

水底隧道

(第四卷第四號所載)

會員 工學博士 坂岡末太郎

平井工學士ノ水底隧道ト題スル講演ハ斯道者ヲ利スル大ナル可キハ勿論ナルモ記者ヲシテ多キヲ望マシメハ尙詳シク聞カント欲シテ聞ク能ハサルノ點多々アリテ一々是等ノ點ヲ列舉セハ惟日モ足ラサルノ感アルヲ免レサルヲ以テ記者ハ茲ニ之ヲ避ケ唯平素調査セル材料ヲ基トシ一二ノ蛇足ヲ加ヘ併セテ疑問ノ點ヲ摘舉シ一ハ以テ讀者參考ノ便ヲ計リ一ハ以テ著者ノ高教ヲ仰カントス

水底隧道建設ノ諸法

著者ハ水底隧道建設方法トシテ五種ヲ數ヘタルニモ關ハラス尙他ノ一法ヲ述ヘサルハ記者ノ解スル能ハサル所ナリ其所謂他ノ一法トハ導筒法 (Pilot method) 之レナリトス

此法ハはどそん河底ヲ貫クノ際あんだーそん (Anderson) 氏ニヨリテ提案實行セラレタルモノニシテ先ツ六呎徑ノ導筒ヲ以テ掘鑿スルモノトス各環ハ缺圓飯ノぼると締ヨリ成リ環ヲ一個々々ニ連結シテ以テ前進スルモノニシテ導筒ノ長サハ三十呎内外トス筒ノ後端部ノ覆工終ルヲ待ツテ其後端ニアル環ヲ取外シテ以テ之ヲ導坑ノ前方ニ送ル即ハチ前方ニ要スル環ヲハ常ニ後方ヨリ取離シテ之ヲ流用スルカ故ニ導筒用ノ環數ハ一定スルモノトス導筒外ニアル土砂ハ導筒ノ進ム

ニ從ヒ掘鑿セラル、モノニシテ土砂ノ掘鑿場ニ崩壞スルヲ防クカ爲メニ常ニ五光梁ヲ設ク五光梁ノ支點ハ導筒ナリトス此種ノ支保工ハ即ハチ容易ニ石工ヲ施スノ便ヲ與フルカ爲メニ覆工上極メテ便ナリト云フ覆工終レハ即ハチ直チニ膠泥ヲ其背部ニ注入シ之レヲ固結ヲ待ツテ支保工及拱架ヲ取外スモノトス

以上ハ導筒法ノ略説ナルカ著者ハ之ヲ楯樁 (Shield method) 法内ニ編入セルモノニヤ明ニ之レカ記述ナキヲ以テ記者ハ蛇足ヲ加ヘテ以テ讀者ノ參考ニ供セルモノトス勿論之ヲ楯樁法ノ一法ト見做ス能ハサルニアラサルモ此種ノ導筒ハ其半徑極メテ少ナルヲ以テ施工上普通ノ楯樁法トハ大ニ異ナルモノアリ歐米ノ著述者モ亦之ヲ楯樁法ト區別セルヲ普通トスルハ之レカ爲ナル可シト信ス

楯樁ノ形狀

著者ハ楯樁ノ形狀ハ從來圓形橢圓形等種々ノ形狀ヲ用ヒタリシモ圓形ノ外ハ皆失敗ニ終リタルヲ以テ現今ハ殆ント圓形ニ限ラレ居ルヲ記シ其茲ニ至リタル原因ヲハ楯樁ノ同轉スルニ歸セリ而シテ其同轉ノ原因トシテ次ノ三ヲ數ヘタリ

- (一) 楯樁軸ト唧子軸トハ平行不完全ナルコト
- (二) 土地ノ抵抗カ楯樁ノ全面ニ亘リ一樣ナラサルコト
- (三) 楯樁ヲ前進セシムルニ楯樁全面ノ唧子ヲ用ヒサルコト從ツテ前進行ノ場合作用サル、力ハ楯樁全面ニ涉リ一樣ナラサルコト

以上ハ楯樁ノ前進方向ヲ狂ハスノ原因ナルハ明ナルモ是等ノ原因ハ圓形ナルカ故ニ減少スルモノニアラス圓形外ノ他形ナルカ故ニ増加スルモノニモアラス此等ハ楯樁ノ形狀ト全然無關係ナルモノナレハ以上ノ原因アルカ爲メニ圓形ヲ選用スルニ至リタルノ理由トナス能ハサルナリ今

圓形ト橢圓形ノ面積ヲ比較スルニ橢圓ハ圓形ニ比シテ較少ナルヲ以テ橢圓ハ圓形ヨリハ寧ロ於少ナル影響ヲ以上三點ニ受クルノ理トナリ回轉ヲ避クルノ點ヨリ論セハ寧ロ橢圓形ヲ用フルモ圓ヲ避クルノ勝ルニ若カサルヲ覺フ著者ハ圓形ハ廻轉ノ際作業臺ハ傾多モ隧道トシテノ形狀ニ差違ヲ生セサルノ利アリト稱スルモ吾人ハ如何ナル理由ニヨリテ然ルヤヲ解スル能ハサルナリ記者ノ觀ル所ヲ以テセハ圓形ヲ選用スルニ至リタル原因ハ圓形ハ楔片 (Key) ヲ除キテハ其各缺圓 (Segments) ヲ皆正シク同形ニ製造シ得ルノ利アリテ從テ組立上モ亦多大ノ利アルニ反シ他形ニアリテハ全然此點ニ望ミ得可カラサルカ故ニアラサルカト思惟ス各缺圓同形ナルノ利ハ一) 製造用ノ便大ナリ從テ比較的廉價ナリ二) 組立ノ際何レノ缺圓ヲ用フルモ各自皆同形ナルヲ以テ彼此混同取違フノ惧少ナシ三) 組立附屬品モ各自同形ナルヲ以テ彼此混同取違フノ惧少ナシ以上ノ三點ハ工事施工上極メテ必要ナルモノニシテ巨大ナル重量品ヲ取扱フノ際ニハ一層二) 三) 點ニ注意ヲ拂ハサルヘカラス假リニA種ノ缺圓ヲ要スルノ場合ニB種ノ缺圓ヲ持來シタリトセハ組立上ノ遲延ハ勿論勞力ノ徒費莫大ニシテ而シテ此A B兩種ヲ取違フテ運搬スルカ如キハ多數ノ工夫ヲ使役スル場合ニハ不可避ノ出來事ナリトス圓形ニテハ何レモ皆大略同一形狀ナルヲ以テ此種ノ事アルカ故ニ遲延ト無駄トヲ引起スルユト極メテ少許ナリト思惟セラル、モ其他ノ形狀ニテハA B兩種若シクハ三種ノ形狀ヲ要スルヲ以テ前記ノ不利益ハ到底之ヲ免ル、能ハサルヲ覺フ是ヲ以テ記者ハ圓形ヲ選用スルニ至リタル原因ニ關シテハ更メテ著者ノ高教ヲ仰カント欲スルナリ

著者ハ楯枠ヲ三ツノ部分ヨリ成立スト稱シ截頭 (Cutting edge) 胴 (Body) 尾部 (Tail) ホレナリト記セルモ是等ノ區分モ少シク粗略ニ過キサルカヲ疑フナリ記者ハれごーウ (Legoniz) 其他諸家ノ區別法ニ從ヒ左記ノ如クニセント欲スルナリ

殼 (Shell; Enveloppe)

前端部 (Front end; Avant-bee) 隔板ト切開及 (Cutting edge) トノ間ヲ稱ス

隔板 (Diaphragm; Cloison)

後端部 (Rear-end; Arrière) 之レハ二部ニ別レテ體 (Body; Corps) ト稱シ一ヲ尾 (Tail; Queue) ト稱ス

著者ハ此等各部ニ關スル設計上ノ要點ニ付イテ何等記スル所ナキヲ以テ記者ハ以上各部ニ就キ一言蛇足ヲ加ヘテ以テ讀者ノ參考ニ供セントス

殼ニ要スル第一ノ要件ハ殼ノ表面ハ充分平滑ナルコトニアリ鑲釘ノ鈹面以上ニ頭ヲ突出セルカ如キハ絶對的禁物ナルヲ以テ此種ノ鈹ニハ必ラス完全ナル沈頭工ヲ施サ、ルヘカラス又鈹ヲハ圓鑄形ニスルアリ圓錐形ニスルコトアリテ後者ハ楕棒ヲ前進セシムルノ際比較的容易ナルノ利アルニ覆工背部ニ比較的多クノ空隙ヲ與フルヲ以テ將來地質ノ落付ヲ來スノ危險多ク其害其利ヲ超越スル大ナルヲ以テ近時ハ圓鑄形ヲ推奨セリ此理ハ殼鈹ノ厚サヲ定ムルノ際ニモ應用セラレ得可キモノニシテ覆工ノ末端ヲ覆フ所ノ鈹厚ハ出來ル丈ケ薄キヲ要シ(上部ノ壓力ニ對シテ充分ナル厚サナルハ勿論ナルモ)レゴ、(Raynald Légonéz) 氏ノ如キハ二耗ヲ以テ最少厚トシ四米以上ノ徑ニテハ徑ノ一米ヲ加フル毎ニ一纏厚ヲ加フ可シト論セリ又同氏ハ此點ニ關スル從來ノ例ヲ與ヘタルニヨリ次ニ之ヲ拔載ス可シ

名	稱	外徑 米	殼厚 米	備考
Concorde		2.06	0.02	
Chohy		2.56	0.02	
Merey		3.04	0.019	2 têtes de 3 ponce
Rivière de l'Est		3.35	0.02222	1 " 1/2 ponce + 1 1/8 ponce
City and South London		3.35	0.0254	2 " 1/2 "

前端部 此部ヲハ從來甚タ之ヲ短フスルヲ例トセリ然レトモ近來ハ之ヲ長フスルニ至レリ即ハチ切開刃ヲハ隔飯ノ前方ニ充分延ハシテ作業場ヲ充分ニスルノ方針ヲ取ルニ至レリ從來ノ方法ニヨレハ之レヲ掘鑿スルニハ工夫ハ隔飯ノ背面ニアリテ隔飯ノ窓ヲ通シテ之レカ作業ヲナスカ故ニ作業上ノ不便大ナリシニ反シ若シ隔飯ノ前面ニアリテ之レカ作業ヲナストキハ仕事ノ進捗上非常ナル便利アルヲ以テ切開刃ヲ以テ充分ノ屋根ヲ作り以テ土ノ崩壊ヲ防クノ方法ヲ採ルニ至レリ土質ハ固ク鉛直ノ切開ヲ許ス場合ニハ一層便ナリトス又土質ノ軟弱ナルカ爲メニ鉛直ノ切開ヲ許サハル場合ト雖モ切開刃部ヲ長フスルハ其利アリテ害ナキカ如シ從來ノ例ヲ示セハ次表ノ如シ

Glasgow district	3.68	0.0127	2	"	1	"
Waterloo and City	3.96	0.0127	2	"	1	"
Glasgow Harbour	5.26	0.0190	2	"	3	"
Hudson River	6.07	0.0317	2	"	3	"
Rivière Saint-Clair	6.56	0.0254	1	"	mais avie des ouvre joints	
Chicly	7.28	0.028	2 de 14 mm			
Block wall	8.23	0.0638	4 de 1/2 pouce			
City and South London	0.31*					0.91*
St. Clair River	3.431					1.12
Hudson River	1.73					2.01
Waterloo Station	0.35					0.355
Chicly	0.355					0.31
						Glasgow District

切開刃ニ二種アリ一ハ鑄鐵又ハ鑄鋼環ヨリナリ其尖端ハ錐形ヲナス普通ハ殼飯ノ端ニ鑄釘セララルモノ一ハ直三角ノ持送形 (Blackeb) ヲナセルモノトス後者ニテハ此直立邊ハ殼飯及隔飯ニ鑄釘

セラレ其斜邊ハ前端ヨリ漸次下リテ後方ニ傾クモノニシテ同時ニ鈹製ノ圓錐形環ヲ具フルモノトス然レトモ時ニハ此圓錐形鈹ヲ省略セルモノアリ地質ノ左迄堅硬ナラサル場合ニハ此型式ニテ充分ナルモ地質ノ粘質ナルアリ若シクハ緻密ナル場合ニハ此鈹ヲ具フルニヨリテ切開上ハ勿論土砂ノ粘付ヲ避クルニ大利アリト云フ

隔壁 隔壁ノ目的ハ云フ迄モナク楯枠ノ後端ヲ閉塞シテ一ハ以テ水ノ已成覆工部ニ侵入スルナキヲ期シ一ハ以テ掘鑿面ヨリ土砂ノ侵入スルナキヲ期スルニアリテ同時ニ殼鈹ヲ強固ニスルノ用ナリトス楯枠ノ構造上ヨリ之ヲ論セハ隔壁ハ即ハチ後端部ト前端部ノ境界トナルナリ鐵鈹又ハ鋼鈹ヲ補強スルニ鈹又ハ角鐵等ヲ以テセルモノニシテ一以上ノ孔ヲ穿チテ以テ作業上來往ノ便ヲ斗ルモノトス

著者ハ近代ノ傾向ハ勞働者ニ作業ノ便ヲ與フルカ爲メニ楯枠面ノ分割ヲ少クシ又各分割ニ扉ヲ置クノ慣習ヲ廢シ中央ノ開キヲ出來ル丈ケ大ニスルノ方法ヲ取ルニ至レルヲ述ヘ居ルモ此等ノ問題ハ地質ノ如何ニヨリテ決定セラル可キモノニシテ如何ナル場合ニモ適用セラルヘキ慣習ナリト信スル能ハサルナリ地質ノ相當ニ堅硬ナルアリテ土砂ノ隧道内ニ侵入スルノ惧少ナキ場合ニハ著者ノ述ヘタルカ如クニシテ何等ノ不都合ナキハ勿論ナルモ流砂 (Quicksand) 又ハ泥土ノ如キ地質ニテハ出來ル丈ケ分割ヲ多クシ其孔ヲ小ニシ若シクハ全然之ヲ閉塞スルノ舉ニ出ツルハ理ノ正ニ然ル可キモノニシテ東河隧道 (East River Tunnel) はどん河隧道 (Hudson River Tunnel) ノ如キ幾多ノ小孔ヲ設ケテ以テ之レカ作業上ノ利ニ供セシハ地質上萬不得止カ故ナリトス地質ハ全然固體ヲナサスシテ半流動體ヲナス場合ニハ其孔ハ如何ニ小ナリト雖モ泥土ノ流入ヲ防ク能ハサルヲ以テするセシ隧道 (Marcy Tunnel) ノ如キハ第二ノ隔壁ヲ作りテ其高サヲ第一隔壁ノ半ニシ第一隔壁ノ下部ニ小孔ヲ設ケテ泥土ノ流入ヲ許シ以テ之ヲ第一第二兩隔壁間ニ之ヲ蓄ムルノ

方法ヲ取りタリキぶらつくうゝる隧道 (Blackwall Tunnel) ニテハ孔ヲ塞クノ設計ニ出テサリシモ特殊ノ装置ヲ以テ之ヲ遂セルカ如キ其例ナリトス

後端部 後端トハ隔壁ノ後ニアル部分ヲ稱スルモノニシテ之レヲ二部ニ分ツコトヲ得ルナリ一ヲ體 (Body) ト云ヒ一ヲ尾 (Tail) ト云フ體ノ目的ハ萬力唧筒電動機等ヲ取付クルニアリテ楯棒ノ重量ヲ於大ナル面積ニ配分スルノ目的ヲ兼ヌ勾配ノ變リ目ニ於ケル楯棒ノ進行ヲ容易ナラシムルカ爲メニハ體部ヲ出來形短フスルヲ利トス此見地ヨリ論セハ重大ナル鑄鐵環ヲ以テ體部ノ殼飯ヲ補強スルカ如キハ極メテ不利益ナルヲ以テ近來ハぶらけつと及鍍材ヲ以テ之ヲ補強スルニ至レリほどそん河東河さんくら一河隧道ニテハ前端ヲハ長ク且ツ頑丈ニ補強セリト雖モ體部ニハ何等ノ補強セサルカ如キ其例ナリトス

尾ノ目的ハ覆土ノ際外壓ヲ支フルニアリテ覆工ノ終端ニ重ナルモノトス此目的ヲ達スルニハ尾飯ハ内外共極メテ平滑ニシテ摺動上最小ノ抵抗ヲ與フルト同時ニ其厚ノ最小ナルヲ要スルナリ固硬ノ土質ニテハ其重ナル部分ハ起拱線 (Springing line) 以上ニ限ラル、モ何等不都合ナシト雖モ柔軟ナル土質ニテハ全周ニ亘ルヲ要スルハ勿論ナリ尾部ノ長サハ覆工ノ二環ヲ覆フ丈ニテモ充分ナルモ時ニハ三環ニ跨ルノ例モアルナリれごーつ (Légonéz) 氏ニヨレハ各部ノ寸法ハ次表ノ如シト云フ

名稱	徑	後端	體	前端	都合
Concorde	2.06 米	0.765 米	0.78 米	0.355 米	2.035 米
Origny	2.56	"	"	"	0.188
Mersey	3.04	1.71	0.91	0.91	3.53
Rivière de l'Est	3.35	1.07	0.10	1.12	2.29
City and South London	3.35	0.81	0.86	0.31	1.98

名稱	徑	後端	體	前端	都合
Glasgow District	3.68	0.81	0.86	0.31	1.98
Waterloo and City	3.36	84	0.91	0.38	2.13
"	3.96	84	0.91	1.14	2.89
Glasgow Harbour	5.26	"	"	0.33	2.59
Hudson	6.07	1.47	"	1.73	3.20
Saint-Clair	6.56	1.22	"	3.431	4.651
Chichey infra-tunnos	7.25-6.04	"	"	2.10	5.25
Chichey extra-tunnos	7.28-5.92	2.275	3.635	1.365	7.215
Blackwall	8.23	2.13	1.30	2.01	5.94
Waterloo Station	7.58	1.02	1.68	0.35	3.05

組立機

著者ハ組立機ノ位置ヲ必シモ楯枠ニ取ルノ必要ナク楯枠ト全然離レタル作業臺上ニ設クルヲ利ナリトシ左記ノ二點ヲ以テ其不利點トセリ

一 楯枠ニ附シタル時ハサラテタニ入込ミタル楯枠ノ構造ヲ一層複雑ニシ又勞働者ノ出入ニ常ニ邪魔トナリ且危險ナリ

二 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

以上ノ不利アルハ勿論ナルモ記者ノ想像スル所ニヨレハ楯枠上ニ之ヲ設クルトキハ少クモ左記ノ利益アルヲ信スルナリ

一 別ニ作業臺ニ作ルノ必要ナキヲ以テ之レカ費用ヲ省クコトヲ得

二 別作業臺ヲ移動セシムルノ費用ト時間ヲハ全然省クコトヲ得

三 組立機ハ普通隔壁ニ設ケラルヘテ以テ楯棒ノ後部ニ重量ヲ増シ幾分其前端ノ降下ヲ防グ
ノ利アリテ從テ線路軸 (Alignment) ノ狂ヒヲ豫防スルコトヲ得ルナリ
別ニ作業臺ヲ作ルトキハ其費用モ決シテ少々ナラサルヘク又工事ノ進捗ニ伴フテ之ヲ移動
シ又ハ取外シ取付クルノ煩アリテ同時ニ之ヲ移動スルノ手數ト費用トニ多大ノ損害アルハ之ヲ
想定スルニ難カラスシテ第一第二點ニ關シテハ前法ニテハ全然其憂ナキハ明カナルモ第三項ノ
利益ニ至リテハ記者ハ正ニ斯クアル可シト想像スルニ止マリテ之ヲ實地上ヨリ證明スルハ材料
ニ乏シキヲ以テ幸ニ著者ニヨリテ之レカ判斷ノ材料ヲ提供セラル、アラハ是レ實ニ記者一人ノ
幸福ノミナランヤ

著者ハ又組立機ノ構造ト作業法トニ一瞥ヲ與ヘテ楯棒ハどらむ (Drum) ノ周圍ニ卷付テタル二個
ノ鎖ニヨリテ廻轉セラレ云々ト記セルモ記者ノ見ル所ヲ以テセハ組立機ハ必シモどらむニ卷付
ケタル鎖ニヨリテ廻轉セラル、モノニモアラスはどそん隧道ノ場合ニテハもあ (Main) 氏ハぐ
れーとへっど (Greathead) 氏ノ設計ヲ襲フテ著者ノ述ヘタルカ如キ方法ヲ用ヒ其他ニモ亦此種ノ
例ナキニアラサルモざんくら一隧道 (St. Clair Tunnel) ニテハ隔壁ノ内部ニ設ケタル柄手ニヨリテ之
ヲ廻轉シテ決シテ鎖ノ方法ニヨラサルナリぶらっくらニテハ隧道 (Backwall) ニテモらっくら法ニ
ヨリテ之ヲ廻轉スルノ設計ヲ取リテ決シテ鎖ニヨラサルナリ故ニ著者ハ之レカ廻轉法ノ一ヲ述
ヘタリトセハ則チ止ム然ラサレハ記者ハ他ノ方法アリテ從來用ヒラレ居リシヲ警告セサルヘカ
ラサルナリ然リト雖モ各法ノ利害得失ニ至リテハ記者ハ未タ先覺者ノ所説ニ接セサルヲ以テ之
ヲ讀者ニ紹介スル能ハサルヲ遺憾トスルナリ著者若シ御取調アラハ幸ニ高教ヲ乞フ

應力ノ計算

著者ハ殼ノ應力ヲ計算スルニ當リ殼ヲハ缺圓ノ突縁ヲ支點トセル桁ト想定シ其兩端ハ固着セル

場合ノ普通桁ノ理論ヲ應用シテ之レカ力率ヲ求メントセリ第八圖ニ示セルモノハ則ハチ之レナリトス此場合ニテハ殼ノ長サハ l ナルヲ以テ極メテ簡單ニ之レヲ解釋シ得可シト雖モ之レ果シテ何人モ首肯スルニ足ルノ想定ナリヤ頗ル疑問タルヲ免レサルナリ

若シ著者ノ想定スルカ如ク n ハ殼ヲハ幾多ノ小部分ニ區劃シテ其小區劃ハ各獨立セル一桁ヲナセルモノト見做サ、ルヘカラス換言セハ各區分ハ l/n ナル長サヲ有シ l/n ナル幅ヲ有スル一桁ヲナセルモノトナル此場合ニテハ1 2 3 4 5 ……ナル各桁ハ各獨立ナルヲ以テ1ニ働ク外力ハ2ニ何等ノ影響ナク2ニ働ク外力ハ3ニ何等ノ影響ナク各自個々孤立シテ力率上ニ彼此何等ノ影響ヲ授受スルナキナリ然リト雖モ殼ハ實際上連續セル一環ナリ決シテ以上ニ想定セルカ如キ個々獨立體ノ集合ニアラサルナリ從テ1ニ働ク外力ハ2 3 4等ニ傳達シ2ニ働ク外力モ亦1 3 4等ニ影響シ從テ力率ニモ亦變動ヲ與フルニ至リ決シテ著者ノ想定スルカ如キモノニアラサルナリ故ヲ以テ著者ノ計算法ハ之ヲ此場合ニ應用シテ其當ヲ得タリト信スル能ハサルナリ假リニ l 長ノ桁ナリト假定スルヲ許容ストスルモ其兩端ヲ固着セルモノト想定スルノ點ニハ記者ハ首肯スル能ハサルナリ若シ l 長ノ桁ナリトセハ突縁ハ l 長ニ來ル凡テノ外力ヲ負擔スル事トナル然レハ則ハチ突縁ノ設計ハ矢張り管ノ理論ニヨリテ計算セラル可キモノニシテ決シテ著者ノ第八圖ニ示セルカ如キ簡單ナル方法ニヨリテ其力率ヲ知ル能ハサルナリ突縁ニシテ若シ l 長ニ來ル全外力ヲ負擔シ得ルモノトセハ突縁ハ單ニ l 長ノ桁ヲ支フルモノト見做シ得ルヲ以テ之ヲ單桁 (Simple beam)ト想定スルヲ可ナリト信ス何ントナレハ突縁ノ厚サハ左迄大ナルモノニアラサルヲ以テ寧ロ之ヲ自由端 (Free end)ト見做シテ計算スルノ安全ナルニ若カサレハナリ記者ノ解スル所ヲ以テセハ著者ハ Brant 氏ノ與ヘタル力率式ヲハぼるとノ大サヲ定ムルニ用ヒラレタルカ如シ記者ハ寡聞ニシテ來タ Brant 氏ノ著述ヲ知ラス從テ其公式ノ由來及其應用ヲ詳

ニセス此點ニ關シテハ記者ハ Brantke 氏ハ如何ナル著書ニ此式ヲ論述セシヤ教示アランコトヲ乞フモノナリ

然リト雖モすたいな一博士 (Dr. Steiner) ハ其著圓形隧道管ノ理論 (Beitrag zur Theorie der Röhrenstunnel) (Querschnittes, Prag, 1906.) ニテ隧道管ノ計算ニ關シ詳論セリ其說ニヨレハ外力ト彎曲率ノ關係ハ著者ノ二十七頁ニ與ヘタル公式トハ其形狀ニ於テ全然一致セリ然リト雖モ

$$M = (pR^2 - \frac{1}{2}dR^3)Z \dots \dots \dots (A)$$

式ハ著者ノ註記セルカ如ク覆工ハ周圍ノ土砂ノミニヨリテ支持セラレタルノ場合ナルヤ否ヤ記者ハ疑ナキ能ハス記者ノ解スル所ニヨレハ (A) 式ハ覆工自身ノ重量ト管底ニ受クル土砂ノ反力ト水壓トヲ考察セル公式ニシテ決シテ覆工重ノミヲ考入セルモノニアラサルナリ而シテ此公式ハ管ノ大サヲ定ムルニ必要ナル公式ニシテ同時ニ力率ハ管ノ周圍ニ如何ナル狀態ニ配布セラレ居ルヤヲ知ルニ足ルノ公式ナリ從テ管ハ即ハチ此力率ニ對抗スルニ足ル可キモノタラサルヘカラサルヤ明カナリ然ルヲ著者ハ單ニ此彎曲率ニヨリテ扁壓セラルノ傾向アルカ故ニ建設中ニ假るとヲ締付ケ此傾向ヲ防キ接手ノ突縁ニ過剩應力ヲ生セサル様ニス可シト説ケルカ如キヨリ之ヲ見レハ此彎曲率ハ單ニ建設中ノ過剩應力ヲ防クニ止マリテ其他ニ何等ノ意義ナキカ如クナルモ記者ノ見ル所ヲ以テセハぼるとノ大サ又ハ締付ノ點ヨリモ寧ロ管ノ厚サヲ定ムルニ必要ナル公式ニシテ著者ノ第二十六頁ニ述ヘタル計算公式ヨリハ寧ロ此方法ニヨリテ力率ヲ計算スルノ至當ナルヲ覺フナリ

著者ノ與ヘタル公式ハ單ニ前記ノ三項ヲ考入セリト雖モすたいな一氏ハ之ヲ次ノ場合ニ區別シテ各別ナル公式ヲ提供セリ

一 管ノ水平徑迄土砂ハ管ヲ包圍シアル場合

二 管ハ泥土ヲ以テ全ク包圍セラレ且ツ或ル深サノ水深ヲ有スル場合

三 管ハ單ニ土砂中ニアリテ毫モ水分ノナキ場合

等ノ三場合ニ區別シ之レニ管底ノ反力ト管自身ノ重サニ歸スル力率ヲ考入シ各場合ノ力率ヲ計算スルノ公式ヲ與ヘタリ讀者若シ前記すたいな一氏ノ著述ヲ見ハ自ラ其理ヲ了ス可キナリすたいな一氏ノ理論ヲ熟讀セハ缺圍殼ヲ個々獨立ノ桁ノ集合ヨリナルモノト見做スノ不當ナルハ之ヲ了スルニ足ル可ク同時ニ各桁ニ來ル外力ハ決シテ彼此無影響ノモノニアラサルノ理ヲ悟ル可キナリ故ヲ以テ記者ハ著者ノ與ヘタル殼ノ應力計算法ニハ服スル能ハサルモノニシテ殼ノ計算ハ矢張りすたいな一博士ノ理論ニ據ルノ轉々正當ナルヲ信セント欲スルナリ

若シ殼ヲ桁ト見做シテ計算スルノ方法ニヨルトセハ桁上ノ外力ハ突縁ニ集マリ突縁ハ之レカ外力ヲ受クルノ理ナルヲ以テ突縁ハ一個ノ管トナリ矢張りすたいな一博士ノ理論ニ準據シテ之レカ大サヲ定ムルヲ要スルナリ又殼體ヲ桁ト見做スモ殼自身ノ重量ニ歸スル彎曲率ト周圍ノ土砂ヨリ來ル反應力ヨリ來ル彎曲率等ハ是非之ヲ考入スルノ必要アルヲ以テ結局ハ之レ亦すたいな一博士ノ理論ニ準據スルノ止ムヲ得サルニ至ル可キナリ

動力ノ應用法

著者ハ動力ヲ加フル方法ニ關シ何等ノ記述ナキヲ以テ記者ハ一言蛇足ヲ加ヘテ以テ讀者ノ參考ニ供ス可シ

楯枠ヲ前進セシムル現今ノ方法ハ水力じゃく (Hydraulic jack) ノ使用ニアリトス舊時ハ螺旋じゃく (Screw jack) ヲ一般ニ用ヒタリシモ今ハ衰頽ニ歸セリ水力じゃくヲ楯枠ニ取付クルノ方法ハ殼ノ内側ノ廻リニ一定ノ間隔ヲ以テ圓環形鑄物ヲ取付クルニアリテ其唧子錐ノ後端ハ已ニ終

レル覆土ノ前端ニアル受臺ニ達ス舊型ノ楯棒即ハチ其内部ニ鑄鐵製ノ補強環ヲ有スルモノニア
 リテハ圓壻形鑄物ハ此環ニ取付ケラレタリト雖モ近時ハ別ニ此種ノ環ヲ用ヒサルヲ以テ腕材
 (Bracket)及控板(Grout)ヲ以テ殼ニ取付クルニ至レリトトヤックノ大サ及數量及其間隔ハ楯棒ノ大サ
 ト土地ノ性質如何ニヨリテ異ナルモノニシテ固キ土質又ハ粘土質ニアリテハ楯棒ノ受クル抗力
 比較的少ナルヲ以テ其摩擦ヲ受クル面積一平方碼毎ニ四五噸ノ力量ニテ充分ニシテ其間隔ハ五
 呎内外ヲ普通トシ其徑ハ五六吋其水壓ハ一平方吋千呎ニテ充分ナリト云フ柔軟土質ニテハ其摩
 擦力多キカ故ニ其摩擦面一平方碼ニ於ケル力量ハ十八噸乃至二十四噸ニ至リ其間隔ハ三呎内外
 其徑ハ六七吋其水壓ハ四千乃至六千呎ノ高キヲ要スト云フ此高壓ノ場合ニテハ手唧筒ニテ能ク
 所要ノ壓力ヲ供給シ能ハサルヲ以テ手唧筒ハ十呎内外ノ壓力ニ限ラルト云フトヤックノ數ハ
 楯棒ノ徑ニヨリテ異ナルモノ南倫敦隧道ニテハ六個ヲ用ヒぶらっくウー
 ヲ用ヒタリ唧子鐸ノ動力ヲ傳達スルノ方法ハ之ヲ二種ニ區別スルヲ得ルモノニシテ一ハ唧子鐸
 ノ端ニ履金ヲ取付クルモノニシテ力ノ加ハル面積ヲ大ニスルノ利大ナリトス南倫敦隧道ノ如キ
 ハ此方法ヲ用ヒタリ他ハ唧子鐸ノ尾部ハ殼ニ直接其推力ヲ移ス様構造セラレタルモノニシテ東
 河隧道ノ如キハ此方法ニヨレリ

唧子ノ直徑楯棒ノ重量其他

此點ニ關シテハレゴウ氏ハ其著楯棒ノ使用 (L'emploi du bouclier) 第三百八十四頁ヨリ第三
 百八十六頁ニ亘リ記述セルアルヲ以テ次ニ之ヲ譯述シテ以テ讀者ノ一察ニ供ス可シ
 唧子 (Vérins) 英語ノ所謂 (Jacks or rams) ハ之ヲ三個ノ點ヨリ觀察セラルル一ハ其間隔ノ點ヨリセ
 ラレニハ其發生力量ノ點ヨリセラレ三ハ使用水ノ供給法ヨリセラル今楯棒ヲ次ノ三種ニ區別セ
 ハ

- 一 ぐれーとへっど型橋樑即ハチ固キ粘土質ノ地質ニ適當スルモノニシテ掘鑿工ハ切刃ノ前方ニアル支保工下ニ成サレテ何等ノ困難ナキ場合ニ適スルモノ
 - 二 柔軟土質ヲ通シテ其道ヲ開クニ適スルモノ從テ掘鑿上多少ノ骨折ヲ要スルモノ
 - 三 水ヲ含メル土質ニ適スルモノ即ハチ前方ニ於テ人カヲ用フルハ殆ント不可能ナルモノ
- 此見地ヨリ區別シテ次表ヲ得ルナリ

第一種

名稱	外徑	長	斷面積	萬力數	其間隔	直徑	管ノ水壓力	萬力ノ壓力	全壓力	斷面積	管ニ對スル壓力
Concrete	2.06*	2.035*	13.16	4	1.62*	0.165*	70 ^{kg}	15 ^噸	60 ^噸	4.5 ^噸	
Toure-de London	2.13	"	"	6	1.12	0.165	—	10	60	"	
Siphon de elchey	2.56	"	"	5	1.62	0.165	70	15	75	4.5	
City and South London	3.35	1.98	20.33	6	1.76	"	70	6-27	90	4.3	
Glasgow District	3.68	1.98	22.88	6	1.92	0.165	56-154	15	90	4	
Waterloo and City	3.96	2.13	26.49	7	1.78	0.178	70	17.5	122	4.6	
Glasgow port	5.26	2.59	42.78	13	1.25	0.178	70	17.5	228	5.3	

第二種

Mary	3.04	3.33	33.70	10	0.95	0.178	{ 70 280	18-70	{ 180 700	5.3-20.8
East River	3.35	2.29	24.09	12	0.88	0.127	350	45	540	22.4
Hudson	6.07	3.20	69.99	16	1.19	0.203	280	88	1400	23.1
Saint-Chair	6.56	4.65	95.78	24	0.86	0.203	144	44	{ 363 1633 2800	4.2-19
Blackwall	8.23	5.94	153.5	28	0.92	0.203	315-430	{ 100 135	{ 4000	18.2-26

第三種

Chibly extra-minus	7.35 × 3.04	5.25	57.52	6	1.50	0.24	50 200	22.5 90	135 540	2.4-9.4
Chibly infra-minus	7.23 × 5.92	7.215	108.34	6	2.60	0.24	50 280	22.5 127	135 762	1.25-7.3
Waterloo	7.58	3.05	72.59	22	1.08	0.178	140	30	660	9.1

第一種ノ場合ニテハ唧子ハ人力ヲ以テ動作セラレ得ルモ殼ノ摩擦面一米平方ニ四五噸(佛噸)以上ニ至ラサルモノニシテ其壓力ハ一平方糎ニ對シ七十疋唧子ノ半徑ハ〇・一七米其間隔ハ普通一七五米ノモノトス

第二種ノ場合ニテハ摩擦力ハ一平方米二十五噸其間隔ハ心々〇・九米其徑〇・二米ヲ超ユルナク水壓一平方糎三四百疋トス此場合ニテハ其壓力強大ナルカ故ニ最早人力ニテ動作スル能ハサルニ至ルカ故ニ坑外ニ特ニ工場ヲ作り水壓管ヲ楯棒迄至ラシメテ壓力ヲ加フルナリ

第三種ハ一米平方十噸ノ推力ヲ與フルモノニシテ佛國くれしエー隧道ニテハ唧子徑及間隔ヲ於大ニセルモ種々ノ大故障ヲ引起セシヲ以テ第二種以上ノ寸法ニ出テサルヲ宜シトス電動器ヲ使用シ坑外ニぼんぷヲ据付クルノ方法ニ出ツルトキハ水壓管ヲ除去スルニ足ルモ尙複雑ナル裝置ヲ要スルト工費ヲ増スノ不利アリトス

又重量ノ點ヨリ之ヲ觀ルニ第一種ノ楯棒ハ比較的輕ク徑一米ニ對シ二噸乃至六噸ナルモ時ニハ一噸乃至二噸ノ輕キニ至ルモアリ

第二種ノ楯棒ハ其長サヲ増スヲ以テ其推力ハ非常ニ強大ナリ次表ヲ見ハ即ハチ徑ノ増スニ從ヒ急激ノ増加ヲ重量ニ來スヲ知ルナリ故ニ一定ノ法則ヲ此點ニ與フル能ハサルモ楯棒ノ重量ハ徑ハ三乘ニ一³ヲ乘スルニヨリテ大差ナク算出セラル、カ如キモ此種ノ法則ヲ發見スルニハ今日尙早ナルヲ覺フナリ

第三種ノ楯棒ハ其之レニ先ンシテ使用セラレタル楯棒ヨリ輕クくれしエー隧道ニテハ六十五噸

うゝたゝろゝ隧道ニテハ百噸ナルモ前者ハ設計ノ變更ニヨリテ於輕ナル可ク後者ハ殼ニ鑄鐵ヲ添加スルニヨリテ於重セラルノナリ

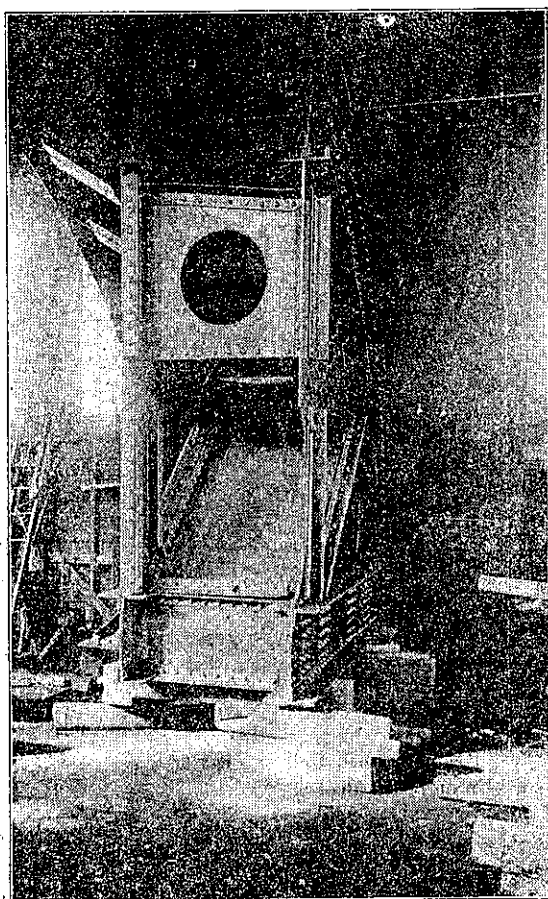
橋 樑 ノ 電 量	橋 樑 ノ 電 量
Rivière de l'Est	3.35
Hudson	6.07
Saint-Clair	6.57
Blackwall	8.23

因ニ云フ著者ハほどん隧道橋樑ノ徑ヲ17ト記スルモかばー氏著水底隧道用橋樑(Copper-Tunnel Shield for subaqueous work, 1906)第百六十七頁乃至百六十八頁ニヨレハ右樑ハ19'11"ニシテ長サハ10'6"トアリ敢テ著者ノ再調ヲ煩ハス又北河橋樑ノ重量ハ二百噸ナリト記セルモけるばると著「紐育ノ地下道及隧道」(Gilbert-Subway and Tunnel of New York, 1912)第六十四頁ニヨレハ次ノ如ク

橋樑電量	橋樑電量
185	195
58	

トアリテ著者ノ記述トハ多少ノ差アルナリ此點ヲモ再調ヲ乞フ (完)

河底隧道ヲ建設スルニしゝるどヲ用キ外邊覆工トシテ鑄鐵片ヲ用フルハ普通行ハル、方法ナル
 モ鑄鐵ハ腐蝕シ易キト多額ノ費用ヲ要スルトニヨリテこんくりーとヲ以テ之ニ更ヘタルモノア
 リぼすとん市高速度電車線河底隧道之ナリ一ハドーちえすたー線 (Dorchester) とびつとちや
 んねる (Fort Pitt Channel) ノ河底



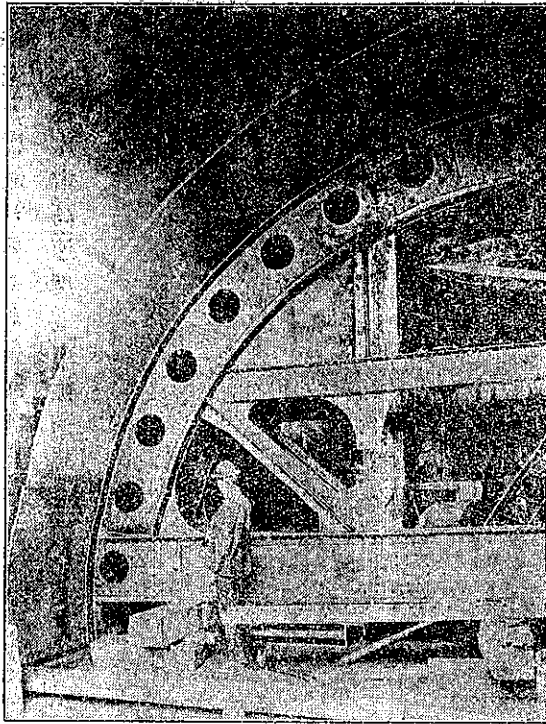
The East Boston Tunnel, Longitudinal Section of Roof-Shield.

第一圖 其

ニシテ他ハいすとぼすとん (East Boston) 線ぼすとん港底部
 ニ建設セルモノナリ第一ハこ
 んくりーと施工ノ爲メニ木片
 ヲ組合セテ外部ニ薄キ覆工ヲ
 造リタル後ニこんくりーとニ
 テ完全ナル覆工ヲ施シタルモ
 ノニシテ本會々誌第三卷第四
 號ニ掲載シアレハ省略シ第二
 ハ之ト稍施行方法ヲ異ニシ且
 ツ其後地質柔軟ノ際ニ屢用キ

ラレタル例ナルニヨリテ其方法ヲ記載スルト共ニ隧道掘鑿前ニ隧道端ニ設クル堅坑ノ湧水大ナ
 ル時ノ特別施工方法トヲ記述シ參考ニ供セン

(一) いすとぼすとん水底隧道 (第一圖參照)



The East Boston Tunnel, Half of Rear of Uncompleted Roof-Shield.

工事ハるゝふしゝるどヲ用ヒ左ノ方法順序ニ依レリ

延長四千三百呎
断面複線馬蹄形

港底部二千七百呎
半圓内徑二十三呎三

全高二十呎五

覆工こんくりと厚三十三吋 仰拱厚二十四吋

第一圖其二

堅坑 建設セントスル隧道ノ一端ニ堅坑
 34×36ヲ掘鑿シテ基面(深サ四十二呎)迄達
 セシメこんくりと仰拱ヲ施シテ材料ノ
 搬出搬入ニ備ヘタリ
 導坑 隧道ノ兩側壁ノ位置ニ二ツノ導坑
 8×11ヲ適當ノ支保工ヲ施シツ、掘鑿シ約
 二百呎ニ達スルヤこんくりとニテ側壁
 ヲ築造シ其硬化スルヲ俟テテるゝふしゝ
 るどヲ既設堅坑ヨリ下降シテ側壁上部ニ
 据ヘ付ケタリ

鋼板半圓形徑二十八呎

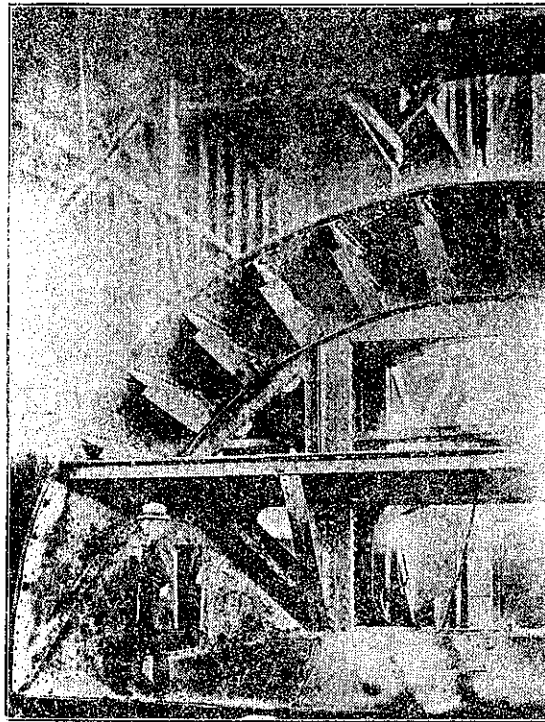
十吋

長十二呎六吋

重量六二〇噸

るゝふしゝるどハ其周邊ニ沿ヒテ十六個ノはいどろりくくじやくくヲ備ヘ各七十五噸ノ壓力ヲ有

ス又るゝふ、しゝるどノ下部兩側ニハ八個宛ノろゝらゝ(徑八吋長十六吋)ヲ具ヘテ側壁ノ上ニ鋼板ヲ置キ其ノ上ヲじやくノ働キニヨリ前方ヘ移動ス
 土砂掘鑿 しゝるど前面ニ於ケル土砂ヲ掘鑿シテ搬出ス深サ三十吋ニ達スルヤはいどろりくじやくニテしゝるどヲ同時ニ前進セシム堅坑ヨリ出發ノ際ニハ木材(尺角)ニヨリテ反對側ヨリ押



The East Boston Tunnel, Half of Front of Uncompleted Roof-Shield.

第一圖 其三

スモ工事進行ニ伴ヒテ既設覆工ヲ以テじやくノ踏ヘトシ押出ス
 覆工こんくりーと ハしゝるどノ後部内

面ニ其進行セル部分宛填充スルモノニシテ先ツしゝるどノ後方内部ニ鐵製せんたゝりんぐヲ設置ス一回ニ設置スル長サハしゝるどノ進行長ナル三十吋ナルヤ勿論ナリせんたゝりんぐハ充分堅固ナルヲ要シこんくりーとノ柔軟ナル間ハ其重量ヲ支持スルノミナラスしゝるど前進後ニ土壓ニ對セサルヘカラス

ニ曲ケ四吋ノらゝぎんぐヲ置キ前面ノ型板ハしゝるどニ取付ケタルはいどろりくじやくノらんじやゝニ結ヒ付ク斯クシテこんくりーとヲ側壁上面ヨリ填充シ上ル頂點ニ近ツク頃ハ狹隘ニシテ施工困難ナルヲ以テしゝるどノ上部ニハ豫メ餘分ノ空隙ヲ存スルニ努メ其ノ部分ニハはいどろりくじやくヲ取リ付ケスシテ此位置ヨリ樋ヲ型枠内ニ架シテ之レヲ通シテこんくり

一とヲ填充ス尙し一と前進後ニし一とノ鉸厚ニ置ケル空隙トこんくり一とノ施行不完全ナル個所ニハ後刻豫メ差シ込メル細管ヲ通シテ注膠泥工ニヨリテ間隙ヲ填ク
 ばいどろりくじやくハ既設こんくり一とヲ踏ヘトシテし一とヲ前進セシムルナリこんくり一とノ硬化セサル間ハ斯クスル事能ハサルカ故ニこんくり一と中ニ徑三吋四分ノ一鑄鐵棒ヲじやくノ數丈其都度埋メ込ミ順次之レヲ踏ヘトナシテ進行ス

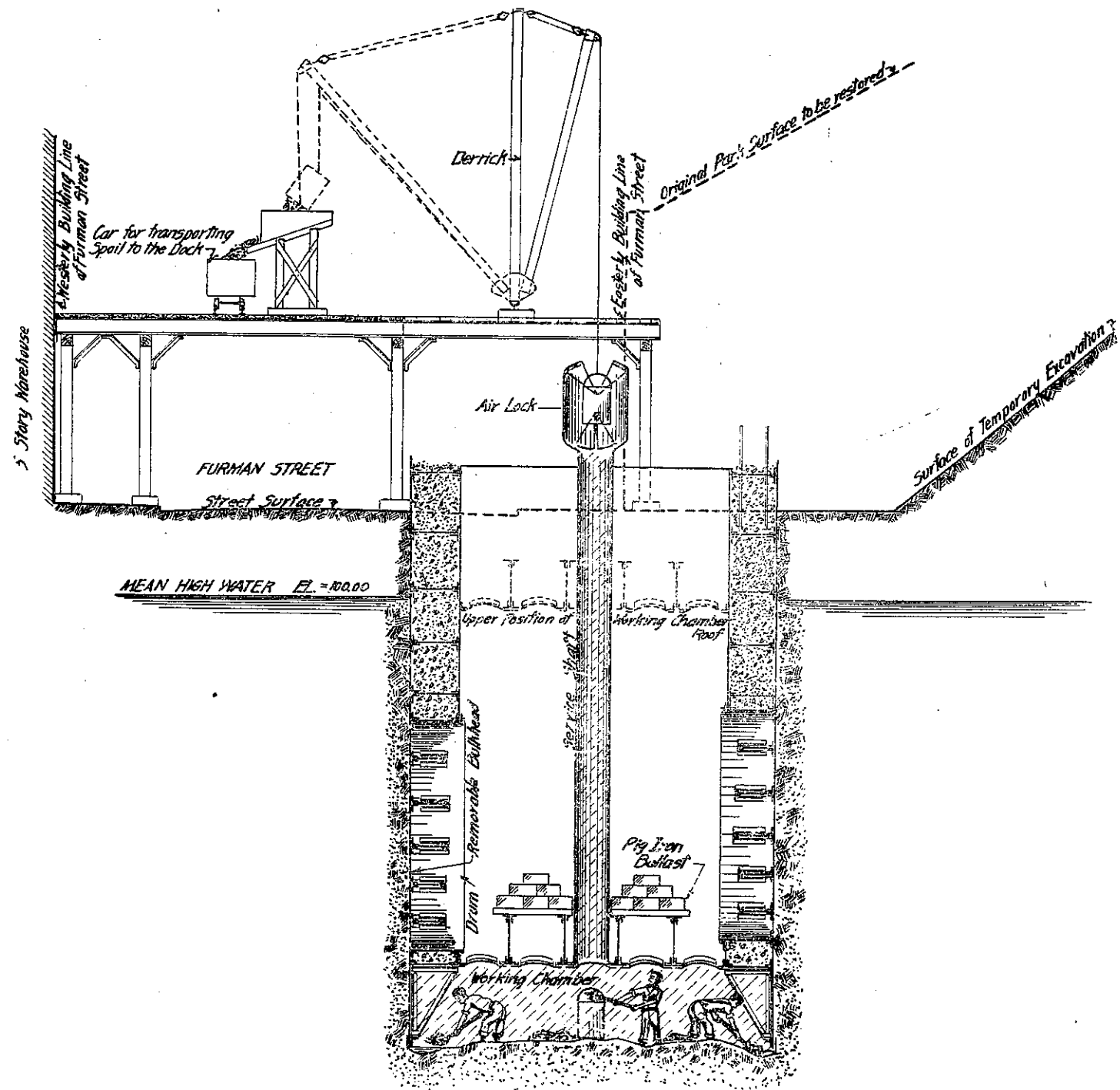
あ一ち竣工シ終レハ側壁間ノ下部ノ土砂ヲ掘鑿シテ仰拱ヲ築造ス土砂運搬ノ爲メニ複線線路ヲ設ケこんくり一と運搬ノ爲メニあ一ち下せんたりんぐニ床ヲ架シ其上ニ一線ヲ布設ス
 壓搾空氣 隧道ハ水面以下九十呎河底下五十呎ノ位置ニ建設セラレタル故水底ニ屬スル部分ハ水ノ浸入ヲ防止スル爲メニ壓搾空氣ヲ用キタリ壓力ハ初期五封度ナリシカ漸次増加シテ十八封度トナリ終ニハ二十五封度ニ達セリ間室ハ竣工セル隧道部分ニ凸形隔壁ヲ設ケテ之レヲ通シテ三個ヲ設ケ下部ノ二室ハ材料ノ運搬ニ供シ上室ハ工事者ノ出入ニ供セリ長約三十呎徑六呎ナリ
 工事進行 一日ノ最大進行ハ十呎ニシテ一週間ノ最大ハ三十呎ニシテ工事全部竣成迄三年ヲ要セリ

浸水量 水ノ隧道内ニ浸入スルヲ防止スルニ何等ノ設備無シこんくり一とハせめんと百二十五封度砂二五立方呎砂利四立方呎ノ調合ニヨレリ初期ノ浸水スル一分時二十五がらんニ達シタリシカ注膠泥土ニヨリテ漸次減少シテ後ニハ八がらんトナレリ之レニ對シ三十二がらんノ自動ばんぶヲ備ヘテ排水シツ、アリ

(二) 河底隧道堅坑 (第二圖參照)

河底隧道ヲ建設スルニ一方ノ岸又ハ兩岸ニ基面迄堅坑ヲ掘鑿シテ施行上必要ナルし一とノ据付ケ材料ノ搬出搬入ニ供ス又工事竣成後ニハ空氣ノ流通並ニ排水ニ用フルノミナラス隧道中事

潜函ノ下部前後ノ兩側壁ニハ沈下後ニ隧道掘鑿ノ爲メニしゝるどヲ出スヘキ口ヲ準備ス沈下中
 ハ閉塞ス其大サハしゝるど(徑一七呎五)ノ徑ヨリ二呎大ナラシメ徑十九呎六吋ト爲シ潜函沈下ノ
 際ノ多少ノ差違並ニしゝるどノ位置ノ整正ニ備フ又此部分ニハ二呎許ノ扉ヲ設ケテ外部土砂掘
 鑿スル場合ニ工夫ノ出入ニ便シ又所々ニ小穴ヲ設ケテ土質軟弱ノ際ニ注膠泥工ニヨリテ土質ヲ
 固メ此部分ヲ撤去シテしゝるどヲ押シ進ムル際ニ堅坑内ニ土砂ノ崩壞スルヲ防止ス
 開室ハ水面上ニ設置シ鋼管ニヨリテ潜函工事室ト通シ材料ノ搬出入並ニ工事者ノ出入ニ供ス
 潜函沈下 潜函ハ地表ニテ組ミ立テ順次掘鑿沈下シ地下水ニ達スルヤ壓搾空氣ヲ入レ荷重ト
 シテ鑄鐵塊ヲ用ヒ所定ノ位置ニ達セシム底部ニハこんくりーとニテ仰拱ヲ設ケ硬化スルヲ俟テ
 テ空氣ノ壓力ヲ除去シ然ル後ニ工事室天井ヲ撤去ス
 しゝるどハ此竣成セル堅坑ヨリ下シ据付ケ然ル後ニ再ヒ天井ヲ前位置ヨリ更ニ高ク作業差支無
 キ位置ニ設置シ壓搾空氣ヲ入レタル後側壁ノ一部ヲ撤去シテしゝるどヲ押シ進ムルナリ之レヨ
 リ先ハ普通河底隧道作業ニ準シ周圍ニハ覆工ヲ施行シツ、前進ス而シテ適當ノ距離ニ達スル時
 ハ隧道内ニ隔壁ヲ作り之ヲ通シテ開室ヲ設ケ堅坑内ノ開室ノ作業ヲ玆ニ移シテ堅坑内ノ分ヲ撤
 去ス(完)



Section through Caisson during Sinking. Hatched Portion under Compressed Air.

第貳圖其二

土木學會雜誌第五卷第一號附圖

