

# 論 說 報 告

土木學會誌 第十五卷第十一號 昭和四年十一月

## 海中に於ける沖の山炭鑛潜函式 井筒沈下工事報告

會員 工學士 松 田 健 作  
准員 篠 川 辰 次

Report on the Well-sinking by the Caisson Process  
in the Sea, at the Oki-no-yama Coalmine

By Kensaku Matsuda, C. E., Member and  
Tatsuji Shinokawa, Assoc. Member.

### 内 容 梗 概

本文は沖の山炭鑛に於て石炭探掘用堅坑築造の爲海中に築島せず、潜函を應用して井筒を沈下した工事の概要を述べたるものである。

### 目 次

第一章 緒 論	2
第二章 沿 革	3
第三章 設 計 概 要	4
第一節 總 論	4
一 井筒の計畫, 二 型式, 三 大さ形状, 四 井筒の高さ,	
五 井筒の厚さ	
第二節 井筒の構造	9
一 井筒の構造, 二 枠沓, 三 鐵筋, 四 混凝土	
第三節 設 備	10
一 設備の順序, 二 製造臺, 三 型板, 四 浮動裝置	
第四節 井筒の重心, 浮心	13
第五節 井筒の基礎	13
第六節 井筒の沈下	13

第七節 井筒の接手	13
第四章 施 工	14
第一節 施工準備	14
第二節 井筒製造及沈置	14
一 製造臺据付, 二 遺形建て, 三 鐵筋組立, 四 型枠組立,	
五 混凝土施工, 六 型枠外し及上塗, 七 進水準備, 八 進水,	
九 現場沈置, 十 接手作業	
第三節 井筒沈下	17
一 浚渫, 二 排水作業, 三 爆發沈下	
第四節 場所詰混凝土	22
第五節 第三紀層開鑿設備	22
第五章 工 費	22
第六章 結 論	22

## 第一章 緒 論

爰に潜函式井筒と言ふのは山口縣宇部市沖の山炭鑛に於て石炭採掘用として堅坑を築造したるものであつて陸上に於て鐵筋混凝土井筒を製造し之を進水曳航して海中の雷中に築島を施さず洗設築造したる主體を題したのである。本論を述ぶる前に宇部市と沖の山炭鑛とに就きて其の概略を紹介する。

宇部市は山口縣長門國の南端に位し周防灘に臨してゐる所で現在の人口 52 000 を算する石炭鑛業に名ある都市である。

元來宇部の炭鑛は遠く 240 餘年前即ち延寶年間の頃地方農民が自家用の焚炭を採掘したるに始まる、爾來専ら鑛業の開發に力を注ぎ廣く海底に涉りて炭田を探り明治 23 年の頃より海底採掘事業を開始し機械の利用と共に漸次一大發展を來たすに及んで事業漸く多端となり、爾來幾多の變遷を経て今日に至り現在の海底採掘面積 3 000 000 餘坪、年産額 1 400 000 噸、海面鑛區面積實に 50 000 000 坪の廣きに上り我國最大の海底採掘事業となつたのである。従つて石炭鑛業の發展に伴ひ人家稠密し延ては各種の商工業興り逐年異常の發達をなし大正 10 年 11 月を以て村より一躍市制施行せらるゝに至つたのである。

如斯して沖の山炭鑛は明治 30 年 6 月の創立で附近田圃に亘る鑛區の採炭を目的として開坑したるに其の端を發し、尋て明治 38 年本市の中央を貫流する新川河口に埋立地を形成し海底の石炭採掘を企圖して舊鑛々業所を新設し、漸次事業の發展するに従ひ明治 45 年 6 月新川河口を距る 600 間の沖合に築島を造りて本鑛々業所を新設し、其の後鑛區の擴張をなす

と共に大正 9 年 9 月更に西方 300 間の沖合に埋立地を接続して新鑛業所を設置するに至れり。最初は鑛區面積 4 095 000 坪、資本金 5 000 000 圓であつたが爾來事業の進展とともに長足の進歩をなして來たので、大正 13 年 12 月 1 日時運の趨勢に鑑み姉妹炭鑛たる第二沖の山炭鑛と合併し鑛區 5 700 000 坪、資本金 10 000 000 圓を擁するに至つたのである。

## 第二章 沿 革

當時炭田に於ては概ね海岸若しくは海中に石垣を以て築堤又は築島をなし坑口を開鑿し逐次坑内より搬出する土砂を以て埋立をなすのが今日迄の海中開坑の方法であつて、明治 23 年海底採掘を始めて以來實に築堤延長 6 000 間、埋立成工坪 400 000 坪に及んでゐる、併し乍ら今日迄の事業採掘範圍は海岸線より 1 700 間～1 800 間以内に過ぎず、而かも將來は尙數千間の洋心に向つて發展せねばならぬ運命にあるから之が爲に海中水深き處に漸次進まねばならぬ。其の擴張せんとする新坑は 3 500 間位を計畫範圍とし現在鑛業地より更に數百間を隔つる海中に開坑せんがため築島を築造する必要に迫られた、從來埋立の岸壁としては石垣積であつたが此の度新坑を設置せんとする所は干潮面以下 15 尺もあつて其の方向は漸次に沖合に突出し外海の波浪激しく石垣積にては甚だ不安で、而かも工費も比較的不廉となるのみならず船舶の寄岸等にも全々適せざるものである、依つて如何なる材料を以て此の岸壁を成工すれば永久的安固を保證し得るかと言ふことにつき研究調査をなし鐵筋混凝土潛函を採用することに決したのである。此の工事は大正 10 年 2 月起工し大正 11 年 5 月岸壁延長 500 間を成工し之に伴ふ埋立を着手中であつて、従つて引續き本來の目的たる堅坑の設定に着手せねばならぬ。元來堅坑は従前通りとすれば埋立地成つて始めて井筒を沈設する豫定であつて所謂沈井式開坑は當地のみならず又我國一般の工法である、然るにこの沈井式と云ふは態々海面を埋立て或は所定の位置に矢板圍堰を造り其の中に土砂を填充して水面上數尺に達せしめ所謂沈井築島なるものを造り然る後此處に井筒の杵杓を据付け順次井筒の築造及沈下に移るのであるが、斯の如く一旦埋めて更に之を掘ると言ふことは迂遠なる仕事の様であるのみならず多くの年月と多額の費用とを要するのであるから何か特種のを海中に設置して簡単に堅坑を造る方法はなきかと種々考案の結果、岸壁築造用の鐵筋混凝土潛函と同様の方法により圓壙形の井筒を鐵筋混凝土造とし陸上にて製造し之に自から浮游する装置を施し海上に浮べ以て海底所定の位置に沈下し其の目的を達せんと試みたのである。若し之に成功すれば今日迄の迂遠且つ築島に要する莫大なる金と勞力と時間とを節約し得るのみならず、舊來の慣例を破りて斯界に貢獻する一助ともなり延ては技術上の立場から見ても是非共成功したいものだと言ふ考へから立案し、直ちに實行方法に着手したのである、是れ即ち潛函式鐵筋混凝土井筒なるものが案出された所以である。

如斯して工事に着手したのは大正 11 年 6 月竣工が翌 12 年 2 月上旬約 7 箇月半で多少の困難はあつたが豫期以上の成績を以て 2 個の堅坑を首尾よく成工したのである。此の結果により吾人としては沈井式としては嘗て前例なき工法を發案應用した積りである。素より初めての試みなるが故に物足りない點もあると思ふが水中井筒工事に革新を促したる本工事に對し世人の感興を促し之れが應用進歩に多少とも貢獻を齎らすことを得たならば望外とする所であるから茲に貴重なる紙面を借りて聊か其の大略を述べたいと思ふ。

### 第三章 設計概要

#### 第一節 總論

##### 一 井筒の計畫

堅坑は石炭採掘用として築造するもので海底より 220 尺～330 尺で大派又は五段と稱する石炭層に達するが何れも第三紀層中に存在し上部は數十尺の第四紀層に覆はれてゐる。

此の第三紀層は堅くはないが粘り強く不透水性の砂岩、頁岩の互層より成り第四紀層は砂質泥土、硬粘土砂利層等より成立してゐる本堅坑開孔のため試錐した地質は附圖第一に示したる通りである。

此處に堅坑工事として築造するものは此の數十尺の第四紀層に位する所であつて硬層なる第三紀層には餘り周圍より崩壞する虞れもなく從來は何等の覆工を施さず岩盤裸出の儘で今後と雖も特に意を用ふる必要もない様だが、石炭搬出の命脈數十年に渉る豫定であるから或は風化のため側壁の剝脫するを防ぐためにセメント・ガン機を以て塗工をなすか、煉瓦工の覆工を施さうかとされてゐる。

此の第四紀層の内海底以下 26 尺、海底以上干潮面迄 15 尺更に満潮面迄 12 尺、満潮面以上 3 尺、合計 56 尺の間に堅坑を築造するのが本工事の主眼である。

元來井筒沈井法には其の構造物としては煉瓦、石材、混凝土、鐵筋混凝土、鐵材、木材等あり。其の沈下法には一般に沈井築島を形成し其の上部に樁沓を据え次に井筒の築造、沈下に移るのである。之を工費の上より觀るに築島を築くには水深満潮時 27 尺、海底表面 10 尺は軟泥なるを以て矢板圍堰を造ることは不利不便が多いから只埋立を以て自然の島を造る外はない、而して本計畫の堅坑は内徑 18 尺の井筒を沈下するのであるから此の島を築くに假りに最少限の外圍に向つて 3 間宛の餘裕を取るとすれば埋立天端にて 9 間四方にせねばならぬ、又高さも満潮面上 3 尺なければ實際工事を進めて行くに困難である、此の海中に於ける盛土の勾配を 3 割と見込みても堅坑一つ築造するに埋土約 4000 立坪を要することゝなるが實際は風浪の爲流失するから少なくとも約 5000 立坪位を要することゝなる、先づ之を埋めるには陸地と全く飛び離れた海中であるから土は土運船にて運び坪當り 7 圓とすれば

土運搬丈けにても 35 000 圓となり、尙波浪の爲土砂の流出を防ぐため捨石其他適當の方法を講じなければならぬ、之等を見込めば随分多額の費用を要するのである。加ふるに井筒沈下には又更に其の埋土を掘り返さねばならぬ、又此の位置は海底以下 26 尺で豫定の深さに達し海底以上は 30 尺の埋立となるので實に 2 倍の掘鑿工事を餘計に行はねばならぬ、誠に不經濟たるや言を俟たない次第である。

次に工事の難易の點から考へて見ると井筒を沈下する場合に築島は盛土なるが故に天然地盤よりも固結の程度が悪く且不平等で井筒の傾斜を生じ易いのみならず作業中湧水の多い點などが最も不利である。爾て本計畫の工法によれば如上の不利を除く外井筒の沈下には埋立の高さだけ土の摩擦を減じ工事を容易にし且上部の構造は荷重の働きをなし所謂一舉兩得の良好なる關係を有することとなり、更に工期に就き比較しても煉瓦工は通常 4 尺～6 尺宛に區分し一區分沈下を了りて更に次の區分を築造して沈下するのであるが、本計畫は陸上にて豫じめ相當の高さの物を製造したる上現場に沈置するのであるから早く進工することが出来て貴重なる時日を節約し得ると云ふことは直接間接經濟上に及ぼす利益は極めて大なるものである。

以上の如く潜函式井筒の應用は種々比較研究の結果豎坑工事に適せる最も理想的の工法であると認められたのである。

## 二 型 式

何れの構造物を設計する時でも單に理論上のみならず其の施工の難易如何と眞に經濟的なるや否やを充分研究せねばならぬと思ふ、従つて本豎坑築造の設計を樹つるに當り最も慎重に定めなければならぬものは其の型式で如何なる工法に依るかが根本問題で井筒は所謂潜函式鐵筋混凝土造とし陸上進水臺上に設置したる函製造臺上にて製造し、所定の乾燥時日を経て之を進水し所定の位置に沈設順次浚深沈下し次の井筒を其の上に積疊し更に荷重を加えて降下せしむる方針をとつたのである。然るに井筒を積疊するには其の間に接手と云ふ難物がある、然しこれは煉瓦工其他何れにもこれ以上の弱點はあることであるから相當の考慮をすれば大したる困難もないだらうと思ふ故にこれには適當の方法を講ずることとして井筒は總て陸上にて製造し現場にて積疊する方針に決定した。即ち井筒は底もなければ蓋もない圓壙型であつて之を浮游せしむるには井筒に豫め上下の接手用として特種の位置に限り鐵筋の上下兩端鈎型になつてゐる丸鋼を埋込み、之等を接合の際ターン・バツクルにて締付けることにした。其の構造及裝置は附圖第二に示してある、ターン・バツクルは干潮時にセメント・モルタルと混凝土にて填充埋込み堅固なる連結をなすことにした。

### 三 大き形状

堅坑の大き即ち断面は主として坑内の深淺，出炭量の多少に適應せしむるものでなくてはならぬと同時に一面又其の大きは排氣の充分なるを限度とするは勿論である，殊に運搬車の大き並に捲揚臺上の配置法によりて定まり又揚水管，蒸氣管等設備することもあらう，又昇降區の都合等も考へて堅坑の全面積は算定せらるべきものであらう。本堅坑は出炭額五段炭層に於て年平均 350 000 噸の 40 箇年分，大派炭層に於て年平均 250 000 噸の 30 箇年分，其の他年間 150 000 噸を搬出するの豫定でこれ等を一日 10 時間～ 12 時間とし 1 箇月平均 25 日の純作業日としての要件を含み内徑 18 尺と決定した。

形状は矩形，方形，多角形，楕圓形，圓形其の他多種多様の断面があるが本坑にては利用上の便不便強弱並に作業の難易等を考慮し圓形を採用したのである。

### 四 井筒の高さ

井筒の高さを決定すに當り先づ潮位の關係を考究せねばならぬ，即ち井筒を海中にて積疊するには満潮を利用し干潮に際し接手のモルタルを填充するに最も適當なる高さを求めなければならない。概して此の地の満干潮位の差は朔望 11 尺で其の差比較的大なるが故に可なり好都合を與へた，即ち接手モルタル填充作業は少なくとも干潮位から 1 尺以上の餘裕が欲しい，又井筒を積疊すれば其の重量の爲めに幾分沈下する度合も考へねばならぬから此れ等を見込み 1.5 尺の高さが必要とすれば干満の差 11 尺から 1.5 尺を控除せば 9.5 尺となる，故に井筒は 9.5 尺以下の吃水を保持し得る高さのものでなければならぬこととなり従つて所要の高さはこれによりて制限されるのであるが浮游のまま既設井筒に積疊するのであるから其處に多少の餘裕の高さを見ねばならぬ。今假りにこれを 0.5 尺とすれば吃水は更に 9 尺に短縮されるのみならず天候其の他の關係で必ずしも朔望時のみに進水或は積疊の作業に着手することが出来ない場合を考ふれば朔望時前後一兩日の潮位等を綜合し最大限度吃水 8.5 尺の井筒を製造せねばならぬことになる。依つて吃水 8.5 尺，これに井筒主體の重量及浮動裝置を假定して高さ 11 尺～ 12 尺と決定した，而して井筒設置箇所に於ける水深は干潮面以下 15 尺最大干潮面以下 14 尺であるから 11 尺の井筒にては不都合であるが設置の場合には海底に其の不足分丈の砂を一面に敷くことにして所要の高さを保つことにした，砂なれば井筒の重量に對して其の支持力も充分で且之を水平に均すにも施工容易で井筒の傾斜を生ずる虞れが少ないからである。

### 五 井筒の厚さ

井筒の厚さを決めるには之に働らく外力を知る必要がある，外力は之が支持すべき上部構

造並に沈下するとき又は沈下し終つたときに起る土壓力、水壓力等に對し適當なる強度を有する様に設計せねばならぬ、尙進水に際し衝擊的動水作用又は沈下に使用する荷重とか温度の影響等を考究すべきである。

耐水の程度は材料の性質、施工の良否等種々なる條件を異にするは勿論で本邦に於ける此の種の實驗を見聞する機會を得ることは極めて少なかつた、従つて耐水のよりの厚さを決定するに困難を感じたが配合 1:2:4 の混凝土に對しては水頭 50 尺迄は厚さ 1 尺あれば作業上充分であると信じてゐる。

次に井筒に働く外力としては此の場合主に土壓、水壓、波力であるが之等の外力の推定が甚だ難かしい、土壓力に對しては各種の算式はあるが複雑なる地質の下に井筒が沈入した時の土壓の作用又は海中に屹立せる時の波の作用其の他作業中に働らく外力に至つては全く確實なる推定は出來ない。併しながら只單に既設の前例によりこれを判定して決めると云ふ事も甚だ無稽の方法で徒らに安全のみを顧慮して大なる材料を使用するも本旨でないから大體に於て井筒の厚さを假想し許容應力以内にあるやを計算して見る事にした。茲に於て此の種の既設煉瓦井筒の厚さを參酌し煉瓦に代ふるに鐵筋混凝土となりたる場合を比較對照し先づ周壁の厚さを 1.2 尺と假定して諸外力に果して安全なりや否やを照査計算したのである。本構造物に使用した混凝土は配合 1:2:3 であつて鐵筋は軟鋼丸棒を用ひた、而して此の計算に用ゐた許容應力は次の如く假定して計算によりて見出された作用應力度が此の許容應力度の範圍内に在るや否やを確かめた。

混凝土許容應壓力	1 平方呎に付	500 封度
同 應剪力	同	40 封度
同 附着應力	同	80 封度
鐵筋許容應張力	同	15 000 封度
同 應壓力	同	15 000 封度

尙材料の單位重量に關する標準を次の如くした。

土 砂	1 立方呎に付	100 封度 (乾燥狀態)
同	同	60 封度 (海中にて飽水狀態)
海 水	同	64 封度
鐵筋混凝土	同	150 封度

而して井筒が最大壓力を受ける場合は井筒が豫定の通り沈下を終へて全高まで構造が出來し井筒内は排水せられて空虛となりたる際である、此の時は下記三つの場合を考へる必要がある。

(一) 井筒堅坑が出來したる時井筒の一方側より波力を受ける場合

此の時は井筒の 26 尺は海底以下に嵌入し上部 30 尺は海中に屹立してゐる。

(二) 井筒堅坑が出来し周囲の埋立も完成したる場合

此の時は埋立面より井筒の下端に至る飽水状態の土圧力を受ける

(三) 井筒堅坑が出来し一方側のみ土で埋立をなしたる場合

此の時は波力の代りに一方側より土圧力を受ける

以上の三つの場合を考慮して井筒の厚さを決めたのである。次に此れ等の条件を解決すべき計算方式等は繁雑に渉るを以て只此れ等を解決したる順序を概略述ぶることとした。

(一) の場合の計算

此の場合は井筒は恰かも煙突の状態に類似し風力、波力を受けるもので此れに就ては鉄筋混凝土煙突及中空圓形桁の設計に關する理論に依ることとした。

爰に問題となるは波力であるが元より波力は其の場合の条件によりて一定でないこと勿論で、之が推定は容易でないが此の當時當鑛で此方面にケーソン岸壁を築造し其の際災害を蒙つた實例がある、此の岸壁は此の堅坑設置箇所を去る數十間にして干潮面以下 14 尺の海中で干潮面以下 2 尺の高さに盛られたる捨石上に高さ 9 尺、長さ 27 尺、幅 11 尺此の重量 30 噸強の鐵筋混凝土潜函を沈設してあつたが數日間引續き風波高く而かもケーソン内の中埋混凝土施工前にて内部は海水丈であつたところが激浪の爲 9 個、此の延長 40.5 間岸壁の内側に突き落され或物は顛倒し、或物は滑動し又は廻轉した。此の波浪は當地に於ける最大と言ふべきもので恰も潮位はケーソンの中位にあつた、此の出來事から平均壓力度を逆算して推定して見ると最大毎平方呎に付約 1 000 封度の強さとなる。此の現象たるやケーソンの中心に波力が衝突した場合であつて海底から堅坑頂部迄 30 尺の平均壓力度としては過大に失するものである、又ケーソンは一平面であつて井筒は圓筒形であるから之が衝突面の係数を假りに  $\frac{2}{3}$  とすれば 750 封度となり且數十間の前面にはケーソン岸壁があつて防波の効用をなすから井筒の投射面に衝る有効波力度としては平均 500 封度毎平方呎と假定して計算したのである。

(二) の場合の計算

此の場合の土圧力も其の推定に當り少なからざる困難はあるが井筒沈下後内部を排水せし場合を考へ飽水状態にある土壓が全高に亘り働くものとして計算せるに井筒周囲には平等に働くので厚さ 1.2 尺あれば是亦充分安全なる結果を得たのである。

(三) の場合の計算

共に試算の結果を見るに何れも (一) の場合の計算によりて得たる結果を以て充分である



ことを確かめた。即ち外壓力に對しては安全過ぎる程度であるが尙次の様な場合も考察して見たが總て安全である。即ち

- 一 井筒が海底に 2 個積疊してある時波力を受ける場合顛倒に對する安定
- 二 同上の場合滑動に對する安定
- 三 荷重に對する應力も此の井筒の断面にて充分である
- 四 井筒の靜水壓に對する強度及進水に際する動水作用に對しても充分である

## 第二節 井筒の構造

### 一 井筒の構造

井筒の構造は大略附圖第二に示せる 通り鐵筋混凝土造で内徑 18 尺、厚さ 1.2 尺、高さ 11 尺 ~ 12 尺の圓筒形であつて下端の内側に棚架 (Ledge) を形造り假底の戸當てとし進水の際は之に假底を取付け井筒の頂部に桁を架け渡し切り梁をなし、井筒の上下周邊に亘り 16 箇所の凹所を設け鈎形の埋込みボルトを露出せしめ井筒上下連結に用ゐる ターン・バツクル 締付けの用に供し、更に頂部の内側に面して 6 箇所の突縁 (Bracket) を形造つて上下井筒連結の補足に供する、又井筒最下部となるべきものは下部先端に杵沓を附することにした。

### 二 杵 沓

井筒の下端には通常木材、鐵材又は木鐵混合より成る杵沓を附して沈下を容易ならしむる。煉瓦造の時は井筒には木鐵混合にて木材を組合せて双端を造り其の先端に鋼材を取付けることが多い。この鋼杵沓は水平、鉛直及傾斜鉄より成り數箇所を隔板にて連結してある、當地にて従來施工したるものは大なる木材を以て組合せ先端に鐵鉄を取付けたものであつたがこれは煉瓦造には使用せらるゝが鐵筋混凝土造にはあまり適當なるものとは思はれないから鐵鉄製のものにすることにした、即ち井筒主體が鐵筋混凝土造であるから鐵筋で此の鋼鉄を維持する様にすれば甚だ好都合である、斯くすれば單に双端を鐵鉄にて造るのみで他は鐵筋を利用し鐵鉄と連結して井筒主體と同一體のものとなれば實に理想的のものである。其の構造は附圖第三に指示せる通りである。

### 三 鐵 筋

鐵筋は何れも市場に販賣する丸鋼であつて其の大きさは 1/4 吋より 1 1/2 吋に亘る次の 5 種である。

- 一 1/4 吋丸鋼は鐵筋相互の位置を正確に保持し又補強用として使用した、總て長さは 12 尺。

- 二 1/2 吋丸鋼は井筒主鐵筋で圓弧形水平鐵筋は皆之である、其の他上下棚架等に補強として使用した。總て長さ 12 尺。
- 三 3/4 吋丸鋼は圓弧形水平鐵筋を連結したる縱鐵筋であつて長さ 18 尺を普通として必要に應じて切斷使用した。
- 四 1 吋丸鋼は井筒を上下連結する重大使命を帯びてゐるので全圓周に 16 箇所縱に埋込みターン・バックルを使用する場合の用に供し且 3/4 吋丸鋼と同様の働きを兼ねしむるのである。
- 五 1 1/4 吋丸鋼は井筒を浮遊せしむる浮動装置に使用する 主桁を取付けるものであつて一方は鈎形に他方は螺旋を切つた一種の長いボルトである。

其の他假底を取付ける徑 1 吋、長さ 2 尺のボルト等を埋込む、此れ等鐵筋の配置及曲げ方等に就きては省略する。

#### 四 混 凝 土

井筒製造に用ゐた混凝土は水壓を受ける所の水槽と同様であつて耐水性作用に富ましむる必要から其の配合をセメント 1、砂 2、砂利 3、の割合としセメントは小野田セメント、砂利は岩國川産で其の大き 3 分以上 8 分以下とし、砂は附近の海濱より採取した。

### 第三節 設 備

#### 一 設備の順序

本工事に要した設備は埋立岸壁として鐵筋混凝土ケーソン製造に使用したる一切の設備を利用し只不備の點を補足新調したるに過ぎない。其の設備の大要を擧ぐれば

進 水 船 臺	2 連	進 水 滑 走 臺	2 臺
井 筒 製 造 臺	4 臺	型 枠	1 組
浮 動 装 置	1 組		

其の他は製造設備として

混凝土昇降機 起重機 混凝土導植 等である

#### 二 製 造 臺

製造臺は附圖第四の如く高さ 8 呎、長さ 30 呎の I ビーム 4 本を小桁とし之に厚さ 2 寸、長さ 14 尺の松板を張り詰めたものであつて I ビームを連結するに 1.1 尺×1.3 尺角、長 15.4 尺の勾配型の桁 2 本を以てし軌間中心距離 11 尺の進水滑走臺上に跨つてゐるのである。

添臺は幅 4.7 尺、長さ 20 尺で高さ 0.7 尺の松角材の桁を渡し之に厚さ 0.2 尺の板を張り

詰めたもので添臺と本臺との接手は各兩端を突き合はせ下から兩桁に跨る盤木又は切梁を當て、喰ひ違ひなからしめた、尙混凝土施工中變形若しくは不同の沈下をなさざる様之を支ふべき盤木及楔は井筒周圍の直下附近に配列した。

### 三 型 板

型板は組立、取り外し共に容易で而かも形狀に狂ひを生ぜざることである。井筒は圓壙形であるから其の形に適合する様に狭い板を用いて作つたのであるが板自身よりも其れを形造る棧木に最も意を用ゐた、即ち乾燥したる材料を選びたるは勿論である。其の内側は混凝土施工の際足場を要するので之に型板の導構を造り正確な木組を建設することにしたが外側は内側と全く分立して組立つることゝして帶鐵を以て數箇所締付くことにした、材料は皆日本松の挽材で其の構造の主要なる形狀は附圖第五指示の通りである。

圓形の型板は取扱ひ上便宜の爲内側圓周を 12 に區分し(圓弧の長さ各約 4.7 尺) 外側圓周を 16 に區分する。(圓弧の長さ各約 4 尺) 各 0.15 尺板の内外圓弧型の水平棧木と之を連結する垂直の 0.2 尺角の棧木とより成り之に幅平均 0.3 尺、厚さ 0.08 尺松板を棧木の圓弧に沿ひ釘付けにするのである。内側は鉋削りに仕上げ縦横桁は徑 1/2 吋ボルトにて組立て此れ等の上下及左右の建込みには鐵製繼目釘及ボルトにて圓弧型水平棧木を兩方に跨りて互に連結せしめた。

圓壙内に建込む導構は 12 尺四方形、高さ 11 尺であつて井筒製造臺の水平板上に 0.5 尺角の土臺を据付け、四隅と中間とに 0.4 尺角の柱を建込み横材や筋違を之に堅固に組立て柱は柄入れとし交叉點はボルト締めとした。

内型は導構により正確を保つために丁型鐵釘を以て四隅に於て全高に 3 箇所宛取付ける其の他型板を堅固ならしむる爲に支柱又は控材を數箇所に使用した。

外型は帶鐵幅 2 吋、厚 3/16 吋、長さ 17 呎 4 吋の全圓周を四つに區分した。其の接手はブラケット付きの徑 3/4 吋ボルトにて締付け全高に亘り 4 箇所締とし更に外より念の爲全高に亘りて末口 0.4 尺の丸太を押へ木として締付けた。

最下端の井筒は杵沓を附するのであるが型板は普通のものを使用して杵沓の箇所丈には特別な裝置を施した。

### 四 浮動裝置

浮動裝置とは井筒を支えて海中に浮遊せしめ之を現場に曳行せしむる目的に使用する設備であつて井筒は底なしのものであるから之を浮遊せしむるには假りに底を取付け現場に沈置してからは最早不用のものであつて容易に取外し得る裝置にしなければならぬ。依つて井筒

製造の際に其の内側の下端に棚架を設け上より厚さ 0.4 尺の假底を取付ける構造にした、而して假底は井筒の底部よりの水圧力に耐ゆる様上部より 5 脚の支柱にて押へることにした。

支柱は 2 本の笠木にて押へ頂部 2 本の主桁に取付け其の間 5 箇所共に楔を打込み上下に突張らしめた。此れ等の材料は總て米松を使用した其の各部に就きての構造は附圖第二指示の通りである。支柱は丸太及角材で作つた一つの結構で足場用の馬の形をなし假底の上に在つて此の方向と直角に 3 尺の間隔に建てられ假底の棧木と棧木との間には枕木を 1 本宛敷き並べ水壓を平等に分布せしむる様にした、其の構造は上下に米松 0.6 尺角の梁と徑 0.6 尺の松丸太の柱と筋違とにより柄入れとし 3/4 吋ボルト及羽子板ボルト等にて堅固に組立てたものである。

笠木は 5 脚の支柱を押へ之と直角の方向に置かれ主桁の直下にあらしむ。材料は米松厚さ 0.8 尺、幅 1.2 尺、長さ 16.5 尺のもの 2 本を使用した。

主桁は最も必要なものであつて浮動装置の全重量を受けるもので即ち井筒浮游の際底部に受ける水壓は結構から成る 5 脚の支柱の媒介により笠木を通じて頂部に於ける此の主桁に傳へられる、依つて主桁はこれに對して充分の強度を有しなければならぬと同時に撓度の生ぜざるを要す。

今其の必要斷面を計算によりて求め米松の 18 吋角を使用することにした、單に桁としては矩形を良しとするも此の桁は井筒の頂部に架するのであるから其の重心關係等を考慮して 18 吋角即ち 1.5 尺角、長さ 21 尺のもの 2 本を使用した、其の配置及取付方法は圖面指示の通りである。

楔は幅 0.8 尺、厚さ 0.15 尺～ 0.3 尺、長さ 1.8 尺の櫻製で支柱の上端笠木と主桁との下端添桁の間に介在せしめ各支柱の直上に 2 列並行して 5 箇所交互に配置されてある。

此の楔の主なる役目は井筒棚架と假底との接觸面を水密ならしめ且沈下後假底取外しを便ならしむるのである。

添桁は幅 1.2 尺、厚さ 0.3 尺、長さ 12 尺の鉋削りの米松で一種の盤木である。

以上は浮動装置の全體であるが主桁が井筒の頂部に架せられるので井筒の重心が（浮游の際に於ける重心）上の方に揚がることになるから浮游の安定上面白からぬことになるので桁の大きさも最小限度にせんが爲其の應力も適度を超過して平方吋に付き 2250 封度と云ふ値を用ひたが、浮動装置は前述の如く楔の緊張を最後とするが主桁に撓みを生ずる時は締付けに緩みを生じ水密を缺ぐ虞れがある、依つて水壓に因る主桁の中央に於ける撓度を求むるに 0.08 尺位の撓みを起すことになるから之を防ぐ爲にクイン・トラス (Queen truss) の形を以て吊る装置にした。即ち附圖第二に示した様に主桁の中央に徑 0.6 尺丸太の束柱を建て主桁の兩端に亘りて 1 吋の丸鋼を張り高さ 2.5 尺、仰角 30 度に締付け主桁の撓度を防ぐ用に供した。

#### 第四節 井筒の重心、浮心

井筒は水中に浮遊せしむるものであるから井筒の安定を検する爲に井筒の重心と浮力の中心とを求むる必要がある。

浮遊中の井筒の安定は重心と浮力の中心との位置如何により安定となり又不安定ともなるもので井筒が安定なると否とは傾心 (Metacentre) の位置如何によるのである。

一般に鐵筋混凝土ケーソンなどでは安全を期する爲重心が浮力の中心より下位に在る様に設計せらるゝ様に思ふが此の井筒は底が無いので安定の關係が頗る不利で重心は常に浮力の中心より上に在ることになるが然し井筒の平衡は傾心が井筒の重心よりも高位に在るので不安定ではない、只偶力の關係で轉動 (Rolling) が甚だしくなるから平衡荷重を底に置いて重心を成るべく下げる様にした。

#### 第五節 井筒の基礎

基礎とは井筒を沈置すべき所定の位置に於ける基礎工であつて基礎面平坦なることを要し且其の重量の爲に不平等の沈下をなさず従つて之を除却するに又容易でなければならぬ。

前章井筒の高さ決定の際述べたる通り現場の地盤を高める爲に高さ 4 尺、周圍 5 間角に砂を盛り立てたのである。

#### 第六節 井筒の沈下

井筒の沈下は井筒内の土砂を掘鑿し必要に應じて井筒の頂上に荷重を載積して沈下せしむるもので一般の工法と同様である。

#### 第七節 井筒の接手

井筒を積疊するには井筒の上下端を合缺ぎに造り上部の井筒が下部の井筒に嵌入する様にしたのであるが何分海中作業のことであるから微妙なる細工は實施出來ないが、本工事は鐵筋混凝土造であるから鐵筋の一部を混凝土より露出し置き之れをターン・バツクルに依つて締付けることにした。而して其の箇所は混凝土にて填充した、其の他の間隙はモルタルを以て填充するのである。

此の接手は最も必要なるものであつて殊に現場に於ける作業であるから慎重なる注意を拂つて施工しなければならぬ。

## 第四章 施 工

### 第一節 施工準備

本工事は前述の通り餘り前例のない考案の様であるから従つて施工上粗漏に涉る點があつてはならぬと言ふ考へから大半は直營にて施工した。井筒第一回の進水は大正 11 年 6 月 25 日で本堅坑工事の竣功は翌年 2 月初旬で僅々 7 箇月半で完了した。

施工準備の概要を述べれば當工事場には進水用の船臺 2 連あつて岸壁用の鐵筋混凝土ケーソンは此の臺上に各 5 個宛 10 個製造する設備で交互に進水をなしつつあつたので本工事は 2 個並んで築造せらるゝ豫定で井筒の製造、進水並に沈下もケーソンの方式と同様交互に製造、進水並に沈下を施行することとした。

混凝土製造並に施工には混凝土混合機を用ひ木製 4 尺角、高さ 75 尺のエレベーターに依り捲揚げ更にシュートに依つて流下せしめこれを一度函上の受臺にて練合はせ型板内に注入した、其の他は一般の方法と同様である。

### 第二節 井筒製造及沈置

#### 一 製造臺据付

井筒製造臺は進水滑走臺の上に在りて進水の際は井筒と共に海中に突進するので進水終れば又船臺上に引揚げ水平に据付け更に次の井筒を製造すべく型板を組立つるのである。

#### 二 造形建て

鐵筋配列の正確を期する爲に木型を用ゐた、即ち井筒全圓周を 16 區分し縦造形 16 枚を配布した、之には幅 0.4 尺、長さ 12 尺の杉櫃 2 枚を並列し木片を以て互に狂ひなき様取付け略ぼ井筒の厚さとし此の兩縁に水平鐵筋を載せかける様豫め遣り型を入れたもので、先づ現寸圖により水平鐵筋の上部より下部まで全部配列すべき間隔 4 吋毎に遣り型を作り内外水平鐵筋の位置に適合せしめるので組立に際しては垂直鐵筋相互間の中央の位置に圓の中心から放射する半径の方向に一致する様並列し、組立終了後取外しは之を左右に同轉して上より抜き取るのである。此の造形の下端は釘其の方法で假りに止め置き上端は之等を連絡する笠木様の横造形 0.1 尺板、長さ約 4 尺のもの 16 枚を用ゐ縦造形を圓弧に保持する様兩端に柄穴を設け之に縦造形の上端に設けたる柄を嵌込むことにした。

又製造臺上には現寸圖を畫き鐵筋相互の平面的位置を示す。

#### 三 鐵筋組立

垂直鐵筋は之を配列するに比較的平易であるが圓弧形の水平鐵筋は之を正確ならしむるに

は頗る難かしい殊に其の数が非常に多い、之等を撓曲するには鐵筋曲げ機を使用したのである。

鐵筋の中で井筒の接手に使用する 1 吋丸鋼のターン・バツクル引掛け兼用の半圓形の鈎形丈けは焼き曲げとし其の他は冷曲法により前記鐵筋曲げ機を用ゐた。

鐵筋組立の際は先づ製造臺上の板の織目の空際を粘土にて填充しモルタルの流出を防ぐこととし平面現寸圖を畫き遺形の補助とし周壁の底部には石鹼水を塗布し前節記載の遺形に従ひ鐵筋を組立て 20 番鐵線にて緊結した。

#### 四 型枠組立

型枠の組立て及取外しは工事場設置のデリック・クレーンに依り揚げ卸しをなすもので先づ内側の型枠より組立て外側の型枠に及ぶ。

#### 五 混凝土施工

混凝土の配合は 1:2:3 とし混合機は 8 切練りの混合機を使用し材料は直接人力により運搬投入せられエレベーターにより捲揚げシュートに依りて配分した其の他は一般の方法である。

井筒 1 個の立積約 4 立坪であるから一日に施工し終ることとした。

#### 六 型枠外し及上塗

型枠取外しは井筒混凝土施工後 7 日目とした、之は 1 箇月に 2 回進水する都合上これ以上の時間を費すことが出来なかつたので特に取外しの際は混凝土に震動を興えざる様注意した、先づ内側より着手し順次外側に及ぼした。

型枠が取拂はれると之に上塗りを施す、上塗りに要するモルタルの配合はセメント 0.7、硅藻土 0.3、砂 2 の割合で混凝土の表面を良く洗滌し清潔ならしめたる後塗り立て平均厚さ 2 分 5 厘で砂は 5 厘目篩を以て篩ひ分けたものを使用した。

井筒上下連絡用の半圓型鈎型の徑 1 吋ポルト 16 箇所はセメント汁を以て塗布し錆止めとした。

#### 七 進水準備

井筒は混凝土施工後約 20 日間の乾燥期間を置き其の間種々の施設をなし爰に始めて進水を行ふもので進水準備はケーソンの場合と同じ順序に依るものであるが只異なる點は浮動装置を施すのであつて其の設備は前述の通りである。假底には水密法としてホーコシを施す、之には横肌を使用した此の浮動装置に要した材料の全重量は 7.5 噸である。

浮動装置完了後水密の程度完全なりや否やを試験する爲に水を約 1.5 尺の深さ丈け井筒内に湛え漏水の有無を驗したが大體に於て差支へなきを認めたら水を排出して次に平衡荷重を置くのである、之は重心を下降せしむる趣旨である、これには鑛鐵の長さ 2.5 尺以下にして 1 個の重量平均 80 封度、此の全重量 15 000 封度即ち 6.7 噸である。

次はケーソン進水の時と同様進水臺にターロー (Tallow) を塗布して井筒は製造臺上に定置の儘滑走臺と共に海中に進水するのである。

## 八 進 水

進水及沈置は現場に於ける井筒沈下作業と密接なる關係を有し且大潮の時期を必要とするから之が實施は只管現場と相呼應して施行せねばならぬ。現場既設の井筒が其の上部に他の井筒を積疊するに適當なる位置まで沈下して居らねばならぬ、即ち満潮時に於て充分浮游積疊をなし干潮時に於て接手モルタルを填充し得る潮時を見計らはねばならぬ。如上の都合により進水沈置とは次の如き順序を以て施行することにした。

井筒進水は	朔望高潮の前日
同 沈置は	朔望高潮の當日
同 接手作業は	朔望高潮の翌日

當地は干満の差大なる方で作業に都合のよい事もあるが又悪い事も起る、即ち一利一害で接手作業は干満の差が大きいからモルタル填充には都合が良いが進水して製造臺を取外し現場に曳航の準備中に潮は遠慮なく干いて積疊の際は吃水を少なからしむる爲平衡荷重を除却してから沈置せねばならぬ等の不便がある。依つて進水は沈置の前日に施行し一時其の附近に繫留假置し翌日高潮時を利用し積疊作業を行ひ更に其の翌日接手作業を行つたのである。

斯くして附圖第一の進水は大正 11 年 6 月 25 日午前 8 時に舉行したのである。元來ケーソンの場合は浮游の安定から言へば浮力の中心は常にケーソンの重心より上位にある様に設計せられてゐる、然れども此の井筒は底がないので何れも浮力の中心は井筒の重心よりも下位に在つて平衡荷重の有無によりて其の度を異にするが大抵 0.1 尺～0.6 尺の差であつた、其の内第 6 番目の井筒などは 0.94 尺の差となつた、其の爲め進水後ローリングの爲前面は或は波浪の中に潛入するものと覺悟して其の用意もして居たのであるけれども案外無難なローリングで冠水する様なことはなかつた。

これは一般のケーソンは底面が平坦であるから水中にて滑動し易いが此の井筒は下端に爪或は棚架等があつて之が抵抗してローリングを緩和するのみならず其の形状圓壩形であるからこれも大に緩和した理由であらう、依て第二、第三回と荷重を減じ遂に荷重を加へず實施したが満足なる結果を得た。



## 九 現場沈置

井筒沈置は進水の翌日之を行ふ、而して沈置に必要な道具、浮動装置除却に要する器具、機械其他途中の故障に備ふる爲の装置を積載したる小傳馬船を隨行せしめ所定の現場に井筒を曳航したのである。沈置の位置には豫め目標を建設し之を中心として放射的に 6 箇所投錨し、徑 8 分のマ＝ラ・ロープを取付け又一方には井筒を所定の位置に曳き込まんが爲に手捲ウキンチを其の正面岸壁上に据置き徑 4 分のワイヤー・ロープを以て井筒に繫結して捲付け引寄せ、井筒が大凡の位置に来るや前記 6 箇所の放射的位置に在るマ＝ラ・ロープを井筒に取付け引締め伸縮操縦して所定の位置に在らしめ干潮時を待ちて海底基礎上に除々に沈置せしむるのである。

## 十 接合作業

井筒接手の要點はターン・バツクルの緊結とモルタルの填充にある、ターン・バツクルは連結すべき鈎形の 1 吋丸鋼に勝るとも劣らぬだけの強度を有する大きさでなければならぬ、又出來得る限り短かくして井筒主體の凹所を少くしたいのである。此の要件を具備せしめる爲に附圖第二に示した型を製作したのである。

井筒接手のモルタル填充の干潮利用とは眞に厄介であるから全部水中混凝土にせんかと思つたが水中の接手と言ふは又特別の注意と警戒とを要するのみならず僅な間隙に施工するには満足なる結果は望み得られぬ、而かも僅々 1 尺 ~ 2 尺の潮の間を利用するのであつて混凝土は波浪の動搖の爲にセメントは洗ひ去られ到底完全なることは望まれないから 16 箇所の凹所は空隙が大ききから混凝土を施し其の他の目地は普通のセメントと急硬防水劑とを混合して使用し全周はモルタルを以て目地を填充した。

モルタルの配合は 1:2 で混凝土の配合は 1:1:2 である、尙 16 箇所の凹所の型板は 2~3 日後にて之を取外し目地全體に互り更に泥狀セメントを以て上塗を施した。

斯くして外側の作業を終へ次に内側も 6 本の徑 1 $\frac{1}{2}$ 吋ボルトを締付け其の間隙にはセメント汁を注入し目地塗を施工するのである。

## 第三節 井筒沈下

### 一 浚 渫

井筒を沈下せしむるに浚渫を要すべき土量は 2 箇所の堅坑にて約 80 立坪に過ぎないが海中孤立の状態で狹隘なる井筒内に於て堅硬緻密なる土砂を浚渫せねばならぬことは可なり豫想外の困難が伴ふた。

即ち本計畫の井筒は前記の通りこれ迄は着々として其の効果を収め得たが、愈々沈下實施に際して従來施工せられたる築島沈井法に比較して遜色を生ずるが如きことありては折角の考案も水泡に歸し何等價値なきものとなる次第であるから如何にして經濟的に安全に而かも迅速に之を遂行するかと云ふことに就いて尠なからず考慮したのである。

浚渫に着手したのは井筒 1 個を積疊し接手モルタルを填充した後である。

一般に海底以下 10 尺迄は軟泥であつて井筒沈置の基礎均らし用として其の上には砂が盛られてゐる、之が浚渫にはプリスマン式浚渫船を用ひた、又沈下中其の周圍の状態を知る必要上常に潜水夫を使用した。

井筒 2 個を積疊すれば既に下端より 23 尺の高さとなり最初は満潮時にては差支はないが専ら干潮時を見計らひ浚渫した。浚渫の主旨は成る可く中心を掘進することとし恰も掘鑿の跡が地下に向つて圓錐形をなす様にして周圍から土砂が流れ込むに従ひ漸次沈下を誘導せしめんとしたのである。

浚渫は數時間にして 5~6 立坪を掘み得るものであるが何分掘器の落下する所が中心を外れて居るので浚渫不齊となり勝ちで忽ち一方に傾斜する、其の甚だしきは頂部に於て 1.5 尺程の高低が出来た依つて井筒の周圍を旋廻して浚渫し傾斜を避けることに注意した、然し最初の間は上層の土砂柔弱なるが故に工程には實に有利で 1 日に 2~3 尺宛沈下せしむることを得た。

數日にして砂層又は軟泥盤は無難に沈降し直ちに第三の井筒を積疊することを得た、此の時は最下端の井筒は粘土層に接して居た、此の土は砂利交り粘土であつて其の質堅硬緻密で土丹岩に類似し従來の浚渫機は殆んど其の用をなさぬことになつた。

爰に於て福岡縣若松に於ける若松築港會社に照會し同社所有の浚渫船鸞丸第四號といふ船を借用した、之は階梯が長く井筒の中心より以上に達し掘器鏈も水面以下 50 尺に達するといふのである。

然るに地層は漸次下り粘土に砂、砂利を混淆したる一の岩石層をなし堅韌の度亦大にして中心に當るだけは相當深く浚渫し得たが掘器落下の跡の穴のみを残して其の周圍を掘ることが不能となり又掘器の透入漸次不充分となり再び工程が躊躇して來た但し此時は既に海底砂層より約 24 尺掘鑿して居るので困難と雖も残り 6 尺である。今度は地盤破碎の助けをなす長鉋が必要となつた、此の裝置は相當の重量ある長き鐵釘を墜下して地盤を破碎するもので釘頭には鋼鑿を付け之を浚渫船の鏈に鉤釘を使用し鉤の一端に鐵釘を懸け外して落下せしむる裝置とした、鐵釘は 60 封度軌條 4 本を 1 組とし長さ 21 尺を 2 段に連結して鉋鑿或はボールト締めとした、其の大き 0.5 尺角、長さ 42 尺となり其の先端に角錐形の鋼刃を有する、形狀は 0.5 尺角、長 2 尺であつてその先端を凸部に組み合はせ軌條にはボールトにて取付け

をなす。

錐の墜落の高さは船體の位置により異なるが通常 3~6 尺にして其の重量 460 貫、1 回平均 1 分時を要し 10 回落下せしめて平均 3 尺を鑽孔す。

かくして深さ 3~4 尺に達する毎に此の錐は掘器と取り替え硬土の碎片を掴み揚げた、此の方法により浚漑 1 回終了すると浚漑機は他の堅坑に移動作業をなし其の間潜水夫は井筒の双端を浚へ沈下を促進せしめた、斯くすること十數日にして堅坑 2 箇所共第三紀層に達した。

## 二 排水作業

浚漑船鷺丸に依つて第三紀層に達せしめたが井筒周囲の双端に於て完全に浚漑し能はざる處ありて又更に碎岩機たる長錐を計畫せざるべからざることになつた。井筒は既に 4 個を積疊し残り 1 個を積疊する迄に沈下したのであるから只浚漑船や潜水夫ばかりに頼らずに何か適當な方法はあるまいかと種々考究して見たが、最初接手作業の際にサイフォンを使用して井筒内の排水を行つた時に井筒内の水位を干潮面迄低下せしめたが其の水位が其の後干満の差あるに拘はらず井筒内の水位に變化なきを見て即ち井筒の先端又は周邊より浸水なき兆候であると認めた、然らば井筒内の排水は或は可能ではないかと思ひ排水して人力により掘鑿を試みんとした。

炭鑛事業では排水と云ふ事は重要な使命を有する年中作業で従つて之に必要な諸設備も完備してゐる然し愈々之に着手するとすれば相當の費用を要する譯であるから、若し不結果に終る様の事あつては徒勞に歸する次第であるから之に先立て果して効果ありや否やを簡單に試験をして見ることにした、之には浚漑船を利用して掘器の代りに汲水桶を吊し井筒内の海水を汲み出して見た汲水桶は 5 尺角、深さ 4 尺木製で 1 回 100 立方尺、毎回 2 分時を要した。即ち 1 分間 50 立方尺と云ふ能率で約 4 時間を費して水を汲み出した、其の結果は井筒の下端迄水深 35 尺であつたが 33 尺位迄は首尾克くいつたが 2 尺位の水深になつて中々面倒となつた。それは井筒の下端より 2~3 箇所湧水してゐるといふ事が解つた、毎分約 30 立方尺の程度である。

斯くの如き現状では愈々掘鑿着手をしても作業中に常に排水の必要あり又湧水の程度も何時迄も此の状態で持續するか、又は水孔大となりて防水法に困難を生ずる様のことなきか考慮すべきものであつたが果して 2~3 時間にして非常な浸水が襲來して遂に此の方法は失敗に歸した。

## 三 爆發沈下

元來橋臺、橋脚其の他の基礎工に使用する一般の井筒沈下は上部より傳はる荷重を支持す

るに足る深さと土質とに達すれば場合によりては井筒底部より湧水することあるも其の工を竣へることが出来るのであるが、此の場合は豫定の第三紀層たる砂岩に達しなければ目的を遂行することが出来ないのである、従つて井筒 2 個位積疊せる最初の内は砂層や軟泥であつたから沈下が容易で多少の傾斜は浚渫によつて荷重なしに正位に復することが出来たが然し荷重は豫め用意して置いたから使用することにした、荷重としては 45 封度軌條 200 挺其の上に銑鐵 2 000 貫合計約 10 000 貫を以てした、前にも述べた通り築島沈井法と異なり海底以上數十尺の間は井筒自身も其の重量が荷重の代用となりて其の沈下を促進する效があるのである。

大派堅坑に於ては既に井筒 4 個を積疊し残り 6 尺 2~3 寸沈下すれば目的の第三紀層に到達するので第 5 井筒も無事に積疊することが出来ると言ふ點まで沈下してゐる、然るに浚渫に於ては第三紀層を貫通掘り起すこと數尺に至つても沈下を始むる模様がない。

井筒の中心に於て既に 5 尺も掘り起したが一向に沈下を見ない双端の齒口の當りを充分ならしむる意味で双端は井筒の裏側に廻はり周圍を萬遍なく幅 0.5 尺、高さ 2 尺位抉り取つた、斯くの如くして一方に荷重の増加を行ひセメントの空袋に砂利を填充して更に 600 俵を追加した。

此の場合荷重は

— 45 封度軌條	200 本	90 000 封度
— 銑 鐵	200 本	20 000 封度
— 砂 利 袋	600 俵	81 000 封度
計		191 000 封度 (約 85 噸)

此の場合の井筒の自己重量 (海底以上) は 106.2 噸であつた、内浮力 45.2 噸を差引き有效荷重は 61 噸で荷重の總計は 146 噸である。

以上の荷重を積載して沈下を俟つたが丁度 3 日目の深夜であつた、寂莫を破つて一大音響と共に急轉沈下一度に 6.5 尺の沈降を見た。此の勢力は又第三紀層に突入して双端は 0.3 尺内外砂岩に喰込んだのである。

之によりて大派堅坑は茲に井筒沈下の一段落を告げた譯で此の急激なる沈下に際し全體として少しの異状も呈しなかつたのは何より幸であつた。

井筒沈下に着手してから約 5 箇月其間浚渫しては沈下し荷重を載せては沈下した。沈下の回数 51 回總沈下 29.7 尺一回の沈下最小 0.02 尺、最大 6.5 尺。

次は五段堅坑である、之は大派堅坑の實例の示す通り同方法を繰り返せば成功疑ひないのである、而して浚渫を勵み第三紀層を貫鑿すること約 4 尺荷重も全量を載加した、双端の周邊裏側を浚ふことも充分念入りである除々に指折り數へて 3 日を待つても何の變化も

ない、4日、5日、6日目となつても其の兆候を認められぬ又一方には潜水夫をして綿密に井筒内外を調査せしめたが何等の異状もないので更に荷重を増加し日一日と其の量を加へ5日間を要して載積し盡したのが次の重量である。

— 45 封度軌條	200 本	90 000 封度	
— 銃 鐵	200 本*	20 000 封度	
— 砂 利 袋	2 000 俵	270 000 封度	
— 浚 淤 土 砂	5 立坪	108 000 封度	
— 覆工用煉瓦	24 000 枚	208 600 封度	
計		696 600 封度	(311 噸)
— 前同様水中部井筒有效重量			61 噸
合計			372 噸

以上の重量を加へて 3 日を経て未だ沈下の模様がない、依つて荷重の重量を想ひ地質の状態を案じ更に周圍摩擦の抵抗より考察する時は沈降を誘發しつゝあるは想像に難くない、畢竟此の場合井筒に震動を與ふる工夫を立つる必要を痛感した。之には海底の表面に於て強烈なる爆薬を爆發せしめ水の撃動によりて井筒に震を與へんとする方法を採つた、即ちダイナマイトを填裝して爆發を試みた依つて海底に井筒を離るゝこと約 4 尺外周を廻りて 20 箇のダイナマイトを 2 個宛 10 箇所に約 4 尺間隔に延長 40 尺の導火線を以て珠數繫ぎにして其の先端を電氣のコードに連結して全部を一度に爆發せしむるものである。

\*之が配置には豫じめ井筒の外周に間隔を測つて所定の位置に竹の目標を建て前記珠數繫ぎの網を小石を吊して錘となし海底に沈置した、ダイナマイトの重量約 900 瓦、水深 16 尺此の仕掛けをなすに約 45 分時を要した、填列を終ると直ちに點火したのであるが海中にドツト音響を發し海上に時ならぬ漣を起して見る見る裡に積疊せる井筒の偉體は搖動沈下をなした、此の沈下 5.5 尺其の結果は同じく刃端が第三紀層に 0.3 尺内外喰ひ込んだ、爆發の效果顯著なりと言ふべし。

此のダイナマイト配置を井筒の一方に偏して置いたことになるが何故井筒全周に亘つて配置しなかつたかと言へば若し全周から同じ波力が加はれば其の力が互に相殺して有効でないかも知れぬと思はれたから寧ろ一方より動搖せしむる方が良好ならんと考へたからであつた。かくして大派堅坑に遡るゝこと實に 1 箇月約 6 箇月で沈下を終へた其の状況を見ると、

沈下の回數 21 回、總沈下 27.4 尺、一回の沈下最小 0.2 尺、最大 5.5 尺

爆發後の状態を調査するに海底上には著しき攪亂の状态を認めなかつたが爆發を行ひたる側に一つの小龜裂の存在を認知したと同時に其の井筒の頂部接手より極く少量の漏水の流滴を見た、之は言ふ迄もなく爆發の影響で爆薬裝填の程度を超越したか又は距離が近過ぎた爲

かと思ふ、然し接手は直ちに修理した爲に漏水も止み別に支障がなかつたから其の儘にした其の外には特に損害を認めなかつた。

以上の作業を以て所謂潜函式井筒堅坑なる工事は首尾克く成工したのである。

回顧すれば着手以來 7 箇月餘其の間幾多の苦心はあつたが豫期以上の成績を以て比較的少額の経費と出來得る限りの短日月とを以て此の空前の工事を遂行したことは洵に満足に思ふ次第である。

#### 第四節 場所詰混凝土

井筒は爰に豫定の通り沈下を終つた、之から第三紀層の掘下げに従事するのである、此れ等は炭鑛家の坑夫の仕事に屬するが此の工事を進めるには海中であるから上部に相當の高さ迄築造しなければ風波の時に井筒内に海水の浸入の虞れがあるので最大満潮面上 3 尺迄築造するので之は満潮面以上であるから場所詰混凝土で繼ぎ足すことにした。

#### 第五節 第三紀層開鑿設備

井筒沈下済みになつたから第四紀層と第三紀層との接續防水工事が行はれる此の場合は第四紀層に立つ井筒の下端と第三紀層に巻き立てられる煉瓦工との接續で之を臺蒸し工事と呼ばれて居る、第三紀層の煉瓦巻立は厚さ 1.5 枚約 1.2 尺弱で接續部には厚さ 3 枚積の煉瓦工が施され以て防水に備へられる、此の方法は先づ第三紀層を井筒徑 18 尺の大きで深さ 4 尺位掘下げ然る後に圓形に掘られた部分を 6 箇所に區分し其對角線の 2 區分を井筒の外周迄掘り込み此れに煉瓦巻立てを施し次に其の隣りに接する對角線の 2 區分を行ひかくして順次残りの 2 區分を施工し終る順序である。

### 第五章 工 費

本工事精算額は 38 433.36 圓で（堅坑 2 基）其の内譯は次の通りである。

堅坑 2 基築造費	38 433.36 圓	（總高 112 尺）
内 譯		
設 備 費	3 554.73 圓	
井筒製作沈置費	17 678.01 圓	
井筒沈下費	17 200.62 圓	
備考 堅坑築造費 1 尺當り	343.15 圓	

### 第六章 結 論

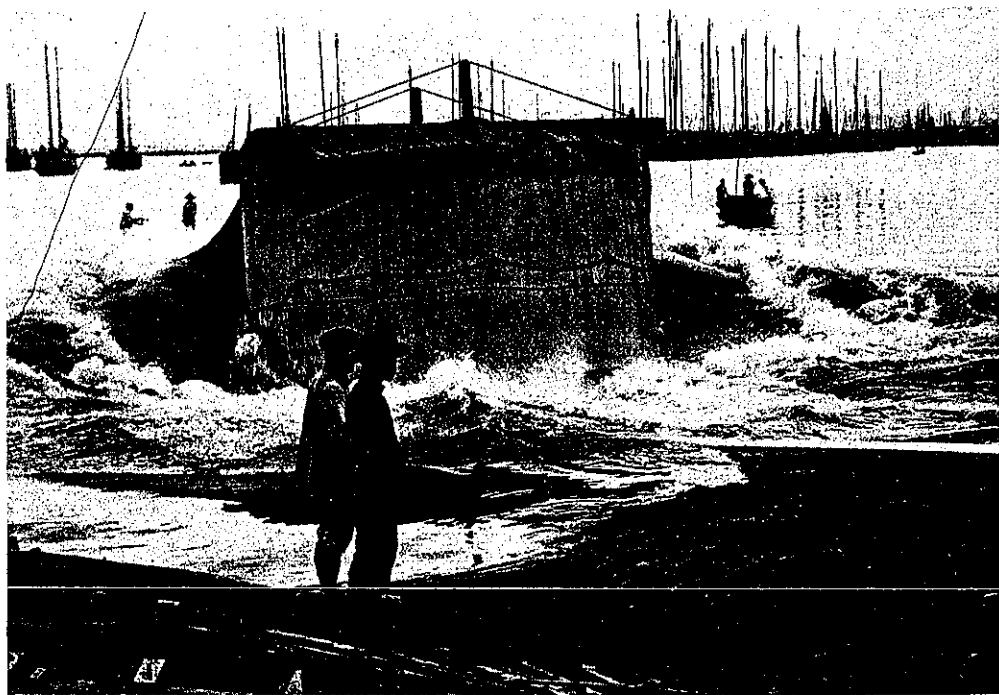
以上述べ來つた所は之を發案應用した設計施工の方法と之に就いて實驗した結果とは素よ

り小規模の工事の發表であるが、吾人の信條によれば此の種の工事に對して世人の感興を促し將來倍々考究改善せられ延ひては此種の工事に限らずこれに類似の橋梁橋脚工事等に廣く應用普及することを得れば聊かたりとも工業界に裨益することあるべしと信ずるものである。

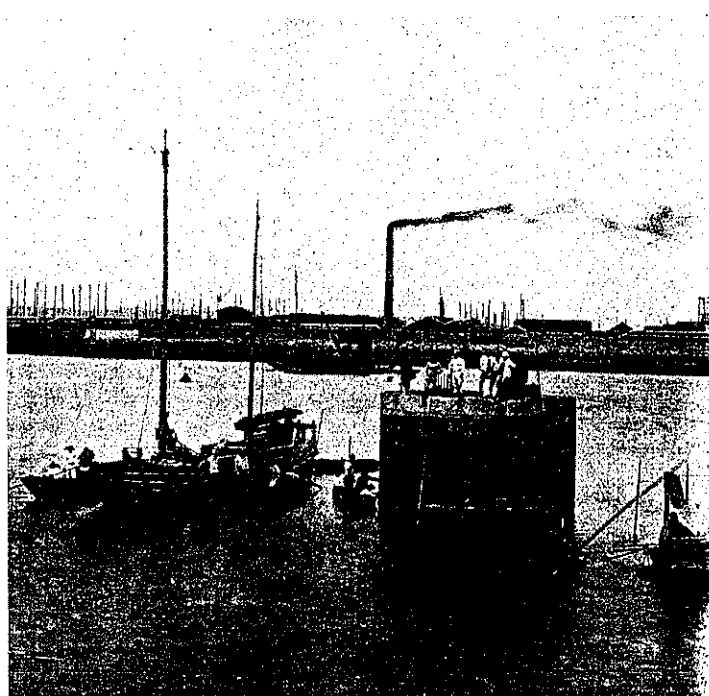
前叙の通り之が設計理論並に施工方法等に至つては充分研究調査の餘裕がなく極めて早急に行つたのであるから尙深く工夫を積み改善せらるべき餘地が多々あると思はれるが、全般から言へば洵に順調に成工したので發案の本旨に叶ひ理想的に目的を達成したと思ふ。而して竣工後の成績に見ても總ての點に於て從來施工せられたるものより完全で當地海底採炭事業に寄與すること尠少でない、即ち本工事は從來の慣例を破つて井筒工に關する嶄新的工法の參考資料を提供したもので堅坑工事の革新を促した積りである。

以上は所謂島を築かないで海中に井筒沈下した工事の報告の概略で或は説明等不充分の點もある事と思ふが夫れは他日に譲ることとする。 (完)

寫眞第一 豎坑用井筒進水



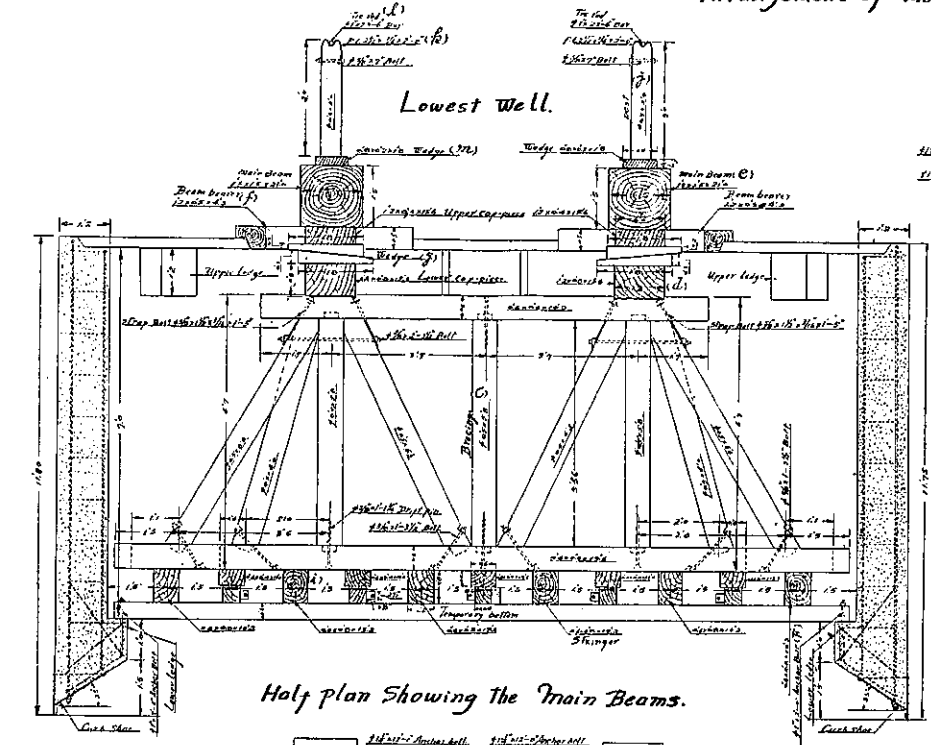
寫眞第二 干潮時に於ける積疊井筒



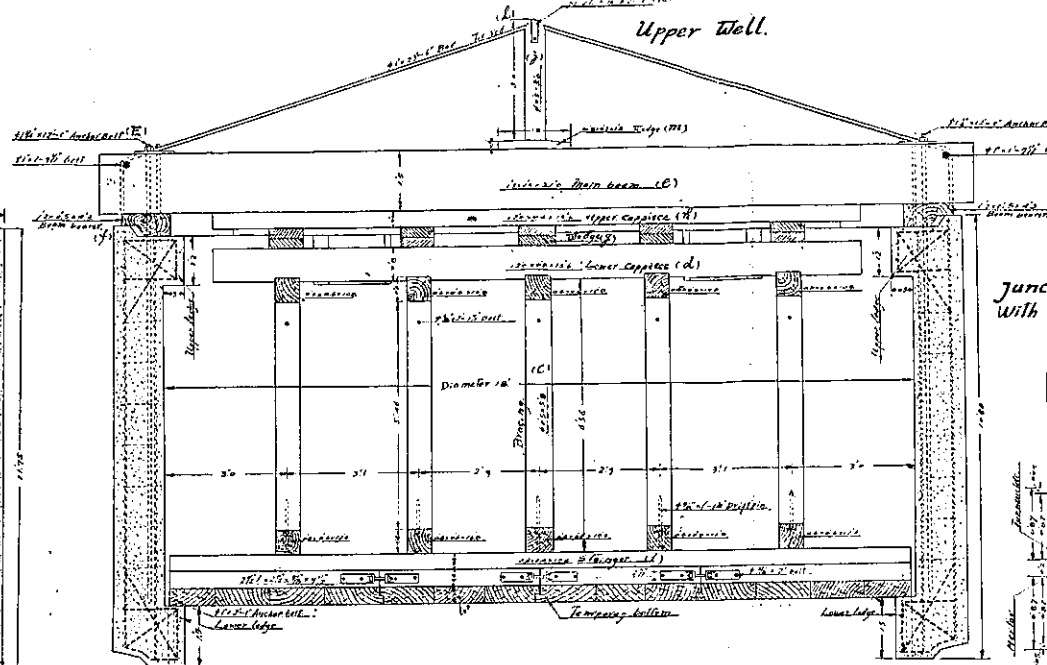
(土木學會誌第十五卷第十一號寫眞)



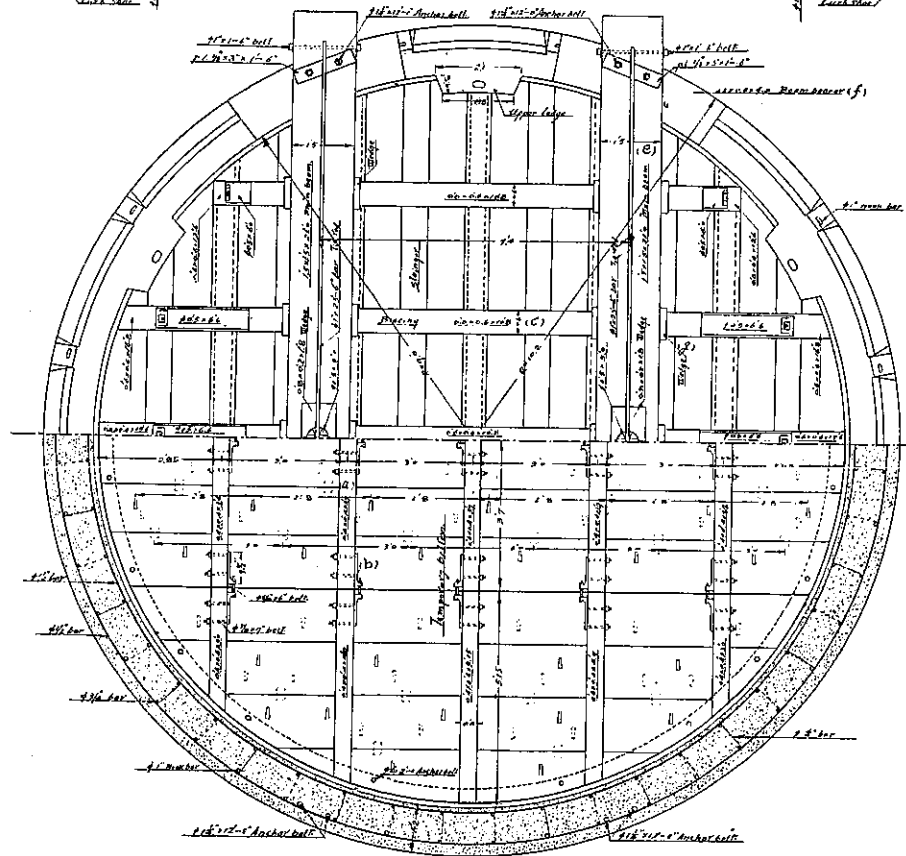




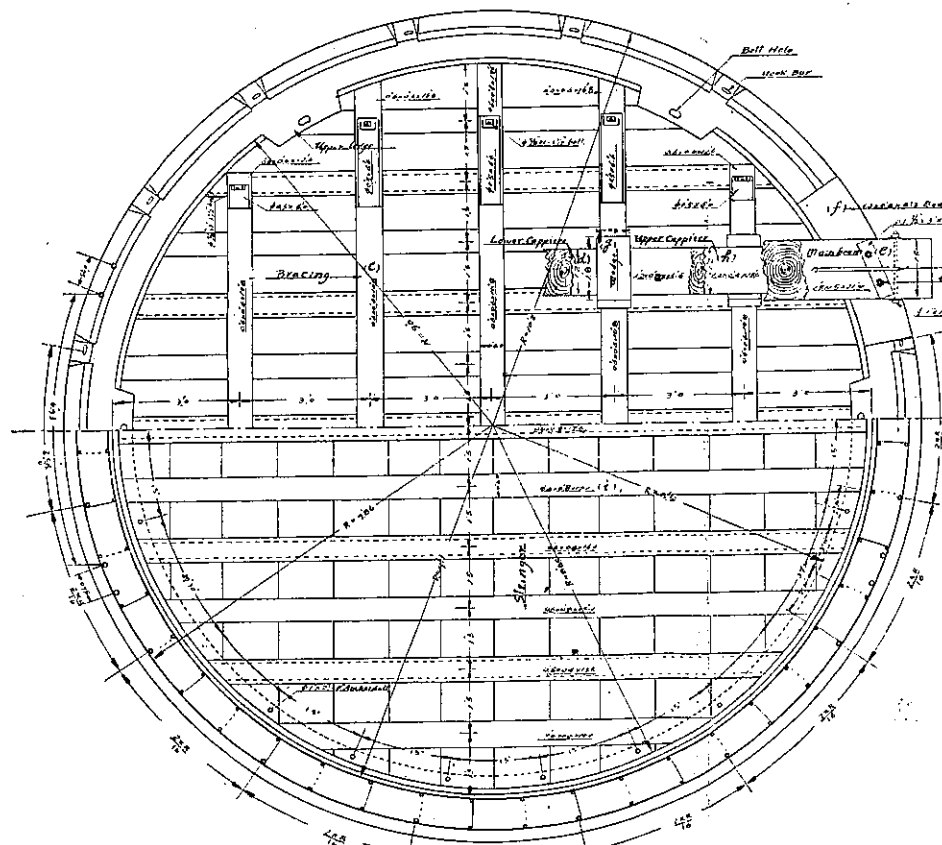
Half plan Showing the Main Beams.



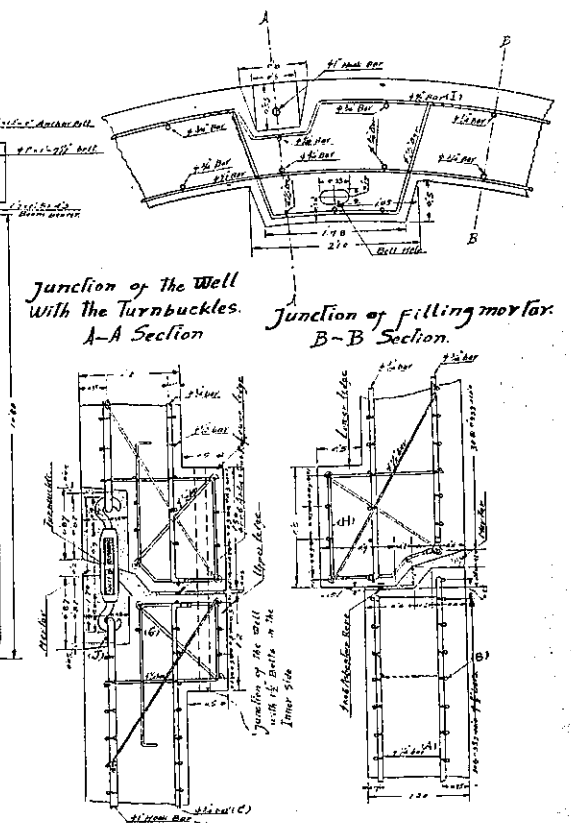
Half plan Showing the Timber Bracings.



Half plan Showing the Temporary Bottom.

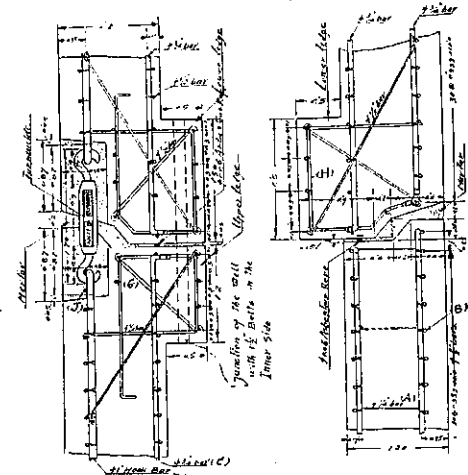


Half plan Showing the Stringers.



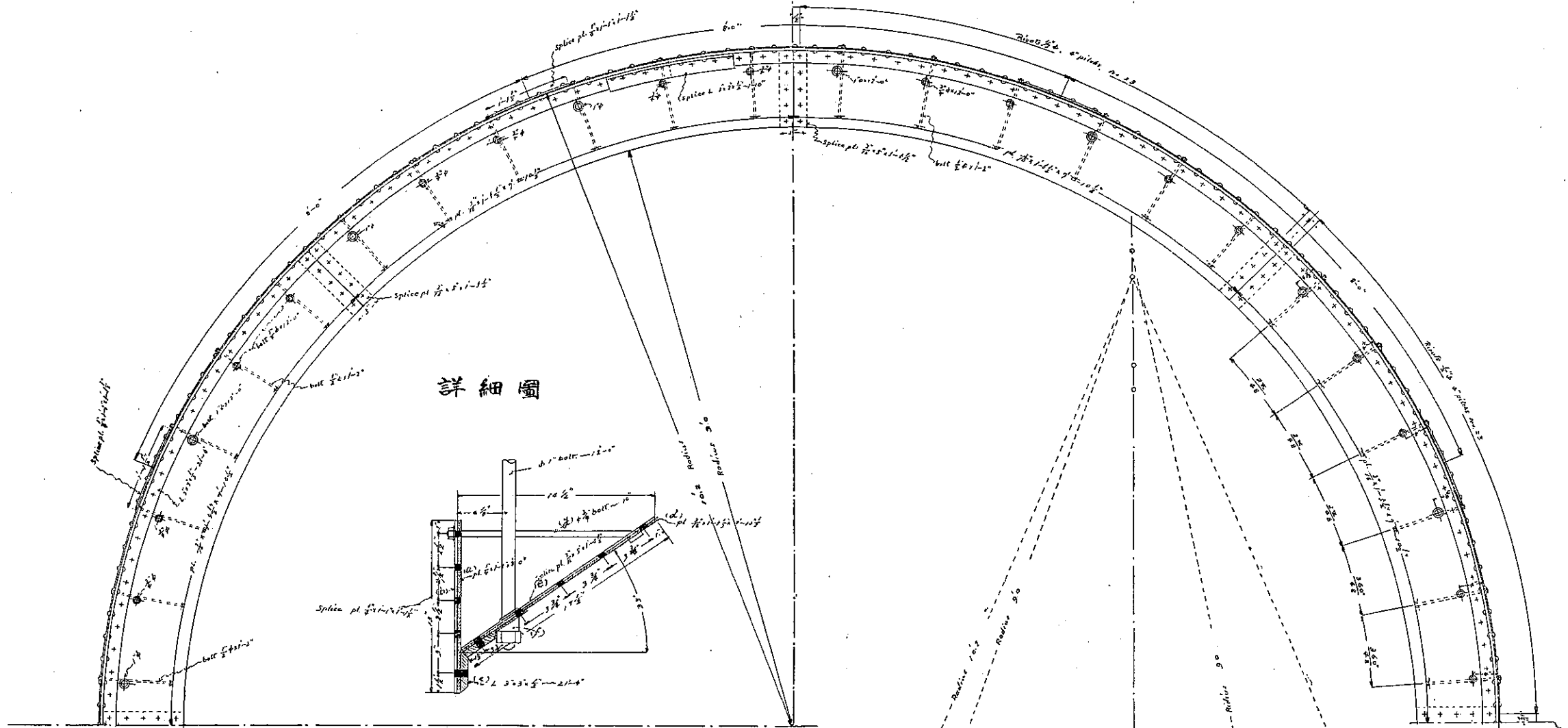
Junction of the Well with the Turnbuckles. A-A Section

Junction of filling mortar. B-B Section.

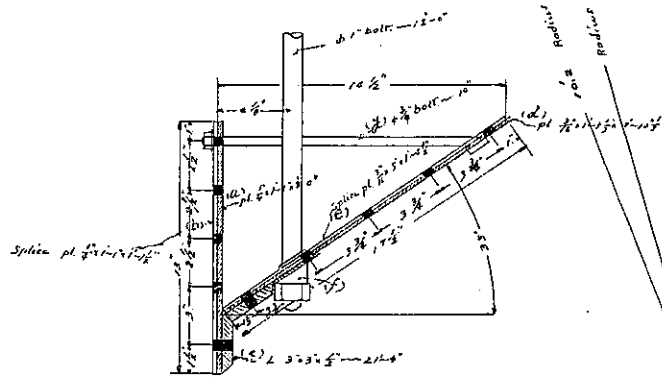


Waterlight joint. (By placing makihada ropes.)

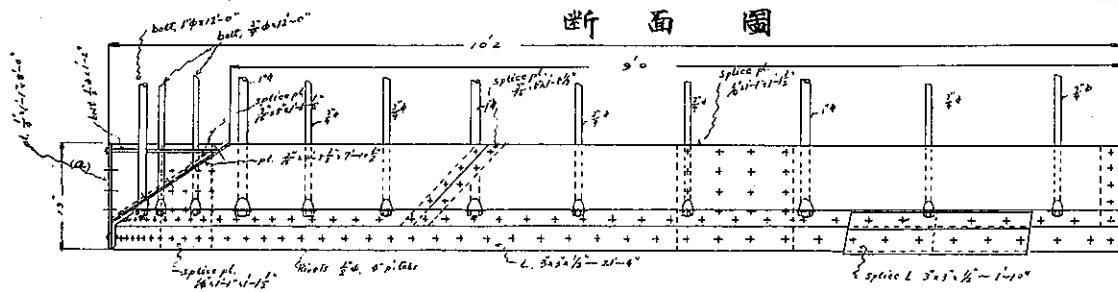
下面圖



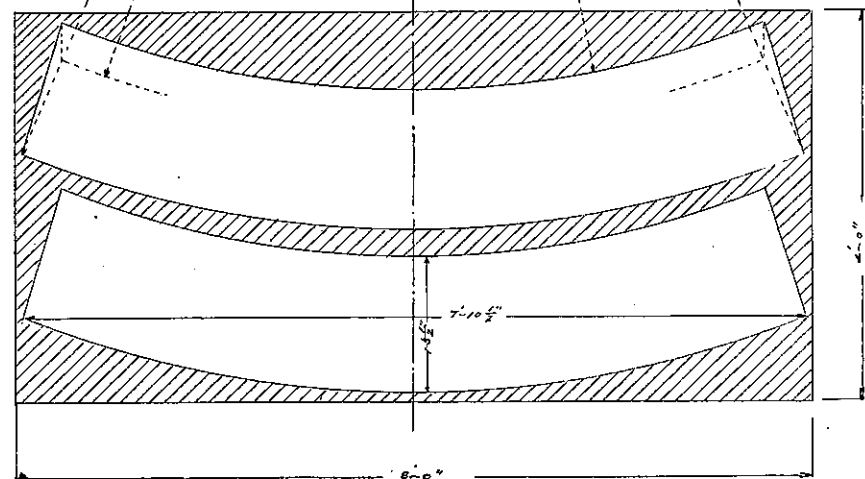
詳細圖



断面圖

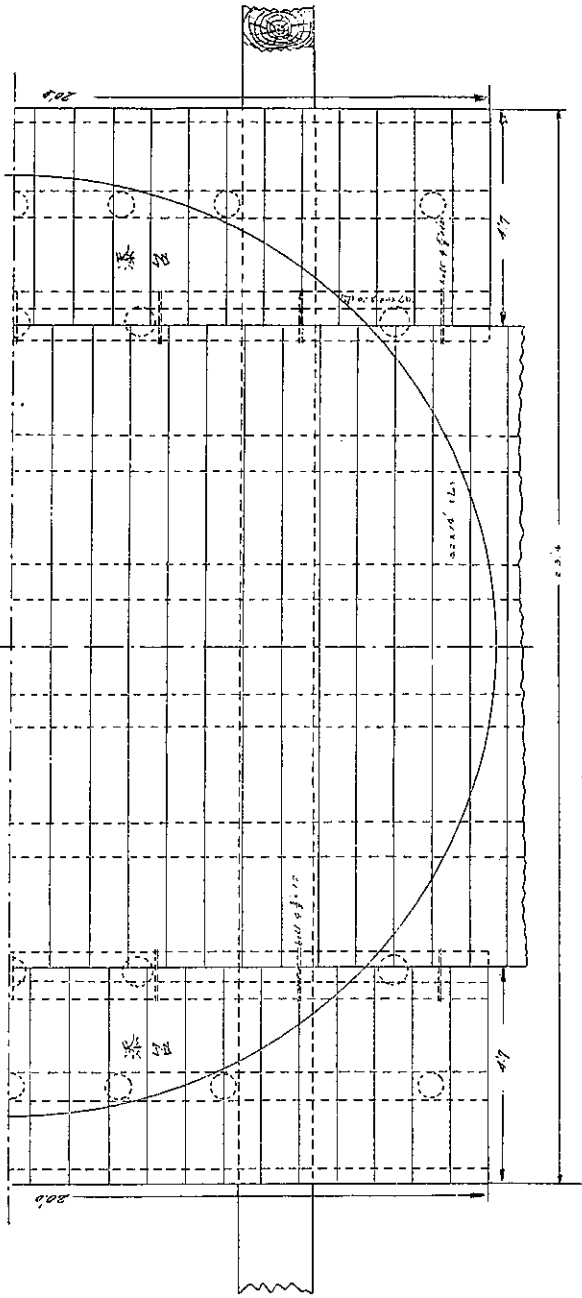


鐵板切取圖

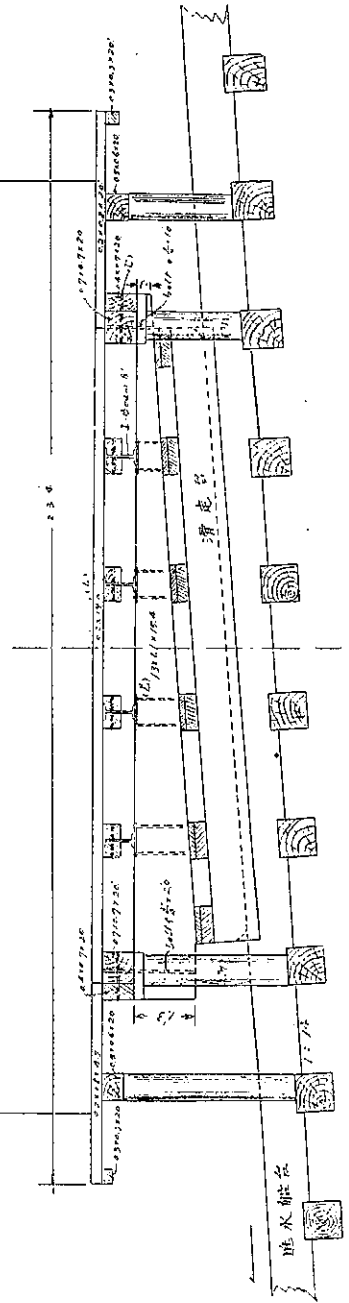


附圖第四 堅坑井筒製造臺之圖

面 平

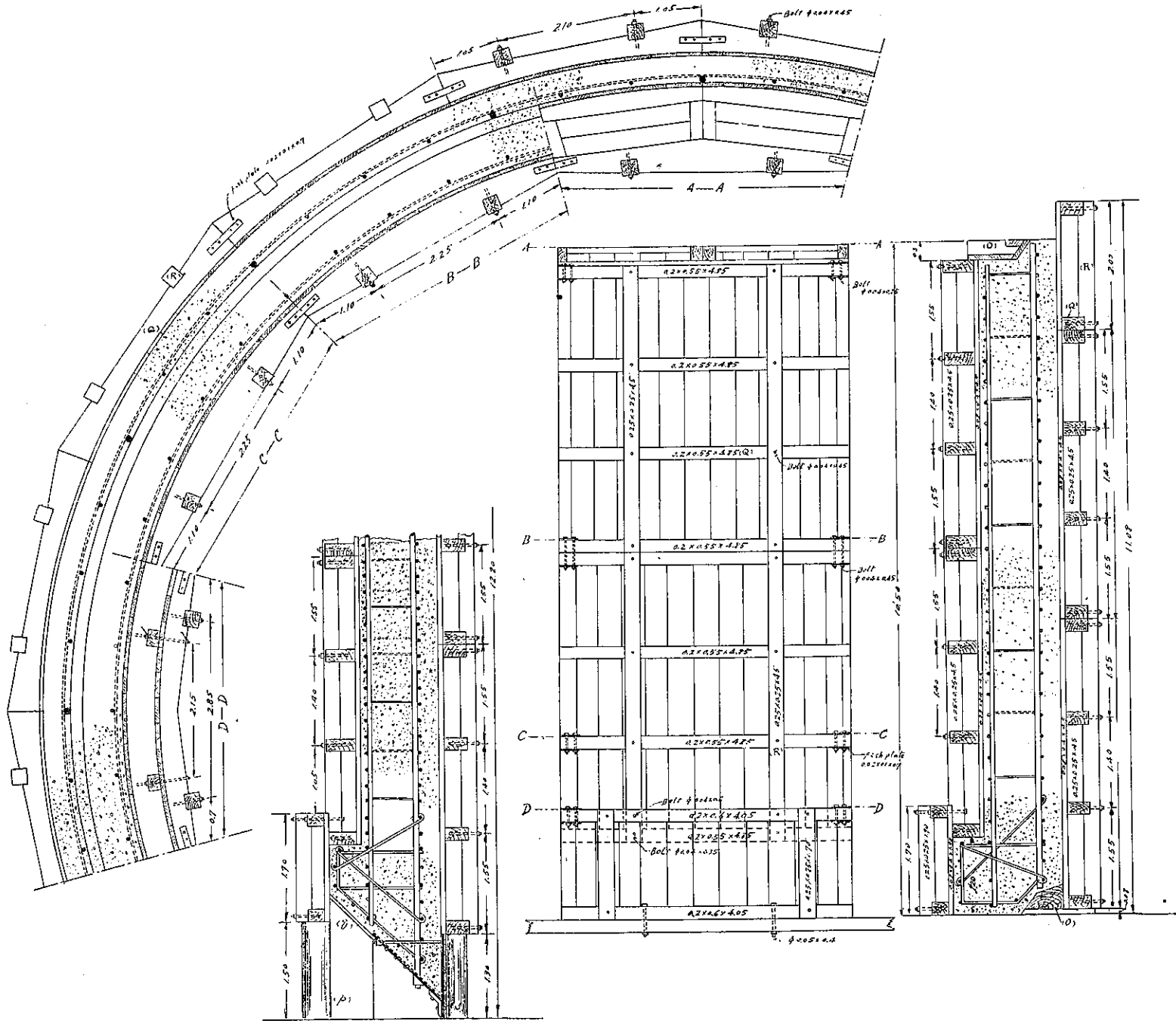


面 側

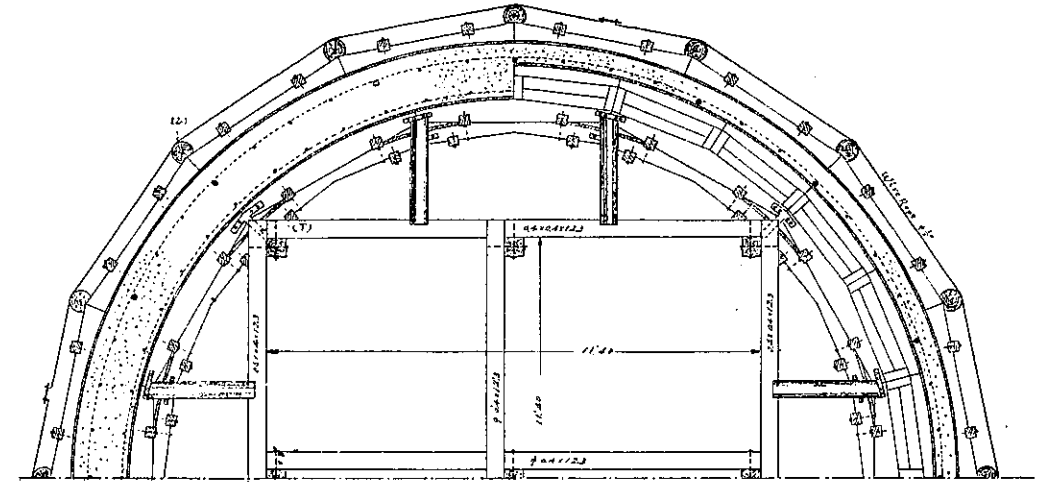


(土木部設計第十五卷第十一號附圖)

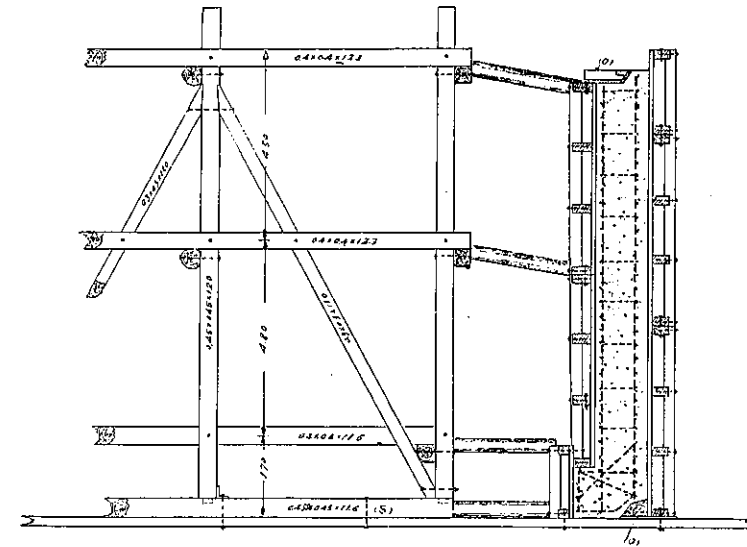
圖部局



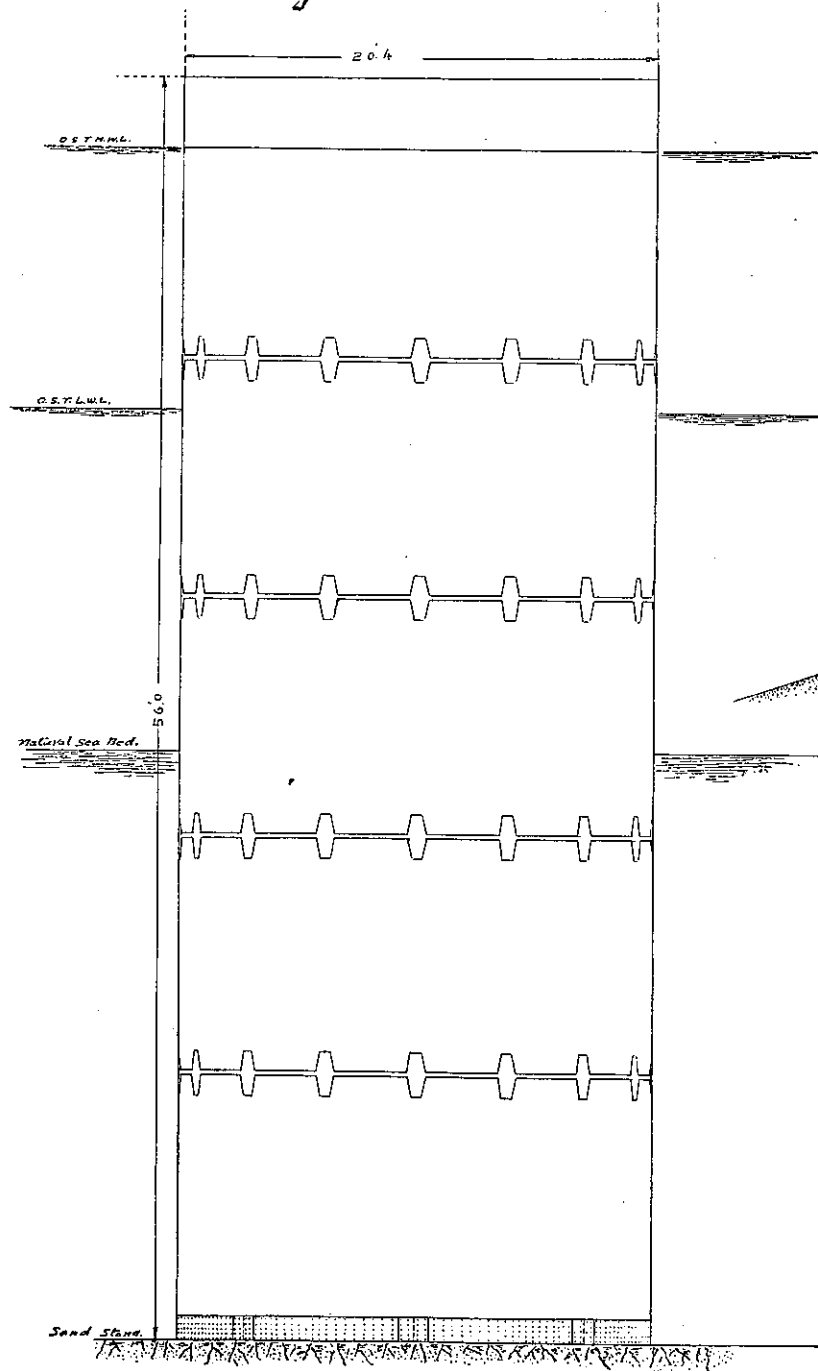
圖面平立組



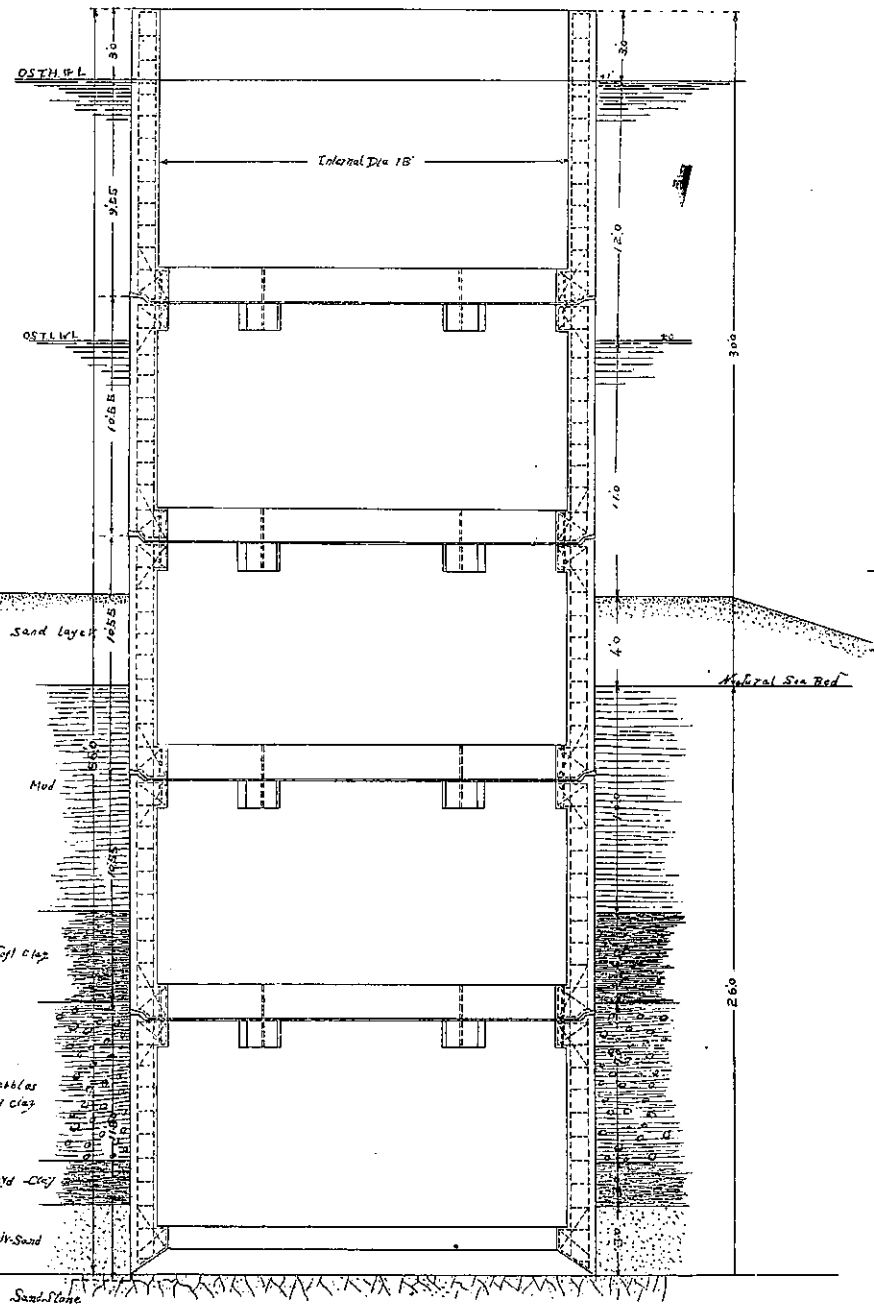
圖面斷立組



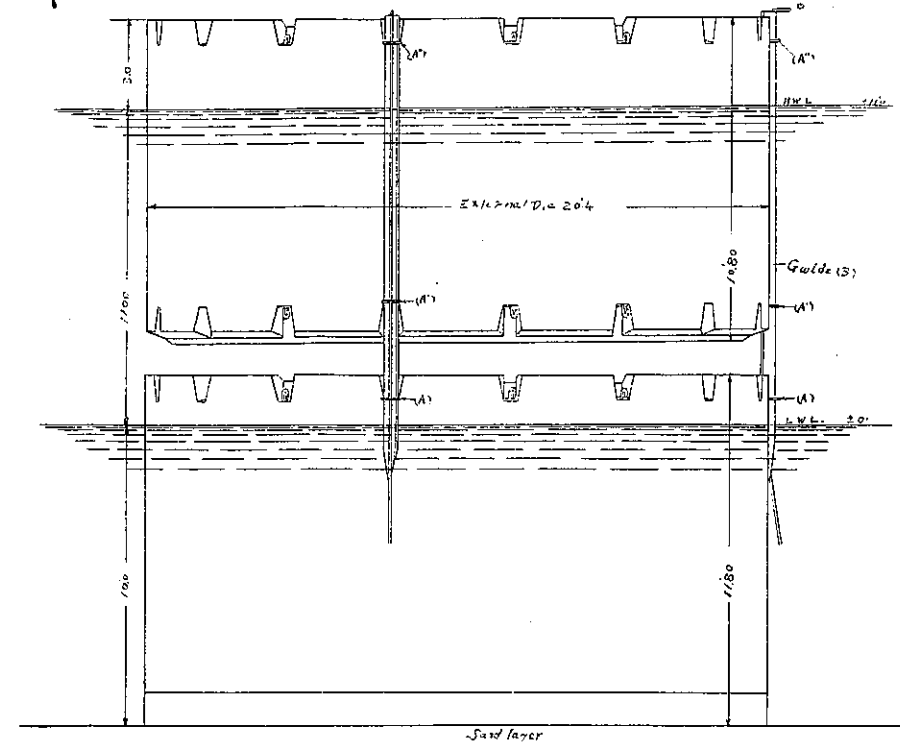
General Elevation.



Sectional Elevation.



View of being placed Upper Well on the Lower.



Plan of Sunken Well.

