

# 海岸堤防の越波について

富永正照\*・佐久間 襄\*\*

## 1. 緒 言

海岸堤防の越波に関して現在までに非常に多くの研究が発表され、越波の諸性質がしだいに明らかにされてきつつある。

また、現地における海岸堤防の設計にも越波量を考慮して行なうことは最近ではいわば常識化しつつある感があり、建設省土木研究所において行なわれる現地模型実験も最近越波に関するものが少なくないのが現状である。

この小文は土木研究所で行なわれた勾配 1/30 の海浜上に設置された比較的急な勾配を持つ堤防の越波に関する実験から二、三の越波の性質について述べたものである。主な内容は、越波に対する海底勾配の効果を、勾配 1/30 と 1/10 についてくらべたもの、堤防の勾配および堤防の波返しの有無が越波量に与える効果、および風の効果についてである。

## 2. 実験方法および実験条件

実験条件はつぎのとおりである。

模型縮尺：1/30～1/40 程度

海底勾配：1/30

堤防形式：鉛直堤、5分堤（波返しなし type I、波返し付き type III）、1割堤（波返しなし type I、波返し付き type III）。

波 高：5 cm～23 cm ( $H_0$ )

周 期：1.1 sec, 1.5 sec, 1.9 sec ( $T$ )

波形勾配：0.02～0.06 ( $H_0/L_0$ )

堤防のり先水深：0 cm～21 cm ( $h$ )

比 水 深：0～0.06 ( $h/L_0$ )

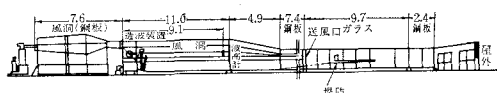
風 速：無風, 3 m/sec, 6 m/sec ( $V$ )

無次元化された風速：2～7 ( $V/\sqrt{gH_0}$ )

比 堤 高：0.2～2.5 ( $H_c/H_0$ )

実験装置および実験方法はつぎのとおりである。

図-1 実験水槽 (単位 m)

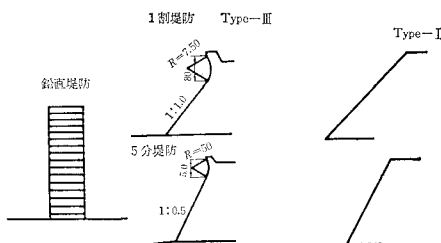


水槽：建設省土木研究所赤羽支所にある長さ約 35 m、幅 0.6 m、深さ 1.5 m の鋼鉄製のものを用いた。これは図-1 に見られるように一部はガラス張りであり、実験に便利になっている。水槽に付属する風洞は最大風速約 15 m/sec の風を起こすことが可能である。

海底：1/30 の一様勾配の木製のものである。

堤防：鉛直堤防としては、幅 15 cm、厚さ 2 cm の木板をかさねたものを用いた。木板は一枚ずつ木ねじでとめてあり、木板の枚数を変えることにより堤防の高さを加減できる。5分堤、1割堤も同様に木板をかさね合わせた堤防を作り枚数により高さを加減できるようにした。

図-2 堤防断面図 (単位 cm)



波の測定：波高および周期の測定には抵抗線式波高計を用い、直視式電磁オシログラフに記録した。波高としては、水槽の長さの関係上反射波の影響の入らない 5 波目から 10 波目程度の平均をとった。

越波量の測定：堤防背後に木製の箱を置き、堤防を越える波を直接受け、それをメスシリンダーで測った。越波量は水量の多少により 3～10 波程度の平均値をとった。越波する水量は一波ごとに非常にばらつきが大きいため、水量が多く 3 波程度しか箱に入らない場合には、同一の実験を数回くり返して平均した。

風速の測定：ビトー管およびアルコールを用いた傾斜式マノメーターを用いた。風速は水槽内で鉛直方向にある分布をするので、水面上約 30 cm (現地で約 10 m) において所要の風速に合わせた。

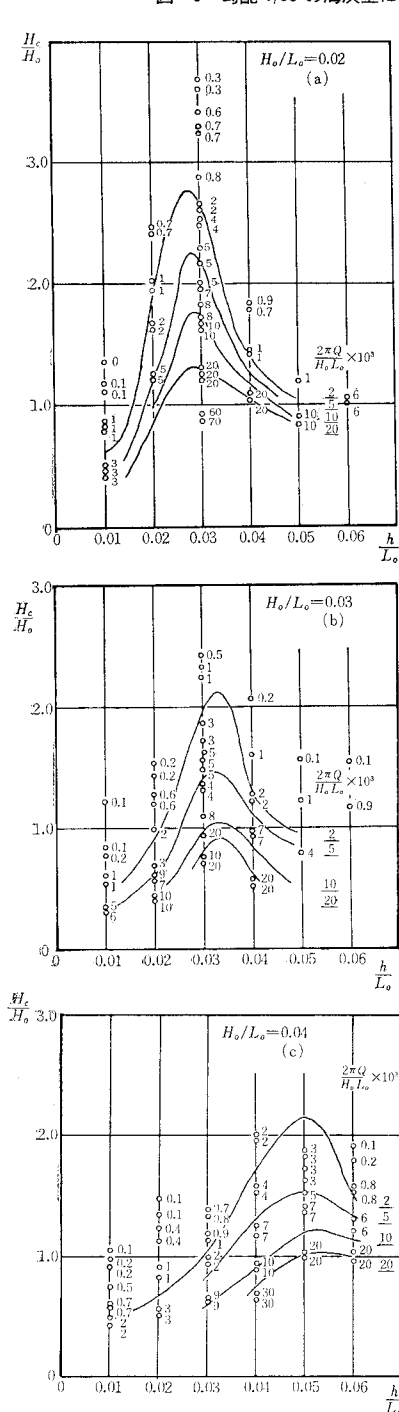
## 3. 実験結果および検討

ここでは各図、表に示された実験結果を参照しながら越波量に対する海底勾配の効果、堤防の勾配および波返しの効果、風の効果等について若干の検討を加えてみ

\* 正会員 建設省土木研究所 海岸研究室長

\*\* 正会員 建設省土木研究所 海岸研究室

図-3 勾配 1/30 の海面上におかれた鉛直堤の越波量(無風)



よう。

図-3 (a)~(e) に建設省土木研究所において行なわれた勾配 1/30 の海底上に置かれた鉛直堤防の無風時の越波量を示す。以下これらの図との比較において種々検討する。

### (1) 海底勾配の効果

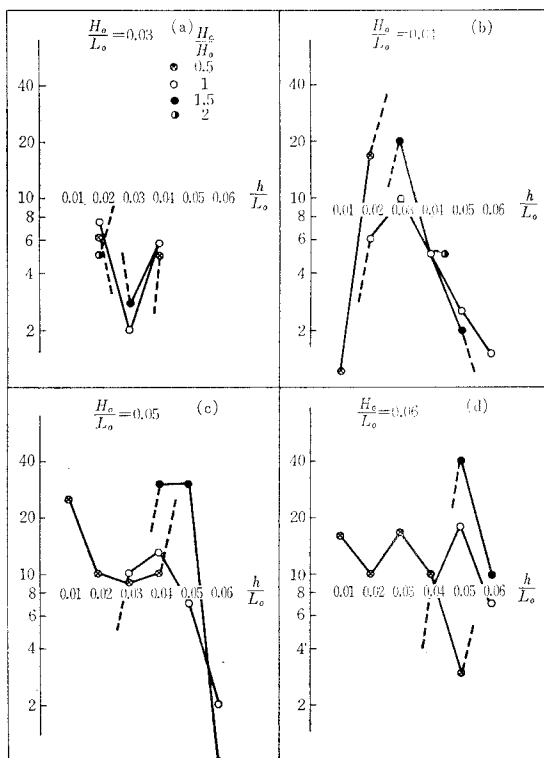
越波量に対する海底勾配の効果について調べた例は現

在のところあまり多くはないようである。ここでは京都大学で行なわれた海底勾配 1/10 における結果<sup>1)</sup>と比較してみよう。図-4 (a)~(d) に海底勾配 1/30 の越波量に対する海底勾配 1/10 の越波量<sup>1)</sup>の比を示した。おのおのの波形勾配、比水深、比堤高は一致している。

図からわかるように、これらの範囲では海底勾配 1/10 (以下 1/10 と略記する。1/30 の場合も同様) における越波量の方が 1/30 の場合より大きくなっている。大きいところでは比が 40 にも達している。

これの原因の一つとして考えられるのは両者における碎波の型の相違がある。海底勾

図-4 1/10 海底勾配上に置かれた鉛直堤の越波量の 1/30 海底勾配上におけるものに対する比



配および波形勾配による砕波の型の分類<sup>2)</sup>を見ると、海底勾配 1/10 の場合はほとんどの場合、波形勾配に関係なく、巻き波型の砕波であるが、1/30 の場合は波形勾配 0.03 より小さい場合は巻き波型、0.03 より大きい場合は崩れ波型になる。越波の実験の場合堤防があるため必ずしもこれらと一致するわけでもなかろうが、両者の砕波形式が相異なることは実験の観察からも認められる。すなわち 1/10 における巻き波型砕波は波の峯部が前脚部におおいかぶさって前方に投げ出されるように砕け、瞬間的に全体の波がくだける。一方 1/30 における崩れ波型砕波は波の峯部が徐々にくだけて、それがだんだん全体にひろがっていくもので、漸進的で一部の波しかくだけない。これら堤防前部における砕波型の相違、あるいは砕波の時の飛び散る水の量の相違が、1/10 と 1/30 との相違として現われているのではないか。たとえば、1/10 と 1/30 とにおける越波量が最大となる比水深、 $(h/L_0)$  をみってみる。波形勾配の比較的小さい場合（たとえば 0.03）には両者の相違は認められないが、波形勾配が大きくなってくると（たとえば 0.04, 0.05, 0.06）1/30 における方が比水深より大きいところで越波量が最大となっている。換言すると砕波点が堤防側に近づいているのがわかる。波形勾配 0.04 の場合などは堤防直前で砕波した場合に最大を示している。これは砕波が崩れ型波ということから考えて砕波位置が堤防から遠くなればなるほど越波量が少なくなるためと思われる。一方 1/10 の場合は堤防より少し沖側で砕波した場合に最大を示しているが、これは、砕波型が巻き波のため堤防直前で砕波する場合は水の飛び散りが堤防のためにさえぎられてかえって越波量が少なくなるのではないかと考えられる。

1/30 の波形勾配が大きい場合については、比水深の大きい場合の実験結果が不足しているので、さらに実験を行ない確かめる必要があろうが、波形勾配が大きく比水深の大きい場合には必ずしも 1/10 における方が越波量が大きくなるとはかぎ

らない場合も十分予想され、この点の検討が必要と思われる。

## (2) 堤防のり勾配および波返しの効果

越波量に対する堤防のり勾配および波返し工の効果进行调查 図-5, 6, 7 に示した。いずれも横軸に堤防のり勾

図-6 越波量に対する堤防のり勾配の効果  
(無風, 波返しつき)

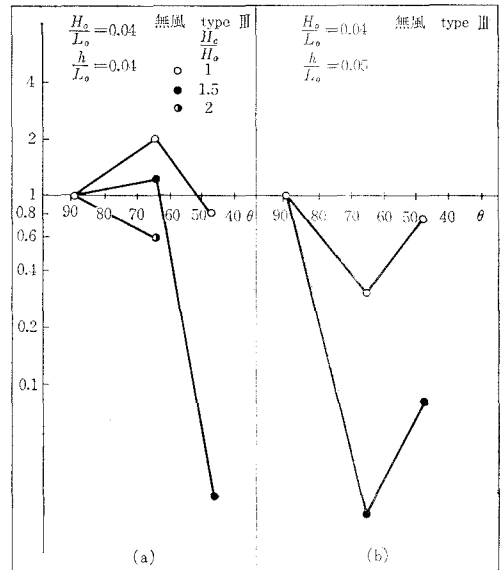


図-5 越波量に対する堤防のり勾配の効果  
(無風, 波返しなし)

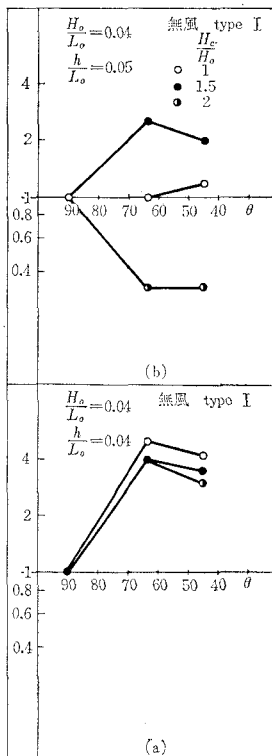
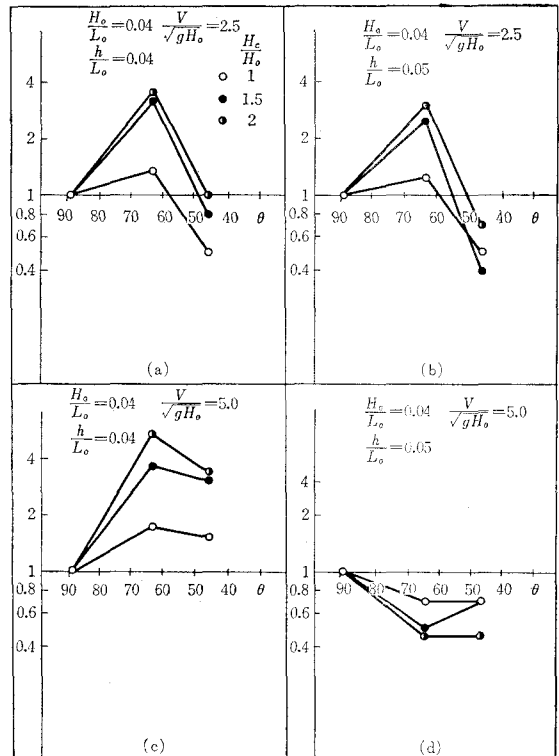


図-7 越波量に対する堤防のり勾配の効果 (有風, 波返しつき)



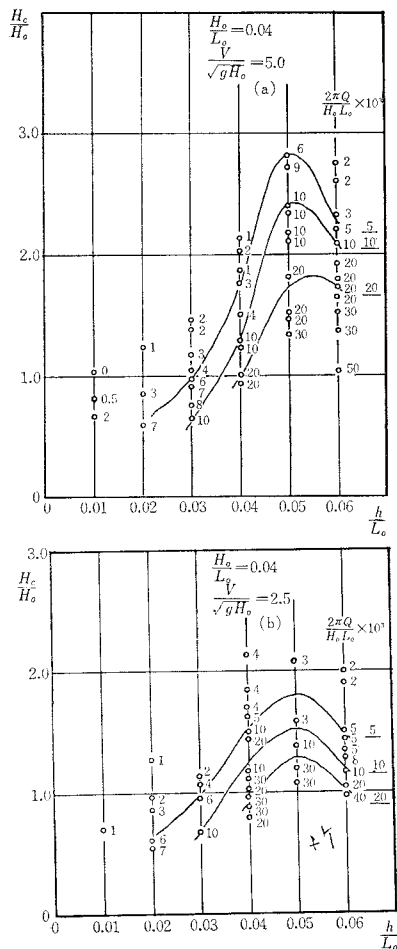
配をとり縦軸に各条件の基における越波量の鉛直堤における越波量に対する比として示してある。

図-5 (a), (b) を見ると波返しの付かない堤防の場合は傾斜堤(5分および1割)の方が鉛直堤より越波量が多くなっている。しかし5分堤と1割堤とをくらべてみると必ずしも1割堤の方が越波量が多いとはかぎらず、図に見られるのはほとんど差がないか、むしろ1割堤の方が少ないように見える。これは、ここにあげた条件がたまたま堤防前面碎波の状態のものであるために、堤防の勾配の効果が顕著に現われなかったとも考えられるが、他の実験例で1割堤の方が大きくでている例もあり一概にはいえないようである。

図-6 (a), (b) に波返しの付いた堤防について行なった例を示した。これを見ると、波返しのために越波量は非常に少ない値を示しており、無風の場合には波返しは効果のあることがわかる。しかし堤防の勾配の効果は(a)と(b)とにおいて逆に出ておりはっきりしない。

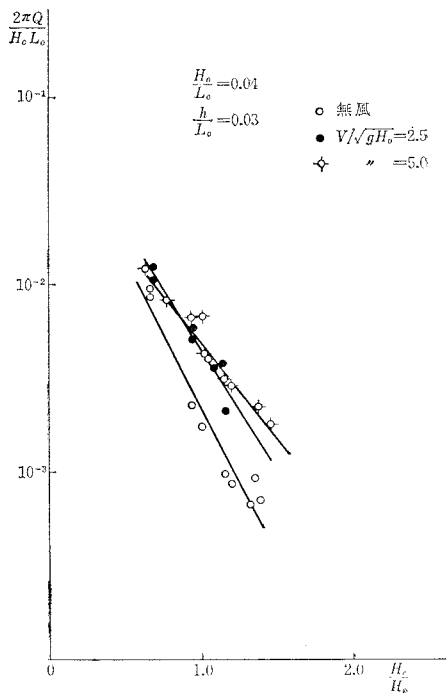
では風のある場合はどうであろうか。これを示したのが図-7 (a), (b) である。この図から見ると5分堤の場

図-8 勾配 1/30 の海浜上に置かれた鉛直堤の越波量 (有風)

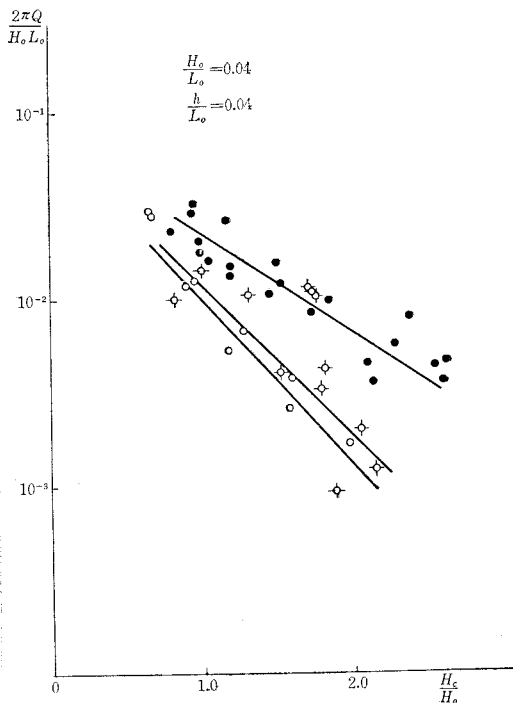


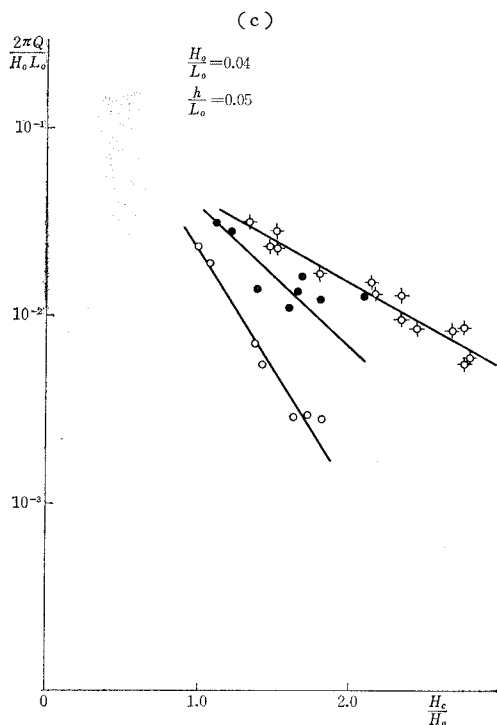
合は越波量は増えているが、1割堤の場合は必ずしも増加しているわけではなく、勾配の違いによりこれだけの差がでている原因は、さらに他の条件の場合についても調べる必要があろう。

図-9 越波量に与える風の影響 (鉛直堤)  
(a)



(b)





### (3) 風の効果

図—8 (a), (b) に勾配 1/30 の海底上に置かれた鉛直堤の有風時の越波量を示し、図—9 (a)~(c) に無風時との比較を示した。図—8 からつぎのことがいえるであろう。比水深の小さい場合は無風時と有風時との越波量間には大きな差はない。これはここにあげた波形勾配 0.04 に対して比水深が 0.03 程度以下になると波は堤防よりかなり沖で碎波するため越波する量自体がかなり少なく、大きい差はでないと思われる。比水深が大きくなり 0.05 あるいは 0.06 程度になると越波量は風速が大きいほど多くなっている。これは波がくだけることにより堤防天端より上に飛び上がる水量が多くなるため風の強弱による影響をより多く受けるものと考えられる。

図—9 より堤高が小さくなり越波量が増大してくると越波量は風の有無強弱に関係しなくなってくる。これは

堤高が低く多量の水が越える状態では、水は流れるように水塊となり越波するため風の影響が現われにくいものと思われる。

## 4. 結 論

以上述べてきたことをまとめるとつぎのことがいえると思う。

(1) 海底勾配 1/30 と 1/10 とにおける越波量の相違は碎波の型の相違からきていられると思われ、巻き波型碎波の方が崩れ波型碎波より大きい越波量を生ずる。

(2) 鉛直堤の越波量にくらべて傾斜堤のそれの方が多い。

(3) 堤防の波返しは無風時には越波量を減少させる効果はある。しかし有風時にはその効果は明確ではない。

(4) 比水深が小さく越波量が少ない場合および堤高が低く大量の水が堤防を越える場合には、それらの量は風の有無強弱にはあまり影響されない。

### 図中の付号

$h$ : 堤防のり先水深

$H_0$ : 沖波波高

$H_c$ : 静水面から堤防天端までの高さ

$L_0$ : 沖波波長

$Q$ : 単位幅、一波当りの越波量

$V$ : 風速

$h/L_0$ : 比水深

$H_0/L_0$ : 波形勾配

$H_c/H_0$ : 比堤高

$V/\sqrt{gH_0}$ : 無次元化された風速

$2\pi Q/H_0 L_0$ : 無次元化された越波量

### 参 考 文 献

- 1) 岩垣雄一: 海岸堤防論, 水工学シリーズ, 土木学会, 昭 39.
- 2) 水理公式集: 土木学会.