

ブロック積消波堤の消波効果について

ON THE WAVE DAMPING EFFECT OF RABBLE MOUND BREAKWATER

加藤 重一*・上北 征男**

By Jūichi Katō and Yukio Uekita

1. 序

ブロック積消波堤（潜堤、離岸堤なども含む）の消波効果については、従来、多くの人々によって理論的または実験的に研究が行なわれているが^{1)~7)}、実際設計に十分適用できるものが案外少ない。これは、元来の目的である養浜効果などを期待することにもよるものであろうが、ここではブロック積消波堤を外かく施設とする漁場の対波浪防災上の見地より、とくにつぎの2点を実験的（2次元的）に、明らかにしようとするものである。すなわち、実用上考うる二、三の標準断面につき、入射機構を考慮に入れ、

(1) おおのおおの場合の消波効果（機能）を一般グラフ化した。

(2) おおのおおの場合における入射時の碎波攪乱域の表示を試みた。

なお、その他従来の研究、とくに潜堤となる場合あるいは水面上に堤頂をあらわした場合の消波効果について対比検討し、また、不透過単塊堤における入射時の反射度、さらに越波時の現場との相似性を実際現地測定によって比較した。

上の事項についてこの報告は、特筆すべきことがらとして、つぎの点に留意してとりまとめた。すなわち、一般に入射波が一定（たとえば、波形勾配 (steepness) が一定) であっても、堤防の形状および堤脚における水深いかによって入射状態は大きく異なり、この3要素の組合せによって、その際生ずる碎波機構などにそれぞれの場合の特定の形式のあることが観察される。換言すれば、入射波形、堤防断面および堤脚水深のいかんにより、各場合の外力のかかり方が大いに相違するわけである。このことは、つねに Power Transmission Theory²⁾ の適用が可能であるとは限らず、むしろこのような単純

な場合は少ないともいえよう。なお、Power Transmission Theory とは「水中に固定された垂直薄板をふくむ断面を通過する波のエネルギーは、うずなどによる損失を無視し、その構造物でさえぎられない間隔を通過する波のエネルギーに等しい」とする仮説で、R.L. Wiegel により次式で示されている。

$$\frac{H_T}{H_I} = \sqrt{1 - \frac{\frac{4\pi(2h-d)L}{\sinh 4\pi d/L} + \frac{\sinh 4\pi(2h-d)L}{\sinh 4\pi h/L}}{1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh 4\pi h/L}}}$$

この理論は、実際の現象を単純化したもので現実の現象における特別な場合のみあてはまり、現実にあてはまることは少ない。いままでの論文はこの説に依存しているように思える。そこで本報告はまず、入射波の形式を各場合について分類し、その各範囲ごとについて消波効果の一般化をはかった。今後はかような方法によって、うずや衝撃などを考慮した理論解が望まれる。

2. 実験の方法

(1) 実験施設

a) 波浪水槽

実験に使用した造波水槽の規模は、長さ約 30 m、幅員 1.50 m、高さ 2.00 m のコンクリートづくりで、一方の側面に長さ 4.00 m のガラス張観測部分 2カ所を設けてある。

b) 造波機

この水槽に付属する造波機は、下端ヒンジのフラップ形式である。なおこの造波水槽の両端末に、波の反射防除用スクリーンをとりつけている。

(2) 模型波について

実験に用いた模型波は、 $h=0.40\sim 0.70$ m、 $H=0.045\sim 0.215$ m、 $L=0.90\sim 3.80$ m、 $H/L=0.012\sim 0.120$ の範囲で、ここに、 h は水深、 H は波高、 L は波長である。なお、 H_0 、 L_0 は沖波波高および波長、 H_I 、 L_I は入

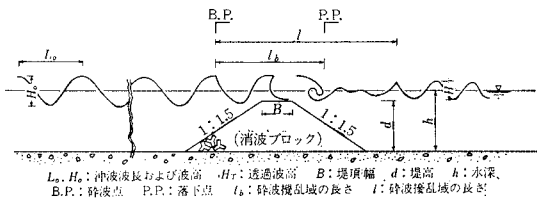
* 正会員 農博 農林省農業土木試験場 水産土木部第3研究室長

** 正会員 同上第1研究室

射波高および波長, H_T, L_T は透過波高および波長, d は堤高, B は堤幅, l_b は砕波攪乱域の長さである。また砕波点, 落下点, 砕波攪乱域の長さはつぎのように定義する。砕波点 (Breaking-point) は従来から, 崩れ波については波の峯がとがり曲率が不連続となる点, 巻き波については, 波の前面が直立する点と定義されているが前記両者の中間型である二重砕波については, 砕波点と不安定で定義しにくい。当実験では, Sequet の第1砕波点, 第2砕波点の定義にしたがい第2砕波点を砕波点として測定を行なった。すなわち二重砕波の場合, 第2砕波点とは, 波の峯が砕ける前に前面の傾斜が最大になった点をとっている。

落下点とは, 波の峯が砕け水面に水塊が砕け落ちる砕波点より測定して最長の点をいう (図-1 参照)。

砕波攪乱域の長さ l_b とは, 図-1 に示すように砕波点から落下点までの距離をとっている。また砕波擾乱域 l とは, 砕波点から落下点後擾乱された水面が二次的に発生する正常な波形にもどる点までの長さをとっている (図-1 参照)。



(3) 模 型

模型は実際現場で設計されうる形状とし, 図-4 (1) ~ (3) に示したように, Type I : 台形形状, Type II : 堤頂垂直部付断面形状, Type III : 階段付形状の3種の形状断面に, コンクリートブロックの模型を乱積したものをを用いた。

(4) 越波の状態について

堤体に入射する波の状態 (外力) をつぎのように4種類に大別する。

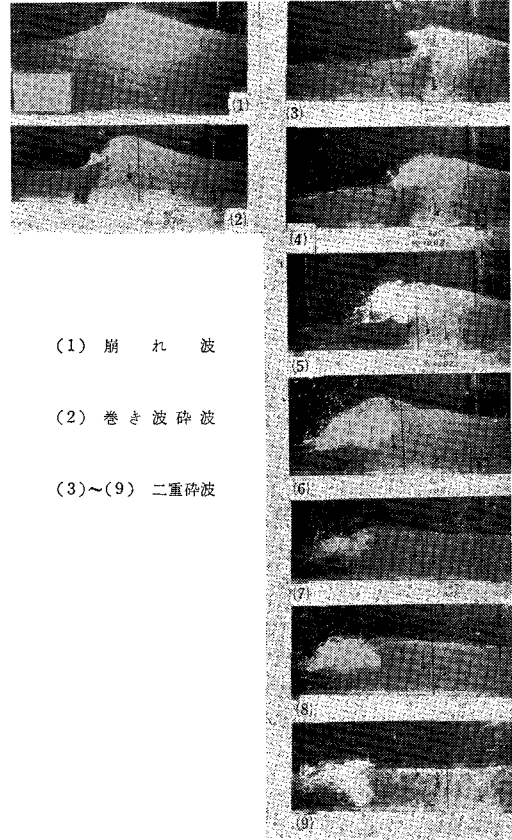
- (i) 非砕波
- (ii) 崩れ波
- (iii) 砕波型 I

1) 砕波点 (Breaking point), 第2砕波点 (2nd Breaking point) および落下点 (Plunging point) がはっきり区別される場合 (二重砕波)。

2) 砕波の時 B.P., 2nd B.P. および P.P. がほとんど同時に起こる場合 (巻き波砕波)。

- (iv) 砕波型 II

水深が堤頂より低い時, 入射波が堤防前面にて砕波と



(1) 崩れ波
(2) 巻き波砕波
(3)~(9) 二重砕波

図-2 砕 波

なり, 堤防前のり面に当る場合 (この場合堤防面に砕波衝撃を生じる)。

3. 実験結果とその考察

(1) 砕波型について (図-3 (1)~(3) 参照)

堤体に入射する波の状態は, 入射波の波形勾配 (Steepness), 堤頂深によりいろいろと異なる。図-3 (1) ~ (3) は, 堤体の各断面形状ごとに, 横軸に波形勾配 (Steepness) H_0/L_0 , 縦軸に堤頂深 ($h-d$) と沖波波高 H_0 との比 $(h-d)/H_0$ をとり, 入射する波の状態を上記の4種類に分けてその判別条件を示したものである。また参考のために Iversen による砕波水深 h_b と沖波波高 H_0 の比と, 入射波の沖波波形勾配 H_0/L_0 の関係を併記した。

これより, ブロック積消波堤設置による入射波の状態の変化は, 堤体の断面形状および堤頂深 ($h-d$) と, 沖波の波形勾配 (Steepness) H_0/L_0 に支配されることがわかる。

a) 堤頂が静水面より下の場合 (すなわち, 潜堤になった場合)

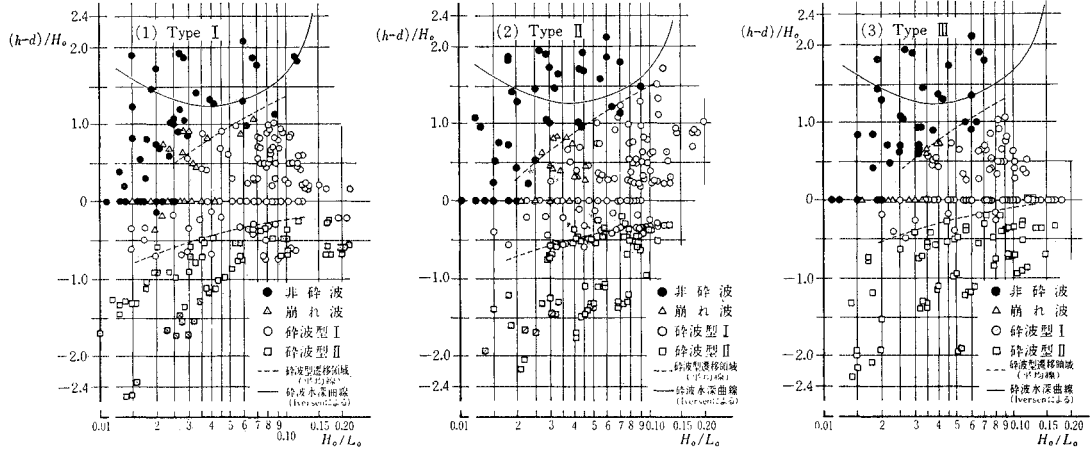


図-3 潜堤上の砕波条件

この場合は、沖波の波形勾配 $H_0/L_0 > 0.04$ の時、Iversen による砕波水深 h_b と、堤頂深 $(h-d)$ がよく一致することがわかる。しかしながら、 $H_0/L_0 < 0.04$ の場合、砕波水深と堤頂深は一致しなくなり、 H_0/L_0 が小さくなればなるほど堤頂深が小さくも砕波しにくくなる。この理由は、この場合様な海底勾配をもつ海岸と異なり、水深の大きいところに部分的に、しかも入射波長に対して非常に短い区間に急激に底面形状が変化（浅くなる）するため水分子の分子軌道が乱され、入射波は一時的に変形するが堤通過後、水深が大きくなるとともに水分子はもとの正常な軌道にもどるためであると考えられる。

b) 堤頂が静水面より上にくる場合（すなわち堤頂が空中に出る場合）

この場合は、入射波は砕波型Ⅰと砕波型Ⅱの場合が起こる。この両者の遷移領域は、堤体の断面形状により異なる。これは断面形状による反射率の相違と堤防前面の堤脚水深の影響による。

つぎに断面形状による入射波状態の変化をみると、

a) 潜堤になった場合

台形断面 (Type I) と階段付断面 (Type III) の非砕波および崩れ波と砕波型Ⅰの遷移領域は、図-3 に示すようによく似ている。また、堤頂垂直部付断面 (Type II) は、Type I, Type III に比して非砕波になりにくい傾向をもっている。この理由は、堤頂垂直部が入射波に影響し、入射波が攪乱されることを意味する。

b) 堤頂が静水面より上の場合

Type I, Type II の砕波型Ⅰと砕波型Ⅱの遷移領域は、図-3 に示すようによく似ている。また、Type III は他の2者に比して砕波型Ⅱのあらわれうる $(h-d)/H_0$ の値は大きくでている。この理由は、本堤前の階段の部分が入射波に影響し、階段上にて砕波点を生じるためである。

(2) 消波効果について

図-4 (1)~(3) は、従来の研究と同じように、縦軸に Transmission coeff. H_T/H_0 、横軸に $(h-d)/H_0$ をとって消波効果を表示したものである。また、Parameter としては、ある範囲ごとに区切った、波形勾配 (Steepness) をとっている。各図には前章で示した入射型を、波形勾配 (Steepness) の表示線にそれぞれ記入して相対することをあらわした。なお各図には主要な既往実験結果を併記して対比せしめ、参考に供した。

まず 図-4 (1) について説明する。これは同図に併記したように、台形断面をもつ消波堤の入射波に対する消波効果を一般化したものである。Parameter としての波形勾配 (Steepness) は、平均 0.025, 0.050 および 0.075 の値について、それぞれ実線、破線および鎖線で示している。これによると、各曲線は砕波型のいかんによって、大体3つの範囲に区切ることができる (図-4 (1) 参照)。すなわち、波形勾配 (Steepness) が平均 0.025 では $(h-d)/H_0$ の値がほぼ 0.25~1.0, 波形勾配 (Steepness) が平均 0.050 では $(h-d)/H_0$ は 0.50~1.2, 波形勾配 (Steepness) が平均 0.075 では、 $(h-d)/H_0$ は 0.75~1.30 の範囲に、非砕波および崩れ波と二重砕波との遷移領域のあることがわかり、非砕波領域は下向凹形の曲線になる。この理由は、この場合が潜堤となるので、ある程度水深が堤頂より大となって非砕波になることを意味し、波形勾配 (Steepness) の大なるほど非砕波になりにくいことを示すものである。また、波形勾配 (Steepness) が平均 0.025 の範囲では、 $(h-d)/H_0$ の値が $-0.40 \sim -0.80$, 波形勾配 (Steepness) が 0.050 では $(h-d)/H_0$ の値は $-0.3 \sim -0.7$, 波形勾配 (Steepness) が 0.075 では $(h-d)/H_0$ の値は $0 \sim -0.5$ の範囲に、砕波型Ⅰと砕波型Ⅱとの遷移領域のあることがわかり、砕波型Ⅱの領域は上向きに凹形

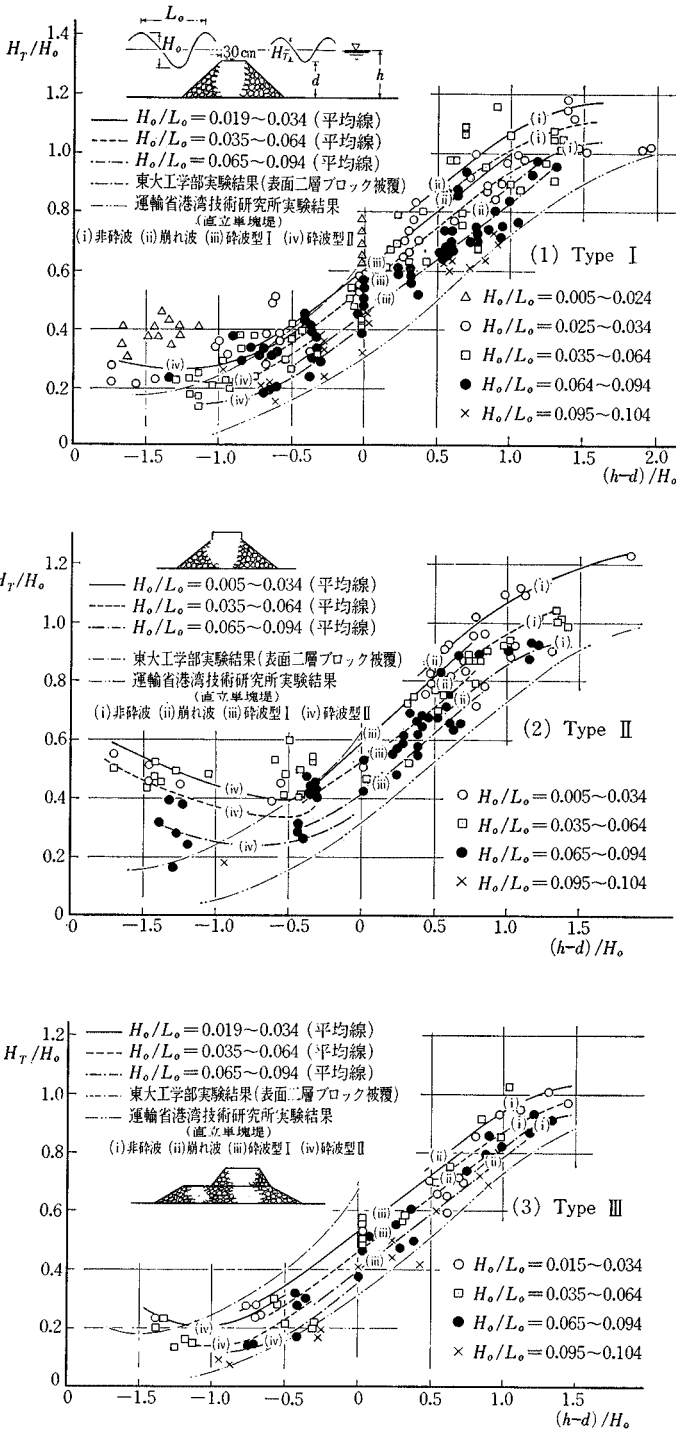


図-4 ブロック積消波堤の消波効果

の曲線となる。この理由は、ある程度以下に水深が小となると（この場合は水位は堤頂より下にくる）、入射波エネルギーの堤体内伝達現象が生じて、波形勾配 (Steepness) 大、すなわち、波高の大なるほどその影響の大なる

ことによるものである。なお、碎波型 I の領域は、ほぼ直線的に変化し、外力としての入射波状態が大体一緒であることがわかる。ただしこれは、巨視的にみた、ないしは単純に模式化された波形が入射するとみた場合で、実際には、さらにその領域においてなお 2 つの明瞭な碎波型にわけることができる。すなわち、1) 碎波点、第 2 碎波点および落下点の明瞭に生起する場合と、2) 碎波点と落下点とが非常に短い区間に生起する場合があります、とくに堤頂付近に水位がある場合は多種多様な状態となる。このことは図中のプロットによって、この様子を知ることができる (図-3 参照)。

消波効果については概して従来の報告にあるように、水位が堤頂にある場合はおよそ 40~60% で、参考のため、本報と同様ブロック積堤として $(h-d)/H_0 \leq 0$ の場合) 実験し報告している東大工学部のデータ、および不透過単塊直立堤として報告している港湾技研のデータを併記した。これによると前者 (細鎖線) は波形勾配 (Steepness) が 0.02~0.04、後者 (二点細鎖線) は波形勾配 (Steepness) 0.02~0.05 の場合で、傾向は一致するが、不透過単塊直立堤とブロック積台形断面形状を持つ堤防の反射率の相違による入射波の入射型の違い、および堤体内不透過の影響がみられ、かなり消波効果は大きく現われている。なお、この両者とも入射型、すなわち外力としての碎波状態を考慮せずに、変曲点をもつ一本の曲線で表示していることは、理論上の裏付けのない限り適当でないと思われる。

つぎに 図-4 (2) について註記する。この場合は、消波堤の堤頂に垂直部のある断面で、前者に比して、この影響がかなり現われていることを示すものである (図-3 (2) 参照)。

まず非碎波領域についていえば、前者

に比し、一般に波形勾配 (Steepness) の表示曲線の勾配は急である。この理由はいうまでもなく、堤頂垂直部によって非碎波になりにくいことを示している。また、碎波型 II の領域においても、入射波が堤頂垂直部に衝突

するため、エネルギー透過が前者に比して著しく生ずることがわかる。さらに碎波型Ⅰの領域は、堤頂垂直部をもつために、かなり一様に入射型が規制されて波形勾配 (Steepness) の影響が少なく現われている。しかし、この領域は非碎波型および碎波型Ⅱの領域の拡大によって短くなっている。換言すれば、堤頂垂直部の影響によって、入射波の攪乱は大となる (すなわち非碎波型になりやすく、かつエネルギーの透過する範囲が大となる)。見方を変えれば、入射波はある特定の入射型に規制統一されるともいえるわけである。この場合、前同様に各領域の値を書けばつぎのようである (図-3 (2) 参照)。

非碎波と碎波型Ⅰとの遷移領域は

波形勾配 (Steepness)	0.025	においては	$(h-d)/H_0=0.40\sim 0.65$
"	0.05	"	" = 0.50~0.70
"	0.075	"	" = 0.55~0.85

碎波型Ⅰと碎波型Ⅱとの遷移領域は

波形勾配 (Steepness)	0.025	においては	$(h-d)/H_0=-0.50\sim -0.35$
"	0.05	"	" = -0.45~-0.30
"	0.075	"	" = -0.40~-0.05

ここにも同様に、東大および港研のデータを併記した。

図-4 (3) は、前面に大階段をもつ断面の消波堤の効果を示したものである。この場合は階段の影響が現われている。すなわち、入射波は一般にこの階段によって波形が変形し、その後堤本体に作用するので、非碎波領域も前者に比して水深が小なる場合においてスムーズに生起する。またエネルギー透過も、堤体幅員の大なるため前二者に比して小さい。そのため碎波型Ⅰの領域は広く、この場合も特有の入射型に規制されることがわかる (図-4 (3) 参照)。

消波効果は、概して3者のうちこの場合が最も大である。前同様、各領域の値を示すとつぎのようである。

非碎波と碎波型Ⅰとの遷移領域は

波形勾配 (Steepness)	0.025	においては	$(h-d)/H_0=0.45\sim 0.70$
"	0.05	"	" = 0.55~0.85
"	0.075	"	" = 0.80~1.15

碎波型Ⅰと碎波型Ⅱとの遷移領域は

波形勾配 (Steepness)	0.025	においては	$(h-d)/H_0=-0.80\sim -0.50$
"	0.05	"	" = -0.60~-0.30
"	0.075	"	" = -0.25~-0.05

この場合、不透過単塊直立堤の場合とかなり一致した値の生ずるのは、上に書いたように堤体幅大なるため、堤体空げき伝達エネルギーの小なることによるものである。

(3) 堤体設置のための越波による碎波攪乱域について

漁場外かく施設として、ブロック積消波堤などを設置

する場合、その消波機能とともに、堤を越える碎波による攪乱域の範囲 (長さ) が漁場造成面積に大きく影響し、その状態を知ることが重要となる。従来研究された消波効果は、主として入射波高と透過波高との比についてのみ考察されたものが多く、この碎波攪乱域については研究が少ない。そこでこの状態を調べるため、前節で述べた3つの堤防断面型をもつブロック積消波堤につい

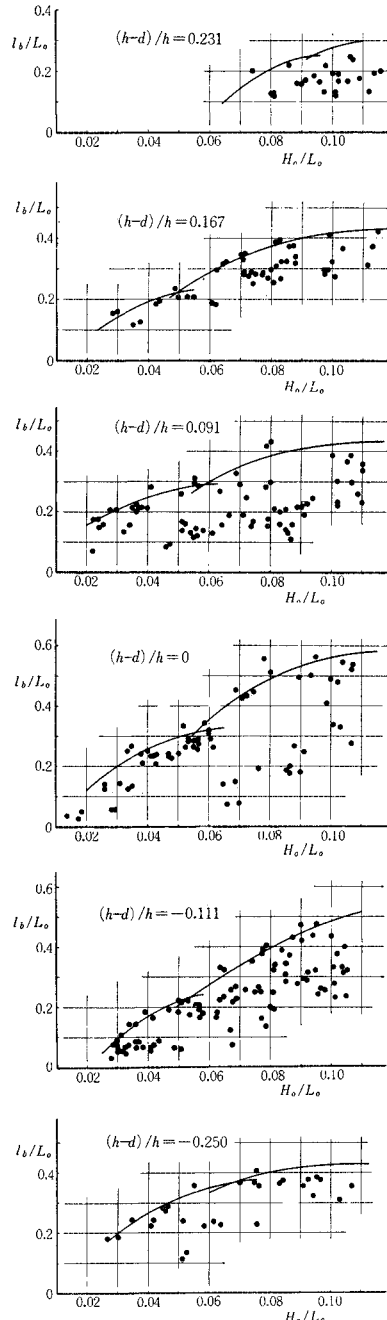


図-5 (1) 碎波攪乱域の長さ (Type I)

て実験考察した概要をつぎに示す。

図-5(1)~(3)は、すべて縦軸に l_b/L_0 、横軸に波形勾配 (Steepness), H_0/L_0 をとって種々なる $(h-d)/h$ の場合を表示した。ただし、 l_b は碎波点 (B.P) より落下点 (P.P) までの長さをとっている。この長さの測定は、目測にて行なった。また擾乱域とは落下点後において新たに生ずる周期をもつかなり波高の大なる波が発生し、これがある程度消耗するまでの範囲を定義するほうが妥当であるとする。設計に際しては、後述のように落下点後の擾乱域を考慮すべきである (図-1 参照)。

まず堤防断面形状 I (台形) の場合について述べる。図-5(1)にみられるように、グラフは一般に波形勾配 (Steepness) の大きいほど l_b/L_0 の値は大きくなる。この場合の碎波型は、前節にも述べたように堤頂水深や入射波高、および堤防前のり面の形状いかんによって、これらが相互に作用しあい、場合場合に応じてきわめて複雑である (図-5(1)~(3) 参照)。一言でいえば、

碎波点の生ずる位置いかんによるもので、プロットの乱れはそのようすを示している。ここでは前節碎波型 I の場合についてみるものである。この点不明瞭ではあるが、この領域において2つの碎波型にわけることができ (とくに潜堤となった場合、波形勾配 (Steepness) 小なる場合 (H_0/L_0 がほぼ 0.045~0.070)、堤前のり勾配より堤頂の水平線にうつる折線をなす断面形が影響し、最高点が生じ l_b/L_0 は大となって、グラフに2つの領域を画しうることが実験で確かめうる。

つぎに $(h-d)/h$ のいかんによる l_b/L_0 の変化について一言すれば (図-5(1)を参照)、この断面の場合、 $(h-d)/h=0$ 、すなわち堤頂面に水位のある場合が最大となっている。 $(h-d)/h$ が (+) の場合 (すなわち潜堤の場合) は、 $(h-d)/h$ の値が大なるほど l_b/L_0 は小となり、(-) の場合も同様である。換言すれば、前者の場合は水深が大なるほど、非碎波に近づくので l_b/L_0 は大きくなるが、(-) の場合は反射による部分重複波

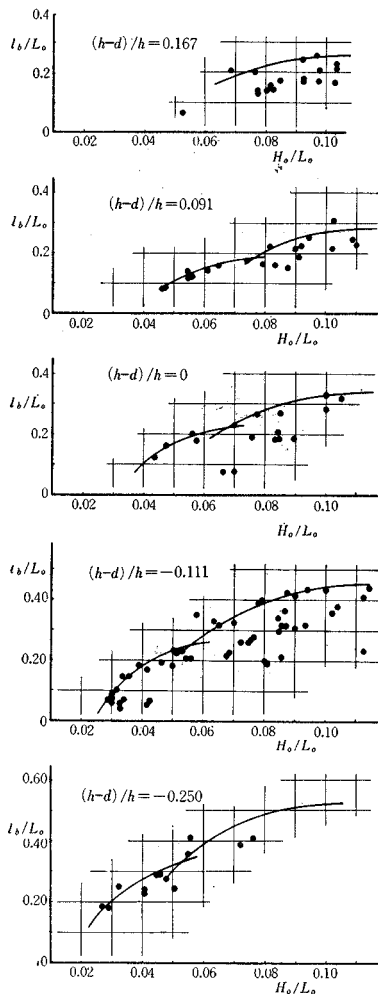


図-5(2) 碎波擾乱域の長さ (Type II)

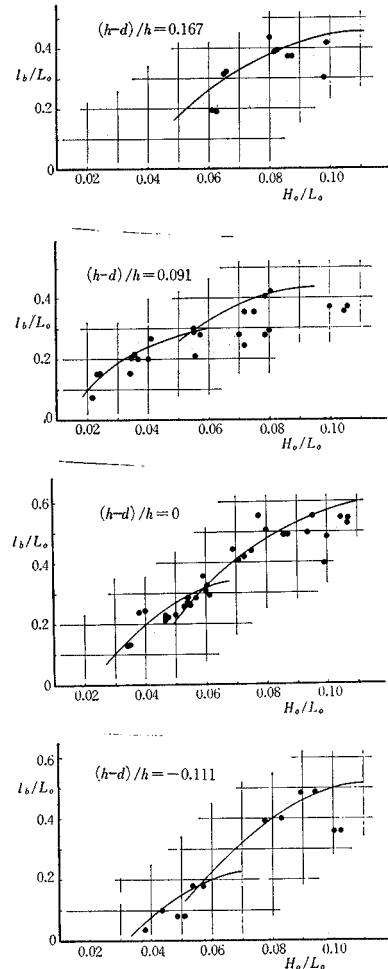


図-5(3) 碎波擾乱域の長さ (Type III)

のために、逆の傾向が生ずるものと観察される。したがって、たまたまこの場合、 $(h-d)/h=0$ が最大となったものと解釈すべきであろう。

つぎに堤頂垂直部のある断面について註記する（図—5（2）参照）。この場合も $l_b/L_0 \sim H_0/L_0$ の関係は、前者と同様の傾向を示すが、 $(h-d)/h$ の変化による l_b/L_0 の値は前者と異なる。すなわち、この場合は一般に、潜堤、非潜堤の両者の場合を通じて（（+）側（-）側を通じて）、 $(h-d)/h$ の値の小なるほど l_b/L_0 の値は大となっている。この理由は（+）側においては、前者と同様の理由であるが、（-）側（非潜堤の場合）の場合は、堤頂垂直部の存在により入射波の攪乱が大となって（-）側全般が、 $(h-d)/h=0$ の場合より l_b/L_0 の値が大きくなったものと観察される。遷移領域は、 $H_0/L_0=0.03 \sim 0.075$ になる。

最後に大階段をもつ断面の場合についてみる（図—5（3）参照）。この場合は前2者に比し、 l_b/L_0 の値が全般に大きくなっている。このことは必ずしも、現実に不利であることを示すものではなくて、入射波の碎波点の位置が前2者とは全く異なったものであることに注意すべきである。すなわち、堤防先端の階段の影響を受け、波は変形し階段上にて碎波点を生じ二重碎波となって堤頂の部分に達する。したがって、碎波点よりの碎波攪乱域は長くとも、堤内側の攪乱域は小となる。換言すれば、堤体前にかように l_b を長くせしめ、堤内側への碎波による攪乱域を小さくするほうがのぞましいといえるわけである。

この場合も $(h-d)/h=0$ が最大の l_b/L_0 の値を示しており、碎波型の遷移領域はここでは、 $H_0/L_0=0.05 \sim 0.06$ となっている。

4. 設計に関する諸注意

実験を行なうにあたっては、実際設計に際して留意すべき必要な二、三の予備実験および現地観測を行なった。その主なものをつぎに付記する。

（1）碎波擾乱域について

前章 3. で述べた碎波により生ずる擾乱域の大きさをどう見積ればよいか。この問題は、碎波点よりの碎波攪乱域および碎波後の波形を知ることによって、求めることができるわけである。3.（3）は種々なる場合、主として碎波点よりの碎波攪乱域をグラフに示したものであるが、そこにみたごとく、ただ機械的にその距離をもって推算することは、各場合の入射時の碎波状態が異なるので無意味であることがわかる。また碎波後の波形は、その落下衝撃の強度いかんによって大いに異なり、おの

おの場合を一概に求めることは困難である。

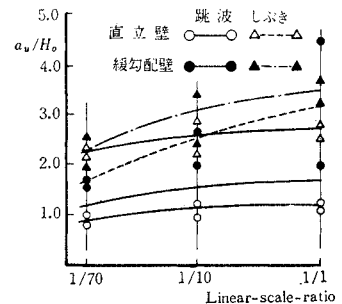
そこで実用上現地の実施例をも参考にし、つぎのように推算することにする。すなわち入射波が堤上を通過する際にその堤頂付近で碎波点が生じ、これが碎波型 I の 1) すなわち碎波点 (B.P.)、第2碎波点 (2nd B.P.)、落下点 (P.P.) がはっきり識別できる二重碎波後流れが起き、擾乱域を生ずる場合が実際上最悪の場合である。そこでこれを基準にとり、透過率 H_T/H_0 の値が 40~60% 程度の場合についてみれば実験観測結果から堤頂前端より l_b の 2~2.5 倍の長さを擾乱域として十分であろう（ただし、この場合、横方向からの回折波、その干渉による三角波の発生および岸側障害物の反射波などは考慮していない）。

その他の場合は、これより擾乱域の長さは小となるので適当に推算してよい。

（2）碎波攪乱域の現場との Scale effect について

一般に水理実験においては、実際と模型との Scale effect いかんが問題となる。この場合は堤防にあたる波の形が実際と実際とでどのように異なるかということ、とくに強風時は風の影響が加わって、これらをも見積ることが大切となる。

従来の研究によれば、無風時衝突波の実質部分については、20 分の 1 以上の模型では実際と大差がないことが認められているようであるが、衝撃の際に生ずる跳波飛沫については疑問が残っている。とくに、漁場造成におけるこの種ブロック積堤にあっては（一般海岸堤防では、飛沫はさほど重要視されないが）、風を伴う跳波状態が擾乱域に関係して、この状態を知ることが大切となる。筆者らはこの点のおおよそを知るために、佐賀県下の実際現場で、強風時、数メートルの測定棒を用いて跳波を略測し、実験における



図—6 波のうちあげ高の Scale effect

場合と対比しつつその関係を一応グラフに示し得た。これを掲げると 図—6 のようである。

これをみればわかるように、波の実質部分についてはさほど相似性を考慮しなくてもよいが、跳波にあってはこのデータに限り 図—6 にみるような相似性を考慮すべきであることがわかる。

なお飛沫は現地では数 10 m 以上に飛散することが観測された。

(3) ブロックの形状による変化について

ブロック積消波堤を構成するブロック個々の形状とその積み方によって、入射波の状態がどのように影響されるかということが一応考えられる。筆者らは、市場販売の異形ブロック5種について、これらブロックの特徴によりきめられている積み方によって、予備実験を行なっている。その結果消波効果や攪乱域については、実用上その5種とも大差のないことを知った。もっとも、角のあるブロック、滑らかな面をもつブロック、その積み方によって生ずる空げき率の変化などにより、かなり水理学的に興味ある状態の変化を測定した。たとえば、90°の角のあるブロックと比較的円滑な曲線で構成されるブロックとでは、波の衝撃程度に差があり、前者はかなりの飛沫量を発生することなど、写真撮影によっても判然とする場合が生ずる。しかし、これらは外力としての入射波の状態にも関係し、さらに詳細な実験にまたなければ一概にその特徴をいうことはできず、まして各ブロックの優劣を述べることは力学的材料的、および施工的な要素についてもみなければならぬので、ここでは省略する。たとえば capston タイプにするか、堤体をブロックで構成するかの問題など興味ある事柄が生ずるが、これらは各ブロックの形状特性によっても異なり、また別の課題であろう。

5. 結 論

本報は再度述べるように、主として漁場造成のため浅海構造物としてのブロック積消波堤の消波効果、とくにその消波率と攪乱域の規模について、実用上実験的に考察したもので、図-4 および図-5 は、その一般的な表示としてのグラフ化である。

また、あくまで実用を考慮し、漁場造成面積を見積るための碎波攪乱域、それに関係する相似率などについて、2, 3 の点を指摘し、設計に便ならしめた。

参 考 文 献

- 1) 石原藤次郎・本間仁編：応用水理学中Ⅱ，p. 539～565
- 2) R.L. Wiegel : Oceanographical Engineering : p. 128～149
- 3) 東京大学工学部土木工学科港湾研究室：大分県 鶴崎工業地帯3号地防波堤水理模型実験報告書，1965
- 4) 合田良実・竹田英章・菊谷徹：防波堤の所要天端高に関する実験（Ⅰ），直立堤の越波による伝達波高，第2回港湾技術研究所研究発表会講演概要，1964
- 5) 中村充・白石英彦・佐々木泰雄：碎波による波の変形に関する研究，潜堤の消波について。第13回海岸工学講演集，p. 71～79 1966
- 6) 佐藤稔夫・三橋宏次・秦英樹：透過式潜堤に関する研究，第14回海岸工学講演集，p. 167～172 1967
- 7) 北海道開発局土木試験所港湾研究室1：防波堤天端高に関する研究，土木試験所月報第117号，1963

(1968. 9. 21・受付)