

海岸堤防の新しい消波構造とその効果

高田 彰*, 吉田 吉治**

A New Wave-dissipating Structure of the Seawall and its Effect

Akira TAKADA* and Yoshiharu YOSHIDA**

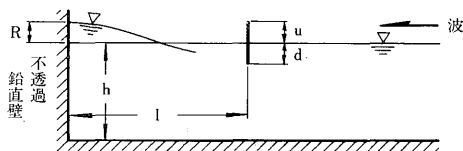
(Received September 13, 1978)

The wave-dissipating structure which utilizes the wave-phase has a disadvantage in that it can absorb only waves of particular cycles.

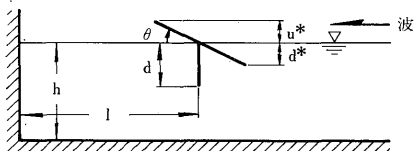
The aim of this study is to offset this disadvantage. We found through our experiments a wave-dissipating structure which has a dissipating effect for a wider range of wave cycles.

1. まえがき

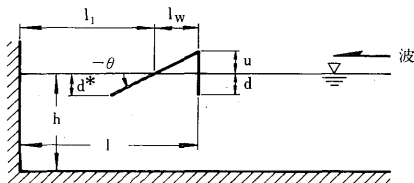
防波護岸を対象とした直立消波構造は、遊水域内外に



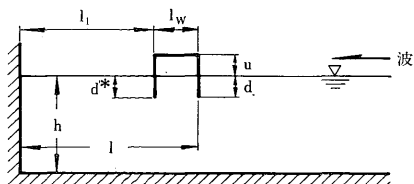
(a) Model-I (単一鉛直消波板)



(b) Model-II (傾斜消波板—沖側傾斜)



(c) Model-III (傾斜消波板—陸側傾斜)



(d) Model-IV (矩形消波板)

図—1 実験対象の消波構造

*土木工学科 (Department of Civil Engineering)

**工学研究科建設工学専攻 (Department of Civil Engineering)

生ずる波の位相差を積極的に利用する消波型式であり、Valembois¹⁾, Jarlan²⁾, 長尾・加藤³⁾, 井島・奥蘭⁴⁾, 榎木・岩田^{5), 6)} およびその他の数多くの研究者によって種々の構造の提案や消波特性の実験的・理論的研究がなされている。さらに、最近ではこの種の消波構造の欠点である選別消波（消波の周期特性）の改善に努力が向けられており、井島・奥蘭⁷⁾ などの研究が注目されるが、実用の段階における種々の問題が残されている。本報告では、図—1 に示す4種のモデルに対し、その消波板の断面形状および設置位置と消波効果（とくに不透過鉛直壁前面の波の打上げ高の減少効果）との関係を調べ、広範囲の周波数の波に対しても消波効果を示すような構造を知ることを目的としている。

2. 実験装置および方法

(1) 実験装置

実験は、図—2 に示すような長さ29.35m、高さ1.8m、幅0.8mのフラップ式造波板を有する片面ガラス張りの二次元造波水路を用いた。水深 $h=135\text{cm}$ 、入射波高 $H=26.8\text{cm}$ 、周期 $T=1.8\text{sec}$ の波について、容量式波高計を用いて不透過鉛直壁前面および消波板構造前面の水位変動量を測定した。

(2) 実験方法

まず、消波板の設置位置と入射波長との相対的關係を検討し、次に、消波板の断面形状との關係を調べるといふ順序をとった。使用した実験模型は、10mm厚の亚克力板およびベニヤ板を使用し、寸法は以下のようであ

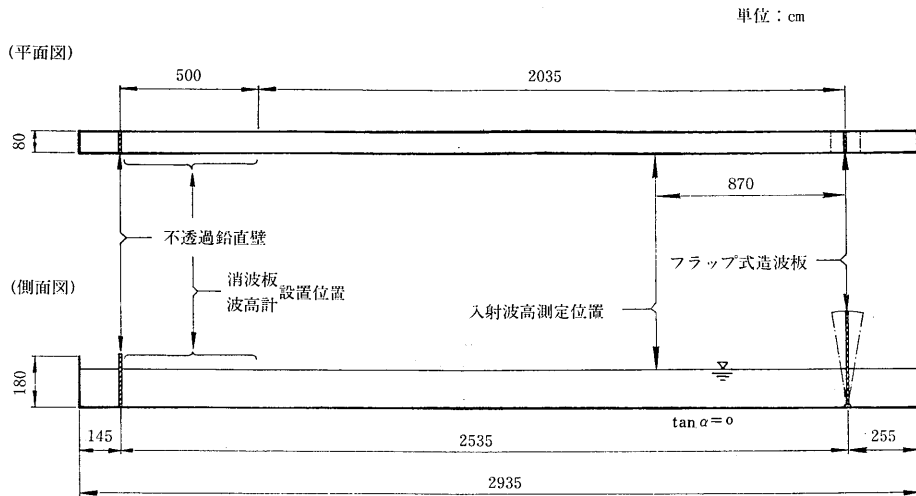


図-2 実験装置

る。(図-1 参照)

Model-I: 天端高 $u=0\sim40\text{cm}$ (6 種類), 遮蔽深さ $d=0\sim60\text{cm}$ (7 種類) の範囲で組み合わせ, これを $l/L=1/4, 3/8, 1/2$ の 3 種類の位置に設置した。

Model-II: 斜面板については, 天端高 $u^*=0\text{cm}, 10\text{cm}, 20\text{cm}, 30\text{cm}, 40\text{cm}$, 遮蔽深さ $d^*=0\text{cm}, 10\text{cm}, 20\text{cm}, 30\text{cm}$, 斜面勾配 $\cot\theta=-2, 1, 2, 3, 4$, 鉛直板については遮蔽深さを $d=60\text{cm}$ とし, これを $l/L=1/8\sim1$ (8 種類) の位置に設置した。

Model-III・IV: 斜面板の幅 $l_w=30\text{cm}, 60\text{cm}$, 天端高 $u=30\text{cm}$, 遮蔽深さ $d^*=0\sim30\text{cm}$ (7 種), 鉛直板の遮蔽深さ $d=30\text{cm}, 60\text{cm}$ として実験を行なった。

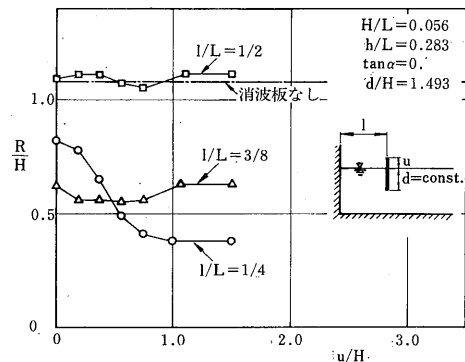
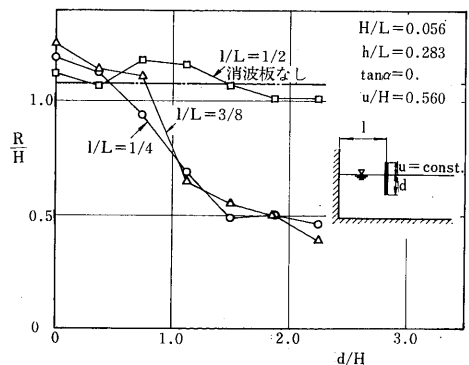
3. 実験結果とその考察

(1) Model-I (単一鉛直板) について⁸⁾

不透過鉛直壁前面に単一鉛直消波板を設置した消波構造は, 消波板の位置によって消波効果が明白に異なり, $l/L=(2n+1)/4$, ($n=0, 1, 2, \dots$) において消波効果がもっとも高く, $l/L=(2n+1)/2$ において消波効果がほとんどないという極端な選別消波の欠点を有していることは, これまでの非越波時の研究において明らかにされている⁹⁾。

図-3 は, $l/L=1/4, 3/8$ および $1/2$ における u/H と R/H との関係を示し, 図-4 は越波する ($u/H=0.560$) 場合の d/H と R/H との関係を示している。なお, 非越波時は $u/H>1.10$ である。これらより, $l/L=1/4$ においては越波する場合でも消波効果は高いが, $l/L=1/2$ では天端高に無関係にほとんど消波効果のないことがわかった。

さて, R/H の推算式は, 樫木・岩田¹⁰⁾ による微小振幅波の遊水域内における反復反射によって生じる成分素波の線形重ね合わせの考え方に有限振幅波の非線形効果の項を考慮することによって, 式(1), (2)のように近似

図-3 Model-I の u/H と R/H との関係図-4 Model-I の d/H と R/H との関係

的に示される。

$$\frac{R}{H} = \frac{R^*}{H} + \frac{\pi}{4} \frac{H}{L} \left(\frac{R^*}{H} \right)^2 \times \left(3 \coth^2 2\pi \frac{h}{L} + \tanh 2\pi \frac{h}{L} \right), \quad (1)$$

ここに、 R^*/H は樫木・岩田⁵⁾により有限反復の場合では式(2)で示される。

$$\frac{R^*}{H} = \gamma_T \sqrt{1 + (1 - \gamma_T)^2 + 2(1 - \gamma_T) \cos 4\pi \frac{l}{L}} \quad (2)$$

図-5 (a)~(c)は、式(1)、(2)の推算値と実験値とを比較したもので、越波、非越波にかかわらず、 γ_T と R/H との関係を示したものである。これらより、 $l/L=1/4$ と $1/2$ における推算値は実験結果をかなりよく説明しているが、 $l/L=3/8$ の場合の推算値は過大な値を与えるようである。なお、式(2)に必要な γ_T の値は、図-6の実験値を用いている。

このように、不透過鉛直壁前面に単一の鉛直消波板を設置した消波構造では、遊水域の幅 l と入射波長 L との相対的關係が、 $l/L=1/4 \sim 3/8$ で消波効果は高く、 $l/L=1/2$ では消波効果はほとんどなくなることがわかる。そこで、 $l/L=1/2$ なる状況においても消波効果を高める方法として、図-1 (b)~(d)に示されるように消波板の構造を改良した。

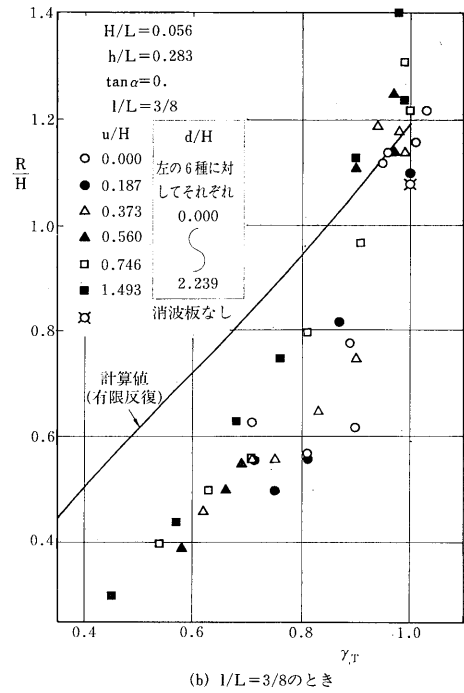


図-5 Model-I の γ_T と R/H との関係

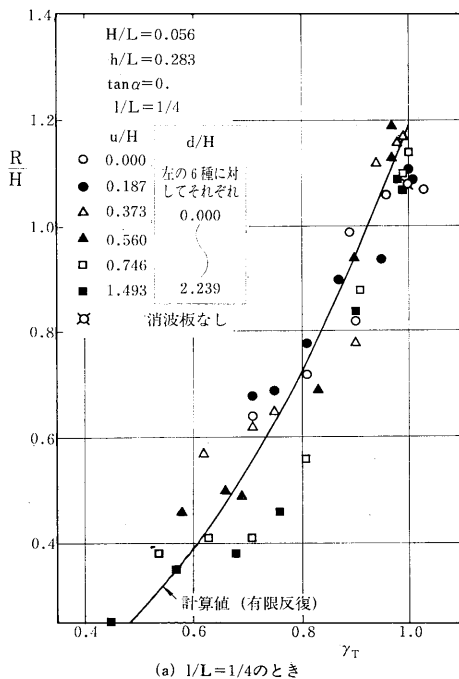


図-5 Model-I の γ_T と R/H との関係

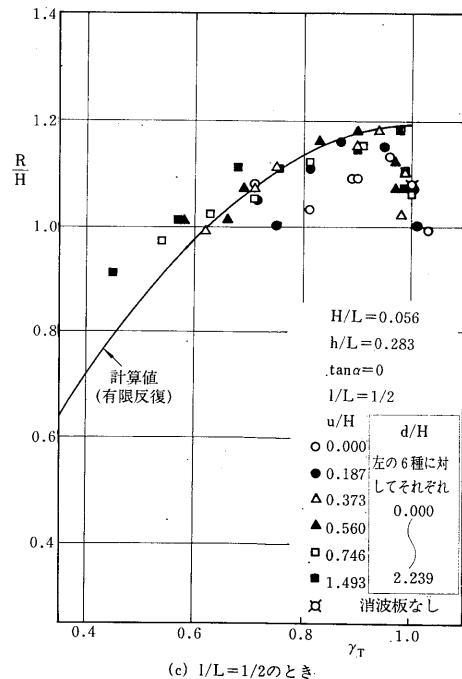
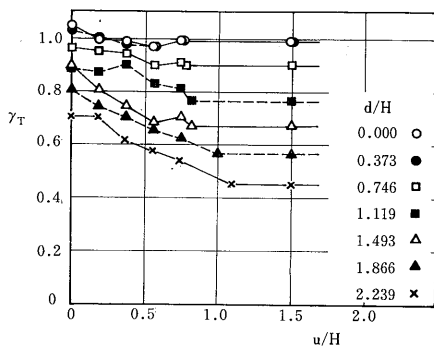


図-5 Model-I の γ_T と R/H との関係



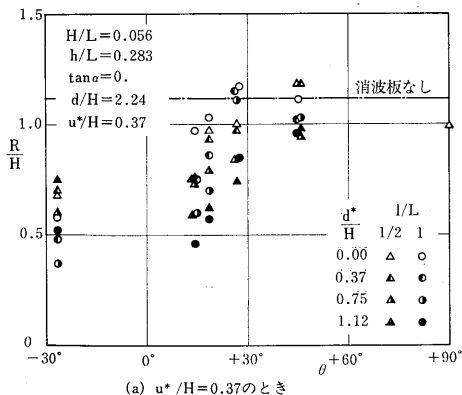
図—6 Model-I の u/H および d/H と γ_T との関係

本研究では、これらの水理特性について実験的に検討したので、その結果を次に述べる。

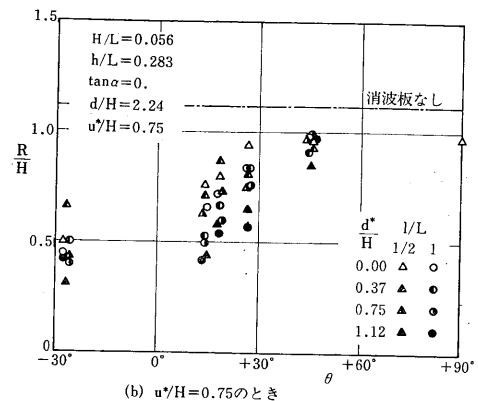
(2) Model-II, III について¹⁰⁾

図—1 (b) に示されるような、不透過鉛直壁前面に斜面板を有する鉛直消波板を設置した消波構造について、まず、 u^* 、 d^* および d を一定、 $l/L=1/2$ および 1 として、不透過鉛直壁前面の波の打上げ高 R が斜面板の傾斜角 θ によってどのように変化するかを調べた。

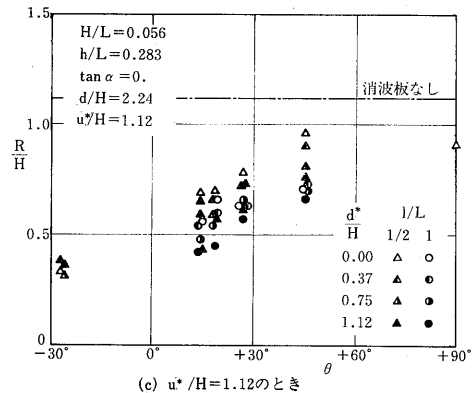
図—7 (a)~(c) は、 $\cot\theta=-2\sim 4$ ($\theta=-26^\circ 34'\sim 45^\circ 00'$) の範囲についての結果である。これらより、Model-II では $\theta > 30^\circ$ において斜面板の効果はほとんど現われないうが、 $\theta < 30^\circ$ では θ の減少とともに消波効果が現われ始め、とくに $\theta < 20^\circ$ においてその効果がよい。一方、Model-III (ただし、 $\cot\theta=-2$) の消波効果は Model-II よりもさらによいことがわかる。このことは、陸側傾斜の斜面板を遡上する波が斜面天端より容易に沖側に越波することによって、遊水域の波の復反射がかなり緩和



図—7 Model-II, III の傾斜角と消波効果との関係



図—7 Model-II, III の傾斜角と消波効果との関係



図—7 Model-II, III の傾斜角と消波効果との関係

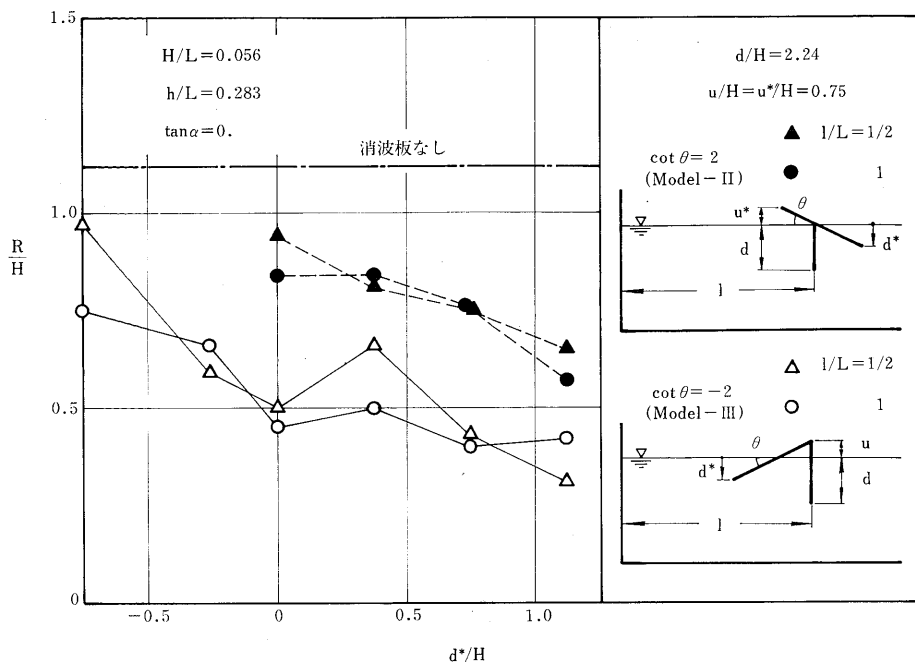
されるためと考えられる。

次に、図—8 は、 $\cot\theta=2$ (Model-II) および $\cot\theta=-2$ (Model-III) について、 $u^*/H=0.75$ 、 $d/H=2.24$ における d^* と R との関係を示したものである。これより、 d^* が大きいほど消波効果のよいことがわかる。

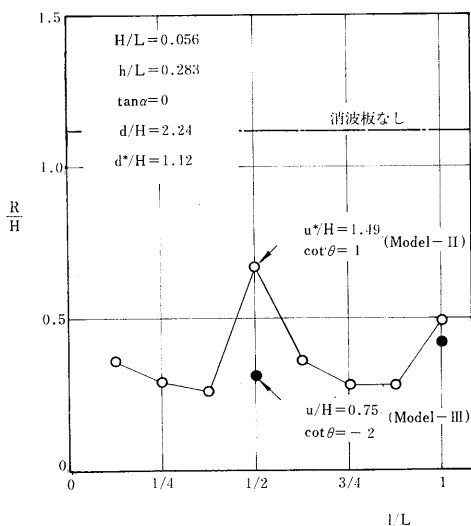
図—9 は、 u 、 u^* および d を一定にして、Model-II および III の波の打上げ高 R が、消波板の位置 l/L によってどのように変化するかを実験的に示したものである。これより、 $l/L=1/4$ 、 $3/4$ における消波効果は Model-I の場合と同様によく、さらに、Model-I では効果のない $l/L=1/2$ 、1 においてもかなり消波効果の現われることがわかる。

(3) Model-III, IV について¹¹⁾

図—10 は、Model-I (単一鉛直消波板) では消波効果



図—8 Model-II, III の斜面板の遮蔽深さと消波効果との関係



図—9 Model-II, III の消波板の位置と消波効果との関係

のほとんどない位置 $l/L=1/2$ において、Model-III の消波構造の有効性を調べたものである。これより、図—10の(b) タイプ(傾斜板のみの場合)、(c) タイプ(三角形形状の頂点が開放の場合)は、(a) タイプ(単一鉛直板)

に比較してあまり消波効果を期待できないが、(d) タイプ(三角形形状の頂点が密閉の場合)はいちじるしい消波効果のあることが認められる。これらのことから、傾斜板、鉛直板と水面とで囲まれた空気室(Model-III の静水面上の三角形の部分)が消波効果に重要な働きをしていることがわかる。この事実は、二重消波板の天端部分の開閉による消波効果の相違を調べた図—11の実験結果からも明らかである。

図—12(a), (b)は、Model-III の消波構造の位置による消波効果への影響を調べたものである。図—12(a)は、 $u/H=d/H=d*/H=1.12$ の場合における l_1/L と R/H との関係は l_w/L (または $\cot \theta$) をパラメーターとして示したものである。これより、 R/H が極大値を有する l_1/L の存在が認められるが、その R/H の値は Model-I(単一鉛直板、 $\cot \theta=0$) に比較してかなり減少している。図—12(b) は $u/H=d*/H=1.12$, $d/H=2.24$ の場合であるが、図—12(a) に比較してさらに消波効果が改善されていることがわかる。

図—13は、Model-III の消波構造の斜面板の位置 l_1 を一定にして、空気室の幅 l_w を変化させた場合の打上げ高の減少効果を調べたものである。これより、 l_w が大きいほど消波効果の高いことがわかる。

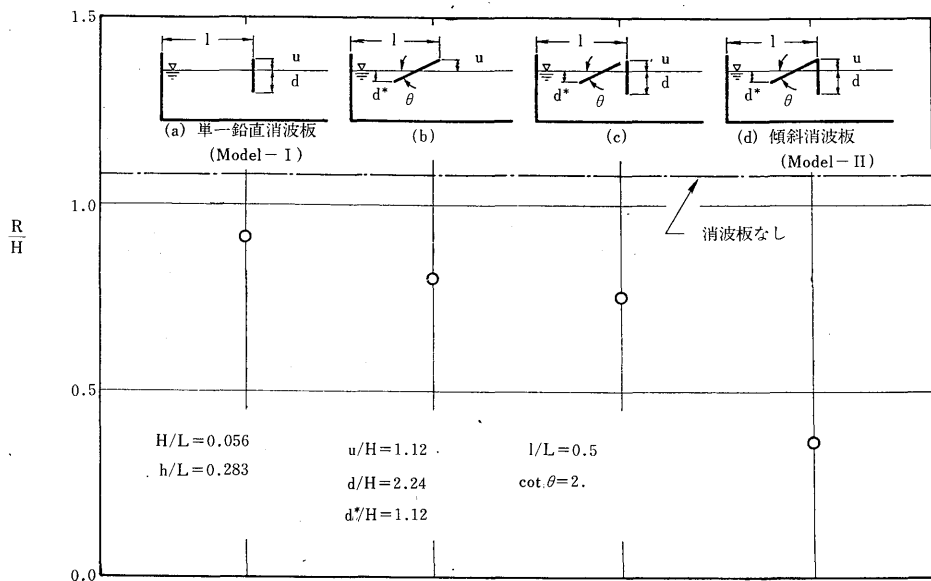


図-10 Model-I, II の消波板の断面形状と遊水域内の消波効果との関係

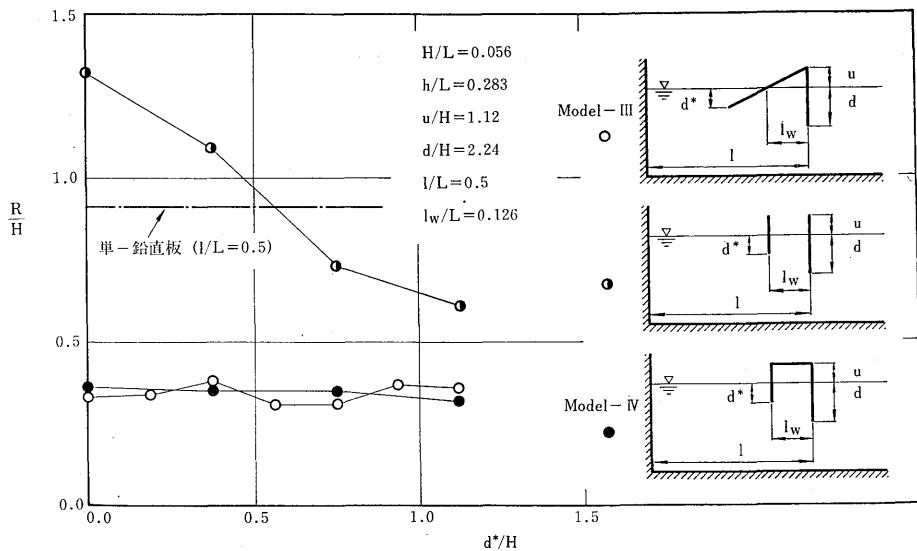


図-11 Model-III, IV の消波板の断面形状と遊水域内の消波効果との関係

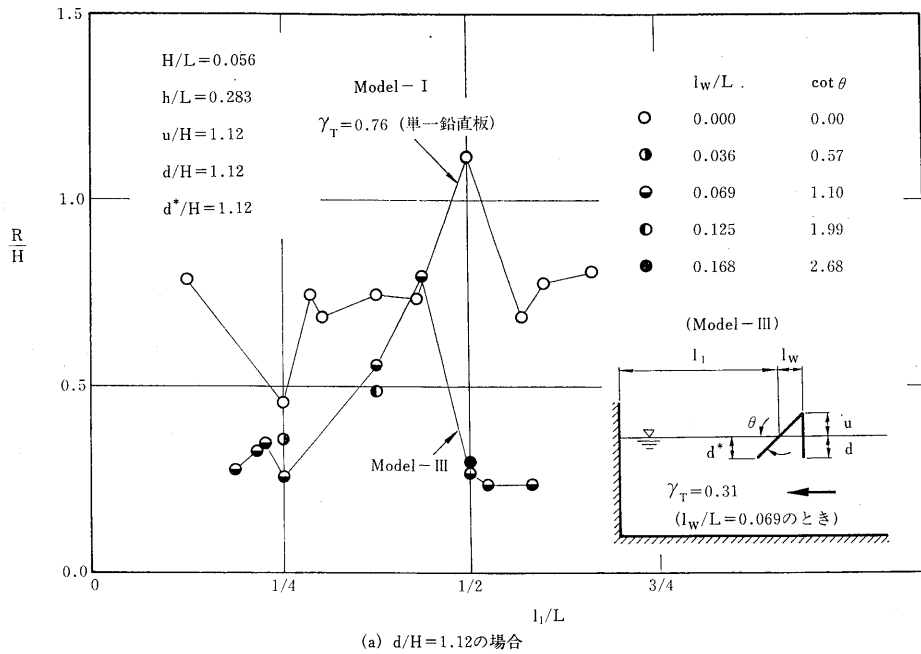


図-12 Model-Ⅲ の l_1/L と R/H との関係

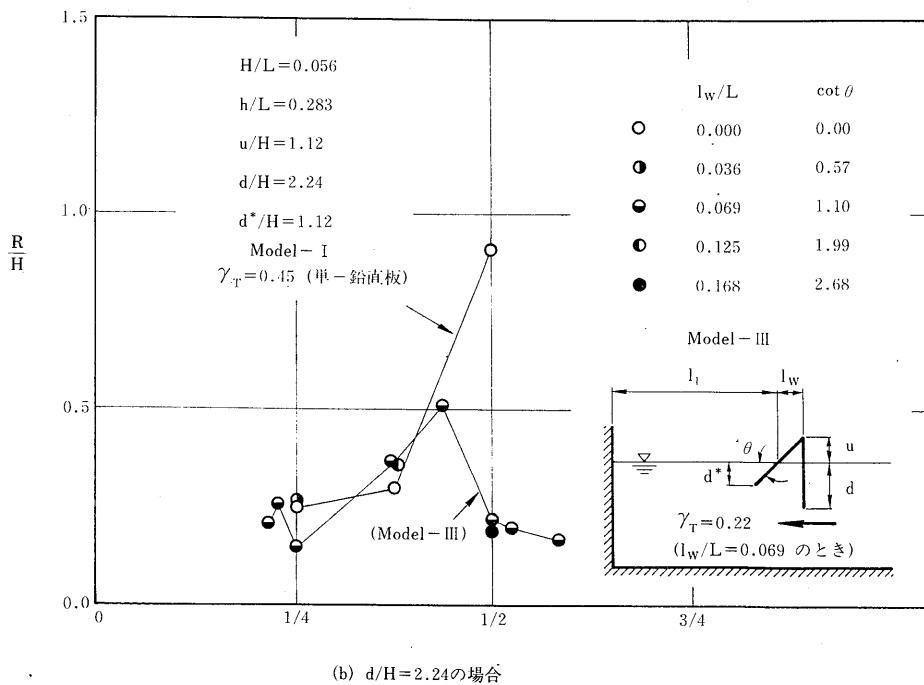
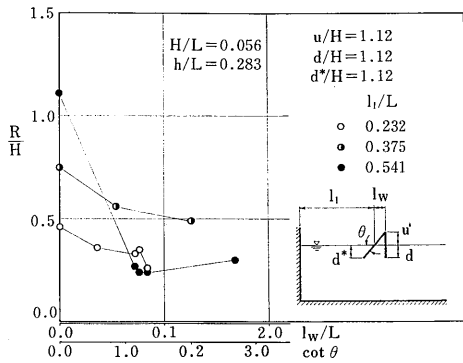


図-12 Model-Ⅲ の l_1/L と R/H との関係

図—13 Model-Ⅲ の l_w/L と R/H との関係

4. あとがき

従来の海岸堤防・護岸の前面に消波板を設置して、その遊水域内の反復反射波と入射波との干渉によって波を消す、いわゆる“位相差消波板”はその消波板の設置位置と断面形状によっていちじるしい消波効果を有することが認められた。

しかし、この種の構造は消波効果に対して極端な周期特性をもっており、この解消が先決問題である。この研究では、限られた実験ではあるが、図—1(c)に示すような Model-Ⅲ、あるいは図—1(d)に示すような Model-Ⅳ の形状が、かなり広範囲の周期に対して消波効果が期待できることが実験的にわかった。

なお、これらの消波機構の解明および消波板の規模、設置位置と消波効果などの詳細な関係については今後の研究課題としたい。

謝辞：この研究を行なうにあたり、三浦学園の特別個人研究費を使用した。また、実験の大部分は昭和52年度卒業研究の学生（伊藤知宏，奥村英世，児玉文男，鳥居

俊孝）諸君の努力によるところが多い。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) Valembois, J. : Investigation of the Effect of Resonant Structures on Wave Propagation, Proc. Minnesota International Hydraulics Convention, pp. 193—199, Minneapolis, 1953.
- 2) Jarlan, G. E. : A Perforated Vertical Wall Breakwater, The Dock and Harbour Authority, Vol. Ⅲ, No. 486, April. 1961.
- 3) 長尾義三・加藤久徳：直立消波岸壁に関する二、三の考察，第17回海岸工学講演会論文集，pp. 145—153，1970.
- 4) 井島武士・奥田英明・湯村やす・坂井久雄：遊水部をもつ直立消波防波堤と護岸，第19回海岸工学講演会論文集，pp. 185—192，1972.
- 5) 樫木亨・岩田好一朗：多孔壁式鉛直消波岸壁の水利特性に関する二、三の考察，土木学会論文報告集，第220号，pp. 53—63，1973.
- 6) 樫木亨・岩田好一朗：二重透過壁を有する鉛直消波岸壁の消波効果について，土木学会論文報告集，第262号，pp. 41—53，1977.
- 7) 井島武士・奥田英明・牛房幸光：直立消波護岸の構造と周波数特性について，第24回海岸工学講演会論文集，pp. 255—259，1977.
- 8) 高田彰・吉田吉治：位相差消波板による共振水域の消波効果について，土木学会第30回年次学術講演会講演概要集，第2部，pp. 91—92，1975.
- 9) 高田彰：深い水深の消波構造とその効果—波の位相差の利用—，第20回海岸工学講演会論文集，pp. 119—125，1973.
- 10) 高田彰・吉田吉治：傾斜式の位相差消波板の消波効果，土木学会第31回年次学術講演会講演概要集，第2部，pp. 90—91，1976.
- 11) 高田彰・吉田吉治：消波板の断面形状と遊水域内の消波効果，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp. 247—248，1978.