

第十三章 直立部詳論

第一節 石張堤

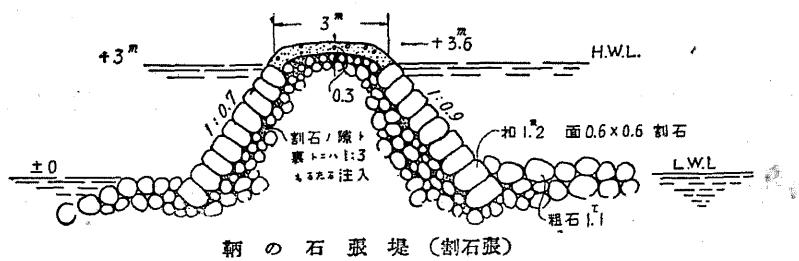
本章にては、直立堤の堤體と混成堤の直立部とに就て述べる、是等の直立部の堤體を用材に依つて分てば、既述の如く、石張堤、石粧堤、方塊積堤、函塊堤、又稀にコンクリート單塊堤、矢板堤、などの種類がある。

石張堤とは、直立部の外側を石材に依つて張り詰め、其の中に粗石等を詰めたものである。

特長 石張堤は、直立の各様式の中にて最も、構造簡単、施工容易、工費低廉のものである。

然しその缺點としては、各張石の重量が一般に小さい爲め、波に依つて之が脱落崩壊するの虞が多い、從て波高が約 1.5 m 以下の、内海などに限つて使用し得るに止まる。又水中に於ける、張石作業が困難であるが爲め、主として干潮面以上の直立部に、之を應用するに過ぎない。

形狀 石張堤は前記の如く、波の小なる所に用ひる様式であるが爲め、その堤體は一般に矮小である、即ち上幅は 2~4 m ほど、又頂面の高さは満潮面上 1~1.5 m とし、中央を稍々高く蒲鉾形になす、又兩肩に多少の圓味を付ける、然しこととして片側に、胸壁を有するものもある。兩側の勾配は、5~9 分位のもの

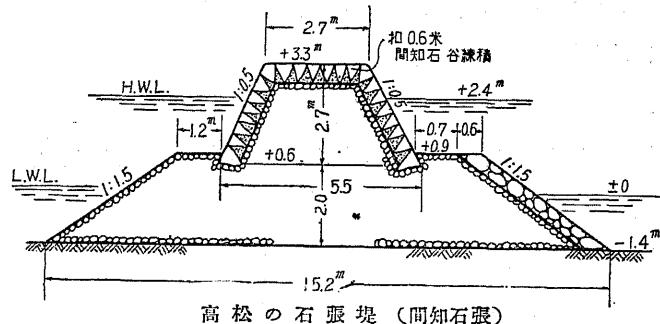


が多い。

〔註〕 石張堤の兩側勾配が1割以上の緩勾配のものは、直立堤よりも寧ろ捨石堤に近くなる。實際には兩者の區別の明かで無いものがある。

種類 石張堤を石材の種類に依つて分ければ、割石張と間知石張となる。又裏込の工法に依つて分れば、空積とコンクリート練積となる。

割石によるものは、間知石によるものよりも、各石の合場が廣い爲め鞆固であ



高松の石張堤（間知石張）

る。但し間知石張と雖も、若し之にコンクリートの裏込を充分に施せば、相當に強くなし得る。本邦に於ける昔の防波堤は、巨大なる割石張であつたが、今日の内海の石張堤には、間知練積のものが多くなつた。

張石の大さ 石張堤に用ひる石材の大さは、普通その控が 60~80 cm ほどのものが最も多い。

〔註〕 高松の石張堤は、控 60 cm の間知石を谷練積とした。又西宮の防波堤には、控 70 cm の割石を用ひ、尙ほ堺港の防波堤では、控 1.2 m 以下の大割石を用ひた（圖参照）。

施工 張石の施工に不便なる干潮面以下の部分には、粗石の捨石を堆積して、直立部の基礎とする。又張石部の根入として、之に方塊を利用する事もある。

一般に張石部の根入は、成るべく深く捨石の中へ入れて、波の洗掘を防ぐ、又張石部の直接の基礎となる部分の捨石は、特によく之を搗き固める。

尙ほ地盤柔弱の所では、或ひは杭打、敷組築、置砂などに依つて、基礎を固めることもある。

石材が大なる場合は、簡易なる木造クレーンの力を借りて積む。

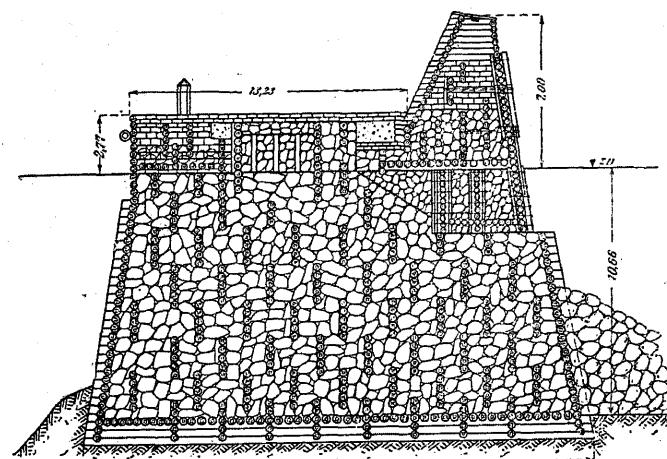
次に石張堤の頂面は、跳波の落下に依る破壊を防ぐ爲めに、其の全部をコンクリートで覆ふか、或は石を張つて、之にコンクリートの裏込を施す。

〔註〕 濱戸内海地方に於ける、石張堤の石張だけの単價は、1 m² の面當りにて大略 6~8 圓であつて、其の中 2 圓ほどが労力費、其の他は石材の材料費である。

第二節 石棒堤

石棒（Crib）を用ひ、其の中には主として粗石を詰めて、直立部を形造つたものを茲に石棒堤と總稱せしめた。但し石棒の用材に依り次の如き種類があつて、各々その形狀、特質、施工、等を著るしく異にする。

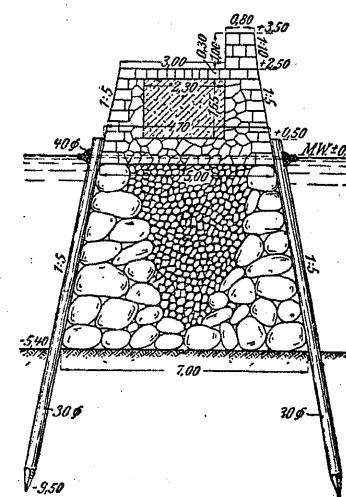
木造石棒堤 セルラーブロック堤 鐵矢板堤



(イ) レバール港の北堤

木造石棒堤 石棒を木材に依つて造つたものであつて、古から行はれた代表的の

石柱堤である、之が特長は、構造が簡単、工費も低廉であるが、石柱の木材が、蟲害その他の腐蝕を受け耐久的でない。從てバルチツク海、北米大湖の諸港に於けるが如く、海蟲少く木材が豊富の地方に限つて用ひらるゝに過ぎない、本邦沿海の防波堤には不適當である。只だ酒田港で、混成堤下部の捨石が、工事中に散乱するを防ぐために、簡単なる石柱を利用した事がある。又河口の簡易導水堤などに用ひた事もある。



(ロ) ザスニツツ港の防波堤

木造石柱堤を更に分てば二種類となる、即ち(イ)圖の如く柱を積み重ねたものと、(ロ)圖の如く木杭を打ち並べたものとである。前者の實例には、ネキソ、レバールなどがあり、又後者には、ザスニツツ、メンメルなどの防波堤がある。

[註] 地盤の固い所、或は捨石上などには、(イ)圖の柱を積み重ねたものを用ひ、土砂の所では、木杭式が用ひらるゝ、尙ほ特に柔弱の所へは、或は粗染を敷き、或は置砂を施す、干潮面より上部は、時として場所詰コンクリートで固める事がある。

セルラーブロック堤 Cellular block 即ち無底函とは、鐵筋コンクリート造の柱であつて、恰もケーソンの底を除いた如きもの、或は方塊の中を抜き取つたもの等に似て居る。此セルラーブロックの中に、粗石、或はコンクリートを詰めて直立堤を形ち造つたものが、即ちセルラーブロック堤である。

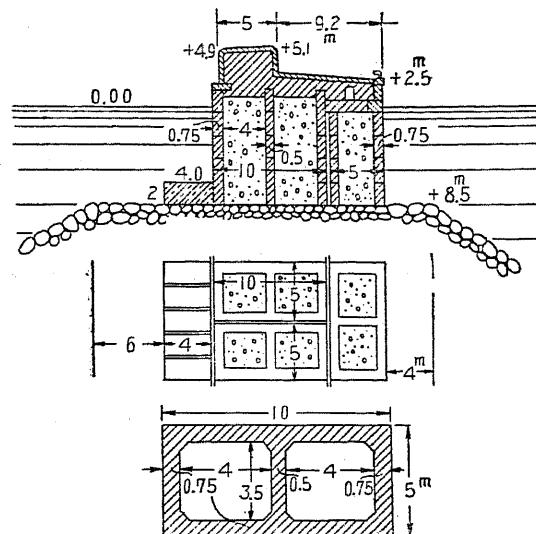
此様式の特長は、前記の木造石柱より耐久的なるに在る、然し木造のものよりは、施工設備が複雑となつて、工費も高くなる。

尙ほ此セルラーブロック堤と後述のケーソン堤とを比較すれば、ケーソンに於

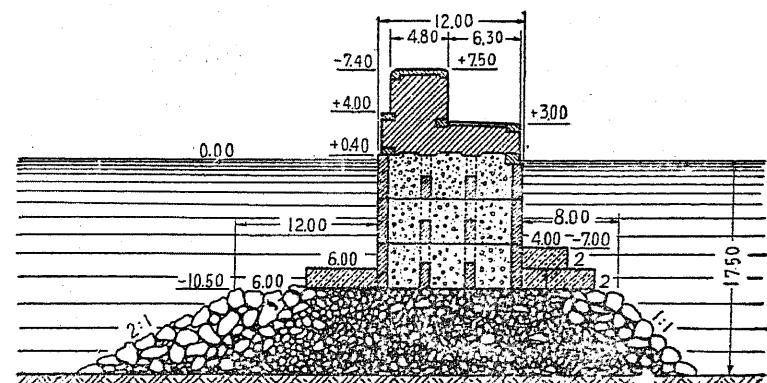
けるが如く、中詰を完全にして、強固なる單塊的の構造となし得ない缺點を持つ、然し滑動に對する底部の摩擦が多く、工費も多少安くなる、尙ほ之を或は數層に仕切つて施工し得るが爲め便利の事もある。

因に此セルラーブロックは防波堤の外に、岸壁、護岸などに多く用ひらるゝ。

セルラーブロック堤の種類には、單一の柱なるものと、數層に積み重ねたものとある、前者の實例にはウェランド運河入口の防波堤がある、又後者はナボ



サボト港のセルラーブロック堤



ゼノアのセルラーブロック堤

リ、ゼノア、其の他伊太利に多い。

又中詰の用材に依つて種類を分てば、ウエラント運河の如く、粗石を詰めたものと、ナポリの如く、コンクリートを詰めたものとある。

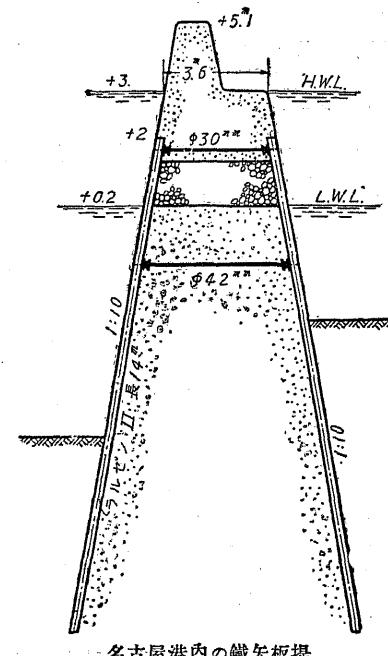
次にセルラーブロック堤の施工に就て、變つた所を二三述べる、セルラーブロックの製造方法は、略々ケーソン、或は方塊と同様である。而して之が運搬据付に於て、小形輕量のものならば、浮起重機と運搬船とに依つて施工する、又大形のセルラーブロックならば、假に木の底板を張つて、恰もケーソンの如く水上へ浮べて曳送する。

〔註〕 加奈陀の Welland 運河の入口に當る Weller と Colborne との兩港に用ひられた セルラーブロックは、頗る巨大であつて、重量 2,000 吨、長 30 m、幅 15 m、高 9.4 m に及ぶ、之に假の底板を張つて曳送する際の水壓は、一時的のものであるが故に、中に切張を假にかつて、其の水壓に對抗せしめた。從て周壁内の鐵筋は主として、中詰粗石の壓力に對して配置するのである。

次に Genova に用ひたセルラーブロックは、長 12 m、幅 6 m、高 3.6 m であつて、之を三段に積み重ね、中にコンクリートを詰めた。

又 Napoli のセルラーブロックは、長 9 m、幅 5 m、高 2.3 m であつて、之を二列五段に置いた。

鐵矢板堤 既述の木杭を打ち並べて柵を造る代りに、鐵矢板(Steel sheetpile)を打ち並べ、其の中に粗石或は土砂を詰めたものである、粗石を詰めた實例は、船形港(千葉)の防波堤であつて、土砂詰のものは、名古屋港内の木材用の水面を圍む小防波堤に用ひられた。



名古屋港内の鐵矢板堤

鐵矢板堤の特長は、木造石柵に比して耐久性に富むが、工費は夫れより高くなる、然し其の他の直立堤に比すれば、設備簡單、施工迅速、或は工費も比較的に安い事があつて、波小なる場所に用ひて便利の場合もある。

次に其の缺點を記せば、波の荒い所では、屢々施工中に波に依つて、矢板が折り曲げらるゝことがある。一般に此様式は、荒海の防波堤には適しなく、僅に波小なる所の小防波堤に用ひらるゝに止まる。

又耐久性に就ては、木造の石柵に優るが、鐵矢板も亦多少腐蝕するが故に、他の石工的構造のものには、勿論及ばない。

鐵矢板堤の施工に當つて注意すべきは、既述の如く、施工中に折られない爲めに、矢板を打つ端から、粗石或は土砂を詰める事である。

又其の頂面は、コンクリートで成るべく早く被覆するがよい。

〔註〕 矢板外側の上部には、腹起を附し、之より後方へ太いボルトを出して、左右の兩側を連結する。

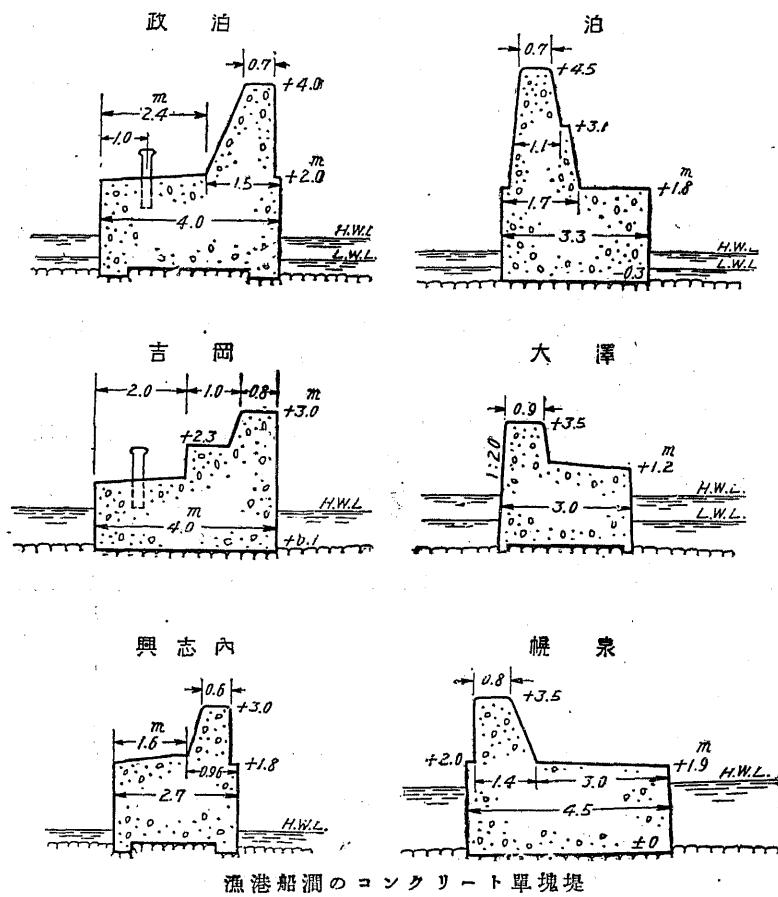
此連結は、一列のものもあるが、之を上下二列に連結する時は、其の仕上りが綺麗に且つ強固に出来る。

名古屋の單價は 1m 當り約 500 圓ほどであらう、又船形は海が淺い爲めに、其の時價は約 350 圓ほどである。

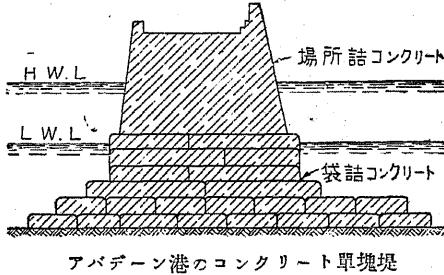
第三節 コンクリート單塊堤

コンクリート單塊堤とは、堤體の全部が略々一體の混凝土から出來たものである、之が水中の施工困難の爲め、近時の大防波堤には餘り行はれないが、然し地盤が干潮時に露出する淺い所の小堤、例へば漁港船溜の防波堤などには、盛に用ひられる(次頁圖参照)。

特長 本様式の特長は、若し施工が完全ならば、堤體が一體の爲めに強固の構造である、然し水中に於ける、コンクリートの施工が困難であつて、工費が高くなり、又施工が不完全になり安い。



種類 本様式を強いて分類すれば二種類となる、即ち干潮面下の部分を、袋詰コンクリートで築いたものと、水中コンクリートにて造つたものである。前者の實例には、アバーデン、ニューヘブンなどがあり、又後者には、ウイクロウ、プライスなどがある。



干潮面上の部分が、何れも場所詰コンクリートで築造せらるゝは言ふ迄でもない、即ち圖に示す船洞の防波堤は、總て場所詰コンクリートにて造つたものである。

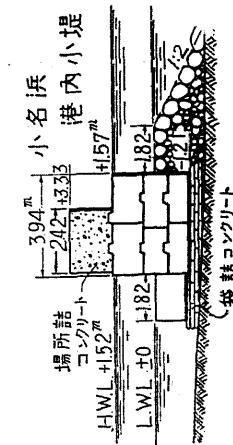
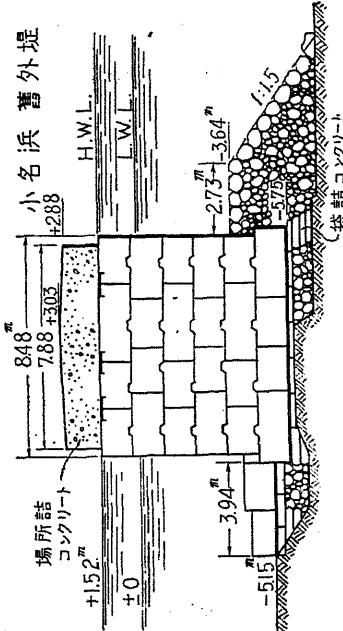
第四節 方塊積堤

方塊積堤とは方塊 (Concrete block) を積み上げて、直立部を形つたものであつて、極めて廣く用ひらるゝ様式である。

特長 一般に此様式は、波高の大なる場所にも使用し得る。次に水中に於けるコンクリートの困難なる施工をなすの要なき爲めに、前記のコンクリート單塊堤に比すれば、施工が容易、且つ確實であつて、工費も少くて済む、然し各方塊間の結合が、コンクリート單塊堤やケーンソーン堤に比して、不充分の恨みがある。

施工の設備費に就ては、一般にケーンソーン堤のものより僅少である、從て築造すべき防波堤の延長の短い所には、ケーンソーン堤より此方塊堤を以つて、有利とする場合が多い。

又海上が常に荒れて、施工日數が特に少ない所では、ケーンソーンの据付填充が甚だ困難である爲め、此方塊積堤の方が、施工に便である。



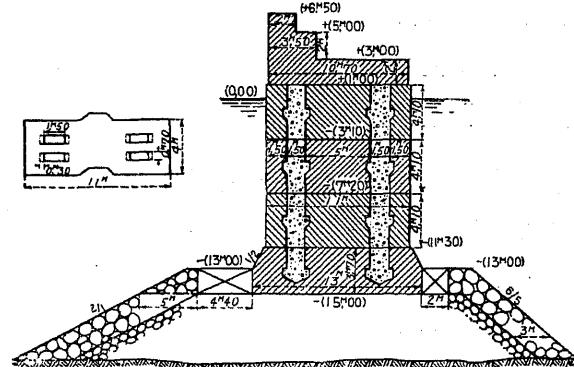
小名浜港の方塊積堤

種類 方塊堤は、之が分類の仕方に依つて、色々の種類がある、先づ 塊の大小 に依つて分類すれば、次の二様となる。

(イ) 手頃の大きさの方塊を、數多く積疊したもの

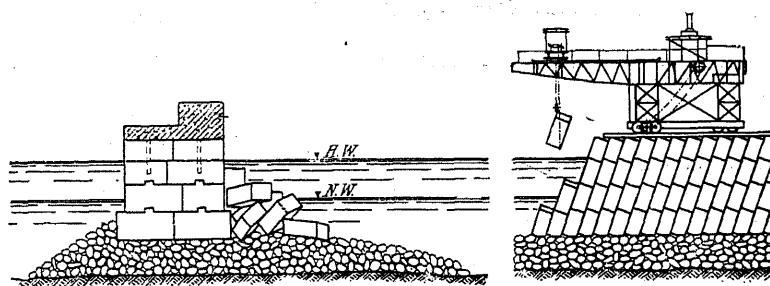
(ロ) 堤體の全幅に及ぶ大塊(Cyclopean block)を、數少く重ねたもの

(イ)は最も普通の方塊堤であつて、施工設備が簡単であるが、方塊間の縫目が多い爲め、波力に對しては弱い、之に反して、(ロ)は波力に對して甚だ強固であるが、施工設備が複雑となり、殊に浮起重機の強大なるものを要する。



アルジール港のサイクロピアンブロック堤

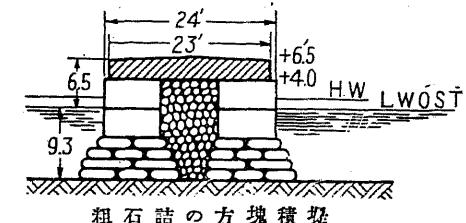
實例の(イ)には、コロンボ、釧路、函館、船川、酒田、小名濱、江角、波切、室津など、本邦にも其の例は頗る多い。(ロ)の實例には、アルジール、カタニア、ナポリ、バーリー、パレルモ、等特に伊太利に多い。



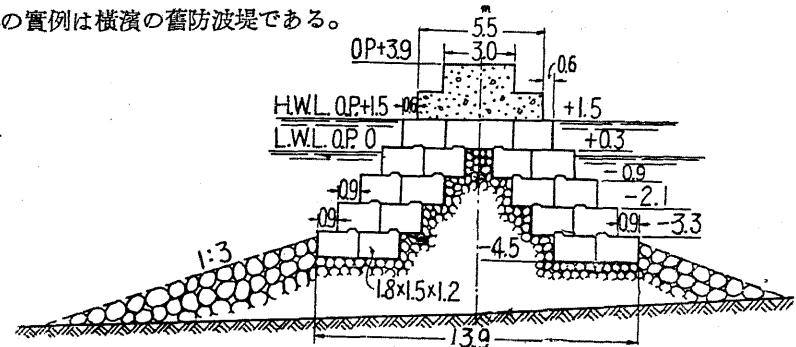
モルムガオ港の傾斜積方塊堤

次に手頃の方塊を多數積疊するものに於て、更に之を 積疊方法 に依つて二つに分ち得る、即ち水平積と傾斜積である、前者の實例は、小名濱、函館等、又後者の實例には、コロンボ、小樽などがある。

水平積は、施工が容易であつて、最も廣く行はる積方であるが、荒海にては、施工中に方塊が移動する傾向が多い、之に反して傾斜積は、前方の塊の重量が、後方の次々へ寄り掛るが爲めに、施工中と雖も散乱する事が少い。



次に又方塊積堤を、其の直立部の 全部或は一部 が方塊積なるかに依つて、二つに分つ、即ち普通は、全部が方塊に依つて構成せられたものであるが、稀には直立部の兩側にのみ方塊を積み、其の内部に粗石を詰めたものがある、但し後者は波力に對して弱い爲めに、内海の波の小なる所に限つて用ひらるゝに過ぎない、其の實例は横濱の舊防波堤である。



大分港の方塊積堤

尚ほ大分、敦賀舊堤も亦中詰に粗石を用ひた方塊積堤であるが、其の兩側は階段形に積まれてある。

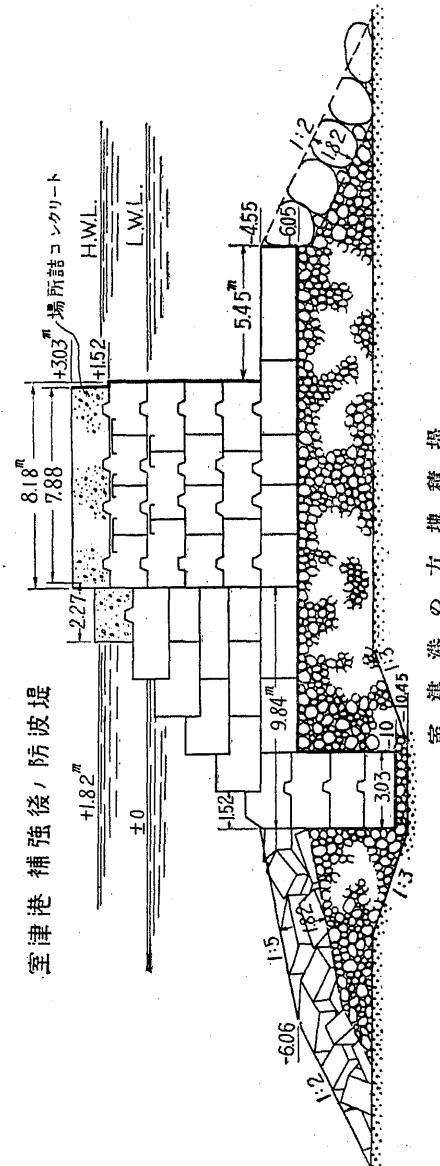
形狀 方塊積堤の形狀は、一般の直立堤に於て述べたもので盡されて居るが、二三變つた形のものを参考に記す。

方塊積堤の普通の形は、兩側が垂直であるが、稀には、之を階段形として下部を擴大したものがある。前記の大分、敦賀舊堤が其の例である。但し若し其の階段が一割近くの緩勾配となれば、之は前節の伊太利式の階段捨方塊堤に屬する事となる。

又時として補強の爲めに、直立堤の外側に多數の方塊を、階段形に積み重ねる場合がある、例は室津の破壊後に於ける防波堤の如きである。因にエムイデンとマドラスにては、直立堤の外側に多數の捨方塊を置いて補強せしめた。

尙ほ極めて稀の例ではあるが、外側を垂直にし、内側を傾けたものがある、之は波を受けた時、堤底後端の最大壓力が小くなり、又碎波を起す傾向少くて、越波が僅少となる、但し地盤が特に柔弱の場所では、當時の荷重が均一でない爲めに、或は不同沈下を起す虞がある。

方塊の大きさ・多數積疊式に用ひる普通方塊と雖も、對波の點よりす



室津港補強後防波堤 方塊積堤の港津室

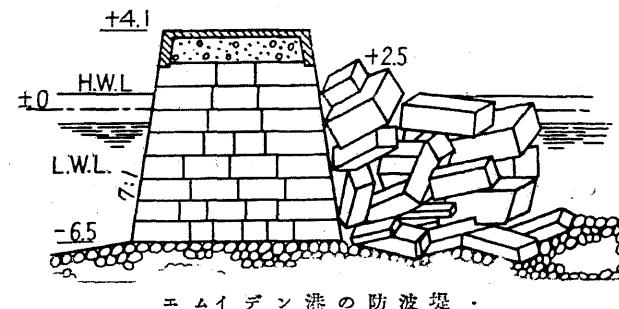
れば、其の重量の成るべく大なるを望む。例へば釧路にては 47 塵、ドーバーにては 43 塵の塊を用ひた。

然し塊が大きくなれば、設備が大きくなる、従つて直立堤に於て最も多く用ひらるゝ普通の方塊は 14~22 塵ほどのものである。

次に各方塊の長、幅、厚の寸法の比例は、必ずしも一様でないが最も普通のものは $1:\frac{1}{2}:\frac{2}{5}$ 前後の割合が多い。

更に小數大塊式に用ひるサイクロピアン・ブロックの大きさは、三四百塵に及ぶ巨なものであつて、其の長さは、堤體の全幅員と同じである。然し其の幅と厚さとは、浮起重機の扛力の制限から割合に薄く、何れも長さの約 $\frac{2}{5}$ ほどである。

〔註〕 常に風浪多くして、施工日数の少い地方では、方塊の大きさを、特に大きくして工



エムイデン港の防波堤

程を迅速ならしむる。

〔註〕 Algier 新防波堤の断面と大塊との寸法は、図に示した如きものであつて、底部の塊の重量は 450 塵その他 350 塵である。尙ほ同港の Agha 堤と稱するものは、不對稱形の断面であるが、之亦大塊を四段に重ねた。

又 Catania の防波堤は、長 12 m, 幅 4.25 m, 厚 3.25 m, 重量 330 塵のサイクロピアン・ブロックを四段重ねとした。

又 Barie 港の大塊は、長 10 m, 幅 5 m, 厚 3.6 m, 重

防波堤使用方塊重量表

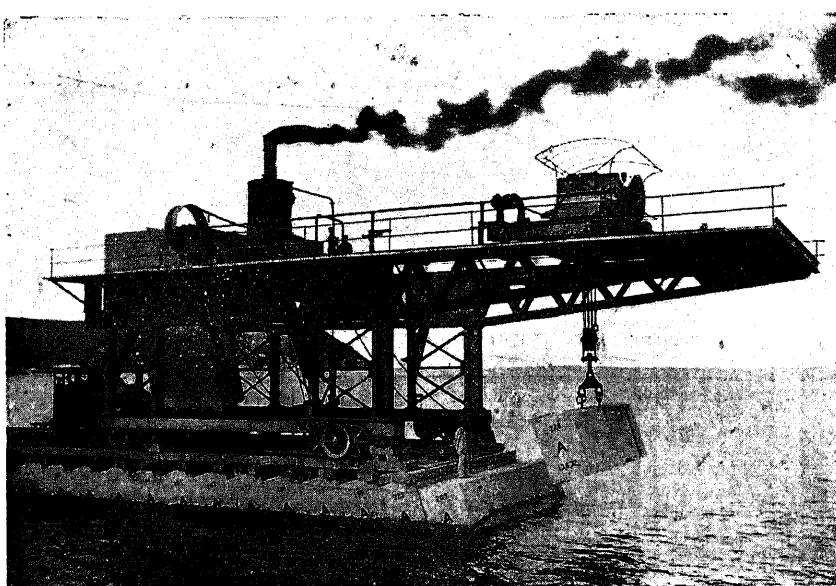
港名	重量(塵)
釧路	47~23
室津	31~21
川船	28~24
小樽	27~13
酒田	18~12
小名浜	16~9
江角	16
青森	11
大分	8

量 380 吨であった。

施工 普通方塊に於ける、製造、積出、運搬等に就ては、既に之を記した、又積壟の設備も略々前節の捨方塊堤に於て述べたものと同様である。即ち陸上より施工を進むるには、タイタンを用ひ、水上にて施工する際は、浮起重機を用ひる。

浮起重機に依るものは、最も普通であつて、之に附屬して、塊運搬船、曳船などを要する事は言ふまでもない。但しサイクロビアン・ブロックの場合には、巨大なる浮起重機の上に、大塊を満載して自航する。

次に積壟の作業は上記の浮起重機にて吊下ろすと共に、多くの潜水夫の力を



タイタンにて積壟中の小樽防波堤

借りて、定位置へ正確に据えなければならぬ。潜水夫の數は、浮起重機一臺に對して、普通三組の場合が多い。

〔註〕 方塊一日の積数は、塊の大小、海の荒否などに依つて、勿論一様でないが、相當の荒海にて、十數噸ほどの方塊ならば、最大約 30 値、又平均 15 値ほど積み得る。

次に其の工費も亦一様でないが、 $1m^3$ 当に換算して、大略 2~3 圓ほどである、但

し其中には、積出、運搬、積壟の諸費を總て含む、若し純積壟費ならば、約その半分ほどの見當である。

尙ほ参考として船川港の實例を記す、其の方塊の寸法は、第五章第五節の表に掲げた如くであつて、其の重量は 28 吨に及ぶ、然し同港は日本海としては波静かなる港であつて、積方も簡単であるが爲め、一日 10~26 値、平均約 16 値を積むを得た、之が純積壟費を一箇當りにすれば、約 10 圓前後であつた。

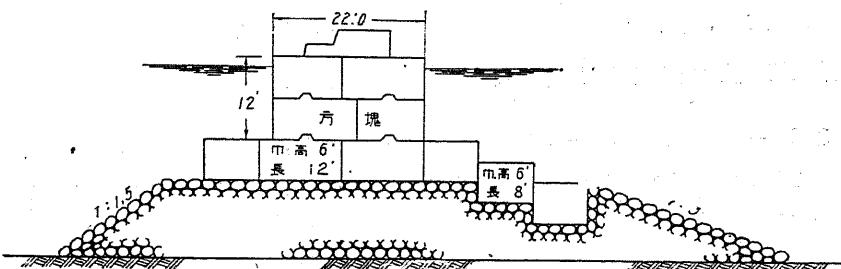
又小名濱防波堤に於ては、一日の積壟數、最大 24 値、平均 12 値であつて、之が純積壟費は、一箇約 11 圓であつた、尙ほ此外に積出運搬等の費用は、一箇につき約 6 圓を要した。因に此防波堤 $1m^3$ 当りの工費は 1,872 圓 50 銭であつた。

次に釧路港に於ては、一日最大 18 値、最小 5 値、平均約 11 値を積んだ、之が積壟費を $1m^3$ 当りに換算すれば、1.44 圓となる。

次に方塊の縫目は、其の結合を強くする爲めに、或は凹凸を造つて、相互に之を嵌め込ませ、或は蟻穴を設けて、之にコンクリートを填充せしめ、或は鐵材を嵌入して連結せしむる。

尙ほ又方塊を、龜甲形、鼓形などに造つて、相互に噛合せたものもある。

サイクロビアン・ブロックの結合は、例へばアルジール新堤圖の如く、二箇所に縦穴を通し、之にコンクリートを填充せしむる。



〔註〕 本邦に於ける方塊の多くは、上すべみの四角な躰形の凸凹を造り、之を嵌め合せて連結する、之を俗に朝顔と呼ぶ、其の高さは約 10~20 cm である。

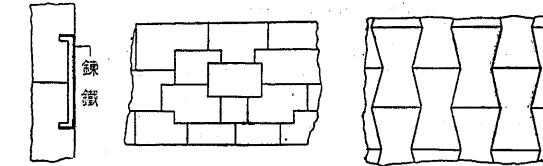
本邦に於ける龜甲形方塊の實例は、石川縣の橋立港と瀧漁港との防波堤に用ひられた。方塊積堤の基礎に就て述べる、若し岩盤の場合には、先づ潜水夫に依つて、

大きな不陸を直ほし、更に詳細の凸凹は、袋詰コンクリート、或は水中コンクリートを敷いて之を均らす、即ち方塊は其の上に積まるゝのである。

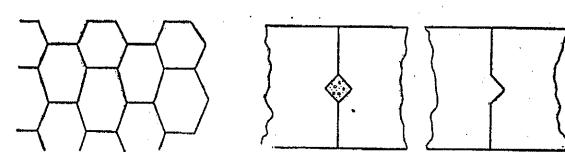
次に若し地盤が土砂なるか、或は混成堤の場合には、粗石を堆積し、或は其の上へ載荷試験を行ひ、或は相當期間之を放置して、基礎の粗石部が充分落着いた後に、初めて方塊を積むべきである、其の際に粗石の不陸を均す爲めに、時として袋詰コンクリート等を用ひる事もある。

一般に直立堤に於ける方塊積部の高さは、干潮面より僅に高い所で止め、それより上部は、場所詰コンクリートを以て造る、此境界附近のコンクリート施工に

於て注意すべきは、型板の水密を完全にして、外の波動に依る差し水の爲めに、モルタルの洗ひ流さるゝを防ぐ事である。尚ほ此コンクリートの頂面の仕上に就ては、第十一



章第三節の註に詳しく記した。



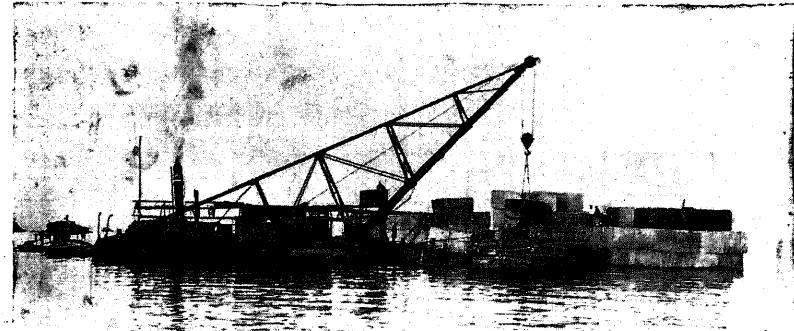
〔註〕 一般に袋詰コンクリートを、基礎に用ひる場合には、時を移さず直に、上の方塊等を載せる事を忘れてはならない。例へば、或る港では、之を半日以内に制限したものが有る。

〔註〕 地質が泥土の如き柔弱地盤に於ける、直立部基礎の堆積粗石の上に置く載荷試験の荷重には、普通所定重量の約二倍に相當する方塊等の假荷重を置く。

但し荒海に於ける、海底の地質は、砂の所でも、相當に固く、締つて居るが故に、此載荷試験は行はない、其の代りに一冬の荒天期を経過せしめて、捨石の充分に落ち着くのを待つて、後に方塊或は函塊等を据える。

〔註〕 上部の場所詰コンクリートの幅は、波の小さい所ならば狭くてもよい、然し波

力強大なる港に於ては、なるべく方塊積上幅の略々全部を被ふ様にし、尚ほ方塊積上面との附着結合を充分ならしむべきである。船川港の防波堤は、圖に見るが如く、此場所詰コンクリートの幅が狭い爲め、之と方塊積との附着と剪力とが不足して、昭和6年



防波堤の載荷試験

秋の暴風に依つて、其の一部が大破した。

〔註〕 方塊積の上に、場所詰コンクリートの型板を當てた時、その間に出来る間隙には、カンバス、或はボロの類を詰めるがよい。

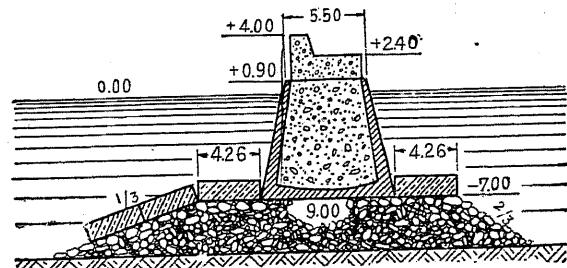
第五節 函塊堤

函塊即ちケーソン (Concrete caisson) を以て、直立體を形ち造つたものを、茲に函塊堤と呼ぶ、此様式は本邦に於て、近時最も流行する防波堤である。

特長 先づ函塊堤の

長所を記せば

(1) 堤體の全體を、一體となし得るが爲め、對波力が強大なる事

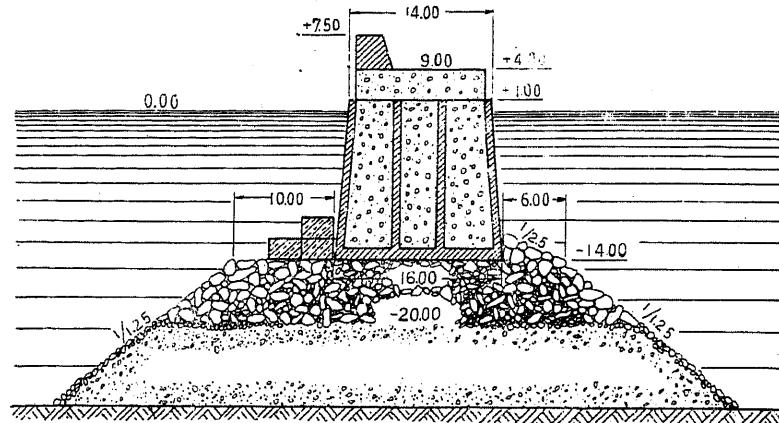


トアブセ港の新函塊堤

(2) 各部分の施工は、總て之をドライオーフにて行ひ得るが爲め、施工が確實、容易なる事

(3) 中詰材料の品質を、大に低下し得るが爲め、工費を節約し得る事

次に函塊堤の短所を記せば



バルバライソ港の函塊堤

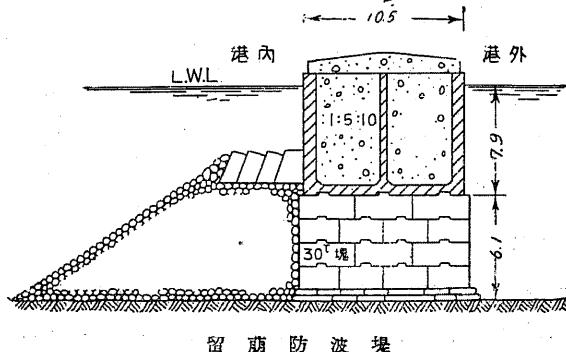
(1) 函塊の製造設備費を、多く要するが爲め、防波堤の施工延長が短い場合には、不経済の事がある

(2) 函塊の進水と運搬とに適する水深等の環境条件を必要とするが爲め、之が施工の不可能の事がある

(3) 函塊の据付填充には、海上の静穏を必要とするが爲め、常に波多き地方では、之が施工日数極めて少く、且つ填充完成前に、函塊破損の虞もある

【註】荒海に直面する

港でも、例へば留萌の如く、静穏の日が續く地方では、函塊を使用し得る、之に反して剣路の如く、四季を通じて、常に波多き地方では、寧ろ方塊堤を可とする。

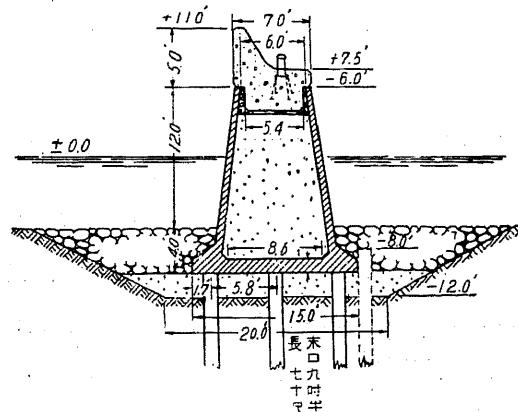


留萌防波堤

函塊の填充完成前の破壊は、打込み波に依るもの、不同沈下に依るもの等である。

不同沈下は、地盤柔弱の

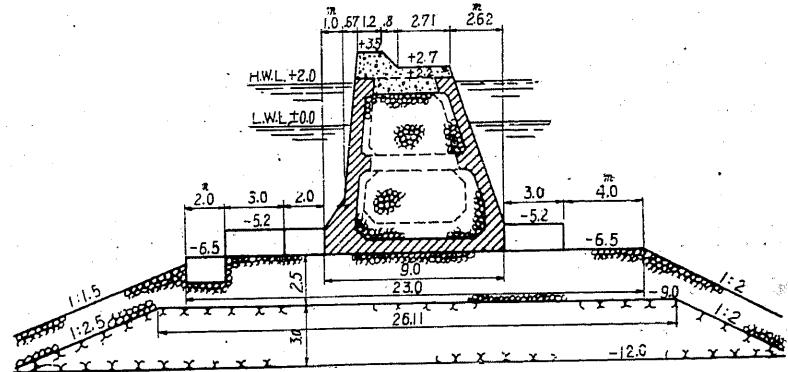
所、或は混成堤の粗石部の特に厚い場合、函塊の特に長い時等に起り易い。尙ほ其の直接の原因は、函内の部分填充が不均等なる事であらう。此函塊破壊を防ぐには、第五章第六節註の検算法、或は後述の填充の施工法等に留意すべきである。



大阪港内の船溜防波堤

種類 函塊堤を中詰材料に依つて區別すれば、コンクリートの填充と粗石土砂の填充となる。

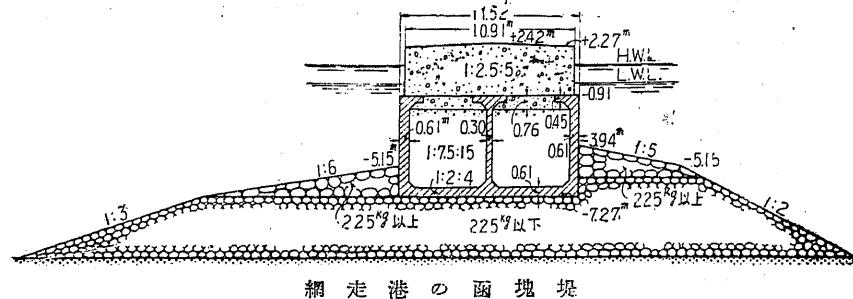
嘗て述べた如く、函塊の鐵筋コンクリートは、海水に依つて早晚腐蝕の虞ある



横浜港外防波堤

を以て、成るべくコンクリートを填充して強固ならしむるがよい、從て重要な防波堤は、多く其の種のものである。

次に粗石或は土砂を詰めるものは、堅牢の點に於て充分でないが、之に依つて



網走港の函塊堤

工費を大に節減し得るが爲め、内海の防波堤、或は民間企業の防波堤などに、此様式が採用せらるゝ事がある。實例はラシン港(米)、博多工業港、大阪北港、横濱港の外防波堤と貯木場防波堤などがある。

其の中で横濱外防波堤に於ける、函塊の周壁は、前頁の圖に示すが如く、其の厚さを特に厚くして、將來の鐵筋の腐蝕を防がんとして居る。

コンクリート填充のものも、其の配合は頗る悪く、例へば 1:4:8 (セメント 180 kg) 乃至 1:5:10 (セメント 146 kg) などの貧配合が用ひらる。

尙ほ又周壁に沿つた部分だけに、厚いコンクリートを付け加へ、其の他を土砂粗石詰にしたものがある、即ち前記兩者の折衷である。

〔註〕智利のトアプセ(Touapsa)の防波堤に於ける、舊函塊の内部は、二つの縦隔壁に依つて、三室に分け、其の左右の兩室には、コンクリートを詰め、中央の室には、石材を詰めた。

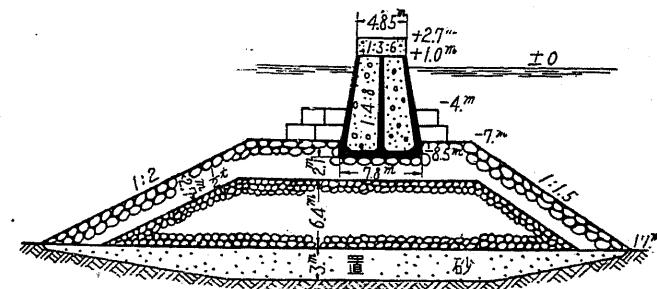
形狀 函塊堤の形狀も、一般直立堤の所で述べたものに依つて、其の大略を盡して居るが、只だ函塊の外形に就て少しく述べる。即ち函塊の横斷形に就て分てば、次の如きものが有る。

- (イ) 矩形に近く、兩側が略々垂直をなすもの
- (ロ) 梯形をなして、兩側が著しく傾けるもの
- (ハ) 函底の前後へ、フーチング(Footing)を突出せるもの

矩形のものは、最も普通の形である。次に梯形のものは、波力に依る轉倒と

耐支とに於て、多少安定を増す、然しこれは、造函の際に、鐵筋コンクリートの施工が甚だ不便となる。

次にフーチングを突出したものも、轉倒と耐支とに就て、有利であるが、根固



敦賀の新防波堤

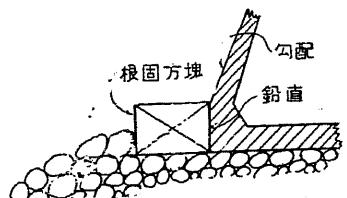
用方塊を置く事が多少困難となる。

尙ほ以上の外に、横濱の外防波堤と貯木場防波堤の函塊の如く、其の横断面が不對稱形をなすものもある。而して之が特長は、註の説明を見られたい。

〔註〕梯形の縦勾配が 1 分位ならば、造函其の他の支障が少い、然しそうに 3 分ほどの縦勾配を用ひた實例がある、如斯き函塊の側壁コンクリートは、特に柔軟を以て下から上まで一度に施工しなければならぬ。

〔註〕梯形の傾ける側面へ、根固方塊を完全に接觸せしむるには、異形の方塊を造らなければならぬ。

今若し方塊と接觸する下部だけを、圓の如く垂直にし、其の他の上部を、傾斜せしむる



ならば、根固方塊との接合もよく、又堤體の安定もよい。但し竣工後に、函塊と方塊

とが、若し不同の沈下を起す場合には、之でも尙ほ兩者の間に、楔形の隙が生ずる事がある。

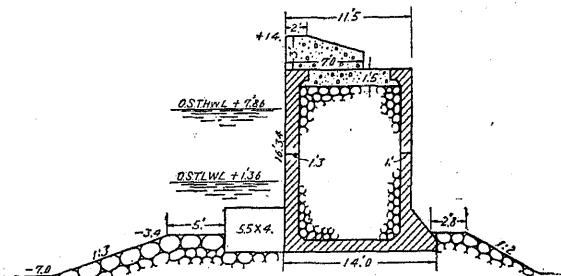
〔註〕 尚ほ表側を垂直にし、裏側を傾斜せしめた不對稱形の函塊堤に於ける利害は、方塊積堤の不對稱のものに就て、前に記した所と同様

であるが、其の外に不對稱形函塊に於ては、水上の運搬中に傾く缺點がある、然し之は一方にフロートも抱かせれば差し支へない。

函塊の大きさ は第五章第五節に述べた如く、使用箇所に於ける水深と波力に對抗する堤體の體積等から、計算して之を定むるものである、從て此函塊の寸法には、大小種々あつて勿論一樣でない。

只だ防波堤用函塊の通則として、其の長さが岸壁用のものに比して割合に短い。

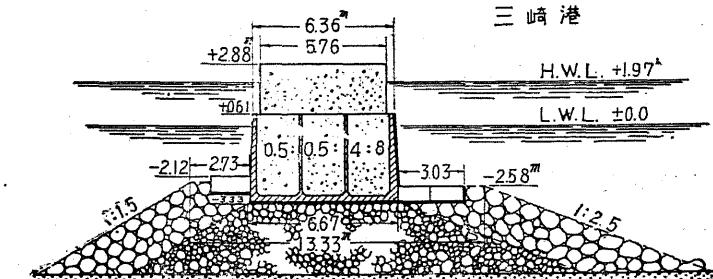
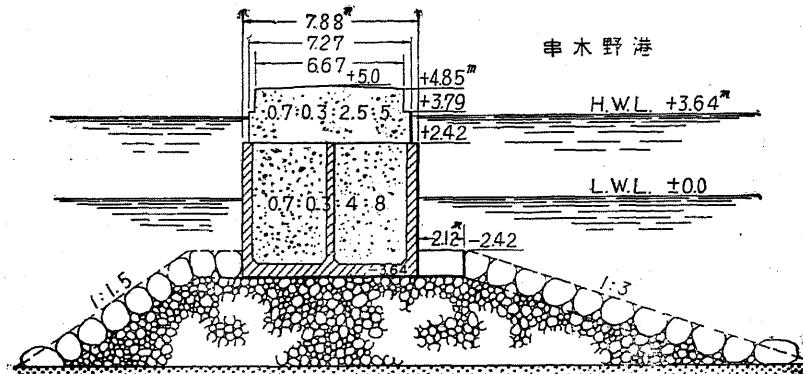
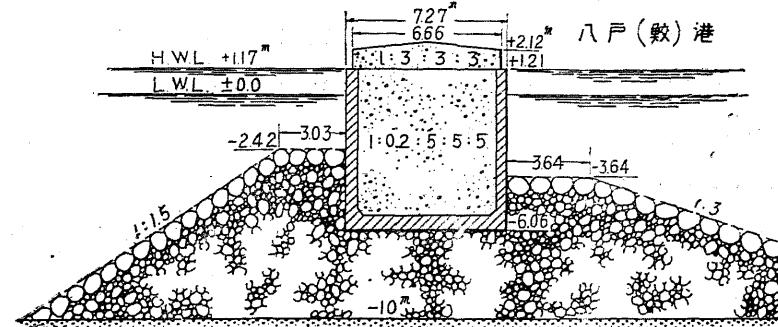
尙ほ實際の大きさは、各港に於ける實例表を見られたい。



横濱港内の野木場防波堤

港名	形狀(m)			重量(噸)	
	長	高	幅	自重	填充後の總重量
神戸	13.91	6.67	6.97	406	1,065
敦賀	18.4	9.5	7.8	909	3,096
鹿児島	11.0	6.5	6.0	280	924
小樽	14.8	7.9	7.9	843	2,178
留萌	10.0	7.9	10.6	760	1,915
網走	9.1	6.4	11.5	642	1,596
八戸	10.9	7.27	7.27	500	1,320
室蘭	7.3	7.9	6.4	306	963
串木野	7.88	6.06	5.45	232	627
大阪	18.18	4.85	4.55	170	540
網代	6.67	2.42	4.55	41	177
三崎	2.74	3.94	6.67	49	160
平潟	6.1	2.0	3.0	30	84

〔註〕 海上静穏の日數少き地方では、函内コンクリートの填充能力から、防波堤用函塊の大きさ、特に其の長さが制限される事もある。但し後章に述べる岸壁用函塊に於ては



此填充能力から、其の大きさを定むるが如き事は無い。

施工 函塊堤に於ける基礎の施工は、既述の方塊積堤のものと、同様であるが故に之を省略する。又ケーソンの製造と進水との施工に關しては、第七章第三節に其の詳細を盡した、故にこゝでは専ら、ケーソンの曳送、据付、填充、上置などの施工に就て、順次之を記す。

ケーソンの曳送には、進水後に直接現場へ向けて、運搬する場合と、一時水中に假置して、必要に應じて、其所から現場へ送る場合とある、是等の直送と假置とは、勿論、造函と据付との兩作業上の都合から起るものである。

曳送の際には、ケーソンの周圍に、恰も鉢巻の如く、マニラロープの類を巻き、之へ引綱を結んで、小蒸汽船の曳船 (Tug boat) にて曳かせる。

遠距離曳送の際には、ケーソンへ蓋を被ぶせて、途中波の侵水を防ぐ。

假置は、若し絶対安全の水面があらば、ケーソンを浮かせたまゝで繫留する、然し普通は、干潮時にケーソンの頭が出る程の水深の所へ沈めて置く。

次にケーソン 据付 の作業に就て述べる、先づ潜水夫をして、基礎面の均しを正確に行はせた後に、或は既設の隣接ケーソン、其の他水底に設けた假のガイド等を規準として、ワインチ、神樂機、引綱などを用ひて、ケーソンの位置を精密に直しながら、一方サイホンに依つて、函内へ水を注いで徐々に沈め、遂に定位置へ据え付けるものである。

次に函内の填充は、前述の如く一度函内に水を注いで沈めたる後に、函内の隔壁に依つて分けられた各室毎に就て、其の中の水を一つ宛ポンプにて搔き出し、之へドライオーラーにて、コンクリートを填充せしむる。

一般に防波堤に於ける、据付と填充とは、海上靜穏の間に、最も迅速に施工し終らなければ、危険である。

次に 上置 の場所詰コンクリートと、下のケーソンとの境界は、方塊積堤の場合よりも、一般に之を高くする、即ち中水位より高い方が、前記の函内コンクリ

ート填充を、ドライオーラーで施工するに都合がよい。

もし函内の中詰に土砂粗石を用ひる場合には、上置コンクリートを通して瓦斯管を埋め、以て空氣抜きを造る。

〔註〕 水底に於ける、据付位置を示す 隅々のガイドには、或は木杭を立て、或は方塊を假に置く、即ち潜水夫は、是等の目標に依つて、沈下中のケーソンの位置を正すのである。

据付作業中の潜水夫は、函の隅々に一人宛つ、合計四人を配し沈下中は絶えず其の位置と傾斜とを観測し、水上の人へ合図を以て知らせる。

而して是等の報知と、水上に於ける観測とに依つて、神樂機やワインチを働かして、引綱を伸張して、ケーソンの位置を絶えず修正する、此神樂機、ワインチは、既設ケーソンの上と別に碇繋せる工業船の上などへ置く。

一般にケーソンの沈下は、注水を常に加減して、成るべく水平に徐々に沈める、殊に函底と基礎面との隙が、約 30 cm ほどに近づいた時には、最も慎重を要する。

若し据付位置が完全でない場合には、再び函内の水を搔き出して、之を浮かせて据え直す。

防波堤に於ける、ケーソン間の間隙は、函の大小、海の静否などに依つて異なるが、八戸港に於ける竣工後の實績によれば、各函の隙は、大略 8 cm であった。

〔註〕 防波堤ケーソンの中詰コンクリートは、函の据付後なるべく早く填充するがよい蓋し填充前に若し荒波が、函内に打込む時は、其の壓力に依つて、ケーソンを中から破壊する虞あるが爲である。

大ケーソンの水を搔き出すに當り、時として吸管が著しく長くなる場合がある、如斯際には、バルソメーター他の特殊のポンプを用ひる。

中詰コンクリートの作業中に、周壁を越して海水が流れ込まないことを望むならば、周壁の高さを満潮位より更に高くすべきであるが、然し之を餘り高くすれば、或は進水や据付作業等に支障を來す事があるから、普通は中水位より稍々高きものが多い。

而してかゝる函塊にあつて、若し満潮時にもコンクリートの施工を續行する場合があるば、假に板圍を函上へ取り付けて浸水を防ぐ。

隔壁間の各部屋の填充に當つて、之を下から上まで一度に施工する事もあるが、若し函の不同沈下より生ずる函塊の亀裂破壊を考慮するならば、各部屋の填充を少し宛つ行

つて、成るべく均等に打ち上げるを可とする。

尙ほ其の爲めに、特に均等用の方塊を別に入れて、函の不同沈下を防ぐ方法もある。此方塊は、填充コシクリート中に埋殺しとする。

〔註〕 中詰が土砂粗石の場合に於ける空氣抜の孔は、函内の空氣が或は膨脹して、函の周壁を破壊せしむるを防ぐ爲である、然し一方に於て、若し大穴を堤頂の上向に開けて置く時は、之より跳波墜落の水壓が、函内へ侵入して、或は周壁破壊の因をなす虞もある、故に空氣抜孔は、之を曲げて設けるがよい。

〔註〕 柔弱地盤に於ける、基礎の粗石に就ての載荷試験の工法は、前記方塊積堤の場合と同様であるが、特に函塊堤に於ては、一層の慎重を要する。

ケーソン基礎の 接合の度 を増さしむる爲めに、時としてケーソンの底に、豫め小孔をあげて置き、之よりグルートモルタルを壓入する場合がある、但し之が効果は怪しい。

〔註〕 敦賀港の函塊製造費は、一箇約 10,000 圓であつて、更に進水費約 200 圓、曳送費約 10 圓、据付費約 50 圓ほどである。

〔註〕 神戸港防波堤の工費を時價に換算して、假に 1m 当り 1,360 圓とすれば、其の内訳は、基礎掘鑿 26 圓、同捨石 598 圓、荷重試験 35 圓、床拵 27 圓、函塊製造進水共 200 圓、据付 2 圓、填充 127 圓、根固方塊 197 圓、胸壁 9 圓、船舶機械費 120 圓、雜費 19 圓に當ると言ふ。