

論 說 報 告

土木學會誌 第十二卷第四號 大正十五年八月

青森港船車連絡設備井筒工事に就て

會員 工學士 大竹 邦平

Well foundation for the Transfer Bridge and
Quay wall at Aomori Harbour.

By Kunihei Otake C. E. Member

内 容 梗 概

本編は青森港船車連絡設備の内主として繫船岸壁として築造せられたる井筒沈設工事に於ける経過、工程並に其經費等に就て摘録せるものなり

Synopsis

This is the extractive description of the progression and the Cost of the Well Sinking Work in the provision of Train Ferry at Aomori Harbour.

目 次

緒 言	2
第 一 章 渡 船 橋	3
第 一 節 鐵 塔	3
第 二 節 渡 橋	3
第 二 章 繫船岸壁	4
第 一 節 混凝土方塊式岸壁	4
第 二 節 函棹工岸壁	4
第 三 節 井筒工岸壁	5
第 三 章 井 筒 工	5
第 一 節 井筒沈設箇所の地質及び潮位	5
第 二 節 井筒の構造及び寸法	6
第 三 節 井筒沈降の方法及び工程	6

第四節 井筒沈降の機械及び工費 9

第五節 井筒の力學的考察 10

 (イ) 鐵塔基礎としての井筒工 10

 (ロ) 岸壁の一部としての井筒工 12

結 論 14

緒 言

明治二十四年九月青森驛の營業開始と共に起り來るものは青森函館間の船車の連絡問題なりき。時の日本鐵道株式會社は東北本線の完成を最も有意義ならしむ可く直に之が調査立案に着手せしは蓋し故あるものと謂ふ可し。

明治三十七年十月函館小樽間の鐵道完成し北海道に於ける幹線として遠く旭川、室蘭に直接連絡するや、日本鐵道會社は青森函館間の海上連絡を愈々具體化し、其計畫の實現に着手するに至りぬ。比羅夫、田村の2船の就航は即ち是なり。同船は本邦最初のタービン式汽船にして壯麗、快速並に安全の點に於て實に一新紀元を劃するものなりき、時に明治四十一年三月なり。(附圖第一參照)

今該航路に對する發達の狀況を示す爲明治四十一年以降の旅客貨物の運輸數量を擧ぐれば次の如し。(附圖第二參照)

第一表 青森函館間連絡貨客數量表

年 別	貨 物	旅 客	航海度數	貨車航送數	記 事
明治 41	9,329	158,310	不 明		
42	20,445	176,163	1,101		
43	78,067	236,105	1,405		
44	11,304	289,092	1,557		
大正 1	138,957	312,827	1,691		
2	151,066	305,769	1,756		
3	159,773	285,739	1,653	48	12月車運丸航送開始
4	201,901	320,726	2,065	178	
5	320,944	337,831	2,259	251	
6	382,349	552,344	2,304	275	
7	393,060	637,016	2,922	761	
8	428,087	727,781	3,450	616	
9	452,801	655,592	3,386	231	
10	409,772	593,170	3,211	286	
11	438,745	579,752	3,321	397	
12	406,459	681,560	3,104	210	
13	506,508	700,329	3,314	471	
(六月末)14	202,030	350,180	1,546	—	5月試航送開始 8月本航送同

津輕級の貨車航送開始は大正十四年五月二十一日より試験的に主として晝間に當る第1, 2便のみを實施し, 八月一日より本航送を開始せり。而して八, 九の兩月は3往復の外尙不定期1回を増し, 車輛の航送 10,525 輛に達す, 即ち平均 1 箇月に付約 5,260 輛の割なり。更に比羅夫, 田村級と現在の津輕, 松前級とを比較すれば次の如し。

連絡船比較表

船名	總噸數	長	幅	深	吃水	速度	定員	記事
比羅夫丸	1,500	292 呎	34 呎	21 呎	11.5 呎	18 節	328 人	
津輕丸	3,500	360	52	22	15.0	17	937	
増加率 %	133	23	53	5	31	-5	186	

斯の如く貨物旅客の激増に伴ひ船體亦躍進の増加率を示し, 之に對する繫船岸壁も遂に現在の案に決定せられ(附圖第一参照), 大正九年一月委託工事として青森縣に於て着手す。其後工事の進捗に伴ひ十二年十二月より岸壁の一部使用を開始し, 更に津輕級の第一船翔鳳丸は十三年五月より就航するに至れり。

本問題に入るに先だち, 順序として青森に於ける連絡設備の内繫船岸壁及び渡船場に就て其概略を述ぶ可し。

第一章 渡船橋

第一節 鐵塔

鐵塔は渡橋主桁の動端に設けたる渡橋捲揚裝置を有する塔にして, 高さは桁上端に於て施工基面上 35 呎 7 吋, 幅は心々 43 呎 6 吋とし, 7 呎 1/4 吋角にして總て角桁にて組立らる。此塔の上には鉸桁を架渡し之に電動機及びスクリウ・ロッドを取付く。電動機は 50 馬力にして渡橋を昇降せしめ, スクリウ・ロッドは渡橋を支持し之を昇降するものにして, 徑 7 吋とし 120 噸の荷重に堪ふるものとす。塔の上部には滑車を有しワイヤ・ロープによりて平衡重と渡橋の自重を稍平衡せしむ。(附圖第三参照)

第二節 渡橋

渡橋は主桁及びエプロンの2部より成る。主桁は長 80 呎の下路鉸桁橋にして橋臺にはヒンヂによりて自由に俯仰するを得せしめ, 他端はアイ・バーによりスクリウ・ロッドに支持せらる。而してエプロンは長 20 呎の鉸桁にして一方は主桁にヒンヂにより支持せられ, 他端はフリー・エンドをなす。要之主桁によりて汐の干満の變化に應じエプロンにより連絡船の空滿の船腹に應ずるにあり。

エプロンは 4 條のストリンガーより成り 11 本のクロス・ガーターをヒンヂによりて各之に連絡せらる, 蓋し船の左右舷が何れかに傾斜せる際, 主桁との中間にありて完全に軌條を接続せしむるにあり。(附圖第三参照)

第二章 繫船岸壁

第一節 混泥土方塊式岸壁

繫船岸壁は大正八年の立案にして恰も當時青森縣に於て築港工事中なりしを以て、之が工事施行を青森縣に委託し完成せられたるものなり。其延長 850 呎にして基礎は捨石工となし、地盤軟弱の部分は數箇月間試験荷重を積載し、以て平均干潮面上 2 呎に至る迄混泥土方塊 6 段を疊積し、上幅 12 呎、敷幅 26 呎、高 27 呎となし、其上部は高約 12 呎の場所詰混泥土とし一部には必要に應じ鐵筋として古軌條を使用せり。(附圖第四參照)

混泥土方塊は 6 呎 6 吋×5 呎 6 吋×4 呎 6 吋にして重量 10 噸とす。

第二節 函枠工岸壁

(イ) 矢板工による岸壁

矢板工による岸壁は在來波止石垣内に於て掘鑿によりて施行せんとするものにして、其斷面は高 34 呎、之を 3 段とし其厚 10 呎 6 吋乃至 15 呎 0 吋となし、試験的に矢板工により施行すべく計畫せられたるものなり。(附圖第五參照)

矢板工の着手は大正十一年九月二十四日にして、間もなく冬季に入り寒氣の爲工事意の如くならず、殊に掘鑿干潮面以下深約 5 呎にして湧水に遭遇し作業困難となれるを以て、十二月十六日第 1 段の矢板工を終ると共に一時工事を中止するに至れり。

大正十二年四月十四日ガソリン・ポンプの到着を待ち直に準備を整へ水替作業を始む、然るに湧水益々甚しく 6 吋ポンプを以てするも矢板の間隙及び底部より砂を噴出し、到底水替による掘鑿作業を繼續するの不可能なるを認め、五月三十一日を以て工事を中止し、設計變更の上井筒の沈降による事となれり。

(ロ) 函枠工による岸壁

青森縣に委託の混泥土方塊積岸壁に接続して施設せるものにして、幅 15 呎、長 18 呎、深 34 呎とし、材料は下部に米松厚 1 呎 3 吋、他は赤松とし厚 9 吋及び 6 吋の 2 種とし幅は 9 呎以上となせり。(附圖第六參照)

函枠据付に先だち北東の風浪を防ぐ爲に波止工を設く、其構造は心々 9 呎、長 30 呎、深 28 呎にして、杭並に矢板は何れも 15 呎 2 本又は 2 枚繼とし、中埋には土俵約 1,000 俵を投じ、尙捨石を之に載せたるものなり。此波止工は函枠の工事中確實に其目的を達するを得たり。函枠の沈下所要の深に達すると同時に捨石約 1 呎とし、之に水中混泥土工を施行せり。第 1 回は厚 8 呎 6 吋、第 2 回は 6 呎 6 吋、計 15 呎とし、十月三日に至り、電動ポンプによりて水替をなせるに多少の噴水ありしを以て更に厚 3 呎の混泥土を追加せり。斯くして更に水替をなせるに完全に進行し、爾後陸上コンクリート工によりて水面上 3 呎の高迄施行せり。其高 29 呎 1 吋とす、時に大正十二年十月十七日なり。此間約 5 箇月の日子を

費せるものにして、以て如何に作業の困難なりしかを知るに足るべし。

函粹沈下に要せる工費次の如し。

函 粹 工	13,856 円
波 止 工	1,186 円
合 計	15,042 円

函粹の沈下工程は第二表の如し。

第二表 青森渡船場函粹沈下工程表

段 層	沈下呎数	地 質	施 工 法	作業日数	荷重	摘 要
1	8.25	小石交り荒砂	袋籾籠を用ゆ	18	41 ton	最初の掘付 L.W.L より 5.250 下り
2	2	同	同	17	44 "	
	2	細砂	ブリストマン浚渫機を用ふ	7	44 "	
3	1.05	微細なる砂	同	9	78 "	
計	17.800			51		

第三節 井筒工 岸壁

井筒は断面圓形にして兩側に耳狀突縁を附したるものにして、内徑 12 呎、外徑 15 呎 6 吋乃至 16 呎とし、厚は 1 呎 9 吋乃至 2 呎、高は 34 呎にして、平均干潮面以下 32 呎に達す。井筒の中間には接続コンクリート厚 7 呎、高 26 呎のものを以て接続し、之に場所詰コンクリートを以て上部岸壁を築造せるものにして、干潮面以上 2 呎より 14 呎に至る高 12 呎のものなり。井筒との取付は 60 封度古軌條により縦横に組合せたるものにより鐵筋コンクリートとなし、尙上部には船の直接衝突せる場合を考慮し古軌條による鐵筋を使用せる事函粹工に於けるものと同様なり。(附圖第七参照)

防舷材は 2 種とし、一は單に木材のみとし、岸壁の垂直面に豫め挿入せるボルトにより 9 吋×9 吋×11 呎 6 吋の角材を根太により取付けたるものなり。而して他の一は從來貨車に取付ありし緩衝材を以て間接に角材と岸壁混凝土面に取付けたるものにして、遊間 3 吋を有す。渡橋附近に於ける緩速度の船の衝突に對しては相當効果あり。然れども實施の結果之等角材が尙容易に且つ頻繁に折損せらるゝを以て根太の間に新に各 1 挺を増し、且つ防舷材の間には各 1 挺宛を挿入し密着せしめたるに成績頗る良好にして、耐久力に於て著しきものあり。船尾の形狀は必ずしも同一ならず、殊に製造所により多少差異あり。渡橋の特殊軌條の接続に制限せられ、船尾の形狀と密接せしめ得る程度に防舷材を取付け得ざる爲、多少船の激突を助長せしむる傾向あり。

第三章 井筒工

第一節 井筒沈設箇所の地質及び潮位

(イ) 青森構内現場附近の地層の構成

附近一帯は砂地にして、施工基面以下 13 呎乃至 23 呎に至る間は小石混り荒砂なり。其以下は深を増すに従ひ細粒となり、黑色を帯び密度大なるを見る。45 呎附近に於ては基礎としては完全なる密度を示す。従て井筒の沈下に當り最初は石垣基礎に使用せられたる捨石の爲に多少妨げられたる事あれども、(第 1, 8, 9 號) 概して作業容易なりしも、下部に至るに従ひ掘鑿及び井筒の沈下に多くの時間を費せり。(附圖第八参照)

(ロ) 試掘期間、地點及び深

試掘期間は、大正十二年四月十日より開始し同五月八日に終了せり。其地點は 3 個所にして其位置は附圖第八に示すが如し。其他青森縣廳に於て岩壁の附近にて施行せるものあり、總數 7 箇所にして其深は 50 呎より 80 呎に至る。

(ハ) 試掘工程及び工費

試掘に使用せる機械は内徑 3 呎の普通のボーリング用のものを用ひ、作業日數に對し 1 日當り約 5.5 呎なり。之に要せる經費は工費 121 圓、材料費 7 圓、計 128 圓にして、深 1 呎當り約 1 圓に當れり。

(ニ) 青森港の潮位

青森港に於ける潮位の關係は次の如し。(青森築港事務所調査に依る)

青森港潮位關係 (明治四十一年)

潮位名稱	大千潮時平均千潮位より高	大千潮時平均千潮位より低	潮位差	記 事
東京灣中等潮位	0.83			
大潮時平均千潮位	0.00		} 2.12	
大潮時平均滿潮位	+2.12			
小潮時平均千潮位	+0.34		} 1.53	
小潮時平均滿潮位	+1.87			
最低潮位	—	-0.68	} 4.44	R.L. より
最高潮位	+3.760			-11.638 -7.198

第二節 井筒の構造及び寸法

井筒は圓形にして内徑 12 呎、外徑 15 呎 6 吋乃至 16 呎とす。混凝土の厚は上部 1 呎 9 吋、底部 2 呎として其間隙は砂及び混凝土を以て充填す。底部のカーブ・シューは普通の形にして、唯ロッドは徑 1 吋、長 10 呎のもの 8 本宛を使用し、兩端は鉤形とし最下端は座鐵付ナットとす。纜足の個所は 8 番鐵線にて長 6 吋を巻付けたり。

本設計の特長は井筒の接続部に於て兩側に耳狀突縁を付けたるにあり。即ち(附圖第九、参照)接続混凝土壁を挿入する爲厚 7 呎、幅 3 呎 9 吋及び 4 呎 3 吋の楔形(即ち 1/28 勾配とす)となしたるものにして、以て土壓によりて益々其接続を密接ならしむるにあり。

第三節 井筒沈降の方法及び工程

(イ) 井筒工

沈下の方法は普通工法に依る、即ち陸上にてカーブ・シユールを据付け型枠を造り、バンドにて締付け中にコンクリートを填充す。而して其割合の比は水中は 1:2:4 其他は 1:3:6 とす。各一回の繼足は高約 6 呎とす。

混凝土はランサム・コンクリート・ミキサー 1 臺を以て鑿りコンクリート運搬車により、輕便軌道によりて運搬せり。用水は青森市の水道より鐵管を分岐し供給を受く、掘鑿より生じたる土砂は上部に布設せる輕便軌道にてトローリーにより井筒外に取捨つる事とせり。井筒の沈下大なるに従ひ抵抗も亦増加するを以て、最初は繼足コンクリートの高を 12 呎とし、其自重を利用し更に軌條の荷重を加へ漸次増加せしめ最後の荷重は約 20 噸なり。

井筒沈下に際し地質一様なる個所に於ては左右平等に沈降したるも、不均等なる個所に於ては傾斜又は滑動を生じ、且つ形狀上述の如く正圓形にあらざるを以て、些少の轉向をも許さざるを以て絶へず注意を拂ひたり。幸にして地質は細砂より成るを以て之が調整に對しては掘鑿の側を變更する事により比較的簡單に施行するを得たり。

第三表 井筒沈下表

(一日に就き)

井筒番號	カーブ・シユール掘付年月日	コンクリート初め年月日	沈下 6 呎迄	同上 12 呎迄	同上 18 呎迄	同上 24 呎迄	同上 30 呎迄	同上 32 呎迄	同上 34 呎迄	中埋コンクリート終了年月日
△ 1	13. 3. 29	13. 4. 3	0.75 呎	1.20 呎	1.20 呎	1.20	0.80	0.80	13. 8. 13	
2	12. 12. 12	12. 12. 16	0.75	1.20	1.00	1.20	0.81	0.81	13. 9. 23	
3	12. 9. 30	12. 10. 20	0.85	1.20	0.37	1.20	1.00	0.75	13. 5. 21	
4	12. 9. 20	12. 9. 23	0.66	0.85	0.60	1.20	0.60	0.75	13. 5. 18	
5	12. 8. 8	12. 8. 11	0.75	0.60	0.37	0.75	0.85	0.75	13. 6. 30	
6	12. 7. 25	12. 8. 5	0.85	0.66	0.46	1.50	0.85	0.30	13. 6. 29	
7	12. 8. 18	12. 8. 24	0.46	0.85	1.10	1.20	0.66	0.66	13. 6. 21	
△ 8	12. 8. 8	12. 9. 10	0.35	0.75	1.10	1.20	0.54	0.54	13. 7. 21	
△ 9	13. 7. 18	13. 7. 16	0.40	1.00	0.50	0.50	0.60	0.60	13. 11. 26	
10	13. 7. 10	13. 7. 11	0.66	0.75	0.75	0.46	0.46	0.85	13. 11. 23	
11	14. 3. 12	14. 3. 24	0.59	0.75	0.46	0.50	0.43	—	目下工中止	
12	14. 3. 22	14. 3. 24	1.00	0.66	0.40	0.35	0.38	—	同	
13	14. 3. 29	14. 4. 1	0.75	0.86	0.33	0.33	0.75	—	同	
(イ)	13. 6. 16	13. 6. 19	2.00	1.50	1.00	0.66	0.33	0.33	13. 9. 23	
(ロ)	13. 5. 20	13. 5. 22	1.00	1.20	1.00	1.00	0.60	0.50	13. 10. 13	
平均			0.79	0.94	0.71	0.88	0.64	0.64	229. 日 0.77	

即最大一日 2.0 呎、最小 0.3 呎にして平均 0.8 呎なり。

△印を附したる井筒は在來石垣のある個所にて捨石散らし井筒の箇口に石あり、沈下遅々にして潜水夫の力に依り除去す。(附圖第十參照)

備考

上表は實働日數を以て沈下の深を除したるものにして休業の日を含まず。第 8、第 9 號は

在來石垣の基礎捨石の個所に當りたるを以て比較的工程小なり。

(ロ) 井筒接續工

井筒接續工は各井筒及び井筒と函樁とを連絡するものにして浚渫に伴ひ外樁(陸方)及び内樁(海方)の沈下を了し、内部にコンクリートを填充の上連続せしむるものとす。樁は幅 4 呎 3 吋、深 26 呎とし、各段柄及び船釘を使用し繼足し、尙補強として 5/8吋×3½ 吋角鐵を外方 2 列に取付け井筒の耳に沿ひ滑動を容易ならしめんが爲 1/4吋×3½ 吋の平鐵板を取付けたり。又樁の沈下を助くる爲外方樁に荷重代用として 60 封度軌條を 2 本左右垂直に添附し徐々沈下せしむ。内樁に對しても亦同様とす。(附圖第九参照)

下部は水中コンクリート工により潮の干満による部分 C は袋入コンクリート(長 1.5 呎徑 10 吋内外の天竺木綿及び帆布綿製)工により填充せり。(附圖第七参照)

井筒並に接續工には上部場所諸コンクリート岸壁との密着を助くる爲 60 封度、長 3 呎乃至 6 呎の軌條を 6 本宛挿入す。但し第 2 號及び第 5 號井筒には繫船柱取付の必要上長さ 30 呎軌條各 10 本を用ふ。函樁と第 1 號井筒との接續工には、軌條杭長 30 呎 2 本をリベットし 8 組を以て補強す。

第四表 井筒接續沈下表

名 稱	沈下日數	混凝土日數	記 事
函樁—1 號間	6 日	4 日	10—11 間, 11—12 間 12—13 間
1—2	7	4	接續工は目下施行中に付略す
2—3	7	3	
3—4	8	3	
4—5	11	2	
5—6	17	2	
6—7	13	2	
7—8	14	2	
8—9	16	2	
9—10	6	2	
平 均	10.5	2.6	

附記 10—11, 11—12, 12—13, 接續部は目下施行中に付略す

着手の順序は第 5, 6, 7 號とし 3, 4, 8, 2, 1 號及び (ロ) 號 (イ) 號之に次ぐ。

(イ) 號及び (ロ) 號は最初小形ガットシルを使用せるも、深度を増すに従ひ重量輕きに失し能率小なるを以て大形ガットシルによる事とし相當効果を認めたり。

ガットシルは小形はキャパシテイ約 0.02 坪 (重量 0.8 噸) にして秋田建設事務所より借入れたるものにして、又大形は當事務所改良掛に於て考案せるものにして約 0.07 坪 (重量 1 噸) とす。

平均干潮面以下 22 呎の附近は地質細砂より成り作業の際ガットシルの廻轉軸の附近より

水と共に流失するもの多きを以て、之を防ぐ爲に鐵板(厚 1/8 吋)を以て土砂の流出を防止する方法を考案せるに、之亦良結果を得たり。ガットシルは元來掬式のものなれども青森保線事務所にて考案せるものは掬式となし、盛岡工場に委託製作し實地に使用せるに小石混りの土砂に有效なるを認めたり。(イ) 號及び(ロ) 號を除く其他の分は、ガットシル及びプリストマンを混用せり。即ち淺き箇所は大形ガットシルを用ひ後プリストマン浚渫機による事とせり。

プリストマン浚渫機はブーム短くして井筒に接近するに不便なりしを以て之を延伸することとし、米松(函粹發生材) 1 呎 6 吋角のものを三角形に切り鐵鎖にて軸に巻付け、之に杉丸太末口 6 吋、長 30 呎 2 本を立て筋違を取付け鎖及びワイア兩用ブロックを取付けたるものにして約 4 呎の延伸をなせるものにして、使用の結果成績良好なり。

井筒の着手は大正十二年十二月にして、第 1 號より第 10 號迄及び(イ) 號(ロ) 號の 12 箇所を完成せるは十三年十一月とす、而して第 11 号より第 13 號に至る 3 箇所は、大正十四年三月着手九月竣工せり。

第四節 井筒沈降の機械及び工費

(イ) 渡船場工事に使用せる機械

井筒其他渡船場工事に使用せる主なる機械は次の如し。

1. プリストマン浚渫船
2. 混凝土混合機
3. 蒸氣捲揚機

(1) プリストマン浚渫船

寸法 幅 23'-8" × 長 61'-0"
 代價 37,000 圓
 キヤパシテイ 12 立坪/日
 使役人員 機關手 1 人, 火夫 2 人, 水夫 2 人, 人夫 2 人, 計 7 人

(2) 第五表 混凝土混合機

種目	名 稱		
製造所	ランソム・コンクリート マシーナリー會社	ランソム・コンクリート マシーナリー會社	安治川鐵工場
形式	No. 14-S 型可搬式	No. 10-S 型可搬式	A.I.W.コンクリート ミキサー型 7-8 號
機能	ドラム	ドラム	ドラム
容量	14 (立方呎)	10	7
動力	電動機(齒車) 60 サイクル 220 ホルト 10 馬力	石油發動機(調草) 壓 型	石油發動機(齒車)
購入	大正 11 年 11 月	大正 11 年 11 月	大正 12 年

代 價	圓 5,969	2,945	2,800
成 績	1.5 立坪/時間 円 1.900/立坪 故障少く良好なり	ガソリン發動機を以て使用したる結果良好ならず	1.3 立坪/時間 2.700/立坪 良好

附、 混凝土運搬車

鐵製とし 14 立方呎キャパシテイを有す

(3) 蒸汽捲揚機

12 馬力 (26"×72")

代價 2,100 圓

(ロ) 井筒沈降の工費

第六表 渡船場井筒沈設工事費調

工事名稱	工事種類	工 費	材料費	雜 費	合 計	記 事
第一回工事	井筒工	1,349.830	2,762.705	548.014	4,660.549	6 號井筒:1 箇
	接 續 工	578.344	673.900	182.671	1,434.915	接續 1 箇
	計	1,928.174	3,436.685	730.685	6,095.464	
第三回工事	井筒工	9,884.972	19,290.369	2,488.515	31,663.856	{1. 2. 5. 7. 8. 9. 10 の七箇分
	接 續 工	3,071.738	4,489.325	829.504	8,390.567	接續 6 箇分
	計	12,956.710	23,779.694	3,318.019	40,054.423	
第四回工事	井筒工	2,514.909	5,399.240	1,648.261	9,562.410	3, 4 號二箇分
	接 續 工	1,533.217	2,540.680	931.108	5,055.005	接續三箇分
	岸壁取毀	2,013.919	—	1,295.063	3,308.982	
	計	6,062.045	7,939.920	3,924.432	17,926.397	
	井筒工	13,749.711	27,452.314	4,684.790	45,886.815	一箇所平均 4,588 圓
	接 續 工	5,183.299	7,703.905	1,993.283	14,880.487	1,488 6,077

外に建築用具費 41,778.円995 は共通に使用せるものなり。

第五節 井筒の力學的考察

(イ) 鐵塔基礎としての井筒工

基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持力に對しては特に試験荷重によりて實驗せることなきを以て確實なる數字を有せず。地盤又は其組織によるべきは論なきも、其周圍に来るべき水量をも考慮せざるを得ず。

コルセル氏の 178 件の實驗の内、此地質に該當する結果を摘録すれば次の如し。

件 数	地 質	成 績	平 均
10	細 砂	2.0 噸—5.2 噸	4.0 噸
10	砂混り粘土	2.2 "—6.9 "	4.4 "

此結果は深き基礎工事に於て試験荷重を搭載し、沈下を來さざりし場合のみに就てなせるものなれば、最小限は尙多少の餘裕あるものと見て、最小限と平均との中間數 3 噸を以て許容限度となせり。

井筒沈下の實績より井筒の側面及び底面に於て支持すべき壓力を算出せんとす。

$$\text{井筒の周圍長} \quad \pi d = \pi \times 16 = 50.3 \text{ 呎}$$

$$\text{井筒混凝土斷面積} \quad \frac{\pi}{4} (15.5^2 - 12^2) = 75.6 \text{ 平方呎}$$

$$\text{井筒底部に於ける混凝土斷面積} \quad \frac{\pi}{4} (16^2 - 12^2) = 88.0 \text{ 平方呎}$$

$$\text{井筒中空面積} \quad \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 111.1 \text{ 平方呎}$$

$$\text{井筒底面積} \quad \frac{\pi}{4} \times 16^2 = 201.1 \text{ 平方呎}$$

$$\text{泥砂 1 立方呎重量} \quad 100 \#.$$

$$\text{混凝土重量} \quad 140 \#.$$

$$\text{井筒の重量及び浮力 (34 呎) (中埋なき場合) (重量) 167 噸 (浮力) 70.2 噸}$$

$$\text{井筒の總量 (34 呎) (混凝土填充) (重量) 407.2 噸 (浮力) 171.2 噸}$$

$$\text{井筒の外部摩擦面} \quad 1,500 \text{ 平方呎}$$

$$\text{鐵塔の重量 (設計荷重)} \quad 270 \text{ 噸}$$

$$\text{鐵塔基礎混凝土重量} \quad 96.5 \text{ 噸}$$

$$\text{積載荷重} \quad 20.0 \text{ 噸}$$

今底面に於ける支持力を零と假定する時は (水面と地盤面と同高と假定す) 井筒の自重及び荷重と泥砂の側面摩擦力とが平衡を保つこととなる。依つて(イ)の場合、即ち高 34 呎の井筒が 32 呎埋没したる場合に就て考ふれば、平均 1 平方呎に對する側面摩擦力は 174# となる。但し假定に於て底面に於ける泥砂の支持力はカーブ・シユエに對して、零と見たるものなれども事實に於ては多少の値を有するは疑なき能はず。従つて側面摩擦抵抗が 167# となせるは最大限度のものとして可なり。

ランキン氏の公式により

$$S = \frac{1}{2} \times \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \times 100 \times h^2 \times \tan \phi \times 50.3$$

上式中 ϕ = 泥砂の息角及び泥砂と混凝土の摩擦角

h = 井筒の土中に埋没せる深さ…………… = 32 呎とす。

$$K = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \tan \phi$$

即ち $167 \text{ 噸} + 20 \text{ 噸} = 70.2 \text{ 噸} + S$

然るに $S = \frac{1}{2} K \times 100 \times h^2 \times 50.3$

$$= K \times 50 \times h^2 \times 50.3$$

$$\therefore 167 \text{ 噸} + 20 \text{ 噸} = 70.2 \text{ 噸} + \left(\frac{K \times 50 \times 1,024 \times 50.3}{2,240} \right) \text{ 噸}$$

$$K = \frac{116.8}{1,150} = 0.101$$

$$\therefore \phi = 67^\circ 16'$$

$F = 1$ 平方呎に於ける平均摩擦

$$167 \text{ 噸} + 20 \text{ 噸} = 70.2 \text{ 噸} + (1,500 \times F) \text{ 噸}$$

$$F = \frac{116.8}{1,500} \times 2240 = 174 \# / \text{平方呎}$$

井筒の底部に對する總重量

$$W = 270.0 + 96.5 + 407.2 = 773.7 \text{ 噸}$$

井筒の側面摩擦力

$$S = \frac{174 \times 1,500}{2,240} = 116.5 \text{ 噸}$$

井筒の浮力 $V = 171.2 \text{ 噸}$

之等の數字より底部に於ける壓力を算出する時は次の如し。

井筒の底部に對する壓力 (1 平方呎に就き)

$$\frac{773.7 - 116.5 - 171.2}{201.1} = 2.4 \text{ 噸}$$

$$\text{摩擦力と總重量との比} = \frac{116.5}{773.7} = 15 \%$$

$$\text{底部壓力と總重量との比} = \frac{485.8}{773.5} = 63 \%$$

底部壓力強度 (1 平方呎に付) 2.4 噸/平方呎

即ち設計荷重 270 噸に對する井筒底面の壓力は 2.4 噸なり。之を實際の重量 203 噸に對しては 2.1 噸に當る、故に推定による支持力 3 噸に對し十分の安全率を有す。

(□) 岸壁の一部としての井筒工

一般に擁壁として安全率を見ると同様に考ふる時は次の結果を得

凝りの重量	140 封度/立方呎
泥混り砂の息角 (ϕ)	30 度
泥混土砂の重量(井筒背面)	100 封度/立方呎
同 上 (井筒前面)	64 封度/立方呎

備考 土壓を考ふるに當り泥砂の息角及び重量を水面上と水面以下を區別し計算する方合理的なる可しと雖も之を簡單にする爲濕潤なる砂として上の如く假定す。

1. 顛倒 (オーバーターニング) に對するものは

高 (34 呎) 凝土填充の井筒

井筒及び擁壁の重量

$$W_1 = \left(\frac{5.5 + 10.5}{2} \times 9.9 + 2.1 \times 16 \right) \times 20 \times 140$$

$$+ \frac{\pi}{4} \{ 16^2 \times 8 + 15.5^2 \times 26 \} \times 140 = 548.2 \text{噸}$$

井筒の浮力 $V = 171.2 \text{噸}$

井筒の總重量 $W = W_1 - V = 548.2 - 171.2 = 377.0 \text{噸}$

今ランキン氏公式による時は

$$\text{土壓} \quad p = \frac{1}{2} wh^2 \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times 45.5^2 \times \frac{1 - 0.5}{1 + 0.5} \times \frac{1}{2.248} = 15.4 \text{噸/呎}$$

實際に於ては P は井筒の表面に垂直に働くものなるべきも筒にする爲並行に來るものと假定する時は土壓による合力

$$P = \Sigma p$$

$$= 2pr \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 \alpha d\alpha + 4p$$

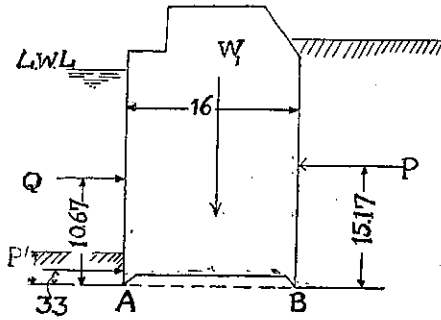
$$= \frac{2}{3} \cdot p \cdot 2r + 4p = \left(\frac{2}{3} \times 2r + 4 \right) \times 15.4 = 225.9 \text{噸}$$

$$\frac{h}{3} = \frac{45.5}{3} = 15.17 \text{噸}$$

同様に

$$Q = \Sigma q = 2qr \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 \alpha d\alpha + 4q = 209.7 \text{噸}$$

$$P' = \Sigma p' = 2p'r \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 \alpha d\alpha + 4p' = 63.1 \text{噸}$$



依て

$$P' \times 3.3 + Wx + Q \times 10.17 = P \times 15.17$$

$$\therefore x = 2.6 \text{ 呎}$$

然るに圓形の底面に張力を起さざる限界は直徑の $3/8$ に合力が来る時、即ち中心より 2 呎の個所なるを以て多少 B 點に於て張力を生ずる事となる。

2. 井筒の強度

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{S} = \frac{3,997.2}{402} \times \frac{2,240}{144} \doteq 1,500 \text{ 封度/平方吋}$$

$\sigma_1 = A$ 點に於る壓力

$S = \text{井筒のセクション・モジュラス}$

3. 滑動に對するもの

$$= Q - P + P' = 46.9 \text{ 噸}$$

混凝土と砂との摩擦係數 = 0.4

とすれば

$$\text{抵抗力} = W \times 0.4 = 150.8 \text{ 噸}$$

$$\text{安全率} = \frac{150.8}{46.9} = 3$$

、即ち第 2 第 3 の場合に於て何れも安全なり。

結 論

一般に海中に築造せらるゝ建造物即ち防波堤又は繫船岸壁の如きは、其單位材料を出來得だけ大にして之が破壊又は顛覆する事あるも能く其位置に止りて尙多少其效力を維持し、少くとも之と隣接せる他の單位材料をして危からしめざるを期せざる可らず。青森港内に於て施設せられたる繫船岸壁は前述の如く 3 種の岸壁より成る。

今其施工の結果により青森の如く陸地掘鑿により築造する場合に於ける繫船岸壁に就て其利害得失に就き少しく卑見を述ぶる所あるべし。

1. 井筒工の長所とする處次の如し。

(イ) 建造物單位の抵抗力大なり。

繫船岸壁を築造すべき位置の海底は細砂にして荷重に對する支持力は十分なるものと認めらると雖も連絡船の發着には常に推進機を使用するを以て爲に洗掘せらるゝ事なき

を保せず、従て萬一傾斜する事ありとするも自身之が爲に破壊又は顛覆する事なきものと認む。函枠式防破堤は又此點に於て井筒と同様の長所を有す。之に反して方塊式は基礎捨石の爲に大なる經費と時日とを費し且つ方塊を疊積するに際し潜水夫の精巧なる搔均作業を期待せざるを得ず、其監督容易ならず又天候の爲に作業の進捗を妨げらるゝ事屢々なるを免れず。

(ロ) 工事区域狭少にして構内作業を支障する期間短少なり。

作業着手に際し沈設位置に於て干潮面迄約 1.5 割に掘鑿するに止り、方塊式の如く大規模に 1.5 割乃至 2 割の勾配に掘鑿及び浚渫の要なく又捨石に對する試験荷重積載期間の要なし、従て構内作業の支障せらるゝ事は短時日にて足るの利あり。

(ハ) 作業比較的容易にして工費亦廉なり。

井筒沈設は天候の爲に作用せらるゝ事稀なり、又現場附近に於ては細砂にして倒木其他轉石の如き障碍物なきを以て、殆ど工程は豫想と大差なきを得たり。ウォーター・ジェットを利用せば更に期間を短縮し、同時に工費を節約し得るものと信ず。又沈下の際傾斜、移動若くは轉向等は比較的輕易にして経過するを得たり。之に反して函枠に對しては井筒の如く單純に工程を見るを得ざりき。之其木造枠の摩擦抵抗大なると及び形狀の矩形なるが故に掘鑿による調節は良好なる結果を得ざりしものと認む。混凝土方塊式に至りては天候に左右せらるゝと、並に潜水夫の技術と誠意に信頼せざる可らざる缺陷ある爲に之に對應する多くの補助施設をなすを要する不利あり。

工費に於ては岸壁の延長 1 呎當りを比較すれば次の如し。

混凝土方塊式	函枠工	井筒工
460 圓	842 圓	365 圓

但し場所諸混凝土擁壁呎當り 58 圓を含まず。

2. 井筒工の缺點とすべきものは次の如し。

(イ) 井筒接續混凝土は岸壁の不安全を増長す。

井筒沈下に對する施行上の點より其間隔を約 4 呎とせり、従て接續工は避け得可らざるものなれども之によりて受くる不利は次の如し。

- (a) 水中混凝土なるを以て施工上の多少の欠陥を期待せざるべからず。
- (b) 接續工の幅 4 呎 3 時間は自ら土壓に對する抵抗力なく之を隣接の井筒に負擔せしむ。
- (c) 接續工の工事中井筒前面を 24 呎の深に浚渫するを以て此間井筒の自重のみによりて背部の土壓に抗せざるを得ず。

(d) 海底の根入 2 呎に過ぎず。

平時の港内浚渫の際と雖も多少の危険なきを得ず、元來同港内の大部は平均干潮面以下 12 呎に浚渫せられたるものにして、連絡船の轉向位置と接近するを以て一度東北の風來る時は忽にして土砂を持來るを以て隨時浚渫の要あり。又連絡船の推進機により洗掘せらるゝ危険は井筒の夫に比して遙に大なり、設計には厚 1 呎内外の捨石によりて推進機の爲に海底の動搖を防止する計畫なるも 22 呎の水深維持の必要上隨時の浚渫によりて攪拌せらるゝ事漸繁なれば、捨石の効果は期待し得べき程度のものならざるべし。

(ロ) 永久的建造物は航送設備の進歩發達に沿ふ所以にあらず。

(a) 青森函館間の旅客貨物は年と共に増加しつゝあり。

緒言に於て述べし如く其増加の率は寧ろ幾何級數に近き増加を見つゝあり。之が輸送には自ら船の吃水と形狀を大ならしむ。

(b) 連絡船の貨物、旅客、混合は早晚廢止せらるべき運命を有す。

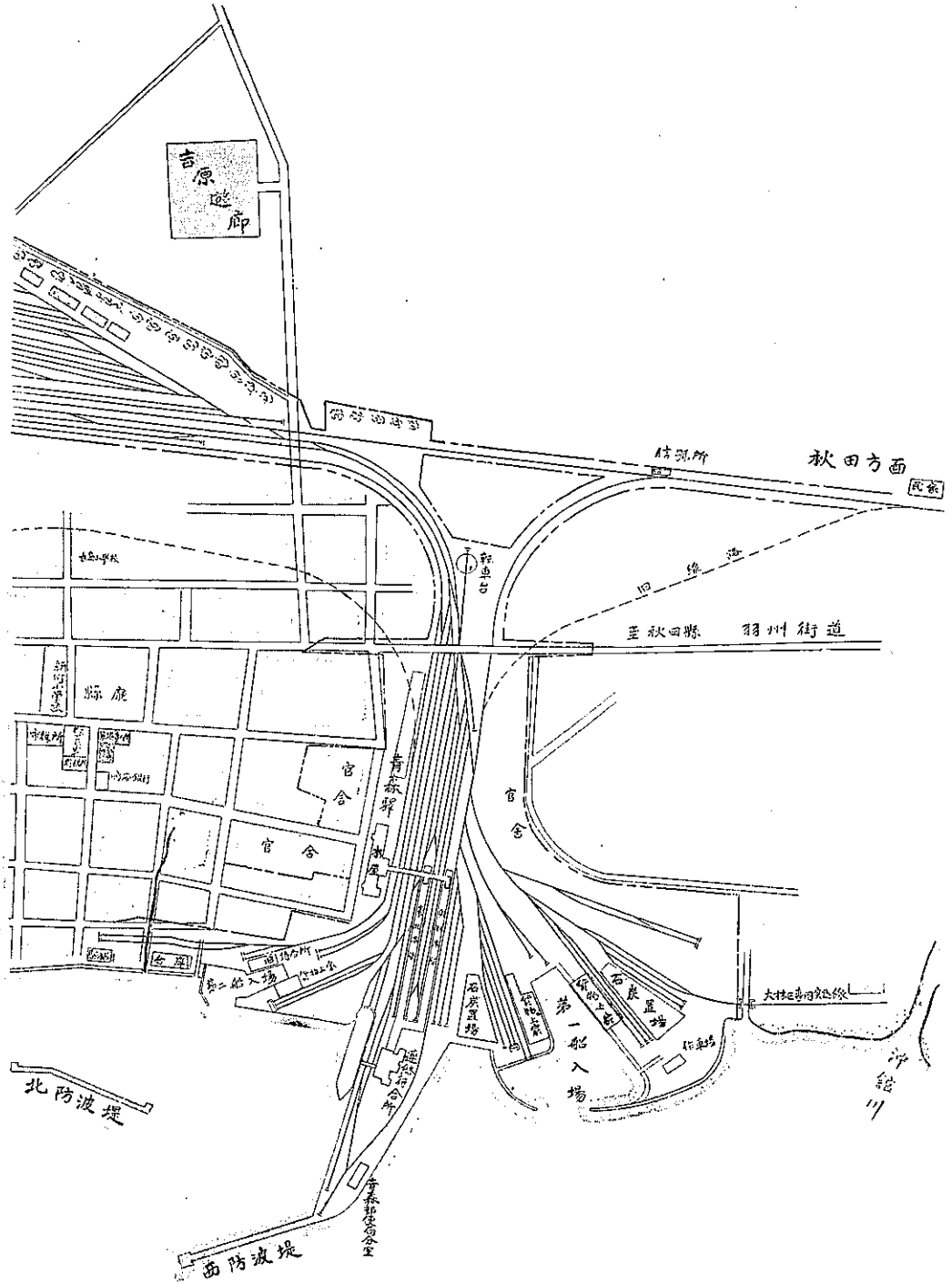
現在の如く旅客と貨物を同時に取扱ふは經濟上策の得たるものにあらざるべし。何となれば旅客に對しては安全と愉快なる航海の外快速なるを要し、貨物に對しては主として經濟的なるを要すればなり。

現在の如く混合制なる時は何れか一方を犠牲にせざるを得ず、例へば速度の如き貨物船に對しては現今の 15 節を維持する要なく、寧ろ之を經濟速度 1 時間 10 節乃至 12 節に航海せば經常費に於て相當の石炭節約をなすを得べし、又其設備及び裝飾を省略する事により建造費を節し得べきもの少なからざる可し。

以上の事實によりて當然船の形狀及び寸法は早晚變更せられざるを得ず、試に比羅夫、田村級と津輕、松前級との變遷に就きて見れば總噸數に於て 133 %、吃水に於て 30 %、長に於て 23 %、幅に於て 53 % の増加を見る、只速度に於ては 5 % の減を見たるは經濟上の見地より來れるものと考らる。函館青森間海峡航路に於て殆ど革新時期を劃せる比羅夫級航海以來に於てすら 17 箇年にして尙斯の如き變遷を見るに至れり、近く純貨物船建造の實現を見るに至らば更に多少の變化を來すべきを豫想せざるを得ず。

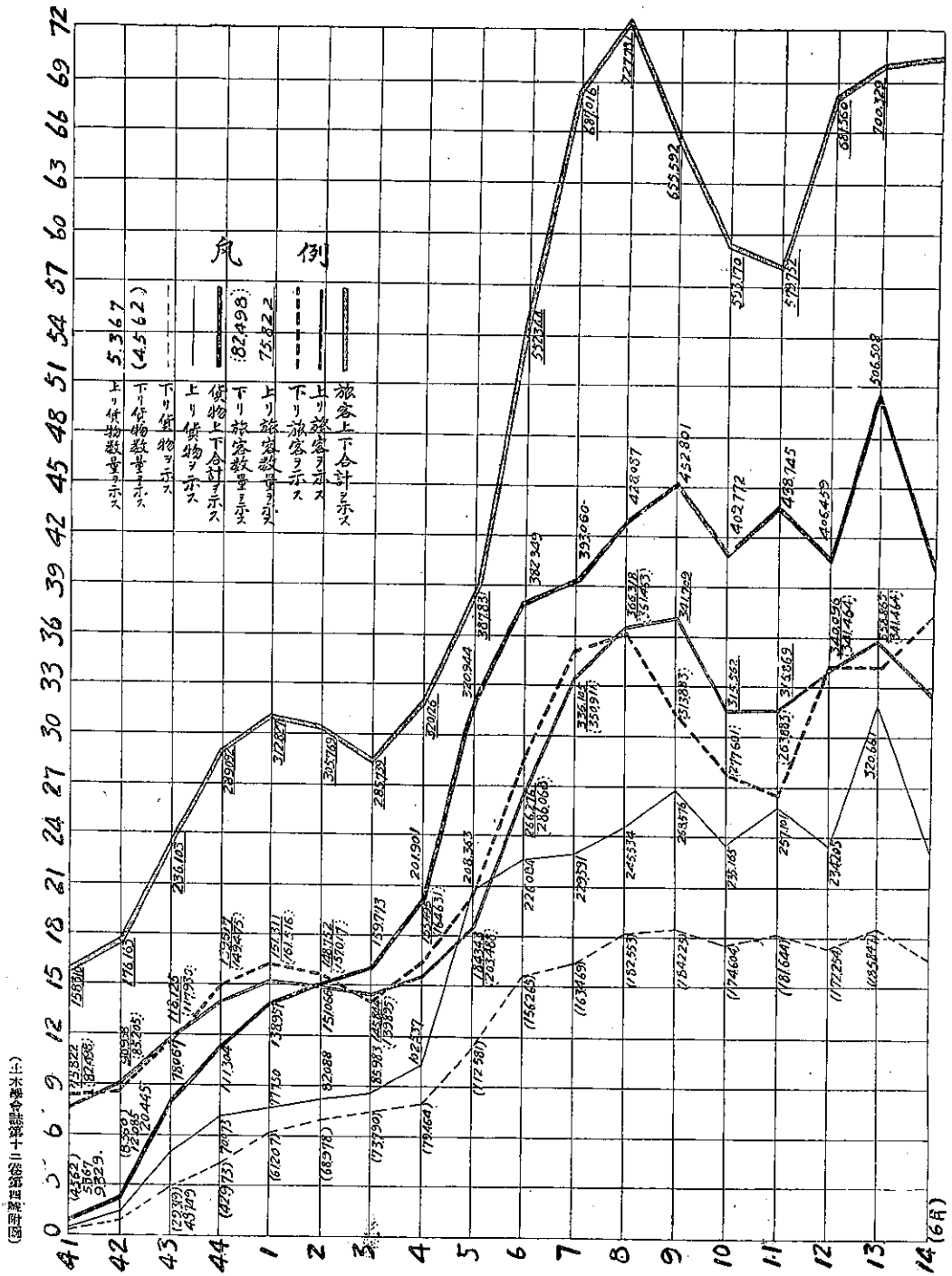
是に於て吾人は繫船岸壁の構造は半永久的のものとし、其工費を節約すると同時に後日改築の際撤去に多額の經費と時日とを要する事なきものに就き考慮する要あるものと信ずるものなり。(完)

附圖第一 青森驛改築見取圖

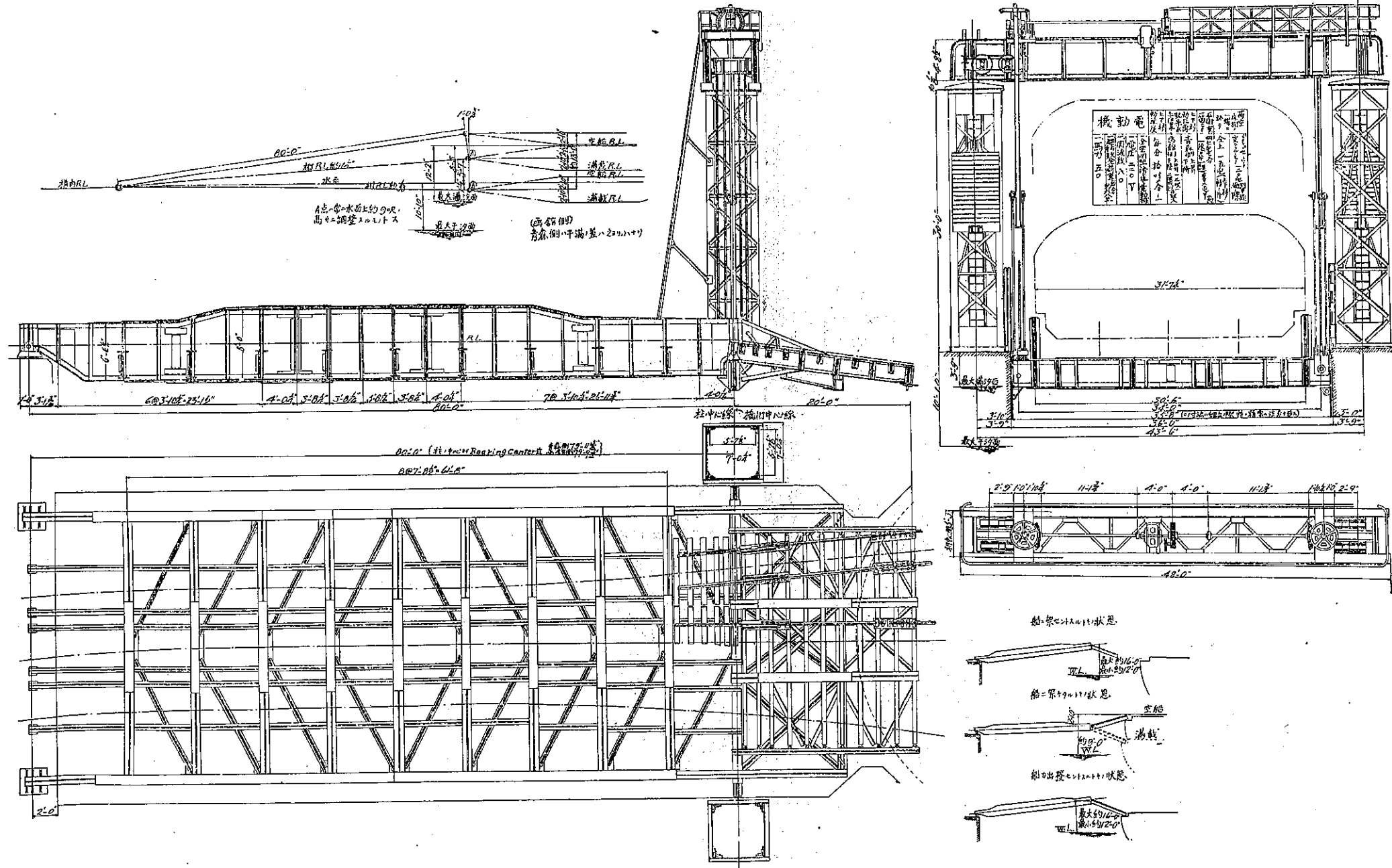


(土木學會雜誌第十二卷第四號附圖)

附圖第二 青森函館間連絡客貨數量表

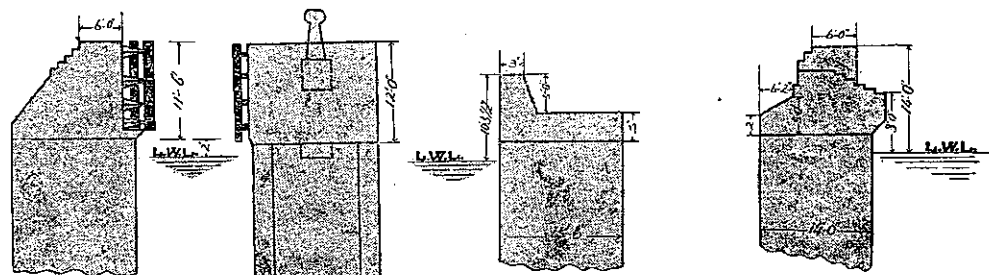


附圖第三 渡船橋之圖

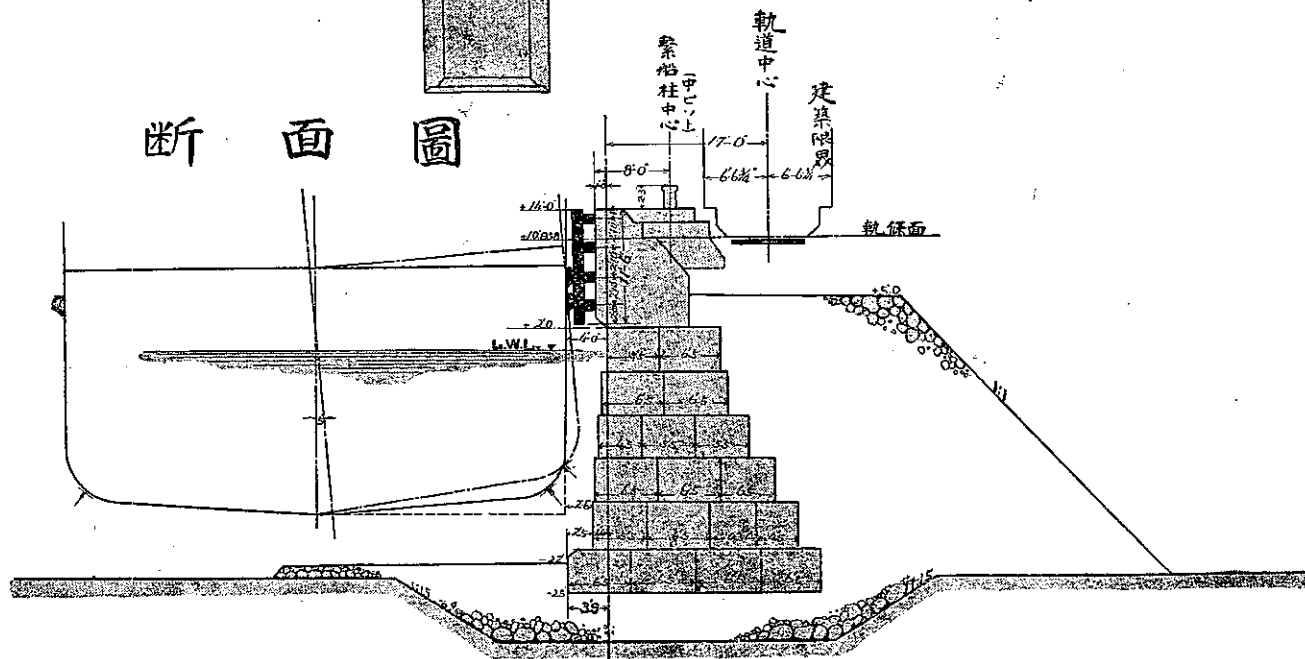


（上本圖各部分之詳細圖說見圖）

附圖第四 青森驛海陸聯絡設備工事圖

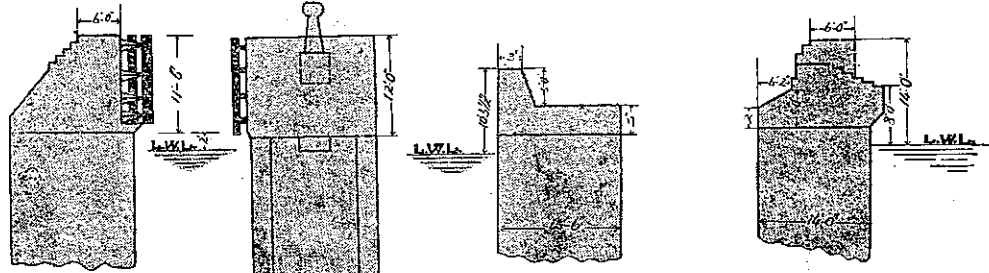


断面圖

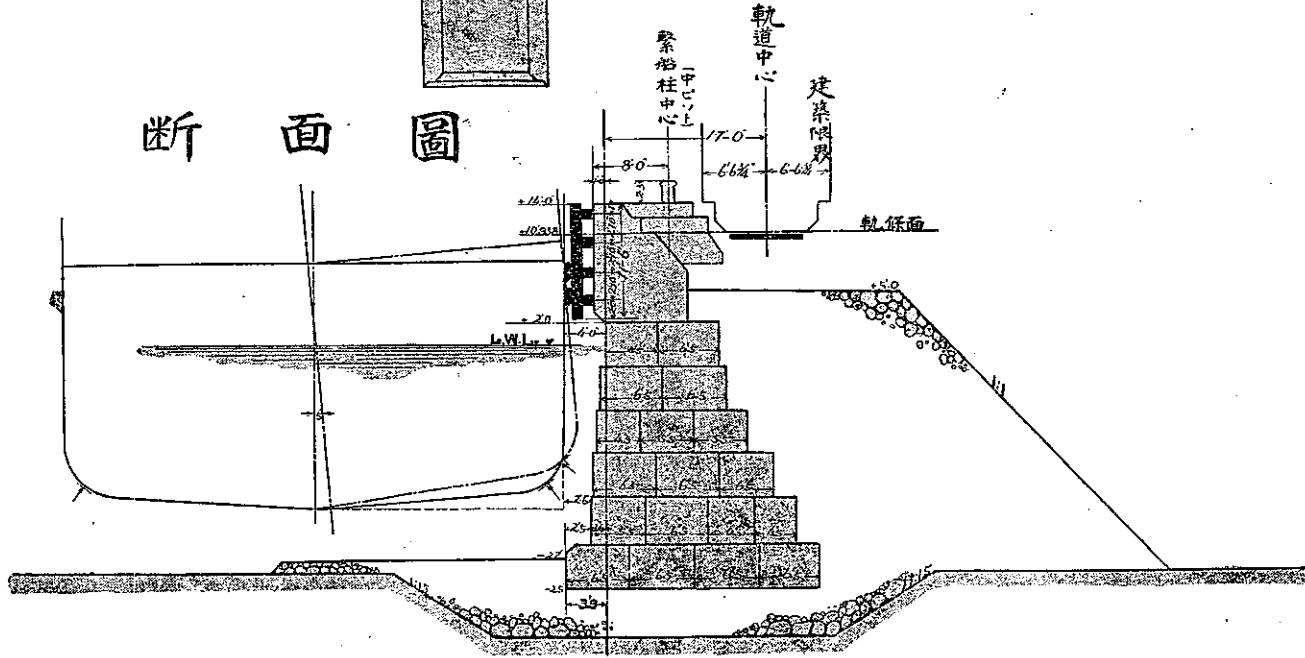


土木學會誌第十二卷第四號附圖

附圖第四 青森驛海陸聯絡設備工事圖

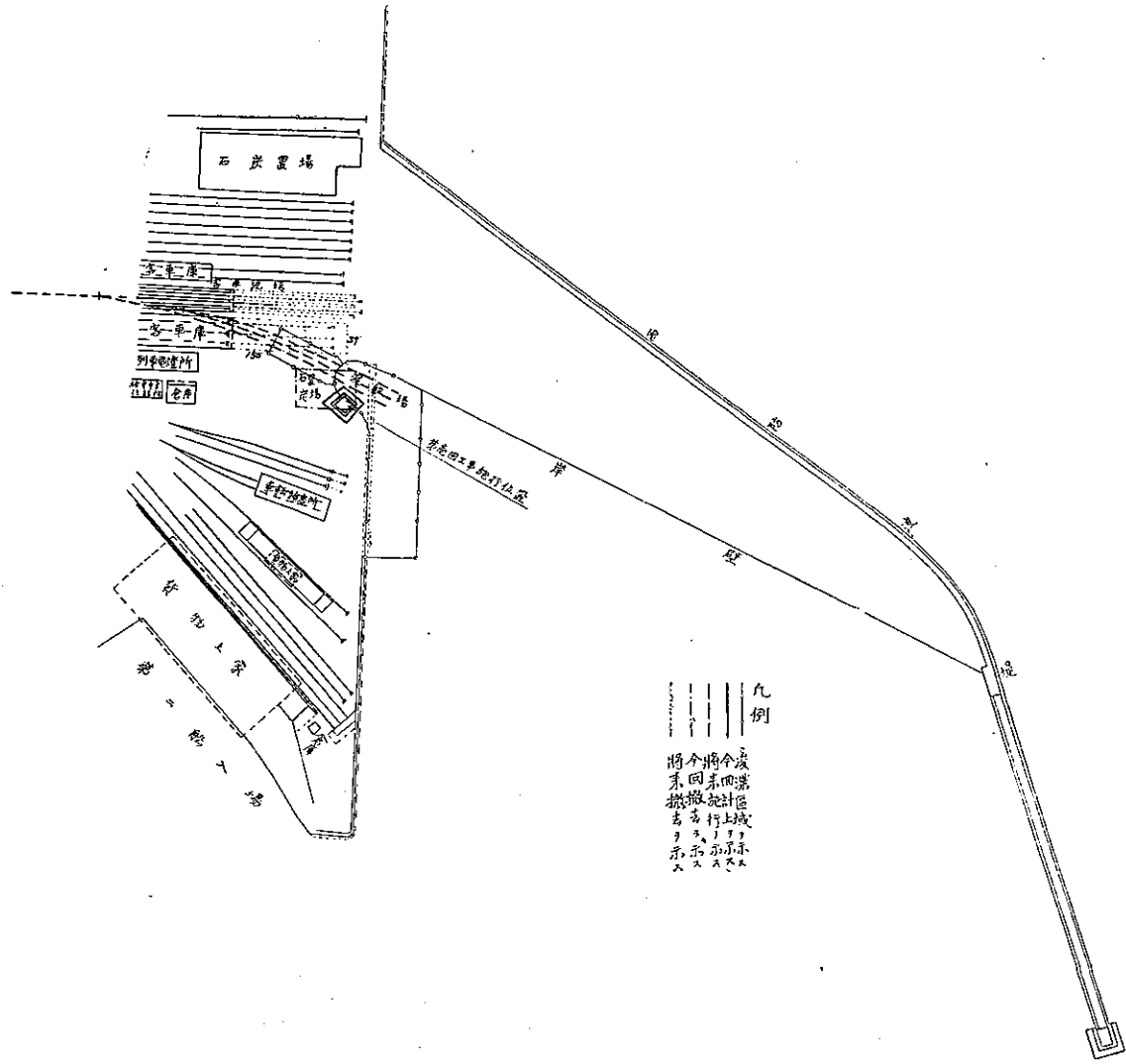


断面圖



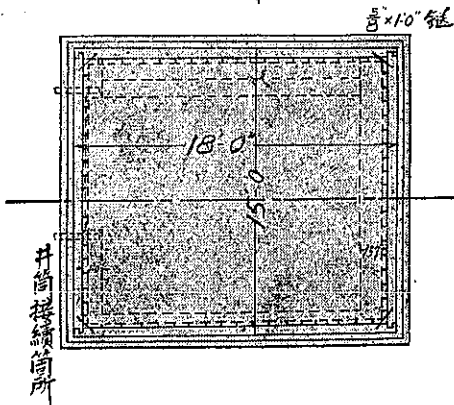
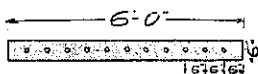
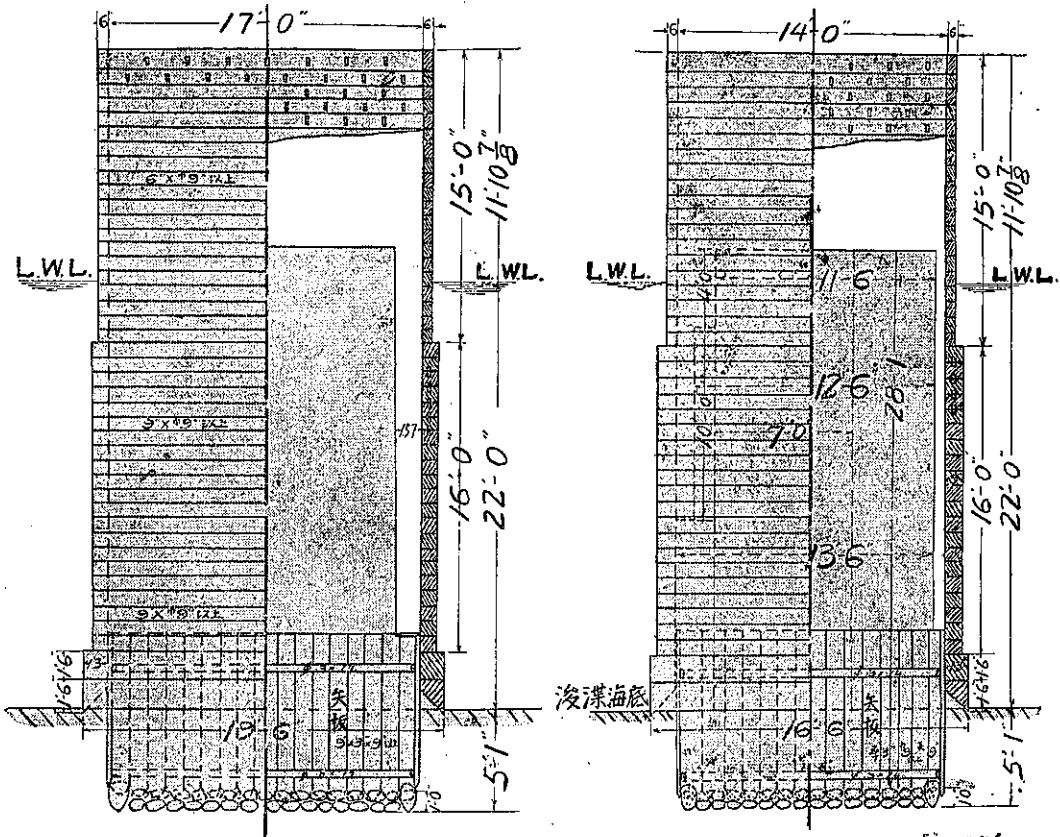
(土木學會誌第十二卷第四號附圖)

附圖第五(其二)

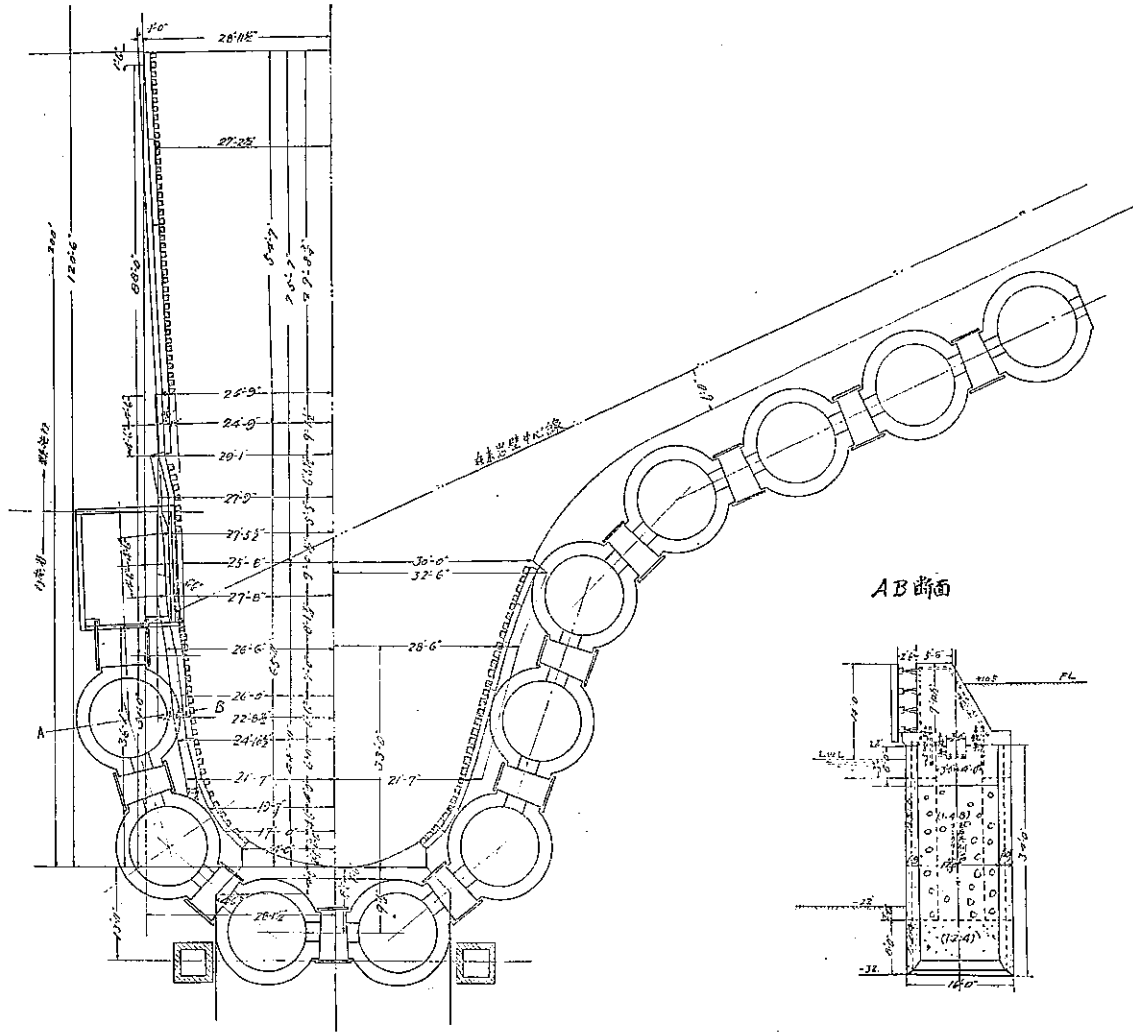


(正) 日本會社第十二卷第四圖

附圖第六 青森驛渡船場函棧之圖

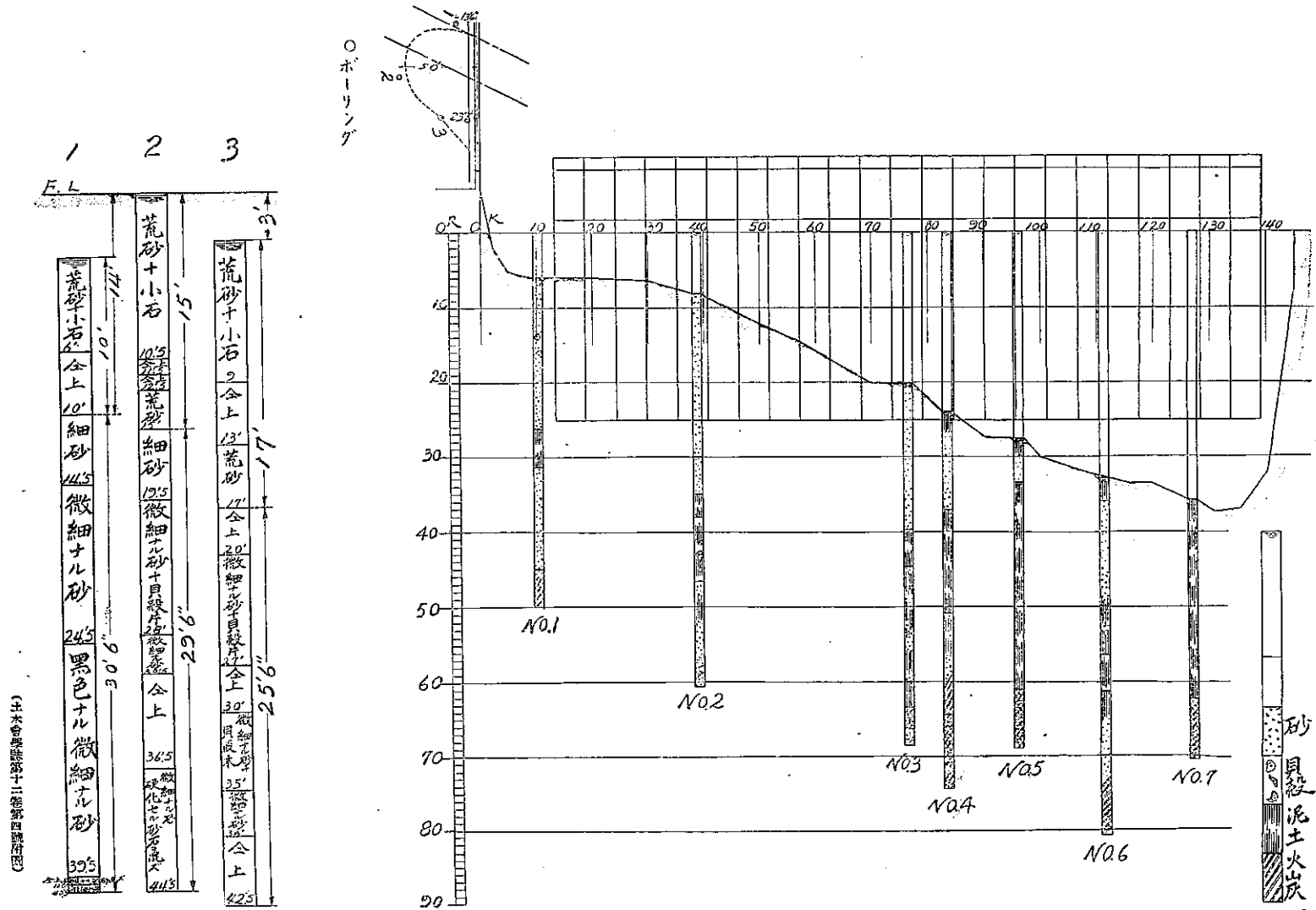


附圖第七 井筒位置圖



（註）本圖係根據第十二卷第四圖繪

附圖第八 青森驛岸壁附近地質調査圖

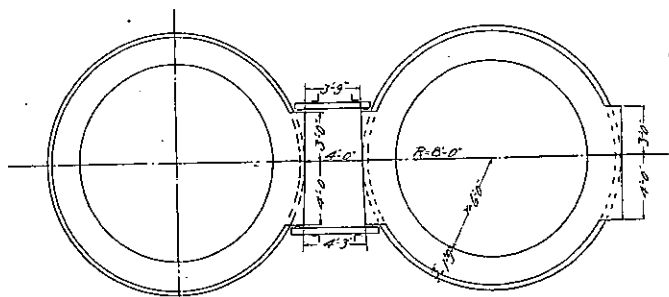


(出) 土木部調査報告第十二号第四頁

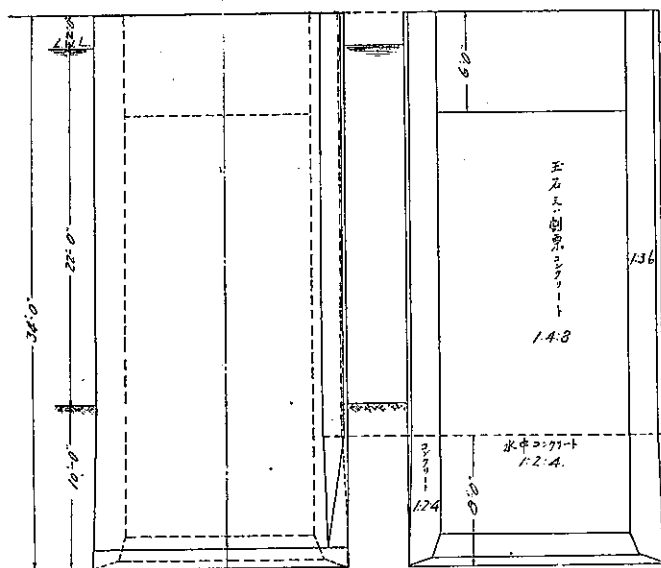
圖附第九 井筒構造圖

接續工

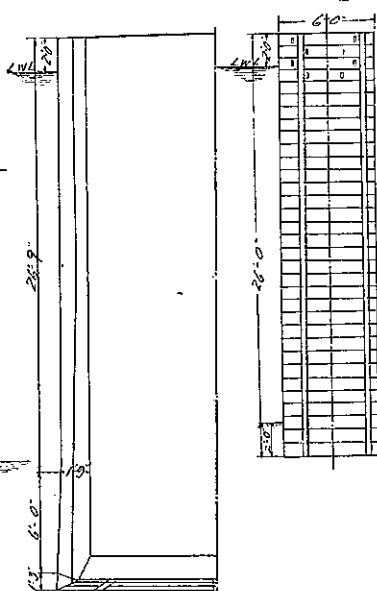
平面



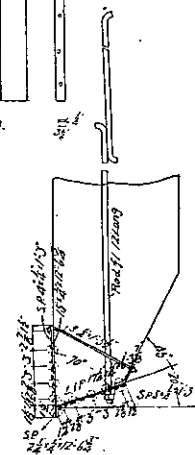
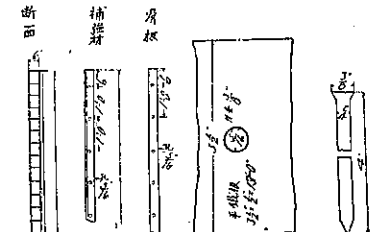
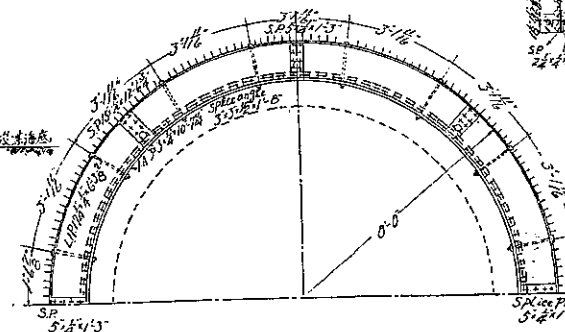
側面 断面



正面 背面



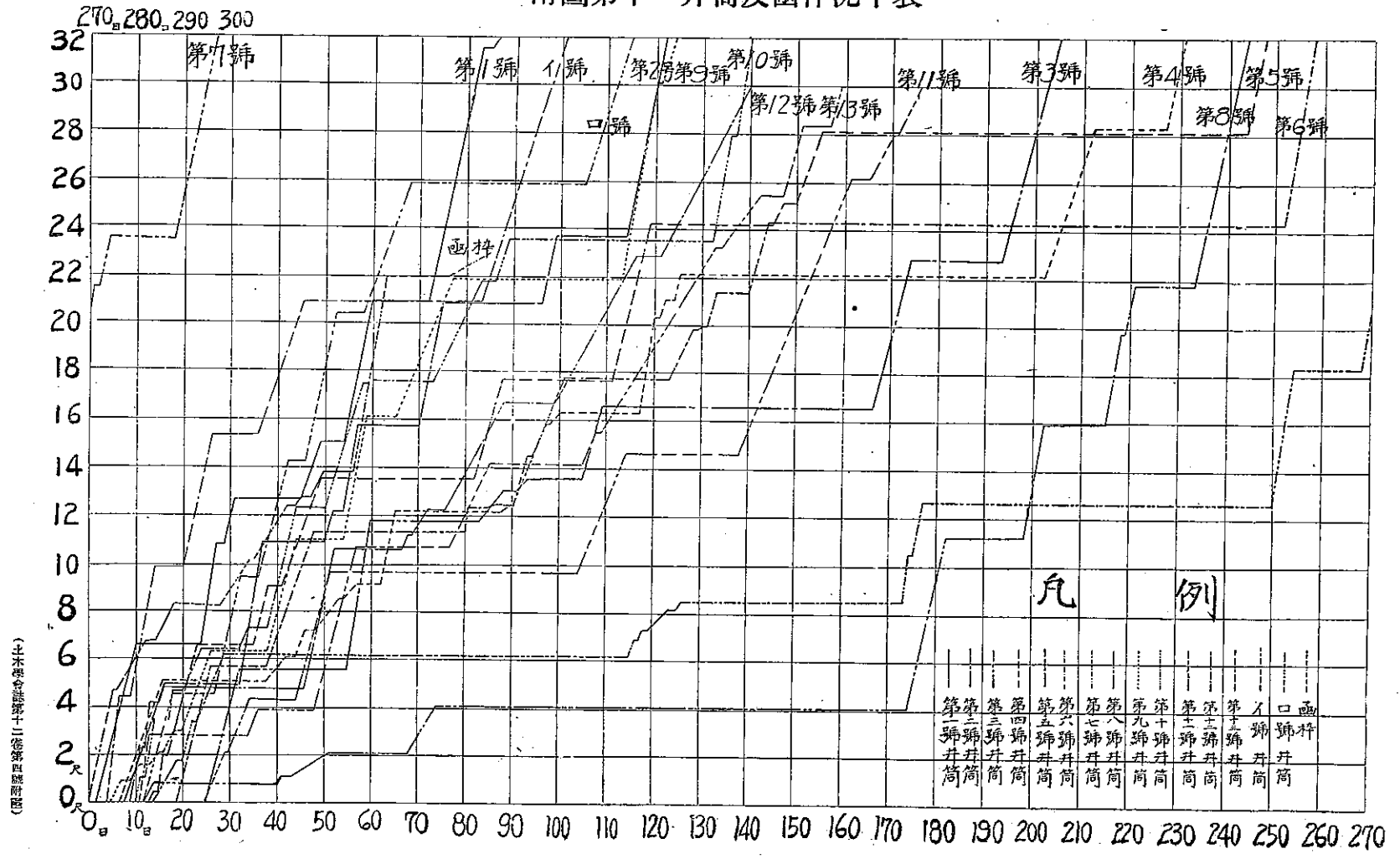
平面



No.	Description	Dimension	Weight	Remarks
15	Belts	4 1/2" x 1 1/2"	12"	
32	NUTS	1/2" x 1 1/2"	2"	
	WASHER	do		
4	PLATE	2" x 1 1/2" x 1/2"	17"	SIDE PLATE
4	"	10 1/2" x 1 1/2" x 1/2"	630"	SIDE PLATE
4	"	17 1/2" x 1 1/2" x 1/2"	705"	
4	"	5 1/2" x 1 1/2" x 1/2"	43"	SIDE PLATE
4	ANGLE	5 1/2" x 5 1/2" x 1/2"	211"	SIDE PLATE
20	ROD	do	65"	SIDE PLATE
20	ROD	do	789"	
20	Rivet Head	5"	36"	
4	Open Washer	5"	10"	
4	NUTS	2 1/2" x 1 1/2"	82"	
4	PLATE	2 1/2" x 1 1/2"	157623"	

土木學雜誌第十二卷第四號附圖

附圖第十 井筒及函枋沈下表



(圖中各井筒及函枋均係實測)