

論 說 報 告

土木學會誌 第十六卷第六號 昭和五年六月

關門隧道工事に就て二三の私見

會員 工學士 木 津 正 治

On the Plan of the Kwanmon Subaqueous Tunnel

By Masaji Kizu, C. E., Member.

内 容 梗 概

關門隧道を主として海の方面より眺め、其の工法並に同隧道と航路等との關係を記述したものである。

目 次

序 言.....	1
第 一 章 隧道海底部の工法.....	2
第 二 章 小瀬戸の連絡.....	19
附 録 小瀬戸締切の研究.....	22

序 言

(本文は、著者が曾て鐵道技師兼務として、鐵道省工務局關門派出所在勤中に於て關門隧道調査の初期に當り、同調査に對する豫備的意見として起草し、所長大井上前雄殿に提出したものであつて文體も其の儘になつて居る。本文を脱稿したのは昭和 2 年 10 月であるから、已に聊か舊稿に屬する疑ひあれども、最近同隧道に關する文獻が本會誌に散見するに至り、少なからず一般の注意を喚起した様であるから、此度大井上所長殿の御許可を得て、之を發表したものである。)

小職は此度鐵道技師に兼務を命ぜられ、關門隧道工事に就ての鐵道本務の方々の諮問に御答へすべき様な役目を仰せ付けられました。小職は鐵道の事は曾て學校で習つた切りで、それも二昔も前のことであるから、大抵は忘却しました。しかし 20 年來當關門海峡にありて、二三の土木工事に従事して居るので、海峡の事情に就ては多少心得て居るべき筈であります。そこを見込んで、相談相手を命ぜられたと思ひますが何かの御役に立てばよいがと心配して居ります。

楮て關門海峡の隧道工事も随分永い話ですが、其の間毎日の様に海峡に出て仕事をして居

る小職には、自然に隧道工事に就ても二三の思ひ付きが頭に浮び出すこともあります。此度幸に鐵道技師兼務を命ぜられたので、是等の思ひ付きを文章に綴つて見ました。しかし小職は單に海の方面から隧道工事を眺めただけで、鐵道の方面から意見を立てる識見を缺いて居りますので、其の意見は自然片務的で、全體としては不完全なものであるから、實施上に効果を有するものではありません。又調査資料も未だ完備しないので、多くは小職の見當に基いたものに過ぎません。何れ現在施行中の調査が終了して、充分なる資料が完備した際には、更に意見を立て直したいと思つて居りますが、今は唯調査上の參考として豫備的に卑見を開陳するものであります。

因に、本文は既に鐵道省より出て居る

- 1, 關門關釜連絡設備改良に關する設計調査報告
- 2, 關門連絡客貨増進の趨勢と海底隧道の要否に關する調査
- 3, 關門隧道工事設計説明書
附小門海峽埋築に關する研究
- 4, 工務資料第八號デトロイト河底隧道工事

等を参照して記述したものでありますから、是等をも併せて御高覽あらんことを希望致します。

第一章 隧道海底部の工法

隧道全般に亘りて意見を立てることは小職の能くするところではありませんから、此の内海と關係ある部分、即ち海底部だけに就て卑見を申し上げます。之れには鐵道省で

- 甲案 壓搾空氣作業式
乙案 沈埋式

の二つが提案されてあります。此の2案の路線は附圖第一に示されてありますか、工法の大體は附圖第二及び附圖第三に畫かれてあります。何れも兩岸 shafts 間の距離は約 1 600 米 (5 250 呎) で、此の區間が所謂隧道海底部であります。

甲案は盾構及び壓搾空氣を使用して兩岸より掘進し、盾構内に鑄鐵製 segments を組立て、其の内部をコンクリートを以て巻立てるものであります。是等の作業は全部地中で行はるゝものであるから、海の技術屋である小職には何等言を挟む餘地もありませんが、唯工事中空氣の噴出する場合に、之れを防止するため粘土を海底に投ずるとも、急激なる潮流のために流失して、充分なる效用をなさぬかも知れぬと言ふ心配を有して居ります。

乙案の沈埋式は所定の勾配に海底を掘鑿し、其の塹溝内に鐵筒を沈設して、水中コンクリートを以て之れを包圍し、然る後鐵筒内の海水を排出して内部をコンクリートを以て仕上ぐ

るものであります。其の工法の順序は大體次の通であります。

- 1 塹溝の掘鑿
- 2 鐵筒の製作
- 3 鐵筒の沈設
- 4 鐵筒周圍混凝土
- 5 鐵筒内部仕上工

是等の作業は大部分海上で行はるゝものでありますから、海に熟れて居る小職には、多少の卑見が出ますので、是等を以下に陳述致します。

1 塹溝の掘鑿

之れに就ては次の様な意見と心配とを持つて居ます。

(イ) 地質は時には岩盤に遭遇することもあらうけれども大體は兩岸に露出せる所謂地山と同一のものと想像されます。従つて相當に締れる地盤ではあるだらうが、附圖第三にある様に、溝側が一割の勾配で掘鑿し得るや否や疑はしくあります。小職の施行して居る門司及び下關港岸壁の床掘跡背面の勾配を調査しましたら、次表の様な結果を得ました。尤も床掘跡の断面は甚だ不規則に出来上つて居るものもあるので、何處を背面の勾配とおさふるかは、一寸定め兼ねましたが、何程の勾配で土が留るかを調査するのを主眼としまして、出来るだけ急な勾配の部分を探擇致しました。

第一表 岸壁床掘跡背面の勾配

門 司 港											
箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配
33 尺 岸 壁	° '	150	19.00	400	40.00	436	27.00	17	32.30	137	25.00
(西端より)間		180	28.00	404	42.00	440	41.00	27	28.00	157	25.08
10	26.30	305	17.00	408	27.00	444	39.00	37	26.00	計	1269°18'
30	30.00	325	23.00	412	26.00	448	39.00	47	27.00	平均	28°50' = 1:1.8
50	27.00	380	17.00	416	34.00	452	38.00	57	35.00		
70	26.00	384	27.00	420	31.00	456	24.00	67	25.00	最急	42°00' = 1:1.1
90	27.30	388	40.30	424	34.00	460	23.00	77	20.00		
110	21.30	392	31.00	428	39.00 (東端より)	97	23.00			最緩	17°00' = 1:3.3
130	17.00	396	31.00	432	32.00	7	33.00	117	19.00		
下 關 港											
箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配	箇所	勾配
西部 18 尺 岸 壁	° '	30	23.30	80	16.30	130	9.00	70	27.00	東部 18 尺 岸 壁	
(西端より)間		40	25.30	90	21.00	140	12.00	90	30.00	(西端より)	最急 39°05' = 1:1.2
0	25.00	50	39.30	100	18.00	24 尺 岸 壁	100	30.00	35	24.00	
10	30.00	60	38.00	110	17.00	(東端より)	110	30.00	45	22.00	最緩 9°00' = 1:6.3
20	26.30	70	26.30	120	11.00	60	26.00	120	32.00	計	560°00'

此の表によれば、門司港では最急 1.1 割、最緩 3.3 割、平均 1.8 割で、下關港では最急 1.2 割、最緩 6.3 割、平均 2.2 割であります。之れは bucket dredger を使用して、横掘の方法で掘つたので bucket が溝側を崩したものかも知れませぬ。clamshell dredger を使用すれば、もう少し急勾配に仕上げる事が出来るかも知れませんが、それでもどうも 1 割には出来ぬ様に思はれます。鐵道省工務局發行の工務資料第八號 19 頁に、デトロイト 河底隧道の塹溝の掘鑿には clamshell dredger を使用したが、溝側は 5 分の豫定が、1.41 割になつたと書いてあります。

次に又勾配が急だと何時溝側が崩れて來るかも知れぬと云ふ危険があるので、塹溝の中で作業する潜水夫にとりては、命懸けの仕事になるかも知れませぬ。其の結果或は塹溝の中へ入るのを肯じないかも知計り難い様にも思れます。

(口) 當海峡の流水は餘り多量の土砂を保持しては居りませぬが、それでも海底には多少の流砂があるので、所々に沈澱を生じます。本路線の田の首寄の箇所は、附圖第四に示してある様に、點線の區域内は以前は淺かつたので、内務省土木出張所に於て施行中の關門海峡改良工事で先年之れを 10 米に浚渫しました。然るに、現在では同圖に實線で示してある様に大部埋没したので、近々再浚渫を行はんとして居ります。新町寄りの方面は海底は相當に安定であるかも知れませぬが、田の首寄りの方面は甚だ不安定なので、塹溝が埋没する處があります。之れを防ぐには掘鑿後に周圍に相當高さの一時的假框を置くのも一案かも知れませぬが、一々之れを移轉せしむるなど相當に面倒な仕事になるらしくあります。

(ハ) 岩盤の破碎には

(A) Pneumatic drill under water

(B) Drill boat

(C) Rock cutter

の 3 方法が考へ得られます。

(A) の pneumatic drill under water は現に關門改良工事で使用して居るものであるが、大量の仕事に適せぬものであるから、岩盤が少量ならば兎に角、多量であればとても仕事にはならぬ様であります。且つ又其の單位量當りの工費も大變に多額であります。尤も設備費は大したものではありません。

(B) の drill boat は關門海峡改良工事の初めに於て、相當考慮されたけれども、遂に採用を見なかつたものであります。其の適否は兎に角として設備費が高いから採用するのがどうかと思ひます。

(C) の rock cutter は現に關門海峡改良工事で使用して居るものであるが、設備費も大して高くなく、其の成績も大體良好であります。

以上の通りでありますから、岩盤が少量であれば、pneumatic drill under water がよいかも知れぬが、多量であれば、rock cutter がよいと思ひます。尙又一體の地盤が相當に縮つて居れば、之れを掘鑿するには豫め、cutter で緩めて置く方が大變に良好であるから、此の仕事にも cutter が必要と思ひます。そうすると結局、岩盤並に相當に縮れる地盤を始末する目的で、rock cutter を一臺用意した方がよい様であります。但し岩質が非常に硬いと cutter の point がちびつて作業が困難であるから、其の時には drill を使用せねばならぬかも知れませぬ。

(二) 掘鑿に使用すべき工具としては

(A) Clamshell dredger

(B) Bucket dredger

(C) Dipper dredger

の 3 種が考へられます。

(A) の clamshell dredger は地盤への penetrating power は小さいから、極めて柔軟なる地質の外は其の能率は大變に悪いのが普通の様であります。従つて當工事に於けるが如き相當に縮れる地盤だと clamshell dredger では掘鑿が困難かも知れません。

(B) の bucket dredger では 15 米の深度を有するものが、今日迄の實例で最も深く掘り得るものであるらしい。然るに當工事では最深部に於ては、塹溝の深さは附圖第三によれば

潮差	2.09 米
L. W. L. 以下隧道の上面までの深さ	15.00 "
隧道本體の高さ	3.00 "
溝底の餘裕	1.00 "
計	26.09 ≒ 26.00 米

であります。因に附圖第三は鐵道省で調製せられたものを其の儘使用したのでありますが、此の圖には

Standard W. L.	26.083 米
H. W. L.	28.783 "

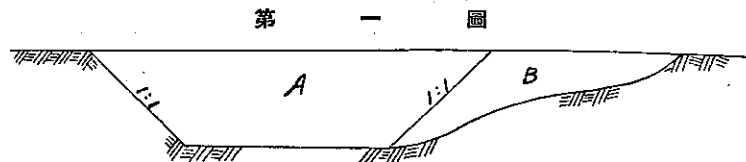
とあります。Standard W. L. は L. W. L. を採られたものと思はれますが、そうすると潮差が 2.7 米となります。近頃の海圖第 135 號には田の首での大潮升は 1.7 米とあります。又内務省下關土木出張所で調査した、明治 43 年より大正 15 年迄の平均の潮差は 2.09 米であります(上記の潮差は之れを採る)。そうすると 2.7 米の潮差は少しく過大でありますから、或は Standard W. L. は L. W. L. ではないのかも知れぬと云ふ疑が起ります。この圖のみならず 附圖第二に記してある水位に就きても同様の疑があります。本文では Standard W.

L. は L. W. L. を採つてあるものとして隧道の深さを出しましたが、萬一之れが違ふと、多少訂正しなければならぬ所も出來ます。多分 Standard W. L. は L. W. L. であるけれども、H. W. L. の 28.783 米は何か外に意味があるものと思はれますが、其の邊一應確かめたいと思つて居ります。

偕て 26.0 米の深さの塹溝を掘る bucket dredger は矢張り 26.0 米或は此れ以上の深度を有して居らねばなりません、こんな大なる深度を有する bucket dredger が造り得るや否や甚だ疑問であります。然れども一步譲りて假りに造り得るとしても、次の如き缺點があります。

Bucket dredger の掘り方には縦掘と横掘との 2 種あるが、細長い溝を掘るには、縦掘に依るのが先づ普通の様であります。然るに縦掘は大變に作業が難儀であります。(廣い面積の浚渫は總て横掘である)。假りに此の難儀を忍ぶとしても、縦掘では、海峡内に於て船體を横にして使用せねばならぬが、急激なる潮流に妨げられて、此れが實行は殆んど不可能であるのみならず、航海上に與ふる支障も多大であると思はれます。従つて、どうしても船體を潮流に向つて縦に使用して、溝を横に掘らねばならぬことになります。そうすると又新なる缺點が生じます。それは bucket chain には大なる Sag がありますから、どうしても溝側の一方は緩なる勾配に

しか掘れませぬ。即ち大略第一圖の様に掘らねばならぬので A を掘るために、B



の餘分の仕事までもせねばならぬことになります。B の土量が何程になるか、一寸今見當がつかませぬが、兎に角少なからざる量になると思ひます。此の様な缺點があるので、bucket dredger はどうも使へ相にない様です。

(C) の dipper dredger も亦深度其の他の關係で使用し難い様であります。現在の實例では dipper dredger の深度が 15 米(?) が最大の様であります。

以上述べた通りで、塹溝の掘鑿には (A) も (B) も亦 (C) も適當ではない様であります。強いて使用するならば、能率の悪いのを我慢して clamshell dredger より外にはありませんまい。或は special のものを特に考案するのもよいかも知れませぬ。

因に塹溝を掘鑿する工作船には海底に立ちて船體を保持する spud を使用すれば作業上便利ではありますが、後に記す様に當海峡では spud の使用は相當に困難でありますから、寧ろ錨を使用した方がよい様であります。但し drill boat でも使用するのならば、是非 spud を使用しなければならませぬ。

2 鐵筒の製作

之れには大した困難は起り相にはありません。

3 鐵筒の沈設

之れには次の様な意見と心配とを有して居ります。

(イ) 鐵筒の接合點の下に簡單なる基礎を作るために、先づ水中杭打をなし其の頭部を切り揃へ、附近の地盤上に水中コンクリートをなし、此上に I 桁の grillage を置かれる様であります。小職の意見としては、此の基礎は地盤の悪いところには必要かも知れませぬが、當工事では地盤が良好であるから、大體必要がない様にも思はれます。若し是非必要であれば、上記の方法は當海峡では潮流其の他のために、種々の面倒を呼び起すから、寧ろコンクリートの方塊を溝底に置いて、其の上に grillage を置いた方がよいかも知れません。

(ロ) 沈下作業には起重機船（又はコンクリート船を利用）を使用し、之れ等を spud によりて位置を保持せしむることになつて居りますが、此の spud の使用がかく容易であるや否やが心配であります。spud の事に就ては後に少しく記します。尤も此の沈下作業には是非 spud でなくとも錨を使用しても出來相に思はれます。

(ハ) 沈下の際に鐵筒の重量を輕減するために、其の上部に氣筒を縛し、此の氣筒に瓣を備へ、之れにホースを連結して、船上より自由に注水又は注氣する装置とすることになつて居ります。之れに就て小職は上記のホースが潮流のために、纏れて其の作用が妨げられる様なことがないだらうかと心配して居ります。當海峡で作業する潜水夫などは、ホースが纏れるのを大變心配します。

(ニ) 鐵筒の沈下は鐵道省の御方針の様に、憩潮時を見計へば出來ると思ひます。

(ホ) 工務資料第八號 23 頁に、デトロイト河底隧道では、鐵筒沈下の後で、圓筒外端の位置整正及び接續ボルト締めのために約 2 日を要したと書いてあります。是等は全部潜水夫の作業であります。デトロイト河では多分終日作業が出來たのであらうが、當海面では後にも記す様に、潜水夫の作業時間は甚だ僅少であります。そうすると此の作業には大分の日數と工費を要する心配があります。

4 鐵筒周圍コンクリート工

之れに就ても多少の意見を書いて見ます。

(イ) Tremie で水中コンクリートをやれば、コンクリートは海水と混合することなく又上方より相當の水壓を受け居る結果として、比較的良質のコンクリートを得ると、書物にも書いてあります。しかし之れは、小職の経験では、餘程割引して聞かねばならぬ説の様に思ひます。現に小職は附圖第五の様な方法で門司及び下關港の岸壁工事の餘り重要でない部分に tremie を使用して水中コンクリートをやつて居りますが、必しも良好な成績を得て居るとは稱し難

いのであります。

第一に、どうしてもコンクリートの一部分が分離します。元來コンクリートには多少の空氣を含むことは免れませぬ。殊に作業の仕方が悪しく、漏斗内の全部のコンクリートをパイプの中まで落して、此の上に更にコンクリートを入れると、パイプの中に空氣が壓搾されて存在することになります。此の空氣が tremie の下迄行きて、急に blow-out して其の附近のコンクリートを攪亂して、セメントを分離させます。これは出来るだけ注意して漏斗内には常に幾何かのコンクリートを残し、全部をパイプ中に落さぬ様に作業して居りますけれども、どうかすると、失敗することがあります。

尤も小職の使用して居る tremie の構造には少しく缺點があります。Tremie のために高き塔を造りては多額の工費を要するのみならず、其の移動が困難なので、附圖第五の様に pipe を telescopic にしました。其のために、パイプの斷面積に sudden change があるので、どうかすると、パイプ中のコンクリートが sudden motion を起します。此の時には急にパイプを降して阻止しますけれども、其の時には既に上部の漏斗内のコンクリートがパイプの中に落ち込んで居ります。此の上にコンクリートを入れるので時々空氣がパイプ中に壓搾されるのであります。又コンクリートが降るときにパイプの接合の間隙から空氣を吸入することが度々あります。是等の缺點は 1 本のパイプを使用する tremie では、或程度までは之を除き得ますから、小職の tremie 程にはセメントが分離しないかも知れません。然しコンクリート其のものの中には既に多少の空氣があるから、此の空氣が多少の悪戯をなすことは免れぬ様に思ひます。従つて 1 本のパイプの tremie を使用しても幾分のセメントの分離は免れませぬ。

第二に、水中コンクリートを水底にべたに打つのならとにかく、當工事の様に、型の中に打つには、型板の接合を餘程充分にしておかぬと、モルタルの洩れることが、陸上よりは、大變多量であります。之れには、小職も随分苦しい經驗をしたことがあります。當工事に於ては型は充分に接合をよくすることは出来るとしても、底があいて居るから、此の中へコンクリートを入れては、初めは大分コンクリートが外に食み出すべく、其の次には上部のコンクリートが未だ凝結しない中に、此の内のモルタル殊にセメントが型框の下を潜つて外に出て、跡には貧弱なコンクリートを残す様な心配もあります。之には所謂 plastic concrete 即ち半分程凝まりかけたコンクリートを使用すれば、或は良好であるかも知れませんが、そうすると又パイプ中の motion がうまく行きますまい。

第三に、水中コンクリートをなす場所に、流れがあると、コンクリートが未だ凝結しない前に、セメント或は砂が流失して、跡には貧弱なるコンクリートを残します。小職が實施して居る水中コンクリート作業に於て、曾て僅少なる渦流のめに、全部のセメント及び

砂を奪はれ、跡には砂利だけを残されて、如何に流水の作用の活潑なるかに驚いたことがあります。従つて小職は水中コンクリートなるものは、流れの全くない所でないとうまく行かぬ様に思つて居ります。當海峡内で水流を絶対に無くすると云ふことは、或は不可能ではないかとも存じます。

第四に、Tremie の口より出たセメント及び砂は比較的遠方迄流れるけれども、砂利は口の邊に留まる傾向がありまして、全體としては等質のものが出来ぬ様であります。

以上要するに、水中コンクリートは本に書いてある程に良好のものでない様な気がします。工務資料第8號 27 頁にはデトロイト河底隧道の實績が書いてありますが、之れによれば相當な強度が出て居ります。しかし應壓強度が 1:2:4 のコンクリートが每平方呎 1980 封度であるのに、却つて、1:3:6 が每平方呎 3239 封度などと書いてある所を見れば、餘り等質のものが出来ては居らぬ様にも認められます。小職も自ら實施した水中コンクリートの見本を二三箇所有して居りますので、是等は折あらば其の強度を試験して見たいと思つては居りますが、未だに其の意を果たしませぬ。是等の成績などによりては、小職の意見も或は變るかも知れませぬが、現在では、水中コンクリートなるものは、萬止むを得ざる場合の外は使用してはいかぬものゝ様に思つて居ります。

鐵筒周圍のコンクリートは必ずしも上等のものでなくとも、大抵のものでよいので、そんなにやかましく云ふ程重要な部分ではありますまい。従つて之れに水中コンクリートを使用するのは小職も敢て好まぬ譯ではないが、とにかく小職の水中コンクリートに関する經驗を一應記したまでであります。

(口) コンクリート船はどうしても spud で留めねばなりません、何分にも潮流が早いのでうまく留まるや否や心配であります。

海軍海圖第 6035 號、下關海峡潮流圖の圖面中の註によれば、大瀬戸では最強流速 6 節に達することがあります。又工學博士市瀬恭次郎氏が發表せられたる、「下關海峡の潮流に就て」なる論説によれば、弟子待断面に於ては(土木學會誌第七卷 796 頁)次表の如き最強流速があります。

弟子待の最深部	全水深に對するもの(節)	海面以下 10 尺迄	海面以下 20 尺迄	海面以下 30 尺迄
記録されたる最大低潮に起る東流の速度	7.73	8.53	8.42	8.29
豫想されたる最大高潮に起る西流の速度	8.67	9.53	9.49	9.38

本工事施行の海面は前記の大瀬戸或は弟子待断面よりは稍廣潤ですから、上記の流速は幾分之れを遞減し得べけれども、とにかく相當強大であると思はれます。勿論斯の如き急潮は常時に流れて居るのではなくて、僅の時間内ではあるけれども、spud としては之れに對

抗する丈の力を有して居らなければなりません。

元來 spud なるものは静水にて使用すべきもので、其の構造には流水に對する考が含まれて居らぬ様であります。特に此の考へを入れて造れば或は使用し得るかも知れぬが相當に面倒な構造になる様に思ひます。それとても、果して當海峡に適合するものが出来るや否や、疑問であります。尤も小職は spud なるものは實際使用した経験が未だないので、自信のある意見が立て難いが、兎に角當海峡では相當な困難が伴ふものと思つて居ます。又小職は先年紐育で spud 付きの大きな drill boat を見たが、之れは同港の Hell Gate で使用すると云つて居つたかと思ひます。

Hell Gate は隨分流の早い所でありますが、そこで實際使用したものならば、其の成績などを知りて参考にしたいと思つて居ります。幸ひ鐵道省よりは當隧道に關する視察員を海外に出して居らるゝから、是等の事項を誰かに調査して貰ひたい様な氣もして居ります。

とにかく當海峡では spud の使用はそんなに容易ではなからうから、相當の調査を要するものと思ひます。

因に、普通の spud 船では錨の用意が缺けて居りますが、當海面では可なりの大さの波がありますので、此の際には spud で工作船を保持して居ることは不可能かも知れませんから、錨も使用しなければなりません。又當海峡では萬一の場合に備へるために、所謂、命ち錨なるものが是非必要であります。かたがた當工事に使用する spud 船は spud と共に錨も併用する必要があらうと存じます。

(ハ) 潮流のために tremie のパイプが押し傾けられて仕事が困難かも知れません。假に此の困難がないとしても、潮流の急なる間はパイプがぶるぶる振動させられて、其の中のコンクリートが全部落下するかも知れません。そうすると、本作業は憩流の前後數時間しか出来ず終日の作業は困難であります。

以上種々と記述しましたが、要するに鐵筒周圍のコンクリートは、出来上つたコンクリートの品質はとにかくとして、作業上相當の困難があるやうに思はれます。

5 鐵筒内部仕上工

之れは普通の作業であるから、何等困難なことはない譯であります。

以上に於て、乙案沈埋式の各種の作業に就て一々卑見を述べましたが、更に全部の作業を通して小職は次の心配を有して居ります。

(A) 航海に支障を與ふること少からず、且つ自他共に危険多きこと。

(B) 作業時間の少なきこと。

以下此れ等に就て少しく陳述しましょう。

(A) 航海に支障を與ふること少なからず、且つ自他共に危険多きこと

當海面を通過する船舶の數は現に調査中にて未だ精確なる統計を得ませぬが、大體、汽船、帆船及び地元小廻船を合して年に約 18~19 萬艘位ではないかと見當して居ります。

汽船は門司税關の統計によれば、明神鼻を通過するものゝ内、總噸數 800 噸(中國通船位)以上のものは、大正 15 年に於ては 8012 艘であります。800 噸以下の數は不明であります。が假に 800 噸以上の數と同一と見做すと、全體で約 16000 艘の汽船が明神鼻を通過します。當海面を通過する汽船は明神鼻よりは少し多數かも知れませんが、大した相違もありません。此れ等の汽船は、自航力を有するので其の通過も順調であり、又危険を避ける能力も有して居ります。然れども何分にも當海峡は潮流急激なるのみならず、海面の取締も亦甚だ不十分なので、年々多數の海難を生じ、日本全國の海難の約半數は當海峡に於て發生すると稱せられて居ります。かかる危険なる海面に於て、之れを横ぎりて多數の工作船を作業せしめて居りては、汽船との衝突を惹起しないとどうしても保登出來ません。汽船が工作船に衝突する場合には自他共に受くる損害は巨額なるものがあります。

次に帆船の當海面で運航するものは、門司商業會議所の調査によれば、年に概數 165000 艘と推察されます。此れ等の帆船は全く自航力を有しないから、潮と風とが自己に有利なる時機を覘つて發動するので、常に群集して航海します。しかも直線的の航走をなす能力がないから、大抵は縫走します。之れ等は必ず工作船に衝突すると稱するも過言ではない様であります。又潮流に乗じて來た帆船が、工作船に近く來た際に、急に風でも止まることがあれば、帆船自身としてはどうすることも出來ないので、工作船に流れ掛るより外に仕方がないのであります。小職の擔當してゐる關門海峡改良工事の浚渫其の他の作業船に流れ掛る帆船は、年に一艘位しかなかつたこともありますけれども、多い年には 9 艘もありました。小職の作業船は大體航路の兩側で作業して居るので、比較的安全な位置に居るのであります。當工事に作用する工作船は航路を横ぎりて並列しますので、上記の艘數よりは大分多數の帆船が流れ掛る恐があります。是等に對しては小蒸汽船を常備して警戒に當らしめ、一々曳船して工作船を避けしむるのも一方法かも知れませぬが、實際大變面に倒であるのみならず、これでも絶対に事變を防ぐことは、不可能かも知れませぬ。

地元の小廻船は年に約 10000 艘も通りませうか、是等は大抵兩岸に近く航走しますから餘り心配することもありますまい。

偕て工作船の配列は附圖第三の海底工事施工方法略圖で示してありますが、試に之れを平面圖にして、それに通過船舶を書き入れて見ますと、大體附圖第六の様なものになります。此の圖は當海面に帆船の群集した時の様子を示すものであります。常時にはこんな状態ではありませんけれども、此の圖の様に混亂する場合は随分多くあります。これで海難が生じな

いとどうも保證し難い様であります。一度海難を生ずれば自他共に受くる損害は輕少ではありません。假に他人の迷惑は忍ぶとしても、自分の受くる損害は甚だ困ります。物質上の損害だけならば我慢もし易いですが、従業員の生命に對する危険があります。殊に當工事では、多數の潜水夫を使用せねばならぬが、是等に給する空氣は總て工作船より送氣するものであります。此の工作船に事變を生ずれば、直ちに送氣が不可能になるので、海底にある潜水夫は斃死します。

以上の通りでありますから、本項に就ては餘程慎重な調査を要するものと認めます。

曾て當海峡の東口の金伏瀬に汽船大正丸が擱座し、其の除却に約一年半を要したが、此の間航海に對する障害少からぬので、遂に當海峡を通過する船舶に對する保険料が騰貴したと云ふ噂もありますが、當工事も亦そんな邊にまでも影響があるかも知れません。

尙本項に就ては、海事關係者の反對を喚起するなきを保し難く、或は遞信省又は海軍省方面に於て、航海に對する危険の大なるを理由として工事の施工に同意せぬかも知れませぬ。其の邊も亦豫め打合せて置く必要がある様であります。

併てデトロイト河底隧道では、通航船舶も相當多く、水流も大分速かなるにも拘らず、何等支障なしに沈埋式で隧道を造ることが出來たから、當工事でも深甚なる注意と警戒とを怠らざれば、別に差支へも生じまいとも考へられんこともありませんが、どうも小職としては此の實例通りに支障がないと斷言することが出來ない様な氣がします。次に試にデトロイト河と當海面とを比較して見ますと

(イ) 1箇年の通航船舶はデトロイト河は 34149 艘であるが、之れを平均すれば 1日 95 艘ともなるけれども、冬期は結氷して、通航に適せないから、通航に適する時期だけを考へると 1日、百數十艘を下りますまい。當海面では上記の如く 1箇年約 18~19 萬艘で、1日の平均は約 500 艘位であるが、帆船の群集する日には 1日に 700 艘以上に昇ることもあらうと思ひます。そうすると、デトロイト河の通航船舶は當海面よりは大變に少數であります。尤も水面の幅はデトロイト河は當海面の約 1/2 でありますから、通航船舶の密度は上記の艘數程には相違せぬとも考へられぬこともありません。しかし此の密度を比較するには全幅員でなく、有效幅員に就て考へなければなりません。デトロイト河の有效幅員はどれだけあるか小職には不明であります。工務資料第八號の第二圖の縦斷面などより想像しますと、殆んど全幅員が有効に使用されて居るやに見受けられます。然るに當海面での有效幅員は、大體航路法線の間で、全幅員の約 60~70 % 位と思はれます(附圖第六参照)。それこれ考へ合せますと、通航船舶の密度はデトロイト河は當海面よりは餘程稀薄の様に思えます。

(ロ) 工務資料第八號 6 頁によれば、デトロイト河の流速は最強 3.5 節に達することもありますが、普通は 2 節内外の様であります。

然るに當海面では憩潮時には全く水の流れぬこともあるけれども、それはほんの瞬間で、先づ4~6節位の潮流があるものと見なければなりません。又デトロイト河では波は殆んどないのでせうが、當海面では相當大きな波のある時もあります。殊に當海面では時々霧がありますが、これには船は随分困ります。デトロイトにも霧があるのか小職には不明であります。

(ハ) 當海面では船舶の運行が甚だ亂雑であります。デトロイト河の實狀はよく知りませんので、何とも言兼ねるが、小職の想像では、同河では流水の方向が一方だけであるから、降り船はこれに連れて降るので直線の航路をとり得ます。又溯る船は如何にして居るか實際を知らぬが、多分自航か或は曳航其の他の方法で相當正き航法をとつて居るのではないかと思はれます。然るに當海面では仲々そうは行かず、其の上に取り締りが不完全なために帆船などは縫走亂走目茶苦茶であります。

以上に記したことから推定致しますと、デトロイト河の状態は當海面よりは充分良好の様でありますから、此の實例を以て當工事を判断しては或は見當が違ふことがないかと心配します。尤も當海面と雖も、兩側殊に新町寄りの側は別に心配もありませんが、中央部の航路筋がどうも心配であります。小職も此の附近に少しく浚渫せねばならぬ場所を持つて居るのですが、恐ろしくて、10何年も未だ着手致しません。

(B) 作業時間の少きこと

本工事を施工すべき海面では潮流が急激であるので、終日通して作業を連続することは困難であります。

關門海峡改良工事に於て、乙案路線に近き與次兵衛瀨附近の岩盤を鑽孔爆發するに使用せし潜水夫の作業時間(最近、大正15年度分)は第二表の通りであります。

第二表 與次兵衛瀨附近潜水夫作業時間
(大正15年度)

月次	作業日数	作 業 時 間		
		全時間	一日の最小	一日の最大
		時 分	時 分	時 分
4	2	1 13	35	38
5	26	50 05	50	4 24
6	30	56 38	39	3 22
7	18	35 21	1 01	3 26
8	—	— —	— —	— —
9	11	11 39	38	1 40
10	17	15 18	40	1 32
11	14	11 58	21	1 24
12	28	21 03	31	1 41

1	7	4 26	27	51
2	14	14 51	39	1 53
3	22	27 56	32	2 53
計	184	250 28		
一日の平均作業時間		1 22		

此の表によれば潜水夫の一日中に於ける作業時間は非常に少なく、最小0時 21分、最大4時 24分、平均1時 22分で、此の外の時間は徒に空費して居ります。又乙案路線附近では浚渫作業も時々急潮に阻まれて仕事が出来ず、潮待をしますが、其の時間は第三表に出て居ります。

第三表 浚渫の潮待時間
(大正15年度)

月次	箇所	就業日数	潮待時間		
			全時間	一日の最小	一日の最大
			時 分	時 分	時 分
4	高瀬	23	8 00	1 00	2 30
4	興次兵衛	9	24 10	2 00	5 10
5	彦島沿岸	6	3 43	45	2 58
5	高瀬	14	2 30	2 30	2 30
5	狙瀬	20	0	0	0
6	彦島沿岸	8	3 43	1 26	2 17
6	高瀬	30	0	0	0
7	〃	15	0	0	0
8	〃	21	8 00	40	2 30
9	〃	2	0	0	0
10	狙瀬	14	0	0	0
10	興次兵衛	6	7 50	1 50	3 00
11	狙瀬	29	1 40	—	—
11	興次兵衛	9	17 45	2 00	3 45
12	狙瀬	18	4 10	1 00	3 10
12	大里沿岸	8	4 40	1 00	2 00
12	興次兵衛	4	7 55	1 10	3 30
1	狙瀬	5	0	0	0
1	大里沿岸	17	21 10	30	4 50
2	〃	6	17 00	2 50	4 00
3	〃	4	0	0	0
計		268	132 16		
一日の平均潮待時間			29		

此の表によれば、浚渫船の潮待時間は最小0、最大5時 10分、平均0時 29分であり、毎日30分宛潮流のために空費するのも小さな損失ではありません。

尙當海面は大分玄海灘の方に出て居り、殊に新町沖は玄海を眞向きに受けて居るから、冬季は相當大きな波があります。此の爲に工事を施行すること不可能なるのみならず、時には工作船を避難せしめねばなりません。

以上の通りでありますから作業時間は大變に少く、此の爲に工費を増大しないかと心配して居ります。

以上に於て、種々と乙案の沈埋式に對する卑見を述べましたが、之れを約言すれば、當海面に於ては通航船舶の多きと、潮流急速なる爲に、實行上少からず困難が伴ふ様であります。鐵筒沈下の如き一時的作業は憩潮時を見計つて施行すれば敢て困難でもありませんが、鐵筒周囲のコンクリート工等は相當に困難かと思ひます。それで小職としては多少工法を變更して見たら、どうだらうと云ふ考も有して居ります。

小職の多年の経験によりますれば、當海峡では、剛に向ふに剛を以てすると云ふ戦法はどうもいかん様であります。それよりは柔能く剛を制すると云ふ作戰計畫をとつた方がよいらしい。之れを具體的に言へば、spud などは之れを使用せず、錨だけを使用した方が安全であります。又海上の作業は出来る丈簡單なるものとし、一度で成功しなければ二度と反覆して目的を達する。其の代り、陸上の作業は何程面倒でもよいと腹を定める。其の外に、海難に處する對策は常に之れを考慮し、安全第一を標語として工事を進め、餘り急がずに、緩くりやつた方がよいと思ひます。此の主義に従つて、大體次の様にしたら、沈埋式が實行出来るであらうかと思ひます。

先づ隧道の構造を附圖第七の様なものと假定しまして、之れを次の様にして造ります。

第一 塹溝を掘る 此の作業は相當の困難はあるだらうが、どうかこうか出來様と思ひます。此の作業は必ずしも spud を要しませぬ。

第二 強め用意してある假基礎の上に鐵筒を沈める 溝底に簡單なる guide を使用すれば、錨でも此の作業は出來相であります。尤も一度では成功せず、二度も三度もやり直すことがあるかも知れません。鐵筒の接合はきちんといかんかも知れんが、大體で満足し、それに何か簡單なる補助的の接合装置を加へ、必ずしも完全なる水密を望まぬことにする。従つて接合には水中コンクリートなどはなさぬ。又此の鐵筒は相當に厚くする。

鐵筒の代りに、オークランドに於ける水底隧道の様に concrete tube を使用するのも一案かも知れませんが、矢張り鐵筒の方が作業が簡單の様であります。

第三 先づ底部に礫を投入し、此の上に土砂を入れて塹溝を埋め返す 底部の礫の一部分は、鐵筒沈下の前に入れておくのもよい。即ち乙案の水中コンクリートの代りに、礫と土砂を用ふるのであります。此の作業も亦、相當の量が流失するものと初から覺悟してかゝれば出來相であります。

第四 内部コンクリート工を行ふ 此のコンクリートは相當に厚くする。鐵筒の接合が不十分なために洩水が多いだらうが、之れに對しては豫め鐵筒の兩端に近く bulk head を造りおき、之れに air lock 等を備へて、2本の鐵筒の接合部に一時的の air chamber を作り、此の部分だけに壓搾空氣を使用して作業すれば、大して困難も起らぬ様に思はれます。鐵筒の中央部のコンクリート工は無論普通の様にして出来ましょう。

尙底部の礫がうまく鐵筒の下に入らず、其の間に隙が出来れば、此の際に壓搾空氣を使用してモルタルを押し込む。

之れには豫め鐵筒の適當な所々に小孔を作りおき、之れを適當な方法で閉ちておき、之れにホースを附してモルタルを押し込む。之れには随分高壓の空氣を要するかも知れんが、それ位のものは何でもないでせう。尤も此の方法は果してうまく行くや否や、小職には充分な自信がありませんが、近頃は岸壁に使用するケーソンの下を、態々すかしておきて、此間にモルタルを押し込む人もあります。又水底隧道でもこんな様なことはやつて居るのではないでせうか。

上記の様にすればどうかかうか沈埋式でやれるだらうかとも思いますが、これはほんの皆様の参考に記したものに過ぎません。

皆てこれで工法に就ては一通り述べ終りましたが、甲案の壓搾空氣作業式及び乙案の沈埋式の何れが良案であるかと云ふ問題になると、小職には之れを裁定する知識も資格もないので、何等言を挟むことが出来ませぬ。しかし隧道の深さなどは船舶の通航に關係を有するから、海の技術屋として、少しく此の點に就て意見を述べさせて頂きたい。

當海峽は本邦に於ける最重要の航路であります。内務省に於ては先年來當海峽の改良工事を施工し、10米の水深を得るために浚渫及び除礁作業を行ひ、工費約1400萬圓の巨額を投じて、今や殆んど其の工を終らんとして居ります。現在に於てはスエズ運河は既に12米に増深の工事を完了し、パナマ運河は40呎の水深を有するが、更に水深50呎の運河を新に開鑿せんとする噂もあります。當海峽は此れ等運河と對應せざるべからざる使命を有して居りますので、將に完了せんとする10米の水深では既に不充分なので内務省に於ては近き將來に於て之れを12米に増深せんとする計畫があります。更に遠き將來を慮れば當海峽の水深は12米でも猶不充分の様であります。然らば何米にまで増深せざるべからざるものなりやの問題は、今直ちに之れを決定することは至難であるが、とにかく益々増深を要することだけは確實であります。隧道の深さは之れに支障を與ふことを許さざるを以て、出来るだけ深い方が安全であります。

次に當海峽の通航船舶は頗る多數に上るのみならず、之れに加ふるに潮流甚だ急激なるを以て、航海の至難なる事世界無比とも稱し得ます。

茲を以て航路の中員も亦充分に廣きを要します。先年内務省に於ては航路の法線は附圖第八の様に定めましたが、更に第二期計畫として、同圖に實線で示すが如く、西口の屈曲を修正すると共に東口に別に副航路を設けんとする議もあります。隧道の縦斷を定めるには、之れ等の情勢をも考慮中に加ふる必要があると存じます。

以上の情勢を念頭に留めて各案の縦斷面に就て少しく検討を試みませう。

甲案壓搾空氣作業式の縦斷面は附圖第二に示してあるが、これによれば、L.W. 以下隧道上面に至る深さは、中央水平部約 550 米間は 22.19 米を有し、之れより兩側に向つて上昇し、新町寄の法線に於て約 20 米、山底の鼻寄の法線に於て 16 米であります。これ位の水深があれば將來船舶の航行に障碍を與ふことは先づありますまいが、慾を言へば山底の鼻寄の方面にもう少し水深が欲しい様な氣もします。

乙案沈埋式の縦斷面は附圖第三に示してあるが、これによれば L.W. 以下隧道上面に至る深さは、中央水平部約 550 米間は 15 米であるが、之れより兩側に向つて上昇して、新町寄の法線に於て約 14 米、田の首寄の法線に於て約 10 米であります。中央水平部の深さ 15 米は果して將來に對して充分なるや否やの心配もありますが、此の點に就ては小職も自信ある意見を有しませんから、これに對しては當分意見を保留したい しかし、田の首寄の法線附近が 10 米の水深では近々施工せられんとする 12 米の増深が直ちに不可能になるから、此の點に就ては相當に考慮を要するものと思ひます。

次に航路の形態に就て研究するに、將來假に 15 米に増深するとすれば、其の時の 15 米深さの航路は、大略附圖第八に點線で示す様に、甚しく急な曲線を畫くことになります。現在に於ても田の首附近の航路は其の曲りが急なので、航海者は大變に迷惑して居ります。現在よりも船型の増大したる將來に於て、現在よりも急な曲線の航路を強ひらるゝのは、或は航海業者にとりて大變な苦痛かも知れません。又此の部分の中は約 550 米に狹窄されますが、これでは狹ま過ぎやせぬかと存じます。此の中は當海峡の最狹窄部明神鼻と同様であります。既に明神鼻に於て狹窄されて居る航路であるから、之れを田の首沖に於て再び狹窄するのも、敢て不可なきが如きでありますけれども、實際を考ふれば、此の問題はかく簡單に取扱ふべきものではない様であります。

明神鼻で船舶が安全に航海して居るのならよいですが、實際は仲々そうではありません。日本全國の海難の約半數は當海峡に於て惹起するが、更に其の内の過半は明神鼻附近で生ずるので、此の鼻を通過するには船長は肝膽を碎いて居るのであります。

それですから之れを標準にするのは船の方々に大變氣の毒な感もあります。田の首沖では明神鼻よりは潮流も緩く、水面も廣濶でありますから、明神鼻程に困難でないかも知れませぬが、何分曲線が急なので大船の航海は相當に困難と思はれます。一艘の船だけが通過する

のならばそんなに難儀でもないでせうが、他船を避けて自船の航路を選ばねばならぬ場合が多いのですから、其の時には少からず難儀を致ませう。茲を以て、既に明神鼻に於て困難を極めし船舶に對し、再び田の首に於て、第二の困難を與ふるのは情に於て忍びない様な氣がします。假に此の情は忍ぶとしても、萬一船舶が航法を誤り隧道の上に擱座衝突する様なことでもあれば、隧道が破損して由々敷大事變を惹起する恐がないでもありません。大正11年より今日(昭和2年6月)に至る約6箇年間に於て、當海面附近に於て、汽船の擱座及び沈没したる位置は附圖第九に示してあるが、其の船名等は次の通りであります。(山底鼻燈臺看守長通知其の他に依る)

1. 第二大正丸(614噸)大正11年2月21日夜擱座沈没。本船はAの位置に於て汽船若松丸(6000噸)と衝突したるを以て、沈没を免れるため淺瀬に乗り上げんとせしが其の目的を達せざりしものなり。
2. 平南丸(4363噸)大正11年6月28日夜間坐洲。間もなく自力にて離洲す。
3. 對馬丸(367噸)大正11年10月23日沈没。
4. 船名不明(4000噸級)大正12年3月30日夜間坐洲。同夜滿潮時に自力にて離洲す。
5. 船名不明(4000噸級)大正13年4月15日夜間坐洲。同夜滿潮時に自力にて離洲す。
6. 徳福丸(5856噸)大正13年5月18日坐洲。同日滿潮時に引き卸す。
7. 長順丸(2245噸)大正14年10月30日坐洲。同日引卸す。
8. せいぬ丸(6783噸)大正15年5月25日坐洲。同日滿潮時引卸す。坐洲中の本船に帆船太賀丸(150噸)接觸して同所に沈没したるが、10月15日之れを爆破除却す。
9. 神山丸(4243噸)昭和2年3月24日夜間坐洲。同月26日離礁す。

上記の如く随分多數の汽船が擱座しますが、此の内でも他船と衝突して沈没を免れんとするものは、吃水も既にうんと深くなつて居るのみならず、死にもの狂ひに全速力で、ところかまわず乗り上げるので、隧道にとりては殊に劍呑であります。この心配は新町寄の側には餘り多くありませんが、田の首寄の側には相當に大であります。(甲案に對しても亦此の點に就て多少の心配がありますので、慾を言へば山底鼻寄の方面に於て、もう少し深さが欲しいのであります)。

要するに、小職は乙案の中央水平部の深さ及び幅に就て、將來禍根を残さざるや否やの危懼の念を抱いて居るのであります。

以上に於て甲乙兩案の工法に就て記述しましたが、何れの案が良好であると云ふ様なことは小職として断定し兼ねますけれども、兩案共に一利一害はある様であります。それで兩者を折衷して、中央部は壓搾空氣作業式により、兩側(或は新町の片側だけ)は乙案の沈埋式によるのも一案ではないかと思ひます。斯くすれば大體甲乙兩案の長所だけを適用することが出来る様であります。しかし、果して兩案を混用することが出来るものか小職には不明であります。

何れにしても當海峡では施工上多大な困難があるのみならず、開通後も隧道上に船舶の擱座衝突する危険もあると認められますから、之れ等の點を十分に御調査あらんことを希望致します。

第二章 小瀬戸の連絡

關門隧道工事に附帶して重大なる問題は本土と彦島との間に介在する小瀬戸を如何にして連絡するかと云ふことであります。鐵道省では之れを埋立てることに大體決定してある様ですが、小職もこれには賛成であります。以下に其の意見を述べませう。

先決問題として小瀬戸を通過する船舶の調査が必要であるが、此の調査は未だ完了しないので精確なことは判らないけれども、大正 14 年 10 月に内務省下關土木出張所で一寸調査した見當では、大體次の様であります。

1. 通過船の種類及び大きさ

- (イ) 小漁舟(普通のもの) 長 20~30 尺
- (ロ) 發動機手繰船 長 30~50 尺
- (ハ) 鮮魚運搬發動機船 長 30~80 尺
- (ニ) 鮮魚運搬汽船 長 60~120 尺

(ホ) 雜種船(港務部汽艇, 水先案内人専用發動機船, 砂利運搬船, 小廻船等)

2. 通過船艘數(通り抜け 1 回を 1 艘と計算す)

一晝夜に約 300~350 艘(此の數は過大の様に思はれます)

3. 最も輻湊する時の船數

憩流時に小瀬戸で漁業に従事するもの、約 30 艘

であります。之れによれば艘數は稍多數であるが、船型はそんなに大きなものではありません。この船と鐵道との關係を如何に取扱ふかと云ふ問題になりますが、之れには

第一案 高架橋梁

第二案 低架橋梁

第三案 移動橋

第四案 海底隧道

第五案 埋立及び閘門

第六案 埋立

の 6 案が考へられます。次に各案に就て少しく陳述致します。

第一案 高架橋梁

小瀬戸を通過する船舶は、上に記した様に小型のものでありますから、水面上に必要とする空間は餘り大したものでなく、精々 20 米(?), 大抵ならば 15 米位でもよい様であります。之れを隧道と同じく 20/1000~18/1000 の勾配で昇降すれば、大した長さの approach も要しま

せん。又兩岸はすぐ山ですから、approach を作る事も大して困難でない様であります。従つて高架橋梁の案は鐵道本位に考ふれば敢て不良なる案でも無い様であります。しかしこれでは、後に記す埋立案の様な利益が得られませんから、大局から考ふれば最良の案でもない様であります。

第二案 低架橋梁

前に記した船舶の大部分は是非小瀬戸を通過せねばならぬものではなく、大瀬戸を通ればそれでもよいものであります。しかし、此の内の小漁舟だけはそうはなりません。此の舟の帆柱は倒すことが容易なので、水面上の空間は僅でよいから、此れだけを通すのならば極めて低い橋梁で充分であります。しかしこれ等の小漁舟は極めて小數でありますから、態々之れだけの爲に、橋を造るにも及びますまい。

第三案 移動橋

第四案 海底隧道

これ等の2案は案としては考へられますが、こんな大仰なことまでするには及びますまい。

第五案 埋立及び閘門

埋立に關しては第六案に詳記するから、茲では閘門だけに就て記述しませう。閘門に關しては小職は次の様な意見を有して居ります。

1 閘門の所に開閉橋を架けねばならぬが、鐵道と共に道路の連絡をも考へねばならぬので、随分面倒なものになりませう。又鐵道としては、此の開閉橋のために列車の運轉に少からぬ支障を來させよう。支線ならばともかく、幹線中にこんなものがあつては随分邪魔でせう。一日中に何度開閉せねばならぬのか、其の邊の見當は小職には不明であります。とにかく鐵道としては無い方がよい様に思はれます。

2 船舶通過のために閘門が是非必要であらうか？。前にも記した様に、小瀬戸を通過する船舶中の多數は是非之れを通らずとも、彦島を迂回すればそれでもよいのであります。彦島を迂回するには小蒸汽船ならば約一時間半を要するが、閘門で一時間も待たされる様な場合でもあるならば、寧ろさつさと彦島を廻つた方がよいかも知れません。時には帆船も通りますが、これ等は風の無い時には何日でも風待をするのが常習であるから、彦島を廻る位の時間をそんなにやかましく云ふ資格もありますまい。或は風の悪い時には、彦島は廻りたくとも廻れぬと云ふ人もありませうが、それ程の風の悪い時には、假に小瀬戸を通り得ても日本海へは出られないのであります。地元の小漁舟は閘門がないと一寸困りますが、これも新埋立地の兩方に碇繋場を設けることにすれば、却つて便利かも知れません。

要するに小瀬戸は通れるから船が通つて居るので、無ければ無くてもすむ所らしい。こんな所に閘門を造るのは餘程の考へ物と思ひます。實例などを見てもどうしても船がそこを通

らねば絶対にいかぬと云ふ様な所に閘門が設けてある様であります。

以上述べた通り、閘門は是非必要なものでもない様であります、ざりとて、あれば船舶にとりては便利には相違ありません。此の便利と鐵道の不便とが何れが大であるかと云ふ問題に歸着しますので、其の邊を考へますれば小職は無の方がよいと思ひますけれども、何分にも鐵道の事をよく知らぬので鐵道の不便さを判断する能力がありませんから、決定的の意見を立て兼ねます。

これで閘門だけのことを述べましたから、次に埋立のことを述べませう。

第六案 埋 立

鐵道省に於ては小瀬戸を埋立てることになつて居りますが、小職も亦之れには賛成であります。

埋立のために生ずる利益の内でも最大なるものは、下關市と彦島との間に介在する水面積約 230 萬方米(約 70 萬坪)が蘇生することであり、此の大水面積は從來空しく放棄されてありましたが、此の原因には種々ありますけれども、主たるものは潮流があるためであります。小瀬戸を埋立つれば潮流がなくなるので當海峡内で最も良好な水面に更生します。下關港は平靜なる水面の不足を感ずること切實なるものがあります。又門司港には相當の水面積がありますけれども、何分にも潮流があるので其の利用率悪しく、久しく水面積の不足を訴へて居ります。此の際に當りて上記の大水面を復活せしむるのは、獨り地方のみならず、國家としても亦大なる利得であります、水面が平靜となれば、門司港の船舶の一部は直ちに錨地を當水面に變更するに至るやも或は計り知られません。

尙埋立をなせば其の地積を種々の施設に利用し得るのみならず、其の他附隨的の利益が少くありません。此れ等の利益は橋梁等の案ではとても獲得することの出来ぬものであるから、埋立案は最良のものとして存じます。前にも記した様に、鐵道のみを主體として考ふれば、或は橋梁でもよいかも知れませんが、大局から見て、是非埋立案の採用されんことを希望します。

偕て小瀬戸を埋立てるには、このために、

第一 大瀬戸の潮流が急にならぬか、

第二 附近の水位が高くならぬか、

第三 下關と彦島との間の水面に土砂を沈澱せしめざるや

の 3 項を、豫め研究しておく必要があります。第一は航海上に大に必要があり、第二は陸上の構造物殊に下水の吐出などに影響があります。又第三は水深の維持に関係があります。殊に、現在の關釜連絡棧橋の前面は、以前は門洲があつて大變に淺かつたが、先年關門海峡改良工事で之れを浚渫掘り割つたものであります。此の水深は小瀬戸への潮流で完全に維持さ

れて居りますが、其の作用が無くなると、此の海面が浅くならぬかと云ふ心配があります。若し埋る様ならば鐵道省でも困らるゝ譯でありますから、豫め対策を考へておかねばなりません。

これ等は極めて重要な事項でありますから、聊か研究を試みましたが、其の結果は卷末の附録、「小瀬戸締切の研究」に記述してありますが、これによれば「何れも大した影響を受けず」と云ふ見當であります。しかし上記の研究はほんの大體の推論であつて、必ずしも的確なるものではありません。元來此の種の問題は頗る解決の至難なるものでありますので、小職の如き淺學の者は到底完全なる結論は得られませんから、他に水理専門の學者方に御研究を願ひたいと思ひます。或は又模型を造つて水を流して見るのも一方法であります。幸に九州帝國大學で君島博士が水理實驗場を創設せられましたから、同博士に依頼するのもよいかも知れません。或は鐵道研究所、又は内務省の土木試験所で研究を願ふのもよい。尤も現在の水理學の發達の程度では此の種の問題に的確なる結論を與ふることは不可能かも知れません。しかし出来るだけの研究はなさねばなりません。小職も更に研究致しませう。

以上で小瀬戸の連絡に對する第一案以下第六案の提案に亘りて一々卑見を述べましたが、之れを綜合すれば、小瀬戸の連絡には鐵道省で決定された通り、埋立てるのが最も良策と認められます。

附 録 小瀬戸締切の研究

本文に記した様に、小瀬戸を締切れば

- 1 大瀬戸の潮流が急にならぬか、
- 2 附近の水位が高くならぬか、
- 3 下關と彦島との間の水面に土砂を沈澱せしめざるや

の三つの心配がある。次に此の三つに就て聊か研究を進めて見る。

1 大瀬戸の潮流が急にならぬか

鐵道省でも既に此の問題を研究して、其の論説は「關門隧道工事設計説明書——附小門海峡埋立に關する研究」中に書いてある。これによれば、小瀬戸を締切れば、

大瀬戸に於ては約 5% の流速増大し、

早瀬瀬戸に於ては約 2% の流速減少す

と結論してある。此の論説の様に該問題を取扱ふのも一方法ではあるが、更に他の方面よりも推理することが出来る。早瀬瀬戸に對する影響は暫くおき、茲では大瀬戸の潮流に及ぼす影響のみに就て論ずる。

市瀬工學博士は土木學會誌第七卷第五號（大正 10 年 10 月）に於て、下關海峡の潮流に

關し、其の御高見を發表して居られる。之れによれば、

D …中等潮位に對する潮位の轉置 (displacement of tidal level)

h …水 深

とすれば、 h の平均流速 v は

$$v = C\sqrt{D \cdot h}$$

であつて、式中の C は

$$C = \alpha + \beta\sqrt{D}$$

で示すことが出来る。従て v は

$$v = f(D)$$

で表はすことが出来、 v の變化は D の變化に伴ふと稱することを得る。

却説當海峽の潮流は、太平洋中で誘起せられる潮波に原因するもので、其の source は頗る巨大である。今小瀬戸を締切つたとしても、之れ位の變化は潮汐の source に對しては些々たるものであるから、此の爲に大瀬戸の D が變化を受けるとは考へられぬ。従て v も亦殆ど變化せぬと結論し得る。市瀬博士も亦此の意見を保持せらるゝ様に推量せられる。

上記の結論は一應合理的であるが、何だか多少物足らぬ様な氣もするから、次に流量の關係を調査して意見を立てゝ見よう。市瀬博士の論說によれば

A 横斷水面積

B 同 水面幅

とすれば、動水平均深 H は

$$H = \frac{A}{B}$$

であるが、全斷面の平均流速 V は

$$V = C\sqrt{D \cdot H}$$

であつて、

水位が中等潮位より高きときは、西流

同 低きときは、東流

である。次に流量 Q は

$$Q = V \cdot A$$

である。

却説問題を解決するには、

明神鼻断面の流量

弟子待断面の流量

小瀬戸断面の流量

の三つを考へねばならぬが、先以て前二者に就て考へよう。

市瀬博士の研究によれば

明神鼻断面では $C = 0.084 + 0.212\sqrt{D}$

田の首断面では $C = 0.176 + 0.217\sqrt{D}$

である。

又兩断面の潮位は同博士の調査されたものによれば附圖第十の通りである。尤も當海峡の潮位は、其の後大分永く看測してあるから、之を繰むれば附圖第十と多少異つたものが出るだらうが、問題の性質としては到底充分な精密さを詮議する譯にも行くまいから、こゝでは同博士の調査によることにして置かう。

これで H. W. O. S. T. 及び L. W. O. S. T. の流量を（同博士の論說中にある圖表なども利用して）計算すると第四表となる。

断 面	中等潮位 (尺)	潮 位 (尺)	流 向	中等潮位に對する轉置 (D) (尺)	動 水 平 均 深 (H) (尺)	流 速 (V)		横斷水面積 (A) (平方尺)	流 量 (Q) (立方尺 毎秒)
						尺毎秒	哩毎時		
明神鼻断面	(+).190	H. W. O. S. T. (+) 9.065	西	4.875	55.10	8.97	5.35	118 500	1 060 000
		L. W. O. S. T. (-) 0.635	東	4.875	50.38	8.59	5.05	98 500	840 000
弟子待断面	(+).765	H. W. O. S. T. (+) 8.224	西	3.459	44.89	7.20	4.50	169 500	1 220 000
		L. W. O. S. T. (+) 1.336	東	3.459	39.16	6.62	3.92	142 000	940 000

潮候時は

明神鼻 IX 時 19 分

弟子待 IX 時 42 分

であつて、其の差は 23 分であるから、上表の流量の起る時刻には大略これだけの差がある。同一時刻に於ける兩断面の流量を算出するのも、さまで困難ではないが、第四表とは大した相違もなからうから、假に第四表の流量が同一時刻に起るものと見れば、弟子待断面のものは明神鼻断面のものよりも西流東流共に大である。元來明神鼻断面の流量は弟子待断面及び小瀬戸断面の流量の和に近かるべき筈である。

然るに、弟子待断面の流量が明神鼻断面の流量より大なることは少しく解し難い。これは、此の間の海面が一種の貯水池の様な作用をなすのかも知れぬが、主として理論が不完全な爲

にこんな矛盾が起るのであらう。しかし、何れにしても此の結果により、小瀬戸断面の流量は大したものではなく、殆ど無視してもよいものであることだけは推測し得る。果して然らば、小瀬戸を締切つても大瀬戸の潮流には大した變化を與へずと結論しても差支があるまい。

以上は市瀬博士の所論を根據として説を立てたものであるが、次に別の方面から推論して見よう。

海軍海圖第 6 035 號、下關海峡潮流圖によれば、明神鼻の流速が最大なる時刻に於て、明神鼻、弟子待及び小瀬戸の流速は**第五表**の通りである。

断 面	西 流		東 流	
	速 度 呎毎時	速 度 尺毎秒	速 度 呎毎時	速 度 尺毎秒
明神鼻断面	5.50	9.36	5.50	9.30
弟子待断面	4.00	6.77	4.25	7.18
小瀬戸断面	3.25	5.50	5.00	8.45

本表記載の明神鼻及び弟子待断面の流速は、海面以下 30 尺迄の平均値、小瀬戸断面の流速は海面以下 7 尺の所のものであつて、而も何れも各断面の幅員の約中央に於けるものである。従つて本表の流速は、全断面の平均流速ではない。

然るに同圖によれば、最強流は

明神鼻附近 6.5 乃至 8 呎毎時

小 瀬 戸 5.5 呎毎時

に達することもあつて、**第五表**よりは大變に速い流速もあることを示して居るから、假に**第五表**を全断面の平均流速と見ても大した差支もない様である。更に又、上表の西流は H. W. O. S. T. 東流は L. W. O. S. T. の時に起るものであると假定しても、之れ亦大した差支はない様である。故に H. W. O. S. T. 及び L. W. O. S. T. の時の横断面積を、明神鼻及び弟子待のものは**第四表**のものを使用し、小瀬戸のものは附圖第十一より採り、各断面の流量を計算して見ると**第六表**になる。

断 面	西 流				東 流			
	潮 位	速 度 (V)	横断面積 (A)	流 量 (Q)	潮 位	速 度 (V)	横断面積 (A)	流 量 (Q)
		呎毎秒	平方尺	立方尺毎秒		呎毎秒	平方尺	立方尺毎秒
明神鼻断面	H. W. O. S. T.	9.30	118 507	1 100 000	L. W. O. S. T.	9.30	98 500	915 000
弟子待断面	"	6.77	169 500	1 420 000	"	7.20	142 000	1 022 000
小瀬戸断面	"	5.50	13 848	75 200	"	8.45	10 092	84 500

此の表でも亦**第四表**と同じく、弟子待断面の流量は、明神鼻断面のものよりも西流東流共

に大であるから、前と同じく小瀬戸を締切つても、大瀬戸の潮流には大した變化を與へぬとの結論を得る。しかし、假に小瀬戸を締切れば此の斷面の流量が弟子待斷面の流量に加はるものとして、弟子待斷面の流速を計算すれば

西流で 4.0 湊毎時 のものが 4.3 湊毎時

東流で 4.25 湊毎時 のものが 4.6 湊毎時

となる。何れも其の増加は極めて微少であつて、敢て意に介するに足らぬ。

更に又別の方面から觀察を下すに、以前の大瀬戸には與次兵衛暗礁があつて、航海者に多大の困難を與へて居たが、關門海峡改良工事により之を除却した。其の斷面の變化は附圖第十二の通りである。今大瀬戸と小瀬戸とを合せて考へ、與次兵衛暗礁除却前と同暗礁の除却及び小瀬戸締切後に於ける、横斷水面積の變化を調査するに第七表の通りである。

第七表

潮位	與次兵衛暗礁除却前			與次兵衛暗礁除却及小瀬戸締切後 (B)	A-B	$\frac{A-B}{A}$
	大瀬戸	小瀬戸	計 (A)			
H. W. O. S. T.	152 400	13 848	166 248	160 500	5 748	0.035
L. W. O. S. T.	123 000	10 092	133 092	131 100	1 992	0.015

即ち小瀬戸を締切つても、與次兵衛暗礁除却前の横斷水面積の 1.5~3.5 % を失ふに過ぎない。従つて小瀬戸を締切つても、大瀬戸の潮流は與次兵衛暗礁除却前と大差がないとの結論を得る。尤も流速は横斷水面の外に水深の變化の影響を受けるもので、此の點より云へば與次兵衛暗礁の除却は、却て大瀬戸の流速を増加した氣味があるけれども、今は假に此の點は第二義と考へて論じたのである。尚ほ與次兵衛暗礁除却前は此の附近に亂流があつて航海者に困難を與へて居たが、除却後は流れが整正されて航海に好都合になつたものである。

以上各方面より論じたが、之れ等より歸納すれば、

小瀬戸を締切るとも大瀬戸の流速には大なる變化を與へず、

少くとも與次兵衛暗礁除却前よりは潮流の具合が悪しくはならぬ。

と結論し得る様である。

上記はほんのざつとした議論で、學術的には大した興味のある立論ではない。元來當海峡の潮流を論ずるには、不定流の理論に立脚しなければならぬが、自分には未だ其の準備が乏しいので、此の點よりして妙味ある議論は立て難い。何れ更に不定流を研究して意見を立てて見たいと思つてゐる。

2 附近の水位が高くならぬか

小瀬戸を締切れば、之れを通過せんとする水の velocity energy が height energy に變り

て、附近の水位を高くする心配がないでもない。既に 25 頁に記した様に、小瀬戸の最強流は 5.5 湮毎時 (9.3 尺毎秒) であるが、之れに對する水頭は、

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{9.3^2}{2 \times 32.2} = 1.34^{\text{尺}}$$

である。1 尺以上も水位が昇つては多少他に影響を及ぼすかも知れぬが、しかし上記の 5.5 湮毎時の流速は、或る水線に於けるもので、全断面に就てのものでないから全断面としては之れよりは大分小であらう。そうすると全断面としては、水位は上記の計算の様に昇るまい。更に又、直ぐ傍に大瀬戸もあるから、水流は全部阻止される譯ではなく、従つて velocity energy の總てが height energy に變化することもあるまい。果して何程の變化があるか、明に推論することは困難であるが上記の計算よりは大分少からう。

然らば小瀬戸を締切つても附近の水位は、決して陸上の構造物などに影響を及ぼす程には昇るまい。

3 下關と彦島との間の水面に土砂を沈澱せしめざるや

小瀬戸を締切れば潮流が緩になるので、彦島方面の水面、殊に本文に述べた様に現在の關釜連絡棧橋の前面を淺くする心配がある。

更に又、將來此の海面を浚渫するが如きことでもあれば、其の維持が問題である。

由來當海峽の成立に就ては地質學上未だ定説を聞かぬが、往古に於ては、兩岸は連絡してゐたと云ふ人もある。斷層其他何等かの地變によりて、其の間に水流を生じたが、潮汐の作用によりて其の流速頗る急激なるものがあるので、此の爲に流し去らるべき土砂は漸次外海に搬出せられ、現在に於ては水流の力の及ばぬ硬質のものゝみが殘留するものと考へらる。従て大體より論ずれば當海峽は埋るよりは、寧ろ深くなる傾向を有するらしい。

大體論としては上記の通りであらうが、特殊の場所では必ずしもそうではない。關門海峽改良工事に於て海峽の航路筋並に門司及び下關港内を浚渫したが、多くの場所は水深を其の儘保持して居るけれども、所々に土砂の堆積する部分もある。此の内最も顯著なるは彦島の田の首沿岸で、次は門司港内の門司洲である。これ等の場所では、水流が緩になるので己の保持する土砂を落すのであるが、これと同じく彦島方面の海面でも、潮流がなくなりて水が清むことになれば、土砂を沈澱せしむると思はるゝ。然らば其の量は何程であらうか。これが極めて難問題である。

關門海峽改良工事でも浚渫跡の水深を維持する必要があるもので、年々の堆積量を調査したが、どうも精確なることが判らない。と云ふのは現在は未だ工事中で、人爲的に海峽内の土砂の平衡を攪亂して居るから、自然の状態で堆積量が知り難いのである。例へば、工事の都合上、一定の箇所を一氣に引續き浚渫することが出來ず、時を隔て、部分的に仕事をする

ので、其の間に未浚渫部の土砂が既浚渫部に崩れて来て堆まる。又浚渫中に流れ出した土砂が他に沈澱する。更に又、所によりては、初めは相當に土砂が堆るが、或程度に達した後は、餘り堆らぬ様である。即ち堆り方が不同である。

こんな譯で精確なことは判らないが、極めて概略の見當では、年々に堆積する土砂の厚さは

田の首沖は、少ない處で 0.36 尺、多い處で 0.86 尺、平均 0.48 尺

門司洲では、少ない處で 0.09 尺、多い處で 1.77 尺、平均 0.29 尺

位である。此の外少し宛堆積する處もあるので全般を通じて、年々 3~4 萬坪（舟坪）位を浚渫すれば、水深を維持し得る見込である。坪數は斯く不明瞭ではあるが、大體論としては、大量の土砂が沈澱せずと云ふことだけは確實である。元來當海峽の海水は頗る清澄で何等の混濁がないので、多量の土砂は保持しては居らぬ。しかし海底には幾分の流砂があるが、其の量は大したものではないらしい（之れが所々に堆まるのである）。曾て東京帝國大學の永山教授が廣井博士の指導の下に、當海峽の海水の含砂量を試験せられたが、其の結果によれば、殆んど土砂を有しては居らなかつた様に記憶する（確かなことは永山教授の御指導を仰ぎたい）。更に實地の狀況を考察して見るに、當海峽内には小さな船溜が所々にあるが、これ等は其れに吐出する下水の汚物などで、淺くなるけれども、外から土砂が入りて堆ることはない様である。殊に小瀬戸締切後の當海面に似て居るものは福浦灣（大分小ではあるが）であるが、此の灣も沿岸の土砂が流れ出て多少淺くなつたけれども、外からの土砂で堆つた形跡がないと云ふ附近の人の話である。

以上より推測すれば、彦島方面の海面に堆積する土砂は大量ではないと思はる。因に當海面には沖ノ洲なる大きな洲があるが、先年小磯の實施した地質調査によれば、此の洲の土質は、硬軟の差こそあれ、彦島本土のものと同じであるらしい。これより推測すれば、當海面も亦往古は陸であつたが、水のために侵蝕されて海になつたものらしい。尙又當海底には、所々に大きな轉石がある。これ等より考ふると、此の海面に存在する土砂は水流が運んで來たものではなくて、もとから存在して居たものであるらしい。水流が運んで來たものなれば、之れを浚渫した場合には、直ちに埋まりて原狀に復する虞れがあるが、もとから存在したものなれば、之れを浚渫すると、原狀に復する虞れが少ない譯である。

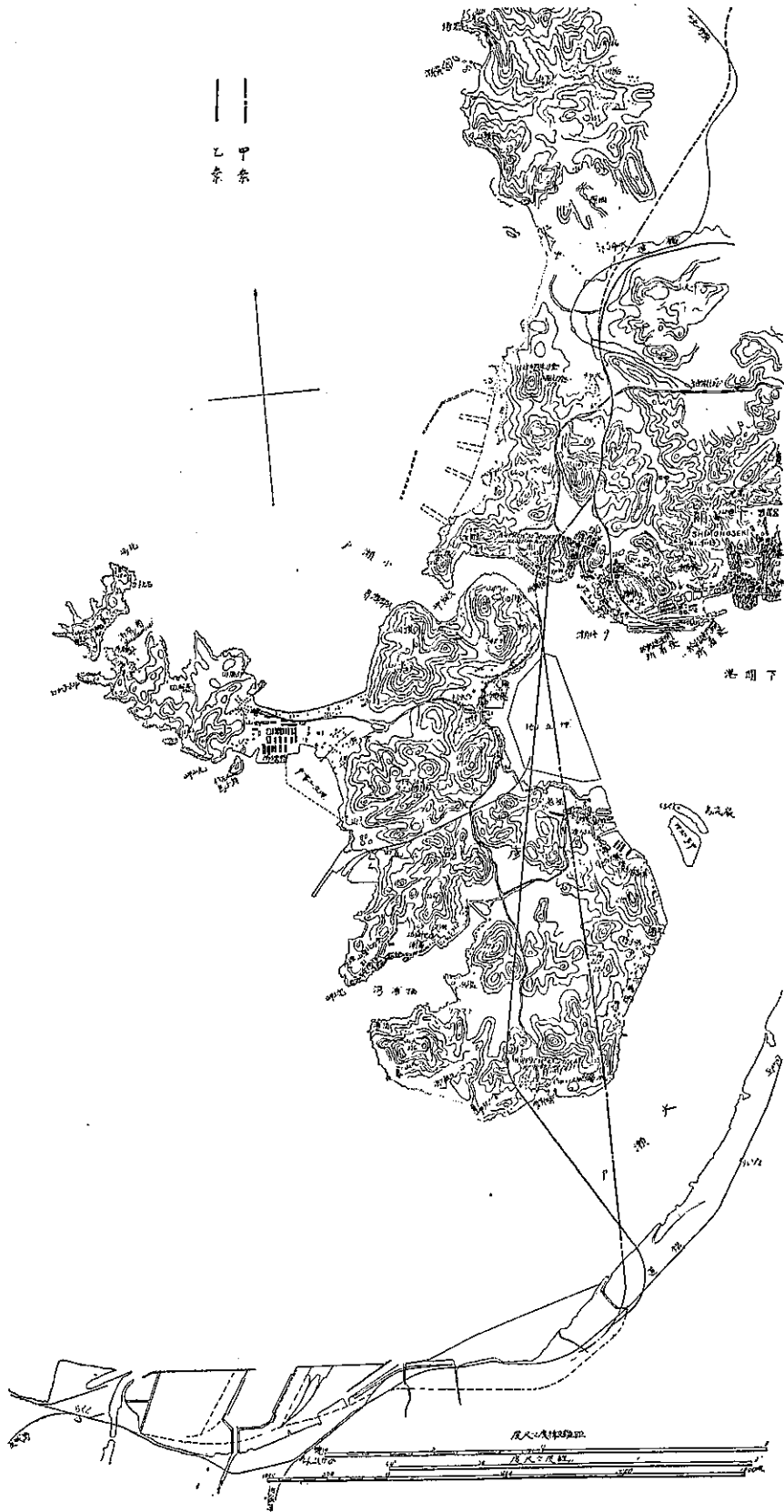
次に沈澱する土砂の品種を知る必要がある。關門海峽改良工事の浚渫跡に沈澱する土砂は殆んど貝殻のみであるが、彦島方面にもこれが堆るであらう。此の砂は頗る浚渫に容易なるものであるから、水深の維持には多額の費用を要しない。

更に又、此の砂は何れの方面より來るかと云ふことも調査する必要がある。海軍海圖第 6035 號下關海峽潮流圖によれば、門司港では東流の場合には殆ど渦流がないが、西流のと

きには大分大きな渦流がある。門司洲に土砂を落すものは、主として此の渦流と認めらるるが、そうすると砂は東方より来るものらしい。幸に土砂は殆ど貝殻のみより成立して居るから、此の貝の發生地を調査すれば、砂の根原地も知り得る譯で、以前より之れを調査して見たいとも思つて居るが、未だ其の意を果さぬ。尤も小職には動物學上の知識がないので、こんな調査が出来にくいから、誰れか地質學方面の人にでも依頼したいと思つて居る。

要するに未だ充分な材料がないので、確定的なことは言ひ兼ねるが、以上によりて判断すれば小瀬戸を締切れば、彦島方面の海面には土砂は沈澱せずとは保證し難く、寧ろ沈澱する方が確實であるが、其の量は大了なものではなく、水深の維持には多額の工費を要すまい。凡そ港灣なるものは、一種の矛盾を有するものである。水面は静平なるを欲する。然るに土砂を有しない水は殆どないが、此の水が流れねば土砂を落すのが當然である。この土砂をまた嫌ふ。こんな矛盾を有しない水面は天下にない譯であるから、何れの港でも多少の差こそあれ、水深の維持には相當の工費を投じて居る。従つて當海面に於ても亦相當の維持費を要するのが當然である。小瀬戸を締切つて假に現在の鐵道棧橋の前が淺くなり、此の淺渚のために多少の工費を要するとしても、其の代り連絡船の發着に多大の便宜を得ることを考ふれば、必ずしも此の金は惜いものではなからうと思ふ。これ位に腹をくゞれば、小瀬戸の締切を斷行してもよからう。しかし學術的に研究する餘地が未だ大にあるから、充分調査の上で決定せねばならぬ。

附圖第一 關門隧道路線圖

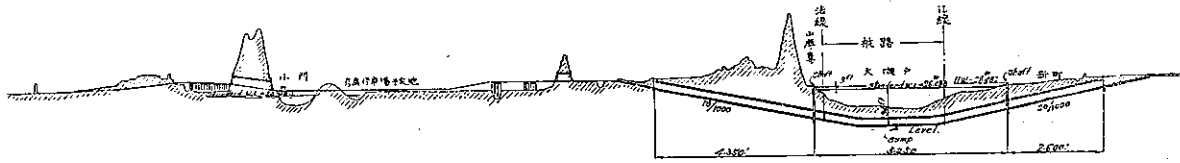


(土木學會誌第十六卷第六號附圖)

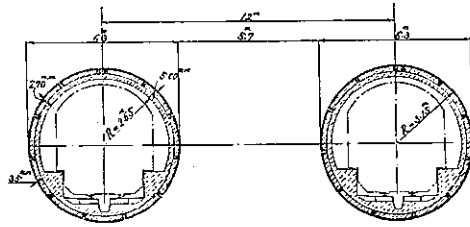
2-914

附圖第二 關門隧道計畫圖(壓排空氣作業式)

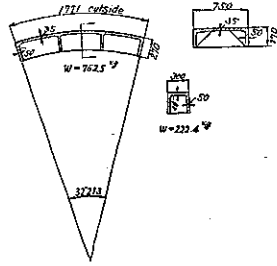
縱斷面圖



隧道斷面圖

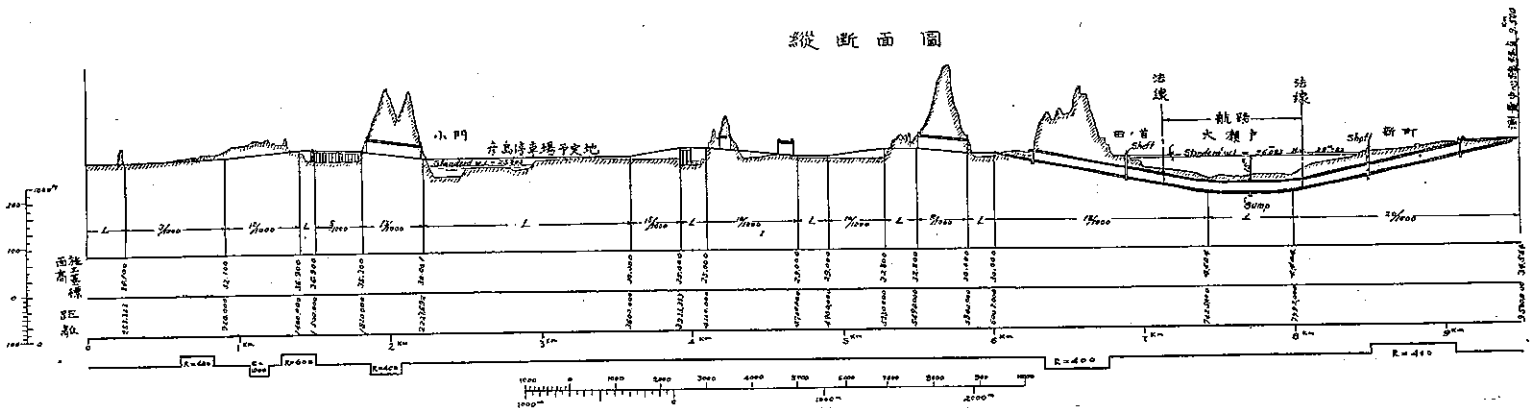


鐵管詳細圖

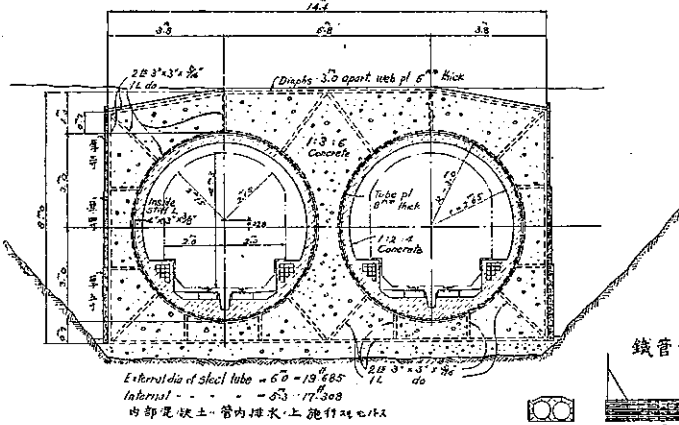


附圖第三 關門隧道計畫圖(沈埋式)

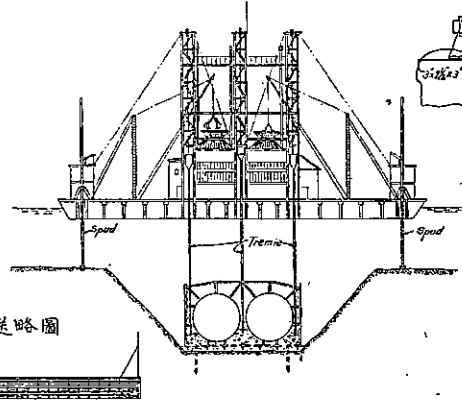
縱斷面圖



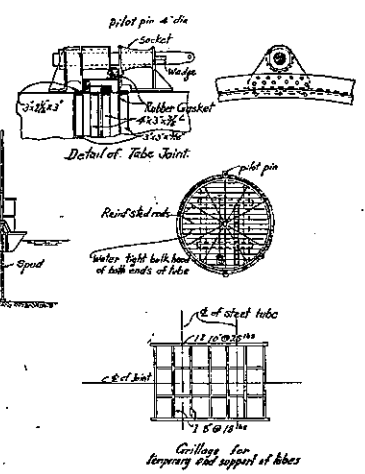
隧道斷面圖



外部混泥土施工方法略圖



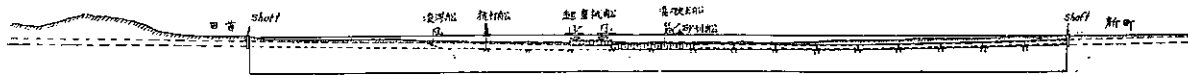
兩管接合方法圖



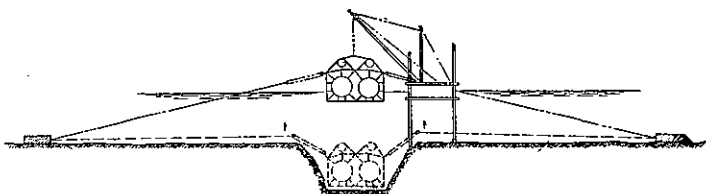
鐵管浮送略圖



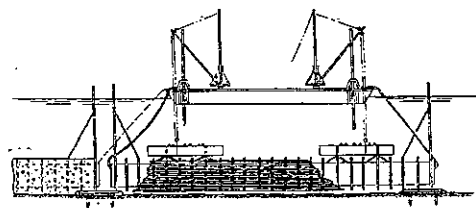
海底工事施工方法略圖



鐵管沉下作業圖

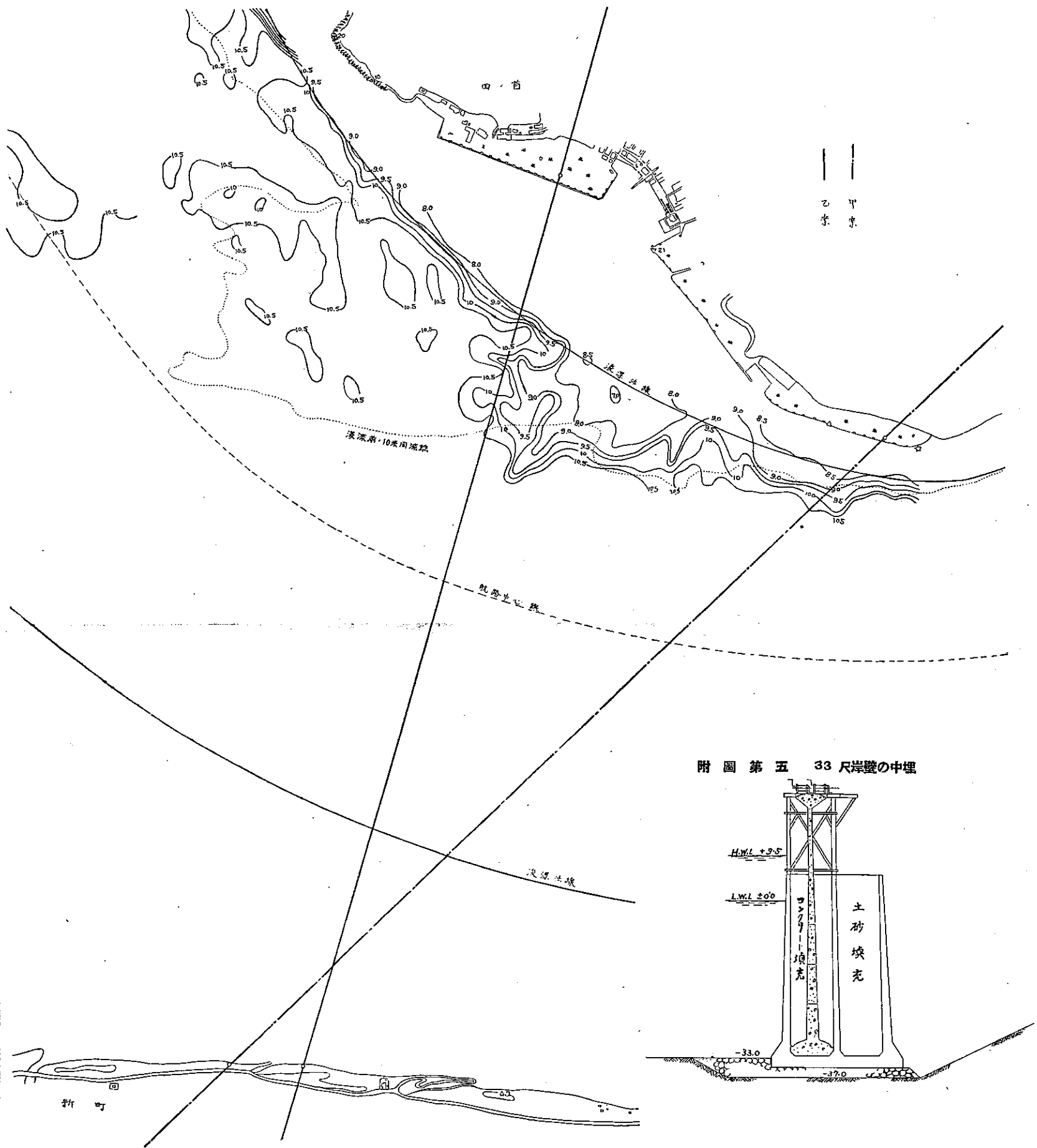


鐵管沉下後接合作業圖

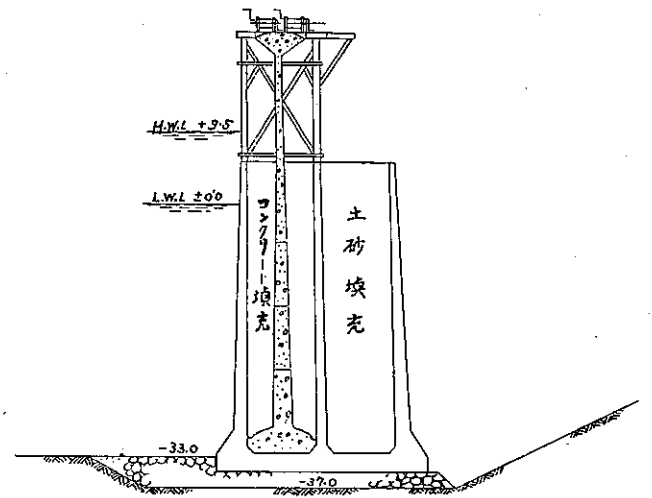


(土木學會誌第十六卷第六號附圖)

附圖第四 田ノ首沖浚渫線埋設圖



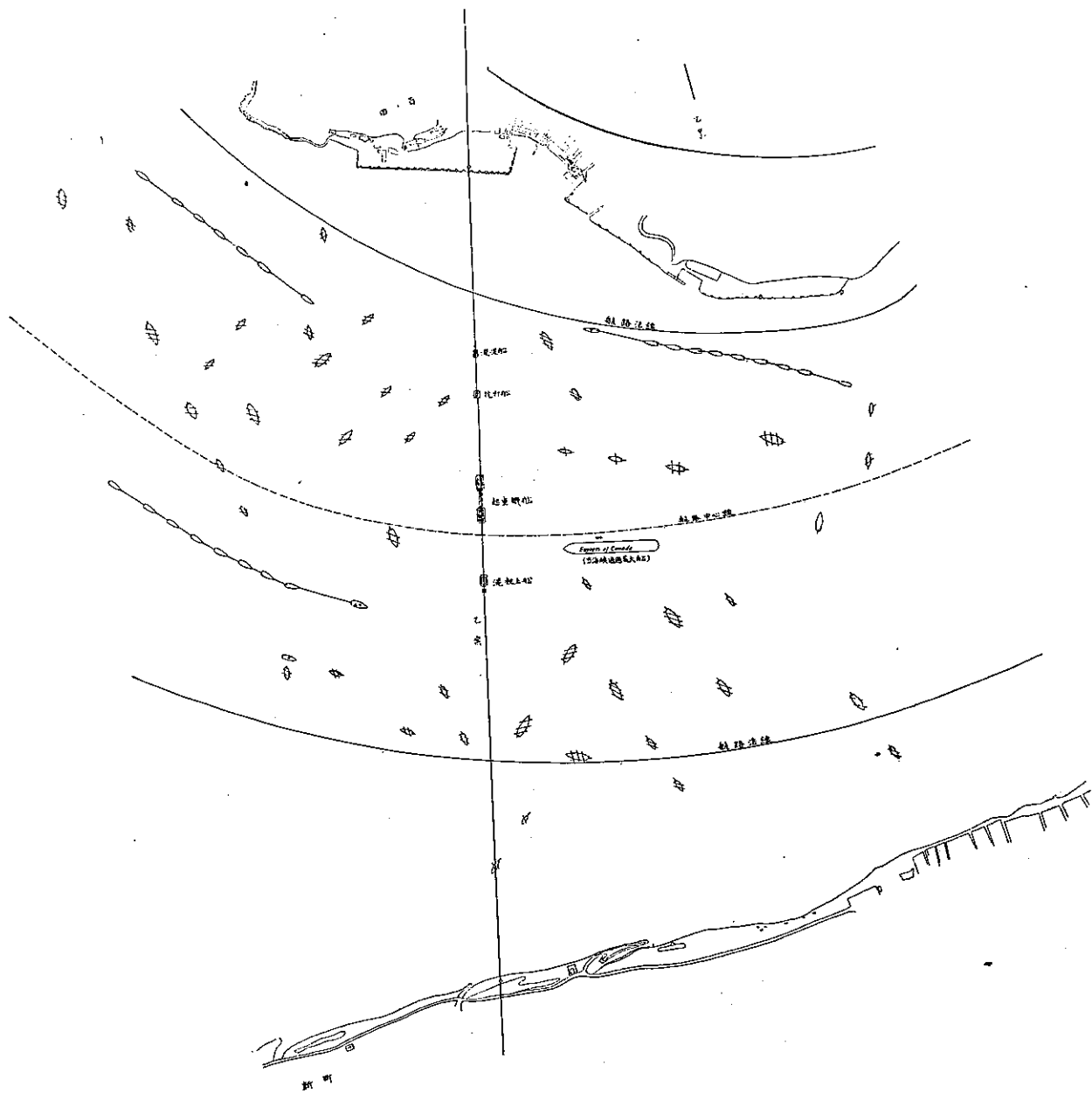
附圖第五 33尺岸壁の中埋



土木學會誌第十六卷第六號附圖

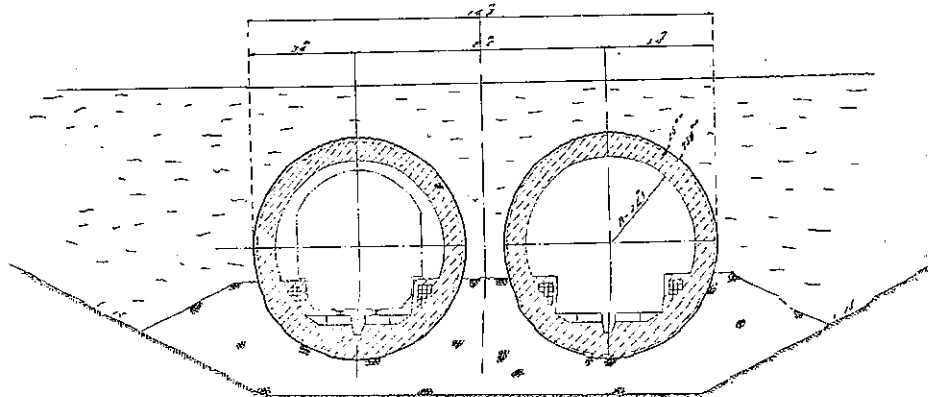
7-976

附圖第六 工作船と通過船舶との關係大要圖



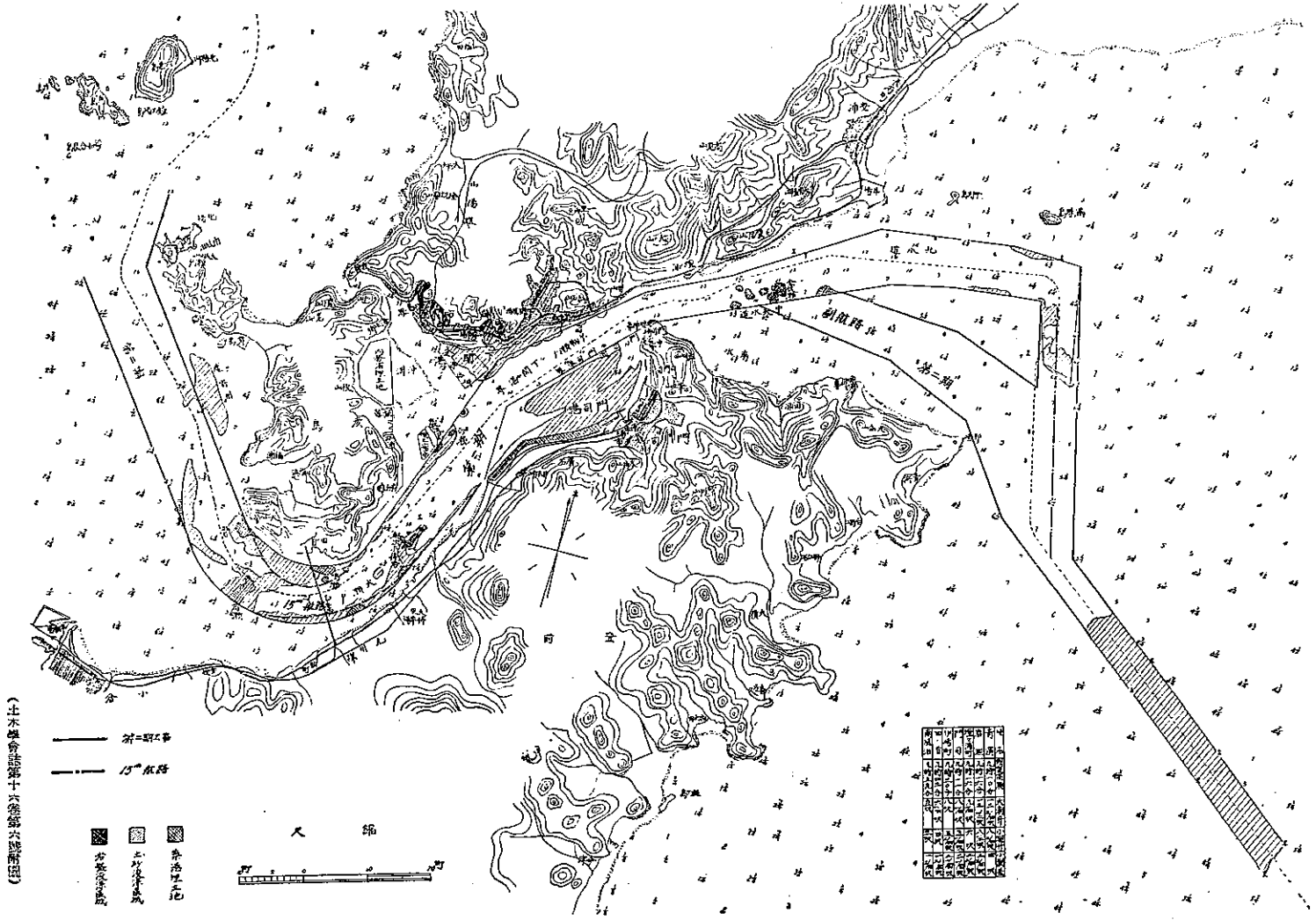
附圖第七 斷面の大要

縮尺



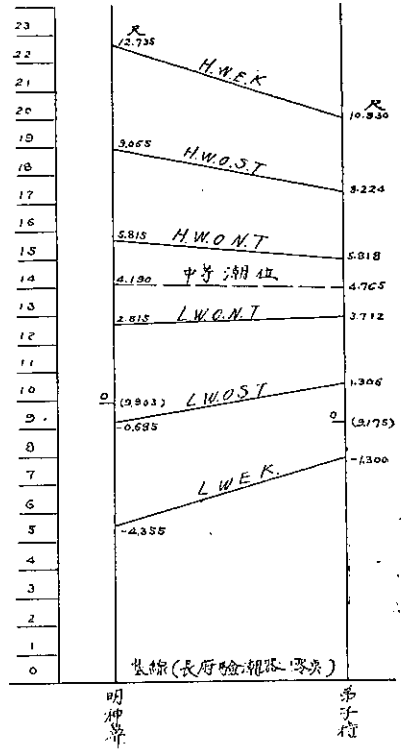
土木學會誌第十六卷第六附圖

附圖第八 關門海峽改良計畫圖



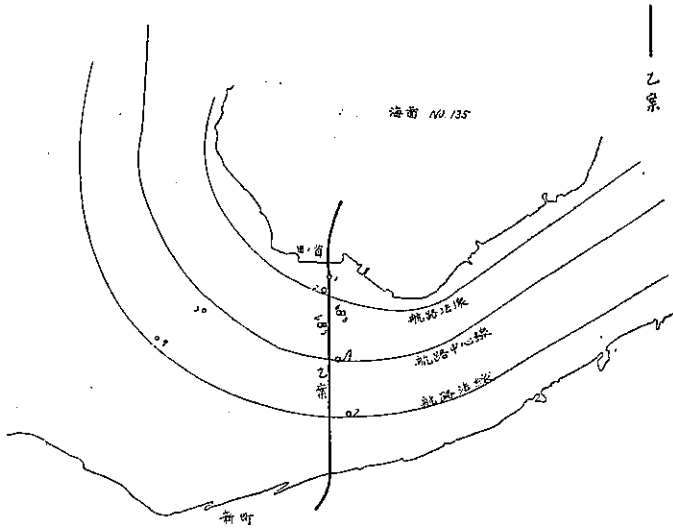
(土木學會誌第十六卷第六號附圖)

附圖第十 明神鼻及弟子待の潮位



(.....) 驗潮站零度、基準上1高47
 其他、各驗潮站、清：ゲル。

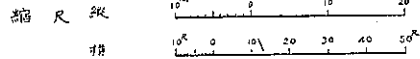
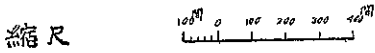
附圖第九 乙案線路附近汽船擱坐位置圖



附圖第十一 小瀬戸断面圖

断面位置指示用平面圖

海圖第三百三十五號字

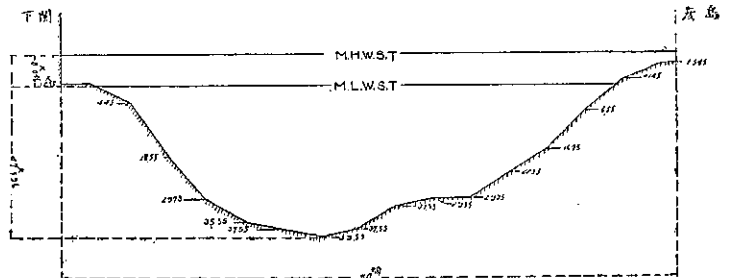
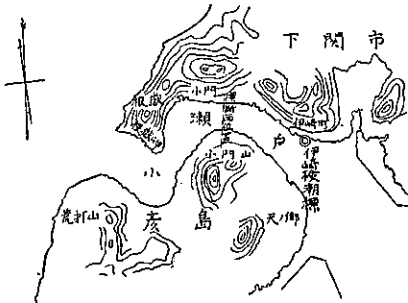


備考

M.L.W.S.T 以下、断面積=10032 平方尺
 M.H.W.S.T 以下、断面積=12818 平方尺

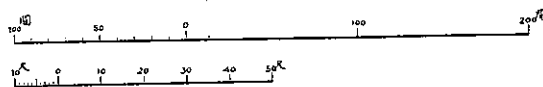


(土木學會雜誌第十六卷第六號附圖)



附圖第十二 大瀨戶斷面圖

縮尺 { 橫
縱
備 考

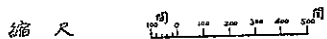


- 1 M.H.W.S.T = 弟子持松湖標 16.88
- M.L.W.S.T = 弟子持松湖標 2.333
- 2 M.H.W.S.T以下断面積淺部 = 152400平方丈
- M.L.W.S.T以下断面積淺部 = 140500平方丈
- M.L.W.S.T以下断面積深部 = 123000平方丈
- M.L.W.S.T以下断面積深部 = 131100平方丈

單位尺
水深尺

断面位置指示圖

海圖百三十五號字



(土木學會誌第十六卷第六號附圖)

