

論 說 報 告

土木學會誌 第十三卷第五號 昭和二年十月

永代橋基礎工事概要

會員 工學士 釘 宮 磐
會員 工學士 森 田 三 郎

Summary Report on the Foundation Works
of the Eitai Bridge.

By Iwao Kugimiya & Saburo Morita, C. E., Members.

内 容 梗 概

帝都復興事業に關する永代橋架設工事中、其の基礎に對し能ふ限り迅速に且つ耐震持久的に築造せんがため、壓搾空氣潜函工法を採用したるが、其の結果頗る良好にして長さ80呎、幅20呎の斷面を有する潜函を平水面下約90呎迄沈下せしむるに純工期1箇月餘にて足り、且つ位置の誤差最大6吋たるに過ぎざりき、殊に架橋地點隅田川に位し船舶輻輳して航路は須臾も斷絶すべからず、河岸も亦家屋軒を並べ材料の置くべき空地なきにも拘らず克く本工事に必要とする約16000立方碼の混凝土を打了するを得たり。

本文は其の組織設備、作業方法及沈下狀況は勿論耐壓試験の成績、地層表面摩擦力の考察、潜函内所要氣壓と理論氣壓との關係及潜函の重量と沈下との關係等を摘録し此の種工法の十大特長に論及せり。

Synopsis

For the foundation of the Eitai Bridge over the river Sumida, which was one of the most important restoration works of the city of Tokyo, pneumatic caisson method was adopted mainly for the purpose of building it in a shortest time practicable and making it as durable and earthquake-proof as possible. The results were very satisfactory seeing that only little more than a month was required for sinking a caisson (80' x 20' in section) about 90 feet below the mean water level, the error in position not exceeding 6 inches. Notwithstanding the fact that the river is always crowded with vessels, and that the river traffic could not be suspended even for a moment, and further that the ground for depositing or storing the materials was much restricted by houses closely standing on both sides of river, the required amount of concrete (about 16000 cubic yards) was satisfactorily laid.

The following briefly deals, among others, with the results of the bearing test, frictional resistance of the strata at the site, the relation between the required and theoretical air pressures in the caisson, and their effects on the sinking of the latter, as well as the working organization, equipments and the general mode of operation, explaining the chief merits of the method adopted.

緒 言

抑も本邦に於て從來採用せられたる所謂深層基礎の多くは沈井基礎或は長尺杭地形の類にして壓搾空氣潜函工法は獨り甚敷疎ぜられたる傾向にあり隨て其の有する記録も僅かに 2, 3 にして到底外國文獻の傳ふる所と比すべくも非ず。

然るに偶々永代橋に於て米國技師指導の下に米國式最新工法を試むるや能く邦人特有の技能と合致し忽ち米國の記録と遠からざる優秀の成績を擧げ工期 8 箇月にして所期の基礎を築造するを得たり。是實に本工法の實用圏内に入る第一歩にして是に由りて恐らく本邦隨處に適用せられ一層の發達を促す動機となるべきを意ひ茲に帝都復興事業中復興局隅田川出張所に於て吾人が實驗したる永代橋壓搾空氣基礎潜函工事を概説し其の經驗の一端を披瀝する所以なり。

素より工事竣功早々の際其の經濟的資料の如き例へば續て施工したる清洲橋の夫れと平均し翻て他種の工法と關聯して是を考察するの暇なく單に一資料として其の實際を摘録したるに過ぎず壓搾空氣内混凝土の學究的強度の如きも目下試験中に屬するを以て遠からず更に一括して報告するの光榮を有すべし。

尙本文起草に對し吾人と共に永代橋工事監督の任に當れる正子技師坂本學士の勞多大なりしことを感謝す。

總 說

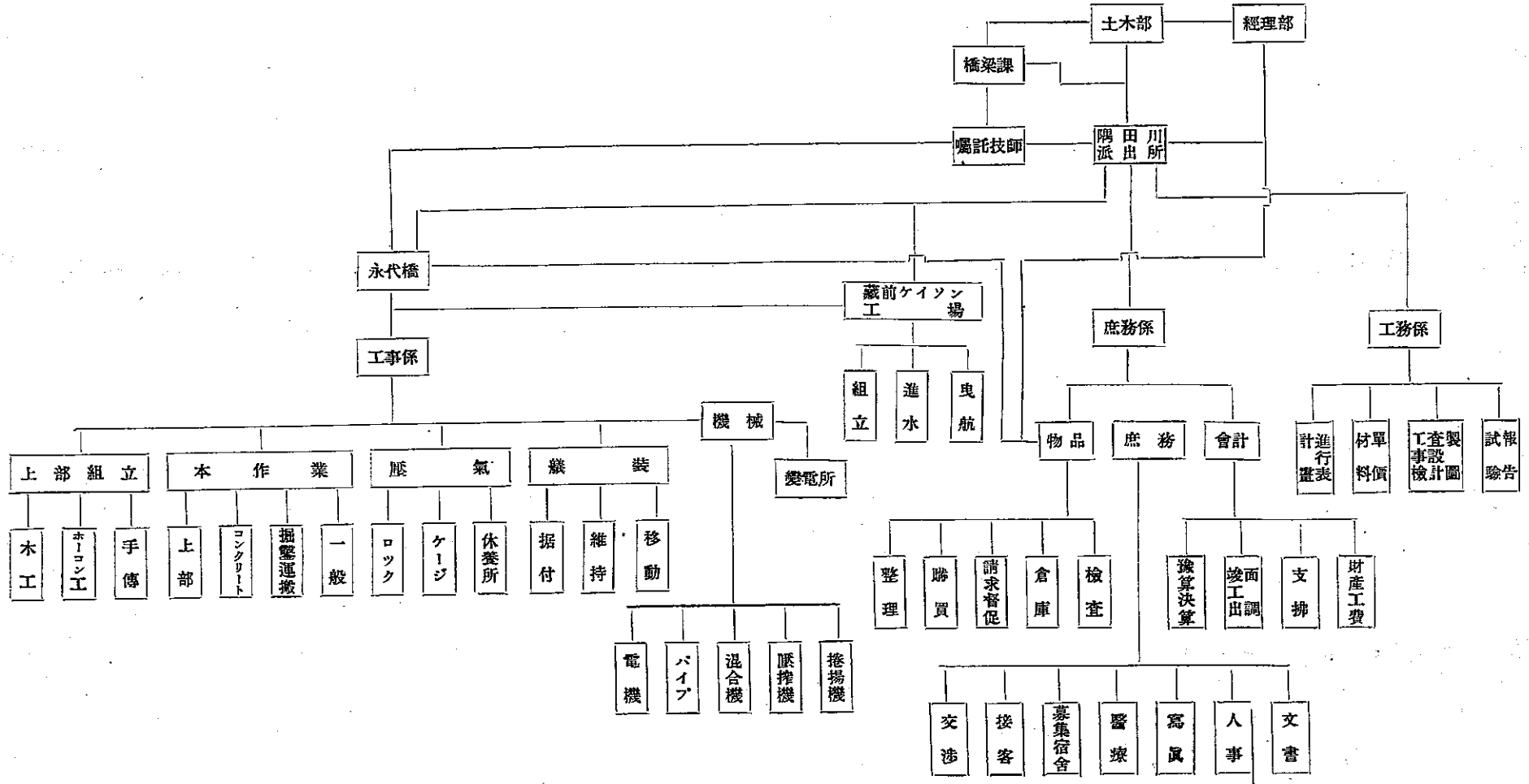
永代橋は京橋區大川端町より深川區相川町に通ずる現在橋の上流に隣接して架設するものにして有効幅員 72 呎、全支長 600 呎、中央支間 350 呎、兩側支間各々 135 呎の突桁附繫拱橋にして各橋脚基礎の負擔すべき全荷重約 1 萬噸、各橋臺基礎の負擔すべき全荷重約 4 000 噸なり而して其の地質は豫め試錐の結果表面軟弱なる泥土にして其の平水面下の深さ 80 尺乃至 100 尺に至つて漸く砂多き比較的堅實なる地層に達することを知りたるを以て基礎としては壓搾空氣潜函を以て最適當なるものとして之を採用せり。

大正 13 年春永代橋の壓搾空氣潜函工法を實施すること決定するや復興局は米國紐育基礎會社より實地の經驗充分なる技師 3 名を招聘し設計裝置の萬全と工事の促進を計ると共に當局技術者をして本工法の眞髓を了得せしめんとし同時に工事用機械設備一式を同社より購入せり。

永代橋基礎潜函は橋脚用 2 基、橋臺用 2 基、計 4 基にして何れも幅 20 尺、長 80 尺の大を有す。

第一回橋脚基礎潜函は大正 13 年 9 月藏前河岸に於て其の組立の準備に着手し同年 12 月 20 日内務大臣の銀斧一閃の下に最初の進水をなし同 14 年 1 月 30 日永代橋第二橋脚位置に曳航し同年 4 月 29 日壓搾空氣送入を開始し同年 6 月 1 日作業室混凝土を完了せり。第二回

組 織 一 覽 圖



橋脚基礎潜函は同14年2月下旬其の組立に着手し3月21日進水を了し5月10日永代橋第一橋脚位置に曳航し6月10日壓搾空気送入を開始し7月3日作業室混凝土を充填せり。京橋方橋臺潜函は所定位置の地盤を平水面上4尺まで埋立て14年6月中旬鐵杵を据付け混凝土を打ち7月13日壓搾空気送入を開始し8月4日作業室混凝土を完了せり。深川方橋臺潜函は同様に地盤を埋立て14年7月4日鐵杵据付を開始し8月30日作業室混凝土を完了せり。

本工事は工法が比較的斯なる試なると共に頗る重大なるを以て準備的の棧臺其他小工事を除き復興局直轄にて之を施行せり其の工事に於ける組織即ち従業員の配置及分屬の系統を示せば組織一覽圖の如し。

電力設備

電動力は東京電燈株式会社より購入したり、潜函沈下作業中は寸時も停電する事を許さざるを以て全く異りたる送電系たる龜井戸、早稲田の兩變電所より配電せしむる事とし別に復興局に於て變電所を永代橋西岸に新設し次の如く變電せしめたり。

原 壓	第1次低下	第2次低下	第3次低下
11 000 ボルト	3 000 ボルト	220 ボルト	110 ボルト

機械設備

本工事に使用したる潜函工事に用諸機械は前述の如く主として米國紐育基礎會社より購入したるものにして其の重なる品目次の如し。

第一表

空氣壓搾機（ウォーシンドン社製電動機 GE 會社製）

200 馬力（毎分 1 360 立方呎）	200 ヴォルト 50 サイクル	2 臺
75 馬力（毎分 360 立方呎）	” ”	2 臺
氣 閘		2 臺
豎 管（長さ 10 呎）		24 本
療 養 閘（直径 7 呎、長さ 21 呎 6 吋）		1 個
混凝土混合機（レーキウッド會社製）	27 切（電動機 25 馬力 GE 會社製）	2 臺
混 凝 土 塔（同社製）		150 呎
扛 重 機（マNDER-ホイステンク會社製）	8 噸捲（電動機 GE 會社製）	200 ヴォルト
三 重 胴（75 馬力）		1 臺
三 重 胴（50 馬力）		1 臺
二 重 胴（ ” ）		4 臺
混凝土捲揚機（マNDER-ホイステンク會社製）	75 馬力	2 臺
土揚 バケツ	3/4 立方碼	6 個
クラムシエル・バケツ	1 立方碼	1 個
”	3/4 立方碼	1 個
ニユーマチック・ドリル（シカゴ・ニユーマチック會社製）		6 臺

ニューマチック・ドリル (アトラス會社製)	3 臺
地質試験機 (20 噸)	2 臺
非ノ口式渦巻ポンプ (4吋)	4 臺
同 同 (6吋)	2 臺
松田式ダイヤフラム・ポンプ (4吋)	4 臺
手捲ウインチ (10 噸)	1 臺
手捲ウインチ (5 噸)	1 臺
ジंकロー	4 臺
送風ゴム管 (US會社製) 4吋長さ 50 呎	6 本
ニューマチック・ホース (US 會社製) 3/4 吋長さ 50 呎	10 本
湯沸用ボイラー (直徑 3呎)	1 臺
ニューマチック・ショベル	3 臺
クライント・エンド・ボリッシャー	3 臺
鑿岩機	2 臺
混凝土バケツ (3/4 立方碼)	2 個
マイヤーポンプ 2吋	1 臺

機械の配置は附圖第二及第三に示す如く河中棧臺上に配置したり、而して空氣壓搾機及体療船は沈下工事施行中の潜函の近傍に置くの必要あるを以て鐵絆の上に据付けたり、壓搾機は潜函工事用 200 馬力 2 臺及ツール用 75 馬力 1 臺を 150 噸の舡 2 隻を連結したるものゝ上に据付け、体療船は 150 噸舡 1 隻を用ひ其の底部に療養間を据付け其の上部には従事員の体療室、煖房設備あり、浴室、コーヒー配給所及醫務室等を設置したり、潜函に壓搾空氣を送入するには先づ必要なる混凝土工を施し橋脚用潜函に於ては川床より 2 尺乃至 3 尺を沈下せしめ橋臺用潜函に於ては其の刃口を水面より 12, 3 尺沈下せしめて後兩氣間より同時に必要なる壓搾空氣を送入し室内の排水を爲し排水終りたる時は 4 吋鐵管に切換へ 1 つの鐵管より送氣し他の鐵管及兩氣間にはゲージを取付け作業室内の氣壓を測定せしむ斯くして後潜函掘鑿工事を開始するものなり。

潜函従業員の採用勤務及び衛生設備

潜函内作業員及監督員は其の年齢 18 歳以上 40 歳以下の者にして内臓は勿論身體諸機關の強健なることを要し又脂肪の過多ならざる等氣壓の變化に起因する所謂潜函病に罹り易からざる體質を要するを以て其の募集選抜に當りては東京帝國大學醫學部物理的治療所眞鍋嘉一郎學士外 5 氏を囑託して嚴重なる身體検査を行ひて決定し且つ氣壓増減に要する時間の制定及一般衛生事項を委任せり。

潜函夫の勤務時間は最初米國の例に依り次記第二表の如く定められたれども我國人と米人との體質の異なる點も多く實施の結果第三表の如く改正せり、此れに依れば我國人は潜函作業に適當せるものと謂ふを得べきか。

第 二 表

氣 壓 (#/sq)	連 續 勞 働 時 間	回 數	休 憩 時 間	勞 働 時 間 計
0-18	4	2	1/2	8
18-26	3	2	1	6
26-33	2	2	2	4
33-35	1½	2	3	3

第 三 表

氣 壓 (#/sq)	連 續 勞 働 時 間	回 數	休 憩 時 間	勞 働 時 間 計
0-24	4	2	1/2	8
24-35	3	2	1	6

潜函従業員には宿舍を貸與する外休養船の設備をなし其中に煖房、浴室を設け又療養用開室を具へ罹病者に対しては晝夜の別無く醫師の診療を受け開室に於て再壓を加へ治療せしむ。

潜函夫には日給 5圓を支給することゝし多數の応募者より身體検査の結果約 70 名を選抜採用し工事従事に先だち壓搾空氣に慣熟せしむるため療養用開室に入れ 15 乃至 30 封度の壓搾空氣に數時間觸れしめたり、尙潜函夫が勤務後途中にて潜函病の發作を呈する際を慮り路傍の人も尙能く識別し易からしむる爲め次記の如きカードを膚身離さず携帯せしむ。

第 二 號

復興局 壓搾空氣内工事従業者

永代橋

此ノ票所持ノ者 病氣ニ罹リタルヲ

發見セラレタル方ハ必ず永代橋

橋梁工事詰所ニ送り届ケラレタシ

京橋區大川端町永橋代際

復興局土木部隅田川派出所

潜 函 の 組 立

橋脚用潜函の外装は長さ 80 呎、幅 20 呎の横断面を有し、高さ 100 呎にして是を 5 段

に分ち最下段高さ約 24 呎は是を淺草藏前河岸の進水臺上に組立て河中に進水せしめ永代橋現場迄曳航し橋脚定位置に沈設し以下沈下に應じて其の上部を組立てたり、橋臺用潜函は其の大き橋脚用潜函と全く相等しく只所謂陸上式潜函にして橋臺敷地を滿潮面より約 2 尺高く埋立て橋臺定位置に直接鐵脊を据付け沈下に應じて上部を延長したり。

橋脚用潜函は其の構造 30 呎の水壓に堪ふる様設計したる故非常に堅牢なりしが陸上潜函は沈下作業の際にコンクリートを常に地表面上に施すものとしたる爲め其の外装もコンクリート施工時の型枠として用ふる様設計せられ構造比較的簡單にして木材も橋脚用潜函の約 1/2 以下にて事足り従て費用も相當節約する事を得たり。

橋脚用潜函に用ひたる木材總量は約 2 380 石にして橋臺用潜函に用ひたるものは約 900 石なり。

橋脚潜函の進水

ランチ・ウエー潜函進水臺は川幅の關係上側面進水を行ふ可く構造せり、其の構造は全部尺角米松材を用ひ杭を打ち笠木として滑木 4 條を設け、其の間隔中央部 24 呎、兩側部各 23 呎とし 1/6 の勾配を附せり、此の勾配非常に急なるは潜函の自重と其の浮力形狀等の關係上出來得る限り急速に浮揚せしめ進水時の瞬間に起る危險状態より脱せしめんが爲めなり。

組立準備としては進水臺に尺角米松材を以てサンドル足場を設け其の上部を水平とし潜函の假据付臺とし此の据付臺と進水滑木との間に豫め滑木勾配に順應したる滑面を有するクレードル木製滑走枠を挿入す、クレードルは滑木に對し各 1 個宛を配置し其の接觸面には進水時に必要なるグリース滑劑を約 1 吋の厚さに塗布しパツキングを以て兩者の間に間隙を残し滑走枠の重量により滑劑の事前に押出さるゝを防ぎ、且つ自動を生ぜざらしめん爲め河面方に一時的留木を打込み置けり。

而して潜函假据付臺の上面即ち潜函の下面の高さは初めクレードルの上面より約 1 吋高からしめ充分に其の水平を検査せる後鐵脊（約 8 噸）を据付け其の上に木材約 825 石を組立てたり木材組立と同時に水の漏洩せざる様良質のオーカム槓肌を二重に施工す。

斯くて潜函の組立終了し愈々進水せしむるに當りては上記据付臺の内主としてクレードルの兩側に 25 噸のスクリーユージヤッキ 20 個を据付け之に由りてサンドル足場を除去し潜函の全重量をクレードル上に支へしめ 2 吋のマ＝ラロープ 2 條を以て潜函を進水臺に取付置き前方の留木を抜き控綱を切斷して進水せしめたり、進水は滿潮時を利用して之を施行せり。

橋脚潜函の曳航

潜函は一種の船なりと稱するを得んも船の如く舵機なく亦水切惡しきを以て潮流によりて種々障害を起す可き惧あり、爲めに曳航に際して潮の干滿何れを選ぶ可きやは大に議論した

る所なるも夫れの何れを探るも一長一短は免れず、依てポンプ其他の方法を以て人爲的調節を施しつゝ徐々に曳航するに決し略其の日の中庸潮位時を執り唯到着を干満潮の最頂時に選び即ち第一回は藏前發午後0時35分永代橋着午後2時35分(最低汐1時間前)、第二回は藏前發午後4時永代橋着午後7時(最高汐30分前)無事曳航するを得たり。

潜函には綱取の装置なきを以て前後部2箇所到底部より廻し取りとして徑2吋マニラロープ2本宛を用ひ緊結し之を支へて曳綱及び側部大廻綱の取付に便せり、側部大廻綱の綱は徑2吋のマニラロープを使用し曳綱は前後共に1吋のマニラロープを用ひ底部及上部より各2本宛4本を取り曳航中横振れと斜航を防ぎたり、曳綱は徑1吋のマニラロープを使用したり曳船は主船2隻の外兩側に1隻宛附圖第四の如く配置し外に錨搭載の小舟2隻を潜函に附隨せしめ3名宛の船夫を乗組ましめ萬一の場合及吃水の加減等の爲め不時の停止用として準備せり、第一回曳航當日の如き降雪激しく爲めに川上視界内には殆ど航行の船影を認めず航路の整定には幸なりしも従業員の動作上には頗る困難を感じたるも途中兩國橋、新大橋等に於ては潮位と吃水とをポンプを以て調節しつゝ無事通航豫定の位置に到着するを得たり、到着と同時に直ちに所定位置に繋留し沈下の準備をなせり。

潜函上部混凝土作業

本作業に使用したる混凝土混合機はレーキツド會社製27切練にして25馬力の電動機を以て之を運轉せり。

混凝土の配合は使用箇所に應じ1:2:4或は1:3:6を以てし砂利及砂を載積せる舂を作業棧臺脇に繋留し容積1立方碼のクラムシエルを三重胴マンデイ扛重機(75馬力)にて運轉し混凝土設備の上部にある砂利及砂各2坪位を收容し得る木製ホツパーに捲揚げ夫れより1人にて動かし得るハンドルにより計量箱を通して必要なる數量を混合機内に入れ又セメントは二重胴扛重機(50馬力)を以て捲揚げ混合に要する數量を入れ同時に必要なる水を注入し混凝土の混合を爲せり。

混凝土練りを終りたる時は75馬力捲揚機を以て高さ90尺の混凝土塔上に捲揚げ夫れより潜函工事作業棧臺の中央部にある高さ75尺の中繼塔に流下し而して潜函の各部分に切換へ得る分配シュートにより所要の場所へ流下せしめたり、潜函内の混凝土は其の沈下状態により多少の例外は免かれざるも常に其の表面をして水平を保たしむる様施工したり、而して混凝土作業は晝間施行するを原則としたれども天候の關係其他止むを得ざる場合は沈下工事と調節を計るため夜業をなせり、セメント棧臺上にセメントを捲揚ぐる扛重機は掘鑿作業に使用し居るものを融通して使用するものにして掘鑿及混凝土兩作業監督者間に於て完全なる了解を保ち彼、此、何れの作業にも支障を來さざる様注意を促せり。

潜函外装内に施す混凝土量は潜函作業室内の氣壓量と共に潜函沈下と密接なる關係を有す

るものなるを以て其の地質に應じシャフトの周圍は勿論函内に型枠を作り空間を残し以て沈下工事との調節を計れり、此の理由により附圖第九～第十二に示す如く各潜函の混凝土量は一定せざりき、概量作業室内及上部石積の部分をも含みて橋臺橋脚共各約 530 立坪より 550 立坪を算す。

橋臺潜函の混凝土は其の表面常に地盤上にあるを以てレイタンスの掃除等も極めて容易なりしが橋脚用潜函の場合は其の沈下状態により多く混凝土面が水面より 15 尺乃至 30 尺下にある爲め勿論表面は大氣に接するとは云へレイタンスの掃除及漏水の排出等非常に困難なりき、混凝土面上排水は毎朝混凝土作業開始前にポンプ 2 臺を使用してなすものなれどもレイタンス多き時はポンプに種々なる故障發生し排水作業困難なるを以て混合の際特に 1:2:4 配合の際はセメントの量過大ならざる様又混合の時間を充分與ふる様注意したり、尙混凝土に要する水量はレイタンスの發生及混凝土の強度にも重大なる關係を有するものなるを以て其の分量は特に注意を要す可く其の量は混合材料及作業當日の天候等に支配さるべきものなるを以て一定せざれども大凡出來上り混凝土量の 1.2 乃至 1.5 割位を以て適量とせり、斯くして日々の沈下を追ひ重量を參酌しつつ殆ど連続的に潜函の硬地盤に達する迄休むことなく作業せり、而して日々の繼目には栗石を配置し水平斷力に對し充分鞏固ならしめたり。

潜函作業室内混凝土作業

潜函を所定の位置迄沈下せしめたる時は作業室内の地盤面を刃口より 1 尺乃至 2 尺掘下げ刃口の周圍に沿ひ尺角米松片を 20 個許り差込み此の間に混凝土を充填し得る様になし地表面を水平に爲し一切を清掃したる後シャフトの直下に厚さ 2 吋の板を以て 6 尺平方位の床を作り以てシャフトを通じて落下する混凝土の爲め地盤に凹凸を生ぜざる様に爲し、作業室内に於て使用したる器具及機械の搬出、シャフト及室内の電燈設備の撤去等混凝土填充の準備を整へ同時に作業員全部を引揚げしめ混凝土工を開始するものなり、作業室内に充填する混凝土の量は略 40 坪位なるを以て可及的早朝より作業に着手し混合作業の最大能力を發揮せしめ最も短時間に作業を完了せしめざる可からず、殊に本作業中は萬一を慮りて室内の氣壓を理論壓力迄増加し途中は絶対に潜函の沈下せざる様に爲すを要す、若し氣間に混凝土を流下せしむる際室内の氣壓を減じ些少たりとも潜函の沈下を見んか再び刃口下の混凝土及孕土を掘取り刃口面下 1 尺の完全なる混凝土層を再成せざるべからず、之が施工をなすには多くの時間と費用とを要するを以てなり、故に特に室内の氣壓に對し深甚の注意を拂ひ各員相戒めて迅速の作業に専念し混凝土工の能率の如き潜函沈下作業中の混凝土混合機の能率平均 1 時間 25.6 立方碼なりしに對し本作業に於ては平均 1 時間 40 立方碼位の能率を發揮せしめたり。

作業室内に混凝土を施すには二つの氣間に混凝土を流入し得る様シュートを配置し先づ一

方の氣間の上蓋を開き氣間内に約2立方碼の混凝土を充し其の重量は作業室内の氣壓により支へしめ、次に上蓋を閉ぢ氣間内に壓搾空氣を送入するときは下蓋は混凝土の重量により開き混凝土をシャフトを通じて作業室内に流下すべし、此の場合下蓋は混凝土の重量により可なり急激に開くを以て氣間に故障を生ずる恐あり、依て之を防ぐ爲め下蓋のハンドルより綱をとりて人夫をして之を引かしめ下蓋の徐々に開く様に爲さしめたり、斯くして二つの氣間を交互に用ひて約130~140立方碼の混凝土を施したる時は一時作業を中止し選抜したる潜函夫6,7名をして作業室内に入らしめ特に刃口下の混凝土を掻き均らさしめたり、壓搾空氣中にて混凝土を施す時は其の凝結速く且つ凝結中多量の熱を發生し内部の溫度120~130度に上昇する事あり、加ふるに燈火なき闇黒中にして混凝土の爲めに足場非常に悪しく危険多きが故に之に當る監督員及潜函夫は特に敏捷なるものを選抜する必要あるものとす。

混凝土掻均し作業を終りたる時は再び前方法を反復し所要の混凝土を施すものなり而して混凝土の作業室内に完全に充填したるや否やを知るには潜函沈下工事中壓搾空氣を送入するに使用したる4吋鐵管2本と外に惡氣抜等の爲めに利用したる1吋鐵管4本の頂部にヴァルブを取付け作業室内に要する混凝土量を豫め計算し其の施工量を計り充填終了に先だち時々ヴァルブを開きて空氣を噴出せしめ混凝土と天井との間に空隙を残さざらしむ、而して混凝土が作業室の天井に達したる時は混凝土を空中20~30尺の高さに噴出するを以て完了せるを知る、後に此れ等の管を検するに下端より35~40尺を充填せるを見たり、斯くて念の爲め各氣間より監督1名潜函夫2名を入らしめ最下部シャフトに混凝土の充たされたるや否やを検査せしめ其の充ちたるを確かめて下部混凝土作業を完了す、但し壓搾空氣の送入を全く廢するは混凝土打終りより約12~18時間後としたり。

シャフト 取外し作業

作業室内の混凝土作業を終りたる時は氣間を取外しシャフトの周圍の水を排出し最下部のシャフトを除く外全部を取外し他の潜函に使用するを普通とす、本作業は70~80尺にも達する井中の仕事とて空氣惡しく作業中は壓搾空氣により其の流通を計る必要あり、潜函工事中尤も危険多く且つ困難なるものなり。

基礎軀體及石積作業

潜函沈下及作業室内混凝土充填作業を完了したる後橋脚及橋臺軀體を築造するに方り永代橋に於ては其の設計に基き初めは鐵筋混凝土中段より石積を施工したり、是に使用したる石材は常陸國禰産の小御影を採用したり、兩橋臺用石材3500切、鐵筋混凝土86立坪、兩橋脚用石材4500切、鐵筋混凝土163立坪なり、石積作業を開始するには先潜函内の水を排出し石積をなす部分の潜函枠の繫材を取外し石材二層を据ゑ其の内側に鐵筋混凝土を施して繫材な

き部分の潜函外板の受くる水壓を必要なる木材を以て石積面に支へしむ、斯くして其の上部の石積に着手するものなり而して軀體の完成せる後橋脚用潜函に於ては潜函外装組立の際最上部の 20 尺は略川床面に於て全部水平に纏足しあるを以て潜函内部よりボルトを抜き取る時は其れより上の部分は自ら取外すことを得、則ち潜函外装 5 段の内最上段は軀體築造に對し水中締切の用を兼ねたりと云ふを得べし、潜函上部の撤去は函内に河水を流入せしめ先づ下流に面する方即舊永代橋側の短側面を取外し満潮を待ちて木枠を上流に押流さしめたり。

橋臺用潜函外装は前述の如く混凝土型枠として造りたるものに外ならざるを以て石積を施す部分は土壓に耐へ得る様適當の繫材を以て補強し橋脚石積作業と同様に施工し後順次に木枠を取外したり。

工 事 雜 録

1. 材料の運搬

潜函工事に使用したるセメントは鐵舂 150 噸 2 隻及 100 噸 1 隻により運搬し砂利及砂は鐵舂 150 噸 1 隻, 120 噸 5 隻, 50 噸 2 隻により運搬したり、尙天候等により材料運搬遅延の爲め工事に支障を來す事を慮り別に請負人をして達磨船の回漕を請負はしめたり又潜函内にて掘鑿したる土砂は載積量約 1.5 立坪の木製土運船を使用して運搬せり而して其の使用數量は各潜函の沈下状況により一様ならざれども概略附圖第六の如く舂の曳船としては 40 馬力發動機船 2 隻を以てし必要に應じては其の乗組員を交代せしめ晝夜其の作業を繼續せり、附圖第六 土運數量中其の曲線の極めて下降せるは混凝土の重量、函内の事情、氣壓の關係及機械器具の故障並に準備作業等により掘鑿作業の能率を阻害せられたるを示すものなり。

2. 照明設備

潜函沈下開始後は各部の作業晴雨晝夜の別なく進行するを要す従て夜間は作業場内の各部を完全に照明し以て其の作業能率の増進を計りたり、潜函 1 基に要したる電燈は大約第四表の如し。

第 四 表

種 別	電燈球(ワット)	數 量	總電燈量(ワット)
潜函作業室	60	40	2 400
外部照明	60	45	2 700
〃	500	8	4 000
〃	1 000	2	2 000
計		95	11 100

3. 電力量

次に本工事に使用したる電力量を各潜函別に表示すれば第五表の如し。

本表中第三潜函準備作業に使用したる電力は全工事の準備作業に用ひたるものを含む爲め他の潜函準備工事よりは多量なり。

第五表

種別	期間(大正14年)	使用量(K.W.H.)
準備工事	自3月24日 至4月28日	9 900
第三潜函沈下	" 4 29 " 6 2	93 402
第二潜函沈下準備工事	" 6 3 " 6 9	5 292
第二潜函沈下	" 6 10 " 7 4	83 718
第一潜函沈下準備工事	" 7 5 " 7 12	7 713
第一潜函沈下	" 7 13 " 8 5	64 449
第四潜函沈下準備工事	" 8 6 " 8 10	4 005
第四潜函沈下	" 8 11 " 8 31	52 110
計	161日 (5箇月8日)	320 589

而して本工事中送電停止 10 回に及びたるも電気係員の處置宜しきを得たる爲め壓搾空氣送入に影響を及ぼすことなく直ちに他線に切り換へたり、此の切換へに際して1分以上を要する場合は空氣壓搾機の運轉停止し再び其の運轉を開始する迄には約3分間を要するを以て掘鑿作業酬なる時此の種の事故生ぜんか作業室内に於て急に減壓を來し従て潜函の急沈下を起し危険なるのみならず全作業能率を著しく低下せしむる等の虞あり、幸にして永代橋に於ては此れ等停電に由る事故なかりき、但し作業室内の電燈及信號機の故障等全工事を通じて 10 數回ありたれども斯かる場合は室内より他の信號方法を以て外部に通し電工、技工等と呼び修繕手當を施さしめたり。

4. 信號

潜函作業室内外の信號は内部氣壓を利用して内よりは汽笛を以てし外よりは金槌を以て氣閘を打ち打信を傳へたり本工事に用ひたる信號は次の如し。

○	汽笛 1聲	扛重機揚げ方
○○	" 2聲	" 停止
○○○	" 3聲	" 下げ方
○○○○○ ○	" 5聲後 1聲	氣壓半封度上げ方
○○○○○ ○○	" 5聲後 2聲	" 下げ方
○○○○○	" 4聲	高氣壓送り方
○○○○○	" 5聲	氣閘閉閉方
○○○○○○	" 6聲	燈火故障
○○○○○○○	" 7聲	" 故障なし

注 意

上述の信號前に短汽笛數聲を用ひたる時は徐々に注意して關係扛重機を運轉すべし、總て汽笛信號は氣閘係員の槌打信號を以て應信し信號の完全に交換せられたるを知るべ

し、運轉中に非ざれば氣閘内に暫時もバケツトを残留す可からず氣閘係員は作業室内従事員に正確なる信號を與へ且つ其の應信を受くるに非ざれば氣閘を開く可からず。

5. 潜函病

潜函工事の従事員の潜函病に罹りたる人員は附圖第五に示すが如く其の作業に慣るゝに従ひ漸次其の數を減じ最後の潜函作業の如き特に其の成績良好なりき而して潜函病罹病者も最長期のもの 24 時間にして大部分は直ちに全快したり。

荷 重 試 験

潜函の沈下豫定の深さに達し地層も砂混り硬質粘土盤たるを見極むるや先づ基礎面より深さ 4 尺の穴を掘り大凡 4 平方呎の鐵板を布き附圖第八の如く作業室天井と地盤との間にオイルジャッキ 2 個を装置し壓力計を附して耐壓力を試験す、此の試験の結果單位面積に對する支持力所期の強度に達すれば可なり、若し達せざれば更に沈下を繼續せしむ但し斯くの如くして試験する支持力は所謂表面支持力たるを以て水面下 80~90 尺の嚴正なる地盤支持力は尙大なるものあるは想像に難からず、永代橋基礎中橋脚の負擔する荷重は最大にして基礎の自重を含み全活荷重の衝擊を加へ約 8 000 噸を算す、今橋脚基礎に對する耐壓力を見るに表面耐壓力のみにては最小每平方呎 7 噸強にして荷重 11 000 噸を支へて尙餘りあり、加之潜函外側面の表面摩擦力をも考慮する時は蓋し荷重に對し充分の安全率を存するを保證するを得ん。

潜 函 内 の 氣 壓

壓搾空氣を潜函内に送入するは勿論第一に函底作業室内の水を排除する爲めなり故に此の壓力は水面より及口までの水深に對する水壓力以上たる必要（水の重量を每平方呎 64 封度とすれば深さ 1 呎に付每平方呎 0.445 封度に當る）あるが如きも實際作業に要する壓力は前記の理論壓力より地質地層の關係により多少の差異はあるべきも多くの場合小なる壓力にて足るものなり、永代橋に於ける實蹟に徴するも之を證するを得則ち永代橋に於ては河底地盤以下約 10 呎迄は理論壓力を用ひたるも之より約 30 呎迄は其の約 75% にて足り、更に約 60 呎に達したる時は其の約 50% にて足りたり、以上は粘土層中を沈下せしめたる場合なるが砂層に達したる時例へば第二潜函沈下作業の終了近く砂層に接近したる時の如き砂層に通ずる孔を生じ爲めに急に増壓の必要を生じ一夜に約每平方呎 6 封度を増加したりと雖も尙理論壓力の約 60% より 75% と改めたるに過ぎず。

壓搾空氣は絞上の如く主として函内の排水の爲めに送入するものなれども尙其の壓力を利用して潜函沈下の場合を調節する事あり、潜函の重量は主として中詰混凝土の重量によるものなれども之により其の重量を増加するは相當の時間を要し且つ亦之を減ずることを得ず、

反之壓力を以て調節する時は重量を以てすると同一の結果を生じ且つ速かに加減することを
得べし、氣壓毎平方吋1 封度は約102.36 噸の浮力に相當す、函内の掘鑿進捗すれども潜函の
重量表面摩擦力に比し小にして其の沈下困難なる場合あり、而も上部外装工事又はシャフト
繼足等の爲め急に沈下せしむるの必要あることあり、此の場合混凝土により重量を増加せし
めんとせば混凝土混合機の最大能力（平均 1時間 25.65 碼）を發揮せしむるも尙 1時間に約
7.8 噸を増加するに過ぎざれば相當の長時間を要すべし、然るに氣壓の調節による時は僅々
數分にして所要の目的に達する事を得るなり但し此の方法即ち減壓により沈下せしむる事は
必要上止むを得ざる場合のみ行ふ手段なり何となれば斯くして沈下せしむる時は沈下急激
にして夫れに伴ふ作業室の容積の急變は氣壓及氣温の急昇を來し作業員の健康特に聽感に機
械的傷害を與ふるのみならず復不測の變を生ずるの危険あればなり、潜函の重量其の表面摩
擦力に比し過大なる時は潜函の沈下大に過ぎ函内に土砂充ち掘鑿の能率を低下せしめ遂には
作業を不可能ならしむる事あり斯かる場合には壓力を増加して其上壓力により沈下を防止
す永代橋に於ける橋脚潜函は上部箱枠堅牢にして 30 呎の水壓に堪へ得るものなりし爲め混
凝土を加減し重きに過ぎざる様適當に調節したる爲め潜函の沈下順調なりしも橋臺用潜函即
ち陸上潜函は上部箱枠簡易にして大なる壓力に耐へず従て土壓を受くる地表下には勢ひ中詰
混凝土を施すを要したり此の結果潜函沈下を其の重量により加減する事能はずして常に重過
ぎたる爲め氣壓増加により之を補ひ掘鑿法も亦隧道式を要する状態なりき、因に第一、第四
潜函の氣壓、第二、第三の夫れに比し高かりしは此れが爲めなり。

潜函の重量と沈下との關係

潜函の沈下は其の重量が氣壓の上壓力側面摩擦力及刃口面の支持力の總和より大なる時に
於て起る現象なり、掘鑿の進捗に伴ひて支持力を減じ遂に沈下するもの普通にして最も理想
的なれども混凝土の遲延又は湧水の爲め急に氣壓を増したる場合重量が上壓力と摩擦力との
和より小となり刃口の下を悉く浚ひ取り支持力を零とするも尙沈下せざることあり、斯かる
場合に於て更に掘鑿を進むる時は一度に沈下の量を増し種々なる故障を發生するに至る、尙
混凝土の重量を増加して沈下せしむるには多くの時間を要し又短時間に其の調節をなし得る
上壓力を減じて沈下せしむる事は前述の如く可成的忌避す可きものなるが故に現場監督員は
作業中常に混凝土の量を調節し潜函重量を表面摩擦力及上壓力の和より適當に大ならしむる
様注意す可きなり米人技師は此の重量増加の割合を 25% と稱したるが永代橋に於ける實驗
に徴すれば大に過ぐる感あれども其の理論的沈下表を作り混凝土の量を豫定するときの餘裕
をも含み居るものなるべし、此の潜函の重量が全抵抗力（上壓力と摩擦力との和）に對し大
小何れにも偏せざる程度は潜函の沈下具合地盤の支持力等によりて種々變化するものなるを
以て専ら技術者の判斷を必要とする所なり永代橋潜函の場合に於ては地中への深さにより

20% より 10% を最も適當としたり。

永代橋に於ける粘土の支持力は大約最小毎平方呎 1.5 噸にして深さに比例して増加し毎平方呎 4.0 噸位迄達するものと推定せり今其の割合を各潜函の實例により示す時は第六表の如し。

第 六 表

潜 函 番 號	(重量—假定抵抗力) : 假定抵抗力	(重量—推定抵抗力) : 推定抵抗力
	摩擦係数 200 #/sq'	(推定摩擦係数)
三 號	0—18%	0—12%
二 號	0—10%	0—9%
一 號	14—25%	15—30%
四 號	15—32%	8—38%

尙沈下の深さと過重の割合の變化は附圖第七に示す潜函重量及抵抗力の關係圖により詳細を知り得べきも大體に於て潜函の沈下淺き時は其の割合大にして沈下するに従ひ其の割合を減少し函内混凝土詰に際しては氣壓を増加し以て全抵抗力を重量より大ならしむ潜函の重量と抵抗力の關係圖表より見る時は第三、第二潜函に於ては重量小に過ぎたる憾あり、反之第一、第四潜函に於ては木枠の設計上已むを得ざりしによるも重量の大に過ぎたるを認む。

沈 下 状 況 表

附圖第九乃至第十二沈下狀況中第一表は毎日午前 7 時を標準として潜函の狀況を表はしたるものにして大體に於て其の狀況を明瞭に示したるものと思推す、復興局基準面 (參謀本部基準面) は東京灣中等潮位を採れるものなるを以て大體平均水位に當る、基準面に對する地盤の高度は永代橋第三潜函に於ては -17.25 尺、第二潜函に於ては -21.48 尺、第一及第四潜函に於ては共に +4.5 尺なり。

1. 外裝の重さ

及び口上潜函を築造せる高さに就ては潜函の築造は一度に約 20 呎宛施工するものにして各段の外板を終りたる目を以て其の段の組立を終りたる目とし其の高さを加へたり、木材、ボルト其の他の重量は各段の高さと共に急に増加するものに非ざれば共便宜上各築造の高さに對するものを以て其の時の枠の重量と見做したり。

2. 混凝土の重さ

本工事に使用せる混凝土の配合は 1:2:4 或は 1:3:6 にして川砂利を用ひたり、其の重量毎立方呎 147 封度より 150 封度即每立方坪約 13.93 噸乃至 14.52 噸に相當すれども現場施工報告はバケツトの容積と練回数とを基礎とせるものにして作業中の散失を考慮せざる爲め實容積より多少の相違あるは免れず、施工報告と潜函枠内の容積を詳細に算出せるものとを比較する時は第七表の如し。

第七表

潜函番號	混凝土双口打上高	報告によるもの	計算によるもの	割合
3	69'-10"	352.869	343.79	97.4%
2	63'-8"	324.557	313.34	96.5%
1	71'-0"	372.274	354.27	95.2%
4	6'-0"	325.415	309.57	95.1%

今計算によるものを實容積とする時は重量の算出に當り報告の坪數に乘ず可き單位重量は下記の結果より每立坪 13.5噸と定む。

第八表

潜函番號	每立方呎重量 150 封度とするとき	同 147 封度とするとき
3	$14.22 \times .974 = 13.85$	$13.93 \times .974 = 13.57$
2	" $\times .965 = 13.72$	" $\times .965 = 13.45$
1	" $\times .952 = 13.53$	" $\times .952 = 13.27$
4	" $\times .951 = 13.52$	" $\times .951 = 13.26$
平均重量	每立坪 13.66 噸	每立坪 13.39 噸

3. 浮力

潜函に働く最大浮力は函内に壓搾空氣を送入せざる時重量每立方呎 64 封度の水壓によるものにして潜函の双口に於ける理論水壓に斷面積を乘じ作業室内の容積に相當する水の重量を除去したるものなり、因に水の單位重量は永代橋に於ては海水なるのみならず多量の塵埃を含む汚水なるを以て每立方呎 64 封度となしたり。

4. 上壓力其の他

上壓力は氣壓が潜函双口に於て其の最大斷面に働くものとせり。

荷重は潜函重量と浮力の差又は重量と上壓力の差なり。

垂直摩擦總面積は地中に於ける外板の總接觸面積なり。

支持面積は双口に於ける水平なる部分の面積なり。

測定支持力は荷重試験の結果なり。

附圖第九乃至第十二沈下狀況中第二表は潜函沈下工事に際し其の傾斜の狀況並に工事進捗高を示したるものにして南北方向傾斜に對しては南方兩隅の平均と北方兩隅の平均との差を其の深く沈める側の記號を前方に付したり、東西兩方向傾斜に對しても亦同じ、潜函夫及並人夫數は 1 日當り延人員なり、而して三交替時に於ける潜函夫 1 組の人員は約 20 名、並人夫人員は 8 名にして四交替時に於ては潜函夫 1 組の人員は約 18 名なれども並人夫は外業勤務なるを以て氣壓に關係なし従て常に三交替制を採れり、表中バケツト數は交替數の如何に不拘 1 日の合計數を以てせり、掘鑿土量は凡て掘鑿前の狀態に於て之を測りたるものなり、其

の算出方法は潜函断面に掘鑿の深さを乗じ掘鑿量を求め全土砂バケツト回数を以て除し1杯當りのバケツトの容積を求めたり而して是を基礎として1日當掘鑿量及1人當掘鑿土量を算出したるものなり。

表面摩擦力

潜函沈下作業をなすに當りては前述の理由に依り第一に理論的沈下表を作製するの要あり而して其れに要する刃口面上の混凝土打高と潜函の重量との關係及氣壓度と上壓力との關係は此れを正確に算出し得れども潜函側面に於る所謂表面摩擦力(粘着力を含む)及潜函沈下作業に適當なる氣壓は其の施行を終了したる後始めて其の實際を測知し得るものなり、然りと雖も當初施工方針を樹立する爲め適當なる判斷を下し豫め假定をなし置くべきは論を俟たず、永代橋潜函沈下表作製に際しては隅田川筋に於ける各工事の實驗及各種の文獻より推定し其の平均摩擦力を每平方呎200封度と假定せる結果實際の摩擦力と大差なく施工上利する所多大なりき、表面摩擦力とは土壓の爲めに生ずる潜函の周圍と土との間の摩擦力及外板と土との粘着力等によるものにして沈下と共に其の價を増すものにして土壓の公式による時は平均表面摩擦力は其の深さに比例す、尙摩擦係数は地盤及外板の狀況により異なるは勿論なれども沈下後の時間も此の値に大なる影響を有すべし、例へば空氣透入潜函に於ては其の刃口周圍より空氣漏洩して外板に沿ひ上昇する爲め沈井に比し作業中の摩擦係数の値小にして其の1/3乃至1/2位なれども沈下後相當なる日月を經過する時は増加するものなるべし、工事完了後沈下狀況表を作製し其れにより潜函重量及抵抗力の關係曲線を作り又實際の仕事の進行狀態を參考として地中深度及平均表面摩擦の關係を推測せる結果左次のし。

先づ此の推測に際し

$$\text{荷重(重量-上壓力)} = (\text{摩擦力}) + (\text{支持力})$$

- なる恆等式を基礎としてこれの等しくなる時乃ち沈下時の狀況を記録し或場合は支持力を推測して摩擦力を算出し或場合は摩擦力を推測して支持力を算出し潜函内掘鑿狀態に吻合するや否やを研究したり。

摩擦力の算出に當り潜函が支持なき狀態に於て沈下する場合は殆ど適確なる摩擦力の値を知り得れ共斯る場合は第三潜函に於て3回、第二潜函に於て1回ありたり、斯くして第三、第二、第一の3潜函につきて求めたる値を地中の深さを縦距とし横距に平均摩擦力の値を探り作製したる曲線により左の二次方程式を得たり。

$$S = \frac{1}{30} X^2 - 0.85 X + 155$$

S = 平均表面摩擦力 (每平方呎當封度)

X = 地 中 深 (呎)

此の結果により推定による全抵抗力を知り潜函の重量と抵抗力の關係曲線の表を作製したるに第三、第二及第一潜函のみならず、第四潜函に於ても其の沈下實蹟により吻合することを知り得たり、依て前述の二次方程式を基礎として**第九表**を作製し附圖第九乃至第十二潜函沈下狀況に於ける推定表面摩擦力とせり。

第九表

深さ (')	摩擦力 (#/ft')	深さ (')	摩擦力 (#/ft')
10~25	150	69~71.5	260
25~35	160	71.5~74	270
35~40	170	74~76.5	280
40~45	180	76.5~79	290
45~50	190	79~81	300
50~54	200	81~83	310
54~57	210	83~85	320
57~60.5	220	85~86.5	330
60.5~63.5	230	86.5~88	340
63.5~66.5	240	88~90	350
66.5~69	250		

是を要するに所謂表面摩擦力の如き各種多様の條件に支配せらるゝものを分解的素質より假定理論に由り常に合一せしめんとするは不可能の事に屬するを以て本實驗に於て試みたる如く綜合的結果を立證するに足る準據定式を作製し以て其の箇所^に於ける設計の標準となすは蓋し其の大綱を誤らざる方法なりと思惟す。

是れ敢て参考の一式として提供する所以なり。

工 事 費 (概 算)

橋脚用潜函 2 基の平均

内 譯		組 立	円
1基につき總額			220 806.88
		混 凝 土	80 330.42
		掘 鑿	88 249.20
		電 機 設 備 費	13 065.60
		機 械 設 備 費	23 073.81
		跡 片 付 其 他	3 897.95
		作 業 棧 臺 新 設 費	1 777.67
			9 512.23

橋臺用潜函 2 基の平均

内 譯		組 立	円
1基につき總額			164 053.24
		混 凝 土	31 573.43
		掘 鑿	80 170.42
			13 654.33

電機設備費	23 073.81
機械設備費	3 897.95
跡片付其他	1 777.67
地均工事費	388.40
作業棧臺新設費	9 512.23

各橋脚橋臺の全工費を組立てたる枠の高さにて除すれば

橋脚組立	1尺當り	2 208.00
橋臺組立	1尺當り	1 930.00

同上全工費を混凝土の立坪にて除すれば

橋脚混凝土	1立坪當り	483.00
橋臺混凝土	1立坪當り	360.00

同上全工費を掘鑿したる土の立坪にて除すれば

橋脚掘鑿土	1立坪當り	397.000
橋臺掘鑿土	1立坪當り	287.000

以上の工事費中勞力費は精算なれども材料費は豫算をとりたるを以て是が精算の結果は相當減額すべく實際は前掲の費用より約1割乃至2割低廉なるものと信ず、尙米國より購入したる諸機械設備費總額約28萬圓は永代橋工事後清洲橋及言問橋工事に使用したるを以て永代橋各橋脚及橋臺に對し其の1/10即ち28000圓を負擔せしむるものとすれば前掲工事費の1割乃至2割増となる。

壓搾空氣潜函工法の特長

- 一 抑も基礎工事に於て其の所要基礎面が廣大なるにも拘はらず是を一體として水深30~40尺以上の地點に設置せんとするは普通工法としては至難の作業に屬す。然るに本工法に依る時は其の基礎面の大きさに影響する事なく且つ一般に砂層粘土層に應じ100尺乃至120~130尺迄沈下せしむるは容易なり。
- 二 一度工事に着手するや確實に工期を豫定し得て且つ其の工期を短縮するを得。此の短縮の程度は今遽かに豫斷し難きも約1/2より1/4たらしめ得べし。
- 三 壓搾空氣に由り水を排除し唧筒等に依らざるを以て地底の土質を急激に變化せしめず、施工前中後を通じて殆ど原地盤の性質を持續せしむ。
- 四 水中混凝土を打つ代りに壓搾空氣混凝土を打つて殆ど陸上混凝土に對し遜色なきものを施工し得。
- 五 前2項の特色は基礎築造後の沈定(セツトルメント)を極小たらしめ得べし。
- 六 河心の橋脚基礎に於て築島又は締切をなすを要せず。
- 七 潜函内の掘鑿は肉限にて判斷しつゝ陸上土工機械に由り入念に作業し得るを以て所謂暗

中機索の弊に陥らず一方は軟弱なるも他方に岩石を發見したる場合等にも其の岩石の一部を鑿岩機を以て取去り潜函をして傾斜せしめず且つ多くの費用を要せずして工事を完からしめ得べし。

八 大面積の基礎に對し其の荷重試験を容易ならしめ得、此れは著しく工程と工費とを節約することゝなる。

九 沈下に對し殊更に荷重を用意するの要なし。

十 掘鑿後基礎面を更に擴大して例へば 3割乃至 5割の支持面を増加し得。

工 事 所 感

本工事を施工するに當りては既記の如く米國紐育基礎會社に命じ其の重なる機械器具の選定と其の配置及潜函の設計等を爲さしめ施工に際しても先づ米人技師の意見を尊重し米國式の施工方法を試むる事を専らとしたり、此の結果永代橋工事は米國に於ける特に優秀なる工事と比較するも遜色なき良成績を擧ぐるを得たるが本施工法を我技術者間に於ても充分慎重に研究し例へば下記各項の如き考慮按配を加へんか潜函工法の粹を抜き其の發達と共に一層其の能率を増進するを得ん。

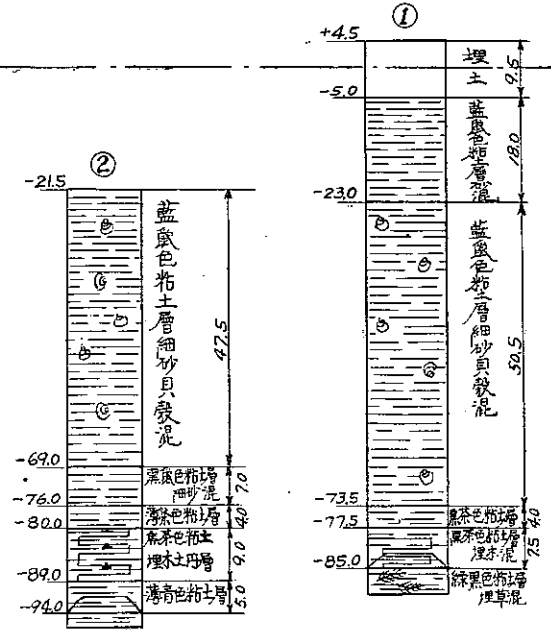
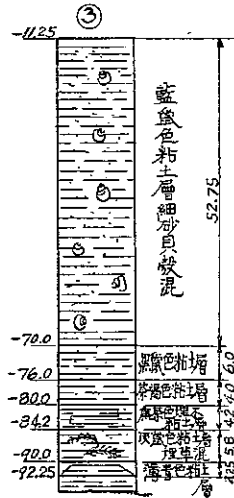
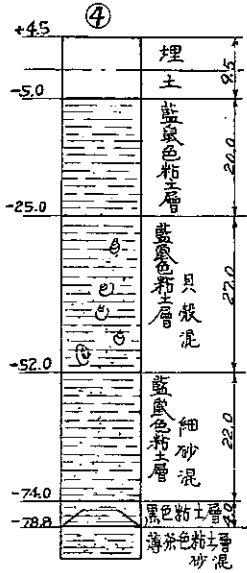
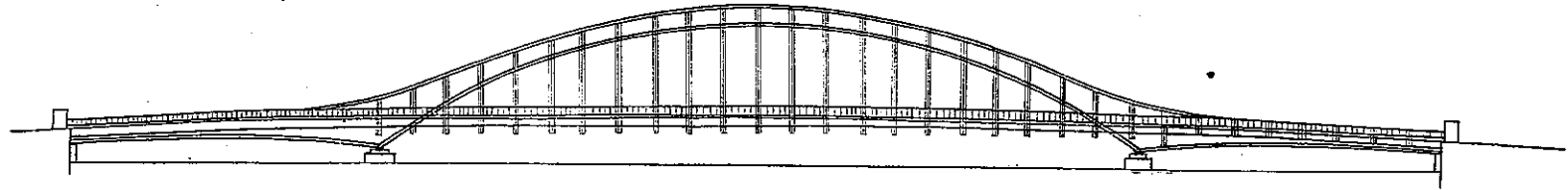
一 米國市場に於ては機械器具等豊富なる爲め隨時安價に購入し得るも吾國に於ては然らざるを以て特に潜函用具の如き國産を以て製作し得べきものは是を奨勵し他は可及的迅速に註文を發し施工時には購入の不足なきを確め置くを必要とす然らざれば低級品を高價にて購入するの止むなきに到るべし。

二 外國市場に於ては比較的高價なる品も内地に於ては安價なるものあり、例へば米國に於ては木材は安價なるも鐵材は高價なり製材事業發達し居る地方にありては木材を使用する際は是を米國に需むべく又鐵材の使用自由なる箇所は木材に代ふるに鐵材を以てすれば其の工費の節約を圖るを得べし。

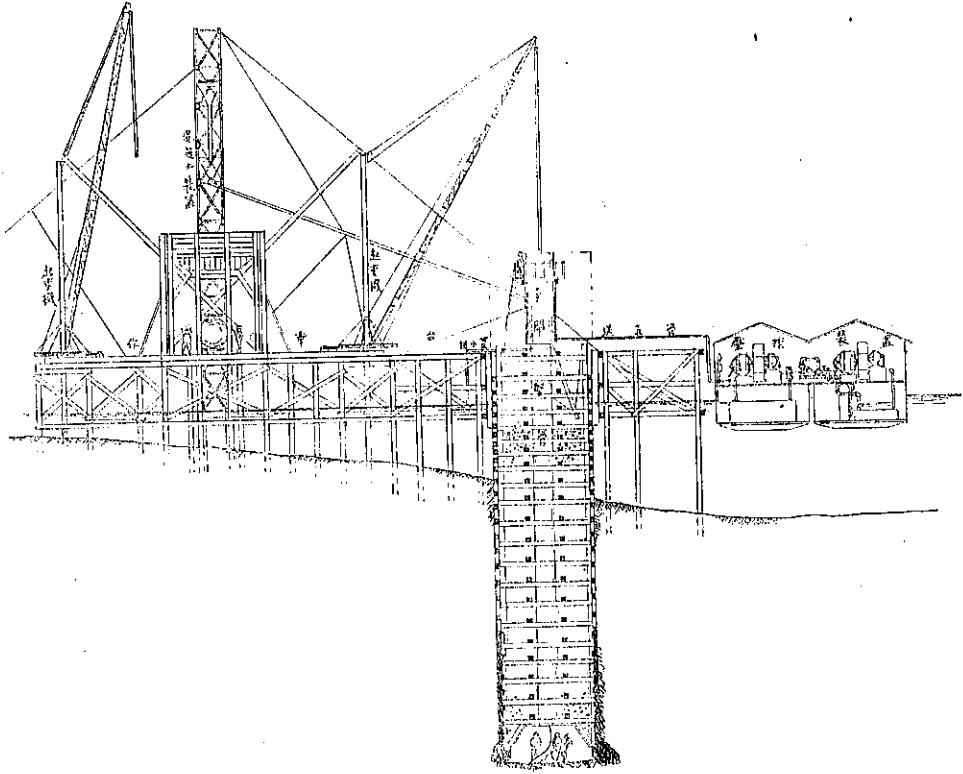
三 米國式施工法は徹頭徹尾工事本位にして苟も其の仕事の爲めには總て他を犠牲に供するも省みざるの感あり、吾國に於て殊に官廳に於ては一定の法規の存するありて釘一本の購入に際しても相當の手續を経ざる可からず、故に米國式施工法を直譯的に採用せんか却つて仕事の能率を低下せしむる結果とならん、故に宜しく其の長を採り短を捨て之等法規と施行法とを融合せしむ可く相當の考究を要すべし。

四 潜函工事の従業員待遇方法は尤に考慮を要する事項とす、即潜函作業は氣壓内にての作業故諸病發生し易く危險率多き爲め昨年吾國海軍省に於て考究制定せられたるが如き特に危險多き作業に従事する者に對する特別給與方法の如きを講ずるの要あり、永代橋其の他の潜函工事に際しては紐育基礎會社の制を參酌し充分なる給與を爲したりと雖も本法の發達普及と共に當事者自ら傷害保險の如きに加入し自尊自重の道を講ずるを理想とす。(完)

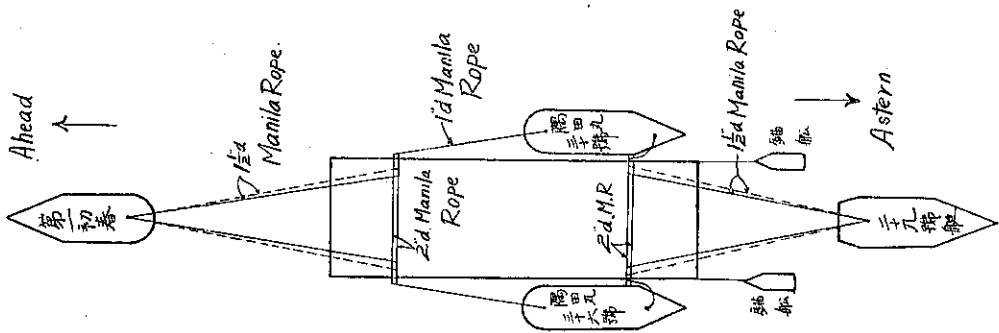
附圖第一 地質圖



附圖第三 潜函工事見取圖



附圖第四 潜函曳航曳船配置圖

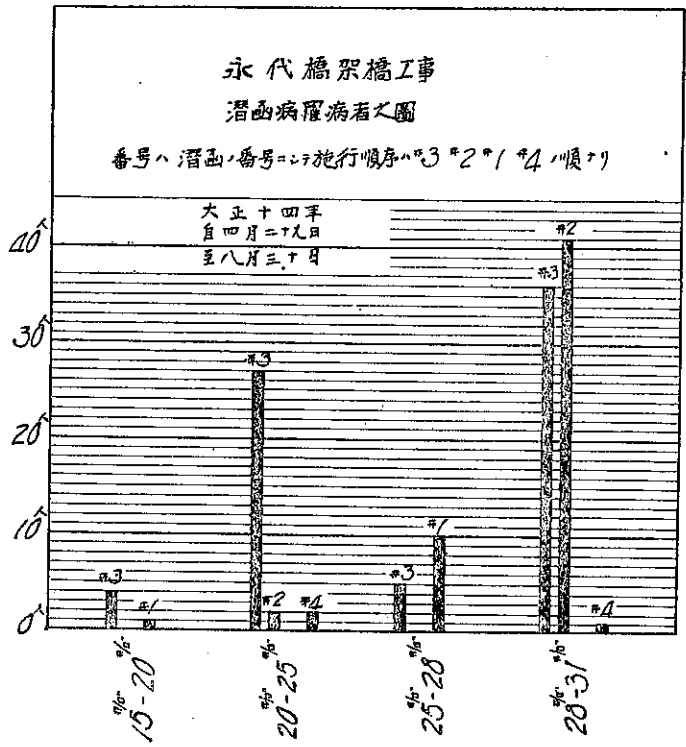
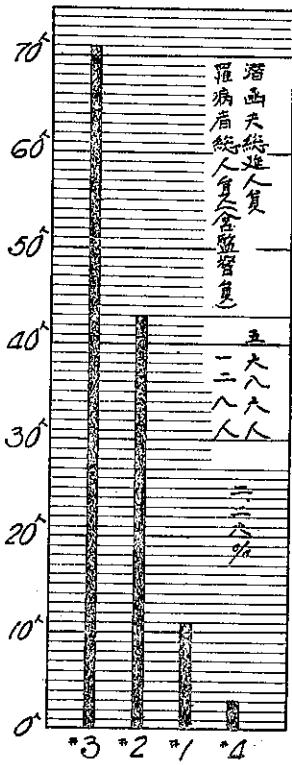


第一初春 Steam tug boat Nominal 1PB
 二十九號艇 Gasoline engine 5.5 HP
 隅田丸三十號 } Suction gas engine 25HP
 隅田丸三十六號 }

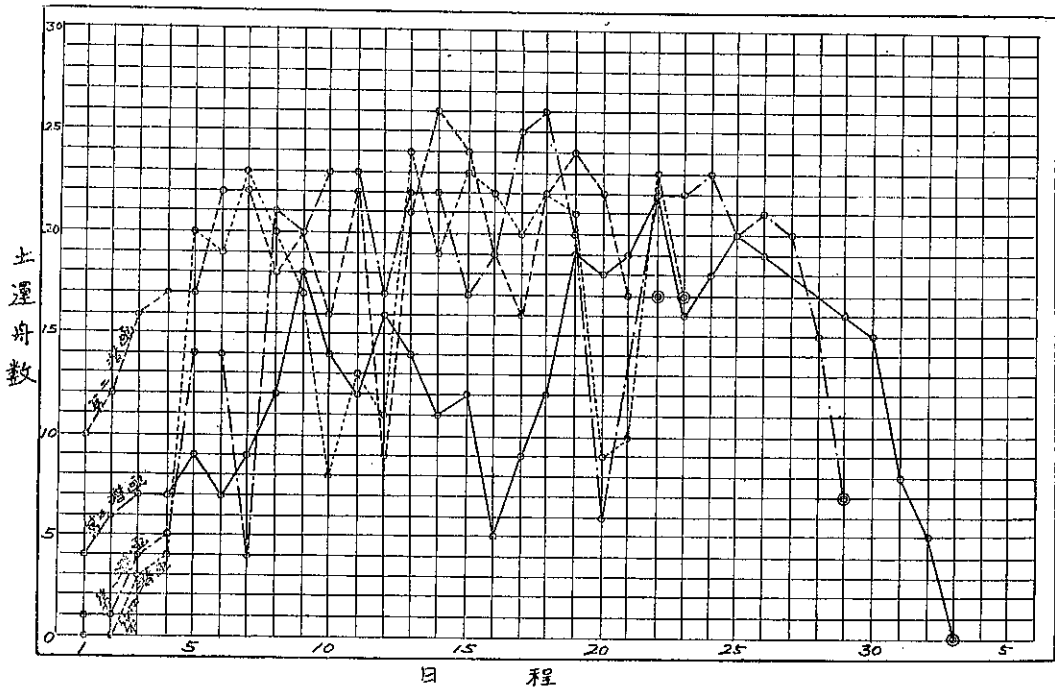
其外橋下寸法測定其他指揮用にて
 一隻前後部、警備用にて二隻、モーター使用入

(圖) 第三卷中圖五三第

附圖第五 潜函病罹病者統計

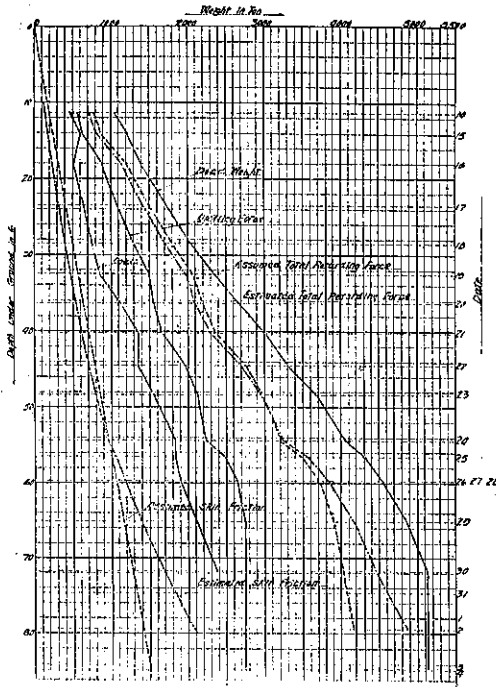


附圖第六 土運數量

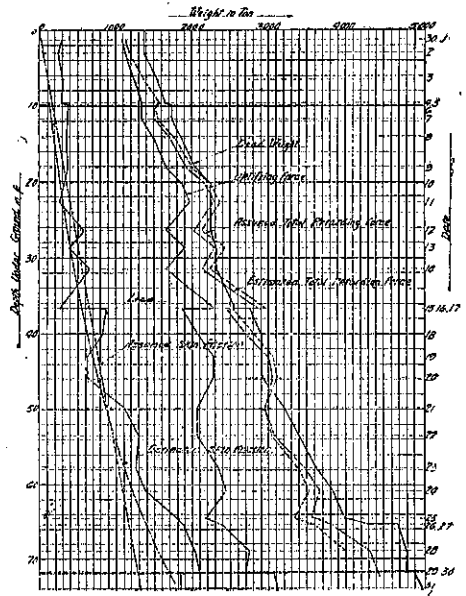


附圖第七 潜函重量と抵抗力との関係

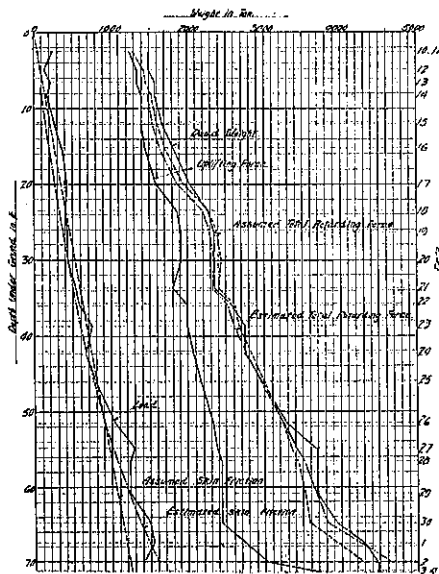
第一潜函



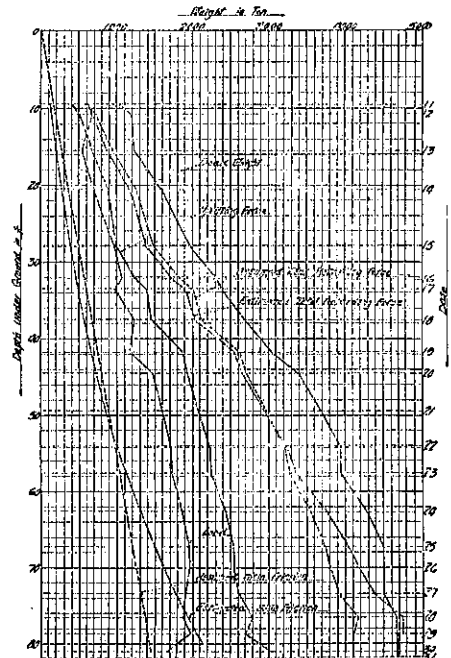
第三潜函



第二潜函

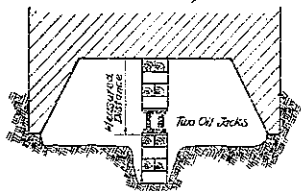


第四潜函



附圖第八 荷重試驗

Method of Test Load in the Caissons



Bearing Area : $23'' \times 23'' = 3.674 \text{ ft}^2$
Capacity of a Jack is about 20 Tons

No. of Caissons	# 1	# 2	# 3	# 4
Maximum Load, Ton	23.5	27.5	26.0	24.5
Total Displacement, ft	0.140	0.500	0.210	0.113
Bearing Power, Ton/ft ²	6.40	7.50	7.08	6.67

#1-Caisson

Date: Aug 3rd

Time	Load	Measured Distance	Displacement
PM 1:40	0	7.10	0
41	8	11	0.1
42	10	13	0.3
43	12	"	"
44	"	"	"
45	13	14	0.4
46	14	15	0.5
47	"	16	0.6
48	15	17	0.7
49	16	18	0.8
50	18	21	1.1
51	19	22	1.2
52	20	23	1.3
53	"	"	"
54	22	23.5	1.35
55	"	"	"
56	23.5	24	1.4
57	"	"	"
58	"	"	"
59	"	"	"
2:00	"	"	"
2:30	23.5	7.24	1.4

#2 Caisson.

Date: July 2nd

Time	Load	Measured Distance	Displacement
PM-8:45	0	7.50	0
46	8	51	0.1
47	10	52	0.2
48	12	53	0.3
49	"	54	0.4
50	14	55	0.5
51	"	56	0.6
52	16	57	0.7
53	"	58	0.8
54	"	"	"
55	18	60	1.0
56	20	80	3.0
57	22	83	3.3
58	24	85	3.5
59	26	90	4.0
9:00	27	8.00	5.0
1	"	"	"
2	"	"	"
3	"	"	"
4	"	"	"
5	"	"	"
6	27.5	"	"
7	"	"	"
8	"	"	"
9	"	"	"
10	"	"	"
11	"	"	"
12	"	"	"
9:30	27.5	8.00	5.0

#3-Caisson.

Date: June 1st.

Time	Load	Measured Distance	Displacement
PM-3:06	0	7.10	0
7	7	12	0.2
8	8	13	0.3
9	9	14	0.4
10	"	15	0.5
11	10	"	"
12	"	"	"
13	12	17	0.7
14	"	19	0.9
15	14	21	1.1
16	16	22	1.2
17	"	23	1.3
18	18	24	1.4
19	"	"	"
20	"	25	1.5
21	20	26	1.6
22	"	"	"
23	22	27	1.7
24	"	28	1.8
25	24	29	1.9
26	"	31	2.1
27	26	"	"
28	"	"	"
29	"	"	"
30	"	"	"
31	"	"	"
32	"	"	"
33	"	"	"
3:50	26	7.31	2.1

#4-Caisson

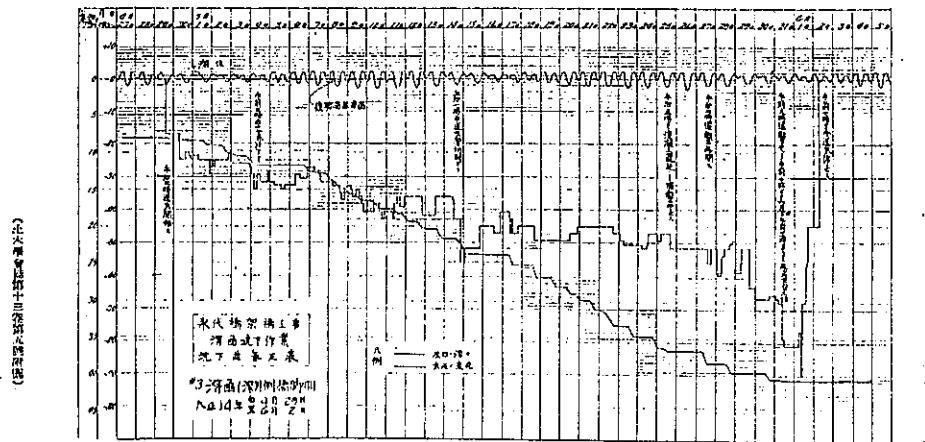
Date: Aug. 29th.

Time	Load	Measured Distance	Displacement
PM-3:35	0	5.10	0
38	10	15	0.5
43	"	"	"
44	12	17	0.7
45	13	17.5	0.75
46	"	18	0.8
47	"	"	"
48	14	19	0.9
49	15	19.5	0.95
50	16	20	1.0
51	17	"	"
52	"	"	"
53	"	"	"
54	20	21	1.1
55	22	23	1.13
56	24	"	"
57	24.5	"	"
58	"	"	"
59	"	"	"
4:00	"	"	"
1	"	"	"
2	"	"	"
3	"	"	"
4	"	"	"
5	"	"	"
4:20	24.5	5.213	1.13

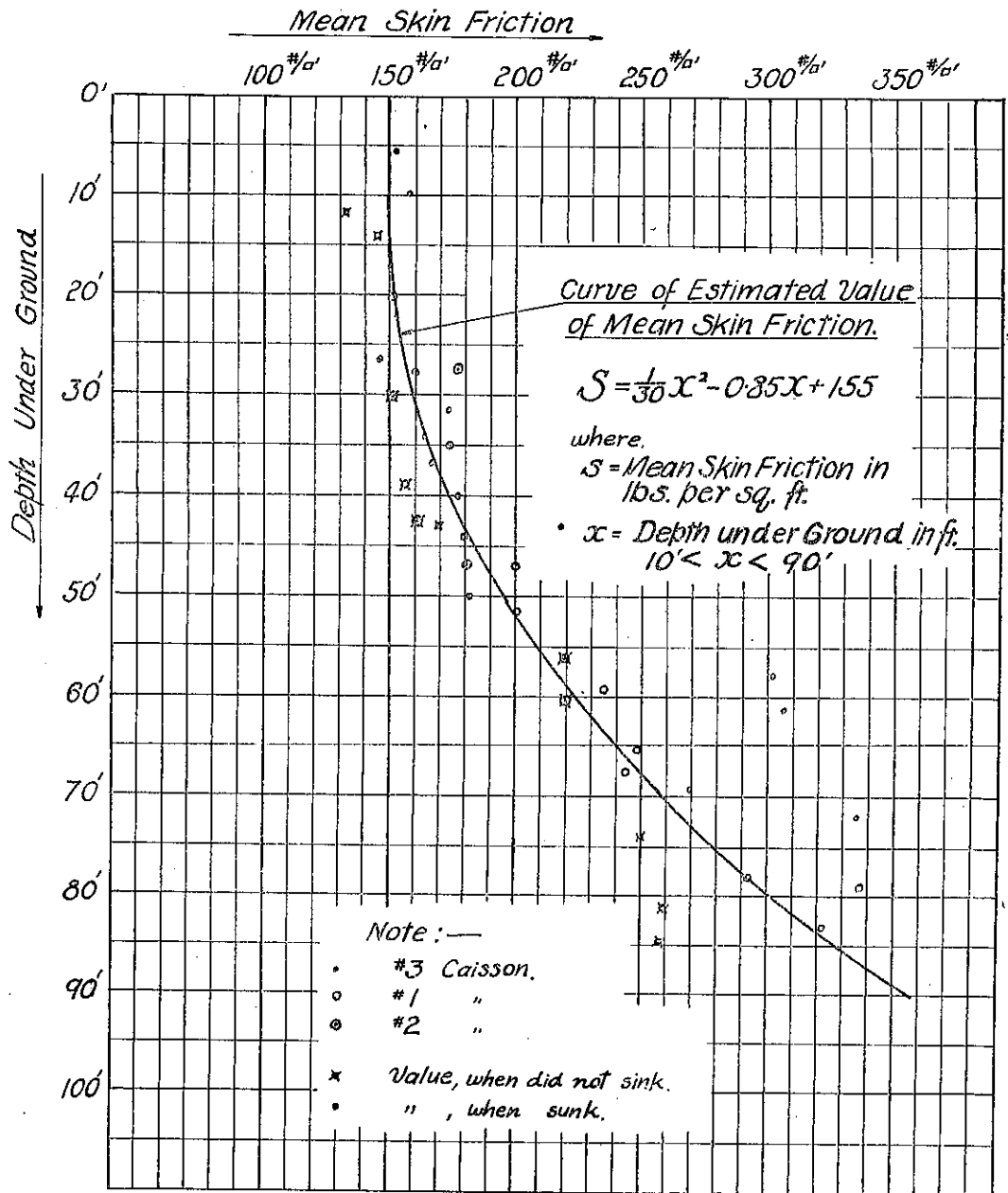
附圖第十一 潛函沈下狀況 第三潛函

日	時	測點	潛函	沈下	備註	地質
1	10:00	100	100	100		
2	10:00	100	100	100		
3	10:00	100	100	100		
4	10:00	100	100	100		
5	10:00	100	100	100		
6	10:00	100	100	100		
7	10:00	100	100	100		
8	10:00	100	100	100		
9	10:00	100	100	100		
10	10:00	100	100	100		
11	10:00	100	100	100		
12	10:00	100	100	100		
13	10:00	100	100	100		
14	10:00	100	100	100		
15	10:00	100	100	100		
16	10:00	100	100	100		
17	10:00	100	100	100		
18	10:00	100	100	100		
19	10:00	100	100	100		
20	10:00	100	100	100		
21	10:00	100	100	100		
22	10:00	100	100	100		
23	10:00	100	100	100		
24	10:00	100	100	100		
25	10:00	100	100	100		
26	10:00	100	100	100		
27	10:00	100	100	100		
28	10:00	100	100	100		
29	10:00	100	100	100		
30	10:00	100	100	100		
31	10:00	100	100	100		
32	10:00	100	100	100		
33	10:00	100	100	100		
34	10:00	100	100	100		
35	10:00	100	100	100		
36	10:00	100	100	100		
37	10:00	100	100	100		
38	10:00	100	100	100		
39	10:00	100	100	100		
40	10:00	100	100	100		
41	10:00	100	100	100		
42	10:00	100	100	100		
43	10:00	100	100	100		
44	10:00	100	100	100		
45	10:00	100	100	100		
46	10:00	100	100	100		
47	10:00	100	100	100		
48	10:00	100	100	100		
49	10:00	100	100	100		
50	10:00	100	100	100		
51	10:00	100	100	100		
52	10:00	100	100	100		
53	10:00	100	100	100		
54	10:00	100	100	100		
55	10:00	100	100	100		
56	10:00	100	100	100		
57	10:00	100	100	100		
58	10:00	100	100	100		
59	10:00	100	100	100		
60	10:00	100	100	100		

日	時	測點	潛函	沈下	備註	地質
1	10:00	100	100	100		
2	10:00	100	100	100		
3	10:00	100	100	100		
4	10:00	100	100	100		
5	10:00	100	100	100		
6	10:00	100	100	100		
7	10:00	100	100	100		
8	10:00	100	100	100		
9	10:00	100	100	100		
10	10:00	100	100	100		
11	10:00	100	100	100		
12	10:00	100	100	100		
13	10:00	100	100	100		
14	10:00	100	100	100		
15	10:00	100	100	100		
16	10:00	100	100	100		
17	10:00	100	100	100		
18	10:00	100	100	100		
19	10:00	100	100	100		
20	10:00	100	100	100		
21	10:00	100	100	100		
22	10:00	100	100	100		
23	10:00	100	100	100		
24	10:00	100	100	100		
25	10:00	100	100	100		
26	10:00	100	100	100		
27	10:00	100	100	100		
28	10:00	100	100	100		
29	10:00	100	100	100		
30	10:00	100	100	100		
31	10:00	100	100	100		
32	10:00	100	100	100		
33	10:00	100	100	100		
34	10:00	100	100	100		
35	10:00	100	100	100		
36	10:00	100	100	100		
37	10:00	100	100	100		
38	10:00	100	100	100		
39	10:00	100	100	100		
40	10:00	100	100	100		
41	10:00	100	100	100		
42	10:00	100	100	100		
43	10:00	100	100	100		
44	10:00	100	100	100		
45	10:00	100	100	100		
46	10:00	100	100	100		
47	10:00	100	100	100		
48	10:00	100	100	100		
49	10:00	100	100	100		
50	10:00	100	100	100		
51	10:00	100	100	100		
52	10:00	100	100	100		
53	10:00	100	100	100		
54	10:00	100	100	100		
55	10:00	100	100	100		
56	10:00	100	100	100		
57	10:00	100	100	100		
58	10:00	100	100	100		
59	10:00	100	100	100		
60	10:00	100	100	100		

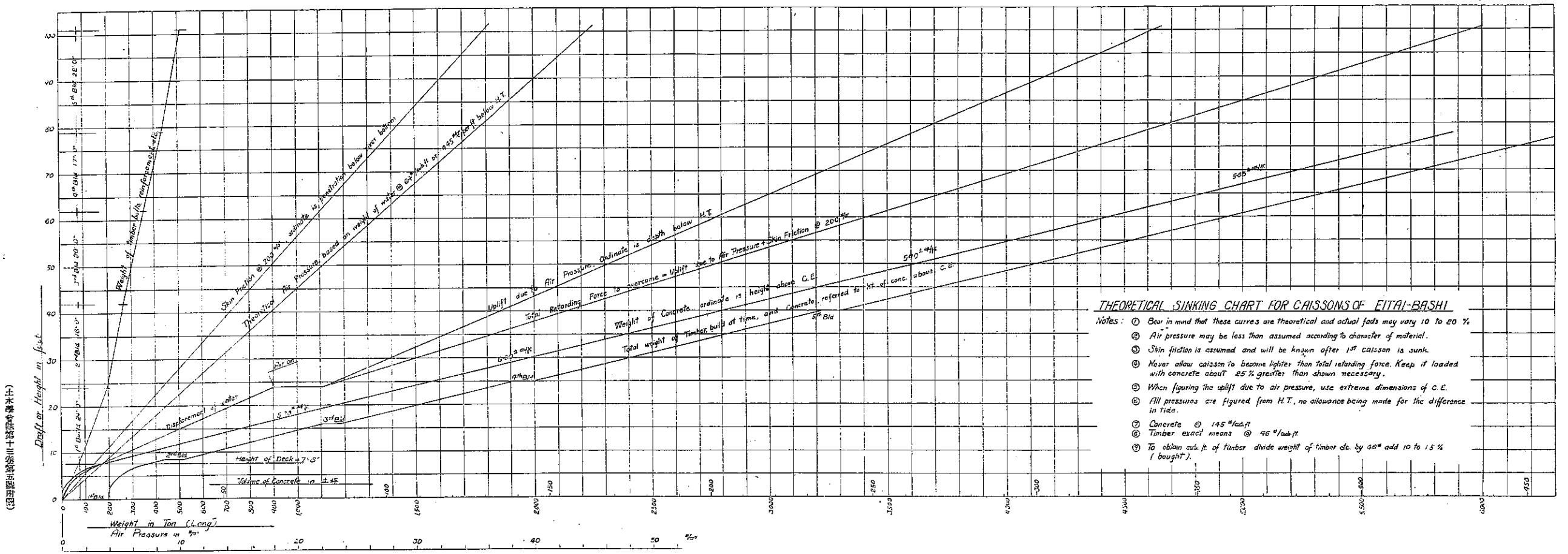


附圖第十三 表面摩擦力



（此大圖合註第十三條第五圖附圖）

附圖第十四 橋脚用潛函理論的沉下圖表



THEORETICAL SINKING CHART FOR CAISSONS OF FITAI-BASHI

- Notes:
- ① Bear in mind that these curves are theoretical and actual facts may vary 10 to 20 %
 - ② Air pressure may be less than assumed according to character of material.
 - ③ Skin friction is assumed and will be known after 1st caisson is sunk.
 - ④ Never allow caisson to become lighter than total retarding force. Keep it loaded with concrete about 25% greater than shown necessary.
 - ⑤ When figuring the uplift due to air pressure, use extreme dimensions of C.E.
 - ⑥ All pressures are figured from H.T., no allowance being made for the difference in tide.
 - ⑦ Concrete @ 145 #/cu.ft.
 - ⑧ Timber exact means @ 46 #/cu.ft.
 - ⑨ To obtain cu. ft. of timber divide weight of timber etc. by 40# add 10 to 15% (bought).