

摘要

此處に挙げた例題では徑間七十呎の拱を取つたが此様にして解法をすれば $S-I$ を常数となる様に拱環を區分する方法に依るよりも頗る迅速に計算が出来ることがわかるだろうと思はれる。次に死荷重に對する H の値は普通の様にして求め

關門海峡連絡の調査

關門海峡を軌道に依り連絡するの方法として鐵道院に於いて調査したるものは固定橋梁と水道隧道との二種にして、前者は工學博士廣井勇氏によりて設計せられ、後者は鐵道院技師岡野昇及工學博士田邊朔郎氏によりて調査せられたり。之が報告は鐵道院業務研究資料第七卷第一號及第二號に連載せられたるが今その要點を摘記すれば左の如し。

固定橋梁設計

明治四十四年四月時の總裁後藤新平男は九州本土鐵道連絡の必要を感じ早朝の瀬戸附近にて橋渠を架するの案を立て工學博士廣井勇氏に之が計畫調査を依頼されたり。爾來同博士は最も慎重に攻究調査を遂げ大正五年三月之が設計調査を提出来られたり。

一、架橋地點の地勢

架橋地點の地質は金剛鑽を以て門司側橋脚點附近及下ノ瀬戸側橋脚地點より百五十四呎陸に近き點の二箇所を検査したるが是等鑽孔の結果は次圖の如し。

而して切出されたる龍角岩の強度は

壓碎強度 每方吋 二萬四千三百斤

同 同

三千五百斤

にして重要な構造物の基礎として充分なる強度を有するを知れり、干満の差は明神ヶ鼻に於て大潮にありては約十呎小

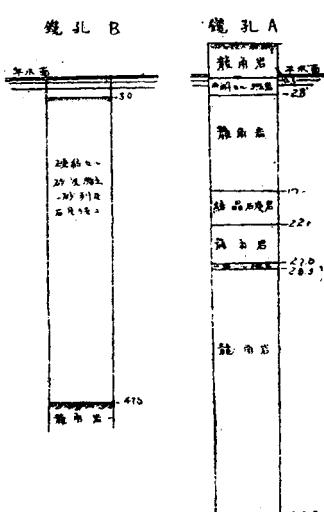
潮にありては約三呎なり。而して干満の差に依りて生ずる潮流は大潮に際しては速度毎秒十四呎以上に達す。

二、設計の要點

(A) 橋渠 橋梁の形式は控架式にて主要徑間は千八百六十呎橋梁の總長は二千九百八十呎兩橫桁中心線間隔は八十呎にして其の間に廣軌鐵道複線、電車線路複線及幅各十二呎の通路二條を設く、水面上の空間は海軍省の指定に依り滿潮面上二百呎とす。橋脚は表面花崗石を張りたる混凝土造とし橋脚に使用する材料及基礎岩盤の強度は最大荷重を受くる場合安全率を十とし、鎮徑橋脚に於ては全重量は鎮徑端に於ける最

るので 49,860^t である同様にして $M = -1,480^{\circ}$ 沿荷重が左半部に在つて P が右にあれば $H = 13,450^{\circ}$ $M = +4,200^{\circ}$ $V = +1020^{\circ}$ である。

(F. J. Dulude, Eng. News Record, March 6, 1919 TS)



大反力の一倍半を超過せしむるの構造とせり。上構は炭素鋼と白銅鋼とを併用し（眼鉄の全部控架徑に於ける下弦材の全部及下弦材の一部及吊徑に於ける床構横綫構を除く他全部に白銅鋼を使用せり）構部材の結合には鍛釘及鉗を併用せり。擊衝は上下弦材に対する割合を最小とし床構に於ける八割八分を最大とし、各部材には其の間に於ける割合を加へたり。設計の細部に亘りては橋渠の各部材に巨大なる應力を生ずるに鑑み特別の注意を拂へり。即ち

一、構桁と床桁との結合は鉢結法によりて出來得る限り偏倚を生ずるを防ぎたり。即ち

二、床桁を柱に釘鍛せる所に於ては適當なる助材を附す。

三、抗壓部材接合は多く鍛釘を以てし、接觸に信頼しえべき所に於てすら尙全強の七割五分に相當する鍛釘を以て接合せり。

四、幅員三十吋以上を有する構成部材には扭曲作用に對し變形を生ぜざる様總て隔膜を附したり。

五、複綫鉄及び其の結合の柱の最大強度に相應する剪斷力に對し設計せり。

上構に使用する鋼の總重量見積高は五五・六八七・八六噸な

b。

列車各電車線には一呎に付千斤の連續荷重、而して通路上には每方呎に五十斤の荷重あるものとす。
 公式中 $I = S \frac{1}{L^2} + \frac{150}{L+150}$ $I = S \frac{50}{L+50}$

公式中 $I = S$ 繩衝量 S 最大活荷重應力

三、組立荷重 組立の際に生ずる應力は橋渠の死荷重以外次の如き荷重に對し計算すべきものとす、即ち重量一千噸の大形自在扛重機控架徑の先端に進み各八十二呎及四十二呎の突端に六十噸より百廿噸の重量を扛げ小型扛重機は重量三百噸にして七十五呎より三十八呎の突端に於て各三十五噸より七十噸の重量を扛けつゝ吊徑の中央に進み居り尚一呎に付二噸の荷重長さ百五十呎の列車を以て計算すべきなり。

四、風壓 載荷せられたる橋側の露出面は每方呎に付三十斤の等布壓力載荷せられるとさの露出面は每方呎に付五十斤の等布壓力とす。

五、用材

一、活荷重 普通荷重は鐵道線路各線に於てはクーバー式荷 E-50 に相當する荷重即ち二機關車と等布荷重とより成る列車を用ひ、長さは六百呎を超えるものとす。電車道各線には一呎に付五百斤の等布荷重とし、幅員十二呎を有する通路には每方呎に就き三十斤の等布荷重あるものとす。最大荷重は各鐵道線にはクーバー式荷 E-50 に相當する長さ無限の

破壊強度 (每方呎)	白銅 鋼	炭素 鋼	鍛 釘 鋼
五五,000-107,000*	六〇,000-七〇,000*	四五,000-五五,000*	二五,000
最低彈限	K-7000	K-5000	二五,000
長六吋に於ける最少伸張度 (イ)普通荷重に對し	一五%	三〇%	二〇%

概要

應張力(炭素鋼) 17,000 (每方吋に付附)

同 (白銅鋼) 25,000

應壓力(炭素鋼柱) 17,000 - 160 $\frac{L}{i}$ $\frac{L}{i} < 25$, 場合

同 $14,000 - 40 \frac{L}{i}$ $\frac{L}{i} = 251 \sim 10$, 場合

$$\frac{(10,800)^2}{L^2} \quad \frac{L}{i} > 110, \text{ 場合}$$

同 (白銅鋼柱) 20,000 - 100 $\frac{L}{i}$

應剪力(鍛鉄鉗) 11,000

支力(同) 20,000

載維應力(炭素鋼鉗) 21,000

同 (白銅鋼鉗) 30,000

應剪力(炭素鋼鉗) 13,000

同 (白銅鋼鉗) 20,000

支力(炭素鋼鉗) 25,000

同 (白銅鋼鉗) 35,000

(ロ)以上の單位應力度は次に掲ぐる場合には夫々其の量を増加せしむ。

最大荷重に依る應力に對し

一五%

一五%

一五%

一五%

一五%

一五%

一五%

一五%

風壓に對する應力
普通荷重死荷重及風壓を同時に考へし時
最大荷重死荷重及風壓を同時に考へし時
組立の場合に生ずる應力に對し
風壓と組立の應力とを同時に考へし時
(バ)張力及壓力を交互に受くる部材の應力は其の大なる應力に加へるに小なる應力の五割を以てし其の接合部分に於て

は兩應力全量の和を以て其の應力と爲すべし。

(イ)直應力と彎曲作用とを同時に受くる部材に於ては其の緣維應力度は直應力に對する單位應力度を超過せしむべからず。

七、局部

(イ)鉗結合の應張部材に於て鉗孔の一方の最少斷面は有効斷面の八分の五より小なるべからず、又鉗孔背部に於ては有効斷面の少くとも四分の三を要す。

(ア)眼鉗の頭部は鉗の體部より強からしむる様製作す。

(バ)應張材として使用せる角鉗の一脚を以て接合せる場合には其の有効斷面の七割五分兩脚共接合せる場合には其の九割が効力を有するものとす。

(シ)露出面を有する片材の最少厚さは主要部材にては二分の一時横綫構及副部材にては八分の三時以下たるべからず

(ホ)最少鉗距は鉗直徑の三倍以上とし又部材の先端よりの最少距離は直徑の一倍半以上とす。

(ヘ)鉗距は直徑の七倍を超ゆべからず又應力と同方向には外部に在る片材の厚さの十倍を又應力と直角の方向には其の五十倍を超過せしむべからず。

(ト)鉗長直徑の四倍を超ゆるときは超過の度一直徑の長さ毎に其の數一割を増加すべし。

(チ)間接結合を爲す鉗は兩片間に在る厚さ一時に就き十割の割合を以て其の數を増加するを要す。

(リ)填材を使用する場合に於て若し結合以外其の全強度に對し釘鍛せるに非れば一填材毎に鉗數四割を増加すべし。
(ヌ)現場鍛鉗は手打なれば其の數二割五分を機械打なれば一割を増加すべし。

(ル) 凡て直線衝頭接合は其の部材の全強の少くも七割五分の大きさに添接すべし。

(ヲ) 複綫鉄は次に示す剪力に堪え得る様設計すべし。

白銅鋼柱の場合

$$T = 1,000 \frac{R}{i}$$

炭素鋼柱の場合

$$T = 400 \frac{R}{i}$$

公式中 T 听にて表せる剪断力

R 綜構面に於ける断面系数(吋) R 環動半径(吋)

炭素鋼複綫鉄の抗壓强度は次式より算出すべし。

$$21,000 - 45 \frac{L}{i} \text{ 每方吋所}$$

公式中 L 複綫鉄の長さ : 最少環動半徑

(ワ) 繩鉄の長さは應壓部材に於ては少くとも其の幅に等しく又主要應張部材に於ては其の幅の半ば以上と爲すべし。

三、取付線

取付線は全部複綫にして本土側は一の宮附近より分歧せしめ百分の一勾配延長二哩半にして橋梁に達す。土工は輕易なり。門司側に於ては高低の差二百呎を超ゆるを以て五個の隧道其の總延長五千二百七十呎且多量の切取を要す。線路は門司市の外邊を通じ主なる勾配は百分の一にして線路延長五哩に及び、大里驛に於て既成線路に接續す。電車線及通路の取付は本土側に於ては橋端より直ちに二十分の一勾配を以て下の關市に通じ門司側に於ては二十五分の一勾配を以て門司の重要道路に接續せしむ。

四、經費

橋梁費の大部分を占むるのは鋼材なり、而して白銅鋼鐵造材及眼鉄の一部を除きては八幡製鐵所の製品を使用せんと

す。而して各種鋼の單價は内地製品に對しては戰前三年間の平均單價外國品に對しては一千九百一年より一千九百十一年迄十箇年間に於ける平均單價を基として算出し左記の價格を豫定せり。

炭素鋼 白銅鋼

形鐵 一噸に付

九五

一四四

一〇〇

一四六

一五〇

一九三

一九五

一五一

一五

一四五

鍛鐵同

同

鐵釘同

同

橋梁費

同

下構工費

同

上構工費

同

合計

同

付工費

同

本土側

同

九州側

同

合計

同

準備費

同

監督費

同

計

同

水底隧道調査

隧道に關する調査は明治四十五年三月鐵道院工務課技師岡野昇氏命により實地を踏査し、彦島を經て大瀬戸附近（海峽の淺き箇所）の海底に隧道を掘鑿するの路線を選定し且諸外國に於ける此の種工事に施すべき方法を調査し、大正二年一月之が報告を提出せられた。當時隧道掘鑿個所に於ける地質は穿孔調査の運びに至らざりしと雖も理學博士神保小虎氏

の鑑定に依れば裂隙多き岩石にして浸水を豫期し隧道掘鑿に
は甚だ有利ならざるものゝ如く認められたり。大正三年工學
博士田邊朝郎氏歐米出張に際し斯種地質に於ける水底隧道工
事遂行の能否の調査を嘱託せられ、同博士は同四年五月工事
遂行の全然可能なること及各種施行方法とを詳細報告せられ
たり。

岡野技師報告に於ては總論に於て水路を隔てたる兩地の輸
送連絡を遂ぐる方法として渡船連絡、渡船橋連絡、橋梁連絡
及隧道連絡の四を擧げ、且是等方法の特長を述べたり。而し
て關門海峡に施行すべき方法としては固定橋梁連絡と水底隧
道連絡との孰れか一つを可とするの決定を與へたり。第二章
に於ては固定橋梁連絡と隧道連絡との比較を述ぶ。

橋梁の利點としては
一、橋梁の幅員は其の徑間との割合上自然大なるべきを以
て鐵道橋を架設すると同時に副產物として電車軌道、人
道を併列することを得
二、旅客に不快の感を與へざること
三、排水通風の裝置に留意するの要なし
四、工事確實に進捗し危険比較的小なり

隧道の利點としては

一、建造後に於ける維持費橋梁に比し非常に小なり
二、連絡線の換算延長小なり
三、將來の擴張に對して容易なること
四、船舶の航行に絶對無關係なり
五、大體に於て工事費廉なり
六、橋梁に比し其の壽命長し
を擧ぐ

第三章 線路選定

水面の幅員は早鞆ノ瀬戸附近最も狭少なりと雖も大低潮平均水面以下十尋以上十五尋にして、而も大潮升九呎四分の三なるを以て壓搾空氣を適應すること困難なり。大瀬戸附近に於ては水面の幅員早鞆ノ瀬戸に比し大なりと雖も一哩乃至一哩半にして水深又八尋を最大とし、大潮升は僅かに六呎四分の二なるを以て隧道掘鑿遙かに早鞆ノ瀬戸よりも有利なりとす。線路としては山底ノ鼻より渡るA線と田ノ首より渡るB線とを選びたるも工事の難易線路總延長(約七哩)水底隧道の延長(約一哩)に至りては大差なし、只A線はB線に比し水深一尋を増す不利あるも九州線接續の上に於て有利なり。

第四章 隧道の斷面形式と水深

水底隧道形式は歐米各國の例に倣ひ單線式隧道二本を並列するものにして、直徑約二十呎の圓形なり。疊築工は水路下の部分は鐵板又は鋼鐵板を接合して造れる所謂鐵管式とし陸地下部に於ては必要ある部分は鐵管式他は通常の煉瓦巻とす隧道頂部と水底間の過載荷重は約十五呎とす。然るときはA線に於ては軌條面より水面迄の最大高九十呎にして換算壓力約三十九封度B線に於ては最大高八十四呎にして換算壓力三十六封度共に現時人體の抵抗しえべき範圍内に屬す。

第五章 水底隧道掘鑿方法

隧道掘鑿方法としては

一、通常の掘鑿方法
二、壓搾空氣及シールドを用ふる方法

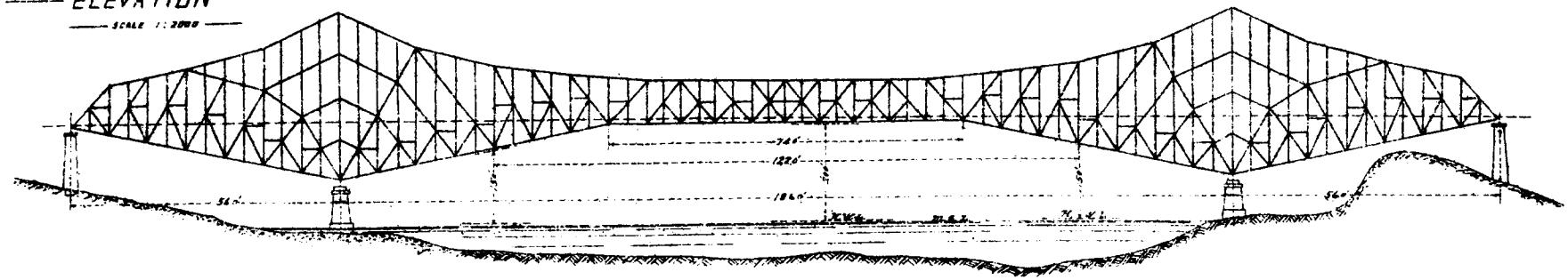
二、沈設法

とす、内通常の掘鑿方法は海底の地質水に對し、緊密性なる
を必要條件とするを以て、關門海峡の如き地質には不適當な

PROPOSED BRIDGE
ACROSS THE
SHIMONOSEKI STRAIT

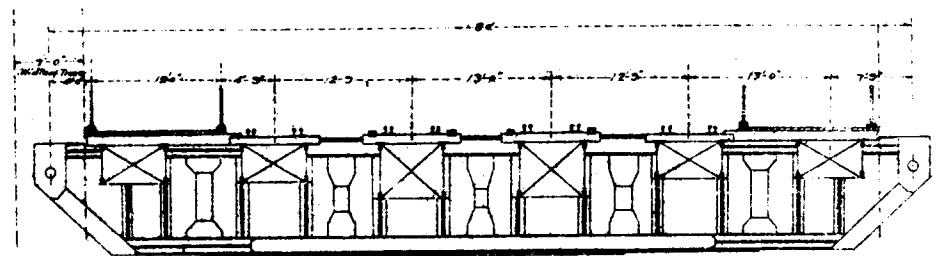
— ELEVATION —

— SCALE 1:2000 —



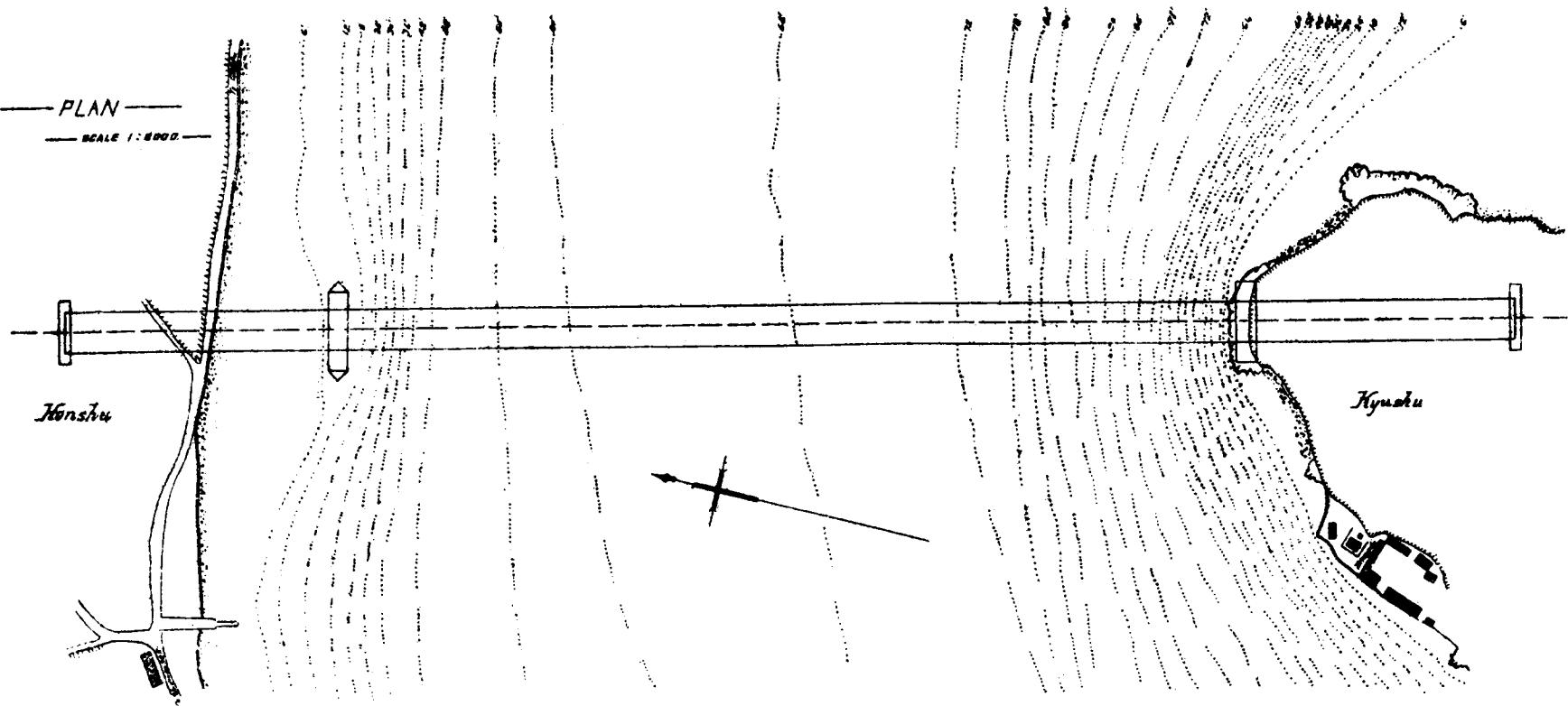
— SECTION
OF FLOOR SYSTEM —

— SCALE 1:100 —

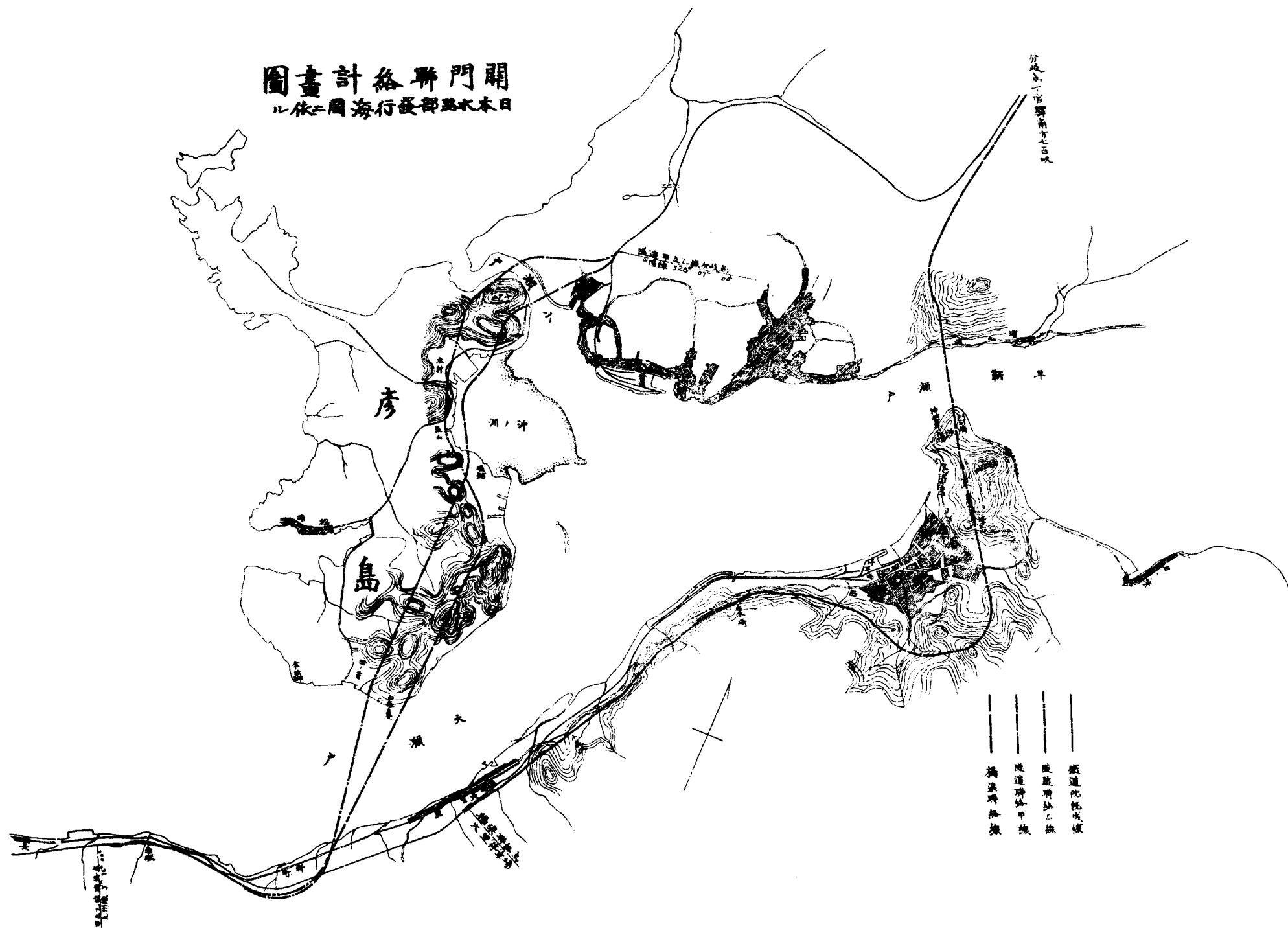


— PLAN —

— SCALE 1:6000 —



關門聯絡計畫圖
木水部發行行周國二依ル



り。從て同所に於ては第二、第三の何れかの方法を探るを必要とす。第二方法に於ては隧道内部氣壓と外部水壓とを同一とし、浸水を防ぎ大氣中に於けると同様の掘鑿工事を行ひ、前面掘鑿の場合、前面土砂崩壊の場合又は急に海水浸水に際し作業従業者の避難に便ならしむる爲めシールドを用ゐるものなり。只此の方法に於て關門海峽に於けるが如く岩石現はれたる場合は最も困難を極むるものにして爆發はブロー・アウェーを誘導すべきを以て自由に使用するを得ず、手掘或は錐鑽器に由らざるべきからざるの不便あり。只近時英國にて使用せらるるブレグ・エンド・フェザーワー式(Plug and feather method)を用ゐ一時岩塊八噸を崩壊せる例もあれば、作業遅々たるの誹は免れざるも工事不可能にはあらざるべき。壓搾空氣内に於ける作業は之に從事する者の健康に影響を及ぼすこと大なるを以て、壓搾度高まるに従つて相當の注意を要すべし。壓搾空氣及シールドに由る水底隧道掘鑿に要する費用は水底の地質水深の大小地方の状況等により一定し難きも獨逸技師ウエンデンムート氏の説によれば直徑二十呎の隧道には其の経費一呎に對し六八〇—九二〇圓なりとせり。第三方法は米國デュロイド河隧道に於て行はれたる方法にして鐵管を長く接合製作し之を水底に沈下し、是等數個の鐵管を水中にて直接し混凝土を以て包裝し一の連續せる隧道と爲すものなり。此の方法は壓搾空氣を使用せざるを以て前法に比し経費の點に於て非常に廉なり、只水路上の一部は一時本工事により閉塞され從つて水路上の航運阻害さるゝの不利あり。

第六章 海底の地質及工事進捗程度

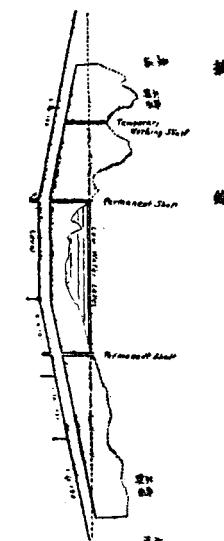
理學博士神保小虎氏の調査に依れば大瀬戸附近の地質は一般に岩石により組成され、而も是等岩石は堅牢なれども水に

對して完全なる緊密性ならざるを以て、前記第二第三方法の孰れかを採用すべきなるが、工事進捗程度は地盤の性質水深の大小其他地方の状況により異なる、第二方法を以て岩石層及砂利細砂層を通過せる米國紐育イーストリバー隧道に於ては工程平均二呎餘となれり。關門海峽に於ては地盤は全部岩石の見込なるを以て其の工程多くとも二呎餘を出でざるべき、今之を二呎と見込むときは全長一哩を掘鑿するには約千三百餘日即ち約三年半を要すべし、若しシールドの使用を不適當とするときは第三方法を用ふべきが其の工程は第二方法に比し決して長年月を要せざるべき。

田邊博士の取調報告に於ては、隧道掘鑿方法に關しては全然闇野技師と同一意見にして、第二方法が第三方法の孰れかを適當なりとし、尙詳細に亘りて兩方法を比較せり、壓搾空氣及シールドを使用する第二法は米國紐育イーストリバー及ノースリバーの水底に於て施行したるものにして一千九百八年此の種水底隧道の第一線完成してより六年の日子にてマンハッタン島兩側に同一方法を以て造られたるもの十四本を算するに至れり、歐洲に於ても獨逸ハンブルヒ、エルベ河水底隧道英國マーセー、チームス河に於けるものゝ如き幾多の例あり此の方法に於て水底と隧道上部との間に在る地層の厚さは歐米諸國に於ては十五呎乃至二十呎のものなきにあらずども大瀬戸に於ては二十四呎を取るを安全とす、隧道線は少許しても高き程取付隧道を短縮し列車運轉費を減少するの利益あれども四五呎の深さを節約して安全の程度を欠くは宜しからず。選定線はB線にして縱斷面圖は左圖の如し。

勿論隧道線を確定せんとする爲には鑽孔地質試験を要す、鑽孔は見込隧道線より少しく隔たりたる所に置き試験を終り

たるときは其の鑽孔内にセメント膠泥を注入し充分に孔を埋するを緊要とす、之れ孔穴は其の近所に於て施工する壓搾空氣を漏らす虞あるを以てなり、工事方法は彦島及大里の兩海岸に於て堅坑を作り兩堅坑の間は壓搾空氣式を適用し堅坑より兩側の取付隧道は普通方法により水揚ポンプを使用すべし、水底部隧道は部分組立の鐵管式(Sectional Method)にして又シールドを要する故其の橋を堅坑下部より取付くる便宜の爲に堅坑下部に仕切りをつけ一時のエーア・ロックを附して下部は壓搾空氣作業場とすべし、而して橋の取付隧道組立を凡そ百呎を進歩したるとさ完成したる隧道内に仕切壁を作りエーア・ロックはこゝに移し、堅坑下部に設けたるエーア・ロックを取除き大氣作業場と爲すを便宜とす。壓搾空氣内に於ける從事員には潜函病を起すと雖も近年は壓力管内に於ける治療法（疾病者を再び隧道内に於けると同じ壓力度を加へたる壓搾空氣管内に入れ極めて陰々に空氣の壓力を減するもの）により全治し得るに至り、又本邦人の如く野菜を多く食する者は血質薄き故に肉食多きものに比して此の疾病に罹ること少なむるべし。隧道は單線鐵道用のもの二本併列とするを得策とす、堅坑も亦各隧道兩端に別々に穿ち（合計四）各隧道の作業を別々にし相互不時の出來事に相關係することなからしむるを可とす、兩隧道線間の中心間隔は六十呎以上とする



横 埋 線

一一二

を適當とす。取付隧道は水底隧道落成後に於て施工するも違ことせず、之れ水底隧道及堅坑内の設備を充分に利用することを得て便利なればなり、若し取付隧道を同時に施工せんと欲せば水底隧道用の堅坑の外に其の近傍に別に一つの臨時工事用の堅坑を作り、之により取付隧道の施工を爲し隧道完成の後に兩堅坑を連結する隧道を作り臨時用の堅坑は埋立つるを得策とす、隧道線の決定は充分なる調査を爲したる後にあらざれば確定し難きものなりと雖も假りにB線に依るものとすれば水底隧道の長さ五千三百呎北方彦島取付隧道四千六百呎南方大里取付隧道五千三百呎其の工費は單線として水底部分は一呎に付一千圓と見込み、五百三十萬圓兩側取付隧道は一呎に付百四十圓と見込み百三十八萬六千圓合計六百六十八萬六千圓にして、複線鐵道用隧道工費は其の倍額即凡そ一千三百萬圓を算すべし、工事期限は三箇年乃至五箇年とす。茲に研究を要するものは船舶の進歩に伴ふ海峡の關係なり、現時大瀬戸に於ける最淺水位五尋四分の一なり、而して永年規定線たりし五尋線は今日に於ては最早安全區域にあらず、七尋線を以て充分なる安全堀と爲す如しと雖も海軍當局者に聞くも明確に七尋線より深き海路を要せざるや否やを確答することは能はざるが如し、若し未來に於て七尋以上の深さは断じて必要なしとすること確實なるに於ては關門海峡に於て沈設式隧道を施行するを得べし。

第三法即ち沈設式の一つの例は佛國巴里市街鐵道のセーヌ河底を通ずるものにて鐵製潛函式長さ三十六米、三十八米、及四十三米の三箇を沈め壓搾空氣を使用して之を掘下げ函の相隔つる間凡そ五呎の場所は一切工事を以て接合したるものにて接合方法を變更するにあらざれば關門海峡に適用するを

得ず、第二の例は米國デトロイトに於て水深四十一呎水流一時間約三哩の場所に複線鐵製式隧道を沈設したるものにて水底部分の延長二千六百六十五呎地質は粘土盤及少許の岩盤にて豫め隧道を沈設すべき個所を掘下げ置き茲に沈下せしものにて壓搾空氣を使用せず、工費は隧道長一呎に付平均我三千圓に當れり。此の方法は紐育ハーレム河底に於ても高二十四呎幅二十六呎の鐵道四線用の水底隧道を造るに適用され好結果を得たり、故に此の式を大瀬戸隧道に適用することを得べく、壓搾空氣式施工の隧道に比して更に其の施行基面を高くすることを得、水底僅かに六十呎にて事足るが故に左右取付隧道を短縮し列車運轉に於て不必要的昇降を少くし、又工事に壓搾空氣を要せざるの利益ありと雖も海峡航路を七尋以上に深むる必要断じてなきものなりとの見込立たざる今日に

機械

切削速度の選定法に就て（工學士 橫山勝任氏所論）

凡そ切削速度は與へられたる工具と被削材料とに對して直に定まるべきものに非ず先づ其堪久度（durability）を豫定する事に依りて始めて決定せらるるものとす。曾てテーロアード（Taylor）氏は堪久度と切削速度との關係を實驗的に決定し次に最大の平均切削能力を得べき堪久時間と算出して之に對する切削速度を採用せり。然れども氏の定めたる切削速度は今日直に之を探て標準となす能はず。其理由二あり。一は爾來切削速度と堪久度との關係に於て當時氏の公にせる結果と異なるもの多く顯出せること一は工作機械の發達に伴ひ工具又

於ては第二法即ち壓搾空氣式を施工するを適當と認む、如何となれば壓搾空氣式に於ては隧道上部と水底との間に少くも二十四呎の覆層あるが故に他日其の上を浚渫することありとするも障害なきものとす。竣成後の通風に至ては勾配の關係上多分の煤煙を隧道水底部に残さざるべきもこれあるに於ては堅坑を利用し人工通風を爲すを得策とす。

以上橋梁及隧道の兩案を比較の決果隧道案は橋梁案に比し經濟の點に於て廉且軍事上の見地よりもこれを可とせる以て鐵道院に於ては隧道案を採用することとし、本年四十一回帝國議會に於て本年度以降十七年に亘り經濟一千八百十六萬圓の豫算を以て之が工事を遂行するの案を提出し議會の協賛を得たり而して大正八年度に於ては九千圓の調査費を計上したり。（大正八年五月帝國鐵道協會々報第五號轉載）

は工品の取扱調整等に要する時間の縮少を來せる結果最大切削能力を發揮せしむる堪久時間が當然變更せらるべき必要を誘致せるに在り。

今 a を切削面積、平方吋にて。 v を切削速度、每分呎にて T を工具の堪久度、分にて。 v_0 を標準堪久度 T_0 分に對應する v の値即ち標準速度。 W を被削材料一立方吋の重量封度にて W を工具が切削作用の始より取換を要する迄即ち T 分間に削りたる材料の重量とする時は次の關係を得べし。

$$W = 12wavT$$