

## 第十二章 捨石部詳細

### 第一節 粗石堤

本章にては、捨石堤並に混成堤の捨石部に關し、之を用材別に分離して、各その特長、形狀等を述ぶるものである。

既述の如く捨石堤を其使用せる材料に依つて分てば、粗石堤、捨方塊堤、土砂堤となる、又混成堤下部の捨石部も同様の種類がある。

**粗石堤** Rubble-mound-breakwater とは、粗石 (Rubble-stone) を山形に盛り上げた防波堤であつて、防波堤の構造としては、最も簡單なものである。

〔註〕方塊が多少用ゐられたものは、假令粗石を多量に混用して居つても、便宜之を次節の捨方塊堤の方へ編入する事とした。

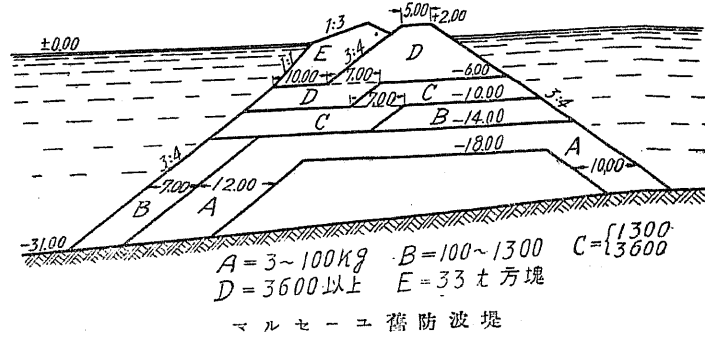
**特長** 粗石堤の特長は、前章第二節に掲げた捨石堤の一般的長短の各三項を、何れも兼ねる者であつて、殊に施工と設備との簡易の爲め、古來廣く行はれた様式である。然し多量の粗石を要する爲め、附近に好適の石切場を有する場合でなければ、此様式は實行できない。

又波に依つて、粗石が分散する傾向を持つ事と、粗石の大きさに限りある爲めに依つて、此様式は波力強大の所には不適當である、即ち最大波高が大略4米以下の所に用ゆべき者と思ふ。

**形狀** 粗石堤斷面の形狀即ち上幅、頂面高、側面勾配等に關しては、前章第三節に於て之を述べたが、尙ほ其詳細は後に掲ぐる實例に就て知られたい。

**堆積の種類** 一般に捨石堤の堆積法には、佛蘭西式と英吉利式との二種がある、即ち波力が影響する強弱に應じ、塊の大きさを大小種々に細分して、上部と表面とは大塊を用ゐ、下部と内部へは小塊を捨てるものを、佛蘭西式の堆積法と言ふ。(圖參照) 之に反して塊の大小に頓著せず、均一に堆積するを、英吉利式と呼ぶ。

前者は理論的であるが、其の施工は多少複雑となる。



本邦の捨石堤は、純

佛蘭西式の如く詳細に分類はしないが、普通その大小を二種乃至三種ほどに區別して堆積する。

粗石の大きさ 粗石の塊の大きさは、勿論波力の強弱に應じて一様でない、今之を波高4米までの、外海に近い所と、波高約2米以下の内海とに依つて、粗石の大小を分類した大凡の標準を記す。

波高4米 ~ 2米	{	表面	5000 疋 ~ 1000 疋
		内部	1000 疋 ~ 100 疋
波高2米 以下	{	表面	1000 疋 ~ 200 疋
		内部	100 疋 ~ 40 疋

波高4米迄では、粗石堤の適する大略の範囲であるが、若し夫れ以上の荒海へ之を用ゆる時には、勿論前記の5疋よりも更に大なる粗石を用ゐる、例へば、三國港にては10疋までの大石を使用した、又地中海の諸港でも10疋までの大石は屢々用ゐらるゝ、然し最も多い石は2乃至5疋であると言ふ。尚ほバナマのコーン港にては15疋の大石が使用された。

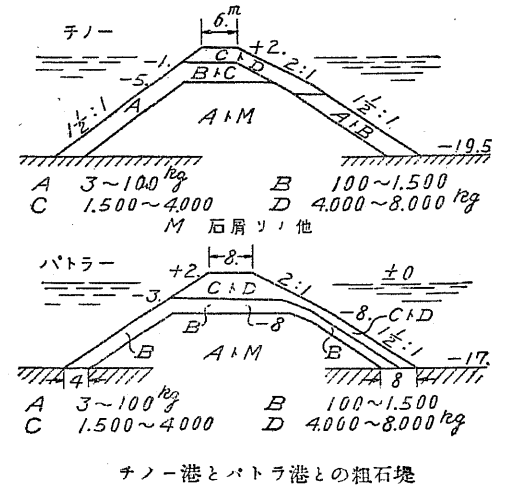
之と反對に小さい實例には、前記の40疋より小なる者もある、即ち波が特に静かなる内海の粗石堤、或は水深大なる大粗石堤等の下の内部へは、時として5疋の小石をも用ゐる。

〔註〕 以上の粗石大小の分類は、各部に於ける主要なる粗石に就て言ふものであつて、

其石の間には勿論若干の小石が挟まれて居る、即ち全部同一の塊のみ揃へる意味ではない、蓋し大石の間に小石が挟まる方が波力に對して強くなる。

〔註〕 粗石の大きさを表はすに、以前は貫を以てしたが、漸次疋或は疋で表はす様になる、又立米で表はす事もある。

1000 疋、即ち1疋は約266.7貫、或は約0.98疋である、又粗石1立米の重量は第五章第三節に記した如く、硬質の粗石ならば大略1.6疋に當る。

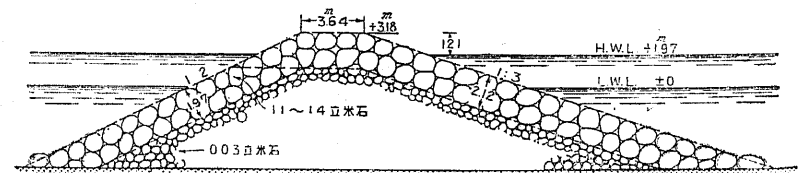


品質 粗石の品質は、第五章第三節に述べた如く、比重大にして、硬度強く、崩壊せざる者がよい、例へば安山岩、花崗石等は最も上等である。

尚ほ又なるべく角張つた者の方が、各の噛合せよく波にも強い、例へば石山から切出した粗石は、海濱の轉石よりも波に對して結果がよい。

已むを得ずして土丹岩の如き柔質の石を用ゐる場合には、堤の内部或は下部へ置き、表面へは硬質のものを被せる。

施工 粗石堤の施工に於て基礎、運搬投下、仕上等に分けて順次説明する、その中で先づ基礎の事から記す、但し茲に述べる基礎の問題は、獨り粗石堤ばかりでなく、總ての捨石堤と混成堤との基礎に當てはまる。



伊東の捨石堤

基礎の地質が、例へば良質の砂地の如く、其耐支力が充分の場所に於ては、地盤の上へ直に粗石を投下するのである。

然るに柔弱なる泥土の所に於ては、地盤の改良と底部の擴大とに依つて、耐支力の不足を補ふ。

その中で、地盤改良の工法としては、例へば神戸の混成堤に於けるが如く、良質の荒砂を以て、柔弱の泥土と置き換ふるのが、最も有効である、如斯き地盤改良を行はず、泥土そのままの所へ粗石を投下する時は、徒に泥土の中へめり込んで、多量の石材を要し甚だ不経済である、其適例は大阪の捨石堤に見る。

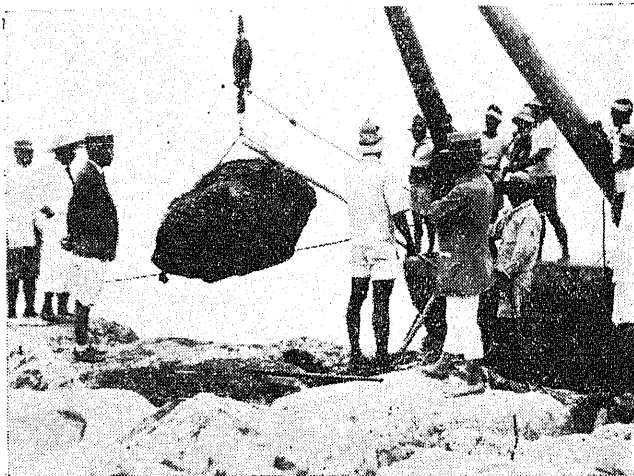
前記の置換砂の厚さは、厚薄様々であるが、普通5米前後のものが多い。

次に底部を特に擴大して、單位荷重を低減せしむるには、例へば四日市の捨石堤に於けるが如く、高價の粗石の量を省く爲めに、堤體下部の中詰の材料に砂、砂利の類を大に用ゐる、又名古屋、キール港の如く粗朶沈床を敷く事もある、但し上記の如く中詰に砂、砂利を用る、或は粗朶沈床を用ゐ得る場所は、一般に波高の小なる内海の港に限られる。

(註) 置砂を施す工法としては地盤の泥土を多少浚渫して、其凹所へ砂を投するものがある、然し水深

大なる海底を、更に深く掘る事は容易でない爲め、地盤そのままの上へ單に盛砂をなし、其自重に依つて沈下せしむる工法を取る事もある。

尙ほ奇抜のものには、盛砂を火薬爆發に依つ



粗石取扱の状況

て沈下せしめたり、或は巨大なる噴射水に依つて注入するものなどある。

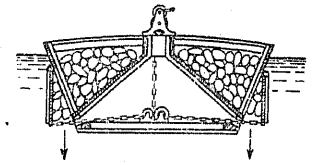
以上の説明に依つて基礎施工に關する記事を終つたから、次に粗石の取扱、運搬投下、石均し等の施工に就て記す、尙ほ切出に就ては既に第五章第三節に於て之を述べた。

一般に粗石の取扱に於て、一箇の目方約100疋までは、人手に依つて動かし得るが、それ以上になると起重機を利用する、但し此起重機は普通木造の簡易構造のものである。(寫眞参照)

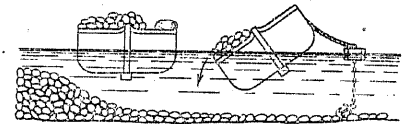
次に石山より防波堤の位置へ運搬するには、陸上、海上の二種ある。

前者は臺車へ載せてレールの上を運び、後者は運搬船へ入れて運ぶ。

粗石用の運搬船としては、普通の帆船を使用する場合もあるが、多くは圖の如き底開船、若くは甲板張船へ積んで、曳船にて曳送する。



此底開船のホツバーの周圍には、木を張り石に依つて、破損されない様にしてある。



粗石運搬船

底開船に依つて運ばれたものは、其底を開いて所定の位置へ投下すれば足りる、又甲板張船にては、船を傾けて片側から落し、或は起重機の力を借りて投下する。

次に粗石堤の仕上施工の説明に先だつて、粗石投下後に起る堤體沈下の原因に就て記す即ち其原因は次の三つとなる。

- (1) 地質柔弱のため地中へめり込むもの
- (2) 波浪に依つて散亂するもの
- (3) 水の動搖に依つて、粗石間の隙間が少くなる爲め

以上の中で(1)の地質柔弱に關しては、既に之を記した、尙ほ此沈下の多き所

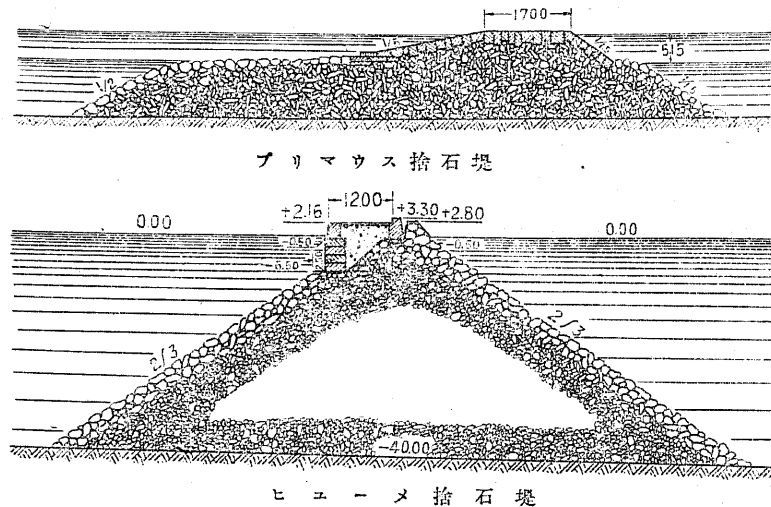
にては、堤體斷面積の二倍以上の粗石を要する事が稀でない、次に(2)の散亂は、荒天時に積上げた上部の粗石が崩れて、下部へ廣がるものである、従て荒海の粗石堤では、堤體立積より5割以上も多き粗石を要する事がある。

この如く波浪に依て散亂されなくとも、粗石積を暫らく放置する時は、(3)の如く多少の波の動搖等に依つて、次第に落着き間隙が詰まつて小さくなる、其爲に堤體は一割乃至二割ほど收縮する。即ち此等の沈下收縮を當初より考慮して、粗石の使用數量を見込むべきは言ふ迄でもない。

尙ほ又表面最後の仕上げは、粗石投下後に相當の期間を置き、充分沈下收縮したる後に行ふがよい。例へば本邦の荒天期は冬であるが故に、捨石堤の仕上は、少くも一冬越した後に行ふべきである。

水中の石均しが潜水夫に依るは言ふ迄でもない、又水上にては起重機等の力を假りて均らす、此等の均し方は各塊が互に噛み合ふ様に並べる事が肝要である。

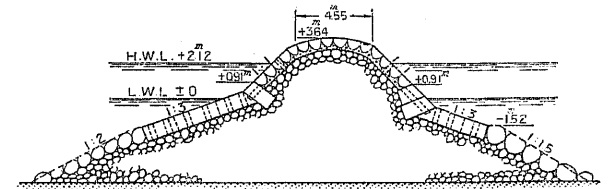
殊に頂面の嚙合せは最も注意する、尙ほ此頂面へは嘗て述べた如く時として割石を張り詰めたもの、又は場所詰コンクリートを施し、或は方塊を置いたもの等がある。



伊東の捨石堤の頂面は單に大石の嚙合せに止めてあるが、ブリマウス港とヒューロン河口等の捨石堤では、其干潮面上の表面を全體割石を以て張り詰めた、(圖參照)又三國港の捨石堤は修繕の際に、其頂面の粗石間へコンクリートを詰めた、尙ほ場所詰コンクリート、或は方塊を頂面へ載せた粗石堤の實例には、ヒューメ港、キングストーン港を始め相當に多い。

又油津の捨石堤は、其上部に石張を施し、後に述ぶる混成堤に稍々似たる形狀を呈する。(圖參照)

(註) 粗石の價格即ち火藥代、穿穴、積出、運搬、投下等の大略の費用は、第五章第三節の註に於て之を記した。



油津の防波堤

次に石均しの費用は、一平方米の表面を均すに約5圓乃至6圓ほどかかる。即ち潜水夫一組と人夫一人にて一日、約3.3平方米即ち面一坪を仕上げる。

### 第二節 捨方塊堤

捨方塊堤とは粗石の代りに、混凝土塊 (Concrete block) 即ち方塊を堆積した防波堤である。

特長 捨方塊堤の特長が、前章第二節に掲げた捨石堤の一般的長短を有するは言を俟たない、然し同じく捨石堤に屬する前記の粗石堤と比較すれば、多少異なる所がある。即ち方塊は粗石と異なつて、塊の大きさを任意に大きくなし得るが爲めに、此の捨方塊堤は粗石堤よりも、更に強大なる波力の所へも適合せしめ得る事、又側面の法勾配を急にして、堤體の立積を節減し得る事、尙ほ石切場が無くても、施工し得ること等の長所を有する。

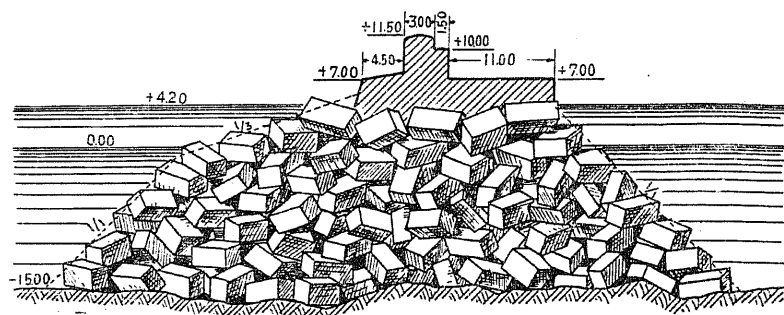
然し粗石堤に比して劣る點を挙げれば、其工費一般に高き事、施工用の設備複雑なる事、比重小さく大塊を要すること等である。

(註) 粗石堤の場合の如く、石切場を必要としないが、砂、砂利の供給潤澤なるを要す

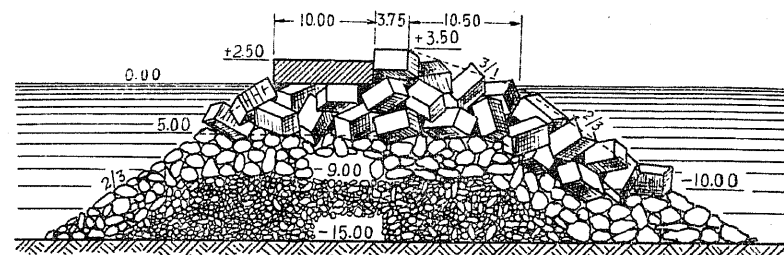
る、但し砂利が無ければ、碎石を用ゐる。

方塊と粗石との比重の比は 2:3 であるを以て、水中に於ける重量の比は 1:2 となつて、其點は甚だ不利であるが、然し一方に於て塊の大きさを、自由に大きくなし得る爲めに其缺點を補つて餘りある。

形状 捨方塊堤の断面の形は、前章第三節に述べた如く、側面の法勾配は約一割ほどの急勾配を用ゐ、又其頂面の上幅は普通 7 米前後のものが多い、然し此等には勿論例外も少くない。



カサブランカの捨方塊堤

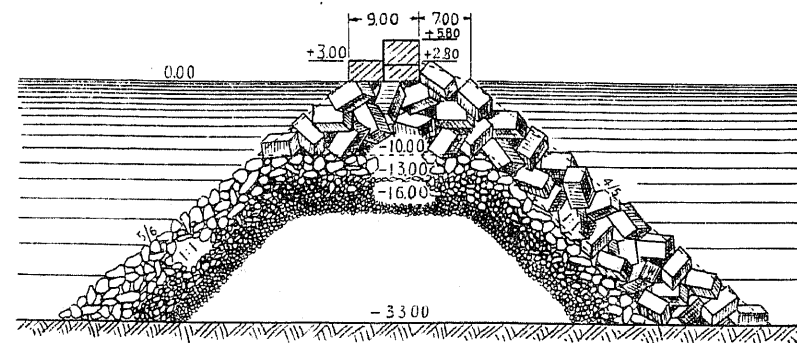


モスタガネームの捨方塊堤

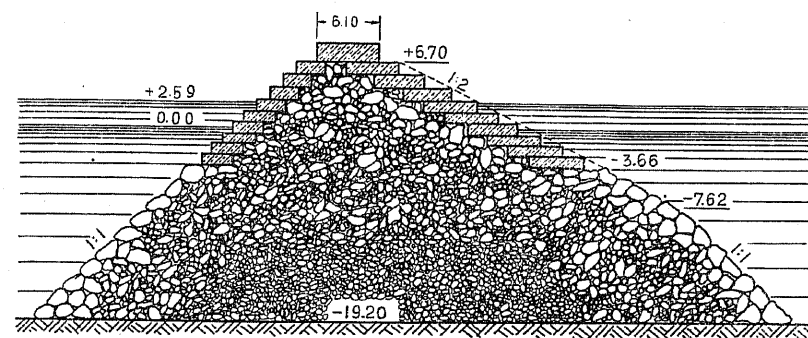
堆積の種類 捨方塊堤の堆積方法は、之を二種に大別し得る。即ち、堤體の中から殆んど全部を方塊で堆積した者、又上部の表面だけを方塊にて被覆したものである。

前者の實例としてはカサブランカ、リボオ等の防波堤がある、又後者には、大阪、四日市、マルセユ、アルゼリー、モスタガネーム等その實例は頗る多い。

尙ほ後者の上部表面だけを方塊で覆ふ者に於て、更に其並べ方を細分すれば、不規則に堆積する者と、規則正しく並べる者との二つとなる、而して規則正しく並べる者は、之れを階段形となす場合が最も多い。



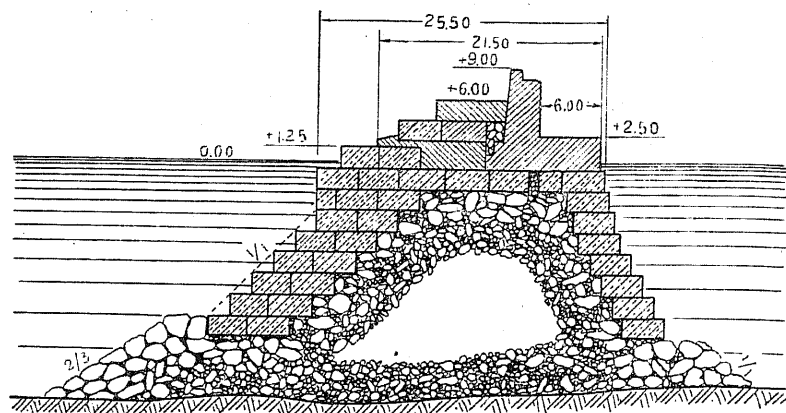
アルゼリー北堤の不規則張



サンデイベールの階段張

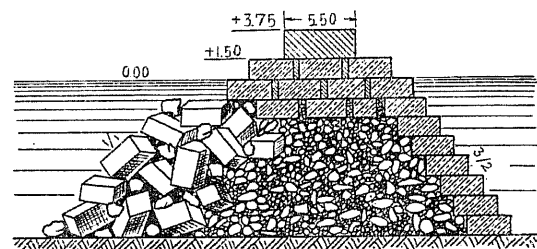
不規則張の實例は、オラノ、アルゼリー等、又階段形に規則正しく並べたものには、サンデイベール、シビタベキア等である。(圖参照) 元來此階段形の實例は伊太利に最も多く、従つて之を伊太利式と呼ぶ事がある。

本邦に於て方塊を階段形に積み、中へ粗石を詰めた所謂伊太利式に稍々似たる防波堤は、大分、敦賀舊堤等決して少なくないが、其上部が直立體の形状に近く成つて居るが爲めに、此等は捨石堤よりも寧ろ混成堤へ編入すべきものと思ふ。



シビタベキアの階段張 (伊太利式)

四日市の防波堤に於ける方塊の張方は、規則正しき者の一種であるが、其置き方に特異の點がある、即ち法面へ方塊を各々傾けて据えた、従つて其の表面は鋸状の規則正しき凹凸を呈して居る。



リボオの階段と不規則張との混用

リボオの防波堤は、不規則と規則正しき者との混用の實例である、(圖参照) 即ち外海へ面する方は不規則

堆積となし、港内へ面する方は階形段となした。

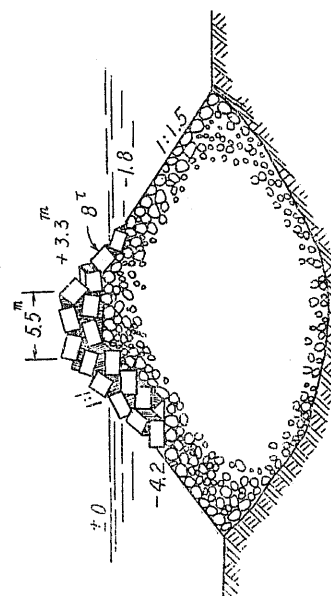
方塊の大きさ 既に述べた如く方塊の水中重量は、粗石の約半分に過ぎない爲めに、方塊の大きさは粗石に比して、二倍以上大きくすべき理窟である、然し實際は其製造が容易の爲めに、それよりも遙かに巨大の方塊を用ゐて居る。

而て此方塊の大きさの決定は、勿論波力の大小に應じて定むべきであるが、今茲に捨石堤表面に用ゐる方塊に就て、波高と其重量との大略の標準を次に示す。

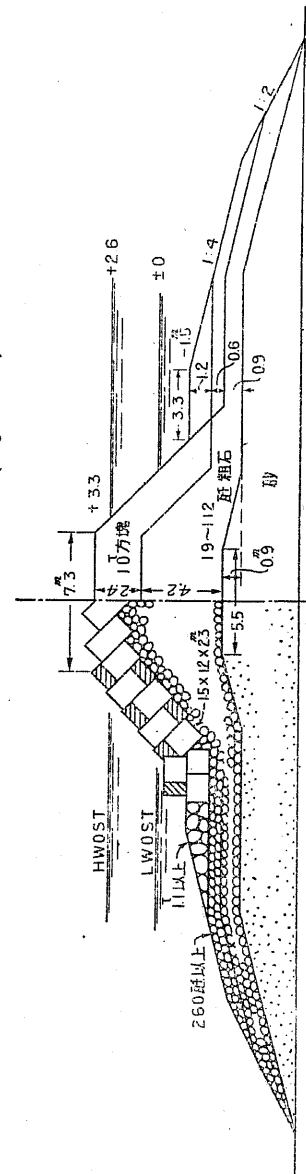
(註) 本邦の實例に依れば、大阪8甍、四日市10甍の方塊であつた、尙ほ又外國の實例を次に列擧する、即ち全部方塊堆積のリボオの方塊は24甍であつた、また表面へ不

波 高	方塊重量
2 ~ 3 米	10 甍
3 ~ 4	15
4 ~ 5	25
5 ~ 6	40
6 米以上	60

規則に堆積した實例を記せば、マルセイユ33甍、アルツール35甍、ゼノアのカリラ堤35~40甍、アレキサンドリア東堤40甍、サンアントニナ40甍、レキソス45甍、マルセロナ60甍。



大阪防波堤



四日市の防波堤

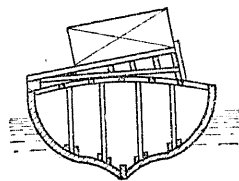
次に表面を規則正しく階段形に張つた實例

には、サンディベイ表法8甍、裏法8甍、アレキサンドリア西堤20甍、モナコ33甍、シビタベキア35~40甍、セツト47甍。

〔註〕 方塊の大きさを表はすに、前記の如く重量を以てするの外に、立積即ち立米を以て表はす事がある、而て方塊一立米は、約 2.35 噸に當る。又若し之から水中の浮力を引けば一立米約 1.35 噸となる。

施工 方塊の製造と積出との施工に就ては、第七章第二節に詳しく記した、次に方塊の運搬には、粗石に於けるが如く陸上と水上との二通りある、陸上に依るものは、臺車に載せて現場へ送り、タイタン等にて投下する。

次に水上運搬のやり方には種々の工法がある。例へば方塊を先づ甲板張船へ載せ現場へ送つて、其船を多少傾けて滑り下ろす者、或は其甲板張船上の方塊を、浮起重機の力に依つて下ろす者、又直接に大なる浮起重機の上へ、澤山の方塊を積んで、現場に至つて釣り下ろす者、又相並ぶ浮函の間に釣つて運ぶ者等種々ある。其際に必要の塊釣器 (Lewis) に就ては、第六章第三節に之を記してある。



方塊運搬船

起重機にて釣り下ろす時には、普通は潜水夫の手を借りて、適當の位置に積みしむる。又方塊間の間隙には、粗石をなるべく詰めるがよい。

次に頂面の仕上は、粗石堤に於けるものと略々同じである、例へば場所詰コンクリートの上置を施すものが多い、若しそこに胸壁を置く際には、胸壁前に於ける捨方塊との間隙の填充を忘れない様にする。

尚ほ捨方塊より下層の粗石部、或は基礎等の施工は、前に述べた粗石堤と勿論同様である。

〔註〕 四日市の方塊張の作業には 20 噸揚浮起重機 1 隻、甲板張の運搬船 4 隻、曳船 2 隻潜水夫 3 組を以て、十艘方塊を一日に平均約 50 個積んだ、而て其作業費は一箇當り約 5 圓ほどであつた。

### 第三節 土砂堤

こゝに土砂堤とは堤體の大部分を、土砂の堆積より形ち造る防波堤である。

特長 波力に依つて崩壊され安い爲めに、波の靜なる所、例へば波高約一米以下の所に用ゐらるゝに止まる。然し土砂の單價が安價のため、其築造費は低廉である、又浚渫の土砂を之に利用し得る等の利益もある。

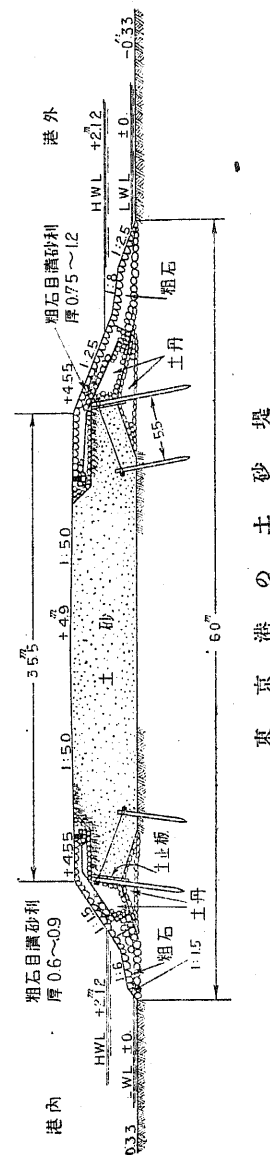
要するに土砂堤は、波に對し甚だ弱き爲めに、粗石の單價の高き所などの特別の場合に限つて、稀れに實施せらるゝに過ぎない。

形状 土砂堤は特に之を廣く造るのが普通である。

例へばキールの防波堤の上幅は 35 米、東京の上幅は 36 米ある。

次に頂高の高さは、一般に之を高く造つて、越波に依る洗流しを防ぐ、例へばハーリングン(和蘭)の頂面高は、満潮面上約 4.2 米に及び、東京は約 2.5 米である。兩側の法勾配は、波高の小なる爲め、案外急である、例へば東京 1.5 割、キール 1 乃至 3 割、ハーリングン 2 乃至 4 割である。

次に兩側法面の保護工事としては、干潮面以下に捨石、或は粗朶を用ゐる、干潮面上へは普通割石或は間知石を張る、東京にては 20 ~ 35 疋の割石を張り、其下に厚 0.9 米の割朶層と、厚 18 種の砂利層とを置いて、土砂の流出を防いで居る、ハーリングン等の和蘭の土砂堤に於ては、石張の下に煉瓦層、粘土、葉包柴などの層を幾重にも敷く、又干潮面以下には、其兩側に粗朶沈床を積み重ねてある、又キールにては干潮面以上に粗朶を施した。



〔註〕 幅狭き和蘭の土砂堤に於ける頂面は、全部石張にて被覆するが、幅廣き土砂堤に於ては、僅にその法肩の4〜5米を張るに止むる。

**施工** 土砂堤築造の工法は、埋立と浚渫との應用である。即ち土砂を陸上より撒出す者、土運船に入れて運ぶ者、ポンプ船にて送る者などの施工方法がある。

此中でポンプを用ゐる時は、其施工費は最も安く、工程も亦迅速に進捗する、然し兩側から土砂が流失して、之が對策には相當の苦心を要する。

施工中の土砂流失を防止するには、工事の進むに従つて、兩側へ或は側板を假に立て、或は粗朶、粗石等を利用して圍を造り其中へ土砂を送り、次第に上層に及ぶのである。

〔註〕 東京の土砂堤は浚渫土を主としてポンプで送つて築造した、其の工費は大略一米550圓ほどであるが、其中で石張と捨石との工費が6割以上を占むる。