

論 說 報 告

第 27 卷 第 6 號 昭和 16 年 6 月

海工用巨大塊體に關する研究 (其の四)

(附横濱港其他に於ける實施諸例)

(下關要港司令部検査済, 内務省警保局内閣済)

正會員 工學博士 鮫 島 茂*

11. 軟盤横棧橋例

横濱港山内町横棧橋 (圖-92, 94, 95, 96, 133, 134)

1. 概況及地質

本横棧橋は横濱港の内國貿易用の施設として神奈川地先に設け、原計畫は 3000t 級船の接岸荷役を目的とするものなりしが、時勢の變化に伴ひ水深を増し 6000t 級汽船の繋留に適する様に改めた。其寸度次の如し。

延長 410 m, 水深 基面以下 8 m, 棧橋法高 基面以上 35 m, 目的 總噸數 6000t 級汽船 3 隻荷役用

此の施設に着手の際は恰も關東震災後を受けて、耐震觀念昂揚時に當り、又地質は未だ遭遇せる事なき程の軟弱不良のものたる、又乏しき豫算を以て處理するを要したる爲め、種々の比較案を作り考究を重ねたる結果、Solid なる岸壁計畫を横棧橋に變更し、構造としては軽くして堅牢なる構構を使用するを適當と認め、此を實施に移したる次第は第 8 章第 1 節に述べたる如くである。

本件横棧橋附近の地勢は、野毛及神奈川の兩丘陵の谷間に當り、往古平沼附近迄深く灣入せし、帷子川谷の先端部に相當し、兩側より岩骨たる第三期層に屬する砂質凝灰岩 (Tuffaceous Sandy Shale 通稱土丹岩) が急傾斜を以て深き位置にて相合する處であつて、其上層は一様に微粒の堆泥の積層である。

此等の泥土は粒狀極めて微少にして殆んど砂粒を混ぜず、暗青色を呈し、其息角 14 度餘、又乾燥せしむれば縦横の龜裂を生じ著しく縮少し、重量減率 35% に上る。但し土粒相互間には相當の粘着性を認む。

此の横棧橋の大部即西部延長の 3/4 は最も軟層にして基面下 40 乃至 50 m に到らねば稍々堅硬なる砂利を交へたる層にも到着せざるも、東部約 1/4 は順次此の層が淺くなり端に於ては -18 m 位となる。

斯の如く本方面は横濱港の最悪地質の個所に屬し、其故を以て開發が當時迄遅れてゐた譯である。

2. 構造形式の撰定

前記の如き軟弱地質上の大船埠頭たるが故に、其様式の撰定は最も重視し慎重に考究を重ねたるが、重力式岸壁たる函塊を使用する如きは根本的に不適當として先づ考慮の外に置いた。

鋼矢板又はコンクリートの大矢板によるものは、此の岸壁の水深が大であると共に海底が軟泥たるが故に、非常に大なる根入を要し、且又埋立土も不良なる爲め矢板に強大なる彎曲壓を及ぼす事を豫想せねばならぬ。加ふるに地震外力を考慮する時には、矢板岸壁の受くる主動土壓は更に著しく増加すべく (極軟盤なる故に此程度大なり)、此に反し頼みとする控へ壁或は根入の受働土壓は此際著しく減少し、關東地震程度は堪へしむるには實に法外に老大なるものと爲さざるを得ぬ。換言せば矢板形式は土壓に左右せらるる事最も多く、従つて斯かる個所にては地震に極めて不利なる形式と稱すべきである。更に又矢板に強大なる地震土壓が加はる時には、矢板下端以下の深處にて地層の大滑動を起し、足元を拂はれ海面に轉倒する虞れなしとしない。

即此等の條件に抵抗する構造たらしむるには、到底普通一般に行はるる如き單式矢板形では不可であつて、矢板を組立てて Pier 狀として大なる彎曲抵抗と、非常に大なる根入を與ふるが如き工作を必要とするも、それは到

* 内務技師 内務省下關土木出張所

底豫算の許さざる處であつた。

鐵筋コンクリート矢板によるも又鋼矢板に類する計畫を要し、個々の矢板の重量相當に大となり、又一般に耐久的弱點を有するが故に矢板形も亦適當ならざるものと認めた。

概括的に Solid なる岸壁は土壓を受け危険多きを以て、本件の如きは床下の開徹せる横棧橋を適當と考へしが、其内考慮し得る種類の一たる Pfahlrost 形式 (第 7 章第 2 節) 即多數の鐵筋杭を打ちて基礎と脚柱を兼ねしむる形のもの、杭端が深層に届かず、全體的滑動の恐れある事と、實例によるに鐵筋杭は海水に曝露する面積廣く又微龜裂を伴ひて耐久的價值低き事、又其他の強度に於ても此形式では不十分なりと考へた。

基礎を木杭を以てし、海中の脚體には太きコンクリート柱を使用する壙柱形式 (Mouchel's Type) は適當なる形と思つたが、此れより先き大阪港に實施せる例に鑑み、非常に高價である事と、而も猶耐震的に満足する能はざる憾があつた。

竟極に於て必要條件を満足せしむるには、壙柱式 (M. T.) の施行の複雑を簡易化し、更に耐横壓力の増強を計りたる新形式を適當と認めしが、其要領は基礎を長杭により、脚體は函塊の各立壁に多數の孔を穿ちて骨格のみを残せし如きもの、他面より見て壙柱を下端迄 Bracing によりて結束せし如きものを製作し、この豫製體を浮かさんが爲めには多數の小浮體 (空罐の如き) を附する考案より出發し、順次修正轉化して圓輪等 4 本を縦横結束せる形として下端に杭頭を抱擁せしめ、浮かす爲めには新にフロートを製作して自ら注水排水の能力をも與ふる事とした。

3. 基礎構造

構造上凡ての荷重は脚柱の下端に集るが故に、此の部分のみに集中して杭打基礎を施すものとし、杭は米松材 (Douglas Fir) 末口 22 cm、長さは最長 25 m に達する一本材を用ひたが、これは輸入し得る極限に近き長さである。而して各壙柱下に 7 本宛を集團とし、海底に 1 m を残して他は地盤中に垂直杭として打込んだ。而して東端の地質稍々良好なる箇所には杭端を堅層に達せしめ得たるも、他は凡て堅層に到達せず杭端は泥層中に止まりたるも、此を以て強度十分なりと認めた。

杭打作業には有り合せの船を改造して浮裝杭打機船とし、汽槌としては Union O 型 (重量 6 t、ピストン徑 10 ½", 衝程 22", 氣壓 80*) を用ひたが、必ずしも斯かる大ハンマーを必要としなかつた。又杭打の際杭頭が水面下に没せる後は鋼材を以て製せる繼杭を使用し、更に又海底に杭打位置を確定する爲めに頭丈にして重き遣型を用ひ、針金を張りて杭の位置を示す如くせしが、これにより一舉 42 本の杭を正確に施行し得た。

杭打が終りたる後は其周圍に割石を投下し、搗き固めて泥層に押込み、潜水夫をして均さしめた。

次に上記の計畫の主なるものの説明を爲さんに、

杭打遣型として斯かる重き大形のものを用ひし目的は、これにより位置を精密に測量し得る事、杭打の震動に動揺せざる事、杭の相互間及壙構との關係に不安なく正確に施行し得べき事、打込に要する水中勞力は潜水夫 1 人に止まり而も其技能に依頼する事なき事等であつて、結果に於て高能率と低工費の好成績を挙げ得た。

本件の杭は長さ極めて長く、且泥層中に止まる摩擦杭に過ぎざるも、これを以て足ると考へしは、杭と泥層の粘着性によりて荷重を廣く深き各層により支持せしめ、又深層に於ける滑動の危険に對し至大の抵抗を爲さしめ、更に又此種地盤は壓力の爲めに壓縮を受け沈下の恐れあるが故に杭を介して其憂の少き深層迄荷重を傳へんとする主旨である。

杭打の狀況を検するに、當初打込の場合は大なる抵抗なくして、容易に差し込む如く計畫通り了する。即此の時の杭の支持力は極めて少きものたるも、時間の経過と共に次第に固化し、試みに二、三日後に同一杭打を打撃する時は、狀況一變して頗る堅く至大なる抵抗を現はす。而して打撃を繼續反覆せば漸次徐々に沈下を始め、遂に當初打込時に類する無抵抗に還る。

又比較的短き杭を打ち、其上に大なる試験荷重を爲すに、時間の経過と共に靜に微量宛の沈下を爲し容易に止

まらぬ。而して沈下の程度は杭の長さと同様な關係がある。

此等の現象を基として泥層中の摩擦杭の状態を判斷するに、杭は打込後時間の経過と共に非常に大なる支持力を表はすものであつて、打込時はハンマーの抵抗は支持力の標準とはならぬ。又地震の如き、或は船の衝動の如き瞬間的大強壓には極めて強固安全であると考へらるるも、長期に互り連続する大荷重には微量の沈下を免れぬ。但し其れは杭の長さを大ならしむる事により無害の程度に止め得る。

察するに此の現象は、打込時は杭端を以て軟き地盤を突破り、且泥層より浸出する潤滑劑の役を爲し、打込みに殆んど抵抗無きも、時間の経過と共に水分は泥粒に再び吸収せられ、杭と泥粒間の強き Adhesion と泥粒相互間の強き Cohesion の爲め、杭に懸かる荷重は其貫く各層に廣く深く撤布せられ強大なる荷重を支持するが、若し長時間の反覆打撃を加ふる時には震動により杭と泥層との粘着力は漸次分離して再び無抵抗に至る如く、又短き杭の場合には單位層に懸かる荷重大なる爲め地盤の壓縮を生じ沈下するものと考へらる。

杭を中途にて繼がざるは、繼ぎ杭は往々にして挫折して信頼し難きと共に水平抵抗に弱く、これを完全に繼ぐには高費を要し、結局長き一本杭を有利と思惟せしによる。

本件山内横棧橋の前脚柱下の杭 1 本當りの荷重は平時 31.5 t 又地震時 51.0 t (震度 0.2) である。而して又安定計算上には算入せざるも、横棧橋後脚下の杭は脚柱との取付けの構造上より考へて、若干の張力を發揮すべく、結果に於て前脚下の荷重は前記數字より事實少きものと考へる。因みに、川崎の鐵橋埠頭の工事に於ては塙構と基礎杭の取付に特に張力に堪ゆる考慮を拂ひ、計算上にも壓力の 1/4 程度の張力を加味せし爲め基礎構造に相當の節約を爲し得た。

4. 脚體構造

脚體は塙構であつて圖 95 に示す如く、圓筒形塙柱 4 本を斜十字形綾構と水平桁にて相互結合し、且上面には Sway Bracing を加へ、此を完全なる一體として乾船渠中にて製作した。

本塙構の高さは 11.5 m、塙柱中心距離 7 m、塙柱は内徑 1.2 m の圓輪とし、輪の厚さ普通 15 cm、取付箇所 30 cm であり、又其の下端は杭頭を抱擁すべく内徑 2.7 m に擴大した。綾構は水平桁 50×70 cm、斜材は 40×40 cm の矩形断面とす。

本塙構の製作は塙柱部分と綾構部分を區別する事なく、水平に 5 段に分ち、各鐵筋型枠及コンクリートを交互に施したるが故に本塙構は完全なる一箇のフレーム體である。

使用の型枠は山形鋼を以て骨格とし、之に 3/32" の薄板を張り、又圓筒内枠は圓弧を三分して引抜くにはピンを以て疊み、下方擴大箇所は多數の小片に分ちて使用後分解する如くした。

1 箇の標準塙構に要する材料はコンクリート 73 m³、丸鋼 10.7 t にて重量 180 t を有するが、浮游運搬の際には圓筒下部に一時的の假蓋を附して浮力を増すが故に、自己浮力 110 t (吃水 8.5 m) を有し、フロートに依りて補助すべき浮力は 70 t である。

本塙構を移動する爲めに製せしフロートは、2 箇を一組とし兩者對稱形であつて、塙構の兩側に附す。其の主體は長さ 10 m、高 7.9 m、幅 2.8 m の矩形の函狀を爲し、上部の甲板は露出甲板であつて、作業に當りては水中に潛入す。而して潛入時の浮游安定に備ふる爲め、甲板上に 2 箇の圓筒と 1 箇の角形槽を設けて船殼と連絡せしめ、又機關室に充てた。フロートの船殼は内部を 2 箇所の水密隔壁により 3 箇の分室とし、注水及排水管、徑 6" の唧筒 14 HP 輕油發動機等圖記する如く装置した。

フロートを塙構に取付ける爲めには圖に示す如き枠を用ひ、(此れをフレームと名付く) 各圓筒に取付け、フロートとの間はピンの挿入により結合する如くした。

製作完了したる圓筒構は豫め起重機を以てフレームを取付け、船渠に満水してフロートを曳付け、ピン挿入により圓筒構兩側に結合したる後、フロート内部の排水を爲さば暫時にして浮揚すべく、適當なる吃水を以て曳出し、現地に運搬したる上、位置を定めてフロートに注水して圓筒構を地盤に沈着せしめ、更に注水を續けてフロート

トの浮力を去りたる後、ピンを外しフロートを分離し、又筒底の底蓋、フレーム等を取去るものとす。

目的個所に掘付けられたる圓筒構は爾後其周圍海底に割石を投下して搦き固め、圓筒内よりコンクリートをテレスコピック管により注下して約 1 m の水中コンクリートを施行し、此が固化後管内を排水して、レイタンスを除去し、殘餘空洞を空氣中にてコンクリートを充填し脚柱工を終るものとす。

尙本件大多數の構構は四連形たるも、埠頭の隅所に使用する爲めには中心距離 8 m の三連形を製作使用した。此の三連形の浮揚には四連形と同様にフロートを取付け、舳除する一隅の爲めにはフロートの一室に水を充滿して重量の平衡を保つた。

本横棧橋脚體の耐震強度は重力の 20% に相當する水平加速度に堪ゆるを目標とした。

5. 橋面上部構造

横棧橋脚體の上端は基面上 1.65 m であつて、其上に上部構造を以て床面を作り、表面を 3.5 m と爲す。

床面構造は圓柱上部を支點とし主桁、副桁、第二次桁及びスラブを何れもコンクリートにより施工するが、此等の型枠は複雑にして海上に於て波浪の際又は干潮の間に仕事をするを要し、頗る非能率的にて高價に當るを免かれぬが故に第二次桁とスラブは切り離して陸上に於いて豫製して起重機船にて現地に吊込み、主桁及副桁のみを現地施行として脚體との連結する事として工費の節約を計つた。此の豫製コンクリートスラブの最大重量は 50 t に達した。

スラブ上には床面用として花崗岩小錦石のモザイク形の鋪裝せしが、蓋し貨物の荒き取扱に堪へ、又適度の滑り止め摩擦を與ふる考であり、又隅の Coping としては 15 cm 山形鋼を使用した。

本上部床面は重貨取扱を目的として 1 m² 當り 3 t の滿載荷重を標準とした。

尙棧橋の主體たる構構は其脚柱と綾構を以てトラスとして水平外力に堪ゆる計畫なるも、此の外の餘分の強度として、圓筒上部に主桁をコンクリートする際、脚柱との間に強力なる鐵筋を入れ、取付點附近が特に強度の曲げ應力に堪ゆる如くなし、以て垂直脚柱と水平桁による鳥居形ラーメンによる強度(即 Mouchel 形式の骨格)をも與ふる事としたが、これは計算外の豫備的強度である。

又主桁は三徑間 21 m の連續桁となせしも、今日より考ふれば各單桁として二次的内應力を省く事が、斯かる軟弱上の構造として更に安全であつた。

6. 土留壁構造

土留壁(Bulkhead Wall)は基礎及脚體完成後、其背部に土丹岩塊を以てマウンドを築き、其頂を -3.5 m に仕上げ、此層を貫きて木杭を打込み、上に鐵筋コンクリート扶壁體其重量 50 t のものを、起重機を以て並列掘付けた。而して扶壁體相互間の繼手には袋詰コンクリートを填め、背面に土丹塊裏込を施し、更にマウンド表面には堅石を被覆して斜面を 30 度の勾配に仕上げた。

上記扶壁體と横棧橋本體との間にはコンクリートスラブを架するが、土壓は大部分土留壁にて支持せられ、スラブを介し其一部は棧橋本體に傳達せらる。但し土留壁と棧橋は耐震強度を異にし、非常大震に際しては極く軟地層の變動は豫期し難きものがあるが故に、斯かる際に或は土留壁を犠牲とするも、此により棧橋本體のみは絶対安全を期した。即土留壁をして耐震的安全瓣の役を爲さしめんとするものである。而して主要部分であり、且復舊に長月日を要する棧橋本體が破壊を免るれば、此により荷役機能の途絶する事なく經濟的に著效ある事は、關東震災時山下町棧橋の一半の僅かに倒壞を免れたるものが、當時唯一の水陸連絡設備として非常に有效であつた適例がある。而して不幸にして土留壁が破壊せられた場合にも、此の復舊は簡單容易であつて、即極端なる軟弱地盤に對する消極的耐震用意である。

7. 工期及工費

山内横棧橋築造工事は昭和 3 年 5 月に着工し、同 7 年 3 月全部竣功せるも、事實的には 6 年を以て功を終

へた。此の工事に要せし直接工費を工種に分ち掲記すれば次の如くである。

工 種	工 費	員 數	平均 1 m 當り工費	
山内横棧橋工事	531 072 圓	401 m	1 324 圓	
内 課	基礎工	〃	330 〃	
	裏込工	3 360 〃	8 〃	
	脚柱工	152 157 〃	〃	379 〃
	上部工	117 153 〃	〃	292 〃
	土留工	63 327 〃	〃	157 〃
	繋船設備	24 451 〃	〃	61 〃
	船舶運轉 諸 掛	28 552 〃 9 475 〃	〃 〃	71 〃 23 〃

前記工事費に包含せらるる圓碁構は、昭和 3 年より同 5 年迄に高島町兩棧橋分と併せて乾船渠内に於て 74 個製作し、其 1 個當り工費は、3 733 圓である。

本工事を施行の爲め製作購入せし諸機械の主なるものを掲記せば、

圓碁構型枠三組製作	54 722 圓
フロート及附屬品製作	25 500 〃
杭打船改造、繼杭遣型作製	5 292 〃
杭打ハンマー	7 475 〃

12. 軟盤棧橋例

横濱港高島町棧橋 (圖-93, 94, 95, 96, 133, 134)

1. 概況及構造形式の撰定

本棧橋は山内横棧橋と同じく横濱港内國貿易施設の一部として、横濱驛附近の未開發沿岸を利用するものであつて、當初の計畫ではこれに岸壁を築造し 3 000 t 級汽船 5 隻を繋留する豫定であつた。

然るに本地點の地質は隣接山内町のものと同様極めて不良軟質の堆泥層が 40~50 m に及ぶが如き地點たると、制限せられたる工費を以て耐震的たらしむる爲め、及び内國貿易施設として尙若干の將來擴張餘地を残す目的を以て、計畫を變更して 2 基の陸岸より突出せる棧橋とし、而かも其の中の 1 基の水深を増して 6 000 t 級汽船を繋留し得るが如く變更した。而して 2 基の棧橋は西側を第一號、東側を第二號と名付け、何れも陸地より 60 度の傾角を以て突出し、其要項次の如きものである。

高島町第一號棧橋

延長 130 m, 幅員 25 m, 水深 7.3 m
3 000 t 級船舶 2 隻繋留用

高島町第二號棧橋

延長 145 m, 幅員 39 m, 水深 8.0 m
6 000 t 級船舶 2 隻繋留用

本棧橋構造の撰定に關しては、過去に屢々行はれたる多數の鋼柱に螺旋沓を附して泥中に支持せしむる案は、工費大に維持費又高く、脆弱にして耐久性劣るが故に考慮の價値なきものと認め、又多數の鐵筋長杭を用ふる案は耐久性に劣り且脆弱の嫌あり、究極木杭基礎に鐵筋コンクリートの太き碁柱を以てせるものを適當とし、就中共數本を相互絞構を以て連絡せる碁構による形態は耐久性、強度及工費の點に於て著しく優れたるものと信じた。而して時恰も山内横棧橋と前後して着工せる爲め、同所に使用するものと全く同一の碁構とし、諸設備を共用とした。

2. 基礎及脚體構造

基礎は木杭 25 m 又は 24 m を各脚柱下に 7 本集中打込むも、山内横棧橋の場合と全く同じく杭端は泥中に止まり實際杭に過ぎぬ、然し諸種のテストの結果は十分目的に堪へ、而も此場合は土壓を受けざるを以て一層安全である。其施行方法及狀況等第 11 章に於けると全く同様とす。

脚體たる端構及其施行方法も亦前例と全然同一であるが、高島町第一號棧橋は水深 7.3 m たるを以て、これのみ 70 cm 高く据付けた。

兩棧橋は埋立地護岸と 60 度の傾角をなすが故に、先端及根元は三脚形及二脚形等の端構を場所に臨み併用した。

3. 橋面上部構造

棧橋床面形状に於て 2 基の棧橋は各山内横棧橋と著しく異なる處がある。即高島町第一號棧橋は半客半貨船の繋留を主たる目標とするが故に中央の上屋を比較的小に止め、エプロンを 0.5 m とし上屋の庇を 3.5 m 出して乗客通行の便を計つた。

此に反し第二號棧橋の目標は 6000 t 級純貨物船とし、上屋の面積を極力廣からしめて收容能力を増し、エプロンは許し得る最小限たる 3.5 m 宛に止め、又上屋内の貨物積込を至便ならしめ、且雨天時にも作業し得る爲めに、棧橋の中央に於て幅 7.2 m 通りを一般床面より 85 cm 低下し、此部分に鐵道複線を敷設し、兼ねて貨物自動車通路に充てた。此種形式は本邦に於て初めての試みであるが運用の狀況良好である。

床面の構造方法は兩棧橋共に山内横棧橋に於ける如く大半をプレキャストとし、主なる桁のみ場所打コンクリートにより、且上面にグラノリシックコンクリート鋪装厚さ 7 cm を行つた。

防衝工として木材を縦横に取付たるが、船舶が操船を誤り衝突したる時に被害を防衝工に止め、木體に成るべく影響なき様の注意を拂つた。尙第一號棧橋床は高く、干潮時繋船せる小舟が満潮に沈没する危険を慮り、小船が床下に入らぬ防工を附した。

4. 工期及工費

高島町第一號棧橋工事は昭和 3 年 8 月着工、同 9 年 5 月竣功し、又同第二號棧橋は昭和 3 年 10 月着工、同 8 年 3 月竣功なるも、事實上何れも約 1 箇年早く終つて居る。

兩工事に費せし直接工費を工種に分ち、且棧橋平面 1 m² 當りの工費を算出せば次表の如くである。

横濱港内國貿易設備水深 7.3 m 高島町第一號棧橋築造工費

工種	工費	員數	平均 1 m ² 當り工費
高島町第一號棧橋工事	278 947 圓	3 380 m ²	82.50 圓
内	基礎工	61 599 "	18.20 "
	脚柱工	100 608 "	29.80 "
	上部工	76 502 "	22.60 "
	繋船設備	16 752 "	4.90 "
	橋臺	7 710 "	2.30 "
	船舶運轉	10 106 "	3.00 "
	諸掛	5 670 "	1.70 "

横濱港内國貿易設備水深 8 m 高島町第二號棧橋築造工費

工種	工費	員數	平均 1 m ² 當り工費
高島町第二號棧橋工事	535 284 圓	5 846 m ²	91.60 圓
内	基礎工	110 345 "	18.90 "
	脚柱工	198 562 "	31.00 "
	上部工	154 197 "	26.40 "
	繋船設備	21 179 "	3.60 "
	橋臺	11 243 "	1.90 "
	船舶運轉	27 091 "	4.60 "
	諸掛	12 667 "	2.20 "

木工事に使用せし圓錐構の單價 3 733 圓たる事及び設備せし主要なる機械の價格は、第 11 章第 7 節記載の如くであつて、山内町横棧橋工事と共通同時に施行した。

13. 軟盤巨船用棧橋例

横濱港山下町棧橋（圖-97, 98, 99, 100, 101, 133, 138）

1. 概況

本棧橋は本邦に於ける最初の大船用埠頭として明治 27 年竣功に係る歴史的の建築物であつて、當初のものは幅 63', 長 2240', 水深 26' であつたが、時勢の變遷につれ大正 6 年此が形狀を變更して幅 138', 長 1212', 水深 35' に改め、次に關東震災に會して殆んど全壊し、大正 14 年事實上の新造を以て幅 41 m, 長 366 m, 水深 10.7 m に竣功せしめた。

此の棧橋は鋼柱徑 6' 及 7' のものを 15' 間隔に置き、其下端に徑 6' の螺旋沓を附して海底より約 20' の深さに挿込み、柱相互は I 形鋼の水平材と T 形鋼の斜材を以て締付け、其接合には特殊金物とピン及ターンバックルを使用し、床面は I 形鋼と鐵筋コンクリートスラブに依つたものである。又棧橋の四圍には距離 18 m 毎に鐵筋コンクリート圓柱 4 本を以てせるピヤーを挿めるも、大正の震災時多少の傾きを見たる儘今日に及び、基礎は多くの短木杭により又圓柱上部はコンクリートにて結合して、これに防衝工、繫船柱を取付けてある。

然るに港湾の發展船形の増大につれ、今次三度び増補改修をなす必要に迫られたものであるが、今次の工事の目的とする處は

- i) 現在就役の定期客船の最大形（總噸數 26 000 t）4 隻が同時に繫船し得べき事、而して其の水深を 11 m とす。
- ii) 毎春期には既に 42 000 t の客船が觀光船として來航するを例とするも、當時洋上にある最大船 50 000 級船が來航するとも支障を來さざる事、而して其のバースの水深を 12 m とす。
- iii) 現棧橋は鋼構造にして各部に緩みを生じ船舶離着の際に動搖を感ずる事尠からず、此が補強の目的を兼ねる事。
- iv) 近年客船と陸上交通の連絡状態は變化し來り、船客の出入は必ずしも上屋を介せずして直接船と自動車と連絡するを利便とし、特に近頃は船中に宿泊する者多く日夜連絡頻繁である。又貨物に就ても扱ふものは經量高價品であるが故に輕便なる貨物自動車を利用する事多く、従つて客船埠頭は廣潤なる停車場と、自動車通路を欲し、棧橋の面積特にエプロンの廣大を適切となす事。
- v) 從來の鐵構造の如きものは耐久の價値頗る低く、建造後 10 年にて既に相當の修理を必要とする。又塗料の塗換へ、錆落し、手入れの如きは管理者に引渡したる後は云ふ可くして到底行はれ難く、特に棧橋の如き廣き面積に互り、高價の維持費を要するもの如きは建ち腐れの覺悟を當然とする。此故に今次のものは耐久的に特に優秀にして爾後の修理を殆んど要せぬものたるを要す。

以上の目的を以て昭和 8 年圖-97 の如く舊棧橋の側面及前後面に新構造を増築し、其形狀を長 450 m, 幅 49 m に、水深は 366 m 通りを干潮面下 12 m に、他を 11 m たらしめ、且從來棧橋の修理をも併せて行ふ工事に着手し、昭和 11 年其工を竣功せしめた。

2. 地質及構造形式の選定

本位置は横濱港沿岸中内國貿易地帯に次ぐ軟弱地帯であつて、野毛と本牧兩丘陵の根の中間に當り、地質調査の結果は附圖に示す如く、基面下 40 m 迄は一様の軟泥の堆積に過ぎぬ。而して其泥土の性質に就ては第 11 章のものと同である。

本増補の外力の標準としては、床面の活荷重を毎 1.5 t/m^2 としたが、蓋し高級巨船用のバースであつて、上屋の面積も尠く、取扱貨物も特に大重量のものを全面に永く静置するが如き必要な故に床面荷重は比較的少である。

側面船の衝撃又は牽引より受くる力は、圓嚮構 1 個當り正負 200 t と假定した。蓋し此の方は在來棧橋補強の意味も含み、又巨船用なる故に比較的高き力を想定した。

地震に對しては其水平加速度を重力の 30% に堪ゆる見込である。

構造の撰定に關しては第 11 章及第 12 章に述べたと全然同一の理由により、且つ其經驗を以て、長杭基礎上に鐵筋コンクリートの太き脚體たる構構を使用し、床面も維持費の少きコンクリートによるを適型とし、工費も最廉なるを確信し、前例と其經驗に基く改良と又若干の環境による變更を加へ實施した。

3. 基礎及脚體構造

基礎は高島町棧橋に於けると殆んど同一であつて、先づ浚渫を爲し大形の杭打造型を据ゑて精確なる測量を施して修正し、此によりて米松杭長さ 25 m, 末口 22 cm のものを各脚下に 8 本宛打込み、地盤上 1 m を残し他は泥層中に埋没せしむ。泥層中の摩擦杭なる事、或は其抵抗に對する諸現象又第 11 章及第 12 章と同一である。

脚體は豫製せる構構であるが、其形態に關しては用途が極めて深き埠頭たると共に、又經驗により前例に於けるものに相當の改善を施した。

使用せし構構は次の 4 種類 41 個と外に單獨脚 6 本とす。

	圓筒數	高さ	筒の距離	重量	數	
第一號型	3	13.8 m	8.4×8.4×5.0 m	189.0 t	9	
第二號型	" 2 脚	14.8 m 1 脚	13.8 m	8.4×8.4×5.0 m	195.0 "	14
第三號型	"	13.8 m	8.4×8.4×7.5 m	197.0 "	13	
第四號型	"	14.8 m	8.4×8.4×7.5 m	207.0 "	5	

今次の構構の異なる主要點を列記すれば

i) 筒數を 3 本としたる事

3 筒は最も安定なる形にて水平綫構を要せぬが、他面床桁が複雑となる缺點がある。本件の場合は丈が非常に高く重量亦大となる爲め、極めて輕減し取扱に容易ならしむる事が大なる他の理由である。

ii) 圓筒の斷面を中心に向ひて偏心せしめたる事

綫構 (Bracing) の取付を容易ならしめ、又トラスとしての中心と柱の重心を成るべく一致せしむる爲め、柱の斷面を不整圓輪として中心に向ひ肉厚を大ならしめた。

iii) 綫構として K 構を使用せし事

筒の高さ非常に大なるを以て主として K 構とよつたが、中央に連絡水平支柱を作り得べく、又所要材料も少く、又高さと幅の比例も K を適當とせしによる。尙幅狭く丈高き構構の一部にハウ式トラスを使用した。

iv) 鐵筋材は丸鋼の外に平鋼を併用せし事

トラス部分の鐵筋は大量を要し複雑不精確に陥る恐れあるが故に、大なる斷面の平鋼を用ひ簡易化を計つた。

v) 鐵筋の接合に電氣熔接を併用せし事

大なる斷面の鐵筋は其終端に Bonding に堪ゆる大なる長さを與ふるを要し、此の爲めに費す量僅少に止らぬ。加ふるにトラスの鐵筋は各格點に於ては極めて複雑し、コンクリートとの接觸の完全を疑ふ個所無しとせぬ。此の爲め大斷面の鐵材は熔接により兩端を豫め完全に接合してコンクリート伸介による力の傳達の不安を省き、又材料に於ても節約となり、熔接費を控除するも大凡 9% の利益となつた（當時大體に於いて徑 32 cm 以上の鐵筋は熔接を有利とした）。此の仕事には可搬式電氣熔接機を使用し工場及現地にて施行し、又熔接手は特に優秀なる者を集め絶えず試験をなし、又其許容應剪力は 720 kg/cm^2 を標準とした。

vi) 圓筒下部擴大箇所を補強且修正せし事

杭を容易に抱擁しコンクリートの到達を良くする爲め傾斜を變更し、又下端を特に厚くして補強し且据附時の便を計つた。

圓筒構の最大のものは重量 207 t に及び、重心點高く、是れを曳行航路の關係上 8 m 吃水を以て浮揚せしむるには 140 t の浮力の補助を必要とし、而かも船渠の口の寸法に制限せられフロートを一定制限以上幅廣くなすを

得ない。従つて適當なる吃水迄浮揚し、且浮游の安定を保たしむる方法に就て最も苦心を拂つた。

使用のフロートは第 11 章記載のものを改造して充當せしが、其要項は内 1 個のフロートの底を繼足して高さを 12.8 m とし、又安定を良くする爲に兩フロートの甲板上を障壁を以て圍みて海水の内外流通を遮りて、深く潜入した際の安定を良好した。而して猶中途曳行の状態即最淺吃水の際に塙構の重心點高き爲め Pitching の安定を保ち難く、兩フロートの端に接し新にポンツーンを添加し、即塙構の三方を圍みたる形として解決し得た。

此のポンツーンの目的は單に安定の良好のみにて浮力を要せざる故に、形狀は長 12 m、幅 1.8 m、深 1 m の矩形淺吃水の浮函であるが、隣接兩フロートとは其吃水状態の變化に係らず常に水面にありて剛結の關係にあらしめ、同一の軸に浮游動揺する如くならしめた。此の爲めには兩フロートの側面のガイドに沿ひポンツーンは上下し、且ワイヤロープを以て兩フロートと結合して其端をポンツーン上のウインチを以て常に張力を加へしめ、以て剛結の状態にあらしむる事とした。

フロートより塙構を吊る装置は亦經驗により變更せしが、其要點は前例の如く剛性のフレームを介してピンを挿入する方法は、其際潜水夫をして相互位置を精密に調節せしむるに相當の時間を費せしが故に、今次のものは可撓性 Eye Bar 及ピンにより塙構下端より吊り上ぐる如くして、取付作業を容易たらしめた。

乾船渠内に於ては塙構を同時に 4 個宛製作した。而して完成後 1 個宛を曳出し、これを一旦中途に於て、水深 10.5 m の深さの海底に假置をなし、期を見て 1 箇宛現場に運搬した。假置の目的は、製作能力増加の爲めには乾船渠より早く曳出しを欲するも、現場にては 1 箇宛順次處理するを便とする爲めの調節と、更に特に重大なる理由は、塙構は浮游の状態より据付迄に 65 m を降下せしむるを要し、これを一舉にフロートによりて爲さんにはフロートの高さ極めて大となり容易ならざる設備を必要とするも、これを中位の水深點に假置する時は一舉約 3 m 餘宛 2 回に分ち降下せしむるを以て足り(第二次の時には吊鉤の長さを第一次より 3 m 長きものを用ゆ)、フロート設備の大なる節約となる事である。

現地に据付を了したる塙構の塙内空洞填充の方法は、前回は下部 1 m を水中コンクリートに據りたるも、稍確實を缺く嫌あるを以て今次のものは凡て Dry Concrete とした。此の爲めに簡易にして可搬し得べき氣閘(Air Lock)を設計製作し、起重機により作業前各筒上に取付け、船上に裝置の空氣壓搾機より送氣して筒内の海水を筒底より逸出せしめたる上、氣閘の二重扉を利用して内部氣壓を變ずる事なく、コンクリートを投入堆積せしめ一舉に筒内の填充を終る。此方法は豫め試験したるに高所より落下さるコンクリートは強力なる搗固めの効果を爲し、隅々迄充分に緻密なるコンクリートが行渡り極めて好結果を示した。

4. 橋面上部構造

普通の橋梁に於ては他に特別なる條件なき限り、下部構造と上部構の工費が大差なき 徑間割を以て最も經濟的とする。海上に於ける棧橋は船舶衝動の如き水平外力を受くる事、絶對に上路橋たるべき事、橋脚が著しく高き事等の相異なるも、陸橋に比し一般に下部構造費が大部を占め上部構造費は甚だ僅少なるを例とし特に 徑間割を細かくして脆弱なる多數の橋脚を設くるが普通である。而して棧橋の總括的經濟より考ふれば、慣例による 徑間割を大たらしむるを利益とするは明かなるも、其上橋脚數を減ずるは構造を益々脆弱たらしむべく、容易に行ひ難い。

然るに本件に於ては基礎に長杭を施し垂直荷重に綽々たる餘裕あり、又脚體は大きなコンクリート柱の結合たる構たるを以て側壓にも充分の強度と耐久力を發揮し得べく、據つて海工棧橋としては異常的に 徑間割を大とした。其結果棧橋下部上部兩者の工費の比率は 100:54 となつたが、總括的工費を相當に節約した事と思ふ。

本棧橋の床面工事は棧橋側面擴張部分と棧橋先端部分に相當の差異あるを以て分ちて記述せん。

A. 棧橋側面擴張部分

側面擴張部分の寸度は長さ 366 m、幅 8.6 m の細長なる橋狀をなし、脚體たる塙構の配置は 3 個を 1 單位として附圖-2 の如く向き合はせ、脚柱として兩端は 2 脚、中央 1 脚とし 1 單位の床長は 24 m で兩端に伸縮繼手を

設く。

各單位の主桁の配置は附圖-2の如く、兩側の長桁(A)は中央2個所に於て横桁(B)に支持せらるる故に、床面に平均せる荷重に對しては三徑間の連續桁であるが、中央2支點は横桁の彈力丈け下がるべく、兩者の剛度を考慮に入れ綜合的に計算した。而して又若し此の2つの長桁の一方のみ荷重せられ、他方が空荷なる際には、長さ24mの單桁となるが、横桁(B)を介して對側の桁により援助せられ、結局單桁の略々倍に相當する強度を有する事となる。

上記の2個の橋構より成る1單位と次の單位との距離は心々12mとし、此の間には徑間12mの單桁(C)を架す。

即棧橋側面擴張部分は、24mの連續桁と12mの單桁の交互連續であるが、斯の如き徑間割を爲せし主なる理由は各脚柱に懸る荷重を略一様とせん爲であつて、即滿載に於て208t及378tである。

以上の主要なる各桁は相當大なる彎曲應力を受くるも、其高さは棧橋上面と潮位間に制限せらるる爲めに1.84mに一定し、應力に比例して桁の幅を自由に變更した。

鐵筋材は主として山形鋼、平鋼の如き斷面大なるものを、豫め電氣溶接を以て組立て、不足する斷面積は丸鋼を以て補ひしが、型鋼の單價は丸鋼より高きも、其使用の爲め複雑なる配筋を整理し得たる事、及其剛度のため組立に容易且正確なる事を得た。

床桁は主桁と直角に2mに配置しT斷面とし、又スラブは厚15cmとせしが、棧橋の外端即主桁の外側に當る箇所には床桁を設けずして、スラブ自身をカンチレバーとせしめた。其理由は美觀上良好なると、船が操縦を誤りて衝突する事故に對して、此の部分はCushionの役を爲して重要部分を保護せん目的を含み、寧ろ大なる剛度を與へぬを可と考へた。

此等上部コンクリートは凡て現地にて施し、木鐵製のトラス及型枠を反覆使用した。又未固化中に内應力の生ずるを避くる爲めコンクリートは桁の中央より支點に向ひて行ひ、且桁の下半のみ先きにコンクリートし其固化後上半を行ふ方法を探つた。

スラブ完成後上面にシートアスファルト厚4cmを鋪裝せしが、これは高級客船用埠頭として自動車の便を考へた爲めである。但し棧橋の兩側1m四通りは船舶より排出する熱湯を浴びる恐れあるによりコンクリート鋪裝を用ひた。

B. 棧橋先端擴張部分

此部分は長63.7m幅49.5mの矩形平面であつて、橋構の配置及伸縮繼手は附圖-2に示す如くである。主桁は埠頭線に直角に配置し、連續桁をなし、又繼手の關係上主桁及副桁は處により片持梁となる個所をも生じた。従つて各桁の曲げ應力は非常に變化を爲すものである。

桁は高さを制限せられ従つて幅に於て加減をし、又鐵筋コンクリート施行、鋪裝等側面部と同一である。

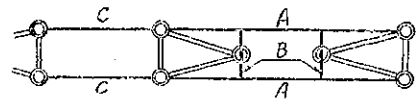
棧橋の先端兩隅角は船の不時衝突の憂最大である故に、橋構2個を集め、桁の配置も衝動を廣く撒布せしむるを主旨とした。

棧橋の根元擴張個所は橋構の外に獨立せる單脚を配し、前記と類似の構造とせしが、此の部分は重要性低く、専ら經濟的考慮を以て臨んだ。

C. 繫船用設備其他

本棧橋使用船は優秀客船にて碇泊短く出入頻繁なる故に、繫船用設備は特に重視を要する次第であるが、先づ防舷工に於ては其間隔を遠くし、集中して設くる事とし、橋構2個を以て其横力を受くるが如き個所を撰んだ。而してBerthの中央に當る防舷工に對しては彈性防舷裝置を施したるが、これは3つの枠を型鋼にて堅固に製し兩者の間に螺旋形發條を置き、極限横力120tにて6cm縮少するものとせしが、此種のものは曾て作られたる

附圖-2.



事あるも修理の困難等の故を以て廢毀せられしに鑑み、維持修理の容易なる事、及び各方向の力に對して十分の考慮を拂つた。

又船舶荷役の際貨物が埠頭との間の海面に落下するを防ぐ爲めに船と棧橋間に網 (Net) を張るに適當なる取付用金物を橋面上に裝置した。

5. 工期及工費

山下町棧橋増補工事は昭和 7 年 12 月に着工し、同 11 年 3 月竣工した。本工事に要したる直接工費及棧橋平面 1 m² 當り工事費を掲記せば次表の如くである。但し本工事は附帶的に在來棧橋の修理補強の工事をも包含するが故に、實際の單價當り工費は若干減額せらるべきものである。

横濱港外國貿易設備水深 12 m 及 11 m 山下町棧橋増補工費

工 種	工 費	員 數	平均 1 m ² 當り工費
山下町棧橋増補工事	695 116 圓	6 934 m ²	100.20 圓
内 譯	基礎工	112 286 "	17.60 "
	脚柱工	264 937 "	38.20 "
	上部工	210 129 "	30.30 "
	船舶運轉	38 070 "	5.50 "
	諸補工	40 431 "	5.80 "
	諸掛	19 262 "	2.80 "

前記工費に包含せらるる構構は昭和 7, 8 兩年に製作し其數及び平均製造費を掲記すれば、

圓筒構第一號型	個數	平均工費
一號型	9	3 756 圓
二號型	14	3 980 "
三號型	13	4 050 "
四號型	5	4 571 "
五號型	6	652 "

本工事に設備せし機械の主要なるものを擧ぐれば、

フロード及釣金物改造新造	10 141 圓
型枠改造新造	52 442 "
氣閘製作	1 912 "

14. 堅盤岸壁例

横濱港瑞穂町岸壁 (圖-77, 139)

1. 概 況

本岸壁は横濱港の外國貿易用の施設であつて、神奈川の北水堤沿ひ埋立地の北側先端部 422 m に千潮面下 10 m の水深の岸壁を作り、此れと隣接する既成岸壁と合せたる延長 950 m を以て 15 000 t 級以下の貨物船 5 隻を同時に繋留荷役せしめんとする目的である。

隣接する既成 10 m 岸壁は捨石基礎の上に函塊 (外面弧状をなす) を單に据付けたる純重力式のものであるが、大正 13 年頃の計畫に係り此の耐震的價値は 10 % 程度に過ぎず、互相震災後補強の要を認め、經濟的範圍内にある 2 種の方法を以て實施せしが、得たる耐震強度は重力の 17 % を出なかつた。而して本岸壁は他の理由に據りて一時工事の中絶の状態となつてゐたが、昭和 8 年に至り解決して再び殘部の延長 422 m に着工せしものが本章に述ぶる處である。

本件着手の時期は數度の震災例と、又種々の經驗を経たる後であり、且設備も從來のものを流用し得る便宜多かりし爲め、新に大なる施設を要する事なく、形態の自由にして重量の大なる巨大塊體を十分操作し得る確信あ

りしと、又此地域が比較的堅硬なる地盤たるを利用して、從來の岸壁とは異なる構造精神の大形扶壁體を使用するを適當と認め是れを實施した。

本岸壁は工費の關係上極めて徐々に施行し著者が横濱港を去る際に尙未完成であつたが、其一部は事實上の纏まつた状態に迄到達し、而して計畫當初に豫期せる如く全部を完成し得る見込十分であつた。

2 地 質

本件の地質は第三紀層に屬する砂質凝灰岩 (俗稱土丹岩) が海中浅き位置に伏在する部分であつて、本層を目標に岸壁線を定められた譯である。

然れども該層は其起伏一様ならず、所々に谷を有し、又堅層上に砂質に富む薄層あり、更に上部は一様なる軟泥の堆積である。

斯の如く概して地質良好と稱し得べきも、谷に當る點に於ては相等に堆泥深く、隣接の重力式函塊構造中前方に傾斜沈下を起したるもの無しとせぬ。又背面の埋築は極めて不良なる港内浚渫土を利用するが爲め、土壓の重大なるを覺悟せねば成らなかつた。

3. 構造形式の撰定

本計畫に於ける背面活荷重は貨物埠頭なるが故に 1 m^2 當り 2.5 t とし繫留船の牽引力ボラード 1 個當り 150 t (大扶壁 3 個互にボラードを附す) 防衝工に加はる船壓 200 t 、又地震に就ては半荷重の際に重力の 25% に相當する水平加速度が最も危険なる方向に作用するものと假定した。

計畫に對する主なる條件は、廉價なる事、耐久的價值高き事、耐震價值は岸壁として異例的に高きものたらしむる事とし、且堅層なる點及び設備の整へる點を極力活用するを方針とした。

埠頭の諸構造形式の中、方塊積疊、函塊据付が耐震的に低級にして且工費不廉、其他缺陷多きは既に第 3 章に述べたる處であるが、此場合好ましき形でない。

第 11 章に述べたる山内町埠頭の如く横棧橋形として櫛構を使用する形は、耐震度高きも耐久に於て完璧と稱し難く、軟盤上にありては最優良型たるを信ずるも、堅盤に對しては自ら他に更に考慮の餘地あるを思ふ。

矢板を主材料とする岸壁は第 11 章に述べたる如く耐震的と稱し難く、又本件の如く總高 14 m に及ぶ岸壁に對しては單列の矢板にては到底不可能にして従つて容易ならざる工費を要するものと考へらる。

前述諸方法と比較考察し、地盤が堅硬にして大荷重に耐へ易く、又基礎工作も容易なる事を利用し、從來時に起重機船操作を以て小形岸壁にのみ行はれたる扶壁體形を採り、其形狀を大にして取扱にフロートを用ひ、又基礎との結合及耐久上に改良を加へたるものを以て最も適當する堅盤形式なりと信じて此に據る事とした。此の大扶壁體の效果及特徴に就きては既に第 5 章に論述せし處である。

4. 基礎構造

岸壁位置は浚渫船を以て豫め所定の深度に浚渫を爲したる後、第 11 章に述べたると同一主旨の大形の重量ある遣型を据ゑ、測量調節をして杭打を施し、爾後其周圍及壁底に當る部分一帯に安山岩質稜角ある割石を敷均し搦固め床均しを爲した。

基礎杭は木杭末口 22 cm 、長さは地質に應じて變更するものとし、 14 本を集團として大扶壁體 1 個當り 3 ヶ所に、ユニオン O 型汽槌を以て極限近く迄打込み、地面上一定の高さに潛水夫をして切斷せしめた。

比較的堅盤なる處に杭打を施す理由は耐荷力を確實ならしむる事 (特に谷に當る比較的軟弱部分に其必要大である)、又壁體前趾下にては耐荷力尙不十分と認めたる事、及大震時滑り出し防止に役立たしめむ爲めである。

又杭打を前趾下にのみに施し後半に爲さざる爲め、異なる基礎間に不同の沈下を起す恐れある事に就ては最大の注意を拂ひ、當初先づ一部埋立をなして壁體に荷重を加へ、十分の沈定を待ちて初めて壁體と杭を結合せしむる事とした。故に死荷重の大部分は壁底の耐荷力により支持せられ活荷重の大半、地震力、船の衝動の如きは主として杭により支持せらるべきものである。

5. 壁體構造

壁體構造の主要部分は「大扶壁體」であつて、其形態は長さ 8.0 m、奥行 1.1 m、高さ 12 m を有し、其構造上の特記すべき點を列挙すれば、

- i) 大扶壁體の底幅は特に之れを長く、高さとの比例を大として安定の良好を計つた。
- ii) 壁底と杭頭との接合は構諸例に於ける如く、前壁と扶壁の交叉個所の底に凹處を作りて杭頭を納むる如くし、壁頂より縦孔を穿ちて、氣閉を用ひ壓搾空氣下に Dry にてコンクリートを填充固結する事とした。
- iii) 前壁と扶壁との接合個所には特に肉厚を與へ、前壁面より 30 cm 突出せしめ縦棧の如く爲したが、此の目的とする處は船舶の接觸に對し最も耐久的に大切なる前壁を保護して其撃衝を直接に扶壁に傳ふる事、及前壁と扶壁の鐵筋接合を容易にする爲である。
- iv) 前壁の上端は特に厚く桁の如くしたが、是れは換れに對する補強の爲めと、扶壁中の強力なる鐵筋を前壁と結合し、且上部構造の支臺となす爲めである。
- v) 前壁は最少限 60 cm の壁厚を與へ、鐵筋と外皮の被覆は 8 cm 以上とし、更に満干潮位附近は漸次其厚さを増したが、其目的は専ら耐久的理由である。
- vi) 底壁及扶壁は竣功後泥土中に埋沒さるるものであるが、實例に徴するに斯かる材料の耐久度は極めて大であるが故に、其寸法は必要限度に止めた。
- vii) 扶壁は左右 2 個所に設け三角形を爲し、其斜端部は厚さを増大して必要なる強力鐵筋を收納した。又平壁部分の鐵筋は最少の數量を以て目的を達する様に自由なる配筋を行つた。
- viii) 底板は扶壁にて吊らるる如く應力に應じて斷面を變じ、又底下の地盤に砂粒の廻り得る如く孔を穿ち、又扶壁鐵筋との接合には其端をループ形として熔接を併用した。
- ix) 大扶壁體相互間の接合の爲めには前壁の端に縦溝を作り、ズック入コンクリートを填充した。
- x) 岸壁背面水位は殆んど一定して干潮時岸壁安定に及ぼす影響は輕視し難きものがあるが故に、前壁を貫きて孔を穿ち牡蠣類の附着せざる様ガラス管を挿入し、壁背に集水管を裝置した。

大扶壁體は乾船渠の内にて 3 個宛製作したが、型枠は木鐵兼用を以て作り、又鐵筋接合には電氣熔接を併用した。

1 個の扶壁體に要するコンクリート量 139.8 m³、鐵材 8.5 t、此重量は 35.0 t に上り、航路の制限 8.5 m の吃水に於て此を浮遊せしむる爲めには 235 t の浮力の補助を要した。而して斯の如き大重量はフロートにて揚げたる今日迄の最大のものであつて、本件に於ては専ら大重量の點に苦心を拂つた。

使用すべきフロートは新に作る事なく、外防波堤函塊用の 2 個 1 組（第 16 章）、及山下町棧橋構用の 2 個 1 組（第 13 章）、を總動員して即 4 個のフロートを組合せ、新に連結用のトラスと吊具を新造せるのみを以て充當した。此際特記すべき諸點としては、

- i) 舊山下町橋構用フロートは 2 個を 1 つに集めて結合し 1 個のフロートの如く用ひ、不用時には乾船渠内に据置く。
- ii) 外防波堤函塊用のものは本來の函塊用としても絶えず利用せねば成らぬが故に、2 個をガーダーにて連結せし其儘の形とし、前項のフロートとは必要の際のみ新に作りしトラスにて結合する事とした。
- iii) 結合用トラスは 附圖-2 の如く、全熔接を以てワーレン形トラスとし、外力に應じ自由に形を定めた。又外觀を考ふる必要なきものなる故に、最も經濟的理論的に計畫した。
- iv) トラスより大扶壁體を吊るには 2 點を以てし、又トラスと第 1 項記載のフロート團との接點は 4 點、同じく第 2 項記載のフロート團とも 4 點であるが、フロートは外力に應じ自由に浮力を調節し又少量の Yield を爲す故に應力の不精確は起らない。
- x) 吊り道具は眼鉤により Flexible のものとし、大壁體の前壁の上部に孔を穿ち、大徑のピンを挿入し

て取付けた。

vi) 後部の吊り點は 2 個所の扶壁に孔を穿ち同様の方法に據つた。

斯くして大扶壁體の製作完了し固化期間を過ぎたる後は、ドックに注水して棧橋用フロートを浮かせ、防波堤フロートとの間をトラスによりて連結したる上、吃水を加減して大扶壁體上に曳込みて吊鉤を以て結合し、而る上フロートの操作にて浮かせ曳行して現場に到り、干潮時に据付け、フロートを解放するものとす。

大扶壁體の据付作業完了の後は、裏込として最下部に砂を、其上に比較的良好なる浚渫土を以て直接投下又はモッコにより裏込する。又此間に大扶壁體の相互間に接合袋詰コンクリートを行ひ、更に壁體の前方海底に割石を投下し根固を爲す。

大扶壁體は背面の荷重により若干の當然起るべき沈定を爲すべく、又地盤の空所には自然的に砂が補給行渡り、即ち荷重の大半は大壁體の底壁の耐荷力を以て平衡を保つ事となる。

其後數ヶ月経過し大扶壁體の沈定を見届けたる後、初めて前壁中に設けたる縦孔(杭頭に通ず)上に氣閘を装置し、壓搾空氣下に於て水を排出しコンクリートを投下し、一舉に填充するものであるが、其狀況は第 13 章第 3 節に述べたる如く、十分緻密なるコンクリートが杭群の間に搦固めたる如く行渡り、此れにより兩者を固結した。

6 岸壁上部構造

上部構造としては大扶壁體の上面に場所打コンクリートを以て岸壁上部を築造し、ボラード及び防衝用木材を取付けたるものであるが特記すべき點としては、コンクリート前面を大扶壁體より 30cm 突出せしめて其保護と爲したる事、後日電纜敷設用に供する孔を穿ちたる事、防衝工には從來殆んど顧みれざりし國産イヌ材 (*Distylium Racemosum*) を試用し好結果を得たる事、及防衝材は常に海水に浸る個所を避けて上方に設け維持の容易なる事を考慮した等である。

7. 工期及工費

本工事は昭和 9 年 1 月着工以來工費の關係上緩漫に施行し其完成は總昭和 14 年の豫定であるが、昭和 12 年度末に於て主要部分の大半を終了せる状態迄進捗せし故に、其迄に費せし工費を基として完成に要する工費を推定し工種別に分ち掲記せば次表の如し。

横濱港外國貿易設備水深 10m 岸壁(第二號)築造工費

工 種	昭和 12 年 3 月迄 支 出 工 費	同 左 竣 功 歩 合	所要完成工費	員 数	平均 1m 當り工費	
10m 岸壁工事	443 721 圓	76.1 %	582 200 圓	440 m	1 264 圓	
内	基礎工	95 400 "	96.8 "	98 600 "	"	224 "
	大扶壁工	261 522 "	96.4 "	271 300 "	"	617 "
	裏込工	33 516 "	62.2 "	53 900 "	"	122 "
	上部工	14 967 "	34.4 "	43 500 "	"	99 "
	船舶運轉	24 301 "	83.5 "	29 100 "	"	66 "
譯	附屬工事	7 853 "	15.0 "	52 300 "	"	119 "
	諸 掛	6 132 "	83.5 "	7 300 "	"	17 "

猶上記工費中に包含せらるる大扶壁體の製作は昭和 9 年乃至同 12 年迄に 52 個を製作し、平均單價 4 191 圓餘である。

本工事の爲め設備せし機械器具類の内主なるものを掲れば、

フロート 2 組改造模倣替	5 271 圓
フロート連結用熔接トラス製作	5 887 "

猶大扶壁體用型枠は有合せの材料と木材を以て製し壁體製造費中に包含せらる。

15. 堅盤岸壁第二例

下關港岸壁 (圖-73, 130, 140)

1. 概況及地質

昭和 12 年度より着工せる下關港の第二次修築の大船用施設として岩壁水深 9 m, 延長 660 m を計畫せらる。

本岸壁の目的とする處は 8000 t 乃至 10000 t 級貨物船或は貨客船の繫船荷役に充てむとするものであつて、彦島東岸本土との間に於ける淺洲を利用するものなるが、調査の結果砂層を主とし、-16 m 乃至 -23 m に至り堅盤に到着すべく、杭打を以て十分安全なる基礎たらしめ得る。

本地方は過去の歴史によれば地震の少き地方に屬するも、猶本邦内側地震帯と目せらるるものが略通過する地點に接近し、又本港の重要性に鑑み、或る程度の耐震強度を岸壁に與ふるを必要と認めた。

此等の工事は昭和 12 年度に計畫し、諸設備其他の準備に着手し、同年 7 月製作に着工以來、引續き施行中に於て、目下其最盛期であるが、時恰も鐵、セメント、木材、機械等の騰貴、不足の時期に遭遇し、此點に於て一方ならぬ困難を感じ、最初の設計を數次に互り検討を加へ、基本計算を改訂し、所要鐵材及コンクリート量に極度の緊縮壓迫を行ひ 附圖-3, 4 の如き形を得た次第である。従つて第 14 章に述たる横濱港の大壁體とは内部構造に於て相當の節約進化するものと自信する處である。

2. 構造形式の選定

本計畫の背面活荷重は 2.5 t/m², 索引力ボラード 1 個當り 150 t, 船衝壓 200 t, 又地震は重力の 20% に相當する水平加速度を假定した。

地盤は堅盤を利用し易く、又形式としては半重力式即扶壁體形のもの、他のものよりも此際廉價、堅牢且耐久的なるを確信し、加ふるに斯かる深岸壁に對する扶壁體が既に横濱港に於て満足すべき結果を得たる事實に徴し、此形式を採用する事とした。

然れども横濱港の場合は製造場として乾船渠を有し、運搬用としてフロートは 2 種強力のものを利用し得たるも、本件の場合は全然何等の利用し得るものなく、總て新に設備を要したるが故に、岸壁の主體たる扶壁體は前例よりも著しく小形輕量たらしむるに勉めた。兩者を比較せば、

- i) 扶壁體の長さを 5.0 m に止む (前例 8.0 m)。
- ii) 扶壁の數は中央 1 個所とした (前例は兩側 2 ヶ所)。
- iii) 高さは前例と共に總高 13.0 m である。
- iv) 重量を輕減せん爲め底スラブの幅を 2.8 m とし兩側 1.1 m 宛を削り、別個にプレカストスラブを置く事とした (前例は普通の形である)。
- v) フロートは節約の爲め木製 2 個とす (前例鋼製 4 個)。
- vi) フロートよりの吊鉤は吊りたる儘延ばし得る裝置を添加し、此よりてフロートの昇降高を減じ其形を節約せしめた。
- vii) 製造場は第 9 章に説ける如く、1 個所の長き陸上斜路により、ローラー滑走を以て固化及び進水せしむ (前例は乾船渠である)。

3. 構造

本岸壁の構造及形態に關しては第 14 章のものと大體同様である。

本件に於ては扶壁の面に作用する土壤の粘着力或は摩擦抵抗を考慮に加へて大いに鐵筋材の節約を計つた。即岸壁の扶壁は土壤に圍繞せられ、平時に於て兩者間に粘着力と、又若し兩者間が移動せんとする時には摩擦抵抗が何れも阻止せんとする方向に働く (摩擦抵抗の強度は土壓強度に關係す) べく、又本件の形態は特に其扶壁大な

るが故に、一般的計算法による前壁、底スラブ、扶壁に対する強度には相當に餘裕ありと認め、此點に向つて検討再考慮を拂つた。

即粘着力或は摩擦力を考ふる時には附圖-3 に於いて前壁又は底スラブ AB に加はる事實上の土壓 Q は扶壁外の土壓 P よりも、扶壁面と土粒間の粘着力 F の影響を受けて相當に減少せられたものである事は想像に難からぬ。而して其程度は扶壁間の距離、扶壁の長さ、土粒の Cohesion 等によりて變化する。

又扶壁の鐵筋を求むる爲めに、附圖-4 假定斷面の O 點の事實上のモーメント M は次式で表はされる。

$$M = M_p - M_w - 2M_f$$

M_p = 土壓によるモーメント總和

M_w = 扶壁體自重によるモーメント總和

M_f = 片側扶壁面と土壤間の摩擦によるモーメント總和

即粘着力又は摩擦力大なる場合は、普通の計算方法より摩擦によるモーメントを減じ得べき筈であつて、若し扶壁面十分大なれば M の價は負數となり、扶壁中のモーメントに對抗する爲めの多くの鐵筋は非常に省略し得べく、其極端なる例示として、滑り出しを防ぐ凸凹を有し且扶壁の形狀十分大なる場合には附圖-5 の如く扶壁體を數段に分割し、相互單に靜置せる形にしても實驗上十分安定を保ち得べく、結局扶壁を大にする事により其豎鐵筋は相等に減少せしめ得べきものと考へる。

而して粘着力及摩擦抵抗は實驗的に是れを推定し得べく、又扶壁面を疎荒するにより著増するものである。本件計畫は當初普通計算法により大扶壁體の1個當り 5.8 t の鐵材を必要とせしが、中途模型による實驗を併行し、相當の餘裕を見たる摩擦抵抗を考慮に入れたる結果本扶壁體 1 個に要する鐵材を 3.1 t に減少せしめ得た。

此の大扶壁體は底に凹所を設け杭頭と壁體を固着し、且船の衝擊を保護する爲め、前壁と扶壁との取付點の空洞は後にコンクリートを以て填充すべく、其方法は第 14 章と同様である。

前壁は耐久的に最も重要なる故に、扶壁個所前面に縦突起を設け、船衝を保護する外、上部コンクリートに鐵筋を加へ扶壁點間に架渡する如くし、振れに對する保護をも爲さしめた。

扶壁體は同時に 1 個宛を製作し、同數を乾燥し、且此の作業を間斷なく 1 條の斜路で行ふ爲め、長さ 211 m に及ぶ此種最大の斜路を設けた。

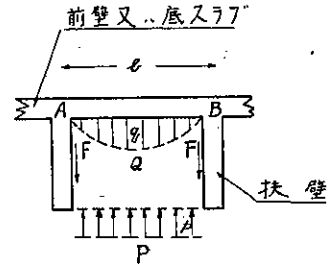
即最上部 20 m を引卸し操作用、次の 69.5 m を大扶壁體 6 個製作用、次の 68 m を同上の乾燥用、最下の 54 m は水中に在りて壁體の引卸し斜路に充つ。勾配は陸上 1/30 とし最下 1/6 に至り、滑路は 30 kg 軌條 4 列、グレードルは同形、滑動具としては算盤形ローラーを使用するものとし、何れも第 9 章に説きしと同一品である。

扶壁體製作型枠は總て木材製とし、又コンクリート完成後チャツキを以て昂上して底型枠を取除き進水時に隨伴する煩を省く。又コンクリートの骨材には碎石を用ひ其の配給はトレミー式にて高塔とシュートを使用し、又稠密たらしむるにバイブレーターを用ふるものとす。

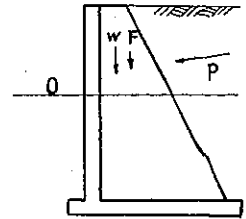
フロートの計畫は附圖の如く船體は木製とし、ガーターにて結合せる形とし、吊具は上部をネジとして人力にて吊り長を延ばし、扶壁體を吊りたる儘降下せしむる如くした。此結果フロート自體が降下する量を著しく減少せしめ形態を節約するを得た。

4. 工費及工期

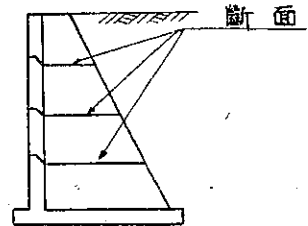
附圖-3.



附圖-4.



附圖-5.



下關港岸壁は其豫備工事として昭和12年末より製造場及斜路の築造に着工し13年9月頃それが竣功を見た。又大壁體の製作は13年7月より始め、大凡昭和16年の春頃悉皆の竣功を爲す豫定である。従つて工費は未だ表はし難きも其見當として1m當り豫算を以て大略の數字を示さむとす。但し本件の場合には時恰も主要材料の暴騰甚しく又供給に頗る困難しつある現状を考慮に入れねばならぬ。

下關港岸壁築造工事費見込

9m岸壁, 延長660m, 單價1m當り1255圓

内		譯		
床	掘	76圓	上部コンクリート	56圓
杭	打	101〃	繫船柱	35〃
基礎	工	34〃	防舷材	17〃
根固	工	5〃	笠石	12〃
壁體	製作	760〃	裏込	3〃
床版	製作	20〃	船舶機械運轉	44〃
掘	付	19〃	雜費	27〃
填充	コンクリート	55〃		

大壁體製作, 延長5m, 單1個當り3810圓

内		譯	
型枠	667圓	進水	143圓
鐵筋	1596〃	機械運轉	119〃
コンクリート	1170〃	雜費	150〃

本工事に關連する設備機械費の主なるものを擧ぐれば、

斜路築造(能力年72個製作)	45600圓
コンクリート及配給設備	15445〃
起重機1.5t吊3基	26555〃
フロート	53000〃
杭打設備	5000〃
バイブレーター	1400〃

16. 軟盤防波堤例

横濱港外防波堤(圖-58, 59, 60, 61, 62, 123, 128, 136, 137)

1. 概況

横濱港は明治21年より同29年に至る工事に於て北及東兩水堤を築造して内部に約100萬坪の水面を拖羅せしめたるも、當時航洋船の碇泊に適する海面は僅に十數萬坪に過ぎなかつた。爾後今日に至る迄絶えず浚渫を繼續して明治の末期には約50萬坪に擴張し、更に大正10年より始まりたる修築工事を以て前記の全水面を開發し盡したが、本港の進展は益々大なる泊地を必要とし、特に鶴見方面の開發は一層の拍車を掛くるに至り、昭和2年度より在來堤の外廓に一大防波堤の築造に着手し、其内を新に890萬 m^2 に上る大安全水面たらしむる事と成つた。此の新防波堤を外防波堤と稱し本論に説かんとするものである。

外防波堤は大凡本牧十二天岬と鶴見川口を結ぶ一線とし、中央に273mの港口を挟み南北二堤に分かるるも、當時は經費の關係を以て中央の效果の大なる部分のみを此際施行せんとし、本期に於ける南堤の延長1000m、北堤1273mである。

猶其後港勢の進展は外防波堤の全部完成の必要を益々痛感し、昭和12年度に至り前記の延長の外に、南堤は531mを追加して本牧埋立地に到着せしめ、北堤は屈折して鶴見河口を越えて略々鶴見東京灣埋立會社の防波堤

に連続せしめ、此の追加延長 815 m に及ぶ。

本防波堤位置の水深は殆んど 12 m 乃至 13 m であつて極端なる軟層である。而して計畫に當りては各地大港の防波堤の経過變遷或は其現狀を考究検討し、又は震害被害の實況及影響を調査し、此等を基礎として、必ずしも在來方法に囚はる事なく、自由に立案實施した。

2. 地質及地理的状況

地質に關して調査するに、全延長の大半は全く一様なる細密なる泥土の堆積に過ぎぬ、而して堅層の位置甚だ深く海上に於ける 43 m 餘に至るボーリングを以てして到達出来なかつた。此の土性に就ては第 11 章に述べたるものと同一であつて極微粒、暗灰色を帯び稍々粘稠性を有し、此上泥土に壓力を加ふる時は水分を排出し容積の縮少著しく、又水に飽和せる時の重量は 1 m^3 約 2 t である。

本港の季節風は冬期は北東又は北、夏秋期は南を中心とするものである。又過去 40 年餘の観測中最大風速は 34.1 m/sec、風位 N. N. W. たりしも、これは低氣壓の中心が通過せし際の異例に屬し、此に次ぐものは 21.6 m/sec、S. S. W. であつた。

各風位に對する對岸距離は、冬期の季節風に對しては僅に數軒に過ぎざるも、夏季のものには 20 乃至 30 km に及び又最大の對岸距離は 50 km である。

3. 構造の撰定

本堤立案に對する根本方針を述べれば、

- i) 防波堤の構造方法は現在に於ては總て自重に依存する形式であるが、蓋し外力の想定又狀況が不確實なる事が其の主なる理由である。然し將來に於ては必ず骨格式の形態、或は進んで氣泡發生或は波相相互干涉等の手段にて波動を消す考察の出現は豫想せらるるも、未だ到底其實施期でない。而して本防波堤の構造は其使命の重大なるに鑑み、重量を波動抵抗の基本とする在來の構造によるものとし、多くの災害例或は本堤固有の條件を斟酌し計畫す。
- ii) 地質の狀況に鑑み、荷重を堅層迄到達せしむる事は事實不可能であると共に、防波堤の用途より考へて敢て其必要なきものと認め、地質に基く沈下に就ては經濟的範圍内に於て其量を極限するに勉め、且其沈下による被害の修理を簡單容易ならしむる如き考慮を豫め拂ふ。
- iii) 普通程度の地震に對して異狀なからしむる要あるは勿論なるも、數十年を週期として起るが如き破壊的大震に被害なからしむるが爲め巨額の初費を投ずる事は不要と認む。蓋し防波堤の震害は致命的でなく、修理も容易であると同時に、港灣機能上に及ぼす影響も岸壁の如く甚大でない。仍て大震對策としては經濟的範圍内にて其被害の極減に務むると共に、修理の容易なるが如き考慮を拂ふ。
- iv) 内外諸大港の例に鑑み、本港の如き發展性大なる港灣の防波堤の位置は 30 年乃至 51 年餘を以て再考の時期が到來するものと認むべく、實際狀況の表化に伴ひ移設改廢するを寧ろ至當と信ずる。此故に當初より永恆不動の構造たらしむるを必要とせず。斯かる際に移築兼用し易き構造とする。
- v) 前項と同様に、耐久的見地よりするも 30 年乃至 50 年を以て 1 期間として、其時の保存狀況に應じ必要あらば修理を加ふるを得策と設め、當初巨資を以て徒らに不動頑強ならしむる要なしと考へる。即修理を要せざる（非常災害は別）耐久的目標を前記の處におき、各部分の耐久度を揃ふるを理想と考へる。
- vi) 塊體に要する大量石材は附近に産する土丹岩を勉めて使用する事とし、此を豊富に使用し、已むを得ざるもののみ遠地の堅石によるものとす。

以上の方針の下に形式を撰定するに、混成防波堤 (Composite Breakwater) 即石材によるマウンド上にコンクリート上部體を置きたる形を以て唯一の適形とし、其マウンドに土丹岩を主材料とせる幅廣く前後傾斜緩なるものとし、上には函塊を使用し、そた自體を特に堅牢耐久的たらしめて内部のコンクリート填充を爲さざるものと定めた。

4. 波浪に対する考慮

本港附近に於て既往 40 年間の最大波浪たる、明治 34 年當時の東及北水堤を倒壊せしめたる際に、方塊に及ぼしたる波力は 1 m^2 當り 5t 以上と計算せられた（横濱祝詞埋立工事報告、廣井博士測定）。又其後同防波堤、附近の類似堤の被害、風速水深對岸距離等よりの算定等各般を參考として波力の想定を下の如く定めた。

堤體の安定に對して、波力は水面及其以上に 1 m^2 當り 7t の靜壓に相當するものとし、水面下は直線的に漸減して 6m の深さにて消滅すべく、而して此の波壓が長さ 12m の函塊に對し港外側の總ての方向より、或は全面的に或は部分的に如何なる状態に作用するも支障なきものとす。又波壓が消滅せし深處に於ても、水平又に垂直の水の動搖あるべく、少くも 1 m^2 當り 1t の壓力が働くものと豫想した。

構造物内應力計算基礎としては、局所的に 1 m^2 當り 10t の水平壓力あり、又堤の上部は波頭の落下の爲 5t の垂直壓を受くるものとした。

近年に於けるアルゼリア其他諸堤の被害或は此に連關する諸實驗の結果より見て、今日の考を以てすれば前記の水面下 6m にて消滅する假定は妥當に非ずして、寧ろ外海に面する全面に 1 m^2 當り 6t の波力を安定の標準と假定するを適切なりしものと認むるが、此の標準によりて検討するに尙本堤は尙十分安全である。因みに函塊は大形状のものなるが故に總體的安定の標準たる 6t は局部的最大波壓標準の 10t と矛盾するものでない。

波浪に對する用意として計畫上特に下部マウンドの形態を低く緩ならしめ堤體に衝突せし波濤の反動を以てマウンドが浸蝕せられざる最大の用意、或は函塊に働く強大なる緑水の力に對する強度等（第 2 章第 4 節）は特別の注意を拂ひたる點である。猶以下波浪に對する要項は下の如くである。

- i) 波頭の撃衝には凡て函塊を以て支持せしめ、此に必要な重力を與ふ。
- ii) 斜方向の波による歪みの力に對し十分の用意をなす。
- iii) 堤體の端に位するものは特殊の強安定を有する堤頭函による。
- iv) 函塊の外部に面する壁の勾配は 10/1 としたが、蓋し緩に過ぐる時は波頭を港内に導きて靜穩を期し難く、直に過ぐる時は波頭撃衝の反動としてマウンド保護に有害である。
- v) 函塊の底幅は出來得る限り廣からしめ、重心は又勉めて低下せしむ。
- vi) 堤體上面は満潮面上 1.5m とせしが、本港としては廣濶なる水面を保護する目的上此の程度を以て適當と認めた。
- vii) 函頂は波濤の落下に備へ適當の強度を與ふ。
- viii) 函塊、方塊、マウンド等外面は勉めて凸凹を避け波を激せしめざる形態たるを念とす。
- ix) マウンドの頂部函塊の前後には方塊を並列し、整置して相互協力する如くし、函塊に當る波の反動による垂直波壓に備ふ。
- x) マウンド形態は幅廣く勾配を特に緩にし、水平波動の影響を極力輕減すると共に、割石の移動轉落の憂なからしむ。
- xi) マウンドの高さは寧ろ低く荷重を地盤に廣く傳ふるに足る程度とし函塊の形を此に反し大ならしむ。蓋しマウンドは波動に弱く被害を受け易く、且工費の上に於ても本件の場合此の方法を寧ろ利益と思ふ。
- xii) マウンドの表面を被覆する石材は、比重大にして堅硬なる安山岩質大塊を撰び、表層は特に潜水夫をして各個組み合わせしめ、石塊協力の強力を與ふ。

5. 軟弱地盤及地震に對する考慮

軟弱なる泥土の堆積層は半ば流動體の性質を帶び、Colloid に類する物體であつて、從つて其層上に作る構造物は比重及粘性の大なる液體上に半ば浮遊せしむるものとしての觀念が必要である。

泥土地盤は壓力により容易に沈下歪曲し、又土粒相互の粘着力は相等大であつて龜裂を生ぜざる限り局所の荷重は可成廣範圍に影響すべく、又壓力を受くる時は水分を排出して容積を縮少し、更に又外力によりて容易に地層

間に水平移動を起すが如き諸性質を帶び、概言すれば糊の如き弾力性多き物質である。

軟泥盤上に築造せる防波堤は荷重と共に沈下を生じ、時日の経過と共に漸次其の度を減ずるも、極めて長歲月に亙り停止する處がなく恐らく數十年に及ぶものと考へらる。本港東及北水堤が震災復舊後 14 年にして 50 cm の沈下をなし、神戸港、大阪港等何れも猶沈下の繼續中である。即巨費を投じ堅盤迄基礎を到達せしめざる限り沈下は免れ難いが、本質上大なる支障あるものでない。

軟弱なる地盤上に俄に大荷重をなす時には、一瞬にして地層に龜裂を起し荷重せられたる部分の急激なる陥没を生ずる。これは緩漫に増加せる荷重に對しては徐々に彎曲し廣範圍にて支持し得べき地層も、急激なる荷重に對しては其餘裕なく、龜裂を生じて隣層と獨立し局部地層のみにて支持し難く陥没するものと想像する。既成の諸防波堤が波浪、地震時外力の激増の際、或は急激なる豫備荷重の際に屢々起る現象である。

軟盤上に半浮游の構造物が衝動(特に水平衝動)を受けた際には往々水平移動を起すが、これは地盤と構造物間の滑動よりも、寧ろ地層自身の水平動の場合が多い。震災時の本港附近の各防波堤、清水港兩度の震災時の各構造物、或は單に波浪のみの影響に對しても、明治 34 年本港北及東水堤の蛇行狀異動があり、或は先年大風浪に際し神戸港南防波堤の水平動も此の疑が濃厚と考へる。

防波堤の震災影響は岸壁の場合の如く土壓に關するもの無きが故に、其より遙に僅少であるが、猶自重の大なる事と、地盤自體の動搖ある爲め必然的に沈下と水平移動を起す。而して其程度は一様なる地盤上にある一様なる構造物であつても、各部分の異常は相當の差異あるを常とする。

關東震災時の本港北及東水堤の最大沈下 11 尺餘、水平移動 7.1 尺で多少の傾斜をなして沈下したが、其修理は上面にコンクリートを繼足し費用 1 m 當り 271 圓を以て足り、使命上何等の支障を來さなかつた。又鶴見に於けるものは地盤稍々良好であるが最大沈下 7 尺であり、又横須賀のものは水深大きく状態は本堤に最も近いが、最大沈下 18.8 尺、水平移動 14.5 尺であつた。

次に斯くの如き平時又は震災時の沈下を成るべく少なからしむべき方法として行はるるものは、

a) 不良土を豫め除去し、良質の人工層を以て置き換へる方法

) 不良土を其儘とし上に捨石砂等を置き、特に豫め荷重して、此を泥層中に滲入せしめて人工層を作る方法

c) 大なる豫備工作をなす事もなく、單に自然の沈下に任せ補充維持し行く方法

の三者であるが、大阪港の舊防波堤の如く自然沈下に任ずる方法は後日に大なる維持修理の必要を残すものであり、又良土置換へ方法は非常に厚き泥土層に對しては其幾分を除去し得るに止り、沈下の程度を幾分減じ得るに過ぎず、特に本港の場合にては其爲めに要する費用が效果に對し餘り高率であるが故に、専ら豫備荷重による方法を以て有利適切なりと考へた。

本防波堤の計畫中不良軟盤及地震に對する用意として考慮せし諸點を列記せば次の如くである。

- i) マウンドの形狀は幅を廣く勾配を緩となして、地盤に及ぼす荷重を出來得る限り緩漫に變化さす様に勉む。
- ii) マウンドの構造材料としては主として輕量安價の土丹岩を使用し、且其ものは海岸の山地を掘鑿せる儘の大小塊混合の空障少きものを用ふ。
- iii) マウンド上には豫め豫備荷重を行ひ、其壓力によりて軟地盤を徐々に至曲せしめ、マウンド層の下部を泥層中に滲入せしめ、半浮游體としての安定と耐荷力の増大を計る。
- iv) 豫備荷重は輕量より始め、地盤に龜裂を生じて陥没する事なき様注意を拂ひつつ、完成後の靜荷重の 140% 迄増加して止む。
- v) 豫備荷重終了後は堅石を補給してマウンドの形を直し、函塊を本据するも、其相互間には 30 cm 程度の間隙をおき數年間自由なる沈下移動をなさしむ。
- vi) 自然の微量沈下は永年に亙り容易に停止せず、又其程度は平時荷重に關係する事深き故に、函塊の重心

が底版の中心に在る様計畫し、以て函塊の傾斜を防ぐ。

- vii) 構造上將來の沈下を見越し、豫め計畫より 40cm 高く造成する。
- viii) 自然の沈下が相當量に及びたる時、又は地震其他の爲め俄に相當の沈下をなしたる時には函塊上部の胸壁にコンクリートの繼足を爲せば足るべき豫定である。
- ix) 數十年を週期とするが如き非常大震の際、陥没或は大なる傾斜が函塊に起りたる時には、函塊内部の割石を取出し、函塊を浮揚せしめて修理すべきものであつて、此の修理は決して至難でない。但關東震災程度にては其れ迄の要なきものと思ふ。
- x) 大震大浪の爲め水平蛇行をなす事の絶無を保し難いが、函塊相互間には間隙を置けるが故に、函塊に無理なる力が働く懸念は無い。水平蛇行は外觀を損するも、防波堤本質上差支なく、外觀は胸壁の修理により大半蔽ひ得る。
- xi) 堤頭にある燈臺は直立し、僅少の函塊の傾斜にも外觀を損ふ事大なるが故に、函塊に強力なるボルトを以て固着し、又容易に傾きを調節し得る装置を施す。

6. 耐久に對する考慮

耐久に對する觀念として本堤を永恆不變のものたらしむる要なく、一定年を経たる後に移動し或は修理し易きものとし、以て初費の節約を計るを至當とせしは既に述べたる如くである。

マウンドの構成材料たる土丹岩の耐久性に就ては、此のものは空氣中にては風化崩壊し易く、海中に露出せば波浪にて動揺して摩滅し易く、或は生蟲の爲め穿孔せらるる恐れあるも、海中に於て外面を被覆せられし場合には大なる耐久性あるは、往時使用せられ今日に残るものの調査に徴し明白である。

又海中の鐵筋コンクリート體にして瑕瑾なきものは少くも數十年の耐久性あるは既に一般に信ぜらるる處であつて、特に鐵筋の外部被覆を厚く、又部材寸法を重厚とし、質緻密にして龜裂の絶無を期するを必要且有效と考へる。

本堤構造上耐久に關し拂ひたる諸要項は、

- i) 函塊は外壁の厚さを十分たらしめ、即側壁を 60 cm、底版を 70 cm とし、鐵筋の被覆は 10 cm を保たしめ、外面に特に緻密なるコンクリートを施すに便ならしむ。
- ii) 函内にはコンクリート填充を廢し、堅石の屑石及砂を以てし、堤の除却の際或は大修理の際は取出すものとす。
- iii) 數十年を経過し若し函塊外壁が腐巧破壊に瀕せる際に、内部をコンクリートにて填充するも遲しとせぬ。
- iv) マウンド主體たる土丹岩の外部は安山岩質堅石を以て厚く被覆し、マウンドの裾の部分は餘分の土丹又は砂にて蔽ひ保護す。

7. マウンド構造

マウンドの形狀は頂面の深さを -6.5 m、其頂幅を 23 m に、前後の勾配を 1/3.5 と又頂面の表層 2.5 m 以上と、斜面の表層 2 m は安山岩塊を以て被覆し、内部は總て土丹岩塊を使用す。

マウンドの深さが幾許泥層中に没入せるや正確なる測定は不明なるも、豫備荷重の際の沈下の程度より推定し大體 3 m 乃至 5 m と認めらる。

土丹岩即凝灰砂質頁岩は東京灣一帶の山地岩骨をなすものであつて、本工事所要材料は横須賀海岸より人力と Dipper Dredge 併用にて採掘し、底開土運船を以て運搬し投下した。比重乾燥時 1.7、飽和時 1.9、此の採集費 1 m³ 當り 75 錢餘、即堅岩の 1/5 に過ぎず、總量 80 萬 m³ を費した。

マウンド表層に用ゆる堅岩は伊豆半島川奈地先より採掘する安山岩塊であつて、1 個の大きさ 20 kg 以上とし、(以下のものは小割石として函塊填充用及碎石原料に充つ) 直營採集により、60 m³ 内外積の機帆船を備船として海上 100 km を運搬し、現地にては人力及ウインチを以て投入した。此岩塊の比重 2.7、頗る堅硬であるが實費 1 m³ 當り 3.52 圓餘(小割石 1.90 圓)、使用量 22 萬 m³ に上る。

防波堤現地に於ける作業は其位置に直ちに土丹岩を投下し、頂面が -4m 迄達したる時に、此を均して豫備荷重を爲す。

豫備荷重は函塊を 1m 間隔をおきて並列し、函内に砂を填充し、函上に根固用方塊を積疊するが、當初は其敷を僅かに止めて放置し、其間絶えず沈下速度を檢しつつ、一定率以下に達したる際に少量宛方塊敷を増し（陥没を起さざる限度）、最終の總重量を函塊 1 個當り 1745t より浮力 592t を差引きて、底面壓力を 16.1 t/m^2 に至らしめ、其儘數ヶ月を放置して撤去する。而して上記の壓力は堤體重量の 140% に當り、又此の作業には普通 500 日を要し、沈下の程度は順調なる個所にて大凡 2m である。而して又堤體完成後の自然沈下は約 7 年を経過したる個所にて最大 30cm 餘なるも、其内 15cm 餘は當初の 1 年間に起り速度は順次遞減する。

豫備荷重作業用の砂の取扱は埋立用唧筒浚渫船と大形土運船を以て附近海底より採集し、又荷重の爲め函塊が水面下に沈降せし時には其頂部に杵を冠して特に試作せしめし吊下げ形蒸気タービンポンプにて内部を排水せる後フロートにて浮揚す。此のポンプは起重機船にて操業し、小形高能力にて極めて好成績を挙げた。

豫備荷重の程度急激なる際は俄に瞬時的陥没を起し一舉に 2.5m 沈み、累計 4.5m に及びし部分あり。然る時は此が補充の石塊及再荷重の爲めに損害を蒙り、而かも地盤支持力に大なる効果を顯さぬ。又豫備荷重の沈下の速度は地震風浪の際に著しく、平時に於ては大干潮時に甚しく、又函塊は豫備荷重の進行する方向と反對側に傾斜する等大體理論的に起るものである。

豫備荷重終了後は計畫に従ひ土丹岩及堅岩を補給して特に表面に大塊を整列せしめ、頂面を均し方塊の一部を配列し、次で函塊掘付、爾餘の方塊を配置す。

8. 上部構造

マウンド上面は専ら函塊を以て防波の目的を達せしめむとするものであつて、其構造の要項を列記せば次の如し。

- i) 函塊底幅は安定上 9m を與へ比較的廣からしむるも、頂幅は 5m を以て十分と認めた。
- ii) 函塊の長きに過ぐるは歪みの力に弱く又温度差による強内應力を起す恐れあると共に、短きに過ぐるは波力防禦上平均値を利用し難く安定上損である。本件は 12m を以て適當と認めた。
- iii) 函塊の高さは寧ろ低からしめ、上面を場所打コンクリートによる事とし其頂を満潮面上 1.5m とした。
- iv) 函塊前壁は波頭浸入を防ぎ、且マウンド上に大なる影響を與へぬ爲め 10/1 の傾斜とし、又重心を低下し且底の中心にあらしむる爲め函塊を不均整形とした。
- v) 函塊はコンクリート填充を排し、屑石及砂を填充するが故に外殻のみを以て十分なる剛度及耐久力を持たしむる事とした。
- vi) 不同沈下又は傾斜方向の波浪の爲めの歪みに備ふる爲め、更に尙豫備荷重の如き荒き取扱に堪へる爲め函塊に水平骨格式を採用した。水平骨格式函塊は第 4 章に説明せし處であつて、本件のものは双函ラーメン桁を頂部で立壁の中央に設けた。
ラーメン桁の幅 80cm、高さは 100 及 120cm とし、各隅に大なるハウチを附した。
- vii) 水平骨格式採用の爲め骨格に費す材料は普通一般の隔壁式に比し著しく少量を以て足り、偉大なる剛度を得。立壁各部の厚さを耐久的要求と一致せしめ得た。
- viii) 波濤の函内に突入する爲め、或は水中と水外の温度差による函頂の龜裂防止の爲めには水平骨格を以て足り特別の工作を要せぬ。
- ix) 函塊は自己の浮力を以て浮かさむとする考へを排し、専ら永久構造上必要なる要件のみに基き計畫した。浮游運搬の爲めには新にフロートを製作して充當す。

本件の函塊は非常に頑丈なる構造であつて、外容積 727 m^3 に對しコンクリート 318 m^3 、鐵筋 15t を要し、重量 790t であつて、且不均齊形たる爲め自己のみにて浮遊せぬ。此が浮力補助として製作せしフロートは第 11 章

に記すものに次ぐ第二次の製作であつて、経験によりて前例に相當の改善を加へ、略々満足すべきものを得た。本フロートの要項次の如くである。

- i) フロートは各長 13 m, 高 60 m, の 2 個を以て 1 組とし 2 條のガーダーにて連結せる形状とす。
- ii) 2 個のフロートは外形に若干の差あるも、共に梯形切断面として上端にブルワークを設け、内部甲板を付す。
- iii) フロート船體は 2 個所の横斷隔壁及 1 個所の縦斷隔壁を以て 4 個の分室に分ち、各室毎に給排水管及止水瓣を設く。
- iv) 廣き甲板上にはガソリン機關及瓣の把手を配置して運轉を司る。
- v) ポンプは横形渦巻ポンプ 8' として船底に位置し、甲板上の 25 HP ガソリン機關と直結す。
- vi) ガーダーはプレートガーダーの並列せるものとし前後 2 個所にて連結す。
- vii) 吊桿は上端を眼孔とピンを以てガーダーに連結し、下端はネヂ及ナットを以て下の取付用ガーダーに連結す。
- viii) 取付用ガーダーは函塊の上端桁の下側に挿入し重力を傳ふるものであつて、短きプレートガーダに木材のクッションを付せるものとす。
- ix) フロートの作業は先づフロートを函塊に跨がる如く曳行し、注水して函塊上に乗らしめ、取付ガーダーを頂桁の間に差込み、吊桿のナットを締めて固定し、函塊とフロートの側面間に楔形木塊を挿み、フロートを排水せば約 20 分にて浮揚すべく、而る上目的地に曳行するものであるが、浮游安定は極めて良好である。此の取外しは上記操作を逆施す。
- x) 此のフロートの發揮し得る最大能力露舷 30 cm を残し、フロート自重 130 t, 内部残留水 10 t を差引き 453 t の浮力を有し、防波堤函塊重量 760 t のものを吊りて吃水 60 m と爲し得る。

本工事に於てフロートを使用せし利益は函塊の形状を自由任意に定め得たる外に作業安全確實なると、特に豫備荷重操作に利便せし處渺ならず、而して其浮かせる設備費は總函塊作費の僅かに 2% に過ぎずして、最もフロートの効果を發揮したのと思ふ。

函塊の製作は大部分は乾船渠内に於てし、型枠は鋼製とし 3 段に分ち 3 個乃至 5 個並列製作したが特に記すべき件なし。

中途失業救済事業の爲め函塊を俄に多數製作の要ありし際に、造船用斜路 1 臺を賃借し、少許の改造を加へローラー滑走を以て、特殊の製作並に進水方法を採りしは第 9 章に述べし處である。

次に現地に於ては豫備荷重を終り準備成りたるマウンド上に (第 7 節)、函塊を 30 cm の間隔を置いて本据を爲し、函内に採石場の層石 (安山岩質單個 20 kg 以下) を運搬船より直接に投下し、更に總容積の 15% 餘の砂を流し込みて空隙充填をなし、然る上に函塊上面にコンクリートを施して閉鎖し、更に鐵筋コンクリート上面スラブを施した。

函塊相互間の間隙は其自由沈下をなさしむる爲めに必要なるも、波浪の浸入の害あるを以て、1 箇年以上経過せし後三角形コンクリートを挿み、又函塊上面の胸壁も相前後して現地にて施行した。

本防波堤の内本牧寄り部分は水深急に淺くなり、地質も此に伴ひ良化堅硬となるが故に、斯かる水深の淺き箇所に於ては函塊の形状を縮少し圖-59 の如きものとせしが、其構造精神は全く同一である。又斯かる個所の豫備荷重は著しく省略した。

防波堤の港口に面する端には大形の堤頭函塊を用ひ、燈臺の基礎を兼用せしめた。此のものは長 16.9 m, 底幅 12.3 m, 頂幅 10.9 m 高さ 10 m, コンクリート量 611 m³, 重量 1 530 t に達する巨大なるものであつて、特に外形は圓弧を用ひ波の微するを防ぐに意を用ひた。本函は著しき不均整函であつて、骨格には水平骨格式を採用し、又外壁は同様に著しく厚からしめた。浮揚は自略力にて浮き得るも偏重に對し一部起重機船により補助した。而

して本函は据付後は其大部を割石填充とせしも 港口に面する一部はコンクリートにて補強し（船舶衝突の恐れ多分にある爲め）、又燈臺の基礎としての工作と周圍に高き胸壁を設けた。燈臺は鉄筋コンクリート筒形として附屬屋舎と共に現地にてコンクリートし、外面に色タイルを張り又其基礎は不同沈下の際に調節し得る装置を施した。

副港口に面する堤頭は燈臺の要なきが故に其函塊は前記のものより稍小形のコンクリート 363 m³ のものとせしも、港口の静穩を期する爲め、極めて特殊の形状の函塊を用ひた。即縦横兩軸に對し共に不均整形の曲線外壁であつて、構造は亦水平骨格式によつたが、期かる複雑なる曲線形函塊は在來の隔壁式構造にては至難とし、水平骨格式の最も特徴を發揮する形態である。浮游の爲めには偏重に對しフロートを使用した。

9. 工期及工費

外防波堤築造工事は昭和 3 年 7 月着工せし以來繼續施行し來り、其間順次延長を増加して其總完成は昭和 24 年度の豫定である。

而して其第一期分と目すべき港口の北に位する北堤延長 1 158 m, 同じく南にある南堤延長 800 m, 計 1 958 m に就ての工費を纏めむとするも、尙若干未完成の状態にある事、他堤との費用の交錯せる事、又第一期工事内にありても水深地質の變化ある事、堤頭燈臺の如き特殊工事ある事等の故を以て今日未だ精算爲し難きも、其大要を推定する資料として昭和 12 年 3 月迄に費した直接工費と其れに對する竣功歩合、又完成迄に要する所要工費と延長に對する單價を各工種に分ち計算掲記すれば次表の如くである。

横濱港外防波堤築造工費

工 種	昭和 12 年 3 月迄 支 出	同 右 竣功歩合	所要完成工費	員 數	平均 1 m 當り工費	
外防波堤工事	3 115 602 圓	97.5 %	3 198 300 圓	1 958 m	1 633 圓	
内 譯	基礎工	936 366 "	99.0 "	945 800 "	"	483 "
	荷 重	189 457 "	98.6 "	192 100 "	"	93 "
	函塊工	1 096 837 "	98.4 "	1 114 700 "	"	569 "
	中詰工	137 315 "	94.0 "	146 100 "	"	75 "
	方塊工	323 890 "	96.4 "	336 000 "	"	172 "
	上部工	180 043 "	87.5 "	205 800 "	"	105 "
	燈 臺	31 968 "	100.0 "	32 000 "	2 基 (1 基當り)	15 984 "
曳 船	162 731 "	97.3 "	167 200 "	1 958 m	85 "	
諸 掛	56 995 "	97.3 "	58 600 "	"	30 "	

牆上記工事に包含せらるる函塊の製作費を摘記せば、

製 作 所	函塊種類	年 次	個 數	平均單價
山内乾船渠	堤體大型	昭和 5~同 12 年	129 個	6 909 圓
	堤體中型	" 10 年	5 "	5 455 "
	堤頭函塊	" 9 "	2 "	14 339 "
	副堤頭函塊	" 12 "	1 "	11 849 "
鶴見斜路	堤體大型	" 7~同 9 "	37 "	6 822 "
	堤體中型	" 9 "	8 "	4 952 "

直營を以て安山岩割石及小割石を伊豆川奈より、又土丹岩を横須賀より採掘使用せしが（一部岸壁其他工事に使用せり）其内譯は

品 名	年 次	數 量	1 m ³ 當り 單 價			
			用地設備 監督雜費	採掘費	運搬費	總 計
割 石	昭和 5~同 12 年	228 121 m ³	0.733 圓	1 211 圓	1 578 圓	3 527 圓
小 割 石	" 7~" 12 "	57 131 "	"	0.364 "	1 538 "	1 902 "
土 丹	" 5~" 7 "	309 343 "	0.05 "	0.435 "	0.264 "	0 750 "

本工事の爲め設備せし主なる特殊諸機械類は

面塊用型枠	29 874 圓
フロート及附屬品	20 617 〃
鶴見斜路用軌條クレードル轉子等	9 310 〃
400 t 揚水壓ジャッキ	3 500 〃
面塊浮揚用堰枠	749 〃
面塊浮揚用吊形タービンポンプ 2 基	5 100 〃

等であつた。
