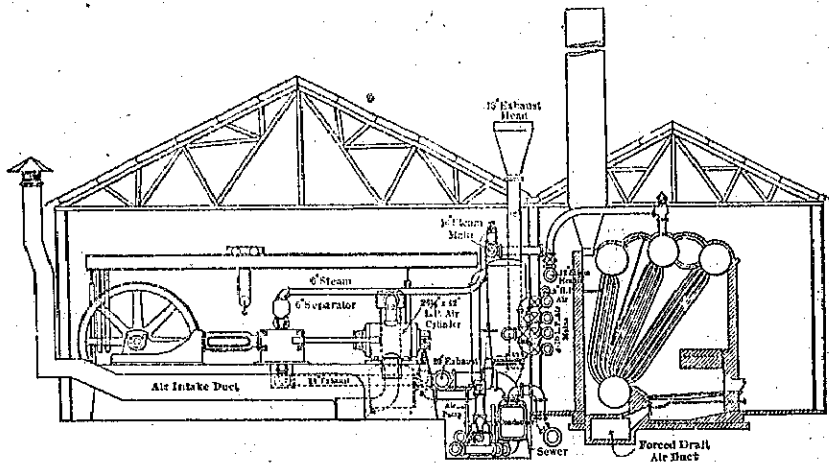
- (1) 低壓壓搾機

ヲ用フルモノトアリ空氣ノ必要量一基ノ壓搾機ニヨリ過不足ヲ生スルカ如キ場合ニ於テハ蒸氣
ナレハ單ニ第二ノ壓搾機ノ壓力ヲ上昇セシムル目的ニ使用スルヲ得ヘキモ電氣ヲ用フル時ハ此



べんしるべにあ鐵道いすとりば一隧
道まんはつたん空氣壓搾所ノ内景

第一圖



同上横断面

第二圖

通常40乃至50封度ノ壓
力ニテ 150,000 cub. ft./hr.ノ
能力ヲ有スル壓搾機ヲ
使用シ隧道内ニ要スル
空氣量ノ多寡ニヨリテ
カハル機ノ幾臺カラ据
付ク即チ若シ 50,000 cub.
ft./hr.ノ空氣ヲ得ントス
レハ 150,000 cub. ft.ノ能力
アル機三臺ニ 75,000 又
ハ 80,000 cub. ft.ノ能力ノモ
ノ一臺ヲ設置スルカ如
シ何レノ場合ヲ問ハス
壓搾機ノ能力ハ必要量
ノ二五%ヨリ三〇%餘
カヲ見込ムコトヲ要ス
ぽんぷヲ運轉スルニ電
氣ヲ用フルモノト蒸氣

770

ノ融通ハ利カス故ニ複氣筒 (2 cylinder) ニ代フルニ單一汽筒 (1 cylinder) ヲ用ヒ氣壓ヲ隧道内ニテ必要ノ壓力ヨリ高クシテ必要量ノ調整ヲナス

(2) 高壓壓搾機

壓力ハ 70—140 lb_{sq. in.} ノ中ニテ鑿岩錐 (Rock drill) 注膠泥機 (Grouting machine) ヲ使用ス能力ハ大抵 75,000 cub. ft./hr. 以下ニシテ 250,000 cub. ft./hr. 位ナリ

機名	壓搾機能力	壓搾機能力
Penn. Tunnel E. R. 140#	{ 75,600 cub. ft./hr. 251,400 "	Belmont Tunnel 100#
Penn. Tunnel N. R.	{ 64,080 " 94,200 "	Hudson Tube
Subway Tunnel Manhattan 138,400 "		Subway Tunnel Brooklyn 138,400 "

壓搾機附屬品

壓搾空氣取入口ハ大抵四尺直徑ニテ屋根ヨリ十五尺位高クシ清淨ナル空氣ヲ採ル様ニス取入口ヨリ空氣ハ自働制調器ヲ通シ壓搾機ニ入ルコノ自働制調器ハ隧道内ノ壓力所定以上ニ達セル時自然ニ空氣ノ流入ヲ止ムル様設計セルモノナリ壓搾機ニヨリテ壓搾サレタル空氣ハ温度上昇スルヲ以テ冷却器ヲ通シテ 60°—64°F ニ低下シ Air receiver ニ入ル冷却器ノ構造ハ通例管ヲ屈曲セシメ上部ヨリ冷水ヲ撒キテ Pipe 内ノ空氣ヲ冷却スル方法ヲ採ル Air receiver ハ以下ノ二箇ノ效用ヲナス

- (i) 空氣壓搾機ト送致管 (Delivery pipe) トノ間ニ緩衝物 (Cushion) ノ働キヲナシ壓搾機ヨリ來ル衝働 (Shock) 及動悸 (Pulsation) ヲ調整ス

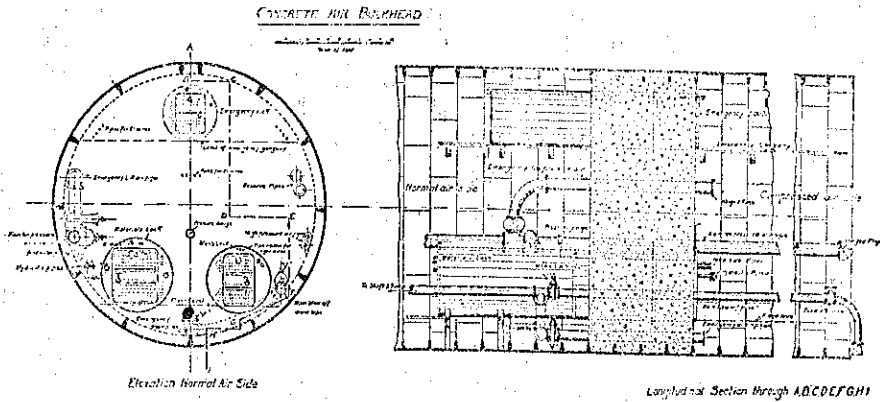
(ii) Air receiver 中ニ Baffle plate ナルモノヲ置キ壓搾空氣中ニ含マレタル油ヲ分離セシム
 隧道内ノ空氣カ多量ノ油ヲ含ミタル時ハ單ニ従事員ノ健康ニ有害ナルノミナラス爆發ノ時發火
 等ノ危險ノ原因ヲナス

壓搾空氣送入管

管ノ直徑ハ送入スヘキ空氣量其速度及摩擦ヨリ起ル壓力ノ損失 (Pressure loss) ヨリ算出スルヲ得
 ヘシ

通常低壓管ハ其徑十乃至十四吋高壓管ハ其徑三乃至四呎ナリ
 低壓管ハ Spiral or plain steel riveted pipe ニテ厚サハ $\frac{1}{8}$ 乃至 $\frac{3}{16}$ 吋接手ハ $\frac{1}{4}$ 乃至 $\frac{3}{8}$ 吋ノ Rubber
 gasket ヲ間ニ挟ミ入乃至一〇個ノぼーるとヲ以テ緊結シタル突縁接合 (Flange connection) ニテ長サハ
 氣隔ノ間隔ニヨリテ定マル

高壓管ハ螺旋接手ヲ有スル標準蒸氣管 (Standard steam pipe with screwed joint) 又ハ護膜製填材ヲ間ニ
 挟メルぼーると締メ突縁接合管 (Bolted flange connection pipe) トス高壓管及低壓管ハ各 Air receiver モリ
 各別々ノ管トナリテ隧道内ニ送入サルヘキモノナルカ兩者ノ間ニハ所々連接部ヲ造リ置キ平時
 ハ閉塞シ置クモ連接部ヲ開ケハ低壓ノ壓搾度ヲ高壓ニヨリテ高メ得ル裝置トシ置クヲ要ス
 低壓主管 (Main low pressure pipe) ハ隧道ノ進行ニツレ常ニ管ヲ繼キ足シしるどノ後方 25 呎ノ點ニ
 進メ置クヲ要ス第三圖参照是レ勞働者ハ多クしるど近傍ニ働キ居ルヲ以テ新鮮ナル空氣モシ
 いるど近クニ供給スルヲ可トスレハナリ又換氣法ノ點ヨリ考フルモ空氣管ヲ氣隔 (Air lock) ノ近
 傍ニ止メ置クトキハ新鮮ナル空氣ハしるど迄進マスシテ氣隔附近ニ滯留シ氣隔ノ開閉ノ度毎
 ニ逸出シ去ルノ不利アリ最モ安全ナル管ノ配置トシテハ空氣管二本ヲ置キ一本ハしるど近ク
 迄進メ他ノ一本ハ隔壁 (Bulk head) ノ内側ニ止メ置クニアリ斯クシテ通常ハ長キ管ニ通風シ一朝



第三圖

Blow outヲ發生シ長キ管ノ水中ニ没シタルカ如キ場合ニ於テ短カキ管ニ通風スル時ハ隧道内ニ空氣ヲ保タシムルコトヲ得勞働者ノ逃出ニ便ナルヘク又一且噴出作用ニヨリテ隧道内ニ漲ル水ヲ排除スル場合ニモ便ナルヘシ何レノ管ヲ問ハス通風管ノ先端ニハ必ス翼狀(Fin)ヲ附シ置クヘシ是レ管カ隔壁ノ外側ニ於テ破レタルトキ又ハ壓搾機運轉ノ止マリタル時隧道中ノ空氣ノ外側ニ出ツルヲ防ク上ニ於テ必要缺クヘカラサル裝置ナリトス以上二本ノ送風管ハ通常隔壁ノ外側ニ於テハ一本トシニツノ瓣(Valve)ヲ附シテ空氣ノ入口(Air Inlet)ヲ調節スルコト第三圖ニ示ス如シ

水壓機

(a) 水壓ノ強度

水壓ノ強度ハ通常次ノ三種類トス

脚子(Rain)	ヲ動かスモノ	5,000 lbs./sq. in.
作業臺(Platform)	ヲ動かスモノ	2,000—3,000 "
掘下機(Director)	ヲ動かスモノ	1,500—2,000 "

斯ク水壓力ヲ其用途ニヨリテ變化スル理由ハ必要ナル力カ各部ニヨリテ異ナルト同時ニ水筒ノ大サモ相當大サニ制限スルヲ要シ又運動ノ速度カ各部ニヨリテ異ナレハナリ而シテ通常水壓機ニ於テハ最大ノ壓力ニ壓搾シ其他ノ低壓ニハ或方法ヲ用ヒテ是レヲ低下ス壓力ヲ低下セシムルニ二方法アリ

(1) 錘付キ減壓瓣 (Weighted balanced reducing valve)

即チ水流ヲ塞キテ減壓スルモノ

(2) 蓄力器 (Accumulator)

通常ハ蓄力器ヲ用フルモノヲ用フ即チ $5,000 \frac{\text{lbs}}{\text{sq. in.}}$ ノ高壓ニ壓搾サレタルモノヲ蓄力器ニヨリ 1,500—1,200 封度ノ壓力ニ低下シ置キ壓力ヲ高ムル必要アルトキハ蓄力器ノ接續ヲ斷接スルモノトス二本ノ管ヲ用ヒタルトキハ二線ハ互ニ連續セシメ二本ノ何レヲモ蓄力槽 (Hydraulic accumulator) ニヨリ低壓ニ又二本ノ何レヲモぼんぶヨリ直チニ高壓ヲ送り得ル様ニス第二ノ方法ヲ通常用フ

(b) ぼんぶノ容量

しゝるどノ唧子ノ容積ニ送水管ノ容積ヲ加へ唧子ヲ動かスニ要スル時間ニテ割レハ毎分ノぼんぶノ容量ヲ得ヘシ水底隧道ノ諸機械類ノ内最モ破損シ易キ部分ハ水壓機裝置ナルヲ以テ容量ハ通常理論上ヨリノ必要量ニ五〇%ヲ加へ而カモ斯カル容量ノぼんぶニ臺ヲ備へ管モニ臺ニ個々ニ付ケ萬全ヲ期スルヲ得策トス

(c) ぼんぶ

鋼管ニテ 6,000 封度ノ壓力ニ抵抗シ得ル様検査ス内徑ハ $\frac{1}{4}$ 乃至 $\frac{1}{2}$ 吋トシ厚サハ $\frac{1}{2}$ 吋内外長サハ氣閘ヲ置クヘキ間隔ニヨリ異ナルモ通常 12 呎以上接手ハ草製填材ヲ間ニ挾メルぼんぶと締メ突縁接合トス

排水ぼんぶ

壓坑 (Shaft) 一箇所ニ一箇ヲ備フ排水ぼんぶニヨリ排除サレタル水ハ壓搾機及 Aferocooler ニ送り空氣ノ冷却ニ使用スぼんぶノ能力ハ $6,000 \frac{\text{gal}}{\text{hr.}}$ トス

排水管(第三圖參照)

780

通常6吋管ニテ隧道内作業面ニ近ク可撓蛇管又ハゴむほーす(Flexible or rubber hose)ヲ附シビ。とノ中ニ入レ置キし。一。る。ど。ヨ。リ。ノ。浸。水。多。キ。カ。又。ハ。水。力。機。ヨ。リ。ノ。排。水。多。キ。時。辦。ア。ヲ。開。キ。隧。道。中。ノ。氣。壓。ヲ。利。用。シ。水。ヲ。堅。孔。ノ。排。水。器。迄。排。出。セ。シ。ム。隔。壁。ノ。外。側。ニ。於。テ。辦。ア。ハ。常。ニ。開。キ。放。シ。ト。ナ。シ。置。ク。モ。隧。道。内。ニ。洪。水。ノ。起。リ。タル。時。ハ。ア。ハ。塞。キ。ア。ヲ。開。キ。テ。隧。道。内。ノ。水。ヲ。汲。ミ。出。ス。ニ。利。用。ス。

點燈 (Lightening)

直徑20呎以上ノ隧道ニテハ12乃至15呎ノ距離ニ16燭光ノらんぷ一列及24乃至30呎ノ距離ニ尙一列ヲ置ク而シテ其他ニモし。一。る。ど。ノ。近。傍。及。注。膠。泥。機。ノ。近。傍。ニ。餘。分。ノ。モ。ノ。ヲ。置。ク。

土運車ノ運轉

鋼索 (Cable) 卷揚機 (Winding drum) 電氣機關車等ヲ用ヒタルモ近年ハ大抵蓄電池ヲ有スル車ヲ用フ是レ隧道内ニ於テ架空線 (Trolley wire) 其他障礙物ヲ除キ得レハナリ

壓搾機水壓ぼんぶ及其能力ノ表ヲ造レハ次ノ如シ

TABLE I

Penn. Tunnels	高壓	壓搾機能力 in cub. ft. free air per min.	水壓ぼんぶ能力 gal. per min.	馬力	同時ニ製作スル設備
New York (North River) Plant	1,100	13,167	171	1,800	2 headings
Weehawken Plant	1,100	13,167	171	1,800	2 headings
Hudson Tunnel					
15th Str. Plant	6,726	8,954	60	3,330	2 headings at times 3 — 4
Merton Str. Plant	4,744	5,040	40	1,950	2
Washington Str. Plant	3,296	7,890	40	2,524	4 headings mostly Aock

Pier C, Plant	4,400	5,550	40	2,110	2	"
Dey Str. Plant	8,197	10,840	20	3,315		Tunnel approaches & terminal foundations.
Paris Corcorde Tunnel	526	9,500	22	1,100	1	headings.
New York Subway						
Battery Park Manhattan	3,531	6,280				2 headings.
Jerusalem Str., Brooklyn	3,140	18,368			2	"

(II) 隔壁及氣閘

隔壁

隔壁ハ隧道中既ニ水密トナレル部分ト工事中尙壓搾空氣ノ送入ヲ必要トスル部分トノ境界ヲナスモノニシテ通常煉瓦又ハコンクリーとニテ厚サ10呎位ノ一重ノ壁ヲ以テスルモ時ニハ二重ノ壁ヨリ成立タシムルコトアリ又鋼製障壁(Steel screen or diaphragm)ヨリナルコトアリコレハ取除キ自在ニシテ工事ノ進捗ニ伴フテ前進セシメ得ルノ利アリト雖氣密ノ程度前者ニ及ハス今日ハ主トシテ注膠泥機ニヨリテ緻密ナルコンクリーと壁ヲ造ルヲ最モ安全ナリトセリ鋼障壁ハ歐洲ニ於テ使用サレRotherhithe Tunnel in London, Nord Sud Tunnel in Paris 等ニ於テ用ヒラレタル由コンクリーと壁ヲ造ル場合ニ於ケル壁ノ厚サハ隧道ノ直徑ニヨリテ異ナルカ通常鐵製環^{リシ}四個位トス即チ30吋ノ環ノ幅ナレハ10呎トナル壁ノ厚サノ計算方法トシテハ圓形平飯ノ假定球形屋根(Spherical dome)假定内壓ニ作用セラレ居ル球形又ハ圓錐ノ假定アリ何レノ方法ヲ用フルニセヨ氣閘管ノ爲メニ隔壁中ニ生シタル空虛ノ部分ヲ考ヘ相當餘裕ヲ附スルヲ要スコンクリーとノ混合比(Composition)ハ一・二・五・五ヲ普通トシ注膠泥工ニハ百封度ノ壓力ヲ使用ス加壓側ノ面ハ純せめんとノ裝工ヲナス

氣閘

少クトモ二個出來得ヘクンハ三個ノ氣閘ヲ置クヘシ而シテ三個ノ場合ニハ一箇ハ徑小ナルモノ

ヲ用ヒ隧道ノ頂部ニ近ク置キ常ニ Air side ノ戸ヲ開キ置キ不時ノ出來事ヲ生シタル場合ニ内部從
 事員ノ逃出ニ便ス又方向定置 (Alignment) ノ測量ニモ使用サル(第三圖參照)

下部二箇ハ通常同一徑ニシテ直徑 6 呎位一ハ Man's lock ト稱シ勞働者ノ出入ニ便シ他ハ Material
 lock ト稱シ掘鑿土ノ搬出及建築材料ノ搬入ニ用フ

氣閘ハ鋼板ト附屬金物ヨリ成リ構造ハ蒸氣汽罐ト同様ニシテ總テノ繼目ハ 50 乃至 60 封度ノ壓力
 ニ堪ヘ得ル様填隙ヲ施ス

隔壁ヲ造ルニ際シ注意スヘキコトハ必要ヨリ以上ト考フル數ノ管ヲ入ルヘキ穴ヲ造リ置クコト
 ナリ今迄此ノ用意不充分ナリシ爲メニ蒙リタル不便ハ常ニ擔當技術者ヨリ聽ク所ナルヲ以テ充
 分注意スヘキ一項ナリトス

空氣送入管

氣閘扉ノ中外ニ眞鍮製把手ノ瓣 (Brass hand valve) ヲ附シ内外何レヨリモ管ヲ開キテ空氣ヲ出入セ
 シメ得ル様ニセリ直徑ハ人ノ出入スル閘 (Man's lock) 及非常閘 (Emergency lock) ニテハ $\frac{1}{4}$ 乃至 $\frac{1}{2}$
 吋材料閘 (Material lock) ニ於テハ 4 吋トスル材料閘ニ於テハ空氣ノ壓力ノ調節ニハ時間ノ制限ナ
 ケレトモ人閘ニ於テハ潛函病ノ豫防法トシテ壓搾空氣ノ度合ニ應シ減壓ノ場合時間ニ制限ヲ附
 スル必要アレハナリ

(III) しゝるご (Shield)

しゝるごノ形狀

圓形、橢圓形及仰拱、側壁、三心拱ヨリ成レルモノ等種々ノ形狀ヲ有スルモノアルモ後者ハ何レモ失
 敗ニ終リ現今ニテハ殆ント圓形ニ限ラレ居ルコトShieldハ進行ニ際シ Rotate スルコトヲ免レサル
 カ故ナリ Rotation ノ原因トシテハ次ノ三ヲ數ヘ得

- (i) しーるど軸ト唧子ノ軸トノ平行不完全ナルコト
- (ii) 土地ノ抵抗カしーるどノ全面ニ亘リ一樣ナラサルコト
- (iii) しーるどヲ前進セシムルニしーるど全面ノ唧子ヲ用キサルコト從ツテ前進ノ場合作用サル、カハしーるどノ全面ニ涉リ一樣ナラサルコト
- 圓形ノ場合ト雖廻轉ヲ起シタルトキハ作業臺ハ傾キ作業上不便ナリト雖隧道トシテノ形狀ニハ差異ヲ生セサルノ利アルモ他ノ形ニ於テハ廻轉シタル場合ニ於テハ直チニ形チニ狂ヒヲ生スヘシコレ圓形ノ最大ナル利益ナリ廻轉ヲ矯正スル方法トシテハ
- (i) 楔形ノ板ヲ唧子ノ間ニ入ル、コト
- (ii) しーるどノ或ル部分ニ鑄鐵ノ對重ヲ附スルコト
- ノニナリ

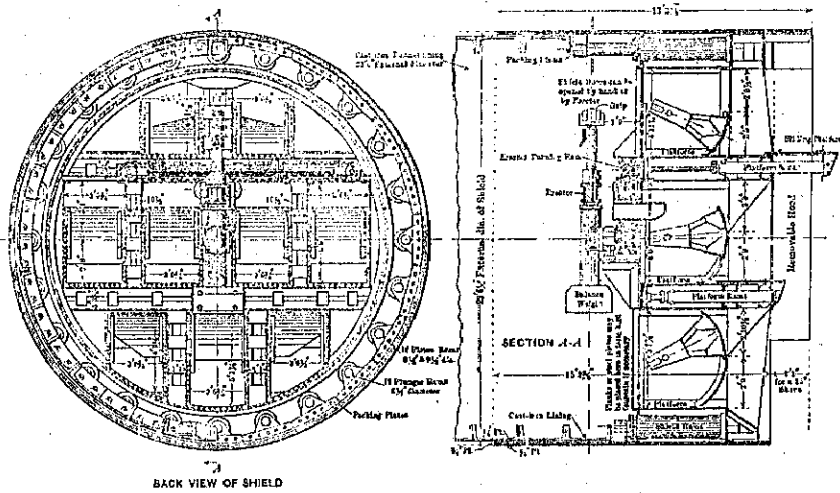
しーるどハ三ツノ部分ヨリ成立ツ即チ截頭(Cutting edge) 胴(Body) 尾部(Tail) コレナリ

(a) 截頭ハ通常鑄鋼ニテ造ラレンノ效用ハ

- (i) 掘鑿ヲナス場合労働者ノ作業ヲ庇保護ス
- (ii) 軟質ノ地質ニ於テハしーるどヲ押進ムルトキ隧道前面ノ土壤ヲ切り取ル働キヲナス
- (b) 胴ハ労働者ノ作業臺及堰板(Poling)ノ足場トナリ又總テノ裝置ヲ取付ク作業臺ヲ設計スルニ當リテハ

- (i) 出來ルタケ空地ヲ大ニスルコト
- (ii) 出來得ルタケ簡單ニスルコトニ留意スルヲ要ス

昔時ハ胴ニ二三ノ作業臺ヲ置キノレニ仕切ヲ造リ總テノ仕切ニ種々ノ扉ヲ造リ事アル場合ニハ出來得ルタケ早ク戸ヲ閉サス様留意セルモ實驗ノ結果ハ戸ヲ置クコトハ却テ事アル場合労働者

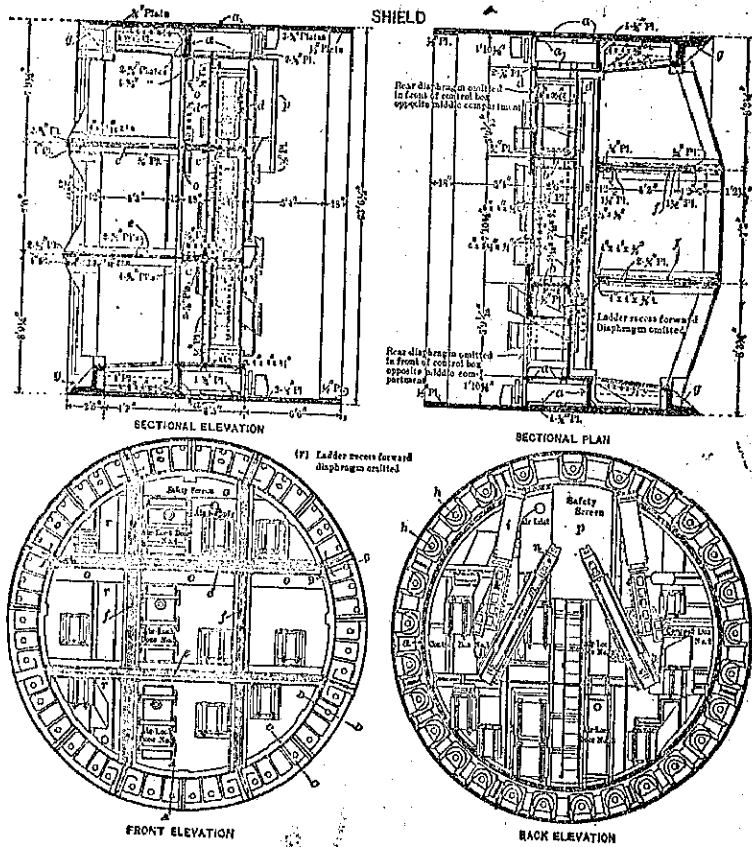


第四圖

ノ通行ヲ邪魔シ又事ナキ場合ト雖常ニ勞働者ノ作業ニ不便ヲ與ヘ狹キ通路ヲ通過スル毎ニ特別ニ身體ヲ屈曲スルカ爲メニ潛函病 (Caisson Disease) ノ原因ヲナスコトヲ發見シタルヲ以テ今日ノ慣例トシテハ強度ノ許ス限リ開キヲ大ニシ分割ヲ少ナクセリ新ラシキ New York Subway ノ 60th Street Tunnel 即 Queensboro Bridge ノ上流僅カニ 80 呎ヲ距テ、同橋ト並行ニ走ル隧道ニ於テハ分割ハ ⊕ ノ六ツニ區分サレ扉ヲ置カスシテ中央ノ開キヲ出來ルタケ大ニシ通行ニ便セリ但シ地質ノ如何ニヨリテハ扉モ缺クヘカラサルコトアリ喩フレハ Mr. James Forge カ Penn. R. R. North River Tunnel ニ於テ軟質ノ沈泥中ニ施工シタル方法ノ如クしーると前面ノ戸ヲ總テ鎖シ唧子ノ力ニヨリ前面ノ土砂ヲ排除シツ、しーるとヲ押シ進ムルカ如キ場合ニ於テハ戸ハ必要缺クヘカラス Forge 氏ハ此場合旋開扉ヲ用ヒ沈泥カ隧道中ニ流レ入ルカ如キ傾向ヲ有スル時ハ自働的ニ扉カ閉サル、様ノ構造トセリ(第四圖參照)

扉ノ構造ニハ其他ニぎろちん (Gullotin)、滑臺 (Sliding) アルモ共ニ空間ヲ餘計ニトリ又導樋 (Guide) ノ中ニ土砂入り效用減少スルノ憂アリ遮戸 (Shutter door) ハ前二者ニ比シ空間ヲ要スルコト少ナケレトモ戸ヲ閉チテ後是レヲ庇護スルコト困難ナリ

主高壓瓣ヲ閉鎖スルコトニヨリテ行ハル、モ後者ニ於テハ交互ニ可撓銅管ニ連結スル必要アリ然レトモ二重働作ハ機ノ複雑セルタケ損シ易キヲ以テ通例後者ヲ使用ス



第五圖 組育東河隧道設計圖

洞ノ背面ニハ數箇ノ水壓唧子ヲ附ス唧子ノ數及壓力方ハしーるどノ大サニヨリテ定マル唧子ハしーるど全體ニ等一ニ分布セルモノト下半ニ餘計ニ取付ケタルモノト二種アリ何レニセヨしーるどハ其大ナル重量ノ爲メニ常ニ前面ニ於テ垂下スル傾向アルヲ以テ實際しーるどヲ押進ムル場合ニ於テハ常ニ下半ノミノ唧子ヲ使用シテ他ノ上半ハしーるどノ位置ヲ整正スル場合ノミニ用フ唧子ノ型式 (Type of ram) 唧子ニハ微分二重働作 (Differential double acting) ト單一働作 (Single acting) トノ二種アリ前者ニ於テハ唧子ヲ押シ返スニハ

唧子ノ直徑

必要トスル壓力ニヨリテ異ナルモ通例 8 乃至 10 吋ナリ例ヲ舉グレハ

Diann Weight Total propulsive force

Penn. North River Shield

24 rams with $8\frac{1}{2}$ " plungers 23' - 6" dia.

200 tons

6,810,000

Penn. East River Shield

27 " " 9" " 23' - 6"

200

8,590,000

Hudson Tunnel

16 " " 8" " 17' - 0"

61

2,514,000

Paris Concerde Tunnel

27 " " $8\frac{1}{2}$ " " 26' - $1\frac{1}{2}$ "

215

7,660,000

唧子ノ頭ハ幅廣キ鋼板ニテしーるどノ尾部ニヨク馴染ム様ニシ同時ニ唧子ヨリノ推力カ萬遍ナク傳ハル様ナ構造トスヘシ

唧子群

唧子ハ上左右下ノ四ツノ群ニ分チ各ハ開閉瓣ニヨリ調節セラル而シテ又分配瓣函ノ中ニ備ヘラレタル活嘴ニヨリ各箇々ノ唧子ヲ調節シ得ル様ニモ造リ置ク

水平可動作業臺 (Horizontal moving platform) ハ一對トナレル水壓唧子ニヨリ動カサレ而シテ前ニ進メラレタル時ニモ支柱ヨリノ推力ニ抵抗シ得ルタケノ強サヲ有スル構造トスヘシ

組立機 (Erector) しーるどノ背面ニアリテ鐵製缺圓 (Iron segment) ヲ組立ツル働キヲナスモノナリ而シテコレニ一個ノモノト二個ノモノトアリ(第四圖及第五圖參照)二個ノモノハ Segment ヲ組立ツ

ル場合時間ヲ節約シ得ル便アルモ組立機ハしゝるとニ附屬セル機ノ中最モ損シ易ク數ノ多キタケ二箇ノ場合ハ破損ノ度數多ク且二箇ノモノハ互ニ融通シ得サルヲ以テ一箇ノ方便利ナルカ如シ一箇ノ組立機ヲ用フル時ハしゝるとノ中心ニ取付ケラレ胴 (Drum) ノ周圍ニ卷キ付ケタル二箇ノ鎖ニヨリテ廻轉サル而シテ今一ツノ瓣ハ組立機ニ取付ケタル微分唧子ヲ調節シ組立機ノ腕ノ出シ入レヲナス

握器 (Grip) 組立機ノ一端ハ覆工板 (Lining plate) ヲ握ムニ都合ヨキ形トナリ居ル是ヲ Grip ト云フ他端ニハ對重ヲ附シ鐵製缺圓ヲ握器ニ取付ケタル場合容易ニ廻轉シ得ル様ニス

組立機ノ位置

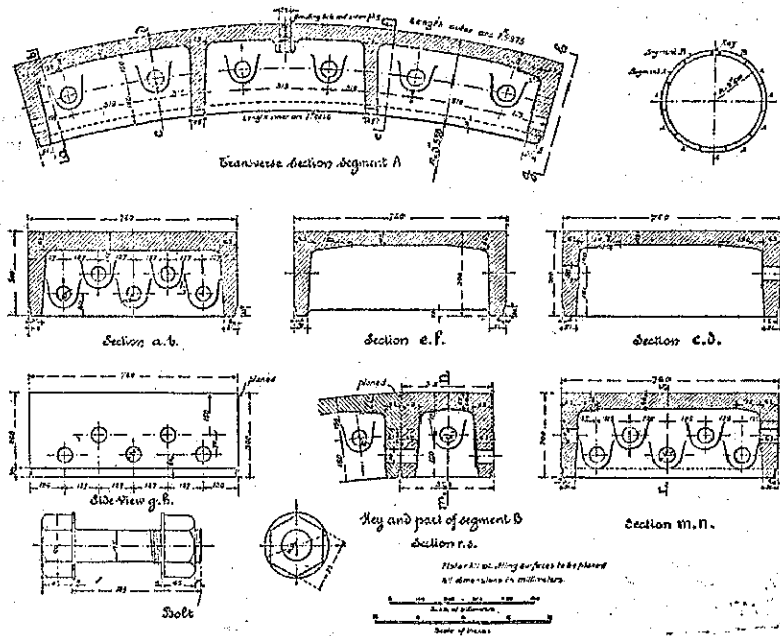
組立機ハ必スシモしゝるとニツケ置クノ必要ナシ Hudson Tunnel ノ或ルモノニ於テハしゝるとトハ全ク離レタル作業臺ノ上ニ附セラレシカ比較の後者ヲ以テ利ナリトス何ントナレハ

(i) しゝるとニ附シタル時ハサラデダニ込ミ入りタルしゝるとノ構造ヲ複雜ニシ又勞働者ノ出入ニ常ニ邪魔トナリ且危險ナリ

(ii) 定置ヲ矯正スルカ如キ場合組立機ニ無理ナル變形ヲナサシム

(e) 尾部 (Tail)

胴ノ後方ニ突出セル部分ニシテ鐵又ハコンクリート缺圓ノ Form トナリ覆工ヲ組立ツル間土砂ノ流入及空氣ノ迷出ヲ防ク尾部ノ長サハ唧子ヲ全部内ニ入レタル時第二ノ環 (Ring) 全部ト第三ノ環 6 吋タケトヲ被フ長サトスルヲ普通トス換言スレハ唧子ニ故障ヲ生シタルカ如キ場合コレヲ抜キ去ルニ二ツノ覆工ヲ取り去ルモ尙尾部ハ幾分第三ノ覆工ヲ被ヒ居ルヲ程度トスルモノナリしゝるとノ内徑ハ通常覆工ノ外徑ヨリ 2 吋乃至 $\frac{1}{2}$ 吋大キクス是レ覆工ノ側方游間ノ爲メ殊ニ曲線ノ場合ニ必要ナレハナリしゝるとノ殼 (Shell) ハ二枚又ハ三枚ノ板ヲ釘綴シテ造ル斯カル場



第六圖

合外側ノ鑿釘ハ埋頭トスヘシ又鑿ヲ縦クニハ接手ハ縦 (Longitudinal) トスヘシ
管ノ配置

しーると内ノ總テノ管ハ鋼又ハ銅ニテ青銅接手トス而シテ長サハ振動伸長及修繕ヲ見込ミ充分
餘裕アル長サトナシ置クヘシ

(IV) 覆工 (Lining) (第六圖參照)

岩若シクハ硬質ナル土ノ如ク直チニ覆工ニ荷重
ヲ加ヘサル地質ニ於テハ覆工ハ石工煉瓦又ハ乙
んくりーとニテ造リ得ルト雖砂礫土沈泥ノ如キ
地質ニ於テハ覆工ハしーるとカ前進スルト同時
ニ直チニコレカ荷重ニ抵抗シ得ル性質ノモノニ
テ造ラサルヘカラス是カ要求ヲ滿タスモノトシ
テ覆工ニハ鑄鐵片ヲ用フルニ至レリ而シテ仕事
ノ都合上是レヲ環ニ分チ且其レヲ又何ツカノ片
ニ分チ是等片ヲ周圍ノ突縁ニ附セルば一るとニ
テ縮メ附ケタリ

覆工片ノ數

周圍ノ長ニヨリ定マルモノニシテ各一箇ハ餘リ
重カラサルモノナラサルヘカラサル關係上通例
6 呎ヲ超エサル程度ニ別ツ各環ハ斯カル長サノ
何ツカノ覆工片ト檢 (Key) ト稱シ外側ノ弧長カ

内側ノ弧長ヨリ小ナル形ヲ有スル一ツノ片トヨリ成立ツコト他ノ覆工片ハ何レモ皆縦方ノ突縁ハ放射狀ノ方向ヲナスニ反シ栓ト栓ニ隣接セルニツノ覆工片ノ二面トハ反對ノ傾斜ニ削リ由リテ環ヲ締メ付クルニ便セルモノナリ

覆工ノ重量

覆工ノ重量ハ隧道ノ直徑ノ大トナルニ從ツテ増加セサルヘカラス實驗式ハ下ノ二氏ニヨリテ案出セラレタリ

1. By Raynald Legouez.

$$W = \frac{1}{3} D^2 \quad \text{for poor and soft ground}$$

$$W = \frac{1}{4} D^2 \quad \text{for good and fairly good ground}$$

W & W' = metric tons per lin metre of tunnel

D = dia. in metre

or

$$w = 20.713d^2$$

$$w' = 15.535d^2$$

w, w' = weight in lbs/in. a.

d = dia. in ft.

2. By Harrold Berridge.

$$W = 11.9HR \quad \text{for poor and soft ground}$$

$$W = 9.5HR \quad \text{for good and fairly good ground}$$

コノニツノ實驗式ト實際ノ重量トヲ比較スレハ次ノ如シ

$$W \& W' = \text{weight in lbs. per lin. ft.}$$

$$H = \text{hydraulic head in ft.}$$

$$R = \text{external radius in ft.}$$

Theoretical and actual weight of

	Diam.	lining in net tons per lin. ft.		Actual weight			
		20-71342	15-53502			11-9-HER	9-5-HR
Penn. Tunnels	23'	5.48	4.11	6.64	5.30	4.55	Mud and Hudson silt
"	"	"	"	"	"	6.06	Black slurry, pile foundation goly
Old unfinished Hudson Tube	19'-5 1/2"	3.91	2.93	5.32	4.24	3.18	
New Hudson Tube	16'-7"	2.84	2.14	4.53	3.62	2.84	Soft Hudson silt
"	"	"	"	"	"	3.17	Black slurry very poor
East River Gas	10'-10 1/2"	1.21	0.91	3.86	3.08	1.18	Sand seamy rock
Paris Concorde Metr.	25'-6 1/2"	6.74	5.05	4.93	3.98	4.53	Sand, fissured rock roof

Hニハ水面ヨリ隧道ノ底迄ノ高サヲ用ヒタリ然レトモ表面摩擦ヲ考フレハHヲ低減シ得ルヲ以テ是ヲ考ヘニ入レ相當ノ低減ヲ施セハHヲ考ヘニ入レタル式モ實際ノ重量ニ近キ値ヲ與フヘシ

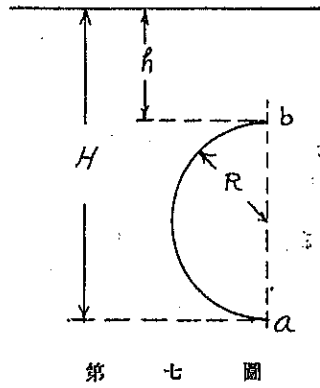
應力ノ計算

- (1) 周圍ノ土地ニヨリ支保サルハコトナク荷重ヨリノ彎曲率ニ抵抗スル様設計スルモノ
 - (2) 建設物ノ剛性ハ周圍ノ土地ノ反力ニヨリテ支持サレタリト考ヘ壓力ニ抵抗スル様ニ計算セルモノ
- トノニツノ方法アリ

第一方法

此ノ場合ニ於テハ各分割ニ於ケル外力ハ其ノ分割ノ外縁ニ於ケル水壓力トソノ水平投影影ノ上ニ働ク水柱ノ重量トナルヘシ而シテ環カ平衡ニアリトセハ荷重ハソノ中心ヲ通ル垂直軸ノ兩側ニ於テ對照ニシテソノ軸中ニ於ケル上下ノ二點ハ共ニ環カ變形セル後ニ於テモ同シ垂直線ノ中ニアルヘク此ノ二點ニ於ケル推力ノ方向ハ水平ニシテ各分割ニ働ケル水壓力ノ水平分力 h_1, h_2, \dots, h_n ハ反力トシテ働クヘシ故ニコレ等ノ外力 h_1, \dots, h_n ノ此ノ二點ニ對スル力率ヲトレハ反力ヲ見出し得ヘク而シテ半圓形ノ各分割ヲ通ル索多形ヲ造レハ各分割ニ於ケル推力線ハ見出サルヘシ

第二方法



第七圖

コノ場合ニ於テ最大水壓力ハ a ニ於テ起リソノ大サハ $\frac{WH}{2a} \sin \alpha$ (n)ノニWヲ一立方呎ノ水ノ重量トス(最大反力ハ b ニ於テ起リソノ大サハ $\frac{WH}{2a} \cos \alpha$ ナリ) 故ニ覆工ノ受クル最大壓力ハ $\frac{WHR}{a}$ ニシテ a ニ於ケル斷面積ヲ長一呎ニツキ a トセハ單位應力ハ

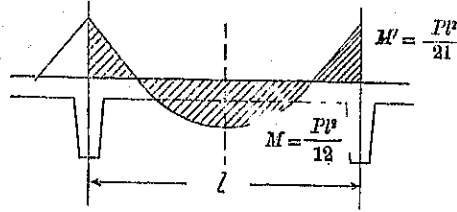
$$S = \frac{WHR}{a}$$

トナル

部分的應力

(1) 殼 (Shell)

殼ヲ周圍ノ突縁上ニ支壓面ヲ有シ外壓ニヨリ彎曲率ヲ受クルモノト考フ然ル時ハ殼ノ最大彎曲率ハ中心ニ於テ起リソノ大サハ



第八圖

但シ

若シ

$$M = \frac{p l^2}{24}$$

$$p = \text{Max. press. per sq. in.} = \frac{17H}{144}$$

I = moment of inertia.

C = half depth of the shell

S = extreme fibre stress

$$S = \frac{p l^2}{24} \cdot \frac{C}{I}$$

トセハ

ニヨリテ縁維應力ヲ見出シ得ヘシ

(2) 突縁

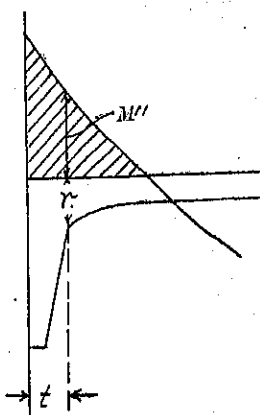
突縁ノ縁ニ於ケル彎曲率ヲ M' トス然ルトキハ

$$M' = \frac{p l^2}{12}$$

突縁ノ根本ニ於ケル彎曲率ヲ M'' トス然ルトキハ

$$M'' = M' - \frac{p l}{2} \cdot t + \frac{p l^2}{2}$$

縁維應力ヲ S トセハ



第九圖

(3) ばゝると

$$S = \frac{M'' C''}{I''}$$

(i) 第一假定ノ場合 即チ周圍ノ土砂ニヨル支承ナシト考ヘタル時コノ場合ニ於テハ縦接手ニ於ケルばゝるとノ應力ハソノばゝるとヲ軸トシ又ハ縦接手ノ下方突縁ヲ軸トシ上方突縁ヲ開放

又ハ密閉セントスル全彎曲率ヨリ決定セラル

(ii) 第二假定ノ場合 即チ覆工ハ周圍ノ土砂ニヨリテ支持サレタリト考ヘタルトキ

コノ場合ニ於テハばゝるとニハ内部ノ氣壓ニヨリテ應力ヲ生スヘク圓溝又ハ汽罐ノ場合ト同様ノ計算方法ニヨリ縦及周圍ノ接手ノ應力ヲ見出し得ヘシ

Mr. Ch. Birauteハ外力ニヨル彎曲率ト覆工ノ重量トノ關係ニ就キ次ノ如キ公式ヲ得タリ(第十圖ノ場合)

$$M = \left(pR^2 - \frac{1}{2} dI^2 \right) Z$$

此處ニ

Z = aノ三角函數

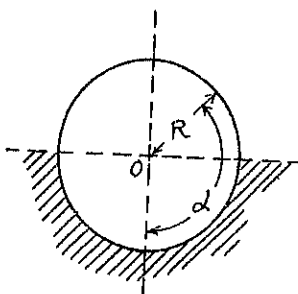
a = 考ヘタル接手邊ノ角

d = 周圍ノ土地ノ比重

p = 平積一平方米ノ覆工ノ重量

R = 外徑

第十圖

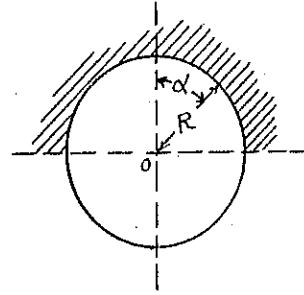


此ノ式ハ管ノ重量カ浮力ヨリ大ナリト考ヘタル場合ニシテ若シ管ノ重量カ浮力ヨリ小ナル時ハ

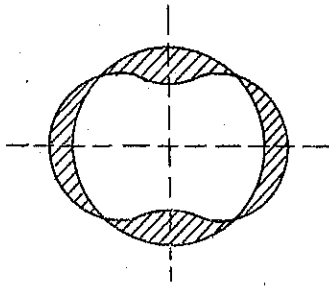
管ハ上半ノ土ニヨリテ支保サレ α ハ上方中心ヨリ測ルヲ要シ而シテ

Momentノ式ハ次ノ如クナル(第十一圖ノ場合)

$$M = \left(-pR^2 + \frac{1}{2}dR^2 \right) Z$$



第十一圖



第十二圖

何レノ場合ニセヨ殼ハコノ彎曲率ノ爲メニ第十二圖ニ示ス如ク扁壓サル、傾向ヲ有スルヲ以テ建設中ニ繫釘ヲ以テ締付ケコノ傾向ヲ防キ接手ノ突縁ニ於ケル過剩應力ヲ生セサル様ニス

若シ管ノ重量カ浮力ニ等シキトキハ覆工ニハ彎曲率ヲ生セス通常管ノ重量ハ鑄鐵覆工ニテハ浮力ヨリ小ナルヲ以テこんくりーとヲ内部ニ塗リテ重量ヲ増シ彎曲率ナキ状態ニ近ツケシム

覆工ニ働ク水壓力ノ量ニ就テハ二説アリ即チ一ハ周圍ノ土ノ比重ニヨルモノト考フルモノニシテ他ハソノ箇所ニ於ケル水ノ密度ニヨルト考フルモノトナリ佛國政府ノ技師 Mr. Charles Rabut カ小ナル隧道ノ模型ヲ造リ砂及水、粘土及水ノ異ナル土質ニ就キテ實驗シタル所ニヨレハ垂直上方移動ハ浮力ノ函數ニシテ土質ノ比重ニ比例ストノ結果ヲ得タリ但シコノ實驗ニ於テハ周圍ノ土ハ隧道ヲ埋メテ後置カレタルモノニシテ實際ノ水底隧道ノ如ク土ノ中ヲ掘鑿スルモノニ於テハ

其狀況必スシモ相同シカラスシテ土壤ノ凝聚力ハ浮力ニ反對シ隧道ヲ安定ナラシムヘシ

Hudson Tunnel ノ建設當時ニ於テ Messrs Jacobs & Davies ノ實驗セル所ニヨレハしゝるどノ前進セル

後48時間内ニ管ハ三時乃至四時上方ニ移動セシコトアリト云フ而シテ此上方ノ移動ハ時ヲ經ルニ從ツテ消滅シ隧道ハ元位置ニ戻リタリト云フコノ理由トシテハしゝるどノ直徑覆工ノ直徑ニ比シ大ナルカ爲メ表面ヨリ逃ル、空氣ハしゝるど背面ノ空地ニ堆積サレ其上方ノ土地ヲ擾亂スルカ爲メニしゝるどカ前進シ覆工ニ彎曲ヲ與へ得ル長ニ達セル時ハ空氣ノ内壓ノ爲メニ隧道ハ縱軸ニ大徑ヲ有スル橢圓形ニ變形シ其變形ハ上方ニ生ス然シ漸次土地ノ落付クニ從ヒ再ヒ原位置ニ戻ルヘシ

然レトモ同一河底ナル Penn. Tunnelノ建設ニ於テハ全クコレト反對ニ隧道ハ満潮毎ニ1/8時タケ下降スルヲ發見セリコレ潮位カ5呎(隧道位置ニ於ケル干満ノ差)ヲ増スカ爲メニ隧道上部ノ不安定ナル沈泥ハ特別ナル壓力ヲ受クルカ爲メト解セラル

鑄鐵製分割ノ接手ニ各飯ハ只單ニ密接セルノミナルモノト其他5耗ノくれをそゝと注入材ノ填材ヲ挿入セルモノトノ二種アリ

前者ニ於テハ兩飯ノ面ハ削成サル、必要アルモ後者ニ於テハ其必要ナカルヘシ兩者互ニ得失アリ小割板ヲ入レタルモノハ覆工ハ彈性ヲ有シ定置訂正等ニ便利ナルモ同時ニ不等反力ニヨリ特殊ニ一箇所壓セラレ他所ニ於テ弛ミ總テ接手ヲ狂ハスコトアリ近來ハ機械ニ多額ノ工費ヲ要スルモ通例小割板ヲ用ヒサル方法ヲ多ク用フ

填隙溝(Culling groove)ハ鹽化あんもに硫黄及鑽孔屑ヨリ成ル、Rust jointing cement 又ハ Lead tapeヲ填充ス又時ニハ一ノ Mortar ニテ填充サル

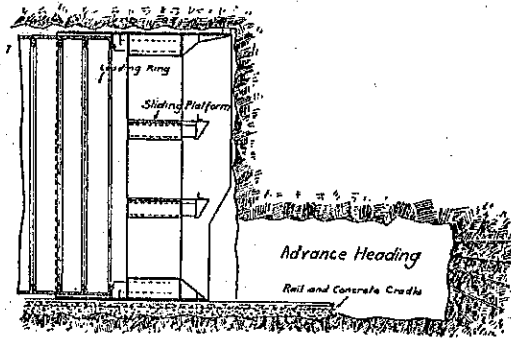
ぼゝるとハ鍊鐵坐鐵ヲ附セル軟鋼ナリぼゝると孔ハ通例ぼゝるとノ徑ヨリ1/4吋大トスルヲ以テ漏水ハぼゝると孔ニ於テ最モ著シソレ故ニ座鐵ニ鉛又ハ Yarnヲ填材トシテ入ル、コトアリ曲線部ニ於テハ楔形ヲナセル特殊ナル環ヲ用フ之ヲ Taper ringト稱ス曲線ハ單ニ水平ノミナラス

垂直ニモ是レヲ用フ Riser or depressor ト稱シ方向定置ヲ訂正スルニ用ヒラル
 管ノ重量ヲ浮力ト平衡セシムルカ爲メニこんくりーとヲ覆工ニ付ケ加フルコトハ前述ノ通りナ
 ルカこんくりーとハ時ニ漏水ノ箇所ヲ隠蔽スルコトアルヲ以テコノ方面ニ對シテハ不利ナリ例
 ヲ舉クレハ New York Battery Tunnel ノ如キハ漏水ハ50呎時ニハ100呎ヲ離レタル箇所ニ於テ發見サ
 レタルカ如キコトアリ

鐵覆工ニ若シ或ル保存被覆ヲ必要トセルトキハペンキ又ハ $\frac{1}{4}$ 乃至 $\frac{1}{2}$ 吋厚ノせめんとなラ塗布
 ス然レトモ時ニハ亞麻仁油 (Linsed oil) ニテ濕氣ヲ取り去リ後熱シタルびっちニ浸ス
 大ナル強度ノ必要ナル時ニハ鑄鐵ニ代フルニ鑄鋼ヲ用フコノ場合ニ於テハ鑄鐵ニ比シ小ナル斷
 面ニテ事足ルモ水ニ對シテ鋼ハ鐵ヨリ腐蝕シ易キノ不利アリ

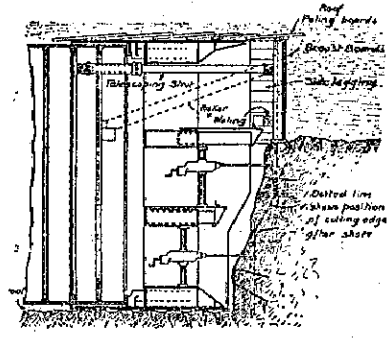
(V) 測量

水底隧道ニ於ケル測量ハ陸上隧道ニ比シ多少複雑セリコレ測量ニ際シ測點ヲ覆工ニ付クルカ爲
 メニ常ニ移動ヲ免カレサルコト、同時ニ又經費ノ上ヨリ隧道覆工ニハ極僅カノ游間ヲ見込メル
 モノナル故ニ極輕微ナル狂ヒヲモ許サ、ルカ故ナリソレニモ關ラスし、るどハコレヲ押進ムル
 毎ニ廻轉ヲ起シ又上下ニ移動シ易キ傾キアルヲ以テ各前進ノ前精確ニし、るどノ位置ヲ測量シ
 置キ若シ多少ニテモ狂ヒアル時ニハ相當ノ方法ヲ以テ直チニ次ノ前進ニ於テ正位置ニ歸スコト
 ニ注意セサルヘカラス覆工ヲ正位置ニ復セシムルニハ Tapered segment ヲ用フ以前ハ Tapered segment
 特殊ナル應力ヲ豫期シ鑄鋼ヲ用ヒタルモ鑄鋼ハ鑄鐵ニ比シ腐蝕シ易キヲ以テ現時ニ於テハ鑄鐵
 ニ戻レリし、るどヲ正位置ニ復セシムルニハ水壓唧子ヲ適當ニ使用スルニアリ斯ク測量ハ普通
 ノ組ヲ以テ引切りナク施工スル必要アルカ單ニソレノミヲ以テ満足セス更ニ別働隊ヲ以テ隧道
 外ヨリ縦穴ヲ通シテ時折定置及水準ヲ檢査スル必要アリトス



Full face in rock.

第十五圖



Mixed face; Silt or water bearing sand or gravel overlying rock foundation.

第十四圖

對シ採リ居ル方法ハ土地ノ軟質ナル部ヲ矢板ニテ締メ切リコレニ粘土ヲ塗リテ完全ナル氣密トシ下部ノ岩石ヲ一尺位ノ岩石ヲ屋根トシテ殘シツ、爆發ニテ掘鑿シ掘鑿シタル岩石ノ面ハしーるどヲ滑ラスニ適スル様こんくりーとヲ以テ形ヲ造リ掘鑿長約二十呎進ミタル時ニ上部ノ掘鑿ヲ進メツ、しーるどヲ前進セシム然レトモ此方法ハ未タ完全ノ域ニ達セス下部岩石ノ掘鑿中上部ノRock屋根ヲ破レテ噴出作用ヲ起シ沈泥隧道内ニ充滿シタルト現時 New York ニテ掘鑿中ノ Subway Tunnel ニテハ何レモ其例ヲ見タリ

(3) 全面岩石ナル場合

全面岩石ニシテ其質モ堅緻ナル時ハ20乃至50呎前方(Bottom heading)ヲ進マス而シテ Headingノ底部ニハしーるどノ定置ヲ正確ニ保ツ爲メニ二乃至三條ノ古軌條ヲ Cradleトシテ敷キナラシメコノ工ヲ終リタルトキ上部岩石ヲ掘鑿シテしーるどヲ進マス

(4) 砂礫又ハ砂利ノ場合

コノ場合ニハ全面ヲ矢板ニテ蔽フヲ要ス若シクハ所々矢板ヲ入レソノ間ニ粘土ヲ詰メ以テ土砂ノ崩壞ト壓搾空氣ノ逸出ヲ防クしーるどヲ前進セシムルニハ矢板ハ其儘トシ Wallingヲ受ケタル Telescopic strutヲ短縮シツ、しーるどヲ進ム而シテ尙足ラサル所ハ作業臺凹所(Platform recess)ニヨリテ調節ス

空氣ノ逸出シ易キ地質ナル時ハ胸板 (Breast board) ノ間ニ Salt Hay ヲ詰メ且粘土ニテ張詰ムヘシ空氣ノ激シク逸出スル時ハコノ粘土ヲ迅速ニ乾燥スルヲ以テ豫知スルコトヲ得故ニカハル時ハ前面ニ小ナル穴ヲ掘リ石灰又ハ膠泥ノぐらうていんぐヲナシ前面ヲ固ムヘシ而シテしゝるどノ尾部ニテハ空氣ノ逸出ヲ防ク爲メニ環トノ空間ヲ粘土ヲ以テ充スヘシしゝるどノ前進シタル時ハ直チニ其後方ニ鑄鐵覆工ヲ施シ既成環トしゝるどトノ間ノ空地ニハ鋼板ヲ敷キ直チニ前面土砂ノ掘鑿ニ従事ス

前述ノ如クしゝるどノ外徑ト覆工ノ外徑トノ間ニハ約7呎位ノ差アリテ常ニ餘分ニ掘鑿セラレ居ルカ爲メニ昔時注膠泥工ヲ以テコノ空地ヲ填充セサリシ時ニハ數箇月ノ後覆工ノ沈降ヲ來タシ定置ニ甚タシキ狂ヒヲ發見シタルコトアリ Battery Tunnel ノ失敗ノ原因ハ主トシテ常ニ壓力ヲ所定ヨリ低クシ浸水スル水ヲぼんぶニテ汲ミ出シタル爲メ浸水ハ同時ニ土砂ヲ運ヒ入レ周圍ノ地質ヲ弛メタルコト最大原因タルヘシト雖コノ覆工ヲ終リタル後餘掘ノ部分ヲ填充セサリシト云フコトモ隧道變形ノ一原因タリシナリコノ餘掘サレタル空地ハ單ニ定置ヲ變スルノミナラスコノ空地ハ他ニ比シ比較的軟弱ナル土地ナルヲ以テ空氣ノ逸出ヲ容易ナラシメ噴出作用ノ如キモ常ニコノ尾部ヨリノ空氣ノ逸出カ導キヲナシ居レリコレヲ防クカ爲メニ現時ニ於テハ必スコノ空地ヲ先ツ小ナル砂利ヲ以テ填充シ後注膠泥工ニテ水密層ヲ造ルヲ法則トセリ

噴出作用 (Blows)

軟質ノ地中ヲ通ル時ニ急激ニ空氣カ進出シ同時ニ隧道中ノ壓力ニ降下ヲ見軟泥カ代リテ隧道中ニ浸水ト共ニ入り來ル現象ヲ云フコレカ防護策トシテハ隧道上部ニ充分厚キ覆工置キ又ハ Blanket ヲ置キ隧道内部ノ Air ノ逸出セサル様ニスルニアリ

水底隧道事業ニ馴レタル者ハ噴出作用ハ直チニ流出スル空氣ノ噴出ニヨリテ感知スルヲ得故ニ其當時ニ於テ直チニ粘土石灰若シクハせめんとヲ以テ流出箇所ヲ塞ケハ危キヲ未然ニ防クヲ得ヘク又し一るど附近ノ河底ヲ常ニ測定シ河底カ流出スル空氣ノ爲メニ變形スルコトナキヤヲ調査スルコトモ必要缺クヘカラサル注意ナリトス

噴出作用ノ起リタル場合し一るどニ於ケル勞働者ヲ助クルカ爲メニハ先ツ第一ニし一るどノ構造ヲ簡單ニシ Partition ヲ出來得ルタケ少ナクシ勞働者ノ通行ヲ容易ナラシムニアリト雖又一方法トシテ近時考案サレタルモノハし一るどノ後方30呎位ノ所ニ Screen ヲ置キ其作業ニ支障ナキ高サ迄下ケ置クモノナリ然ル時ハ噴出作用ニ際シソノ Screen ノ爲メニ Air pocket ヲ生シソレ以上ハ浸水セサル故ニ浸水ノ程度ヲ輕減スルヲ得

然レトモ目下 New York Subway ノ四箇ノ River tunnel ヲ擔當セル C. M. Holland 氏等ノ說ニテハ噴出作用ニ對スル注意トシテハ常ニ測深ヲナシテ河底カ空氣ノ逸出ニ基ク變化ナキカラ見ルト同時ニ隧道上ノ土砂ノ厚サヲ測リ置キ若シ厚サ薄キニ過クル時ハ直チニ粘土ニテ蔽ヒヲ造ルコトヲ怠ラス又噴出作用ノ起リタル時ノ注意トシテハ總テノ部分ニ於テ勞働者ノ逸出ヲ速カニスル爲メ障礙物ヲ取除キ置クニアリト稱シ居レリコレカ爲メニ紐育州六十丁目ニ新設ノし一るどノ如キ Partition ヲ少クシ且扉モ何モ置カス後方ニモ籠ノ如キモノヲ置カスシテトニカク勞働者ノ走行ヲ速カナラシムルニ注意セリ工事ノ困難ナリシ例トシテ此處ニ Hudson Tube ノ二ツノ例ヲ擧ケン

一 非常ニ軟弱ナル Hudson site 中ヲ進行セル時ニテ前ニ述ヘタル如ク總テノ扉ヲ密閉シテし一るどヲ押シ進メ居タルモ進行常ニ比シ抄々シカラス由リテ下部ノ戸ヲ開キタルニ Site ハ非常ノ勢ヲ以テ突進シ一人ノ勞働者ハ其中ニ埋メラレ他ハ幸フシテ 120 尺後方ノ非常間ヨリ逃ルハ

ヲ得タリ隧道内ニ突入セル沈泥ハ非常ノ壓力ヲ有シ單ニ水壓ニ打勝ツ處ノ壓力ヲ以テ空氣ヲ入ル、モ勞働者ノ働キ得ルダケノ空地モ造ルヲ得ズ由リテしゝるどノ位置ヲ確定シ60平方呎ノ粗布ヲ其上部ニ沈メ中央ニ重量トシテ沈泥ヲ詰メタル六七個ノ袋ヲ置キタリ而シテ八晝夜ニ亘リ隧道内ノ泥土ヲぼんぷニテ排出シ測深ヲナシタル所粗布ハ目的通り隧道ノ形式ニしゝるど内ニ吸ヒ入レラレ土ノしゝるど内ニ入ルヲ喰ヒ止メタルヲ發見セルヲ以テ氣閘ノ扉ヲ扛重器ニテ押シ開キ壓搾空氣ヲ送リテ作業ヲ恢復スルヲ得タリ

二 第二ノ例トシテハしゝるどノ下半ハBackニテ15呎以上ハ沈泥ト云フ地質ニ立會セル時ナルカスカル場合ニ於テハ常ニSoftヲ粘土囊ノ如キモノニテ一時セキトメ下部ノBackノ掘鑿ヲしゝるどノ前面約二三十尺ツ、進ムル方法ヲトルモノナルカコノ場合ノ沈泥ハ殆ント半流動體ニテBackノ隙間ヨリ流入シ容易ニ止ムルコトヲ得ス由リテ最後ノ手段トシテ沈泥ノ面ニ粘土ヲ塗リコレヲPileシ壁ヲ造リテ漸ク沈泥ノ流入ヲ防クヲ得タリ斯クノ如キ下部ハ岩ニテ上部ニ沈泥ヲ有スルカ如キ地質ハ最モ困難ナルモノニテ岩石ヲ發破スル折ニ必ス上部ノ地質ヲ括亂シ同時ニ發破ヨリ起ル氣壓ト激變ハ沈泥ノ流入ヲ誘導シ又空氣ノ進出ヲ助成シ噴出作用ヲ起スコト屢ナリ

工費ハ

(VII) 工費

- (1) 土地ノ狀態
- (2) 勞働費
- (3) 材料
- (4) 地質

(5) 管ノ直徑

ニヨリ異ナル隧道進行ニ伴フテ必要トナリタル特種ノ工費例フレハ噴出ニ對スル前後策ニ要セ
ル工費等ヲ除キ單ニ壓搾空氣ヲ利用シテ隧道ヲ施工スルトシ隧道ノ掘鑿鑄鐵壘築工、ぼーるとぐ
らうていんぐらすと又ハせめんとノ繼目孔埋こんくりーていんぐヲ考へ隧道ノ單位立積ノ掘鑿
ニ對スル經費即チ隧道ノ一立方ヤード當リノ工費ヲ實例ニヨリ調査スルニ \$27.00—\$32.00 トナ
ル

此ノ費用ハ請負人ノ要セル實費ニシテ請負人カ經費ノ調達ノ爲メニ要スル費用資本ニ對スル利
子及請負人ノ此ノ工事ヨリ生ミ出スヘキ利益ヲ除キタルモノニテ又軌道費ヲモ除外セルモノナ
リ
最モ信據スヘキ例ハ Penn. R. R. ノ Hudson River Tunnel ヲテ直徑ハ 23 呎工費ハ \$31.00 per cub. yard
トナリ他ハ Paris Concerde Tunnel ニテ直徑ハ二十五呎六吋半工費ハ \$29.12 per cub. yard トナリ
ツノ場合ニ於テ考フヘキコトハ Penn. R. R. ハ比較的厚キこんくりーとヲ内側ニ塗リタルコトノ
勞働賃金ハ佛國ニ比シ米國ニテハ非常ニ高キコト、他方ニ於テハ鑄鐵ノ價ヲ佛國ハ米國ノ約二
倍ヲ要シタルコトナリ

今 Paris Concerde Tunnel ノ場合ヲ取り其工費ヲ細別スレハ

監督費及勞働賃金	\$10.00	34.34%
設備費	3.65	12.53
壘築工	11.00	37.77
ぼーると	0.78	2.68
火藥費	0.04	0.13

くらうていんぐ	0.83	2.89
繼田埋費	0.11	0.37
繼田ニ入レタル木片	0.05	0.17
こんくわーていんぐ	0.70	2.40
せめんと上塗	0.16	0.54
動力費	1.80	0.18
	\$29.12	100.00%

壓搾空氣ヲ使用シ得サル深サニ於ケル水底隧道

通常勞働者ノ働キ得ル壓搾空氣ノ壓力ハ 50 $\text{lb}/\text{sq. in.}$ ナリ故ニ若シ水深此壓力ニ比例スル深サヲ超エタル場合ニ於テハ壓搾空氣ヲ使用スルコトヲ得ス何等カ他ノ考案ヲ以テ隧道ヲ施工スルノ必要ヲ生スヘシ今迄ニ於ケル只一ノ例ハ Astoria Tunnel ト稱シ Long Island ノ Astoria ヨリ Hell Gate ノ附近ニ於テ East River ヲ横斷シ New York 市 Bronx ニ通スル Gas ヲ送ルヘキ隧道ニテ Jacob & Davies Inc. ニヨリ造ラレタリ堀鑿ハ幅二十呎高サ二十一呎ニテコレニこんくりーとヲ卷キ幅十六呎九吋高サ十八呎ノ内徑ヲ有スル隧道ヲ造ラントセルモノナリ隧道ノ延長ハ四千六百六十二呎 (Shale) ノ深サ Bronx 側ハ二百三十三呎 Astoria 側ハ二百七十七呎ナリ試掘ニテハ隧道ハ全部岩石中ニテ一部ハ Dolomitic limestone 一部ハ Gneiss ヲ通ルヘキ結果ヲ得タルモ Bronx shaft ヨリ 700 呎ヲ進行セル時ニ第一ノ罅裂ニ出遇ヒ Astoria ヨリ 3,500 呎ヲ進行シタル時ニモ同様ノ斷層ニ出遇ヒ兩者ノ中間ハ悉ク Scams アル而シテ分解セル Limestone 及 Schist ヨリ成リ立テルヲ發見セリ而シテ工ヲ進ルニ從ヒ浸水ハ益々甚タシク時ニハ 6,058 gal. per min. ノ割ヲ以テ汲ミ出セリ施工方法トシテハ逐次隔壁ヲ造レルモノニテ時ニハ注膠泥ヲ連日施工セルカ如キコトモアリ(膠泥ノ壓力ニ最初水壓ニ平衡

804

スヘキ100—125封度ヲ使用シタルモ結果面白カラズ由リテ500 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ ノ壓力ヲ使用セリ
先ツ浸水ノ恐レアル罅裂ヲ探ルカ爲メニ試孔ヲ造リ斯ル罅裂ニ出遇ヒタル時ハ直チニ他端ニ
瓣ヲ附シタル管ヲ穴ニ差シ入レ GROUT ヲ吹キ入レ龜裂ヲ塞ク方法ヲ採レリ而シテ浸水甚タシキ
時ニせめんと獲ヲ以テ隔壁ヲ造リ地質悪シキ區間ヲ過ルニ斯ル隔壁二十二個ト其外ニ隧道ノ全
面積ニ涉レルこんくりとノ隔壁五個トヲ造レリ罅裂ヲ填充スル爲メニハ後ニハ烏麥(Oats)ヲせ
めんとニ混入シ最後ニハ綿屑 (Cotton waste) ヲ切リタルモノヲ混入シ好結果ヲ得タリ

しゝると以外ノ水底隧道建設ノ方法

しゝると以外ノ水底隧道建設ノ他方法ニ就キテ一言セン
しゝると方法ト沈設法トノ比較ハ緒言ニ於テ述ヘシ所ノ如シ

尤モ潜函法ハParisニ於テ建設セラレタルカ洪水ノアル河川等ニ於テハ不適當ナリ Paris Concorde
Tunnelノ建設セラル、ヤ是ヨリ八箇月前ニ着手セラレタルニ哩許リ下流ニ建設セラレタル Mira-
beau 隧道ハ1910年ノ Paris 大洪水ニ際シ Plant 及 Super structures ノ大部分ヲ破壊セラレ Concorde Tunnel
ニ遅ル、コト一年ニシテ漸ク完成セルカ如キ例アリ氷凍法ニ關シテハ未タ單ニコノ方法ノミヲ
以テ水底隧道ヲ完成シタル例ナシ 1888年 Stockholmニ於テ浸水アル地質ニ於テ此方法ヲ以テ隧道
ヲ造リタルモ水底隧道ト稱スヘキ種類ノモノナラスコノ場合ニ於テハ Lindmark's Process ト稱シ
Lightfoot 冷却器ニヨリテ -63°F ニ冷却サレタル空氣ヲ隧道ノ他ノ部分ヨリニ重木造枠ノ中ニ木
炭ヲ詰メタル壁ニヨリ仕切ラレタル導坑ニ送リタルニ十二時間ノ後導坑ノ溫度ハ -13°F トナ
リ導坑ノ下部ハ氷結シタルモ上部ハ氷結スル運ヒトナラスコレ低溫度ハ常ニ逸散スレハナリ由
リテ氷結セル部分ニ小ナル導坑ヲ掘リ側壁ヲ積ミ拱ノ部分ハ通常ノ如ク支保工ヲ施シテ掘整ヲ
ナシ拱架ヲ置キテ拱卷ヲ施シタリ進行ハ一日僅々二呎ニ過キサリキ

Penn. R. R. Hudson 河ニ隧道ヲ掘鑿中 East River ノ底ニ於テ百呎間氷結方法ヲ以テ試験ヲ施シタリ
 方法トシテハ小ナル水先隧道ヲ掘リ Brine tube ヲ通シテ周圍ノ土壤ヲ氷結セシメ隧道ノ掘鑿ヲナ
 サントスルモノナリ然レトモ低溫度ハ直チニ逸散シ殊ニ川底ニ近キ部分ニ於テハ低溫度ハ水ニ
 ヨリテ運ヒ去ラレ容易ニ氷結セシムルヲ得ス Stockholm ノ場合ト同シク下半ハ氷結スルモ上半ハ
 多大ノ時間ヲ費スモ氷結セスコノ實驗ハ多額ノ費用ヲ要シタルニモ關ハラズ長サ百呎ニ亘リテ
 Pilot tube ノ周圍ヲ僅カ氷結セシムルニ二年ノ日子ヲ費シ遂ニ四本ノ隧道ノ完成セル迄ニ面白キ
 結果ヲ得ルコトナクシテ終リタリ

Freezing Process ノ最近ノ例ハ 1908 年ヨリ 1909 年ニ亘リ Paris Metropolitan Ry, Port St. Michel ニ於テ Cais-
 son process ニテ築造サレタル隧道ヲ水上隧道ニ接續セシムル場合ニ用ヒラレタリ其長サハ 60 米突
 ニテ水平孔ヲ穿チテ水平ニ氷結セシメントノ計畫ヲ以テセシ孔ニ取掛リタルモ多額ノ費用ヲ費
 シテ其効果面白カラサルヲ以テコノ方法ハ思ヒ止マリ 180 呎ノ内 130 呎ヲニツノ潜函ニテ築造
 シ残りノ 50 呎ヲ垂直ニ降シタル 53 呎ノ長サノ Pipe 六十本ヲ以テ土砂ヲ氷結セシメコレニ約四十
 日ヲ要シ通常ノ方法ヲ以テ隧道ヲ造リタルカ僅カ此五十呎ヲ施工スルニ十箇月ヲ要シ工費ハ他
 ノ部分ニ比シ非常ノ高價トナレリコノ例ニ徴スルモ Freezing process ハ未タ完全ナル域ニ進マス

結 論

最近十五年ニ於テ鐵道、地下鐵道及高速鐵道發達ニ伴ヒ市中ニ於テ大ナル河川ノ爲メニ軌道斷絶
 ノ不便ニ打勝ツカ爲メニ London, Paris, New York 等ニ於テハ水底隧道建設ノ發達著シキモノナリ
 近時我東京市ニ於テモ地下鐵道敷設ノ計畫アリト聞ク而シテ東京市カ許可ノ方針トシテハ地表
 而下五十呎以下ニ之レヲ敷設セシメントスルモノ、如シ而シテ豫定線ハ芝京橋日本橋ノ如キ地
 高低キ場所ヲ通スルヲ以テ地下五十呎ニ於テハ勿論浸水ヲ豫期セサルヘカラス或ハ全部水底隧

道ト異ナラサル方法ヲ以テ施工スルノ必要アルヘシト考ヘラル幸ニシテ同鐵道ノ敷設實施セラ
ル、ノ運ヒニ至ラハ更ニコノ問題ニ就キテ有益ナル Dataヲ世ニ與フルヲ得ン(拍手)

右講演後左ノ質問應答アリタリ

○廣井勇君問 混凝土塊ヲ隧道ニ用フルトキハ其隣環ノ接合ヲ如何ニシテ居リマスカ又水底隧
道ニ於ケル換氣ハ如何ニ致シテ居リマスカ

○平井喜久松君答 混凝土塊ヲ隧道ノ卷立ニ使用スルノハ John F. O'Rourke ノ考案デアリマシテ
此人ハ現在 New York Subway ノ Montague Street, Clark Street, 14th Street ノ三隧道ヲ請負ツテ仕事ヲ

シテ居ル人デ水底隧道建設ニ就テハ可ナリ經驗ヲ持ツテ居ル人デアリマスガ混凝土塊ハ

Segmental 又ハ Hexagonal ノモノトシテ各混凝土塊ノぼんどニハ二種類アリマシテ一ツハ混凝土塊
ニ Tenon and Mortise ヲ付スルモノト一ツハ Tenon and Mortise ト鐵筋トヲ用フルモノデ鐵筋ノ端ヲ
Screw and nut デ連結スル様ニシテ居リマス其圖面ハ附圖ニ示ス様デアリマス Mount Royal Tunnel
ニ其例ガアリマスガ之ハ前者ノ方法デ施工シマシタ

次ニ水底隧道ニ於ケル換氣法ニ就テハ特別ニぼんどヲ以テ惡空氣ヲ取り出シテ居ル所ハ有リマ
セヌ壓搾空氣ヲぼんどデ送ル場合ニハ其隧道内ノ從業員ノ數カラ制リ出シテ最小ノ空氣量前表
參照ヲ定メ其量丈ハ隧道内ニ送入スル様ニシテ居リマス實際ニ於テハ隧道ノ先端ヨリ可成リ多
量ニ空氣ガ逸出スルガ爲メニ多クノ隧道ニ於テハ此ノ最小量以上ヲ送入シテ居リマス從テ特別
ノ換氣法ハ必要アリマセヌ

(上記ノ附圖ハ次號ニ掲載致シマス)

○瀧山與君問 複線ノ隧道ヲ造ル場合ニハ多クニ線別々ニヤツテ居ル様デアリマスガーツノ大
型ノしゝるどヲ用ヒテ複線隧道ヲ造ツタ例ハアリマセンデセウカ

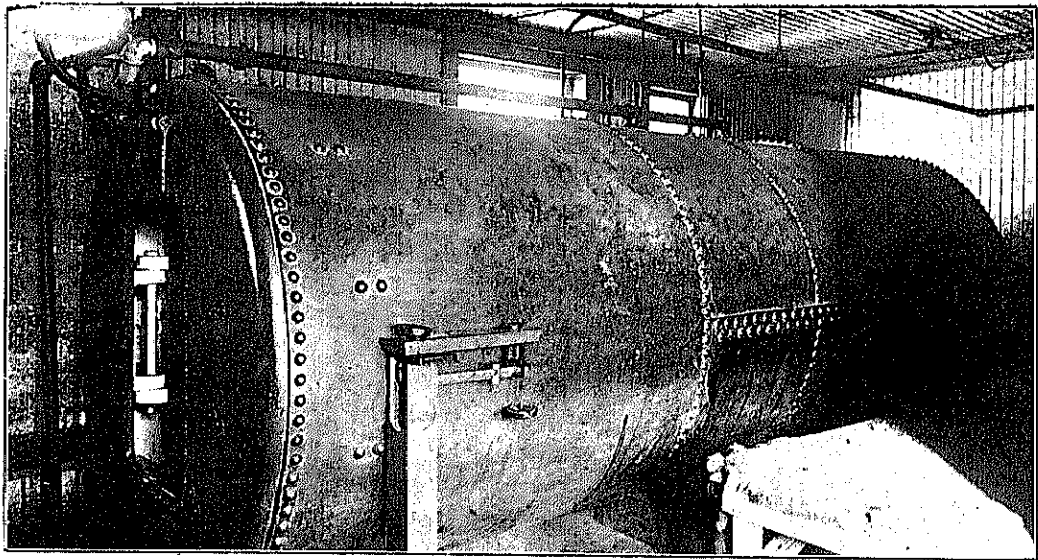
○平井喜久松君答 複線隧道ヲ大型しゝるどテ通ストスルト其直線ハ可ナリ大ナルモノトナリ從テ掘鑿土坪カ増シマスカ工費トシテハ却テ廉テアリマセウ然シ大ナル直徑ノ水底隧道ハ前ニ申マシタ通り壓搾空氣ノ壓搾度ヲ隧道底部ノ水壓ニ等シクスレハ頂部ニ於テハ水壓ニ比シ壓搾度カ非常ニ高クナリ從テ上部ニCoveringヲ要スルコトモ深クナリ隧道ノ Elevationハ低クナリ延長ヲ増スノ不利カアリマス其他大ナルしゝるどヲ用フルトスルト之ニ伴フ工事上ノ困難カ益多クナルノ不利カアリマスカラ現今ニ於テハ多ク單線隧道二本ヲ通ス様ニシテ居ル様デアリマス唯現今 New York New Jersey ヲ連ク公道ノ隧道ヲ三十六呎ノ内徑ヲ有スルしゝるどテ造ラウト云フ案モアル様デアリマスカラ若シ此計畫カ實行セラレタ曉ニハ又複線鐵道ノ隧道モ建設サル、様ニナルデアリマセウ

○副會長廣井勇君 別段御質問カナケレハ一言御挨拶ヲ致シマス

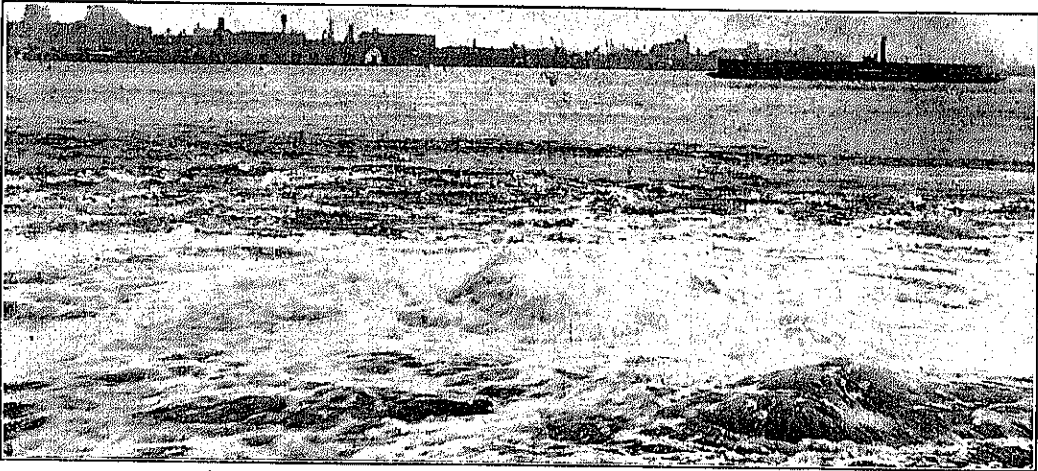
水底隧道ハ土木工事中最モ困難ナルモノ、一ナルコトハ何人モ知ル所デアリマシテ其工費ノ多大ナルコトモ亦タ當然ノコトデアリ從テ諸外國ニ於テモ其例比較的鮮ク我國ニハ未タ其ノ例ハ御坐リマセンカ今後世運ノ發展ニ伴ヒ遠カラサル將來ニ於テ或ハ其施設ヲ見ストモ限リマセヌ今日ニ於テ之カ研究ヲ爲スハ時宜ヲ得タルモノデアリマシテ今ノ御講演ハ其爲メ甚有益ナルモノト思考致シマスノデアリマス

茲ニ講演者ニ對シテ一同ニ代リ謝意ヲ表スル所デアリマス (拍手) (完)

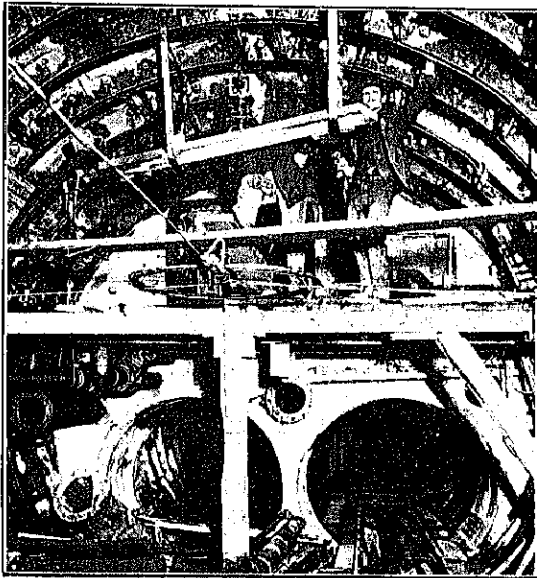
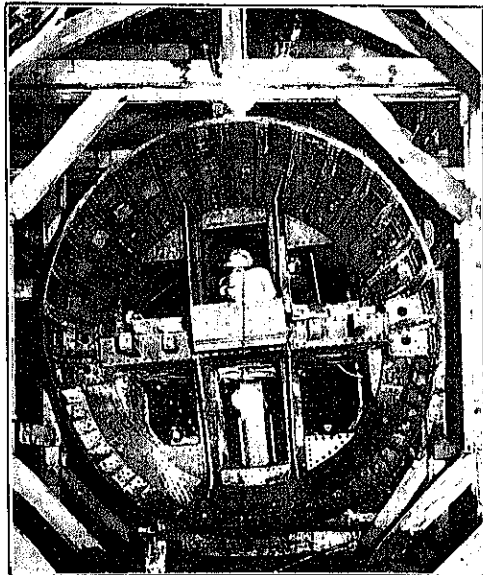
一例
 堅坑内技師室ニ於ケル潜水病療養管ノ



紐育市くらゝく街水底隧道工事
 中ノ空氣ノ噴出



ういろーびー街ニ於テ扇風機室内ヲ通過
 シツ、アルしーると截頭ノ正面



鑄鐵管隧道内ニ於ケル定置測景