

論 說 報 告

第 27 卷 第 3 號 昭和 16 年 3 月

海工用巨大塊體に關する研究 (其の一)

(附 横濱港其他に於ける實施諸例)

(下關要塞司令部検査済, 内務省警保局内閣済)

會 員 工 學 博 士 鮫 島 茂*

目 次

- | | |
|---|---|
| <p>1. 總 論</p> <p>1. 巨大塊體</p> <p>2. 海工の特異性</p> <p>3. 海工に於ける施行の重要性</p> <p>4. 巨大塊體の發達</p> <p>5. 埠頭の種類及外力</p> <p>6. 埠頭構造の力學的分類</p> <p>7. 海工構造と施行</p> <p>8. 海工構造物改善の方向</p> <p>9. 附 言</p> <p>2. 防波堤構造に於ける巨大塊體</p> <p>1. 本邦防波堤の特性</p> <p>2. 特殊防波堤に就て</p> <p>3. 防波堤の地震災害</p> <p>4. 防波堤の波浪被害とマウンドの改善</p> <p>5. 防波堤の軟地盤に對する工作</p> <p>6. 方塊による防波堤上部體</p> <p>7. 防波堤用函塊の缺陷と其改善に對する意見</p> <p>8. 結 論</p> <p>3. 重力式埠頭構造に於ける巨大塊體</p> <p>1. 重力式埠頭構造の分類と其特質</p> <p>2. 重力式岸壁の長所及缺點</p> <p>3. 重力式岸壁の地震影響</p> <p>4. 重力式岸壁に使用する函塊の分類</p> <p>5. 岸壁用函塊の缺陷及其改善に關する意見</p> <p>6. 横棧橋及棧橋の重力式構造</p> <p>7. 結 論</p> <p>4. 水平骨格式函塊</p> <p>1. 在來の隔壁式函塊</p> <p>2. 水平骨格式函塊の説明</p> <p>3. 隔壁式函塊と水平骨格式函塊の利害比較</p> <p>5. 扶壁式埠頭構造に於ける巨大塊體</p> <p>1. 扶壁式岸壁の分類</p> <p>2. 扶壁式岸壁の長所及缺點</p> <p>3. 扶壁式岸壁の施行</p> <p>4. 慣行扶壁體の缺陷及其改善に關する意見</p> | <p>5. 結 論</p> <p>6. 大扶壁體</p> <p>1. 大扶壁體の説明</p> <p>2. 岸壁用として函塊と大扶壁體の比較</p> <p>3. 大扶壁體の製作進水及移搬</p> <p>7. 骨格式埠頭構造に於ける巨大塊體</p> <p>1. 骨格式埠頭の材料による分類</p> <p>2. 骨格式埠頭の構造による分類と其特性</p> <p>3. 骨格式埠頭の長所及其缺點</p> <p>4. 橋柱式構造と橋構式構造</p> <p>5. 結 論</p> <p>8. 橋 構</p> <p>1. 橋構の説明</p> <p>2. 橋構の形態</p> <p>3. 橋柱式構造の缺陷と橋構式による改善</p> <p>4. 橋構の製作進水及運搬</p> <p>9. 巨大塊體の引卸特に轉子による進水</p> <p>1. 船舶と海工用巨大塊體の差異</p> <p>2. 普通に行はるゝ函塊用斜路に就て</p> <p>3. 巨大塊體の製作及引卸方法の種類</p> <p>4. 高能力斜路と轉子滑走装置</p> <p>5. 從來の進水法と新進水法の比較</p> <p>6. 特殊なる轉子又は車輪滑走方法</p> <p>10. 巨大塊體の移搬特にフロートに據る操作</p> <p>1. 巨大塊體の海上操作の諸方法</p> <p>2. 各種移搬方法の批判</p> <p>3. フロート使用の特色</p> <p>4. フロートの構造</p> <p>5. 巨大塊體吊上げ装置</p> <p>6. フロートの操作</p> <p>附 横濱港其他に於ける實施諸例</p> <p>11. 軟盤横棧橋例 (横濱港山内町横棧橋)</p> <p>1. 概況及地質</p> <p>2. 構造形式の撰定</p> <p>3. 基礎構造</p> <p>4. 脚體構造</p> |
|---|---|

* 内務技師 内務省下關土木出張所

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 5. 橋面上部構造 | 5. 壁體構造 |
| 6. 土留壁構造 | 6. 岸壁上部構造 |
| 7. 工期及工費 | 7. 工期及工費 |
| 12. 軟盤棧橋例（横濱港高島町棧橋） | 15. 堅盤岸壁第二例（下關港岸壁） |
| 1. 概況及構造形式の撰定 | 1. 概況及地質 |
| 2. 基礎及脚體構造 | 2. 構造形式の撰定 |
| 3. 橋面上部構造 | 3. 構造 |
| 4. 工期及工費 | 4. 工期及工費 |
| 13. 軟盤巨船用棧橋例（横濱港山下町棧橋） | 16. 軟盤防波堤例（横濱港外防波堤） |
| 1. 概況 | 1. 概況 |
| 2. 地質及構造形式の撰定 | 2. 地質及地理的状況 |
| 3. 基礎及脚體構造 | 3. 構造の撰定 |
| 4. 橋面上部構造 | 4. 波浪に對する考慮 |
| 5. 工期及工費 | 5. 軟弱地盤及地震に對する考慮 |
| 14. 堅盤岸壁例（横濱港瑞穂町岸壁） | 6. 耐久に對する考慮 |
| 1. 概況 | 7. マウンド構造 |
| 2. 地質 | 8. 上部構造 |
| 3. 構造形式の撰定 | 9. 工期及工費 |
| 4. 基礎構造 | |

1. 總論

1. 巨大塊體

本論に於ける巨大塊體なる名稱は、海工構造物の要素として使用する目的を以て、他の陸地にて鑿め製作したる後、目的の場所に移搬する普通一般の機械力を以ては動かし難き程度の、大形状大重量の物體の稱呼である。而して現在に於ては函塊 (Caisson Block), 檣構 (Braced Cylinder), 扶壁體 (Buttress Wall Body), コンクリート方塊 (Concrete Block), コンクリート浮體 (Concrete Pontoon) を有し、將來更に各種の變化せる形状のものが出現すべきを豫想せらる。

2. 海工の特異性

海工に於ける諸構造物は他の部門の陸上工事に對比して、其性質、施行手段に特異なる點が頗る多い。以下此を列擧すれば、

i) 港灣は一つの經濟機關であつて、他の各級の經濟機關と有機的に連關する處多きが故に、構造物本位の適切なる地形、地質の場所を撰み難きを普通とする。特に本邦港灣は市街地に隣接したる海面に向つて進展するを通則とする爲め、往々極端なる軟弱地盤を對象とせざるを得ぬ場合に遭遇する。

ii) 港灣構造物の受くべき外力の主たるものは、波壓、土壓、船の衝擊、地震壓、水壓、上載荷重であるが、就中其殆んど全部を占むる前四者は、量の推定に不確實性が多大である。

iii) 海中に棲息する生物の存在 海水の化學作用により材料の耐久性に於て陸上とは著しき差異がある。

iv) 水面以下の作業は事實監督の視界の外である。

v) 水面以下の勞働力は潜水夫に據らざるを得ず、陸上同一勞働力の十數倍の工費を必要とする。

vi) 水中工作に用ひる機械は、概して陸上機械を利用し得ぬ。或は能率に於て著しく低劣である。

vii) 水中勞働者たる潜水夫に工種別による専門工を求むる事は不可能である。前諸項と關聯し水中に於て精密なる工作を爲さむとする事は施行上及經濟上不能に近く、水中工作は一般に不完全、不確實を免れぬ。

viii) 水の存在は其浮力を利用し大規模の船舶、機械力の使用を可能ならしめ、又浮力の利用によりて巨大なる塊體、或は多量の材料を容易且經濟的に運搬し得る。

3. 海工に於ける施行の重要性

前述の如く海工は他の部門の土木工學に比較し、外部的條件が概して不利なると共に、實施の手段方法に特殊の考慮を必要とし、施行は工事の根幹として極めて重視さるべきものであつて、構造物の計畫設計は施行に従屬して、局限されたる狹範圍に撰定立案せざるを得ぬ。是海工には構造的に不完全のもの多く、又事故の比較的頻繁なる最大の原因である。

それ故に茲に若し施行手段に就て在來工法を改良擴張し得るとせば、從つて又設計立案の範圍を擴大し、困難なる外的諸條件に適應する構造に近からしめ得べき筈である。而して海工技術は目下急激なる進歩の途上にあり、將來に残されたる改善の餘地猶極めて廣大なる工學的部門であると信ずる。

4. 巨大塊體の發達

海工用材料は原始期にありては天然石材又は木材を用ひて此等を集合組成せるものであつた。而して海工には大塊を用ひるを利益とするが故に、天然セメントによりて、各個の石材を結合して稍大なる人工結成體を使用する時期となり、次でポルトランドセメントの發明は劃期的進歩を促し、コンクリートとして塊の形狀を益々大ならしむるに拍車をかけた。又傍ら鑄鐵及鋼の單獨材料としての利用も行はれたが、此の時期に於ける重量物の操作の方法としては、ウィンチ或は起重機を使用する範圍を出なかつた。

然るに鐵筋コンクリートの發明は、其特性を利用して大塊の形態に種々の變化を與へ、結成體と粉體を併合して一個の大重量體としての効果を發揮せしむる方法、即ち形狀大きく重量輕き外殼を製作運搬し、現地に於てコンクリート、土砂を充填する中空方塊 (Cellular Block) が出現し、更に進んで外殼體を自ら浮く如く製作し、海上を運搬する考案となつて、外殼は愈々其大きさを増し、函塊 (Caisson Block) を發明した。特にこの函塊工法は本邦港灣に發展普及して今日の隆昌を見た。

斯の如く海工用塊體は從來重量を大にする一途に向つて進展を見、或は時には必要を超えて其大を誇るに至りたるも、其移搬の方法は起重機利用に非ずんば、自力浮游の範圍を脱し得ざりし爲め、巨大塊體は浮かぶ事を絶對條件とし、其結果構造立案に窮屈なる制限を蒙り、又多大の犠牲を拂ふの已を得なかつた。

5. 埠頭の種類及外力

巨大塊體を其主體として利用するものは埠頭構造及防波塊構造であつて、就中前者は多様多岐に互り、考究の價値最も大である。

埠頭 (Wharf) は其前面に船舶を緊留し、直接に人の乗降、船貨の荷役を爲さしむべき構造物の總稱であつて、用途及形狀により、大船用岸壁、物揚場、棧橋、横棧橋、浮棧橋等に分つ。而して其の受くべき外力の種類は次の如くである。

I) 岸壁横棧橋及物揚場に對しては、上載荷重壓、土壓、船の衝擊壓、水壓、波壓、自體に働く地震力、土壤に働く地震力

II) 棧橋に對しては、上載荷重壓、船の衝擊壓、波壓、自體に働く地震力

III) 浮棧橋に對しては、上載荷重壓、船の衝擊壓、水壓、波壓

6. 埠頭構造の力學的分類

埠頭構造は力學的に次の如く分類する事を得る。

i) 重力式構造 (Gravity Type) 埠頭自體の重量を著大ならしめ、外力の地盤に及ぼす影響を平均して、廣き面積の地盤に傳へんとする形式。

ii) 扶壁式構造 (Buttress Wall Type) 總括的壁の重量を大とし、外力の影響を平均して廣き地盤に傳へんとする精神に就ては重力式構造と類似するも、其重量の大部は背面の土砂による形式。

iii) 骨格式構造 (Frame Type) 埠頭はフレーム状の中空の形態を爲し、地盤に此を固結し、外力を地盤局所に集中傳達せんとする形式。

iv) 矢板式構造 (Sheet Pile Type) 壁體は垂直なる板状を爲し、水平外力のみを受けしむる如くし、地壁及壁背後の土壌の水平受働土壓力を以て均衡をとらしめんとする形式。

v) 浮體式構造 (Pontoon Type) 埠頭は扁平なる浮體と爲し、柱礎 (Spud) 或は礎上とを以て海底に繋留し、垂直外力は浮力により、水平外力は繋留装置を以て海底に傳ふる形式。

7. 海工構造と施行

現時に至る迄埠頭構造の大半は重力式構造であり、防波堤は又全部同一の力學的精神による構造である。即何れも構造物の形状重量を大に、底幅を廣くし、單に基礎上に此を靜置するものであつて、基礎は又廣面積に互る大量の捨石、或は大量土砂の置換への如き、質の不完備を量の莫大を以て補はむとする觀念であつた。従つて地質の如何によつては、解決し難き實施不可能の極點がある。

斯の如き構造精神が過去に於て唯一の方法であり、又今日に於ても壓倒的優位を占むる所以のものは、海工施行の特性とする大量材料、或は大形物體の容易なる水上運搬と、此に反し至難とする水中の精密工作に基因し、施行の條件の下に構造的條件が極端に壓迫歪曲せられ、構造的の不完全と、大量の材料は、施行を容易ならしむる爲めに犠牲に供して顧みぬを遁念とした。

埠頭構造の他の種類のものとして、多數の長木材より成る骨格式埠頭、同じく鐵柱より成るもの、近年普及せし矢板式埠頭の如き、何れも耐久的價值低き割合に高價なる方法の廣く行はるゝも又専ら其施行が安易なる理由による。

此に反し、陸上諸工事に屢々行はる處の力學的の自由なる形態、例へば扶壁形擁壁、フレーム形の鐵筋コンクリート構造の如きは、耐久上或は材料を節約する點に幾多の長所を有するに拘らず、未だ海工に其數の極めて寡々たる理由も、水中に於ける精密工作の不能と、豫製して移動する手段に至難とする爲である。

8. 海工構造物改善の方向

本邦港灣は特色として、漸時海洋に向ひ擴展するが故に、地質甚しく軟弱なるを常とし、普通深基礎工法 (杭打) の到達極限たる海底下 30 m 以内は、單に軟泥の堆積たるが如き例も稀とせぬ。

又破壊的強地震の頻發する事も他の特色であつて、強大なる水平外力を受くる事多く、且軟地盤上に置かるゝ海工構造物に對し最大の破壊的暴力を發揮する。

一旦埠頭が災害により破壊さるゝ時には、港灣運用の機能は長期に亙り停止し、港灣により生計を營む市街の總ての經濟組織に甚大なる影響を及ぼし、其被害は埠頭自體の損害の幾十倍に達する額に上る事多きは、横濱港或は清水港の震害の例で明である。

斯の如く海工構造物、就中埠頭は最も不利なる環境の下に、且つ施行の至難の下に築造せられ、而も經濟的に最も重要な營造物たるが故に、此を力學的缺陷を有せざる、完全なる構造本位のものとなすの要あるは論を俟たぬ處であつて、須らく地質に適應する劃切なる計畫たるべきを主眼とし、此に伴隨する施行に關する困難は従として技術の進歩により解決するを將來海工技術者の執るべき原則と信ずる。

從來の海工が過度の施行重視に趨り、環境の如何を顧ず基礎工作を閉却輕易に止め、徒らに壁體を大形たらしむる事に専念し、時に軟弱なる地盤上に、尨大なる重量の壁體を据ふるが如き、根本的の錯誤を冒して、往々不詳事の原因となれるは最も遺憾とする處であつて、正に從來の遁念は再檢討するの必要あるものと思惟する。

又海工に於て施工の安易の爲め材料を浪費する事の多きは他の缺陷である。構造物本來の目的上何等必要な贅物が、僅かに數時間の工事の道程の爲め永久に添加さるゝ事、例へば岸壁に使用する函塊を自力にて浮かさん爲め、後上半に影しき不用部を付し、其部分が工費の 20~30% に達する如きは是正を要する重要な他の問題である。更に又施行の容易の爲め構造の歪曲せらるゝ事、例へば函塊の外殻を過度に薄からしめ、此が耐久的弱點を補ふ爲めに大量のコンクリート填充を行ふが如きも考慮すべき他の要點である。

施行技術の改善進歩は、海工の構造計畫の撰定範圍を著しく擴大自由とし、此を本然の目的に副ふに近からしむ

るものであつて、特に著者は鐵筋コンクリートを以て、構造的に最も剷切にして且つ自由なる形態の巨大塊體を陸上に豫製し、此を海上運搬して構造物の主體と爲す事により、從來の海工の缺陷を是正するに最大の效果ある方法と思ふ。

而して自由任意なる形態の巨大塊體を進水し、且つ海上運搬する方法の解決は新施行法の主眼點であつて、從來行はるゝ起重機操作、又は自己浮游以外の經濟的範圍内の他の方法、即フロート (Float) の利用により安全に目的を達し得べきを信ずる。

9. 附 言

本論は横濱港を始め、神戸港、清水港、下關港等の修築に際し、著者等が立案及實施せし諸種の新たな形態の巨大塊體、其特殊の進水移搬方法、及其結果として得たる新形式の海工構造物を中心として、海工の改善意見を論述し、併せて其實施状況を記録せしものである。素より此の經驗は著者一人の克く爲し得る處でなく、先輩諸氏の懇切なる指導と、後輩諸氏特に藏重長男、黒田靜夫、山田正平の三氏の熱誠なる援助の賜である。

2. 防波堤構造に於ける巨大塊體

1. 本邦防波堤の特性

本邦港灣は地形上殆んど海港に限られ、又物資の近距離輸送用として舢舨、帆船の使用旺んであつて、大船を港にて沖掛りとして舢舨役を行ふ事は他國に比して頗る多い。従つて本邦港灣には大船の碇泊のために特に廣大なる泊地を要し、防波堤築造が殆んど何れの港灣修築にも附帶し、本邦海工上特に重要な部門を爲す所以である。

本邦港灣の進展は常に海面の方向に行はれ、擴張の爲めに、海面埋立て、泊地の増加變更が必然的に附隨する。従つて過去に於て、其港が小規模なりし際に適當であつた防波堤の位置は、規模擴大の後には往々にして不適切となり、其撤去或は移設を要する事の多きは又特色の一である。例に徴するに、横濱港及大阪港防波堤は築造後三十餘年にして一部の撤廢を行ひ、又近く神戸港は大規模の移設を爲さんとする (外國に於てもマルセイユ、ゼノア等に其例がある)。即ち發展性ある港灣の防波堤には、永恆不動其位置にありとする考よりも、30~50年を一期とし、其際に再び考慮し得る如き構造觀念が本邦としては寧ろ適切なるものと思ふ。

又本邦港灣は海に向ひ進展するが故に大港の防波堤にありては遙なる洋上に位置し、地質の如何を問ふ暇を有しない。従つて其地層は必然的に極めて軟弱なるを通則とし、コロイド状の細泥の堆積層を對象とせざるを得ぬ場合を寧ろ普通とする。かゝる個所の防波堤は半ば液體狀の泥層中に半ば浮游せる如き構造物としての觀念が必要剷切である。

2. 特殊防波堤に就て

海工に於ける他の部門たる岸壁、棧橋等は自己の尨大なる重量に依賴して外力に抵抗する構造精神より順次骨格的構造として、地盤に固結する方向に進展しつゝありと認めらるに對比し、防波堤の實施せらるゝものは、今日尙總て大重量觀念のみであるが、是は維持耐久の有利なると、外力が不確實、把束し難きものなるに對する安全性から來るものと思はる。

防波堤として浮游體を利用する浮き防波堤の考案は、底波 (Swell) を防ぎ得ないのみならず、建設費、維持費共に高價に當り大なる前途を期待し難い。波浪の際に壓搾空氣を以て氣泡を放出する考案又は波浪を反射により相互干渉せしむる考案は其效果程度猶不明なるも、此種の考慮は將來大なる研究價值あるものと考ふ。

特殊防波堤の一例として、横濱港内の一隅にヨット港を造成する計畫に對し、其波除堤として立案せしものは圖-1の如く薄壁扶壁形の骨格的構造のものであるが、工費の廉、造成取除の便等の利益がある。將來港内の小船溜りの如き個所に於ては時に此種骨格式構造が大重量式構造に勝る場合無きに非ずと思ふ。但し耐久の見地に於ては勿論後者に劣るものである。

3. 防波堤の地震災害

防波堤に対する地震の影響は自體の質量に働く地震力と、壓力の激變により起る地層の動揺或は異狀及び海潮による側面よりの動水壓と静水壓を主なるものとし、地震瞬間に起るべき海水の動揺は其本務とする大波瀾の激突よりも影響遙に少く無視し得べきものと考へる。

自體に働く地震力は殆んど常に恐るべきものでなく、海潮の大側壓も時に堤上部體の水平移動を起さしむる事あるも致命的被害ではなく、而して最も著しき影響を及ぼすものは寧ろ地震のために起る地層の變動の結果より生ずる異狀である。従つて堅盤上にある防波堤は震害に類る安全なる構造物と稱し得べく、又軟盤上にある防波堤は多くの場合に地層の變動を伴ひ、水平及垂直方向の蛇行狀、傾斜或は陥没等を起すものであつて、關東震災時の横濱港北及東兩水堤、鶴見及横須賀の兩防波堤、互相震災時の清水港船溜防波堤等に見受けられたる通性である。即軟弱なる地層は激動のハズミを以て相等に自由なる形に（理論的でなく）異動を起すものゝ如く認めらる。

將來震害のため防波堤體が全壞する事の絶無なりとは謂ひ難きも、近代的の函塊或は注意せる方塊構造にありては、地震災害は異動沈下傾斜の程度を超ゆる懸念は極めて稀と謂ふべく、復舊の爲めには上面の繼ぎ足し、傾斜の補強を以て足り、防波堤の任務上何等の支障を生ずる事なく、従つて補強工費も僅少額に止る事は前記諸堤の例に徴するも明である。

岸壁は直接の經濟的營造物として有機的に他の經濟機關と連關せる爲め、其の被害は直ちに港灣運用の停頓と成り、影響する範圍頗る廣きを以て、其耐震力は特に重視を要する事態に對比せば、防波堤被害は風浪時にのみ影響を顯すに止り、平時港灣機能上埠頭程密接なる關係なく、従つて經濟諸機關に及ぼす影響も遙に小である。

以上の諸點より判斷し防波堤に對し地震は大して恐るべきものに非ず、極めて稀に起る非常大震を對稱として巨費を投じ法外に堅牢たらしむる要なく、寧ろ斯る際に修理容易なるが如き考慮を爲し置く彈力的構造觀念が劃切なるものと信ずる。

4. 防波堤の波浪被害とマウンドの改善

本節に於ては本邦防波堤の一般的形式たる混成防波堤 (Composite Break Water) にして、軟地盤上にあるものに就て専ら論ぜんとす。今波浪による防波堤の被害の原因を検するに、

- i) マウンドに衝突せし波動の影響により其外側の地盤が浸蝕せられマウンド崩壞の端を發する場合 斯かる原因のものは事故の後に適確に指摘し得る事困難なるも、相當に大なる割合を占むるものと推せられ、マウンドの側面勾配が急なる場合、特に地層が軟弱なるものに對し危険性多きを認む。
- ii) マウンドの構造不完全の爲め其れを構成する石塊が個々に剝脱、轉落、移動を起し上部體の破壊に及ぶ場合 防波堤被害の大半は前項又は本項の原因であつて、波動に直接する石塊の重量不十分なる事。石塊を個々に單に堆積せし形にして塊相互の連絡なき事。マウンドの側面傾斜急に過ぐる結果上部の石塊が轉落して或る平衡する緩勾配に變化し、上部體の基部に及ぶ事等が其原因と思惟せらる。
- iii) 防波堤に衝突する波浪の爲め、地層に及ぼす壓力に衝動を起し、地盤が沈下、陥没又は水平移動を起す場合、軟盤防波堤に往々起る異狀であつて、記録にあるものとしては明治 34 年横濱港東及北水堤の軟層上にある部分のみ其爲め崩壞し或は蛇行狀を呈した。但し此種の被害は復舊容易なる程度に止る。
- iv) 上部體に激突せし波の渦動により、マウンド頂面石塊が剝脱飛散して上部體の崩壞の素因を爲す場合上部體前面の如き、形態の急變化を爲す個所の波動の強度及方向は複雑にして最も危険多き個所なるが故に、方塊或は特に大石塊を張り詰め保護を要するものであつて、上部體防禦の爲め特に肝要である。
- v) 上部體が側壓の爲めマウンド上面との間に滑動移動する場合 函塊構造上部體の重量の不足又は底面摩擦力の不足の爲めに起る故障であるが、補強容易にて素より致命的被害でない。昭和 9 年神戸南防波堤に、或は昭和 13 年横濱港外防波堤の工事中途のものに、其他に例乏しからず。
- vi) 方塊構造上部體が部分的に動揺破壊さるゝ場合 方塊相互の連絡不完全にして一體として抵抗し難きが原

因であるが(兩側を方塊壁とし内部に割石を填めたるが如き構造)、普通強度の上部構造にありては上部體單獨に被害を蒙る如きは寧ろ稀である。

vii) 函塊上部體が Tortion の爲めに龜裂を起す場合 波動は常に函塊の軸に斜なる方向より作用し、又一個の函塊の兩端に於ける波相を異にする結果、函塊に振りの力 (Tortion) が働き函壁が上部より龜裂を生ず。これは致命的被害に非ざるも耐久的價値を非常に低下せしむる結果となる。

viii) 落下する波頭の侵入の爲め上部體が内壓により破壊する場合 函塊が工事中途にて未だ上面蓋を爲されざる際の如き、内壓にて破裂せし例がある。

防波堤の波浪被害の原因は此を要するに大半はマウンドの不完全に歸すべきものであつて、現在慣行的に行はるゝ混成防波堤の形態は、概してマウンドを輕視するに過ぎ一般に不十分であるが、上部體は此に反し寧ろ Over Strong の感が深く、強度の平均を計る要ありと考ふ。

マウンドの幅を勉めて廣からしむる事は堤體の荷重を廣く軟地盤に撒布し、壓力の急激なる差異を防ぎ、兩側の隆起を抑へ、半流動體狀の泥中に半ば浮游體構造として安定上極めて有効適切である。

マウンドの兩側の傾斜は特に緩ならしむる要がある。即波動に直面する表面の石塊が轉落して上層の崩るゝを防ぎ、マウンド前面海底の浸蝕の危険を去り、又地盤に對する壓力の急激なる變遷を避くる爲めに有効であつて、往々行はるゝ如き 1/1.5 又は 1/2 の如き急勾配は此を少くも 1/2.5 以下の緩勾配となすべく、其程度は石塊の大き及比重と波動の強さにより判斷すべきものと認む。

マウンドの内部を構成する石塊は比重の輕き軟質岩塊が最も安定上良好であるが、時に岩屑又は礫の類にても足り何れも價格低廉である。此に反し外面を爲す層は比重重大塊を使用し、外皮は潜水夫をして組合せ張らしめ、石塊相互協力の抵抗を利用するが適當である。

防波堤用石材は大量を要するが故に其附近に産する岩質を利用すべきものであつて、凝灰岩質の如き軟岩と雖も、動搖せざる限り海中に於ては偉大なる耐久性を有し、防波堤の壽命と比べて敢て耐久的不適切なる材料でない。得らるべき石塊の比重低く、形小なる場合にはマウンドの形態を廣く前後傾斜を特に緩ならしむる事によりて缺點を捕ひ得べく、此に反し速き處より高價なる堅石を運搬し、其量を減ぜん爲め堤體に無理なる形を與ふるに比すれば、安價なる附近の石材を豊富潤澤に活用するを賢明と信ずる。

5. 防波堤の軟地盤に對する工作

深き泥層の軟地盤上に荷重せば當然沈下が起り、其速度は當初急速なるも順次度を減じ、而も容易に停止する處なく微量沈下の繼續は數十年に及ぶ。若し斯る地盤に過大なる荷重を急激に掛くる時には沈降速度が或る限界を超え、瞬時に陥没の現象を起し時に數米に及ぶ事がある。而して其際海底は附近の地層に深き多數の龜裂を發見するものである。

又同一の重量を分括し順次少量宛時日を隔て荷重しゆく時には陥没する事なく沈下により支持し得るものであるが(勿論限度あるも)、此等の現象より推察するに、軟地盤は徐々に歪曲し土粒固有の粘着力によりて相等廣範圍の地層迄關聯して荷重を支へ平衡を保ち得べきものが、急激なる荷重に對しては土層が彎曲變位する暇なく其間に龜裂を生じ、荷重直下の局部地盤のみにては支へ切れず陥没を生ずるものと認むる。

軟盤に防波堤(又は岸壁)を築造する際、完成後の沈下及異常を極減する爲め、工事中一時的に大荷重を行ひ沈を促進する方法を豫備荷重(Proof Loading)と呼ぶ。而して其程度急激に過ぐる時には局所の大陥没を生ずるが、然る時は地層の龜裂の爲め隣接地盤の荷重支援が不可能となり、後日深處迄石材を填充補給するを要し、此に要する工費は效果にに伴はざる不利なる結果となる。即豫備荷重は陥没を起さしめざる限度に徐々に行ひ、地盤を徐々に歪曲改善しゆくを適切と考へる。著者が横濱港外防波堤に行ひしものは、函塊、砂及方塊を利用し、常に沈降速度を検して一定度を超えざるを目標として、順次徐々に荷重を増し、竣功荷重の 140%迄達せしめたるが、此が爲め 18~24 個月を要せしも、廉價なる費用を以て廣く地盤の改善を行ひ、竣功後の異狀を著しく尠からしめ得

たと思ふ。

地盤改善の他の手段として Rotterdam, Baltimore 兩港岸壁に行ひたるものは、岸壁位置に塊狀に土砂を盛上げ、其壓力を利用して自然的に軟泥を排除し良質土砂に置換へる方法であるが、效果に對し相等の高費を要する如く推せられ、又特殊の個所以外に行ひ難く、特に防波堤に對しては殆んど施行不可能である。

泥層を及ぶ限り豫め浚渫し、良質砂礫を以て埋戻し置換へる方法は有效なる他の手段であつて、明瞭迅速たるも、若し泥層が非常に深き場合には浚渫船の能力を以て除去し得るは上層の一部分に止り、結果に於て沈下程度を減少し得るも其効果が工費に價せぬ場合が多い。

軟盤泥層に杭打を爲し防波堤上部體の荷重を支持せしむる方法が大阪港等に行はる(圖-14, 17)。容易に大荷重を直接深層迄散布し得、且經濟的に又工事迅速其他の利益ある方法たるも、此場合地表に靜置せるマウンドとを、杭にて支へられし上部體との間に沈降速度の差あるが故に、兩者間に間隙を生じ、上部體が波動の水平壓力に弱き懸念がある。

6. 方塊による防波堤上部體

混成防波堤又は直立防波堤の上部體は、方塊若くは函塊により築造せらる。淡水港には尙木杵石詰め形の形あるも(湖港に例多し)本邦には殆んど適用出來ぬ。

方塊による上部體を構造的に區別すれば、

- i) 多數方塊を並列積疊せしもの(横斷面各層が數個の方塊より成る(圖-2))
- ii) 大方塊を單列積疊せしもの(横斷面各層が單個の方塊より成る(圖-3, 7, 8))
- iii) 中空方塊(Cellular Block)を單列積疊せしもの(圖-4)
- iv) 多數方塊を縱斜の位置に累積せしもの(圖-5)
- v) マウンド上に多數方塊を亂雜に積み自由沈下に委ねたるもの
- vi) 斷面前後に方塊積を以て壁を作り中間に割石を填充し上面を連結せしもの(圖-6)

等各種の形態あり、又相互單に靜置せるもの、柄を作り不完全乍ら連結を考へたるもの、鐵材を介し塊相互強固なる結合を計りたるもの等の類別がある。

海工に於て經濟的に製作使用し得る浮裝起重機は能力 50 t 未滿のもの(更に多くの場合 20 t)であるが、其制限内の方塊を使用する多くの形は、i) 又は iv) 形たるも、就中、i) の形態は各水平層が多數の方塊により構成し沈下の際異常を生じ壓力の分布不分際となり、各塊協同して抵抗する能力を欠き弱體たるを免れぬ。

近年地中海に於ける佛伊諸港の傾向は非常に大重量の方塊を以て單列積疊し、而も鐵楔により相互の結合を計りたる頑丈なる構造であるが、マウンドを開却するに過ぎ、其爲めに數度の致命的事故を起した。而も大方塊を取扱ふ爲め能力 350 t 或は 400 t に達する大起重機船を巨費を投じて製造せるが如き、到底不可解なる計畫である。

各層を單個の方塊により造成するは構造上非常に有效といふべく、少くも最下層は斯くあらしめ度きものであつて、其方塊重量に就ては、細長なる形態の方塊を用ひるか、中空方塊に據り一般的起重機船の能力の範圍で扱ふを適切と考へる。

方塊壁の中間に割石を填充せるものは各塊共同抵抗力を利用し得ず、又地盤沈下の爲めに蒙る影響甚しく、波の強からぬ小防波堤のみに考へ得る形である。

マウンド上に方塊を亂雜に單に積上ぐる方法は往時沈下性個所に盛んに行はれたるも、波浪の爲め方塊は各個に擊破せられて轉々し、何等の協同能力を發揮する事なく、不經濟なる既に過去の工法であり、又方塊を縱斜に積疊するは相互連關し有效なる形であるが工事稍困難の嫌がある。

是を要するに方塊は多數集合せし協同抵抗力を發揮せしむる形態を適切とし、其が爲め柄或は鐵材等の仲介物を設くるは又極めて有效なる手段である。

一般に方塊上部體は耐久性的得點あるも、波動抵抗より考ふる時は Monolithic 體たる函塊に若かず。概言して函塊上部體を以て方塊よりも優れたる構造とし、而して方塊はマウンド保護の目的に使用するを正當なる用途と

信ずる。

7. 防波堤用函塊の缺陷と其改善に關する意見

防波堤上部體として函塊の使用は漸く近年に興りたる工法たるも、方塊積疊よりも、構造的に單一形態たる事、容易に大重量を持たしめ得べき事等に於て勝り、費用に於ても同一の強度に對し概して安價なりと稱し得る。但し小規模の計畫にありては準備工費の率過大なる事、又耐久的に往々缺陷を伴ふ不利あるも、此等は適當に是正し得べく、概言して優位なる構造と謂ひ得る。

現在内外各地に於て行はるゝ防波堤函塊の形は種々あるも、此等を對象として批判し、意見を以下項を分ち記述せむとす。猶本項は第 3 章第 5 節岸壁の函塊改善意見と關聯するものである。

i) 函塊の形狀は均整形 (Symmetrical Shape) を必要とせず

一般に行はるゝ函塊の形狀は殆んど均整形であるが、外力は防波堤外側よりの波壓であり、又函塊外壁の傾斜は緩ならしめ得ざるも、内壁の傾斜は自由であり且函塊の重心を低下するを安定上有利とするが故に、概括的に均整形は合理的形態でない。

ii) 函底とマウンド間の摩擦抵抗少し

防波堤は土壓を受けざる故に、岸壁の如く滑り出しの危険多からざるも、猶海潮、非常高潮の如き急激なる大水壓に對して、函底とマウンド上面間に滑動を起したる例稀とせぬ。此の對策として、函底は特に不平滑として凹凸を付するは、容易なる工作であつて且此の目的上極めて有效適切である。

iii) 函塊外壁が下部に厚く上部に薄きは合理的に非ず

防波堤上體としての函塊の外壁は、其受くる波壓より考ふるも、下部を上部より堅牢たらしむべき理由はない。又耐久の見地よりせば、海中の生物或は自然浸蝕を蒙る程度は満干潮位間を最大とし、深部に及ぶ程其程度を減ずる。船舶の爲め外傷を受くる事も亦これと同様であるが故に、函壁の上部は下部と同厚か、若くは寧ろ大ならしむるを永久構造物として合理的とする。

然るに實例の殆んど全部が下部を厚く上部を薄からしむるは、専ら函塊を浮游運搬する際の水壓の爲めに下に必要以上に肉厚を與へ又吃水を減じ、安定を良からしむる爲めに上の肉を削る結果であつて、數時間の施行手段の爲めに永久的條件が犠牲に供せられたりと謂ふべきである。

此の是正の方法としては第 4 章に述ぶる處の水平骨格式函塊を使用し、其骨格間の距離を適當に定むる事により永久的條件と一時的條件を符合せしめ得べく、又更に第 10 章に説くフロートの使用により、壁厚は浮游の條件を脱却し自由に永久的條件を満足せしめ得る。

iv) 鐵筋の外部被覆過少なり

海工用鐵筋コンクリートの鐵筋外部被覆 (Insulation) を特に大ならしめ、且コンクリートの質を密たらしむる要あるは、耐久の觀點より論を俟たぬ。然るに海水に常時露出さるゝ函塊のそれは、重量を軽減する爲め頗る少なきを遺憾とする。

本件の解決は前項と同様であつて、特にフロートの利用により此を満足せしめ易し。

v) 函塊の内部にコンクリート填充を必要とせず

慣行的に函塊は据付後コンクリート填充を施される事多きも、是れは函塊を外殼と見ることによるものであつて、函塊は適切なる修正を加ふる時は、自體のみを以て優に數十年の耐久の構造たらしめ得べく、函塊に挿入せる鐵筋を永久的に活かし、内部に安價なる割石を填充して重量を與ふれば性質上耐久度十分である。而して數十年後外殼崩壞の兆ある際に、始めてコンクリート注入を爲すも取て遅しとせぬ。

コンクリートの填充は重量を増す手段としては高價に過ぎ、其爲めには寧ろ函塊を大にし割石を填充するが賢明といふべく、又逆に填充コンクリートが年月を経たる後、化學作用を起し膨脹を生じ、函塊を破壊せしめし例あり (特に火山灰入コンクリートに此の憂多し)、或は又港灣發展の際防波堤の移築を要するが如き際には、コンクリー

ト填充は障害となるものである。

vi) 函塊の剛度不十分である

一般に行はるゝ函塊の形状は、薄き底 (Slab) 上に各直角に交叉する垂直薄壁を取り付けたる、恰も上蓋のなき木板の角箱の如くであつて、各立壁の長さ及高さは壁厚に比し極めて大なる爲め弾性體の性質を帯び、函塊の上部は多數の直角に交叉する桁より成る函形ラーメン形を爲し、斜方面の外方に極めて脆弱である。此故に強き波壓に對し、或は函底の均し方不平均の爲め、函塊に歪を生じ、格點附近に龜裂を生じ重大なる缺陷となる (圖-53, 54)。

防波堤函塊は特に剛度高き rigid なる形態たるべき事は岸壁用函塊以上に必要である。特に内部にコンクリート填充せざる函塊、又は函塊を以て豫備荷重に利用せんとする場合には絶對要件とする。

剛度高き函塊たらしむるには第4章に述ぶる水平骨格式函塊により困難なく解決し得べく、又壁の厚さを増し剛度を大ならしむる結果自力にて浮遊せざる場合には、フロートの利用により解決し得る。

vii) 函塊頂部の龜裂防禦を講すべきである

防波堤函塊に頂部より始まり水面下數米にて消失する龜裂の發生するは屢々見受くる現象であつて、其原因とする處は種々の説あるも、函底基礎均し不十分にて一平面を爲さず、函塊重量の一半が他の部分に Cantilever として掛る事より生ずる函塊剛度不足の爲めの龜裂が一因である (圖-55)。

或は又函塊の頂部以上は、水面以上にありて大氣溫度に曝さるゝも、函塊の水中部分は水温の爲め常溫に近く、此間膨脹の差異によるものが他の原因と推測さる。

函塊に龜裂の發生するは耐久上の重大なる缺陷であつて、此を防止する爲め函壁の頂部を膨大にして補強する事が有效たるは明かなるが、水平骨格式函塊の利用は自然に強力なる壁端と、高き剛度を得べく、龜裂防止に最も著効を有する。又函塊の長さを徒らに長からしむるは剛度に於て不利であり避くべき事項に屬する。

viii) 災害修理或は移動に對する用意を爲しおくべきである

軟盤上の防波堤をして極めて稀なる非常地震其他の災害に十分なる構造たらしむる爲め徒らに巨費を投ずるの大局的不可なる所以は第3節に述べたる處なるも、斯る際にも其被害を勉めて僅少ならしむる用意、及修理の簡單なるべき準備は之を必要とする。又更に他日移設の要ある際に (將來屢々斯る場合あるべきものとす) 容易且つ有効に目的を果し得るが如き構造は然らざるものに勝る事勿論である。此意味に於ても從來の外殻を薄く、内部にコンクリート填充する函塊は不適當といふべく、須らく外殻を勉めて堅牢強靱たらしめ、非常の際に備ふるを賢明なる方法と信ずる。

8. 結 論

防波堤は外力の想定に不確實なる上に時には極端なる不良地盤を對象とする半浮游的特殊構造物であつて、過去の失敗の經驗を主なる基準として漸く發達の緒に就きたる、未だ原始域を完全に離脱し得ざる構造物と謂ふべく、従つて技術者の判斷に俟つ點最も廣範圍であつて工費及效果に及ぼす影響も至大であり、殘されたる問題も極めて多いと稱すべきである。

本論は巨大塊體を主として著者の抱懷する改善意見を述べたるが此を要約すれば、一般的に混成防波堤は上部體

圖-53 防波堤函塊に斜方向波浪による剛壁式函塊

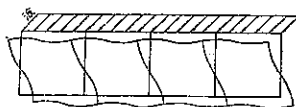


圖-54 防波堤函塊に局部的波浪による剛壁式函塊に歪

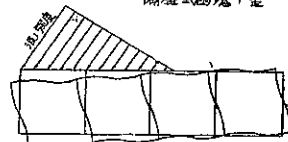


圖-55 函塊に歪による龜裂

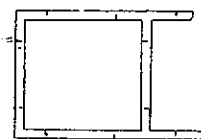


圖-1 兵庫
三ツツケの基礎工事

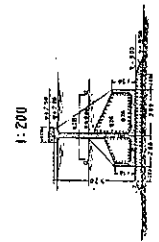


圖-3 Naples

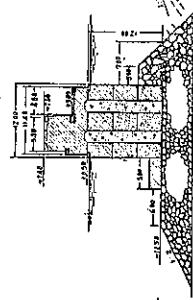


圖-5 Naples

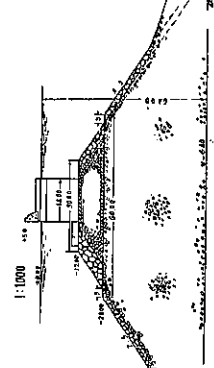


圖-7 Alger

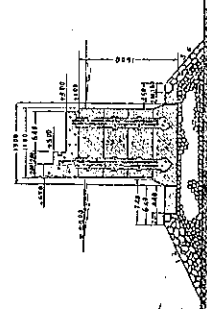


圖-9 Genova

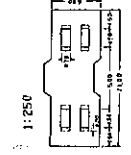
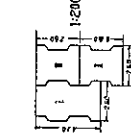
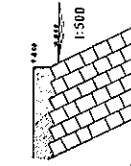
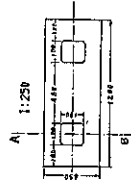
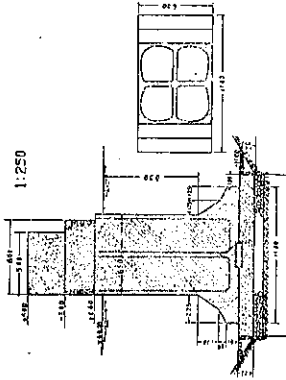


圖-2 Havre

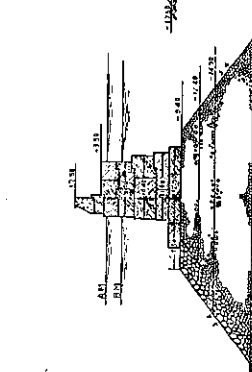


圖-4 Genova

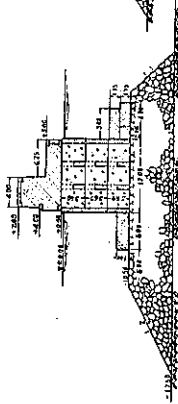


圖-6 Cagliari

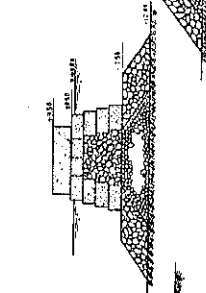


圖-8 Marseille
Bassin du Pharo

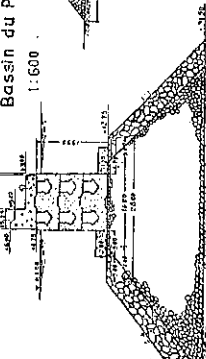
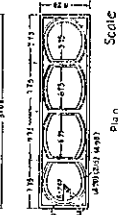
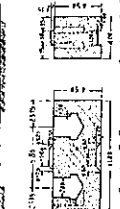
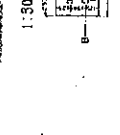
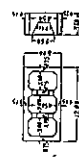
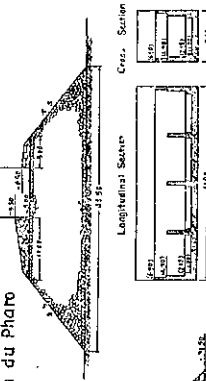


圖-10 Bizerte



Scale 1:500

Plan

Section A-A

Section B-B

Section A-A

A B C D E

圖-11 马赛尔

圖-10 神戶 商防波堤

圖-9 大阪 商防波堤

圖-8 神戶 商防波堤

圖-7 神戶 商防波堤

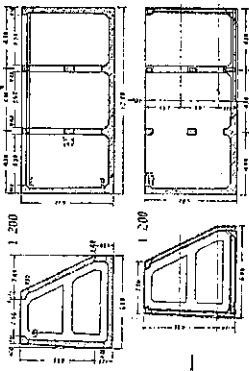
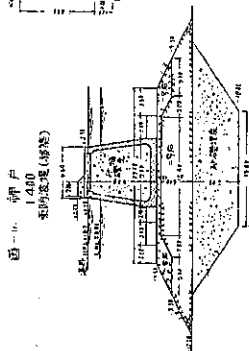
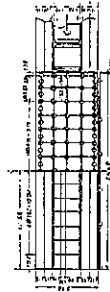
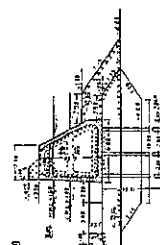
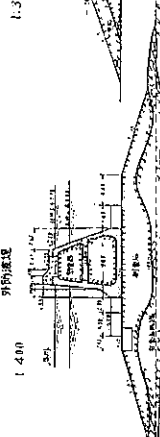
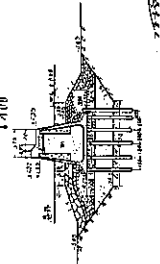
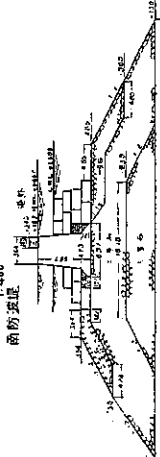
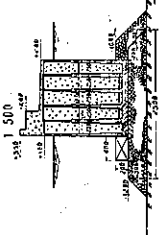
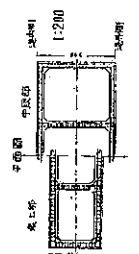
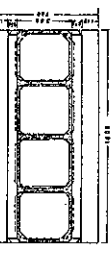
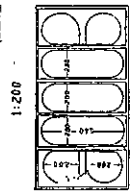
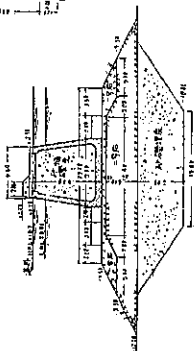
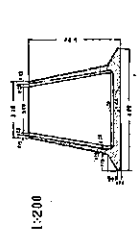
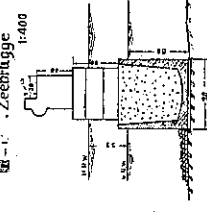


圖-12 Zebrugg

圖-13 神戶 商防波堤



を節約し下部體たるマウンドの改善を企つべく、特に幅廣く緩たる形を有效とし石質は第二の問題であつて、斯様にして事故の大半を防止し得ると信ずる。

上部體は方塊積よりも函塊構造を進歩的となすも、從來の如く施工に囚はれ、浮かさんが爲めに構造を決するは本末顛倒といふべく、永久構造の要求により立案すべきである。

函塊構造に就ては水平骨格式函塊は從來の隔壁式に總ての點に於て勝り更にフロートの使用は一層自由なる函塊を造成し得る。

防波堤の構造は災害に強靱に容易に復舊し得る如く、且他日の移築に備へたる彈力的計畫を至當とし、徒らに巨費を投じ恒久不動の觀念は寧ろ採らざる處である。

在來の防波堤は何れも未だ重力式構造の域を脱し得ざるも將來は當然地盤に固定したる輕きフレーム狀構造、或は全く構造精神を異にせる波動干涉等の方法の出現あるべく、順次其の方向に推移すべく考へらる。

3. 重力式埠頭構造に於ける巨大塊體

1. 重力式埠頭構造の分類と其特質

重力式埠頭は自體の重量を大として、外力の影響を稀薄たらしめて、廣き面積の地盤に傳ふる形式であつて、岸壁、物揚場の現存するものゝ大半を占め、又時に横棧橋及棧橋にも用ひらる。

重力式埠頭構造を形態より分類せば、

A. 單體形

- 1) 場所打コンクリート構造
- 2) 函塊構造

B. 組成形

- 3) 石材積疊
- 4) コンクリート方塊積疊
- 5) 中空方塊積疊

i) 場所打コンクリート構造

本構造は周圍に締切堤を築き、湧水を汲上げつゝ陸上に於ける擁壁と同様に築造するが故に、壁體自體は完全に無駄なき構造と爲し得べきも、深海に締切堤を作る如きは容易ならぬ一時的な工作と工費を必要とし、結局小岸壁の場合か、陸地を掘り込みて船渠と爲す場合以外に、經濟的成功の例乏しく、海工として考究の價値乏し。

ii) 石材積疊構造

天然石を方形に採集し、此を積上ぐるは經濟上より見てコンクリート方塊に劣り、石垣の類は特に淺き埠頭に限られ、又表面に傾斜を付くるを要し、海工構造として價値少し。

iii) コンクリート方塊積疊構造

コンクリート方塊積疊の構造は既往に於て最も廣く行はれた形式であつて、各層が一箇の方塊より成るものと數個の方塊より成るものゝ別あり、後者は地盤に及ぼす壓力不明瞭である。又各個の方塊に柄を付して不完全乍ら相互連絡を計りたるもの、孔穴を設け鐵材を伸介にして相互連絡稍良好なるもの等あり。

方塊積疊構造は耐久的美點を有し、又施行の容易、且大なる設備を要せぬ爲め、小規模の修築工事に往々適當するも、重力式構造共通の缺點の外に、壓力の分布不明瞭にして不確實なる事、及中間層の接合脆弱なる點單體形に劣る事明瞭である。

方塊の移動は總て起重機によるが、本邦にては單個の重量は普通 20t 以内にて、50t を超ゆるものは極めて異例に屬するは、一に大能力起重機船の高價なる爲めである。近年伊太利及佛國の地中海諸港に大方塊が流行し、單個重量 400t のものを大能力の起重機船にて取扱ひたる例あるも (圖-26, 115, 116)、斯る大起重機船は他の目的と併用する場合以外、到底海工として經濟的に成立しない。若し斯る大方塊を取扱ふの要ありとせば、一種の巨大塊體として、第 10 章に述ぶるフロートを以て取扱ふの遙に賢明なるを信ずる。

iv) 中空方塊積疊構造

中空方塊積疊構造は其重量を起重機船の能力範圍内にあらしめ、而も形狀を出來得る限り増大する爲め外殼のみの形狀とし、現地掘付後土砂或はコンクリートを填充し、大方塊と同様の効果を顯はさしむる目的である(圖-27)。此場合岸壁最下の方塊が底を有せず、且土砂の如き固結せざる物質を填充するものは、安定度を大いに減少すべく、又一般に耐久的に普通方塊積疊に劣る。

v) 函塊構造

構造的に最も考究の價値高きものである。其各種の形態に就ては第 4 節に説く。

2. 重力式岸壁の長所及缺點

一般に重力式岸壁の長所と認むべきは次の諸點である。

i) 耐久性大なり

概括的に構造粗大なる故に損傷を受くる場合少く、局部的損傷は容易に總體の危険に及ばぬ。

ii) 修理容易なり

iii) 船舶の衝擊に強靱なり

船舶の激突は其程度を豫想し得ず、時に絶大にして岸壁を破壊するものあるを保し難いが、重力式岸壁は其質量大に、又構造的特別の急所を持たざる爲め、抵抗力最大であり、影響最少である。

iv) 波浪高き個所に適當なり

壁體外面平滑にして凹凸少き爲め、波頭の激發、或は Water hammer の現象を起す事少く、且つ前項同様の理由を以て強靱である。

v) 施行容易なり

vi) 構造上不確實なる個所少し

構造粗大にて水中に於ける精密工作を要せぬ爲め、従つて特別なる弱點或は不確實點なし。

一般に重力式岸壁の缺點と認むべきは次の諸件である。

i) 沈下異状を生じ易し

壁體固有の重量著大なる事、及特に壁體前趾に働く壓力が後趾のものより甚しく大なる事の爲め(普通兩者の基礎工作は同様である)、地盤特に堅硬に非ざる限り、沈下を來し、特に忌むべき不同沈下を生じ壁體前傾す。

ii) 水平壓力に對する抵抗乏しく壁體滑り出しの憂最大なり

水平外力に對する抵抗は専ら壁底と基礎上面間の摩擦抵抗に依存する爲め、何等かの衝動を受けたる際、容易に前方に滑り出し、岸壁の致命傷となる憂最も大である。岸壁背面を唧筒式浚渫船により埋立工事中滑り出したる例も一、二に止らぬ(其原因としては、背面の水が岸壁直下を通り逸水して土壤を流し、岸壁は急激なる沈下の衝動を受くる際、摩擦抵抗が堪へ難きに至るものと考ふ)。

iii) 地震に對する抵抗力最小にして最も非耐震的構造である(地震に最も弱きは次節に於て説かむとす)

iv) 基礎に要する工費不廉なり

特に堅硬地盤に非ざる限り、重力式岸壁は性質上其重量大きく、且偏壓の差著しきが故に、廣面積に互り十分なる基礎工作を必要とし、此に要する杭打、大量土砂置換へ、大量捨石等は容易ならぬ工費に上る。一般に行はるゝ處は往々基礎を開却し、必要とするものも施さぬ状態である。

v) 工費不廉なり

外部環境及岸壁の程度による事勿論なるも、材料を消費する事最も大なる構造にして、同一の地質に於て對照せば概括的に最大の工費を要す。

3. 重力式岸壁の地震影響

岸壁に働く地震外力はこれを土壓の地震影響と自體に働く地震影響の二つに分ち得。

土壓の地震影響として特記すべき諸點は、

第一、岸壁築造位置は多く往時の海面にして地質の軟弱なるを普通とし、若し其れが深き泥層なる時には地震の影響は岸壁直下の深き地層に及び、豫測し難き水平或は垂直の地層異動を生ずる恐れあり。

第二、岸壁の背面は最も新らしき埋立であつて、特に岸壁に接する部分の如きは、厚き軟弱なる新層であるが故に、其附近の一般の古き落付きたる地層に比ぶれば當然大なる土壓を生ずる。

第三、岸壁のある個所は之を地形的に見れば、埋立地と海底との間に急激に大なる段階をなせる個所である。地震波動は斯る凸形の地點に於て特に強く働く。

以上の如く地震力は隣接附近地上の構造物に比べて、岸壁に特に強く作用するものたるは明瞭であり、地震土壓が非常に大である事を知るべく、又岸壁の下層の異常も豫期せねばならぬ。此の爲めには杭打地形の如き深き地層に及ぶ基礎を考へねば安全と稱し難い。

次に岸壁自體に起る地震影響としては、重量式岸壁は特に重量大なるが故に、地震水平加速度によりて強大なる水平外力が、地震土壓と同時に作用し、岸壁と海面に向ひ滑動せしめむとする。

地震時に垂直加速度の伴ふは必然であるが、重力式岸壁は其重量に基く摩擦抵抗により滑出に對抗し、又重量ある爲めの前趾の壓力を一定限に止め、均衡を保ち得るものであるが、上向地震加速度により、安定の根本たる重量は激減を來す。

斯の如く重力式岸壁は其大重量を安定上の最大要素とする爲め、地震に對する脆弱性は他種岸壁に隔絶して甚大であるが故に、地盤が軟弱なる場所に對しては、根本的に排除せらるべき形式たるを信ずる。而して基礎工作が充分なりとするも、現在行はるゝ計算法の下に、保證し得る震度は普通一般の構造にありては重力の10%内外に止り、特殊の補強工作を施すも震度15%は最大極限と見るべく、其れを超過する強度は重力式岸壁の性質を失はしめざる限り不可能に屬す。

破壊的強震に際し、重力式岸壁の蒙る被害の形狀は、滑り出し、傾斜、轉倒であるが、土壓の著増と、自體に働く地震水平力と、重力の減少が同時に起り、壁下と基礎上面間の摩擦抵抗を激減し、又沈下の衝動により靜的摩擦が動的摩擦に轉向する事も一原因となり、結果として岸壁體は海面と向ひ滑出の現象を生じ、或は方塊積疊形にありては中間層の滑り出しも起る。

岸壁の一部が滑出した際には、原位置に引戻さざる限り其目的とする繫船は不能に陥るべく、滑出は岸壁の致命傷である。而して復舊する爲めには初費程の巨費を要するは諸例の證する處である。又地震の爲め水平外力が激増し、重量が減少する爲め、壁底より基礎に及ぼす壓力に激甚の差異を生じ、前趾直下は非常なる強壓を受け、沈下を爲し壁體は往々海面に向つて傾斜を來す場合がある。而して傾斜の甚しきものは根本的復舊を必要とするも、其甚しからざるものは上面のみの補修を以て繫船の目的を達し得る。

岸壁の轉倒はあり得る如きも、事實に於ては其形狀老なる爲め轉倒迄には相等の時間を要し、震動の周期と比ぶればこれは容易に起り得ない。即ち基礎非常に不完全にして順次傾斜を増し行くが如き場合に非ざる限り、Monolithicの函塊構造には轉倒は起らざるものと思ふ。横濱港に方塊岸壁が轉倒せし例あるも此は中間層の滑り出しが主因であつた。

被害の實例としては、大正12年關東震災に際し、横濱港方塊岸壁の滑出し及轉倒、昭和5年豆相震災に際し、清水港函塊岸壁の滑出し傾斜、更に昭和10年靜清地震に際し、清水港岸壁再度の滑出し、傾斜、補強繫索の切斷、尙又此等大震に當り多くの小形岸壁、物揚場の被害があつたが、何れも貴重なる經驗である。

次に岸壁の地震被害を經濟的に此を考察せんに、岸壁は前面に船舶を繫留して物資の荷役を爲すと共に、背面に上屋倉庫を控へ、更に荷役に必要なる廣汎なる諸施設を背後に有し、港灣機能の核心を爲すものであるが故に、一度災害により荷役の不可能に陥らば、直ちに港灣運用の全機能を停め、此により活計を樹つる市民及諸經濟機關に及ぼす影響誠に甚大であるは勿論である。而も其の復舊には長月日を必要とし、結果に於て其損害たるや岸壁の被害の數十倍に達するものあるを考へねばならぬ。

此の故に特に公共用岸壁に於ては耐震強度に重點を置き、たとへ極めて稀に數十年の周期と想像せらるる大震に對しても十分なる抵抗力を豫め與ふる必要ある所以であつて、防波堤の如き經濟的影響の微弱なるものとは自ら區別すべきものと信ずる。私有工場用岸壁の如きに於ても、災害の際の全般に及ぼす被害を豫め想定し、保險の意味に於ても、相當の強度を與ふる要あるものと考へる。

4. 重力式岸壁に使用する函塊の分類

重力式岸壁に利用せらるる巨大塊體は函塊及方塊であるが、後者は起重機船操作により容易に取扱ひ、又考究の價値少きが故に本論に於ては専ら函塊のみを取扱はむとす。

岸壁に使用せらるる函塊を其形狀により分類せば次の如し。

A. 均整形 (圖-31, 35, 38, 39, 40)

B. 不均整形

- 1) 前趾を長大にして安定の良化を計りたるもの
- 2) 中間隔壁の位置を前方に偏せしめ、填充コンクリートの節約を計りたるもの (圖-33, 34)
- 3) 函塊前半に、隣接函塊との取付けの爲或は上部構造との接合の爲め袖様の突起等を付したるもの (圖-33, 34)
- 4) 函塊前壁の厚さを他壁より特に大にし耐久の良化を計りたるもの (圖-32, 33, 36, 45, 49)
- 5) 函塊の後半の上部分を削除し材料の節約を計りたるもの (圖-32, 33, 34, 36)

岸壁の如き外力の極めて不均等なる構造物に對し、壁體主體を爲す函塊の不均整を有利とするは當然であつて、均整形は函塊創始時代の施行を極度に警戒せし過去の形態であり、施行の確信を増すと共に順次不均整の程度を増したるは當然である。

函塊の製作及引卸方法による類別に就ては第 9 章第 3 節に論ずる處である。又海上の運搬及び据付方法による類別に就ては第 10 章第 2 節に之を譲る。

5. 岸壁用函塊の缺陷及其改善に關する意見

本節の改善意見に就ては第 2 章第 7 節及第 4 章第 3 節と相關聯する處多きを以て、重複する問題に就ては其説明を省略す。

1) 函底と基礎との間の水平抵抗少し

殆んど總ての岸壁用函塊は、捨石による基礎上に單に靜置し、水平 strust は兩者間の摩擦抵抗に依頼し、特に靜的摩擦力として壁體重量の 50~70% を滑出の安定の基本として採用せらる。摩擦抵抗は岸壁が一朝他の原因により衝動を受け、運動を始めんとする瞬間に尙其價を維持するや疑問とする處であつて、恐らく其際激減したる動的摩擦抵抗に近きものに轉化するものと推測する。尙又基礎石材と函底間の沈泥は平時其粘着力を以て安定に好影響を與ふるも、其際衝動により分離すべく、此等の原因を以て大地震時岸壁函塊は滑り出しの最大危険に逢着する。而して滑り出しは其例最も多く、且致命的の事故がある。

滑り出し防止の對策としては、基礎は地質特に堅硬ならざる限り杭打地形とし、函底に凹所を設けて杭頭を挿入して固結する方法、或は靜清震災後清水港丙岸壁復舊に行ひたる如く、杭の頭は別のコンクリート體と結合せしめ、該コンクリート體は函塊と凹凸により相結合せしむる方法(圖-50)の如く、摩擦抵抗以外の凹凸と杭による滑出防止手段を安全確實とする。

或は慣行的に捨石上に函塊を靜置する方法に於ても、少くとも、其基礎捨石には表面稜角ある堅石を使用し、又函塊の底は製作の際特に不平滑たらしめて、摩擦以外に凹凸抵抗を加ふることを賢明とすべく、此は最も容易簡單なる改善方法である。

基礎用として天然砂利或は砂を用ひる如きは、摩擦抵抗最も小なる外に、各粒は小にして容易に動き、外壓の爲め基礎體自身が容易に崩るゝ恐れあり、斷じて不可なる工法である。

ii) 函塊外壁の上部に薄く下部に厚きは合理的に非ず

本件は第 2 章第 7 節第 3 項に説くと、同様であつて、施行的一時條件の下に永久的條件が犠牲に供せらるゝの甚しきものである。特に岸壁の場合は船舶の接觸による外傷を重視すべく、水面附近に厚き肉厚を要するものである。是正の方針としては又前記の個所に説く處である。

iii) 鐵筋の外部被覆過少なり。

本件は第 2 章第 7 節第 4 項と同様である

iv) 函塊の後部上半は不明なり

岸壁用函塊は後部上半は永久的見地より何等必要な部分たるを以て、順次此を除去せんとする傾向たるは當然なるも、現行の諸例は尙均整形狀に近く、贅物削除の程度不十分且不徹底である。

v) 函塊の内部隔壁に改善節約の餘地大なり

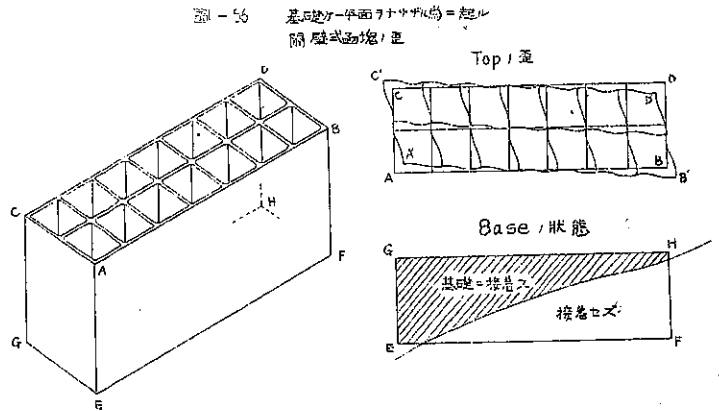
普通函塊は内部にある多くの縦横の立壁により外壁を支持する形狀なるも、それ等隔壁は長大にして薄く、應壓力に對し極めて不利なる形狀といふべく、此に要する材料は總體の 30~40% に達するを常とし、節約の餘地特に多きを思ふ。

隔壁に孔を穿ち、或はトラス形とし、或は第 4 章に述ぶる水平骨格式函塊は容易に此の解決に資するものと思ふ。

vi) 函塊の剛度不十分なり

函塊を基礎拾石上に据付くる場合、基礎表面が完全なる一平面に仕上げ得るならば、全く第二次的内應力を起す憂なきも、基礎均しの作業は潜水夫によるの外なきが故に、此を完全なる一平面、或は同一の水深に仕上ぐるは不可能に近い。故に其上に靜置せられし函塊の一端が、若し不幸にして基礎上に密着せざる時には、其重量は函塊の他の部分に、突付荷重として掛り、立壁上部に歪みを生じ往々龜裂を發生す。海中のコンクリートの龜裂が、耐久上の重大なる缺陷たるは論を俟たぬ處である(圖-56)。

本件は著者が神戸港に在職中、水深 12 m 岸壁用の、長さ 35 m に達する長大なる函塊を基礎上に据付けたる後、各立壁上部に規則正しき龜裂を發見せし事あり、其原因を調査せる結果、基礎拾石均し方不精密の爲め、函底の一半が基礎上に接合せざるによる事を發見した。斯る現象は他にも往々ある事である。



函塊剛度不十分による弱點は第 2 章第 7 節第 6 項にも説く處であつて、防波堤の場合は斜水平の波力を重視すべく、岸壁の場合は函塊の高さ高く、又長さも往々長大であるが故に基礎不平面の影響至大である。而して結果は等しく函塊の *tortion* として顯はる。

本缺點の對策としては、各壁交叉點のハウチを大とする事、函塊の長さを徒らに大ならしめざる事、立壁頂部を幅廣き桁狀に膨大せしむる事、或は又根本的に第 4 章に述ぶる水平骨格式函塊の採用により剛度高からしめ、解決し得るものと思ふ。

vii) 函塊上部に溫度差による龜裂を生ず

第 2 章第 7 節第 7 項に説くと同様である

viii) 函塊内房のコンクリート填充を廢す可し

函塊は施行の手段としての外殼に止り、内房填充コンクリートを以て岸壁の本體と爲す思想は、現時の技術に於

て餘りに贅澤であり、材料の浪費、工費の濫費である。須らく外壁に永久構造として必要なる資質を與へ、高價なる函塊内房コンクリート填充は全廢し、石塊又は土砂填充を以て代ふるを至當なりと考ふ。而して少くとも外壁が數十年の後に至り腐朽せる時初めてコンクリートに置換せば足るものと思ふ。

而して此の爲めには函塊外壁には特に耐久性を考慮し、又外傷に對しては豫め適當なる保護工作を函塊に施す等は必要なる注意である。

ix) 函塊前面の凹凸は勉めて避く可きである

函塊前面の外壁が弧狀を爲し、或は又凹凸多き等は、波浪を激せしめて波頭の打上げ、又は岸壁に Water Hammer を起さしめ各種故障の原因となり、小船緊留に大なる支障を起すべく、勉めて此を避くべきである。外壁の弱點を保護する目的の函塊の突起の如きも、其形狀に就ては以上の注意を必要とす。

x) 背面水壓を輕視すべからず

函塊による岸壁は水密に近く、背面埋立地の地下水位は潮位に影響する事少く、中潮位以上に固定するを常とする。而して降雨時或は唧筒式浚渫船による埋立作業の際は、著しく上昇し岸壁の安定上輕視を許さず、水壓は大なる外力の一として作用する。此に對しては函塊間の継ぎ手を利用し多數の排水孔を設くべきである。

6. 横棧橋及棧橋の重力式構造

横棧橋埠頭として、重量形の橋脚を或る間隔毎に點置し、上面にアーチ又はスラブを架渡し、土壓の大部分はマウンド及棧橋下の土留壁により別途に支持せしむる形式(圖-46)は、佛國海港に屢々行はれ、又清水港豆相震災復舊の際にも函塊を以て橋脚とし施行したものがあつた(圖-48)。此種構造の得失は次の如くである。

i) 安定良好である

土壓の大部分は別途に支持せらるる故に、岸壁前趾下の強壓力、或は滑り出しの憂は非常に緩和せらるる。

ii) 比較的軟地盤に施行するを得

不良地盤に對し、重力式岸壁より遙に有利安全に行ひ得べきも、尙重力式埠頭の特質として橋脚重くして、第章に説く骨格式構造に及ばない。

iii) 耐久的に骨格式(Frame Type)構造より有利なり

船の衝擊、其他耐久的見地よりすれば質量の大なる程頭丈である。

iv) 水衝を起さしむ

河港の如き波動なき地點には好適なるも、波浪ある個所に於ては橋脚間海面に波頭の激衝を起し、構造の如何によりては空氣の壓迫或は吸引を伴ひ、弱點より海水の吹上げ、土砂の吸出し等種々の故障を起す事多く、其程度は骨格式横棧橋の如き開敞せるものより一層甚し。

v) 背面埋立地の異狀免れ難し

波浪の作用はマウンド割石間より土砂を吸出し、埠頭沿土地の沈下、或は建物の異狀甚しきを常とす。時に又マウンドに被害を及ぼす。

vi) 工費不廉なり

重力式橋脚は高價なるが故に勢ひ徑間を大ならしめ、從つて架設する桁スラブの工費不廉となる。全體として骨格式横棧橋の如く輕易なる橋脚を多く設くる構造に比し當然高價に當る。又重力式岸壁よりも一般に不廉である。

是れを要するに重力式橋脚による横棧橋の特長は概して骨格式横棧橋に及ばず。此に反し其缺點は骨格式より大であるが故に、此形式の埠頭は大なる將來性を有せざるものと認む。

土壓を受けざる純然たる棧橋に對し、其橋脚を重力式構造の函塊等を使用せる例神戸港東神棧橋(圖-47)其他稀にあるも、橋脚として重量徒らに大なる爲め、基礎を強固たらしめ、又徑間大なる爲め橋面構造に高費を要し、骨格式構造に比ぶれば高價であつて、此も又將來性ありと考ふるを得ぬ。横棧橋、棧橋は當然骨格式構造の領域である。

7. 結 論

圖-25 Anvers 1:200

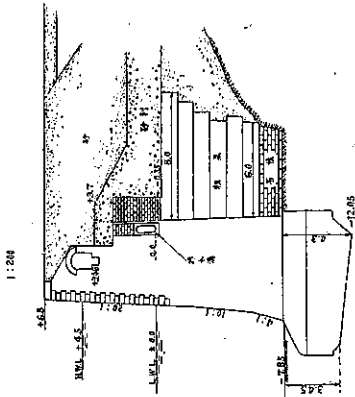


圖-27 横浜港防波堤 1:200

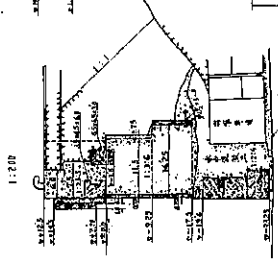


圖-30 尾道 1:300

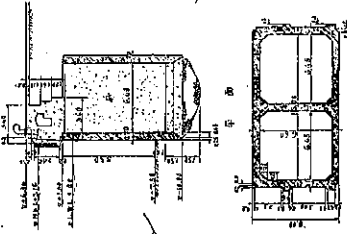


圖-31 神戸港北島 1:250

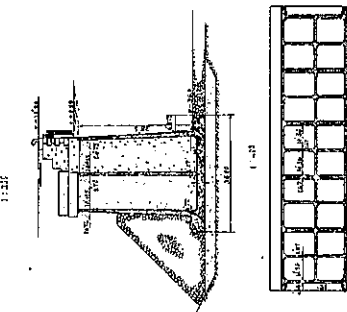


圖-35 神戸港南十二島北防波堤 1:250

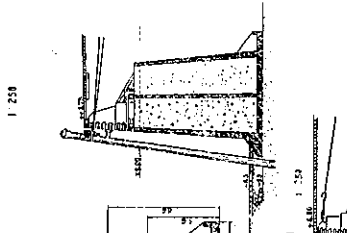


圖-39 Rotterdam 各種 1:250

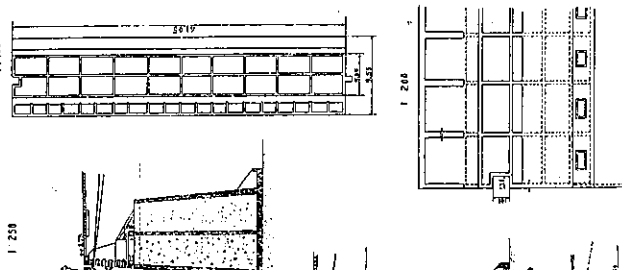


圖-26 Genova 1:200

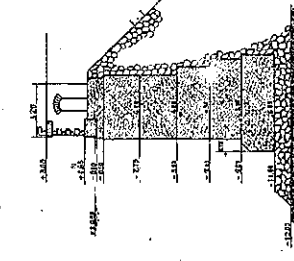


圖-28 長崎港防波堤 1:300

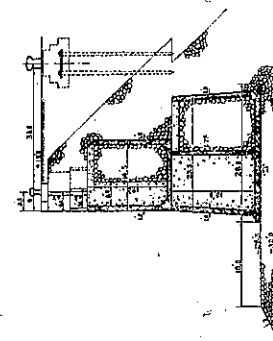


圖-30 Venezia 1:200

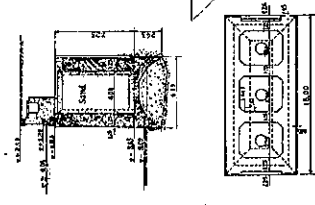
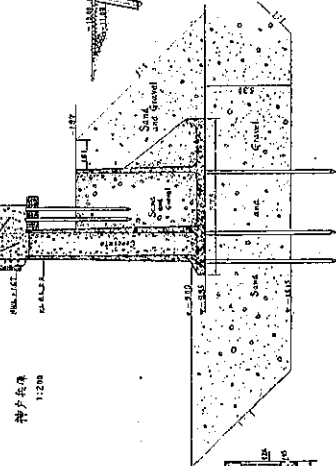
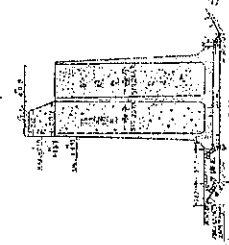


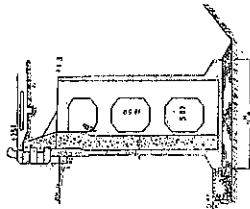
圖-37 神戸港南 1:200



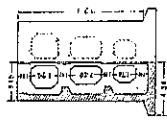
第-35番 門司松浦岸堤
西一級断面圖
1:250



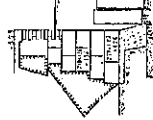
第-37 Copenhagen
1:200



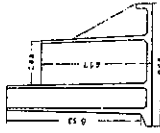
第-39 壘輪
壘輪断面砂塊
1:250



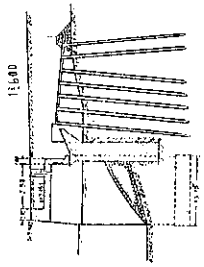
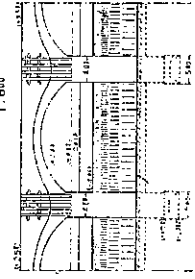
第-41 岸壁處事例
断面及上下
1:250



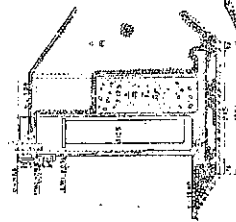
第-44 神戶
岸壁断面砂塊
1:200



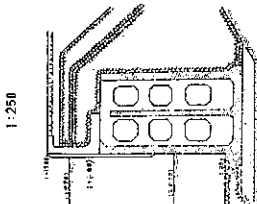
第-46 Bordeaux
1:600



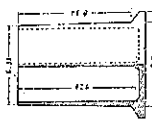
第-38 鶴濱
1:250



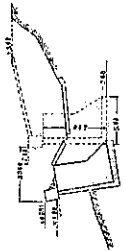
第-36 Le Havre
1:250



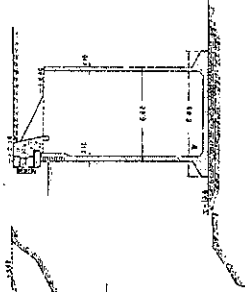
第-40 小樽
1:250



第-45 清水船塢五層電燈
1:200



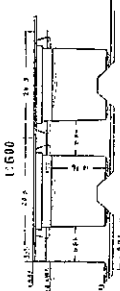
第-45 Helsingborg
1:200



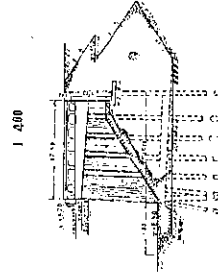
第-47 清水船塢五層電燈
1:200



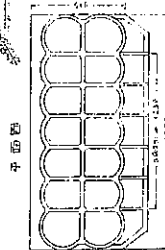
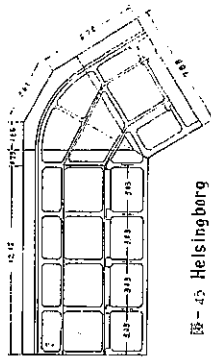
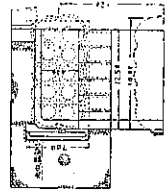
第-47 神戶船塢棧橋
1:600



第-48 清水船塢五層電燈之鏡
1:400



1:400



重力式埠頭構造は地質堅硬なる個所に於ては、多くの場合適當なる形態である。又急速を要する工事、小規模の工事、鐵材に制限を受くる工事に對しては、準備設備の簡易なると、施行の容易なる理由を以て、改良せる方塊積形式が獨特の施工的長所を有する。

然れども斯かる條件なき限り、特に本邦の大多數港灣の如き、不良地盤と地震用意を要するものに對しては、原則として重力式の構造は推賞に價せざるものであり、他の進歩せる形式に據るべきであると信ずる。

若し施行の容易なる理由を以て、尙函塊岸壁を採るならば、須らく其函塊は永久的必要條件を以て計畫し、一時的施行上の添加物は勉めて排撃に努力すべきである。此目的に向つて、フロートの使用によりて函塊の自己浮游の觀念を捨つるならば、自ら容易に多くの改善と節約を遂げ得べく、又猶フロートの設備を避け、自己浮游に據らんとするならば、水平骨格式の函塊構造は在來のものに比し大なる構造的効果あるものと信ずる。

横棧橋及棧橋は骨格式構造に據るを正しとする。

圖-40 Barcelona
1:200

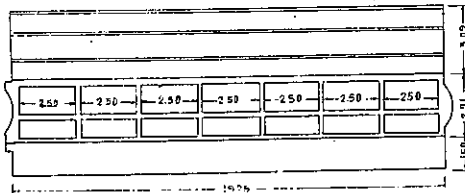
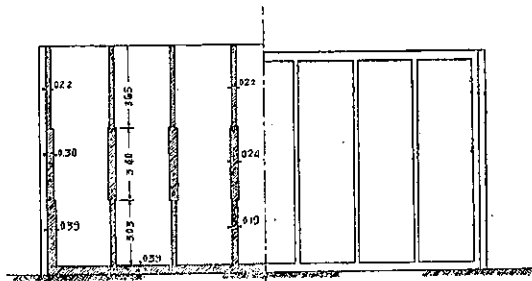
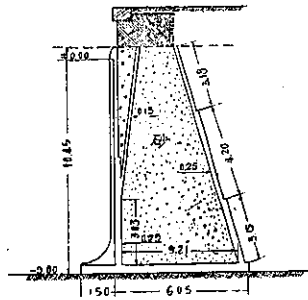


圖-50

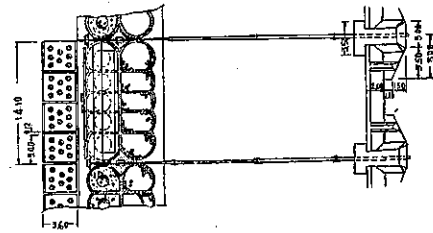
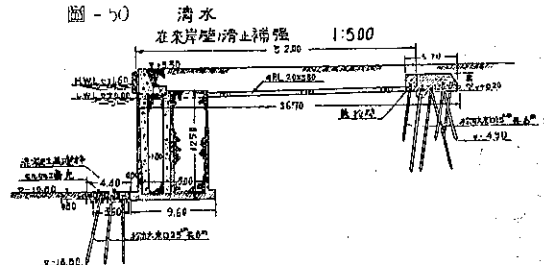
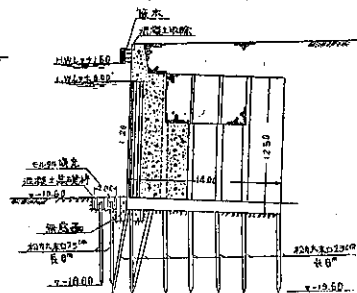


圖-51 清水
滑出防止/函塊岸壁 1:400



4. 水平骨格式函塊

1. 在來の隔壁式函塊

海工に使用せらるゝ普通一般の函塊は、底の床板 (Slab) 上に、相互に直角に交又する多數の垂直なる立壁を取付けた形であつて、四圍の外壁は函内の間仕切り垂直隔壁によりて支持せられ、間仕切り隔壁は横斷壁と縦斷壁と相互に支持する。即ち 圖-52 に示すが如く、著者は此を“隔壁式”函塊構造 (Caissonblock of Partition Wall System) と名付く。

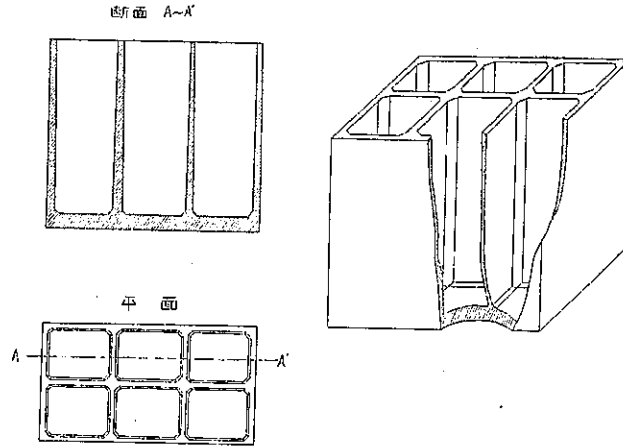
函塊に働く外力たる水壓、波壓、土壓は四周の外壁及底板に作用する。而して外壁は其兩端を他の外壁にて固定せられ、中間數個所を隔壁にて支へらるゝが故に、構造的に見れば、外壁は兩端固定せられ水平方向に架渡せる連続桁であつて、主なる鐵筋は水平方向に配置し、壁厚は外力の大きさ（主として浮かせる時の水壓）によりて決定せらる。

中間にある縦横の隔壁の役目は外壁の支保であり、應壓力を受け、兩端固定し中間は他の隔壁にて支持せらる。又隔壁は函塊の内房に注水の際其兩側の水位差丈の水壓を受くる

事ある爲め、若干の曲げモーメントに堪へる用意をするを普通とす。此の爲め隔壁は、兩端固定の水平連続桁と抗壓材としての兩様の應力に基きて決定せらる。

底板は外壁及隔壁にて支持固定せらるゝが故に、四邊固定せられたる床板 (Slab of 4 Sides Fixed) として計算せらる。

圖-52 隔壁式函塊構造



2. 水平骨格式函塊の説明

昭和4年横濱港外防波堤築造に際し、著者等は隔壁式函塊と異りたる構造方法の數種の函塊を計畫し、爾來同港山ノ内乾船渠内、及び鶴見淺野造船所の造船臺を利用し、兩方法を以て連続製作を續け、昭和13年度迄に其數179個に上つた。而して何れも所期の効果を納め、事故又は故障を起せる事なく、計畫に誤なかりし事を確信せるものである。

新函塊は獨り防波堤用のみならず、岸壁用としても在來函塊の改良型として利用し得べく、而して上記の實例の大部分はフロートにより浮力を補助せしも、此の新函塊はフロートと關係なく、單に内部構造方法の相異であつて自己浮游の函塊にも適用し得べきものである。

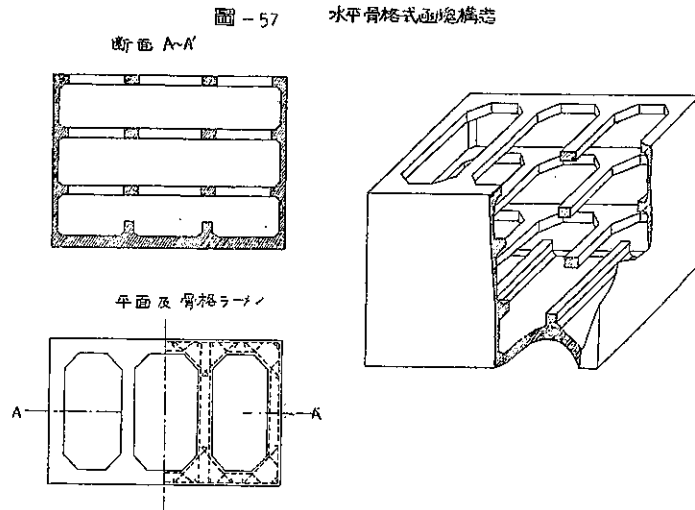
上記の新函塊を“水平骨格式函塊”(Caisson Block of Horizontal Frame System) と名付く。

水平骨格式函塊の底床版及四圍の外立壁は隔壁式函塊と異なる事なきも、内部に於て凡ての隔壁を廢し、此に代へるに函頂部及中間適當の位置に、外壁に内接して強力なる水平桁を設け、水平桁は相互に相結合して、四角形ラーメン構 (Box Rahmen) 或はトラス構 たらしめて、相互に外力を支持し、及び斜めの外力にも十分なる抵抗を發揮せしむる (圖-57)。

水平骨格式函塊の外壁は、底床版と頂部の水平桁を兩端とし、中間の水平桁にて支持せられたる、垂直方向に架渡せる連続桁であつて、主なる鐵筋は垂直方向に配置せられ、壁の厚さは外力の程度と、水平桁間の距離を加減する事により、任意に決定せられる。

水平骨格は (圖-58, 60) の如く、其四周より力を受くる四角形ラーメンと

圖-57 水平骨格式函塊構造



して各部材は彎曲應力を以て計畫するか、或は(圖-61)の如くトラスの形狀として、直壓及び彎曲應力の併合應力により計畫せらるゝか何れかであるが、一般函塊の隔壁より遙に埒き材料を以て、より強固に支保の目的を果し得る。

底床版は外壁により支持せられたる Slab of 4 Sides Fixed の状態であるが、支點間餘りに大に過ぐるが故に、中間に補強桁を加ふる必要があり、故に兩端固定の中間補強桁にて支へられたる連續桁となる。

本型式の函塊は横濱港に於ける外防波堤用 5 種の外に、堺港防波堤及室蘭港岸壁用として此主旨のものが使用せられた。

3. 隔壁式函塊と水平骨格式函塊の利害比較

i) 剛度に就て

隔壁式函塊は第 2 章第 7 節及第 3 章第 5 節に述べたる如く剛度低く此種函の大半は龜裂あるを例とし、内部にコンクリートを損充せざる函塊にありては特に重大なる缺陷である。換言せば隔壁式函塊にはコンクリート損充を要すと稱し得る。

水平骨格式は函頂及中間に、十分な強さと剛度を有するラーメン式或はトラスを挿入せる爲め、斜め水平の外力に對し安全なるは明白である。又函塊の長さが大なる場合には、中央垂直方向の剛度不足する爲め、補強用縦ラーメンを挿入する事を以て、函塊の如何なる方向にも剛度の不備を來す事なく、又容易に十分なる剛度を與へ得べく従つて外壁に龜裂發生の憂を除き、函塊自體のみを以て耐久的價値を十分ならしめ得る。

剛度の十分なる利益は、基礎均しの不備、斜波力の備への外に函塊を以て豫備荷重用(第 2 章第 6 節)として使用し得べく、方塊を以てする荷重に比し、大なる煩瑣と工費を省き得る。

ii) 外壁の厚さに就て

永久的目的、即浸蝕及波力の點より考へ函塊は上部を厚く、下部を薄からしむべく、又鐵筋被覆についても同様の考慮を必要とするは、既に第 2 章第 7 節、第 3 章第 5 節に述べたる如くであるが、在來の隔壁式函塊に於ては外壁の徑間一定せる爲め、水壓に對抗上外壁下部は特に厚きを必要とし、浮力を與ふる爲め上部は薄く爲さざるを得ぬ。

水平骨格式函塊に於ては、外壁は水平骨格の位置を自由に調節する事を得るが故に、其徑間を上部に疎に、下部に密に爲して、以て上下異なる水壓に對しても、同一の外壁厚か或は任意の壁厚を與へ得る。即一時的條件と永久的條件の矛盾を省き、永久構造としての適切な厚さを與へ得る。

従來の隔壁式函塊の小口兩端の外壁は横面の外壁より厚きを例とする。元來小口面は隣接函塊と接し永久構造上輕視して可なるべき處なるも、支柱間の距離大なる爲め、水壓上斯くの如くせざるを得ないのを普通とするが、此に對して水平骨格構造を以てせば、小口面と雖も少くとも横面と同一の厚さに止め得る。

iii) 頂部補強に就て

在來の隔壁式函塊の龜裂は常に函塊の頂部より下方に向つて發生する。即斜の外力によるもの、基礎の不平面によるもの、水面上と水面下の溫度差によるもの、波濤の函内打込みによるものは何れも函頂を最弱點とするが故に従來の隔壁式函塊にありても、往々特に函頂に於て壁を厚くし、補強鐵筋を増し、此を保護せんとする傾向である(圖-18, 19, 34)。

水平骨格式函塊は其主旨として剛度を高からしむるが故に、龜裂發生の原因の一半を絶ち得ると共に、構造上自然に外壁頂を補強保護する事となり、根本的に此の目的に合致す。

iv) 所要材料に就て

隔壁式函塊の隔壁の主なる任務は支柱、即直壓力を受くるものであるが、支點間の距離大なる爲め一定の限度以下に厚さを減ざるを得ぬ。又其形は廣大なる平壁なるを以て、支柱用として頗る不經濟なる材料を要し、且其兩側間の水位による曲げ應力の爲めに相等の鐵筋をも必要とする。

圖-56 環形防波堤用之基礎

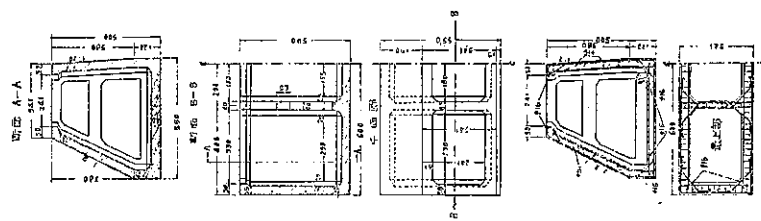


圖-57 橫濱外防波堤
北側固基断面圖

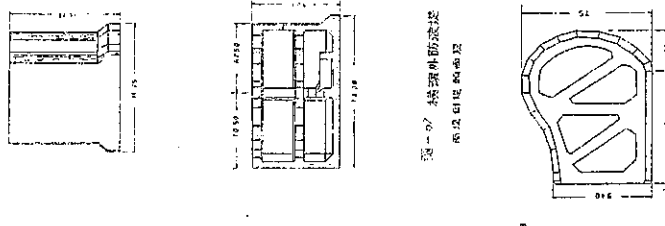


圖-58 橫濱
外防波堤基礎断面圖

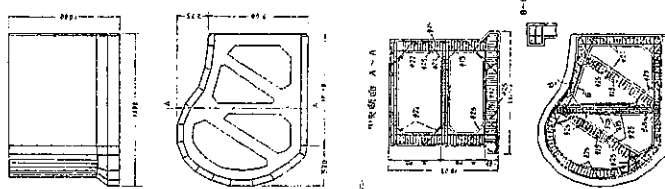


圖-59 橫濱外防波堤
南側固基断面圖

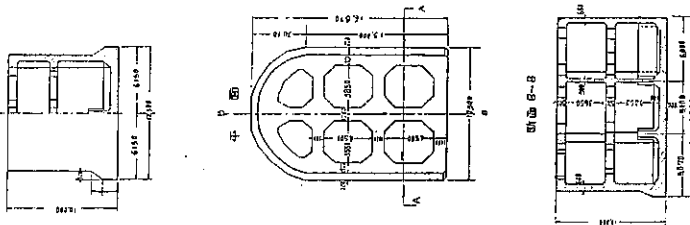


圖-59 橫濱
外防波堤基礎断面圖

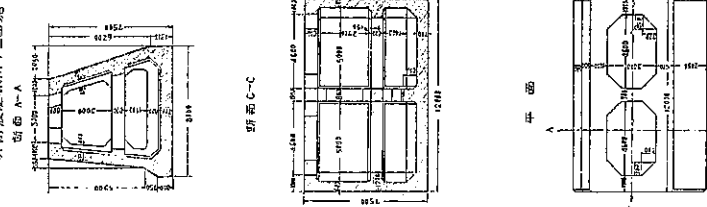
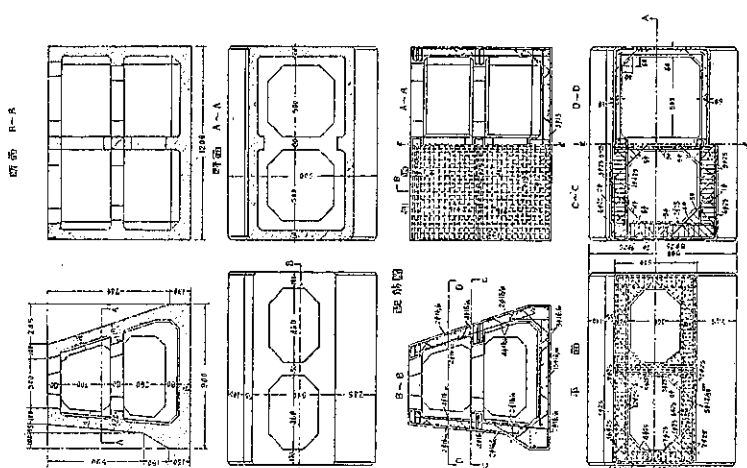


圖-58 橫濱外防波堤用大型基礎
断面 B-B



水平骨格式函塊にありては、支柱たるラーメン又はトラスは其目的のみに適する如く、材料を最も合理的に最も有利なる形狀に使用し得べく、結果に於て支柱材として隔壁式骨格の $1/3 \sim 1/4$ を以て十分である。

更に又水平骨格式函塊は、一時的目的と永久的目的を一致せしむる事多きが故に、一時的贅物の除去による材料節約も、總體的に大量に上る。

v) 型枠に就て

型枠の費用は大體に於て其面積に比例する。而して同一外形の函塊に對する兩式の比較は、隔壁式が水平骨格式より遙かに廣面積たるは想像に難からぬ。

但し隔壁式型枠が平滑單純なるに對し、水平骨格式は内部に凹凸多く複雑である點に於て、前者を有利とするも猶總體的に見て同一函塊に對する工作費は水平骨格式を以て大に廉なりと考へる。

vi) 進水に就て

進水に關しては兩式共全然同一である。

vii) 沈降据付に就て

自己浮游せる函塊を現場にて据付する時に、内房に注水し吃水を平に保ちつゝ沈降せしむるは一般に行はるゝ方法であつて、隔壁式函塊は多くの内房に分れ、吃水を調節するに極めて便宜容易である。

水平骨格式函塊の内房は共通にて一房なる爲め、此點不便なる如きも、大函塊据付の經驗に徴するに、函塊が注水によりて吃水を増したる際には、安定なる浮游體であつて、容易に動搖を起す事はない。故に水平骨格式函塊にありても、沈降は専ら注水を以てし、trim の調節は、別に用意せる圍體即ち割石、土砂、コンクリート塊等を投入する事により、十分安全に目的を果し得る。

据付けの不便は單に數時間の問題にして、又費用としても僅かなるものであつて、此を以て計畫を左右するは本末顛倒といふべく、技術の熟練により解決するを當然と考ふ。

viii) 底床版に就て

函塊の底床版は隔壁式函塊の方がリデッドであつて、反對に水平骨格式にては特に底に補強桁の添加を必要とする。

猶從來の函塊の底床版は、一般に過度に重視せらるゝ傾ありて、過大なる厚さ、及鐵筋を費さるゝも、函塊が岸壁或は防波塊に据付けられ、内部に割石又は土砂の填充を終りたる後は頗る安全なる存在であつて、荷重も至大ならず、又耐久的にも容易に傷けられざる個所に在るが故に底床版の計畫も當然永久的見地を元として立案すべきものと考へる。即ち函塊の重要點は専ら外壁に存する。