

越波防止のための消波工について

富 永 正 照*・佐 久 間 襄**

1. はじめに

従来海岸堤防は波の打上げ高を考慮して設計されており、越波に関してはなんら問題にされてはいなかった。しかしその後現地において少なからぬ越波が見られたり、打上げ高に関する研究の発展にともない従来用いられていた打上げ高公式が不十分であることがわかってきて越波の問題が大きく取り上げられるようになってきた。

越波に関する研究は数年前に始まったばかりであり、現在まで種々の実験結果が発表されているが、越波現象は非常に多くの条件に支配され、公にされた実験結果もごく限られた条件下に行なわれたものにすぎない。これらを実際の海岸堤防等の設計の量的基準とすることは現在のところ無理のように思われる。これに対しては現地にあった模型実験を行なわざるを得ない。

さらに積極的に越波を考慮し、それを制御しなければならないのは、たとえば堤防の沈下、破壊等で補修、かさ上げ等が必要な場合、観光上等のため堤防を十分高くできない場合等がある。

これら堤防に対する越波防止に対しては、一般に異型ブロックを用いているが、これらブロックの消波特性に関する十分な基礎資料がなく、これも個々の場合についての模型実験を余儀なくさせている。

最近土木研究所赤羽分室で越波防止のための消波工に関する若干の基礎実験および二、三の現場模型実験を行ない、消波工に関するいくつかの特性が明らかになった。これらがいくらかでも海岸堤防等の設計の参考になれば幸である。

2. 越波防止のための消波工に関する若干の基礎実験

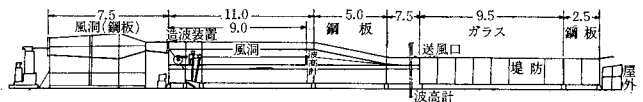
消波とは越波量、打上げ高、波圧等を減少させる目的で人為的に波のエネルギーの一部分を減勢させることを指している。この目的に用いられる構造物はいろいろなものが考えられるが、最も一般的なものは異型ブロックによるものであろう。本実験ではテトラポッドを越波防止のための消波工として用いた場合の消波効果を定性的

に検討したものである。

(1) 実験条件

異型ブロックを消波工に用いた場合、消波の形式として大きくつぎの2つに分けられると思われる。すなわち(1)波がブロックの表面を流れる際の摩擦によってエネルギーを消散するもの、(2)波がブロック間にできた空気を流れる際の乱れによるうずによってエネルギーを消費するものである。上の2つの効果を調べるためにブロックの種類および配置を表-1のごとくした。すな

図-1 実験水槽側面図



わち(1)の効果を知るため3ブロックの天端幅を3または4種類とし、(2)の効果を知るためブロック間にできる空気の形および空けき率を変える目的で3種類のテトラポッドを用いた。さらに消波工は堤防にくっつけて設置すべきであるか、あるいは少し堤防からはなした方がよいか、すなわち消波工と堤防との間に若干の空間を置いた方が効果があるかどうか議論の余地のあるところであった。その効果を知るために前述表-1に示す3種について比較検討した。

ブロックによる消波効果は波の特性によって異なると思われる。本実験では消波工の少し前面でくだける波を用いた。また消波効果を顕著に表わすため越波量は十分大きくした。消波効果は越波量の多寡により表わした。風は考慮していない。

模型は図-1に示す水路に海底勾配沖側1/30、岸近く1/10の上に波返しをつかないのり勾配1/0.5の堤防を設置した。堤防の高さは約18cmである。特にブロックの越波防止に関する効果を調べるため水量は一定とした。すなわち堤防前面水深9cm、沖波波高17cm、周期1.45secである。

(2) 実験装置および実験方法

実験は土木研究所赤羽分室にある長さ35m、幅0.6m、高さ1.5mの風洞付き二次元水槽で行なわれた。海底および堤防模型は木製とした。

表-1中に使用された単位‘列’はいずれも250gのテトラポッドを標準にしたものである。

* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室室長

** 正会員 同 上 研究員

表-1 実験条件一覧表

海底勾配: 沖 1/30, 堤防付近 1/10

堤防: 堤防全高 18 cm, のり勾配 1/0.5, 波返し無し

波: 沖波波高 17 cm, 周期 1.45 sec

のり先水深: 9 cm

実験-1: 消波ブロック無し

実験-2: 250 g のテトラポッド使用

	消波工の 天端幅	堤防との 間隔	使用ブ ロック数
" 2-1	3 列	0 列	95 個
" 2-2	4	0	142
" 2-3	5	0	195
" 2-4	6	0	235
" 2-5	3	1	95
" 2-6	4	1	152
" 2-7	5	1	194
" 2-8	3	3	160
" 2-9	4	3	195
" 2-10	5	3	255

実験-3 500 g テトラポッド使用

" 3-1	3	0	62
" 3-2	4	0	78
" 3-3	5	0	101
" 3-4	6	0	132

実験-4 65 g, 125 g, 250 g のテトラポッドを混用

" 4-1	3	0	102 個 (65 g) 64 (125 g) } 共通 70 (250 g)
" 4-2	4	0	102
" 4-3	5	0	117
" 4-4	6	0	182

波高および周期の測定および記録にはそれぞれ抵抗線式波高計, オシログラフを用いた。越波量の測定には堤防を越える水を直接容器で受ける方法をとった。

(3) 実験結果および若干の考察

図-2 に示された実験結果に基づいて以下の考察を試みた。

a) 消波工天端幅の効果 当然予想されたように天端幅の長い程消波効果はよい。これはブロックの大きさ, 消波工の空げき率, 消波工と堤防との間をあけるあけない等にかかわらず一般にいえることである。

これからどのような場合でも天端幅は長い方がよいかというと, そうともいいきれない。それは消波工天端高が関係するからである。長いほど良いのは消波工天端高が潮位に対して適当な高さであり, 波がうまく消波工天端上を流れる場合にいえることである。天端高が高く波が消波工前面にぶつかり飛び散ってしまう場合, 消波工が水面下に没しているような場合等には消波工の天端幅の効果はそれほど顕著ではないと思われる。

本実験においては, 消波工の天端高は潮位より少し高くした一種のみについて行なったが, 天端高の影響は別に調べる必要があろう。

b) 消波工の空げき率の効果 消波のいま一つは前述のごとく波がブロック間を流れる時にできる乱れによ

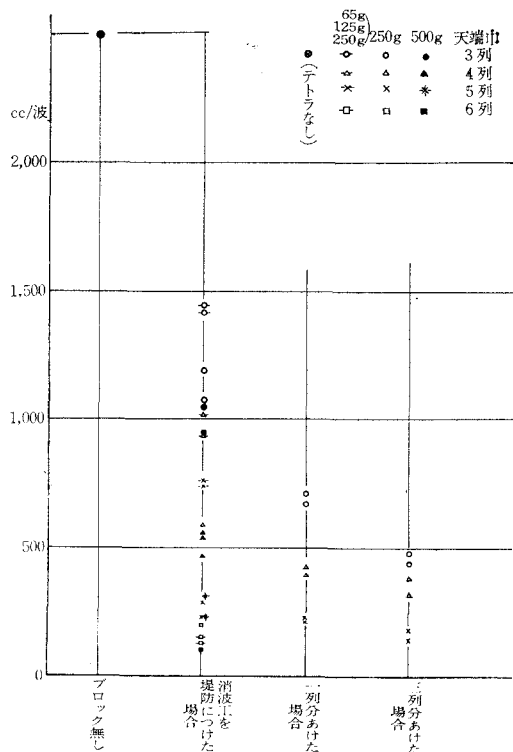
るうずによって行なわれると考えられる。これは消波工の空げき率および空げきの形に関係していると思われる。

この効果は実験 2, 3 と実験 4 とをくらべてみればうかがうことができよう。すなわち前 2 者は同一の大きさのブロックのみを用いた場合 (実験-2 は 250 g, 実験-3 は 500 g) 後者は 500 g, 250 g, 125 g, 65 g の 3 種類を混用し, 積み方は 250 g の間に 125 g, 65 g をつめた場合である。

実験結果(図-2)を見ると実験 2, 3 にくらべて実験 4 の越波量は多くなっており場合によっては 2 倍にもおよんでいる。これは消波工内を水が通りにくく水がブロック上方に押し上げられる結果と考えられる。

空げきは適当にあけておくべきであろう。

図-2 消波工に関する基礎実験



c) 消波工と堤防との間隔の効果 消波工と堤防との間に空間を設けるべきかどうかは議論のあるところであった。今回その点を調べるために表-1 に示すように消波工と堤防との間隔を 0, 1 列分, 3 列分の 3 種類について比較した。

その結果は図-2 に見られるように, 同一の天端幅の場合には間隔の広い程越波量は少ないという結果がでている。しかしこれだけの結果からはなせばはなすほどよいとは確言しがたい。というのは広すぎると水面が振動し, 越波を助長する場合もあり得ると思われるからである。

ブロックを置かない場合は図-7に見られるように約 100 l/m の越波量が見られる。これに対し 4 t テトラポッドを設置すると約 10 l/m にまで減少させることがで

図-7 東播海岸(古宮)

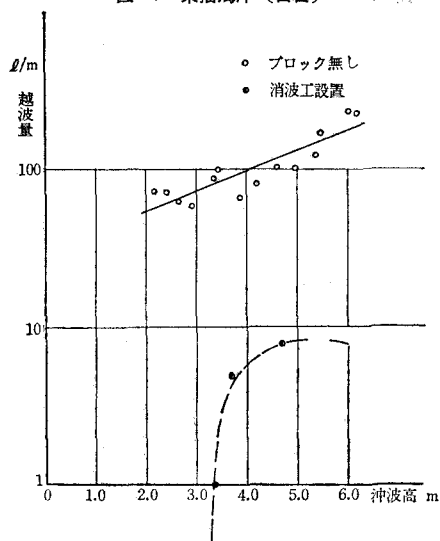


図-8 桃取海岸

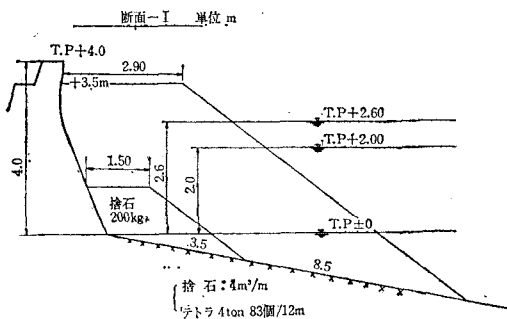


図-9 桃取海岸

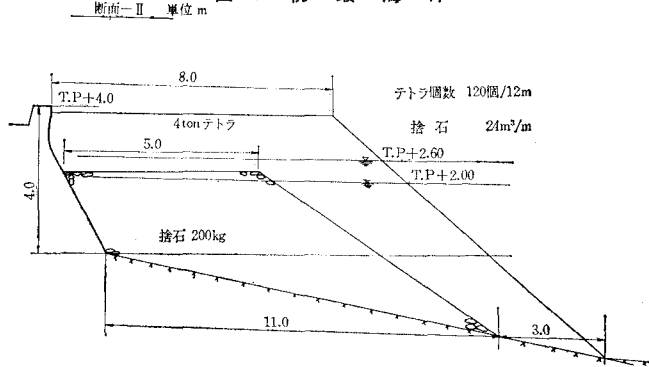


図-10 桃取海岸

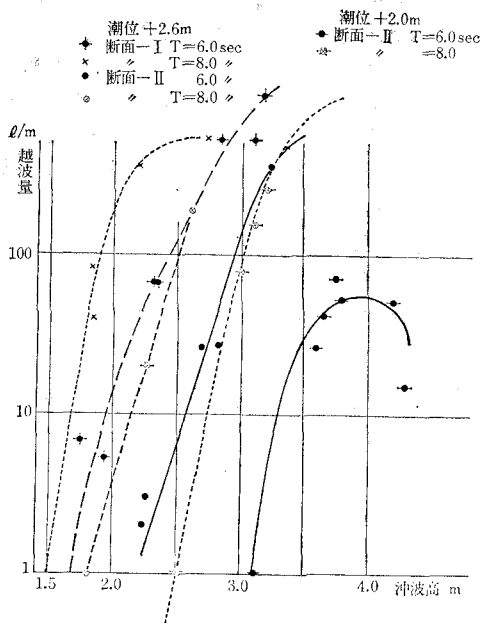
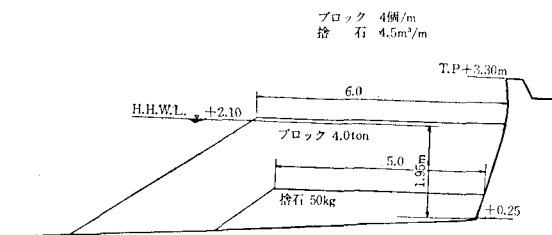


図-11 串本海岸



よび潮位 T.P.+2.0 m に対し波高 4.0 m, 周期 6.0 sec, 8.0 sec の二種類である。

主な二断面を 図-8, 図-9 に, 結果を 図-10 に示す。断面-I と断面-II とをくらべると, 設計波高付近で 1/10 程度に減少している。また同一断面に対しては周期 6.0 sec の場合が周期 8.0 sec の場合の約 1/10 になっているのが注目される。

(3) 串本海岸(和歌山県)

実験諸元はつぎのとおりである。

海底勾配 1/8, 沖側 1/30, 堤防天端高 T.P.+3.3 m, 堤防のり勾配 1/0.5, 波返し無し,

潮位 T.P.+2.1 m, 波高 2.0 m, 周期 8~9 sec, 消波ブロック, 三柱ブロック。

主な断面を 図-11, 図-12 に, 結果を 図-13 に示す。断面-I と断面-II とをくらべると越波量は後者における方が設計波付近で前者の約 1/10 になっている。しかし波高が大きくなってくると両者間にあまり差はなくなる。また, 周期 11.5 sec と 9.5 sec の場合をくらべてみると後者における方が, かなり小さい値をとっている。

きた。この場合テトラポッド①を②と③の間に置き堤防の前面をあけるとその部分の水面が若干上昇し越波量をかえて助長する結果となり好ましくなかった。

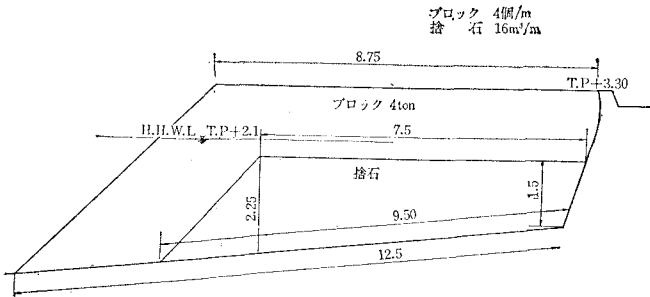
(2) 桃取海岸(三重県, 答志島)

実験諸元はつぎのとおりである。

海底勾配 1/5, 沖側 1/30, 堤防天端高 T.P.+3.5 m, のり先高 T.P.+0 m, 堤防のり勾配 1/0.5, 波返し無し, 水理条件はこの海岸の位置を考慮して潮位 T.P.+2.6 m に対し波高約 2.4 m, 周期 6.0 sec, 8.0 sec, お

図-12 串本海岸

断面-II 単位 m



以上四例の現地模型実験から気づいた点をあげてみよう。

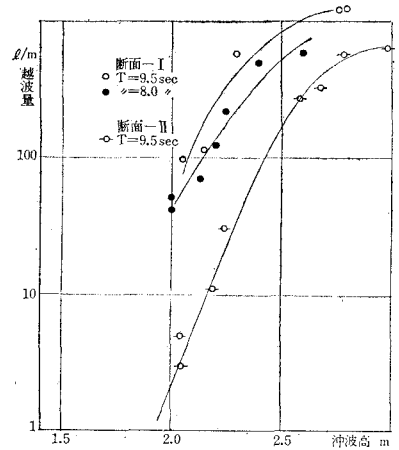
① 波高と潮位が、越波量におよぼす影響は大変大きい。この点を考えると計画波高と計画潮位とのかさね合せの確率を考慮する必要がある。

② 波の周期が意外に鋭く越波量に影響する。計画波の決定には十分注意すべきであろう。

③ 観察によると堤防波返しが非常に効果のあることが知られた。

④ 消波工と堤防との間をあける場合には、堤防側のブロックが転落しないよう注意しなければならない。東播海岸、大蔵谷の例で、捨石を十分厚くしその上にブロックを置いた場合は波により堤防側のブロックが波のため移動し消波工はくずれてしまった。一方基礎実験の例では消波工表面をブロックでおおったため、ブロックが相互にかみ合いこわれなかった。

図-12 串本海岸



以上見てきた結果から、越波防止のための消波工に関してつぎのことがいえよう。

(1) 消波工天端幅は長いほど効果がある。

(2) 消波工の空隙率は適当に大きい方がよい。大きいブロック間に小さいのを入れたりすると越波を助長する結果となる。

(3) 堤防天端幅が同一の場合は消波工をある程度堤防からはなして設置した方が越波量は少ない。

(4) ブロックの数が一定の場合、消波工を堤防につけた場合と1列分はなした場合をくらべると後者の方が越波量が少ない、しかし前者と3列分はなした場合をくらべると前者の方が若干越波量が少ないようである。これらの点は、海底勾配とも関係し別に詳細に調べる必要があろう。

4. 結 論