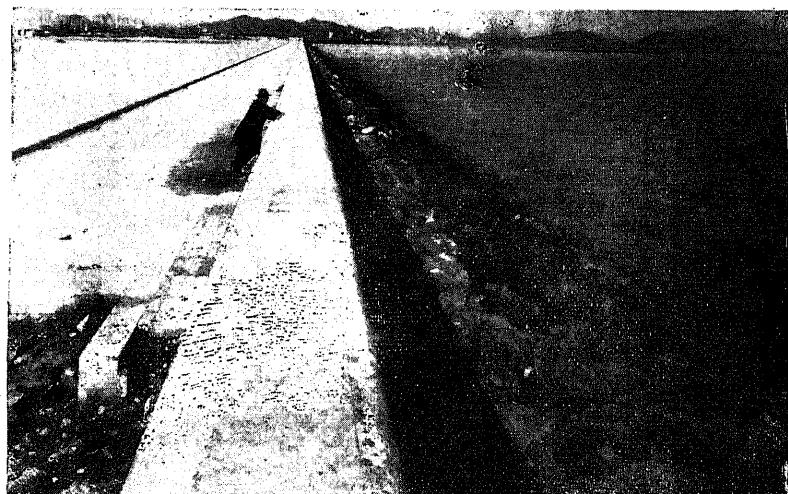


第十五章 護岸其の他

第一節 護岸一般

本章に於ては、港外及び港内の護岸、物揚場、干拓の海堤、侵蝕防止の砂止堤、砂丘等に就て記述するものであつて、先づ第一節には、護岸一般に関する事項を述べる。



海 演 の 護 岸

護岸の目的 一般に海岸に於ける護岸の主なる目的は、次の二つである。

- (1) 波浪に依る、陸岸の侵蝕を防ぐ事
- (2) 土圧に依る、陸岸の崩壊を止むる事

即ち此護岸は、波力と土圧とに對抗する爲めに、陸岸に設けられた構造物であるが、殊に港外護岸は、波力に對して重きを置き、港内護岸は土圧を重視する。

尚ほ又港内護岸の一類に屬すべき、物揚場護岸は、船舶接岸の目的をも持つ。

第一節 護岸一般

護岸の形狀 橫斷面に於ける、護岸形狀の大略を分類すれば、次の三種に大別せらる（圖参照）。

(A) 直立護岸

(B) 傾斜護岸

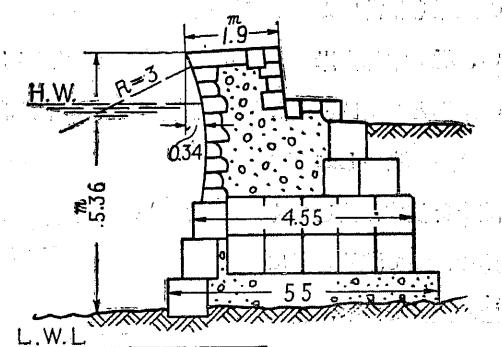
(C) 混成護岸

尙ほ混成護岸は、之を細別すれば、(C₁) 下斜上直、(C₂) 下直上斜、(C₃) 上ぞり曲線、

(C₄) 上さがり曲線、などがある。

直立護岸(A) は波を沮止する點に於て有効であるが、壁體に受くる波力と土壓が大きい爲めに、其の構造は、特に強固に造らなければならぬ、從て工費も多く要する。

尙ほ港内に於て、船を横着にするには、便利であつて、之が大きくなれば、後章に述べる繫船岸壁となる。

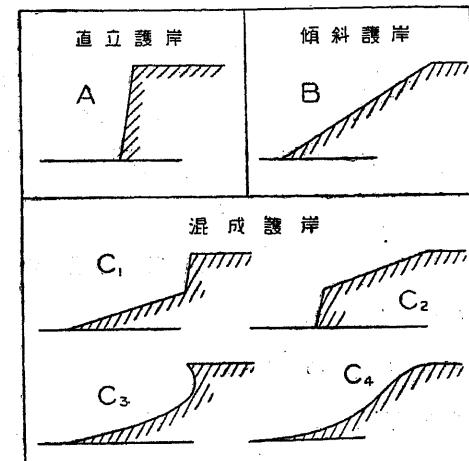


直立護岸の一例

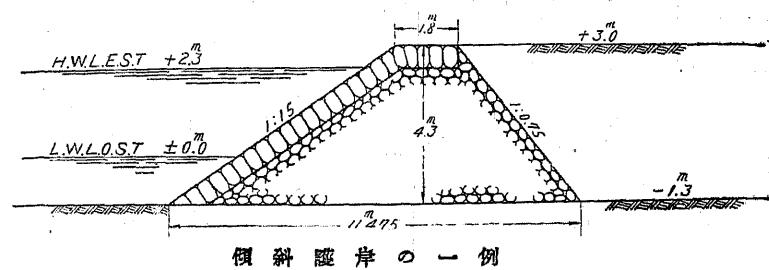
傾斜護岸(B) は波を斜面へ奔流消滅せしむるものであるが、其の勢ひ餘つて屢々、しぶきが陸上を侵して困る、又用材も多量に要する。

然し壁體へ及ぼす波力、土圧共に小さい、從て餘り強固にしなくともよい、結構工費は、直立護岸より安くなる。

尙ほ港内の船舶横付の物揚場護岸には適しない。

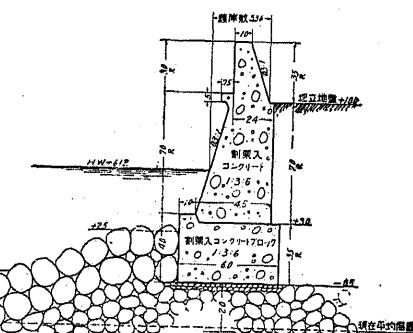


護岸の大別

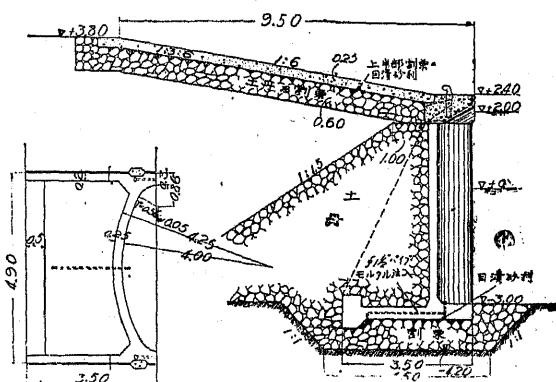


傾斜護岸の一例

混成護岸 の中
にて C_1 は前記の
直立と傾斜との、
各長所を取つた折
衷のものであつ
て、波力及び土圧
の關係も相當によ
い、從て本邦海岸
の護岸としては、最も多い様式である。但し船舶の横着には適しない。

混成護岸 C_1 の一例

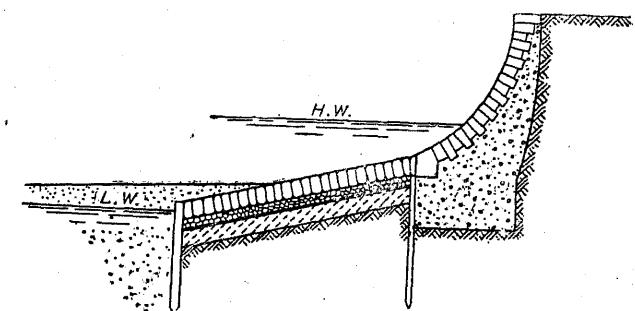
C_2 は波のしぶきが
陸上を侵す傾向を多く
持つ、從て港外護岸に
は不適當である。然し
船の横着には便であ
る。故に此様式は、港
内の小船物揚場に盛に
用ひらるゝ、即ち斜面
物揚場と稱するは、此
様式に外ならない。

混成護岸 C_2 の一例

C_3 は C_1 と略
同じであるが、其
の上ぞりのカーブ
の爲めに、跳波は
外へ跳かへる事と
なつて、陸上内へ
のしぶきは少なく
なる、然し此様式

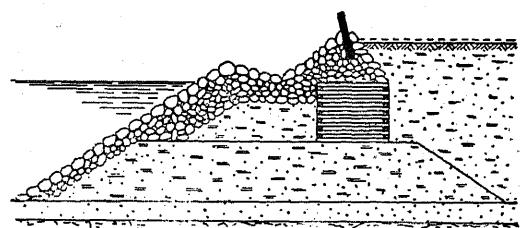
の缺點は、張石面が廣く、又下部の張石が脱出する虞がある、從て本邦にては、
下部が急カーブのものに限つて、稀に用
ひらるゝに過ぎな
い。

C_4 は波のしぶき
が多くて宜しくな
い。

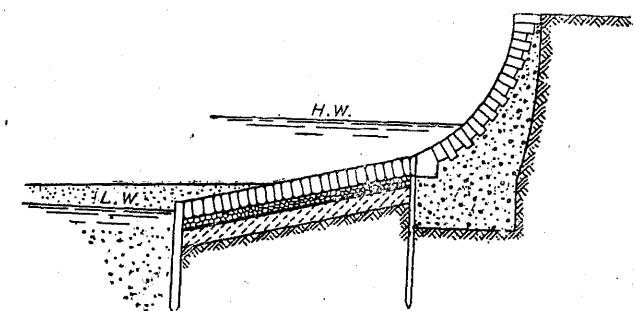
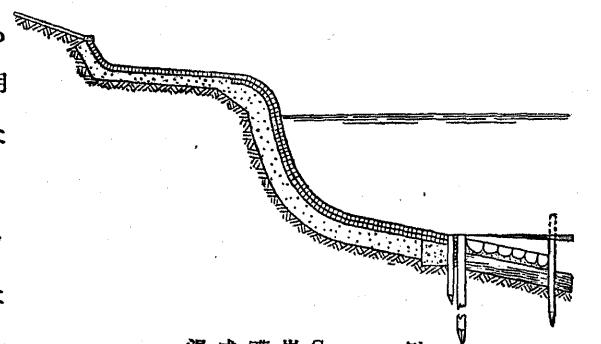
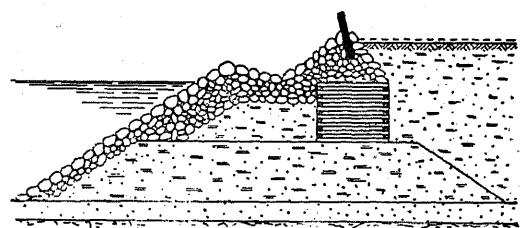
混成護岸 C_3 の一例

〔註〕 以上の分類は、大略を示すもので、實際は更に其の中間に屬するものもあつて、
多種多様の形狀を呈する。

例へば C_3 の下部が急カ
ーブになれば、次第に A
の直立護岸の形に近づく事
となる、又 C_4 もカーブが
緩になれば、次第に B の
傾斜護岸に近づく事とな
る。

混成護岸 C_4 の一例

〔註〕 海濱護岸の特殊形狀のものに、重複式護岸 がある、之は波浪の特に大なる場所に

混成護岸 C_5 の一例混成護岸 C_6 の一例混成護岸 C_7 の一例

用ひらるゝ、即ち先づ前列の海堤に依つて、波勢の大部分を殺ぎ、更に其の餘勢を、第二段の護岸とパラペット等にて阻止するものである。

護岸の用材 海濱護岸に於ける、堤體の主なる材料としては、粗石、割石、間知石、方塊、函塊、場所詰コンクリートと鐵筋混擬土、各種の矢板と石柱、等である。

而して此等各種の用材が、護岸形狀、波高、干満、水深、地質、工費などに應じて、それぞれ適切に選擇使用せらるゝは言を俟たない。

次に基礎の部分には、主として粗石を堆積する、然し其の外に柔弱地盤には、地杭、胴木、粗朶、置砂などを用ひる事もある。

一般に港外の波多き海濱は、地盤が相當に固く縮つて居るから、護岸の基礎は單に粗石の堆積で足りる場合が多い。然し港内には柔弱の所も多いから、前記の如く種々の工法に依つて、耐支力の不足を補ふ。

特に直立部を有する 港外護岸に於ては、其の根元が波に依る洗掘を防ぐ爲めに大塊の粗石或は方塊を捨てる。又背後の裏込(Backing)の材料には、主として粗石その他の石屑等が用ひらる。

〔註〕 石柱の中には、防波堤の所で述べた 木造枠、セルラーブロック等がある、又矢板の中には、木柵、鐵矢板、鐵筋混擬土矢板、などの種類がある。

〔註〕 港内護岸の裏込は、主として土壓の息角度を急ならしむる作用の爲めに置かるるものであるから、其の施工は比較的簡単であつて、唯だ粗石等を堤體に寄り掛けて、堆積すればよい、從て其の裏込の背面の勾配は、約一割ほどの自然勾配をとる。次に港外護岸の裏込は、前記土壓の外に、波のしぶきに依る 背後の洗掘をも考慮して、特に入念に施工する、例へば裏込の背面も、之を亂積などの簡易石張となし、之と外壁面との間に、充分粗石を詰める。

〔註〕 基礎の粗石も亦極めて必要であつて、假令相當の耐支力ありと考へらるゝ所でも、土砂の上へ直接に、護岸或は岸壁の基礎を置くことは、決して好くない。

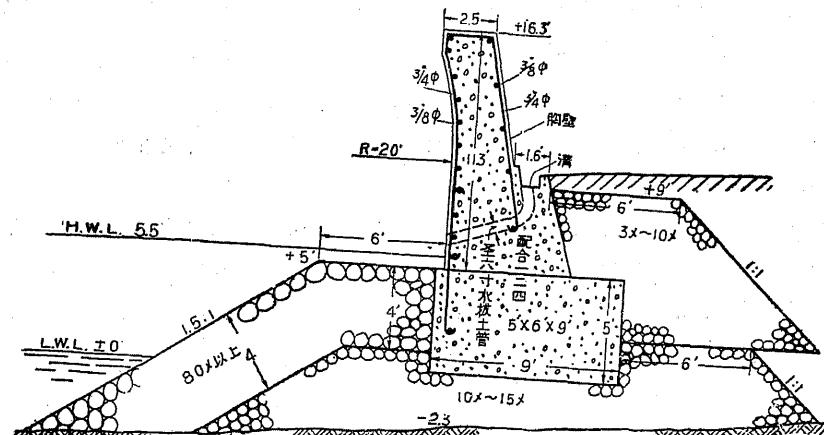
波返し 港外の護岸に於ては、波のしぶきが、陸地内を侵さない様に設計しなけ

ればならぬ、而して其の目的の爲めに、或は既述の C₃ の如く、堤體の形を上ぞりの曲狀に造つて、跳波を撥返すものもあるが、最も普通の方法は、護岸堤頂の前肩の所へ、更に、胸壁即ちパラペット(Parapet)を立てゝ、波のしぶきを止める。パラペットの形には、直狀と曲狀とがある。

曲狀胸壁のカーブは、恰も C₃ の如く、頂が前へ反り出て居る、即ち之に依つて跳波を外へ撥ねるのである。

舊來の胸壁は、直狀の石堤であつたが、近頃は混擬土を用ひるものが多い、殊に曲狀のものには、勿論混擬土が便利である。

胸壁の高さは 1~2 m などである。



曲状パラペットの一例

〔註〕 本邦舊來の石張護岸に於て、波のしぶきを止める爲めに、護岸堤體の上部、或は胸壁などの外面へ向つて、長方形の石を突出して植ゑ並べたものがある、尙ほ笠石だけの突出でも、しぶき止に多少の効果がある、但し此笠石は波の爲めに割れ易い。

尙ほ護岸上へ、茅を繁茂せしめて、波のしぶきを止むるものもある。

曲狀胸壁のカーブは、急緩必ずしも一樣でないが、大體の見當はカーブの半徑を、胸壁高の約三倍ほどに採つた實例が多い。

護岸の頂面 港内の如く、波の無い所の護岸に於ける。頂面の構造は、簡単であつて、或は単に笠石などを置いて、直ちに土砂を埋める。

然るに港外の、波の多い所に面する護岸に於ける、頂面は、波のしぶきに依つて、侵蝕されない爲めに、其の頂面は、なるべく幅廣く、鋪装するの必要がある、其の鋪装には、石張、コンクリート張などが用ひらる。

又パラベットを有する場合には、其の後方へ落ちたしぶきの水を集めて流す爲めに、頂面に溝を設け、パラベットに水抜穴をあけて置く。

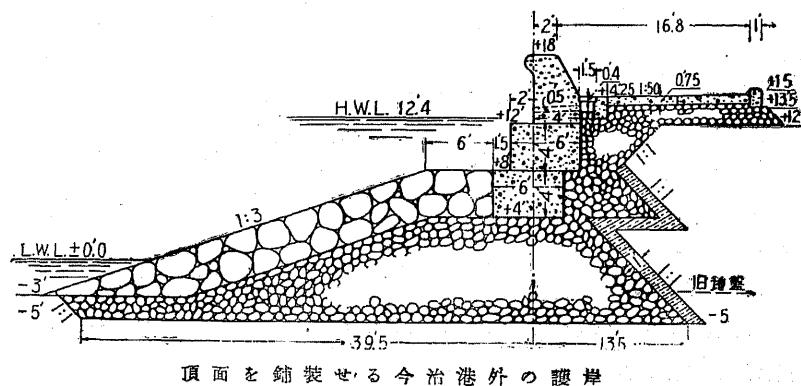
一般に港外の護岸は、波のしうきに依つて、後方より屢々破壊される事があるから、前記の頂面、或は堤體の背後などには、充分の注意を要する。

一般に護岸頂面の高さは、勿論背後の陸面高と同じである。従て其の高低は一樣でないが、最も多い例は、大潮平均満潮面上約 1.5 m 前後である。

〔註〕 埋立法に於ける、護岸敷と稱するものゝ面積の取り方は、前面に於ては、春秋分最大高潮面と護岸表面と交はる線を以て、護岸敷の境界線と定め、それより外は公有水面の領域である。

次に護岸敷の後方の境界は、必ずしも一定して居ない、例へば之を笠石幅に取り、或は裏込上幅を取る事もある、然し頂面鋪装の全部を護岸敷と考へる必要は勿論無い。

若し後方境界を数字で示すとすれば、護岸肩先から 60 cm~1 m の幅を取るのが普通である。



即ち結局護岸敷は、春秋分最大高潮位の交はる線に始まつて、肩先より後ろ 60 cm~
1 m の附近で終るものである。

護岸敷は、國有に歸屬するを以て通則とする、但し工業港の假護岸の如く、將來必ず
改築するものは、國有にされ無い方が便である。

工費 護岸は構造の大小と、形狀の如何とに依つて、其の工費に著しき差異がある。例へば港内の木柵假護岸ならば、1m當り十數圓でも出来る、又港外の大護岸にあつては、時に數百圓以上に及ぶ事もある。要するに構造の設計が定まらなければ、正確な單價を知る事が出来ない。

然し今試に大體の見當を記せば、港内護岸は、1m 當り 30~100 圓、港外護岸は 100~200 圓ほどのものが多い、尙ほ物揚場の如き埠頭用の護岸に就ては、後節に譲る。

〔註〕 今日日本邦に行はるゝ、各種護岸の単價の中で比較的に多いものを記せば、一段木柵の1m當り 17~30 圓、二段木柵 30~50 圓、木枠 55 圓、石張 25~100 圓、方塊と場所詰コンクリート等に依る大型護岸 100~200 圓、函塊用の大護岸 200~500 圓、鐵筋混擬土矢板 50~80 圓、鐵矢板を用ひるが如き大護岸 150 圓以上。

以上は大體の見當であつて、實際は其の例外も澤山ある。

第二節 護岸構造詳論

本節にては護岸の構造を、直立、斜傾、混成、に分け、更に其の各を用材について細別して説明する。

(A) 直立護岸

港内に於ける直立護岸には主として、石張、矢板、方塊及コンクリート、或はL型塊等のものが用ひられ、稀に石柱も用ひらる。

次に港外に於ける直立護岸の簡易なるは、石張が多く、又強大なるものには、方塊及コンクリートが盛に用ひらる。尙ほ函塊は特に大型の場合に用ひらる。

石張護岸 は古来最も廣く行はれた様式であつて、表面に間知石、割石などを張

り、その後ろに粗石等の裏込を施す。



石張護岸の實例

石の張方には、先づ練積と空積との別があり、又目筋の形狀に依つて、布積、谷積、亂積、などの名

稱がある。

又干潮面以下に方塊
を利用し、夫れより上
部を石張としたものも
ある。

尙ほ石張の施工其の
他に就ては、第十三章
第一節即ち防波堤の石

〔註〕 石張護岸の外壁面の勾配は、3~8 分ほどである、又張石の大きさは、防波堤より勿論小さく、例へば港外にて、控 60 cm 内外、港内にて控 40~60 cm ほどのものが多用ひらる。

方塊及びコンクリート護岸 干潮面以下はコンクリートの施工困難の爲め、之を
方塊積となし、その上を場所詰コンクリート等にて施工したもので
ある。

時としては全部方塊積のもの、
或は大部分が場所詰コンクリート
のものがある、又場所詰コンクリー
トの部分を、鐵筋コンクリート
としたものもある。

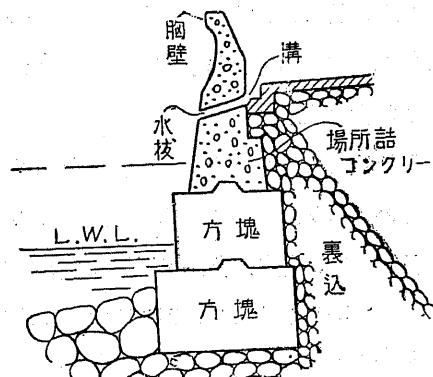
一般に本様式は、大きな方塊を用ひ得るがため、波力と土壓とに對して波高き所、或は港内の水深の大なる埠頭的護岸などに適する。實例としては、港外に於ける混成堤の直立部の構造として、盛んに用ひらる。

此様式に於ける、前面の縦勾配は 3
~8 分ほどである。

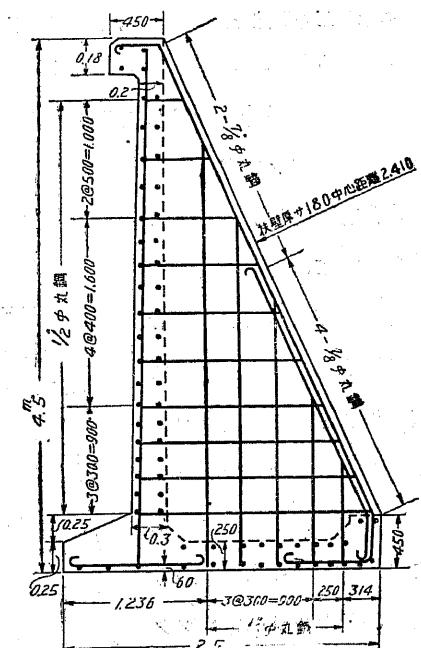
又方塊の大きさは、波力、提高、など
の如何に依つて、一様でないが大略、
2~10 施のものが多い。然し稀には 20
施以上の大塊を用ひた例もある。

方塊積の施工等は、防波堤の場合と
大同小異であるから、之を省く。

L形塊護岸 横断面が L 字形を呈するが如き塊を、鐵筋コンクリートにて



方塊及びコンクリート護岸



L形扶壁體の一例

造り、之を据え付けて、護岸となすものである。

工費に於ては、前記の方塊コンクリート式に比して、多少低廉であるが、波力に對して弱いから、港外の波荒き所には用ひられない、然し港内の埠頭的護岸には、相當に使用されて居る。

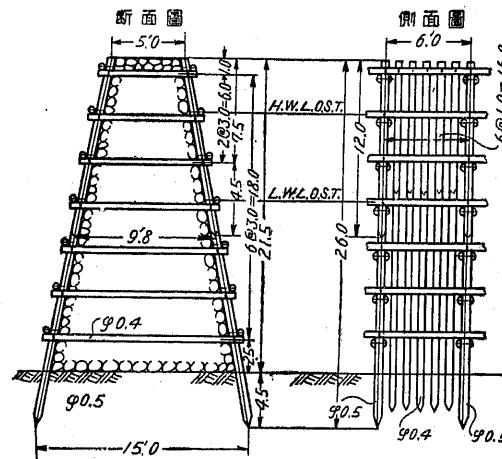
L形塊にも種々の異形がある、例へば背後に突出した 扶壁を有するものと無きものとあり、或は扶壁間の護岸面が、アーチ状を呈するものもある、此アーチ形扶壁體は、横濱、清水の物揚場護岸に用ひられた。

〔註〕 L形塊の据付は、浮起重機にて吊り下ろす。

相隣れる L 形塊の縦目筋の隙間から、背後の土砂が流れ出ない爲めに、相當の苦心を要する、例へば兩塊に各縦溝を設け、之が合して、一つの縦穴を形造り、之にズックの袋を入れ、グルートにてモルタルを注入して、此縦穴を充す、但し此縦目筋の隙間に餘りに完全に填充する時は、干潮時に背後の殘溜水が高く残つて危険となるを以て、多少の水抜用の間隙を必要とする、尙ほ此縦目筋の後ろに、鐵筋コンクリート板を別に當てた實例もある、之ならば水はけもよく、又裏埋の土砂も流出しなくてよい。

石柱護岸 石柱を利用して造つた護岸である。護岸用の石柱には、木造枠、セ
ルーパー・ロツクなどある。

木造枠護岸は、丸太にて枠を組立て、中に粗石を詰めたものであつて、本邦では一時的護岸として稀に用ひらるゝ。 鐵筋コンクリートで造つた セルラーブロックが、木造枠に比して耐久性に富むは言ふ迄もない、此セルラーブロック



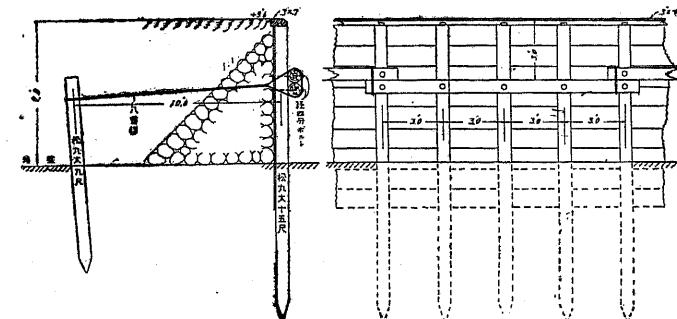
石枠護岸の一例

セルラープロツクの中詰には、粗石の外に、或ひはコンクリートを詰める事もある。

矢板護岸 矢板を以て造つた護岸であつて、直立護岸としては、其の単價が最も安い構造である。然し波力に對して弱い爲めに、港外の波の荒い所には適さない。

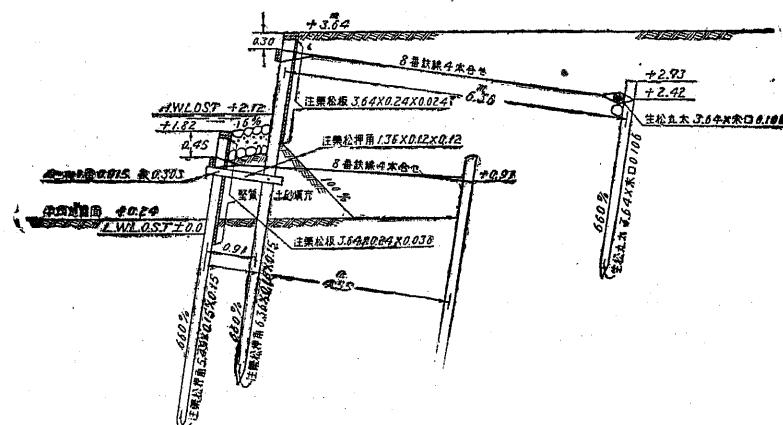
護岸用の矢板には、木矢板、鐵矢板、鐵筋混泥土矢板の別がある。木矢板のも

正 面 蘭



木 樹 護 岸 の 一 例

のは、木柵護岸と稱して、構造最も簡単、工費最も低廉であつて、港内の假護岸



東京港の二段木柵護岸

等に用ひらるゝ、木柵の中にも、大なるものには二段柵三段柵などがある。

鐵筋コンクリート矢板は、木柵より勿論耐久的であるが、単價は稍々高くなる。但し之は埠頭的護岸にも用ひらる。

鐵矢板 (Steel sheet pile) 護岸は、高さの大なる場合に有利である、低い護岸ならば、前の鐵筋コンクリートの方が安く出来る。 鐵矢板は、近時大船を繫留する岸壁に盛んに用ひらるゝを以て、後章に詳しく記述する。

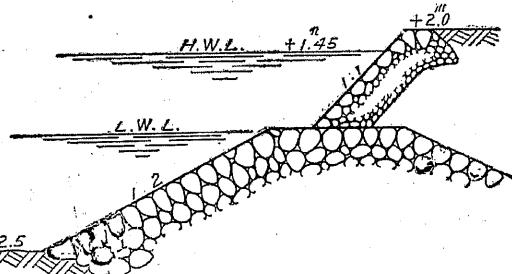
一般に矢板護岸の構造を分解すれば、矢板、腹起し、控材、錨定板、などから成り立つ、此等の計算或は矢板根入の計算等も後章に譲る。

〔註〕 腹起しは、矢板を連結する横貫材である。次に控材は此腹起しの所々を、後方から引張るものであつて、或は之を鎖定釘又は錨碇釘とも呼ぶ。而して鎖定板は、此控材の後端に附した止め板である。

腹起しの材料は、矢板と略同質である、控材は、木矢板の時に釘金を用ひ、其の他は丸鋼を用ひる、錨定板は、横板の外に木杭を並用する事もある、板の材料は、木矢板にては木板、其の他は多く鐵筋コンクリート板を用ひる。

(B) 傾 斜 護 牆

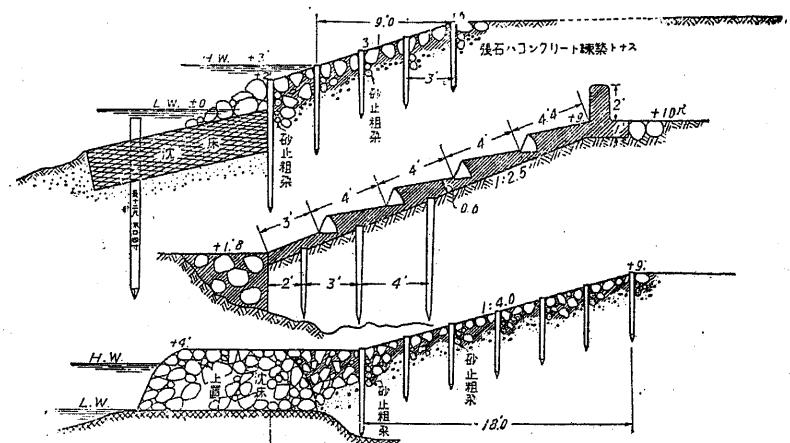
傾斜護岸として最も多く用ひらるゝは粗石である。波の大なる所では、粗石を多量に堆積し、波の小さい所では、表面を被覆するに止ま



粗石傾斜護岸の一例

る、此粗石の被覆層が特に薄い場合には、木杭、包朶、粘土、等を混用して、足らざるを補ふ、又伊勢灘にては古來、葭根粘土を大いに利用して居る。

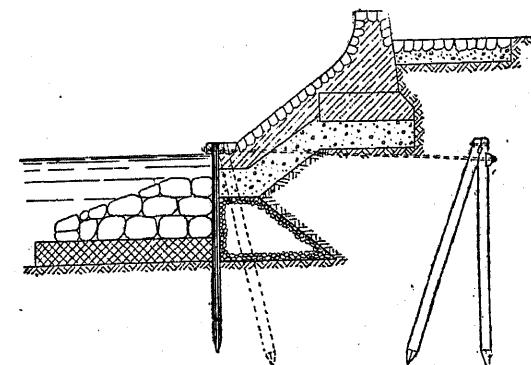
外國にては、粗石の外に、コンクリート、石張、煉瓦層、組築、等を用ひたもの



傾斜露岸の特例

のがある。

傾斜面の勾配は、用材と
波力との関係から一様でな
いが、粗石を堆積した場合
には大略、1~2割である
又粗石を薄く被覆する場
合には3~4割ほどであ
る。



コンクリート傾斜護岸の一例

(C) 混成護岸

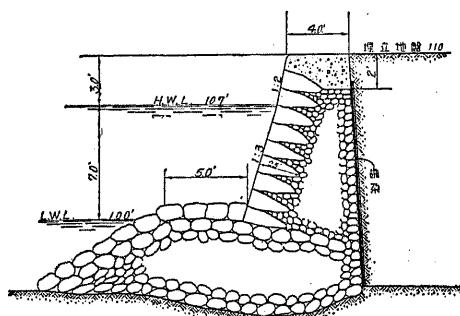
一般に混成護岸には、前掲の直立と傾斜との、各種を組合せただけの多様のものがあり得るが、其の中の主なるものに就て次に述べる。

下斜上直 即ち C₁ 式のものは本邦海濱の護岸として、最も普通の形であつて、其の下部の斜傾部には、主として 粗石 を用ひる、又上部の直立部には既述の如く多種の用材構造があるが、其中で特に廣く行はるゝものは、石張、方塊、及

コンクリートである。

直立部の根元には、成る可
大塊の粗石を捨てゝ、波の洗
掘を防ぐ、尙ほ其所に捨方塊
を施す事もある。

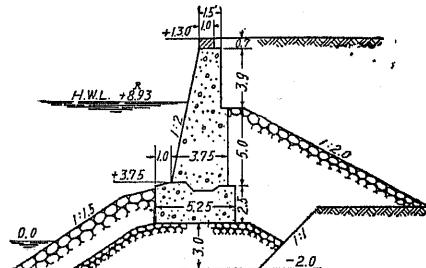
下直上斜 即ち C_2 式のもの
は、主として物揚場に用ひら
るゝを以て、後節に再び詳し
く述べる。



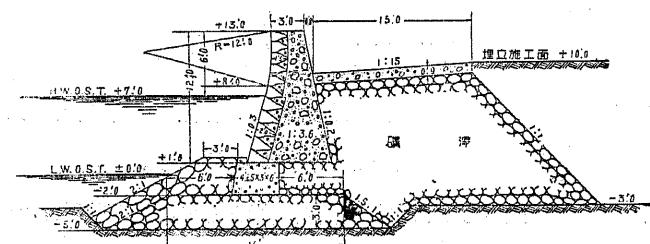
石張護岸の一例

下部の直立部には多く、方塊が
用ひられ、上部の斜面には、石
張、或はコンクリート張などが施
される、又下部に鐵矢板、コンク
リート矢板を用ひた例もある。

曲状護岸 即ち C_3 , C_4 等に於て、
干潮面以下の部分には、石張、粗
石、粗朶などが用ひられ、干潮面上の部分は、コンクリートを主體とする、但し

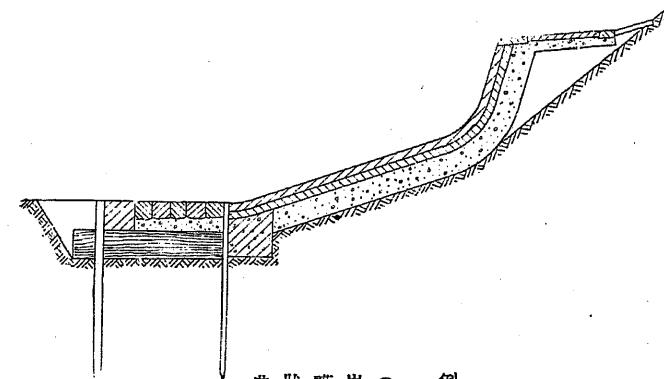


方塊及びコンクリート護岸の一例



方塊及びコンクリート護岸の一例

凍る所では、其の表面へ石を張る。

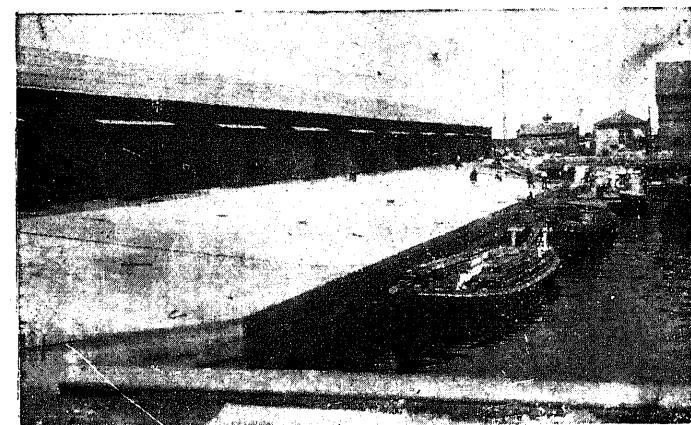


曲状護岸の一例

第三節 物揚場

今まで述べ來つた普通の護岸は、主として波浪と土壓とに對抗して、陸岸の崩壊を防ぐに止まつたが、此物揚場の主要目的は、後に述ぶるが如く埠頭用であつて、大に其の趣を異にする。然しそが構造に共通の部分が多々あるを以て、便宜その構造に關し本節にて之を述べ、更に其の機能等に就ての説明は、後章へ譲る。

物揚場 Lighters wharf とは、小型船を接岸せしめて、荷役する所である、即ち



横濱港の物揚場

水深の浅い小埠頭に外ならない。

若し此前面の水深が大ならば、繫船岸壁と呼ばるゝ事となる。

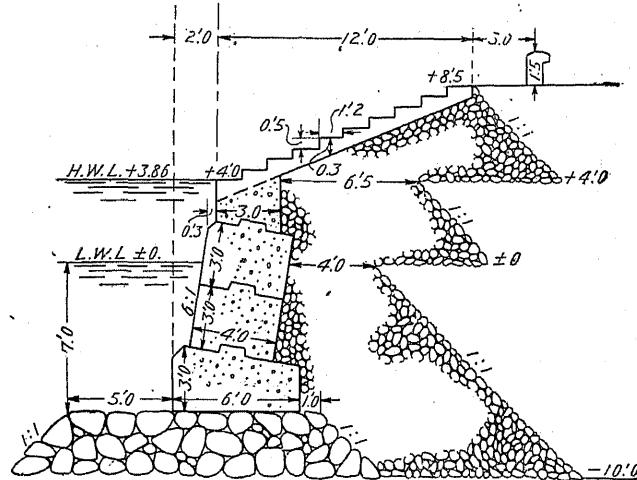
〔註〕 物揚場に於ける荷役は稀に小起重機を用ひる事もあるが、普通は船と物揚物との間に歩み板を掛け渡し、人力にて荷物を運ぶ。

〔註〕 繫船岸壁と物揚場との分類の境界は、實際に於て甚だ曖昧である、然し大略の分界は、水深 3.5 m ほどの所である、例へば資源調査法の分界も 3.5 m と定めた。

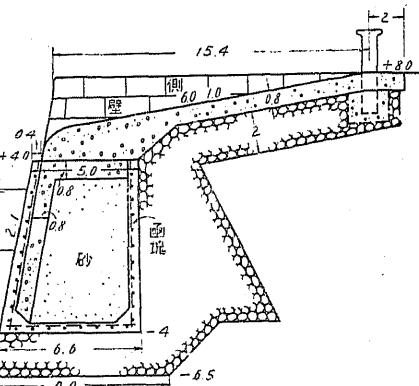
次に漁船用の埠頭は、大漁港のものを除けば、略々物揚場の水深と同様である。然るに如斯き小埠頭を、漁港では岸壁と呼ぶ習慣が多い。

形狀と分類

一般に物揚場に於ける、船の接する箇所だけは略々直立状を成すが、若し此直立部の上角を大船用岸壁の如く高く造る時は、干潮時



階段物揚場の一例



斜面物揚場の一例

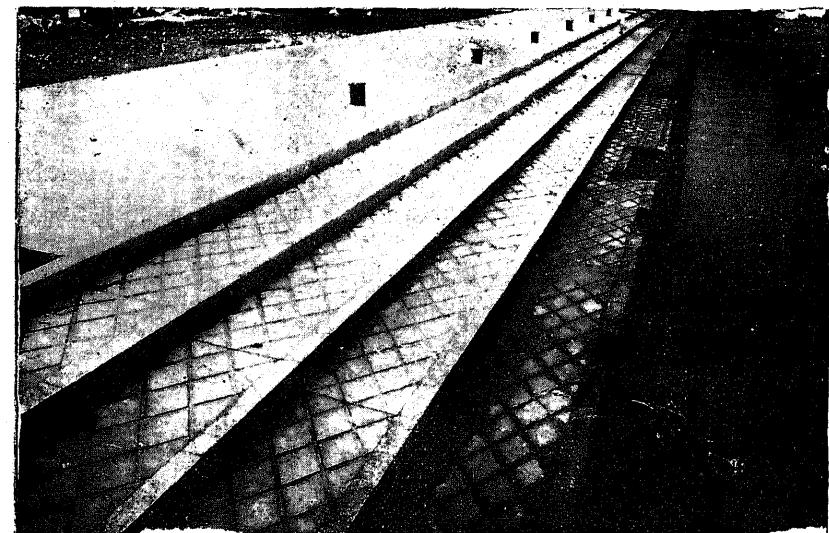
に舷側が下り過ぎて、荷役に不便を感じる場合が多い、故に物揚場に於ける直立部の上角は、之を低く造つたものが多い。

而して此直立部の上角と、後方の陸地面との高低の差は、斜面或は階段を以て連絡せしめる、從て物揚場の種類を、此形狀より分つて次の二つとなし得る。

斜面物揚場

階段物揚場

尙ほ此外に特殊のものには、斜面と階段とを並用した物揚場がある（今治の寫真参照）。



今治港の斜面階段並用の物揚場

又横斜面、或は横階段のものもある。

尙ほ後述の如き特別の場合には、稀に全部が直立状の物揚場も用ひらる。

〔註〕 斜面階段並用の物揚場とは、階段の蹴込を廣くし、之を傾斜せしめたものである。

又横斜面、横階段と稱するは、横昇りに造られたものである、尙ほ詳しく述べば、先づ海岸線から凹入して踊場を設け、其の踊場から横、即ち海岸線と平行の方向へ向つて、斜面或は階段を造つた物揚場である。

各種の適否 斜面物揚場は、最も普通の様式であつて、多くの場合に適する。然し潮差が特に大なる所では、傾斜面が著しく長くなつて、其の工費が増大し、又貨物を運ぶ距離が徒に長くなる。

次に階段物揚場は、潮差の大なる所、背後の餘地小なる所などに適する、但し貨物の運搬には、著しく困難となる。

尙ほ全部直立の物揚場は、潮差が極めて微弱であつて、陸面の餘り高くない所へ稀に用ひらる、然らざる場合には、既述の如く干潮時に、船の舷側が下り過ぎて、荷役が不便となる。

斜面階段並用の物揚場は、今治の如く潮差の大なる所に用ひらる、貨物運搬に就ては、階段物揚場より多少樂になる。

横階段と横斜面との物揚場は、背後の餘地が狭い所に用ひらる、例へば横濱市内の運河沿ひの物揚場は、總て此様式である。

物揚場寸法 物揚場の水深、肩高、直立部の縦勾配、斜面勾配、階段などの寸法に關して記述する。

物揚場の水深は、勿論之に繫留すべき、船の大小に依つて決定すべきである。而して實際の物揚場水深としては 1~3 m であつて、殊に其の中で多い例は、約 2 m 前後の物揚場である。

此際に、水深と船の吃水との間の餘裕は、漁船、帆船、港外貨船などならば、約 0.3 m 前後、又港内貨船ならば約 0.2 m で足りる。茲に水深と言ふは、大潮平均干潮位から、物揚場直立部の根元までの深さを指す、但し港によつては、最低潮位を規準とする實例もある。殊に漁港計畫の慣例は、此最低潮位に依るものが多い。

〔註〕 物揚場水深と、之に接岸繫留し得る船舶との關係に就て、其の大略の見當を次に示す、尙ほ詳細は、第四章第一節の船舶表に於ける、吃水を參照されたい。

(イ) 1 m 物揚場……………貨船なれば 10 噸以下、沿岸の小漁舟

- (ロ) 2 m 物揚場……………港内貨船ならば其の總て、漁船ならば約 20 噸前後
(ハ) 3 m 物揚場……………漁船ならば 100 噸以下、帆船ならば約 50 噸以下

次に物揚場の下部を形造る直立部の上角、即ち 前肩の高さ に就て述べる、此肩高は、潮差の大小に依つて、其の趣を大に異にする、即ち若し潮差が大潮の平均で約 2 m 以下ならば、此前肩を満潮面（大潮平均満潮面）より、上へ多少出して置くがよい、然し潮差が更に大なる場合には、満潮面より低くする、之は干潮時に此肩と舷側との間に、格段の差を生ぜしめない爲である。

一般に商港物揚場の肩高は低く、漁港物揚場の肩高は高い、蓋し漁船の舷側が貨船のものよりも、高い爲である。

〔註〕 物揚場の前肩を満潮面より少し高くして置けば、港内に浮遊する塵や油などが、其所へ溜る虞が無くてよい、又斜面も短くなる。

前肩を低くすれば、直立部の體積は、多少之を節減し得る。

満潮面より下げる場合でも、之を中水位より低くしない方がよいと思ふ、蓋し中水位以下の所には、水苔が附着し安く、從て斜面或は階段の一部が、滑り安くなつて、其の足掛が甚だ危険となるが故である。

〔註〕 商港に於ける、貨船用物揚場の前肩を満潮面より高くする場合には、之を大潮平均満潮面上へ約 10~30 cm ほど出す例が多い。

次に漁港に於ける、漁船用物揚場の前肩は、大潮平均満潮面上へ約 50 cm~1 m ほど出す、漁船用のものでも、潮差が大ならば、比較的低くし、小ならば高くするは言ふまでもない。

又鮪の如き、圓味ある大魚を取扱ふ物揚場の上面を、著しく傾斜せしむる時は、魚が轉び落つるから、此上面をなるべく水平面に近く造り、從つて岸の前面を、直立岸とするがよい。

〔註〕 前肩から直に斜面が始まるものもあるが、成る可くなれば、其の間に平らな小段を置く方が便利である、此小段の幅は約 40 cm~1 m ほどである。

斜面物揚場に於ける、斜面の勾配は、之を急にすれば、昇降に困難を感じ、又之を緩にすれば、斜面の部分が長くなつて、貨物の運搬距離を徒に増す事とな

る。

実際に用ひらるゝ勾配は、商港では 5~6 割程のものが多い、又漁港では前述の如く、前肩の高い爲め、斜面勾配は一般に緩となる、即ち 6~8 割程である。

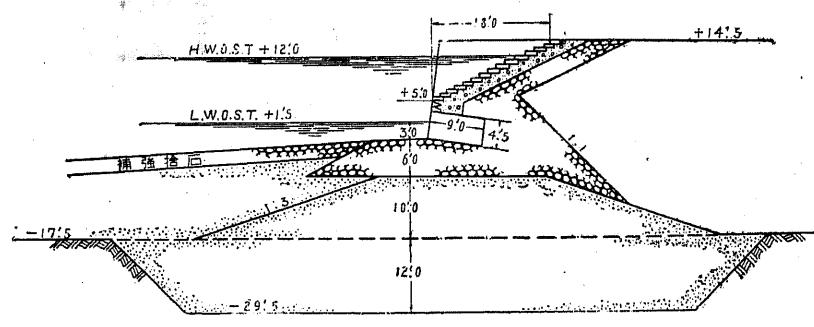
最後に階段物揚場に於ける、階段の寸法を附記する。即ち其の大略の見當は、蹴上 18 cm、蹴込 35 cm 前後を適當と思ふ。

〔註〕冬期に於て凍る地方では、滑らない爲めに、斜面の勾配は、成る可く緩にするがよい、即ち 6 割以上の如きものを用ひる。

潮差の大なる地方では、3 割の如き急勾配の實例を見るが、其の昇降は極めて困難である、如斯き場合には寧ろ、斜面階段並用の様式が適する、例へば假に蹴込の勾配を 5 割、其の幅を 1 m となし、尚ほ蹴上を 13 cm に採れば、全部 3 割斜面のものと、前後の關係は同一であつて、然も昇降は容易となる。

〔註〕尚ほ物揚場の下部を構成する 直立部の縦勾配に就て附記したい、之は殆ど垂直に近いものもあるが、普通は、2~3 分ほどの傾きを成す實例が多い、一般に物揚場は岸壁の場合より、多く傾けてもかまわない、蓋し物揚場に於ては、船との間に、歩み板を掛け渡す爲めである。元來此直立部の縦勾配は、之を緩にすればする程、土壓に對して有利となつて、堤體の立積を節約し得る、然し船の接岸は悪くなる。

物揚場用材 斜面物揚場の形は、前節の混成護岸の C₂ 式即ち下直上斜のものに外ならない、従て其の構造の用材も既述の如く、下部の直立部へは、多く方塊積



長崎港の補強せる階段物揚場

が用ひらるゝ、然し此の外に或ひは鐵矢板、鐵筋コンクリート矢板、函塊なども

用ひらる。

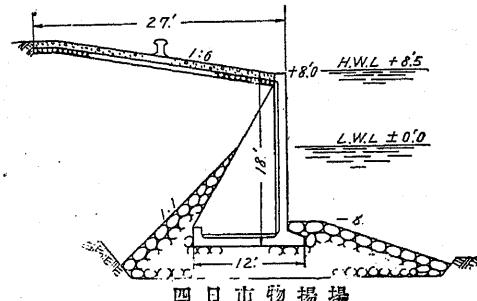
次に上部の斜面へは、主として石張が施される、又或はコンクリート張のものもある。元來此斜面は、足掛りの良い事が大切である、従て石の龜張などの實例が多いのである、又コンクリート張の場合には、之に荒目を付けて、滑らない様にする。

階段物揚場に於ける階段は、或は長方形の石を積み上げ、或はコンクリートにて階段形を造る。

尚ほ物揚場に附帶して必要なものは、小繫船柱である、之には石造のものが多い。

〔註〕斜面上には、相當の荷重が載るから、コンクリート張の場合には、其の厚さを 20~30 cm ほどに造る、又斜面の基礎には、粗石を敷いて、充分に搗き固めるのであって、其の厚さは 20~45 cm ほどのものが多い。

次に階段の基礎にも亦粗石が用ひらるゝ、若し階段に石を用ひる場合には、蹴上と同



四日市物揚場

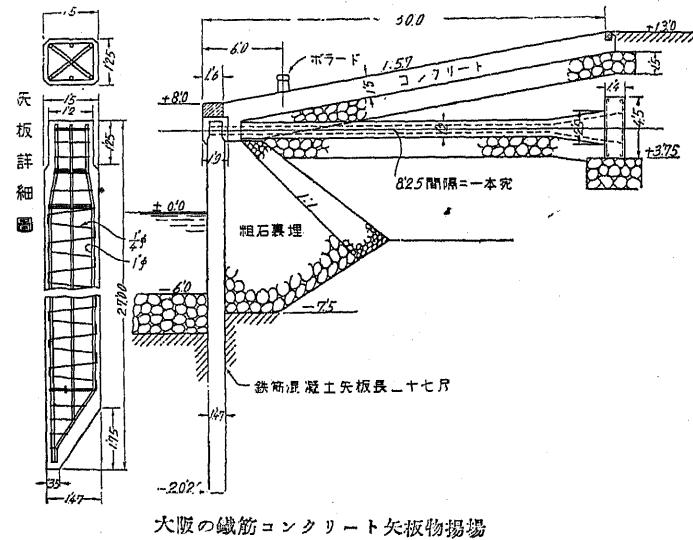
厚の石を用ひ、次の石との重なりは、約 10 cm ほどである。

〔註〕物揚場の繫船柱は、大凡 15 m 毎に設置する、其の大きさは徑約 30 cm、高 45 cm ほどの石柱が多い、尚ほ繫船柱に就ては、後章に詳しく述べる。

〔註〕物揚場の工費は、水深、潮差、地質、構造、地方などに依つて、勿論一様で無

いが、大略の見當は次の如くである。但し之は何れも長1m當りの単價である。

水深1mにて100~150圓、水深2mにて150~200圓、水深3mにて300~400圓ほどである。



大阪の鐵筋コンクリート矢板物揚場

第四節 海岸堤防

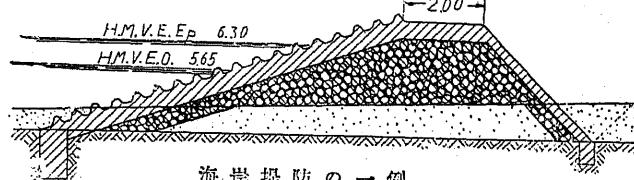
今まで述べ來つた護岸は、其の背後を土砂で全く埋めたもの。即ち護岸の頂面と陸地面とが同高であつたのだ、然るに本節の海岸堤防は、内部の陸地面が、堤頂より低い法先に續く場合、即ち其の断面が恰も河川の堤防に似たものである。

海岸堤防の目的 は満潮時の浸水を止め、或は荒天時の波浪の侵入、又は海嘯の襲来を防ぐものであつて、

干拓地その他

低地の周囲に

築かる。



海岸堤防の一例

第四節 海岸堤防

和蘭の海岸堤防は最も有名である。又本邦にては古來、有明海、瀬戸内海、伊勢湾等の沿岸に大に發達して、其の構造は頗る優秀である。

形狀 前述の如く内方の陸地が低い爲めに、海岸堤防の横断面は、大略梯形に近いものとなる。但し實際に於て此梯形は、或は馬踏の廣狭、或は法勾配の緩急、或は小段の有無など多種多様である。

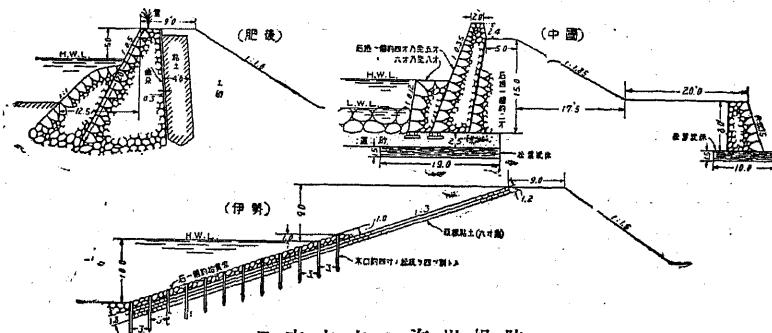
本邦に於て石材豊富の地方では、表側に石材を用ひて之を急にし、裏側を緩勾配となす。然るに和蘭の如く石材の少なき所にては、表側を特に緩勾配にする。本邦に於ても伊勢湾の沿岸に其の例を見る。

尚ほ是等の勾配、馬踏幅、等の詳細は、實例圖を参照されたい。

次に海岸堤防の **高さ** は、特に高く造つて、満潮、海嘯、波浪などが重なつて襲来するも、尚ほ安全なる様に設計する、即ち胸壁の頂に於て、在來の記録に依る、最高水位より更に約 2m ほど高くなすの實例が多い。

〔註〕 海嘯とは、暴風の低氣壓に依つて、海上が急激に上昇して起る 一種の海嘯であつて、時に 2m も高くなる。

構造 海岸堤防の前半部の構造は、第二節で述べた護岸の構造と全く同じである、又後半部の構造は、普通の土堤の形をなす。只だ其の土堤の法先若干を、石張の小護岸にて固めてある。



日本古來の海岸堤防

本邦古來の海堤に於ける前面は、石張の直立護岸であつたが、其の石張壁の根

元には、更に一重或は二重以上の、鞆堤と稱する根固堤を被せて、波に依る洗掘崩壊を防いで居る(圖参照)。又馬踏には、或ひは胸壁を置き、或ひは笠石を出し、或ひは茅を繁茂せしめて、波のしぶきを防ぐ。

尙ほ近年に至つて、石張の外に或ひは、方塊、函塊、コンクリート等を此海岸堤防にも利用する様になつた。

〔註〕石張の裏込には、勿論粗石を多量に用ひるのであるが、其の裏込の後側は、之を丁寧に積み上げて置く、又之と土堤部との間には、漏水を防ぐ爲めに、或ひは歯梁層、或ひは粘土層を挟む事がある。

第五節 海濱保護の砂止堤

目的 第九章第一節に記した砂止堤は、港に流れ来る漂砂を、途中に擁して之を阻止するものであつたが、本節の砂止堤は、之に依つて其の間に、砂を滞積せしめて、海岸の侵蝕を防ぐものである。

配置 海濱保護の砂止堤が、波當りの激しい箇所に沿ふて設置せらるゝは言ふ迄でもない、而して其の配置は、第九章第一節に述べた二様の中で、小突堤を數多く設置するの工法を探るものである。而して突堤の間隔は、成る可く近い方が勿論效果が多い、即ち其の間隔を、突堤の長さと略々相等しき程度に、配置するならば充分であるが普通は、工費の關係上もつと離したものが多い。

次に砂止堤の方向は、普通海岸から略々直角に突出せしむる。

構造 一般に砂止堤の構造に就ては、第九章第一節に於て之を述べた、其の中で本節の海濱保護用の砂止堤は、概して淺い所にのみ設置せらるゝものであるが爲めに、之が構造は矮小である。

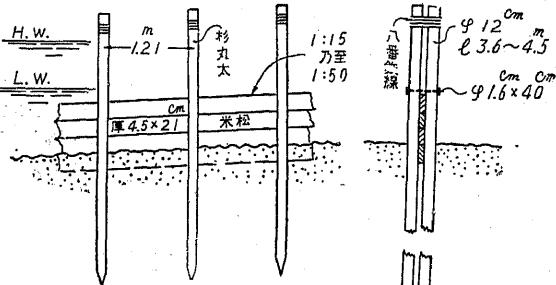
即ち、捨石堤、石張堤などが多く用ひらる、更に簡易なるものには、木柵を稀に用ひる。

〔註〕海濱保護の砂止堤の頂面の高さは、餘り高く無い、即ち満潮位から干潮位の間

に、之を造る、但し根元の方を比較的高くし、前端へ漸むに従つて低く下げる。

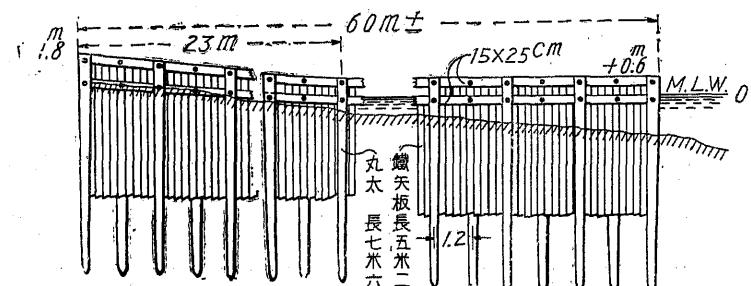
又石張堤の場合に

は其の頂面の角張らない様に丸味を附する。



新潟港の木柵砂止堤

又北米合衆國マヤミ海岸(Miami)にては、鐵矢板と丸太杭とを以て造つた長大なる砂止堤を、多數突出せしめて、好成績を収めた(E. N. R. May 7, 1931 参照)。



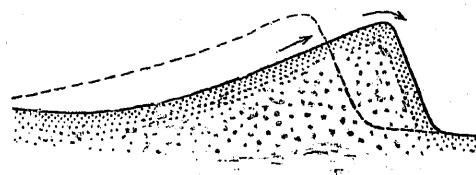
北米マヤミ海岸の鐵矢板砂止堤

〔註〕護岸の侵蝕破壊を防ぐ爲めに、前述の如き砂止堤を配置せしむるの外に、或ひは、牛栓を用ひた例もある、又護岸の前へ方塊を捨てることもある、此普通の捨方塊は前へのめる傾向が有るを以て、富山縣の滑川町にては、横断面が三角形をなす塊を用ひ、尙ほ之をワイヤーロープにて連結せしめた。

第六節 砂丘工

砂丘 Sanddune とは、先づ波に依つて打ち上げられた海濱の砂が、更に海風に依つて奥へ吹き送られ、次第に堆積して出来た小高い砂の丘である。

一般に砂浜の地方には、必ず之が多少の發達を見るが、殊に海風の顯著なる砂浜地方の砂丘は、頗る大きい。然し陸風の烈しい地方の砂丘は、比較的に矮小である。



砂丘の普通の形は、海に向ふ外側の勾配が緩であつて、内側が急勾配をなし、尚ほ頂部に多少の丸味ある三角形をなすものである（圖参照）。

砂丘の移動 一般に丸裸の砂丘は、海風に依つて、更に奥の方へ次第に移動する傾向を持つ、此移動の著しきものは、時に住宅、耕地、鐵道、道路等を侵して危険の事がある、即ち之が移動を防止する爲めには、次に述ぶるが如き、種々の砂丘工を施す必要がある。

砂丘工 砂丘を固定せしめて、砂の移動を防止する工事を、茲に砂丘工と名付ける、而して砂丘工の主なる工法には、柵工、垣工、植付などがある。

柵工 とは先づ木杭を打ち、之に枝或ひは葦簾、竹、蘆などを當てゝ柵を造るものであつて、此柵を幾列にも、相平行して配置し、以て飛び砂を止む。

垣工 とは柴粗柵、或ひは蘆束などを、砂面上へ差し込んで、低い垣を造るものであつて、是等の柴垣の配置は、縦横の網目状に置くを以て普通とする。

植付 とは草木を繁茂せしめて、砂面を固定するものであつて、若し好く生育すれば、最も完全な工法であるが、屢々埋没枯死の虞がある。

砂丘に最も適する種類は、濱松、コウボウムギ等であると言ふ、而して是等の種子を蒔くには、草と木との種子を混合して蒔き、尚ほ之が發芽成長に至るまでの期間を被護する爲めに、或ひは柵工、垣工などを並用する。

古來本邦の海岸に繁茂する見事なる松林は、砂丘の移動を防ぐの外に、或ひは防風林、魚寄林、風致林、防潮林として極めて重要なものである。

〔註〕 砂丘として最も著名な實例は、佛蘭西ビスケイ灣沿岸のものであつて、其の高さ

80~90 m、横幅 3~10 km に及ぶ、又本邦にては、茨城縣鹿島灘の沿岸に著しき砂丘を見る、此外、鳥取、新潟、山形、その他の諸縣にも相當に發達して居る。

第七節 護岸の計算

一般に護岸を設計するには、主として他の實例に従つて設計する場合が多い、故に本節の計算は、單に参考として掲ぐるに過ぎない、從て時間の少い讀者は、本節を飛ばして、次章に移られたい。

尙ほ此節の記事は、第二十章の岸壁計算論を讀んだ後に、第十四章の防波堤計算論とを合せて參照さるゝならば、容易にわかる。

計算の要項 護岸の計算は、港内護岸と港外護岸とに依つて、大に其の趣を異にする、即ち各の計算要項を記せば、次の如くなる。

(1) 港内護岸

1) 背後の普通土壓に對する壁體の轉倒、滑出、耐支、等を檢する。

(2) 港外護岸

1) 背後の普通土壓に對する壁體の轉倒、滑出、耐支、等を檢する（之は前記と同様）。

2) 前面へ衝突し来る波に對し、壁體の安定を檢する、但し此場合に抵抗するものは、壁體の重量、底面の摩擦、等の外に、壁裏の抵抗土壓が大に働いてくれる。

〔註〕 實際に港外護岸が、波の爲めに破壊される經過を見るに、(2)に記した如く、波が壁の前面へ、真すぐにぶつかつて、轉倒、滑動、沈下等を起して破壊されるよりも、寧ろ跳波の落下に依つて、護岸の裏を洗ひ去り、或は護岸の根元を洗掘して、崩壊せしむる場合が多い。

然しこの後方洗掘と根元洗掘とに對しては、之を計算するの方法が無いから、唯だ之に關しては、裏埋上面の鋪装と壁脚前方の根固との設計及び施工等に、充分注意して、此等の害を除くより外ない。

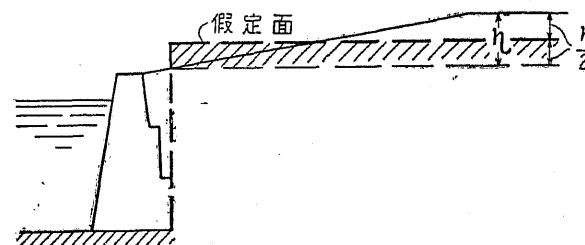
如斯く、上面と根固との問題を、計算の範囲から除外すれば、其の他の護岸計算法としては、既述の如く、壁の前面へぶつかる波力に對して、護岸の安定を検するだけよい事となるのだ。

背後の普通土壓 前掲の計算要項の中で(イ1)と(ロ1)との普通土壓の計算は、言ふまでもなく、第二十章の岸壁の計算を、小規模に又簡略に行へばよい。尙ほ詳細は、註の説明を見られたい。

〔註〕護岸の土壓計算に於ける 裏埋の假定 は最も簡単なる全部均一(第二十章第一節、註のロの假定参照)と考へる程度のもので充分と思ふ、然し潮差の特に大なるもの、或は物揚場の如く直立部が相當に高い構造のものには、普通の岸壁に於けるが如く、之が裏埋を水平層別(第二十章第一節、イの假定参照)と假定して計算すべきである。

次に裏埋の 息角度 と 単位重量 との數値に就ては、同じく第二十章第一節の註に詳しく記してあるが、然し港外護岸の如く、一般に粗石の裏込を、特に多量に用ひたものにあつては、之が均一の息角度 α の數値を、幾分高めてもよい。

〔註〕斜面物揚場
の傾斜せる上面に
就ては、之が計算
を簡単にする爲め
に、圖に示すが如
く、斜面の略々平
均高を取つて、之



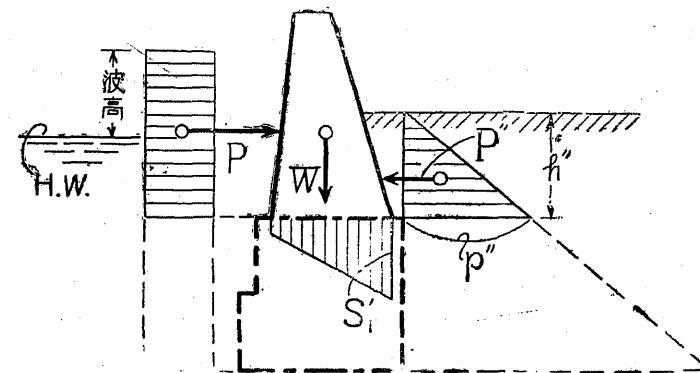
を水平の上面と假定して、其の後の計算を進めてよい。

〔註〕次に 載荷重 に就て述べる、港外護岸の(ロ1)の計算に於ては、上面の載荷重を零と考へてよい。又港内護岸の(イ1)に於ても、普通の護岸ならば、其の載荷重を零として差し支えが無い、然し埠頭的に利用せらるゝ港内護岸に限つては、多少の載荷重を考へなければならない、殊に物揚場に於ては、此載荷重の數値を $1.0 \sim 1.5 \text{ t/m}^2$ ほどに考へたらよかろう。

〔註〕尙ほ普通の護岸計算に於ける 土壓式 は最も簡単なランキン式でよい、然し重要な物揚場などで、若し地震計算を行ふ様な精密な場合には、クーロンの土壓式を用ひる事もある。

港外護岸の對波 港外護岸の波に対する計算(ロ2)は第十四章第一節の直立防波堤の波力計算と略々同様であるが、然し此護岸の場合には、既述の如く、壁裏の土壓が大に助けてくれる。但し茲に注意すべきは、其の際の土壓が(イ1)或は(ロ1)の時の如く普通土壓即ち正土壓で無く、抵抗土壓即ち負土壓なる事である。従つて其の土壓式は、第二十章第二節の(19)(20)式、即ち次の註に記すものを用ふべきである。

此計算に於ては、上部に近い水平筋が、最も危険であつて、下部へ向ふに従つて、抵抗土壓が著しく増大して、次第に安全となり、遂に其の計算を行はなくともよい場合が多い(例題参照)。



〔註〕抵抗土壓即ち負土壓の 算式 は次に記すが如くである。

$$P'' = \frac{p''h''}{2}$$

$$\text{但し } p'' = \gamma h' \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\alpha}{2} \right)$$

記號 P'' 壁裏の抵抗土壓、其の方向は、土壓分布圖の重心から、之を普通は水平に取る

p'' 抵抗土壓の分布圖に於ける、底邊の長さ

h'' 裏埋上面から、検算すべき底面或は筋筋までの深さ

γ 裏埋の単位重量

α 裏埋の息角度

此抵抗土壓 (P'') が決定せる後は、波力 (P)、壁體重量 (W)、摩擦係數 (f)、底の後端の最大壓力 (S_1')、底の許容耐支力 (q)、等との關係が、成り立つかを検する（第十四章第一節参照）。但し次の算式中で、滑動と耐支とは、後の説明の如く、之が計算をやらなくても、安全の場合が多い。

轉倒 $P P'' W$ 等の合力 R' が、底邊或は目筋の中へ落ちれば安全である。

滑動 $fW > (P - P'')$ ならば安全である。

耐支 $q > S_1'$ ならば安全である。

壁體に水平目筋のある場合は、其の各目筋に就て、以上の計算を行ふべきである。但し既述の如く、抵抗土壓は、下部に至るに従つて、著しく強大となり得るから、轉倒、滑動の検算は、上部の水平目筋だけに於て、之を行へば足りるのが普通である。

次に耐支に就ても、此抵抗土壓が下部に於て大なるの結果、その土壓と波力と壁重との合力が、最下の壁底後端の基礎へ及ぼす最大壓力 (S_1') は大きくなり得ない、従つて實際は、此場合、基礎の耐支検算は、やらなくてもよい。更に亦、他のメーンリーラー間の水平目筋に於ては、其の許容耐支力が頗る強大の爲め、其所でも耐支検算を要しない、即ち結局、護岸の對波に就て、耐支の検算は、何所でもやらなくて済む場合が多い事となる。

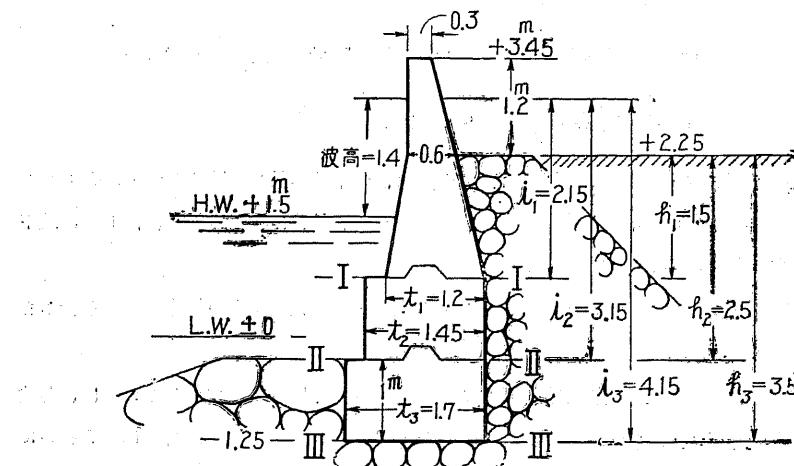
〔註〕 第十四章第一節の防波堤の外側へ當る波力の分布は、普通その堤頂まで均一に働くものと假定した。然るに、護岸の場合に、之が胸壁の頂まで同様に分布せしむるのは、實際上餘り安全過ぎる。故に著者は便宜上、圖に示すが如く、満潮面上から上方へ、大略、波高の數に相當する所まで、波力が均一に働き、夫より上部の波力を零と假定する事にした、蓋し護岸に於ては、胸壁の頂までの高さが、波高に比して、著しく高い爲めに、上部の波力分布は實際上小さいからである。

尚ほ満潮面上、波高の半分に相當する所までを、均一の波力と考へる方が、稍々理論的に見えるが、此所では、多少の安全を考へて、波高に相當する所まで、均一に働くものと假定したのだ。

〔例題 1〕 圖に示すが如き、港外護岸に就て、之が安定の可否を検算せよ。但し前面の最高波高は $1.4m$ 、又背後の裏埋土石に於ける息角度は、之を全部均一と考へて、 35° と假定し、又その単位重量も、之を均一とみなして $1.6\tau/m^3$ と假定する。

記號 圖に示す水平目筋 I-I II-II III-III の各へ至るまでの外側へ當る波力は、それぞれ $P_1 P_2 P_3$ を以て表はす。又各目筋に至るまでの背後へ來る普通土壓は、

それぞれ $P_1' P_2' P_3'$ を以て表はし、更に抵抗土壓は、それぞれ $P_1'' P_2'' P_3''$ を以て表はす。



又胸壁の頂より、前記の各水平目筋へ至るまでの壁體の重量（但し護岸の場合は、満潮位以下の浮力を引くものとする）の各を $W_1 W_2 W_3$ とする。

其の他の記号 $i_1 i_2 i_3 h_1 h_2 h_3 t_1 t_2 t_3$ 等の意味は、圖に依つて明かである。又 τ は最高波高を示す。

壁體重量 各部の断面積に對して、満潮位以上には、 $2.35\tau/m^3$ 、浮力の働く満潮位以下には、 $1.32\tau/m^3$ をそれぞれ乗じて、各部の重量を算出すれば、次の如くなる、但し途中の細かい計算は之を省く。

$$W_1 = 3.6\tau \quad W_2 = 5.5\tau \quad W_3 = 7.7\tau$$

此等の力の位置は、各部の重心から垂直に下へ向ふのであつて、其の重心 (G) の位置は、作圖或は計算に依つて、容易に求めらる。

普通土壓 第二十章第二節の公式 (21)(23) 等に依つて、之を求むれば、次の如くなる、但し此場合に、載荷重 (s) は零である。

$$p_1' = \gamma h_1 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1.6 \times 1.5 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{35^\circ}{2} \right) = 0.62\tau$$

$$\text{故に } P_1' = \frac{p_1'}{2} h_1 = \frac{0.62}{2} \times 1.5 = 0.5\tau$$

$$p_2' = \gamma h_2 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 1.6 \times 2.5 \tan^2\left(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}\right) = 1.04 \tau$$

故に $P_2' = \frac{p_2'}{2} h_2 = \frac{1.04}{2} \times 2.5 = 1.3 \tau$

$$p_3' = \gamma h_3 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 1.6 \times 3.5 \tan^2\left(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}\right) = 1.46 \tau$$

故に $P_3' = \frac{p_3'}{2} h_3 = \frac{1.46}{2} \times 3.5 = 2.6 \tau$

普通土壓に対する安定 此場合に普通土壓は、最下部が最も危険であつて、夫より上方の検算を要しない、然し本例題では、念の爲め各目筋毎に當つて見る、但し圖は最下のもののみを示し、他は之を省く。

【目筋 I-I】 混凝土の耐壓力が、著しく强大の爲めに、耐支力の検算は、之を行ふまでもなく安全である。

次に壁體重量 W_1 と普通土壓 P_1' との合力 R_1 を作圖に依つて求むるならば、勿論 R_1 が目筋の中へ落つるを以て、轉倒に就ても安全である。因に此所では圖を省いたが、其の合力と目筋との交點から、目筋の中心までの距離 e_1 は $0.16 m$ であつた。次に滑出に就ては、第二十章第二節の公式 (1) の關係が、次に示すが如く成り立つから安全である。

$$\begin{aligned} fV_1 &= fW_1 = 0.7 \times 3.6 = 2.5 > H_1 \\ &= P_1' = 0.5 \end{aligned}$$

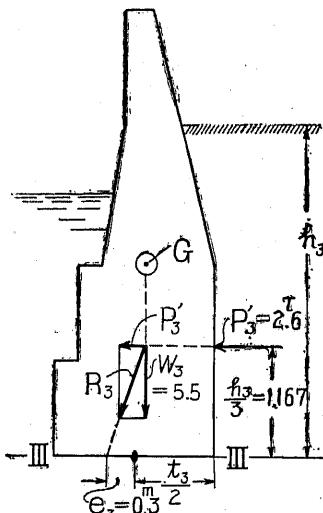
【目筋 II-II】 前記の如く、耐支に就ては、計算するまでもなく安全である。

次に轉倒に就ては、 W_2 と P_2' との合力 R_2 が目筋の中へ落つるを以て安全である、因に e_2 は $0.16 m$ であつた。

又滑動に就ては、次式に示すが如く安全である。

$$\begin{aligned} fV_2 &= fW_2 = 0.7 \times 5.5 = 3.9 > H_2 \\ &= P_2' = 1.3 \end{aligned}$$

【基礎 III-III】 轉倒に就ては、圖に示すが如く W_3 と P_3' との合力 R_3 が基礎の底面の中へ落つるを以て、安全である、其の際の



e_3 は $0.3 m$ である。

次に耐支に就ては、基礎の耐支力が、混凝土の目筋間に於けるが如く强大でないから、一應計算して見るの必要がある。底部前端の最大圧力 S_1 を求むるには $e_3 > (t_3 \div 6)$ の關係があるから、次式に依つて計算する（第十四章第一節参照）。

$$S_1 = \frac{4W_3}{3(t_3 - 2e_3)} = \frac{4 \times 7.7}{3(1.7 - 2 \times 0.3)} = 9.3 \tau/m^2$$

故に $q = 35 > S_1 = 9.3$

即ち耐支に就ては、安全なるを知る。

次に滑出に就ては、次式の計算に依つて、之亦安全である。

$$fV_3 = fW_3 = 0.7 \times 7.7 = 5.4 > H_3 = P_3' = 2.6$$

波力 第三章第三節の(23)(26)式等に依つて、波力を計算すれば、次の如くなる。

$$p_0 = 1.5 wh = 1.5 \times 1.03 \times 1.4 = 2.16 \tau/m^2$$

故に $P_1 = p_0(1 \times i_1) = 2.16 \times (1 \times 2.15) = 4.6 \tau$

$$P_2 = p_0(1 \times i_2) = 2.16 \times (1 \times 3.15) = 6.8 \tau$$

$$P_3 = p_0(1 \times i_3) = 2.16 \times (1 \times 4.15) = 9.0 \tau$$

抵抗土壓 前の註に掲げた算式に依つて、各部の抵抗土壓を算出すれば、次の如くなる。

$$p_1'' = \gamma h_1 \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 1.6 \times 1.5 \tan^2\left(45^\circ + \frac{35^\circ}{2}\right) = 9.2 \tau$$

故に $P_1'' = \frac{p_1''}{2} h_1 = \frac{9.2}{2} \times 1.5 = 6.9 \tau$

$$p_2'' = \gamma h_2 \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 1.6 \times 2.5 \tan^2\left(45^\circ + \frac{35^\circ}{2}\right) = 15.4 \tau$$

故に $P_2'' = \frac{p_2''}{2} h_2 = \frac{15.4}{2} \times 2.5 = 19.2 \tau$

$$p_3'' = \gamma h_3 \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 1.6 \times 3.5 \tan^2\left(45^\circ + \frac{35^\circ}{2}\right) = 21.5 \tau$$

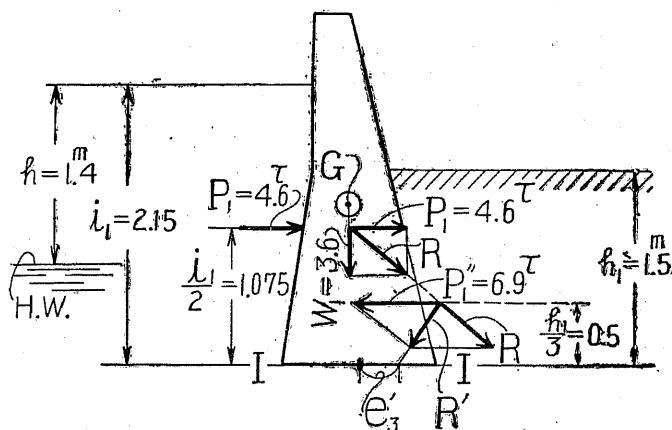
故に $P_3'' = \frac{p_3''}{2} h_3 = \frac{21.5}{2} \times 3.5 = 37.6 \tau$

茲に注意すべきは、以上の抵抗土壓が、初めから常に存在するもので無くて、壁體が特に轉倒或は滑動せんとする時に、之が外力に對應し、初めて此等の數値までの抵抗力を發生するのである。而して下部の波力 $P_2 P_3$ はさほど大きくなから、 $P_2'' P_3''$

の如き大きな力は、實際に發生せずに済むこととなる。勿論その場合は、安全であつて、結局目筋の I-I と基礎の II-II とに就ては、波力に対する検算は、之を行はなくてもよい。

對波の安定 既述の如く、下部の抵抗土圧は、極めて強大の數値となり得るのであるから、此場合計算しなくとも安全である。

即ち此所では、目筋 I-I のみに就て検算する。各種の検算の中にて、耐支に就ては、既述の如く勿論安全である、又滑出に就ても、 P_1'' が P_1 よりも大きくなり得る



を以て計算する迄でもなく安全である。從て此場合たゞ轉倒だけに就て、圖の如く検算すれば足りる、即ち前に算出せる P_1 と W_1 と P_1'' を漸次作圖に依つて組合せ、之が最後の合力 R' を求める時は、其の R' が此場合、目筋の中に落つるを以て、轉倒に就ても亦安全なることを知る。

注意 此例題の断面は、幸に總ての點に於て、安全であつたが若し不安定の場合には、次の如き設計の變更を考へる。

即ち若し、對波の點に就て不充分ならば、或は壁體を厚くするか、或は上方の目筋(I-I)の位置を成る可く下げる工夫をするか、或は其の目筋に於ける上下の結合を良くし、殊に前端近くに鐵條等を入れるか、等々の考慮を拂ふ。

次に又若し、背後の普通土圧に對して不充分ならば、或は壁體を厚くするか、或は壁脚を成るべく前方へ出すか、等の變更を行ふ。