

參考資料

土木學會誌 第五卷第六號 大正八年十二月

海底隧道ニ關スル報告 (大正四年五月)

本論ハ工學博士田邊朔郎氏カ鐵道院ノ囑託ニ依リ調査報告セル所ニシテ技術上極メテ有益ナルヲ以テ摘載シテ參考ニ資ス

曩ニ歐米出張ノ際取調ノ御囑託ヲ受候海底隧道工事施工ノ方法左ニ陳述仕候蓋水底隧道建設事業ハ最近十年間ニ非常ナル進歩ヲ爲シ其ノ施工ノ方法モ種々アリテ施工各地皆各其ノ最適切ナルモノヲ選ンテ之ヲ採用シ其ノ工費モ亦多額ヲ算セサルニ至レリ本報告ハ各種方法ノ中ニ就キ我國山陽九州兩鐵道ヲ聯絡スル爲ニ馬關海峽ニ造ルヘキ海底隧道ニハ如何ナル方法ヲ最モ宜シトスルカ其ノ選擇ノ次第及計畫ノ大要ヲ述フルニ止メ其ノ計畫ノ詳細部ニ至ツテハ尙他日ニ讓ルコトトセリ

1281

水底ニ隧道工事ヲ施工スルノ方法ハ大別シテ三種トス第一法ハ水底ニ於テ地質ノ堅固ナル場所ヲ選ヒ兩岸ニ堅坑ヲ穿チ其ノ下部ヨリ工事ヲ進ムルモノニシテ普通陸上ニ於ケル施工ト同一ナリ往時ハ湧水ノ爲ニ非常ナル困難ヲ爲シ時ニ全部ノ水浸ヲ被リシコトアレトモ今日ニ於テハ強カナルぼんぷノ設備ヲ爲スコト困難ナラス又強大ナル壓力ヲ有スルせめんと膠泥壓入 (High pressure grouting) ヲ適用シテ湧水ヲ止メ得ルカ故ニ昔日ニ比シテハ大ニ容易ト爲レリ第二法ハ壓縮空氣ヲ使用スルモノニシテ地質ノ如何ヲ問ハス施工スルヲ得此ノ方法モ十餘年前迄ハ困難ヲ感セシモ今日ニ於テハ構楯 (Shield) ノ適用宜シキヲ得ルヲ以テ施工大ニ容易ト爲リ現代ノ水底隧道ニ

ハ此ノ方法ニ依ルモノ多シ第三法ハ陸上ニ於テ鐵製隧道ヲ組立テ之ヲ浮カセテ現場ニ運ヒテ沈埋スルモノニシテ最近ノ法ニ屬ス此ノ方法ニ於テ壓縮空氣ヲ使用スルモノト之ヲ使用スルニ及ハサルモノトアリ

以上ノ三法ハ孰レモ我山陽九州兩鐵道ヲ聯絡セントスル海底ノ隧道工事ニ適用スルコトヲ得ヘシト雖モ其ノ孰レノ方法最モ適切ナルヤ左ニ之ヲ陳述セン

第一法(陸上隧道ト同一ナル方法)ヲ採ラントセハ大瀬戸ニ於テ地質ノ堅固ナルトコロヲ選定スルヲ要ス其ノ地質ハ玢岩(Tuff)ノトコロ多カルヘシ(第一號附錄甲參照)海軍海圖下關海峽ニ於テ海底ニ砂利及砂ヲ示ストコロアレトモ是其ノ表面ヲ示スモノニシテ陸上ニアル如ク其ノ下ニ厚キ層アリト做ス可カラス勿論岩層ノ間ニ罅モアルヘク軟層モアルヘシ(第一號附錄乙參照)ト雖隧道掘鑿不可能ト見ルヘキニ非ス工事中湧水多量トナリタルトキハ粘土防水層(Clay mud)ヲ置キテ之ヲ防禦スルコトモ爲シ得ヘシ今日ニ於テハ強力ナルぼんぶ及電燈電力ノ適用自由ナルカ故ニせば一ン隧道(Seyern tunnel)ニ於テ Diver Lambert カ困難セシ如キコトニ遭遇セサルヘシト雖第二號附錄甲參照尙十分ナル用意ト注意トヲ要スルハ勿論ナリ此ノ方法ニ依テ施工セントセハ蓋シ米國紐育あすとりや隧道(Astoria Tunnel under East Diver, New York)ノ例ニ據ルヲ可トス

隧道拱頂(Crown)ト水底トノ間ノ厚サハ地質ノ最モ堅牢ナル場所ニ於テハ水深多大ナラサレハ僅ニ二十呎(せば一ン隧道ニ於テ其ノ厚四十四呎七水深最大九十五呎三)第二號附錄甲參照)ニテ事足りシ實例アレトモ大瀬戸ニ於テハ斯ノ如ク堅固ナリト信スルコトヲ得ス故ニあすとりや隧道ノ如ク百五十呎以上ノ厚サ迄ヲ要セストスルモ少クトモ八十呎ハ安全ヲ保ツ上ニ於テ必要ナルヘシ此方法ニ依テ隧道ヲ作レハ其ノ前後ノ取付キ隧道ノ勾配ヲ百分ノ一トシ兩口ニ於ケル切取ノ深サヲ四五十呎ト爲スモ長各凡一萬呎ノモノヲ要スヘシ水底隧道ノ卷立ハ鐵管式トシ充分ナル

壓力膠泥 (Pressure grouting) ヲ施セハ落成後ノ漏水ハ隧道内ニ於テ凝結スル大氣水分ヨリモ少ク(取付隧道ヨリ來ル漏水ノ方多量ナラン)水揚ぼんぷニ關スル費用ハ少額ナルヘク又工事中ニ壓縮空氣ヲ使用セサル利益アレトモ本線勾配ニ於ケル無用ノ昇降 (Useless rise and fall) 百二十呎以上ニ達スヘシ(戰艦扶桑ハ水線上ますすとららぐ迄二百〇九呎ナルカ故ニ架橋ニ比スレハ凡ソ二分ノ一ナレトモ)是レ列車ノ運轉費ニ於ケル永久ノ損失ニシテ架橋ヲ以テ九州山陽ヲ連絡セントスルモノ程甚敷カラストスルモ容易ナラサル缺點ナリ然カノミナラス萬一地質惡クシテ工事中ぼんぷノ力ニ不足ヲ感シ(第二號附録甲參照)防水層投入ニ困難ヲ生スルコトナキヲ保セス第二法第三法ニ劣ルコト明白ナルカ故ニ第一法ハ施工不適當ト認ム第二法壓縮空氣ヲ使用スルモノハ米國紐育 (East River, North River, New York) 水底ニ於テ施工シタルモノニシテ馬關海峽大瀬戸水底隧道ノ施工法ニ適用スルヲ得ヘシ蓋シ千九百八年ニ於テ其ノ水底隧道第一線完成シテヨリ以來僅ニ六年ノ日子ニ於テ紐育まんなはいたん島 (Manhattan) 兩側ニ於テ同一方法ヲ以テ造ラレタル水底隧道十四本ヲ算スルニ至レリ歐洲ニ於テモ獨逸はんぶるひえるべ水底隧道 (Elbe Hamburg) ノ如キ英國まーせーてーむす (The Mersey, The Thames) ニ於ケルモノ、如キ幾多ノ例アリ此ノ方法ニアツテハ地質ヲ選フノ必要少シト雖地質堅固ニシテ地層ニ龜裂不同少ナケレハ空氣ノ吹出ス (Blow out) 患モ小ク其ノ壓力モ其ノ位置ニ對スル水壓 (Hydrostatic Pressure) ヨリ少ニシテ事足ルヘシ又其ノ水底ト隧道上部トノ間ニアル地層ノ厚サハ歐米諸國ニ於テハ十五呎乃至二十呎ノモノナキニ非スト雖大瀬戸ニ於テハ二十四呎ヲ取ルヲ安全ナリト考フ元ヨリ隧道線ハ少許ニテモ高ケレハ高キ程其ノ取付隧道ヲ短縮シ列車運轉費ヲ減少スルノ利益アレトモ四五呎ノ深サヲ節約シテ安全ノ程度ヲ缺クハ宜シカラスト考フ選定線ハ水深凡ソ七尋ノ場處ヲ標準トセリ(編者曰ク此ノ選定線路ハ本會誌第五卷第五號九八八頁ニ添附ノ圖面ニ示ス二線路中西方ノ分

ト同一ナルヲ以テ平面圖添附ヲ省略シ縱斷面圖ハ陸地ノ地形ヲ削除スル等幾分ノ改竄ヲ加ヘタリ(勿論大瀬戸東方水深多キ處へ隧道線ヲ選ヒ水底隧道ヲ短縮スルハ差支ナシ) (O'Rourke 氏說ノ如キ其ノ一例ナリ)ト雖隨テ隧道線低下スルノ不利アリ水深四十二呎位ノ水底隧道ハ僅カニテモ其ノ長サヲ短縮セサル可カラサル程ニ甚敷困難ナラサルカ故ニ西方ノ線ヲ取ルヲ好良ト考フ勿論隧道線ヲ確定セントスル爲ニ鑽孔地質試驗ヲ要ス鑽孔ノ位置ハ見込隧道線ノ直上ニ於テセス少シク隔リタル處ニ置クヲ好シトス鑽孔ハ其ノ試驗ヲ終了シタルトキハ其ノ穴孔内ニせめんと膠泥ヲ注入シテ充分ニ其ノ孔ヲ填埋スルヲ緊要トス如何トナレハ新ニ穿チタル孔穴ハ其ノ近處ニ於テ施工スル壓縮空氣ヲ漏ラスノ患アルカ故ナリ

工事方法ハ彦島及大里ノ兩海岸ニ於テ(少シク海中ニ入ルモ差支ナシ)堅坑ヲ作り兩堅坑ノ間ハ壓縮空氣式ヲ適用シ堅坑ヨリ兩側ノ取付隧道ハ普通方法ニ依リ水揚ぼんぷヲ使用シテ工事ヲ施工スヘシ隧道(水底部)ハ部分組立ノ鐵管式 (Sector Tracked) ニシテ又隧道楯 (Tunnel shield) ヲ要スルカ故ニ其ノ楯ヲ堅坑下部ヨリ取付クル便宜ノ爲ニ堅坑下部ニ仕切ヲ付ケ一時ノ空氣閘 (Air lock) ヲ附シテ下部ハ壓縮空氣作業場ト爲スヘシト雖楯ノ取付隧道組立凡ソ百呎ヲ進歩シタルトキハ完成シタル隧道内ニ仕切壁 (Partition) ヲ作り空氣閘ノ位置ヲ茲ニ移シ堅坑下部ハ一時ノ仕切ヲ取除キ普通ノ大氣壓作業場トナスヲ便宜ナリト考フ(壓縮空氣内ニ於ケル作業ハ本邦人ノ如ク野菜ヲ多ク食スルモノハ血質薄キカ故ニ Not Viscous 肉食多キモノヨリモ適當ナルヘシト) (Moir 氏說アリ) 所用ノ楯ハぐれーとへーど氏 (Great head) 式適當ニシテ楯外作業モ甚敷困難ナラサルヘシト雖鑿穴機械ハ手用 (Hand hammer drill) ヲ最モ適當トス是其ノ運搬所用ニ便宜ナルノミナラス穿孔ノ直徑小ニシテ爆發藥モ少量ヲ用ヒ擅ニ岩層ヲ緩メサルノ利アリ

隧道ハ單線鐵道用ノモノヲ別々ニ二本作ルヲ得策トス隨テ堅坑モ亦各隧道兩端ニ穿チ(合計四)各

隧道ノ作業ヲ別々ニスルトキハ相互不時ノ出來事ニ相關係スルコトナク堅坑ハ數多ケレトモ其ノ形少ナルカ故ニ工費ニ於テ大差ナシト信ス兩隧道線間ノ中心距離ハ六十呎以上ヲ隔ツルヲ適當ト考フ兩取付隧道ハ水底隧道ノ落成後ニ於テ施工スルモ遅カラス如何トナレハ水底隧道及堅坑内ノ設備ヲ充分ニ利用スルコトヲ得テ便利ナリト雖若シ取付隧道 (Approach tunnel) ヲ同時ニ施行セント欲セハ水底隧道用ノ堅坑ノ外ニ其ノ近傍ニ別ニ一ノ臨時工用ノ堅坑ヲ作り之ニ依テ取付隧道ノ施工ヲ爲シ隧道完成ノ後ニ兩堅坑ヲ聯絡スル隧道ヲ作り臨時用ノ堅坑ヲ埋立ツルヲ得策トス海底隧道施工基面ハ全部水平ナルニ及ハス南堅坑ヨリ百分ノ一勾配ヲ以テ降り中央ニ水平部ヲ置クコトえるべ隧道ノ如クスルヲ得策トス

壓縮空氣ヲ使用シテ水底ノ隧道ヲ施工スルモノハ歐米ニ於テハ最近十年其ノ例ニ乏シカラスト雖本邦ニ於テハ馬關海峽ハ最初ノ試ミナルカ故ニ若シ其ノ施工ニ就テ幾分ノ疑惑アラハ兩堅坑ノ間ニ於ケル海底ニ屬スル部分丈ケノ隧道ヲ歐米ノ請負人ヲシテ之ヲ擔當セシムルモ亦一法ナリ蓋シ紐育ニ於テ水底隧道ヲ最初ニ施工シタル英國びやそん會社副社長もわゝる氏 (Mr. E. W. Moir, Vice President and Chief Engineer, Pearson & Co. 社長ハ有名ナル半政治家 Lord Cowdlay ナリ) 及米國人側ニ於テ施行シタルもろゝるけ工事請負會社々長もろゝるけ氏 (O'Rourke) ノ話ニ依ルモ此ノ水底隧道工事ノ引受ヲ承諾スヘシト考フ兩側取付隧道 (Approach tunnel) ニ至ツテハ施工容易ナリ隧道線ノ決定ハ勿論充分ナル調査ヲ爲シタル後ニ非サレハ確定シ難キモノナリト雖假ニ圖中ニ示スモノニ就キ概算スレハ海底隧道ノ長サ五千三百呎北方彥島取付隧道四千六百呎南方大里取付隧道五千三百呎トナリ其ノ工費ハ單線鐵道トシテ水底隧道金五百參拾萬圓實例ニヨレハ隧道長每一呎ニ付五百圓乃至壹千圓ナリ) 隧道長每一呎ニ付金千圓トスレハ充分ナル見積ナリ) 兩側取付隧道工費金百參拾八萬六千圓(長每一呎ニ付金百四拾圓) 合計金六百六拾八萬六千圓ニシテ複線

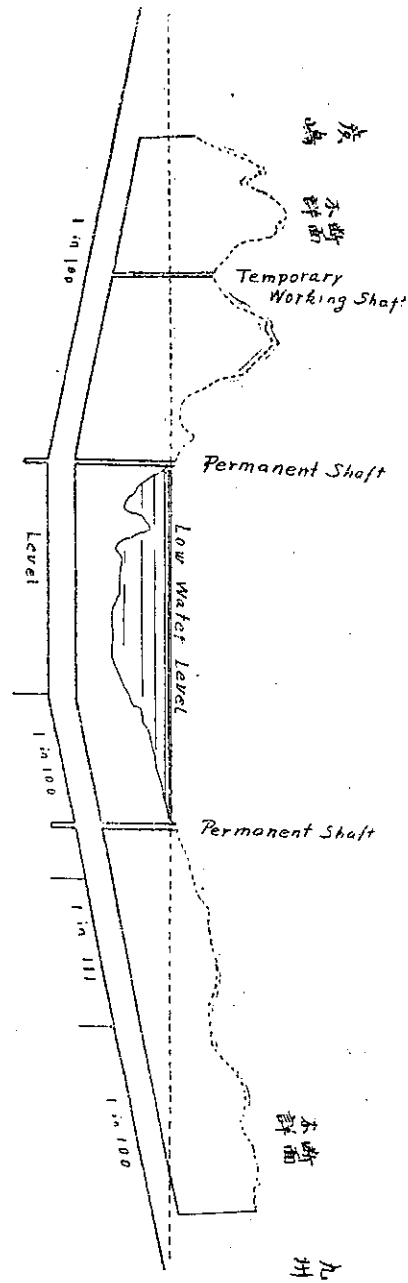
鐵道用隧道工費ハ其ノ倍額即チ凡ソ金壹千參百萬圓ヲ算スヘシ(地質都合宜シケレハ此ノ二割ヲ減シ得ヘシト考フ即チ凡ソ金壹千萬圓トナル)

工事期限ハ三箇年乃至五箇年トス

茲ニ研究ヲ要スルモノハ船舶ノ進歩ニ伴フ海峡ノ關係ナリ海軍水路部ノ調査ニ依ルモ海峡ノ深淺ハ多年ノ間ニ於テ變化至ツテ少キヲ知レリ船舶ノ形ニ至ツテハ近年益膨大トナリ停止スルトコロナク無線電信ノ進歩ハ船橋ヲ益高カラシメ現今戰艦ノ扶桑ニ於テモ既ニ水線ヨリますととらゝく迄二百〇九呎ノ高サヲ算スルニ至レリ尙年ヲ追テ高クナルノ傾向アリ水線以下ニ於テハ水線上ニ於ケルカ如ク變化甚シカラスト雖永年月ノ間ノ規定線タリシ五尋線ハ今日ニ於テハ最早安全區域ニアラス七尋線ヲ以テ充分ナル安全堺トナスモノ、如シト雖海軍ノ當局者ニ聞クモ明確ニ七尋線ヨリ深キ海路ヲ要セサルヤ否ヤヲ確答スルコト能ハサルカ如シ(現今ニ於テハ大瀬戸航路ハ最淺五尋四分ノ一)ト雖若シ未來ニ於テ七尋以上ノ深サハ斷シテ必要ナシトスルコト確實ナルニ於テハ馬關海峡ニ於テ沈埋式隧道ヲ施工スルヲ得ヘシ

第三法即チ沈埋式隧道ハ米國でとろいっと (Detroit) (第四號附錄參照)ニ於テ千九百十年ニ複線鐵道隧道長二千六百六十五呎ノモノヲ水流一時間三哩アル水底四十呎ノトコロヘ沈埋シテ以來佛國巴里せいん河底 (Seine) ニモ施工セリ(第四號附錄參照)紐育はーれじ (Harlem) 河底ニ於テハ鐵道四線用ノモノヲ沈埋セリ(第四號附錄參照)故ニ此ノ式ヲ大瀬戸隧道ニ適用スルコトヲ得ハ壓縮空氣式施工ノ隧道ニ比シテ更ニ其ノ施工基面ヲ高クスルコトヲ得水底僅ニ六十呎ニシテ事足ルカ故ニ左右取付隧道ヲ短縮シ列車運轉ニ於テ不必要ナル昇降ヲ少クシ又工事ニ壓縮空氣ヲ要セサルノ利益アリト雖海峡航路ヲ七尋以上ニ深ムルノ必要斷シテナキモノナリトノ見込立タサル今日ニ於テハ第二法即チ壓縮空氣式ヲ施工スルヲ適當ト認ム如何トナレハ壓縮空氣式ニ於テハ隧

海峽水底隧道發断面圖

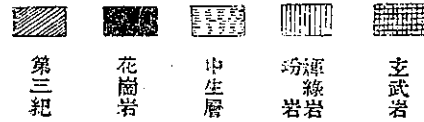
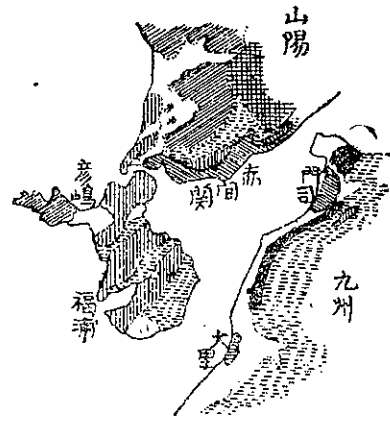


道上部ト水底トノ間ニ少ナクモ二十四呎ノ覆層 (Covering strata) アルカ故ニ他日其ノ上ヲ浚深スル
 コトアリトスルモ障害ナキモノトス

竣成後ノ通風ニ至テハ運轉都合 (Virtual profile) 宜シキカ故ニ多分ノ煤煙ヲ隧道水底部ニ殘サ、ル
 ヘキモ運轉頗ル頻繁トナリシトキハ堅坑ヲ利用シテ人工通風ヲ爲スヲ得策トス

(第一號附錄甲) 農商務省地質調査所調査書

彦島竝其對岸地方ハ主ニ中生層ヨリ成リ花崗岩 (Granite) 及玲岩 (Porphyrite) 之ヲ貫キテ噴出セリ
 中生層ノ岩石ハ主ニ凝灰岩 (Tuff) ナリ



一 彦島南東岸區域ニ在ル凝灰岩ハ縞目ヲ有シ質硬シ

二 企救區域西半面ノ地ニ在ルモノハ赭褐色又ハ灰綠色ヲ呈ス

左記凝灰岩ノ外彦島ノ南東岸ニハ硬キ蠻岩 (Conglomerate) アリ

企救區域畑村ニハ多數ノ石英質岩脈ニ貫カレタル凝灰岩又ハ同區域西海岸ニハ濃綠色ヲ呈シ玢岩ノ碎片

ヨリ成レル凝灰岩アリ (圖中ニ輝綠岩及玢岩トアルハ (Diabase & Porphyrite) ニテ Dyke rock ナリ福岡圖幅地質説明書頁六〇乃至

六三 (Zone G. Vol III Fukuoka)

(第一號附錄乙) 神保博士報文要點

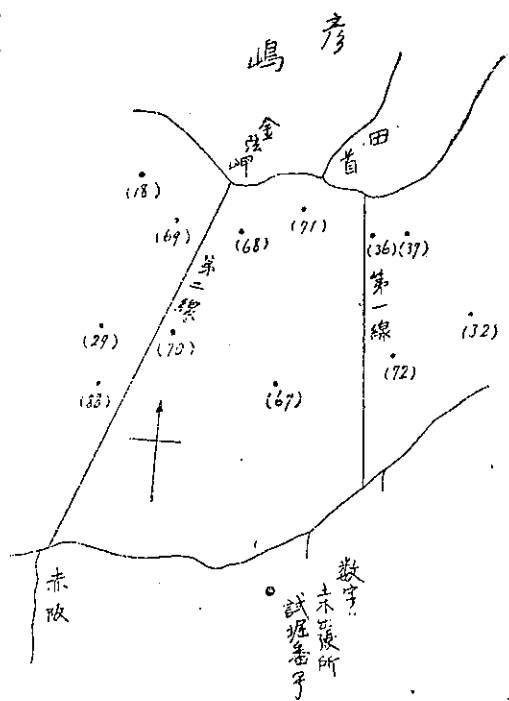
一 第一線及第二線ニ於ケル海底ニハ(第一)特別ニ粗鬆ナル岩石ノミアラハル、モノト豫想シ難シ(第二)同上ノ線路ニ於テ極メテ堅固ナル岩石ノミヲ掘進ムヘキ見込モナシ

二 赤阪砲臺ノ電車線路切取ニ於ケルカ如キ接觸岩及彦島ノ南部ニアラハル、接觸岩及玢岩等ノ堅岩モ裂隙ニ乏シキ浸水ニ安全ナル岩石ト認ムヘカラス

三 土木出張所ノ試掘(左圖ヲ見ヨ)ハ干潮面ヨリ凡ソ四十尺ニ過キスシテ隧道工事ニテ要求スル深サニ達セス又其ノ試掘地點ハ隧道見込線ノ上ニ多ク排列シタルモノト云ヒ難シ

然レトモ延命寺遊園地ノ登リ口等ニ於ケル砂岩農商務省地質調査所ニテハ第三紀層ト認メタリ)

ハ負岩及礫岩ヲ伴ヒテ隧道見込線ノ一部ニ擴リ居ルモノト認メサルヘカラス又此等ノ比較上軟



キ岩石ト共ニ堅固ナル岩石ノ多ク存スルコト
ハ豫想セサルヘカラス

(第二號附録甲)

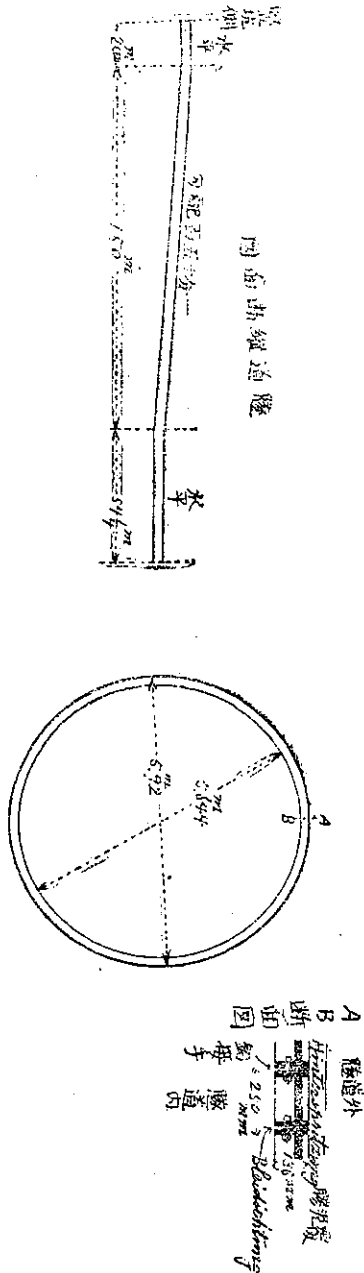
せばるん水底隧道 (The Severn Tunnel) 英國せば
るん水底隧道ハ複線隧道用總長四哩六百二十
五ヤードニシテ千八百七十二年著手千八百八
十七年ニ落成セリ普通ノ隧道工事ト同一ナル
施工方法ヲ以テ水底ニ隧道ノ穿鑿卷立ヲ爲シ
工事十五箇年ニ亘リシモ其ノ間三箇年全ク浸
水シタル儘ニ置カレタルコトモアリ地質ハ粘

土盤 (Clay) 及粗岩石 (Shale) ニテ隧道線ノ天井ニ於テ水深ノ最大ナル處ハ滿潮面以下九十五呎ニ
シテ最初ハ隧道拱頂 (Crown) ト水底トノ間隔三十呎ナリシカ後ニ四十四呎七ト變更セリ施工當時
ハ携帶電燈ナカリシ爲ニ Diver Lambert ハ暗中浸水防禦ノ働ヲ爲シ大ニ困難セリ浸水防禦ノ爲ニ
水底ニ粘土ヲ投入シテ防水層ヲ作りシコトモアリ揚水量一分時二萬七千がろんニ及ヘリ
詳細ハ該工事ヲ擔當シタル Thomas A. Walker ノ著書 The Severn Tunnel Its Construction and Difficulties ニ
アリ

(第三號附録甲)

えるべ水底隧道 (Elbe Tunnel Hamburg) 獨逸國はんべるひ市ゐるべ水底隧道ハ壓縮空氣ヲ用ヒテ造
リタルモノニシテはんべるひあるとな側 (Altona) ノせんとぼーり (St. Pauli) ニ深二十二米七十二呎
六) 對岸すたいんうゑるでる (Steinwärder) ニ深二十三米七十七呎五) 各直徑二十二米ノ堅坑ヲ作り

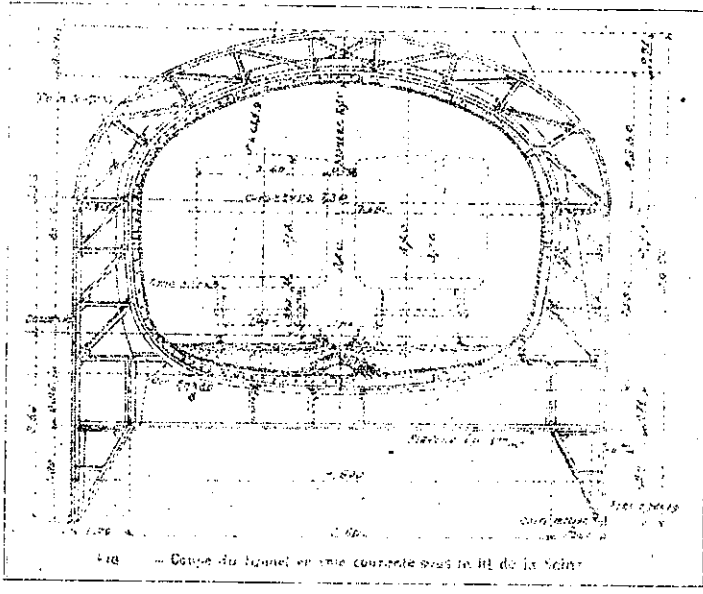
其ノ下部ヨリ中心距離八米二十六呎四ヲ隔ツル内徑五米六四四(十八呎六)外徑五米九二〇(十九呎半)ノ圓形鐵管式隧道ヲ穿テタルモノニシテ鐵管ハ幅二百五十九(十吋)ノ扇形(Sector)ヨリ成ル接合處ヘハ鉛ヲ挾ミ外部ニ膠泥ノ覆 (Mortar coating) ヲ施シタリ水深ノ平均ハ十米(三十三呎)ニシテ隧道上ヨリ川底迄ノ土覆ハ凡六米(二十呎)ナリ全長四百四十八米五千四百八十呎ノ中央三分ノ一ハ地質粘土ニシテ三分ノ二ハ砂層ナリ明治四十二年(千九百九年)六月二十四日砂覆八米四(二十七呎七)ノ場處ニ於テ工事施工中心ニ空氣ヲ吹上ケ十秒時ノ後隧道ヘ六百立米(百立坪)ノ土砂流レ込マシメ四週間ノ手戻ヲ爲セシカ幸ニ怪我人ヲ出サ、リシ隧道楯 (Shield) ハ明治四十三年(千九百十年)六月一日相會シ翌千九百十一年十一月ニ於テ人馬ノ通行ヲ開始セリ工費總計七千七十二萬二千馬(五百三萬六千圓)ヲ算ス詳細ハ Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1912 No. 33. 35. 36 ニアリ



(第四號附錄)

沈埋法ノ其ノ一ハ佛國巴里市街鐵道 (Chemins de fer metropolitain) ノセシん河底 (Seine) ヲ通スルモノ

ニシテ鐵製潛函式 (Cofferdam) 長三十六米三十八米及四十三米ノ三個ヲ沈メ壓縮空氣ヲ使用シテ之ヲ掘下ケ函ノ相隔ツル間凡ソ五呎ノ場處ハ締切工事 (Cofferdam) ヲ以テ接合シタルモノニシテ馬關海峽隧道ニ適用サルヘキモノニ非スト信ス尤モ接合方法ヲ變更スレハ適用スルコトヲ得ヘシ



第二法ハ米國でとろい (Detroit) ニ於テ水深四十一呎水流一時間凡ソ三哩ノ場處へ複線鐵製式隧道ヲ沈埋シタル方法ニシテ我隧道ニ適用スルコトヲ得ヘシ其ノ隧道ハ長二千六百六十五呎兩側取付隧道ヲ合セテ八千三百七十三呎ナリ地質ハ粘土盤及少許ノ岩盤ニテ豫メ隧道ヲ沈埋スヘキトコロヲ掘下ケ置キテ茲ニ沈下セシモノナリ溝ハ水底ヨリ深キカ故ニ溝内水靜ニシテ河ノ流ハ作業ノ障害ヲ爲ササリシ溝底ハ潛水夫先ツ能ク調ヘ置キ新ニ沈下セシモノヲ前回ニ沈埋セシモノニ接合シタルモノニテ壓縮空氣ヲ使用セサリシ工事ハ (O'Neil) 氏ノ關係セシモノナリ工費ハ隧道長一呎ニ付平均我三千圓ニ當レリ隧道内ノ漏水至ツテ少量ナリ此ノ方法ハ紐育はーれむ河底 (Lexington Avenue Inc, under Harlem River, New York) ニ於テモ高二十四呎幅七十六呎ノ鐵道四線用ノ水底隧道ヲ作ルニ適用サレ好結果ヲ得タ

リ近來工事施工ノ方法益進歩シテでとろい (The Detroit River Tunnel Proceedings of the American Society of Civil Engineers) と隧道工事ニ就テハ尙

Engineers Vol. 37. 1911. P. 897-965. P. 1313-1327) 參照

此方法ハ水深五十呎未満ノトコロニ於テ其ノ水底ヲ他日浚深スルコトナキ場處ニ最モ適當ナリ
地質軟弱ナル場合ハ杭打ヲ施シテ隧道下部ヲ確實ニ支ヘシメ得ヘシ隧道拱頂ト水底トノ間隔ハ
拱ノ厚サト其拱ノ保護ニ要スル覆土ノミニテ足ルカ故ニ隧道ノ深サ淺クシテ隨テ生スル種々ナ
ル利益アリ紐育のーす、りばーニ於テモ今回ハ人馬通行用ニ供スルモノヲ建設スル爲ニ此沈埋式
ヲ採用セントセリ

米國桑港 ーくらんど (San Francisco-Auckland) 間ニ今計畫中ノモノハ ーくらんど陸地ヨリ六千
七百呎ノ長ノ複線鐵道用筋樑形 (Reinforced concrete trough) ヲ沈メ次ノ四千〇六十呎ハ沈埋式隧道
ニシテ残り一萬四千五百二十呎ハ壓縮空氣式ヲ採用セントスルモノニシテ水深ノ最モ大ナル
處ハ干潮面以下七十八呎ニ及フ此ノ工事ニハ英國人 ーだくらす、ほ、くす (Sir Douglas Fox) 關係
シ居レリ工費豫算ハ複線鐵道用隧道長一呎ニ付平均金一千二百圓ニ相當ス

(第五號附錄)

關門海峽ハ東北部早鞆瀬戸附近ニ於テ其ノ幅半哩ニ足ラサレトモ大潮時九呎九吋ニシテ準大低
潮平均面以下十尋乃至十五尋ノ水深アリ下關門司兩市ノ相對スル處ハ幅廣ク彦島ノ南大瀬戸附
近ニ於テ再ヒ狹マリテ其ノ幅四分ノ三哩乃至一哩トナリ大潮時六呎九吋ニシテ水深六七尋乃至
八九尋ヲ超エサルハ海軍水路部最近ノ調査ニ基ケル海圖ニ明カナリ而シテ水路部多年ノ測量ニ
基キ調査ヲ爲スニ其ノ海底深淺ニ變化ノ多カラサルヲ知ルヲ得タリ

聯絡線ハ分岐點山陽線三百二十八哩附近即チ下關市ノ區域北端ニ近キ處ニ置キ西南ニ向ツテ小
瀬戸ヲ越エ彦島ニ渡リ海士ノ郷本村後山ヲ經テ郡道ニ沿ヒ鹽濱東部ヨリ田ノ首ニ出テ茲ニ長凡
ソ一哩ノ海底隧道ヲ設ケ新町附近ニ出テ赤阪航路信號所ノ西ニ於テ九州鐵道線ニ會スルモノト

ス此ノ延長凡ソ六哩半トス若シ彦島ノ後山ヨリ線路ヲ東岸ニ移シ堀越弟子待ヲ經テ山底ノ鼻ニ出テ茲ニ海底隧道ヲ穿テハ其ノ長ハ四分ノ三哩ニ短縮スルノ利アレトモ水深ノ増加ト線路四分ノ一哩ヲ延長スルノ不利アリ地質ハ兩線共ニ大差ナク工事上不適當ナル處ヲ見ス其ノ孰レヲ宜シトスルヤハ充分ノ調査ヲ要ス

線路勾配ハ三百二十八哩附近ヲ水平ニ取り適宜ノ勾配ヲ以テ彦島ニ下リ順次海底隧道ニ入ルヘシ海底隧道ハ鐵管式ニシテ直徑三十呎ノモノ一本トスルヨリモ凡ソ二十呎ノモノ二本トスルヲ宜シトスルカ然シ隧道内ノ軌條面ハ低潮面以下八十呎内外ヲ出テス海底深キ部分ニ於テハ水平ナリ

聯絡線全部ノ勾配ヲ案スルニ全線百分ノ一ヨリ急ナル勾配ヲ要セス山陽線ヨリ順次ニ降り來ル勾配ハ平均シテ凡ソ千分ノ七ニ當ルカ故ニ列車運轉上ノ準高勾配 (Virtual profile) 最モ好都合ニシテ海底隧道ノ場處ニ於テモ不經濟ナル線路ノ昇降少ナク列車運轉上ノ實際距離 (Virtual length) ヲ長カラシメサルカ故ニ運轉費ヲ大ナラシメサルノミナラス保存費ノ少額ニテ足ルハ此ノ聯絡線ノ大ナル利益ナリ (完)

せめんと用法實驗

本編ハ廣井工學博士カ去ル大正二年中東京帝國大學工科大學紀要ニ掲記セラレタルせめんとノ用法ニ關スル實驗ヲ元トシ爾來今日ニ至ル迄ノ經過並ニ其他ニ施行セラレタル實驗ノ結果ヲ同博士ニ乞フテ追加シタルモノナリ

ぼるとらんどせめんとノ一度疑結スルヤ爾後年所ヲ經ルニ隨ヒ其強度ニ増減ヲ生スルコトハ周知ノ事實タリ然レトモ其程度ニ至リテハせめんとノ使用上ニ至大ノ關係アルモノタルニ拘ハラ