

直立消波岸壁に関する二、三の実験的研究

長尾 義三*・加藤 久徳**

1. まえがき

港湾をシステムとして研究開発を進める場合、これを外港部分（ハーバーエリア）と内港部分（ターミナルエリア）の二つのサブシステムに分けることは有用な考え方である。水陸輸送の転換機能を有するものと定義される港湾の能率や効率を明確にすることは、この種の研究を進めるにあたってきわめて重要なことであり、このため著者らは静穏度という概念を新たに明確にし、ハーバー計画の評価基準に用いることを提案した¹⁾。ここではハーバー機能に影響を与える風、波、雨などの自然条件と船型その他の条件のもつ要素の集合概念として静穏度は定義されている。このうち港内における風、波は港湾機能にもっとも敏感に反応することが知られる。水面の高度の利用という観点から港内水際線を直立壁で構築されることの多くなった最近の港湾施設計画では港内への侵入波のほかにこれらの直立壁からの反射波の影響も大きいことが各種の報告にみられる²⁾³⁾⁴⁾。波による港湾の静穏度の問題解析はこのほかに、越波による伝達波、透過波、さらに二次発生波などがあり、実際の波はこれらの合成波として把握することが必要であることはいうまでもない。しかし、この種の研究はほとんどなされていない現状である。これらのうち、港内への侵入波の消波については、多くのしゃへい実験による研究報告がある⁵⁾⁶⁾。本研究は直立壁に消波機能をもたせ、港内の静穏度を高めようとする研究の一部を構成する。この種の研究はすでに始められており、施工例もある⁷⁾。カナダにおける perforated breakwater の考え方も、岸壁等の直立壁に応用し得る⁸⁾⁹⁾。また、わが国においても尾崎らの研究報告がある¹⁰⁾。このほかに、堀川¹¹⁾、井島¹²⁾らの報告もなされている。これらの研究はいずれも反射波に関係あるものであるが、複雑な港内の合成波の解明に欠くことのできないものである。反射率の測定には従来、Healy の方法が用いられてきたが、これには多くの問題点がある。室田らは計算回路を用いて反射率を測定したが¹³⁾¹⁴⁾、本研究では、さらに検討を加えるとともに、従来あまり行なわれなかった直立壁前面にある距離をおいて、透過性構造物を設置した場合の消波効果に

ついて考察し、二、三の模型実験によって、これを検討した。この結果、透過性構造物の透過率や、背後の直立壁との距離が反射率に大きな影響をもつものであることが解明できた。

2. 実験装置と実験方法

(1) 実験装置と実験諸元

実験に用いた水路を図-1に示す。水路は長さ 17.5 m、幅 1.5 m（幅 0.5 m の水路が 3 本）、高さ 0.75 m である。3 本の水路のうち実験に用いたのは両はじの A、B 水路である。実験模型（たとえば透過性構造物）は A 水路中央に設置し、波高計は a、a'、b、b' の 4 点に設置する。a と b 点の水位には模型からの反射波によって差が生じ、これを 2 本の波高計と計算回路によって取り出し反射波として記録する。a' 点で透過波を、b' 点で入射波を測定する。実験波は最初の不揃いな数波を除き、造波板からの反射の影響が生じるまでの 1～3 波を用いた。入射波は周期 1.0～2.0 sec、波高 1.5～15.0 cm の範囲の組合せて 25 波、水深は 20、30、40 cm の 3 種類である。

(2) 反射率の測定法

本実験の反射率の測定は Healy の方法によらずに、

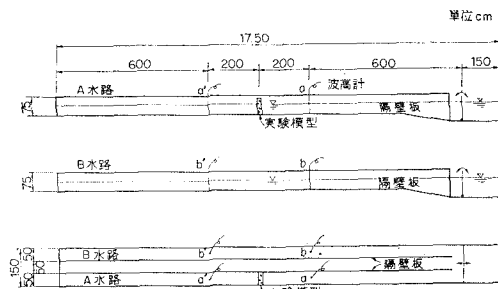


図-1 実験水路

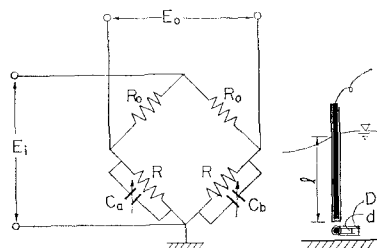


図-2 計測器

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部 土木工学科

** 正会員 日本テトラポッド株式会社 技術センター

引算回路による方法を用いた¹⁵⁾。測定の原理は室田らが用いた方法と同じであるが、本実験では波高計の直線性と安定性を高めるため容量式とし、また引算回路は安定性を増すため単一のブリッジ回路を用いた¹⁶⁾。波高計と回路を図-2 に示す。容量式波高計の受感部の電気容量は浸水長に比例し次式で表わされる¹⁷⁾。

$$C=ml/\log(D/d) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 C ：容量式波高計の受感部の電気容量
 m ：絶縁材の誘電率によって変わる定数
 l ：受感部の浸水長
 D ：絶縁材の直径
 d ：導線の直径

ブリッジ回路の出力は 図-2 の記号を用いて

$$E_o = \left[\frac{\frac{1}{1/R + j\omega C_a}}{R_o + \frac{1}{1/R + j\omega C_a}} - \frac{\frac{1}{1/R + j\omega C_b}}{R_o + \frac{1}{1/R + j\omega C_b}} \right] E_i \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 E_o ：回路の出力電圧
 E_i ：回路の入力電圧
 ω ： E_i の周波数
 R, R_o ：回路の抵抗
 C_a, C_b, l_a, l_b ：波高計の受感部の電気容量、および浸水長
 $j = \sqrt{-1}$

式 (2) より

$$E_o = \frac{j\omega(C_b - C_a)R_o}{\left(\frac{R_o + R}{R} + j\omega C_a R_o\right)\left(\frac{R_o + R}{R} + j\omega C_b R_o\right)} E_i \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $\frac{\omega C_a R_o R}{R_o + R} \div 0$ として式(1)を用いて…(4)

$$|E_o| = \frac{R_o R^2 \omega (C_b - C_a)}{(R_o + R)^2} E_i \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{m R_o R^2 \omega (l_b - l_a)}{(R_o + R)^2 \log(D/d)} E_i \dots\dots\dots (6)$$

式 (6) より回路の出力は 2 本の波高計の浸水長の差に比例し、したがって反射波を表わすことがわかる。

(3) 測定法の検討

引算回路の出力が反射波形を表わすためには A、B 両水路の入射波の波形および位相が一致していることが必要である。両水路に何も置かない場合でも造波板のひずみや水路の摩擦抵抗の差などにより入射波には、ずれが生じる。

これを測定するため、a、b 両点に波高計を設置し、さらに同じ位置に引算回路からの波高計を設置して同時記録した。A、B 両水路の入射波は波高は一致するが、位相にわずかな差が観察され、これは回路により、入射波と同じ周期で変動する波として記録される。この波の波高 II_e と入射波高 H_i の比を波形勾配で整理したのが

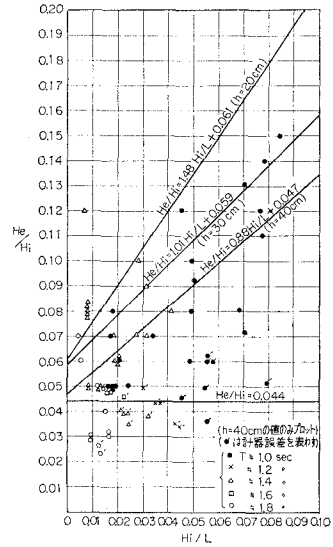


図-3 測定誤差

図-3 である。測定計器による誤差も同図にプロットした。この誤差は約 4 % の一定値であり先の誤差の $H_i/L = 0$ での値とほぼ一致する。以上を総合して、誤差は次式で表わせる。

$$H_e/H_i = k_1 H_i/L + k_2 \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 k_1 ：入射波のずれによって決まる定数
 k_2 ：測定計器による誤差

水路に反射波が生じていない場合でも、引算回路による測定は式 (7) で表わされる誤差を伴う。

3. 透過性構造物による消波岸壁の反射率について

従来用いられている直立岸壁の前に 図-4 のように、直立透過性構造物を設置した場合の反射率について検討する。入射波は構造物前面で一部は反射し、一部は透過する。透過した波は直立壁で反射し、構造物を前とは逆の方向に通過する。その際構造物背面で反射する波は再び直立壁に向かって進行し、直立壁と構造物背面で減少しながら反射を繰返す。このような消波岸壁の反射波は、反射および透過の際に波の特性の変化がなく、単純な重ね合せが成立つと考えれば、構造物背面での反射波を無視して、構造物前面での反射波と構造物背面からの

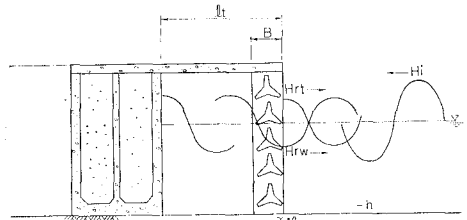


図-4 消波岸壁

透過波との合成波と考えることができるであろう。消波岸壁の反射波，構造物前面での反射波，および構造物背面からの透過波をそれぞれ次式で表わす。

$$\eta_r = (H_r/2) \sin(\sigma t - kx + \varepsilon_r) \dots\dots\dots (8)$$

$$\eta_{rt} = (H_{rt}/2) \sin(\sigma t - kx + \varepsilon_{rt}) \dots\dots\dots (9)$$

$$\eta_{rw} = (H_{rw}/2) \sin(\sigma t - kx + \varepsilon_{rw}) \dots\dots\dots (10)$$

さらに， r ， r_t ， r_w ：消波岸壁，透過性構造物，および

直立壁の反射率

t ：透過性構造物の透過率

l_t ：透過性構造物前面から直立壁までの距離

L ：入射波の波長，とすれば

$\varepsilon_{rt}=0$ ， $x=0$ において

$$\eta_r = \eta_{rt} + \eta_{rw} = (H_{rt}/2) \sin(\sigma t) + (H_{rw}/2) \sin(\sigma t + \varepsilon_{rw})$$

$$\sin(\sigma t + \varepsilon_{rw}) = (H_r/2) \sin(\sigma t + \varepsilon_r) \dots\dots\dots (11)$$

ここで， η_{rt} と η_{rw} の位相の差はその通過距離の差から，

$$\varepsilon_{rt} - \varepsilon_{rw} = 2 l_t / L \cdot 2 \pi = 2 k l_t \dots\dots\dots (12)$$

式 (11)，(12) より

$$H_r = \sqrt{(H_{rw} \sin 2 k l_t)^2 + (H_{rw} \cos 2 k l_t + H_{rt})^2} \dots\dots\dots (13)$$

$$\varepsilon_r = \tan^{-1} \frac{H_{rw} \sin 2 k l_t}{H_{rw} \cos 2 k l_t + H_{rt}} \dots\dots\dots (14)$$

透過性構造物の透過率は波形勾配に関係なく一定と考えて

$$H_{rw} = r_w t^2 H_i \dots\dots\dots (15)$$

$$H_{rt} = r_t H_i \dots\dots\dots (16)$$

$$r_t + t = 1 \dots\dots\dots (17)$$

$$r_w = 1 \dots\dots\dots (18)$$

とすれば，消波岸壁の反射率は

$$r = H_r / H_i = \sqrt{(r_w t^2)^2 + r_t^2 + 2 r_w r_t t^2 \cos 2 k l_t} \dots\dots\dots (19)$$

$$= \sqrt{t^4 + (1-t)^2 + 2 t^2 (1-t) \cos 2 k l_t} \dots\dots\dots (20)$$

消波岸壁の反射率は

$$\begin{cases} l_t = (2n-1)/4 \cdot L & (n=1, 2, 3, \dots) \dots\dots (21) \\ t = 1/(2\sqrt{5}-1) \dots\dots\dots (22) \end{cases}$$

のとき，極小値をとり $r=0$ となる。

このような消波岸壁による反射率の減少は，単一の反射波を位相の差を有する 2 つの波に分解することによって生じるものである。

4. 実験結果とその考察

実験はまず，直立壁の反射率，および透過性構造物の反射率と透過率を求め，次に消波岸壁の反射率を測定した。入射波，反射波，および透過波は同時記録し，反射率および透過率の算出には同一の波の波高を用いた。

(1) 直立壁の反射率

直立壁の反射率の測定結果を図-5 に示す。実験模型

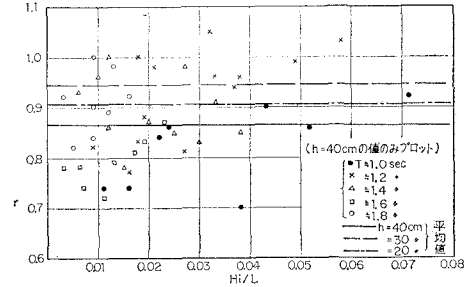


図-5 直立壁の反射率

は 10 m/m 厚の塩化ビニール板を使用した。反射率の変化は波形勾配や水深に対して明確な傾向は見られない。平均値は 85~95% であり Greslou-Mahe の実験値よりやや小さい。また，水深が浅くなると，1 より大きい反射率が見られた。先の式 (19) の仮定 $r_w=1$ はほぼ成立つと考えてよいであろう。入射波，反射波，および透過波の測定位置は実験模型から等距離であるから，反射，および透過の際に波の特性に変化がなければ，位相の一致した波形記録が得られるはずである。直立壁の反射波と入射波には位相のずれは見られなかった。

(2) 透過性構造物の反射率と透過率

先に述べたような機構で岸壁の反射率を制御するためには，透過性構造物の反射率および透過率を調整する必要がある。そこで透過性構造物に関する基礎的な特性を得るため，二，三の構造物に関して実験を行なった。

a) パイプ列

波の入射方向に直角にパイプを並べた構造は，その間

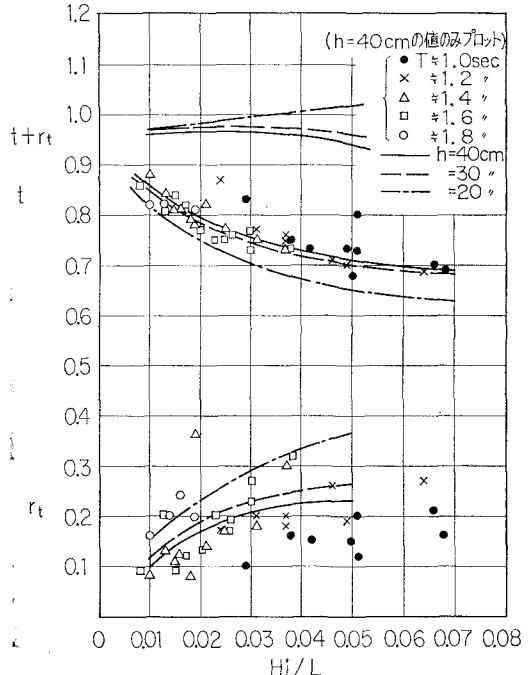


図-6 パイプ列 ϕ 18 m/m

げきによって透過率が変わる。このような構造物に関しては、林らによってすでに詳しい報告¹⁸⁾がなされている。ここでは、パイプの間げきを一定にして波形勾配と水深が反射率と透過率におよぼす影響を測定した。

実験模型は外径 18 mm の塩化ビニールパイプを 4.5 mm ずつ離してならべたものである。実験結果を図-6 に示す。透過率は波形勾配が大きいほど、水深が浅いほど小さくなり、反射率はその逆の傾向を示す。先の式 (15) の仮定は波形勾配が小さくなると、かなりの誤差を生じることがわかる。また、反射率と透過率の和は波形勾配や水深に関係なくほぼ 1 であり、先の式 (17) の仮定は成立つものと考えてよいであろう。反射率の測定値は透過率にくらべてかなりバラツキが大きい。入射波、反射波、および透過波に位相のずれは見られなかった。

b) 異形ブロック

透過性構造として砂利層を用いた鉛直堤の反射率および透過率についてはかなりの実験例^{19) 20) 21) 22)}がある。ここでは透過性構造としてテトラポッド²³⁾層を用い、堤幅およびブロックの大きさをえて実験を行なった。実験模型は直方体の金網の中にブロックを投入したものであり、空げき率は約 50% である。実験結果を図-7 から図-12 に示す。透過率は、波形勾配が大きいほど、水深が浅いほど、ブロックが小さいほど、および堤幅が大きいほど、小さくなり反射率は逆の傾向を示す。先の式 (15) の仮定はかなり無理がある。反射率と透過率の和は、波形勾配、水深、ブロックの大きさ、および堤幅に関係なく 90~100% の値となっており、式 (17) の仮定がほぼ成り立つ。また、透過波は入射波より位相がわずかに遅れる。

次に、透過率と堤幅の関係、および式 (15) について検討する。入射波は透過層のある区間を通過して波高が減衰し、次の区間を波形勾配が小さくなった波として通過するものと考えて、全区間の透過率をおおのこの区間の透過率を乗じたものとして表わせれば、堤幅 20 cm の透過率は、堤幅 10 cm の透過率で表わすことができ、

$$t_{10} = f_{10}(H/L) \dots\dots\dots (23)$$

とおけば

$$t_{20} = f_{20}(H/L) = f_{10}(H/L) \cdot f_{10}\{f_{10}(H/L) \cdot H/L\} \dots\dots\dots (24)$$

添字 10, 20 はそれぞれ堤幅 10 cm, 20 cm の関連を示す。

幅 10 cm の透過層を 2 回通過する場合の透過率は、先に式 (15) で表わしたが、式 (24) を用いるべきであろう。図-10 から図-12 の点線は式 (24) による値である。傾向は合っているが、実験値は式 (24) による値より大きい。

堤幅による透過率の変化をさらに詳しく検討するた

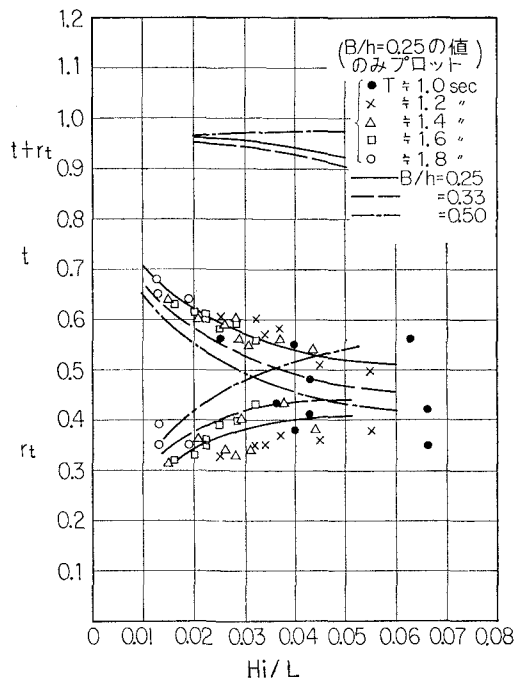


図-7 異形ブロック

$W=64$ g, $B=10$ cm

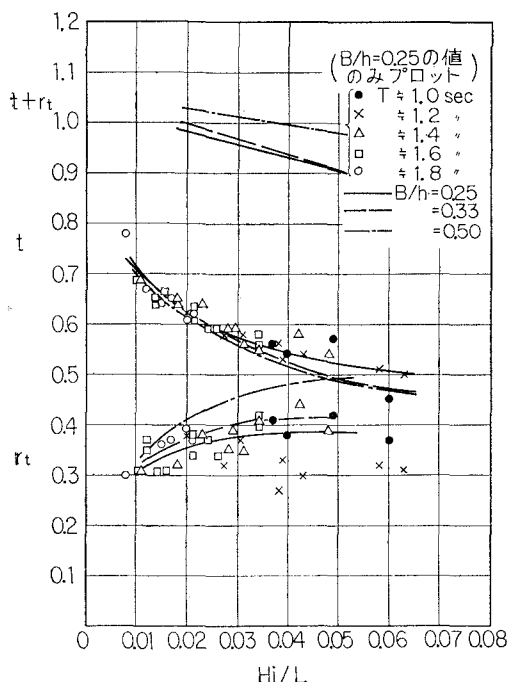


図-8 異形ブロック

$W=128$ g, $B=10$ cm

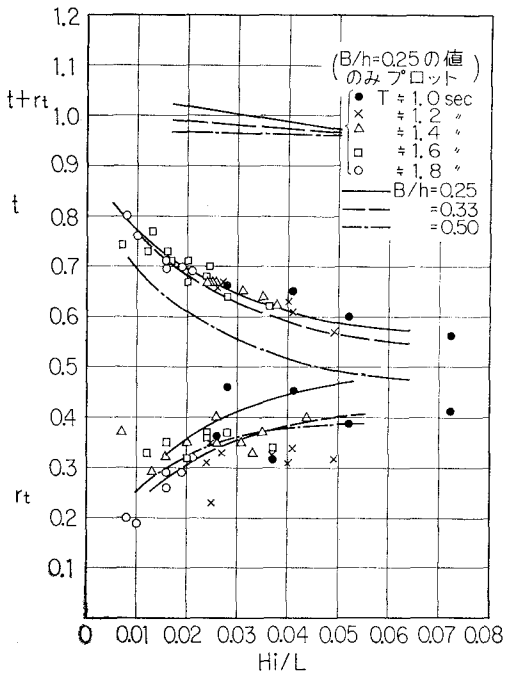


図-9 異形ブロック
 $W=256\text{ g}$, $B=10\text{ cm}$

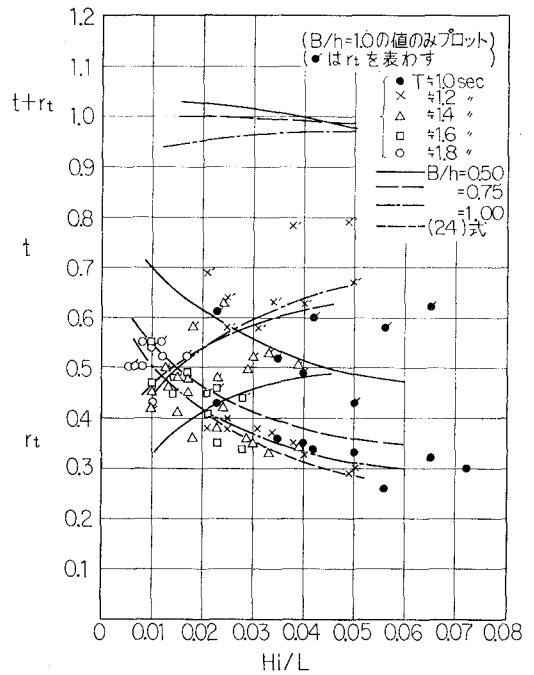


図-11 異形ブロック
 $W=128\text{ g}$, $h=20\text{ cm}$

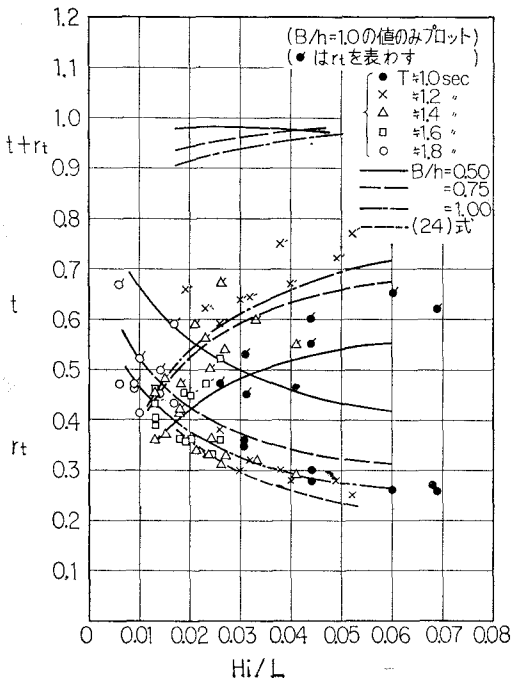


図-10 異形ブロック
 $W=64\text{ g}$, $h=20\text{ cm}$

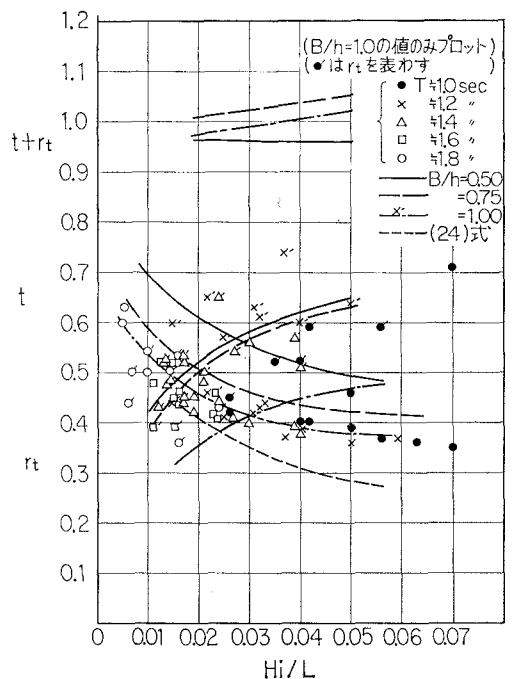


図-12 異形ブロック
 $W=256\text{ g}$, $h=20\text{ cm}$

め 図-13 に示すような模型で実験を行なった。この模型による透過層の空げき率は51~52%である。実験結果を 図-14~図-16 に示す。実験値は式(24)による値によく一致しているが、水深が浅い領域ではブロックによる実験値同様、式(24)の値より大きくなっている。反射率および透過率の変化はブロックの場合と同じ傾向を示すが、それらの和は約110%と、多少大きくなっている。

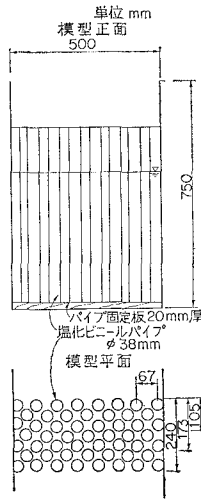


図-13 実験模型

c) 傾斜板

次に、図-17 に示すような水平もしくは傾斜した板を多数積み重ねた構造について反射率と透過率を測定した²⁴⁾。実験結果を 図-18 に示す。入射波は構造物で一部は反射し、一部は板の間を水流となって通過し透過波として再生される。板の傾斜角 θ が 0° および $+30^\circ$ の場合は、前述の構造物と同じような特性を示すが、 $\theta = -30^\circ$ の場合は、反射率、および反射率と透過率の和は波形勾配が大きくなると減少する傾向を示す。これは、平滑斜面の反射特性と似ており、入射波が傾斜板上で碎

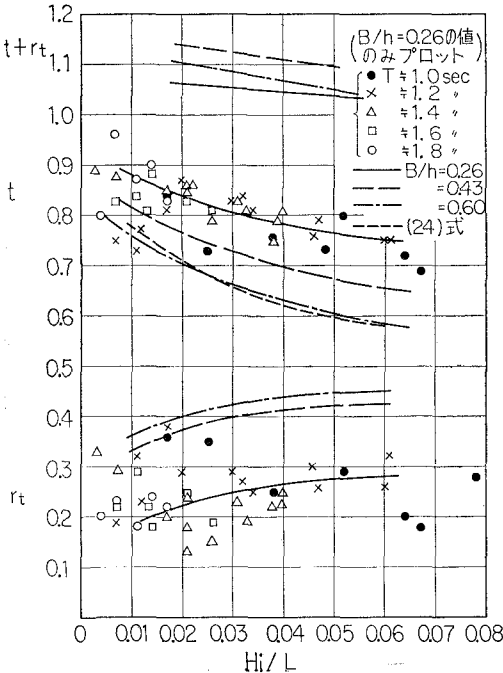


図-14 パイプ列
 $\phi 38 \text{ m/m}$, $h=40 \text{ cm}$

波し反射波もしくは透過波として再生されないためであろう。

d) 潜堤

図-19 に示すような構造は越波により伝達波を生じ

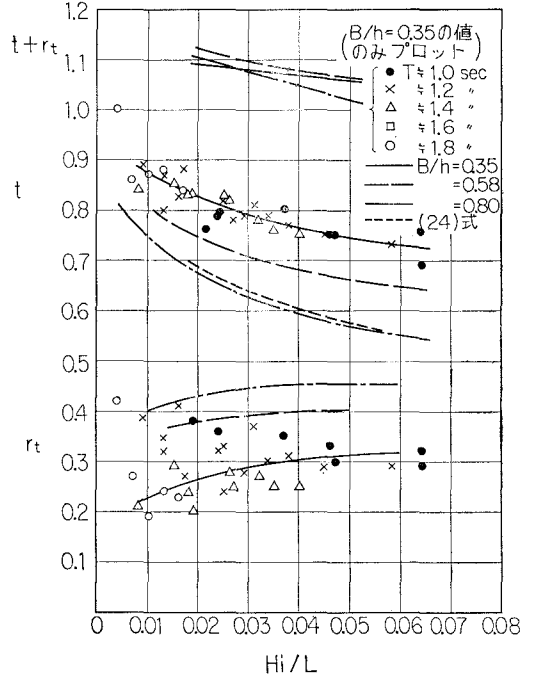


図-15 パイプ列
 $\phi 38 \text{ m/m}$, $h=30 \text{ cm}$

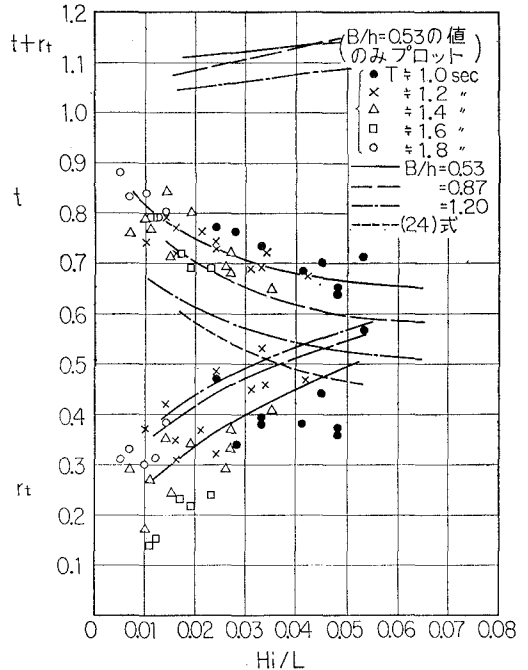


図-16 パイプ列
 $\phi 38 \text{ m/m}$, $h=20 \text{ cm}$

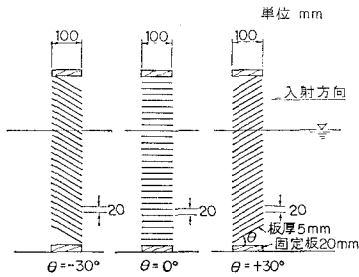


図-17 実験模型

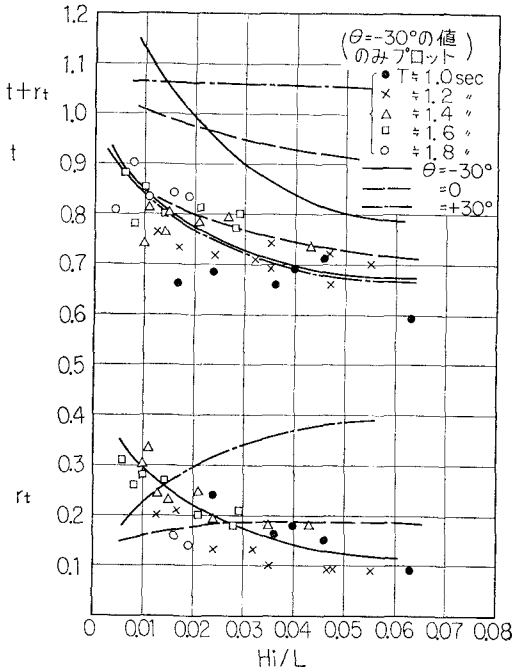


図-18 傾斜板

 $B=10\text{ cm}, h=40\text{ cm}$

る。波高伝達率は静水面上の天端高と入射波高の比によって一義的に定まることが報告²⁵⁾されている。同図に実験結果を示す。波高伝達率は $-0.5 > R/H_i > -2.5$ の範囲で、波形勾配や水深に関係なくほぼ一定であり、反

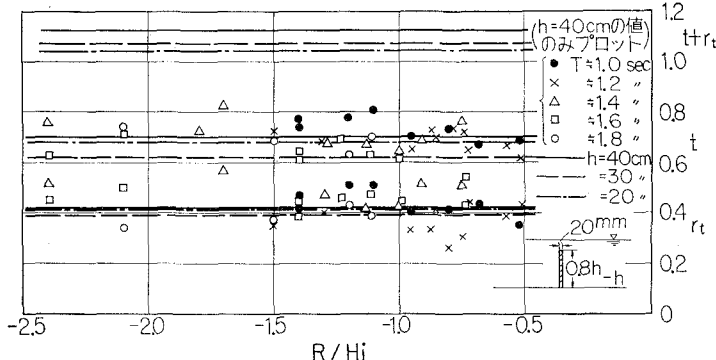


図-19 潜堤

射率との和は約 110% である。図-20 は実験記録の一例である。反射波は位相が進み、伝達波は遅れている。

(3) 消波岸壁の反射率

(2) で述べた透過性構造を直立壁の前に、ある距離において設置した消波岸壁の反射率について実験を行なった。

a) パイプ列

実験結果を図-21 に示す。縦軸は反射率、横軸は直立壁との距離と波長の比である。消波岸壁の反射率は、 $l_t/L \div 1/4$ で約 20% の最小値となっている。測定範囲が狭いため全体的な傾向はわからないが、実験値は式 (20) による理論値によく合っている。

b) 異形ブロック

実験結果を図-22 に示す。反射率は $l_t/L \div 0.18$ で約 20% の極小値となっている。反射率が極小値をとる l_t/L の値は理論値より小さい。この原因は、反射および透過の際に入射波の波長が変化しないものとすれば²⁶⁾、前に述べた位相のずれ等が考えられるが、さらにくわしい検討が必要であろう。

c) 傾斜板

実験結果を図-23 に示す。板の傾斜角が 0° と -30° の場合は同じような傾向を示す。 $+30^\circ$ の場合は反射率が $l_t/L \div 0.18$ で約 30% の最小値となっている。このような構造は引き波時に板の間から水流が噴出し岸壁前面の水域の静穏性が悪化する。実用化には構造の検討、および改良が必要であろう。

d) 潜堤

実験結果を図-24 に示す。反射率の変化は明確でないが、 $l_t/L \div 0.12$ で極小値 $r \div 0.3$ をとる。この l_t/L の値は理論値の約 1/2 である。この原因は異形ブロックの場合と同じように考えられる。図-20 に示すように記録波形には、明瞭に位相のずれが見られる。これが波長の変化によるものでなく反射および越波の際の位相のずれによるものであれば、伝達波は反射波より位相が遅れるので、 l_t が長くなったことと同じであり、上記の現象が説明されるが、なおくわしい検討を要する。この構造

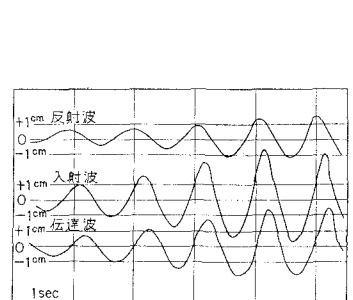


図-20 波形記録

も、前面の水域はかなり乱れる。

5. 結 論

以上の実験の結果を要約すれば、

(1) 透過性構造物の透過率は、波形勾配が大きいほど、構造物の幅が大きいほど、水深が浅いほど、およびブロックの寸法が小さいほど、小さくなり反射率は逆の傾向を示す。

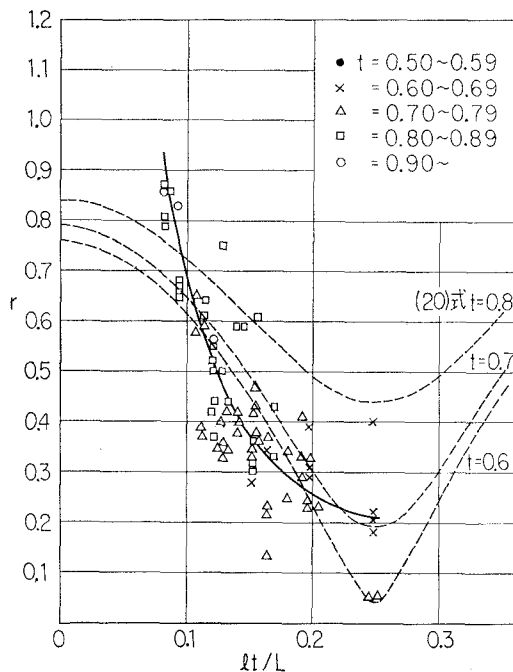


図-21 パイプ式消波岸壁

ϕ 18 m/m, l_t = 30 cm

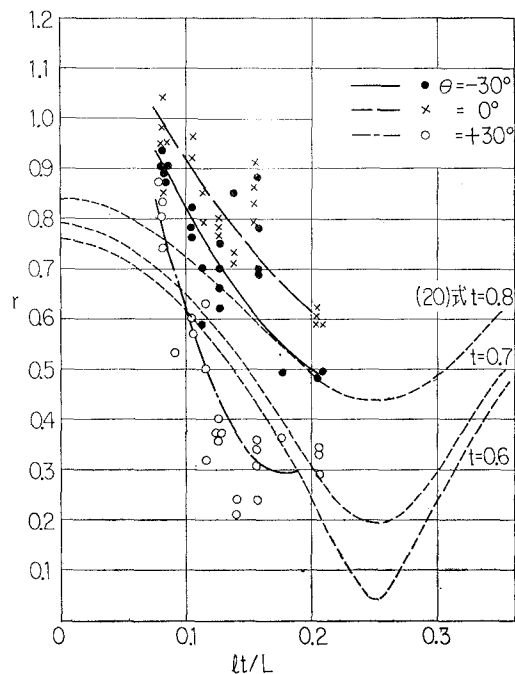


図-23 傾斜板式消波岸壁

B = 10 cm, l_t = 30 cm

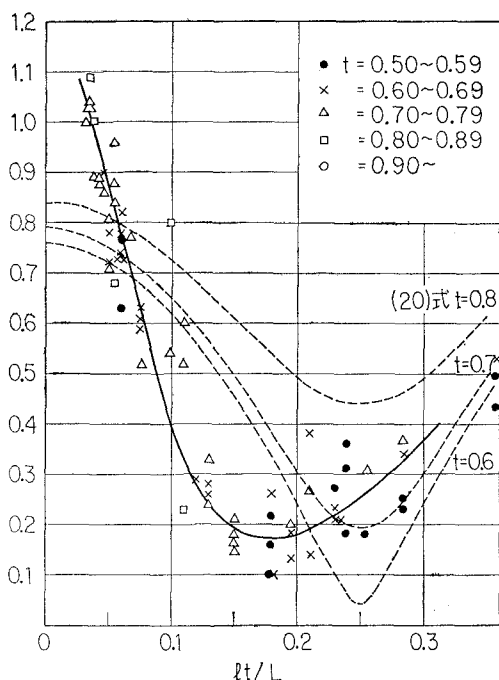


図 22 異形ブロック式消波岸壁

W = 256 g, B = 10 cm

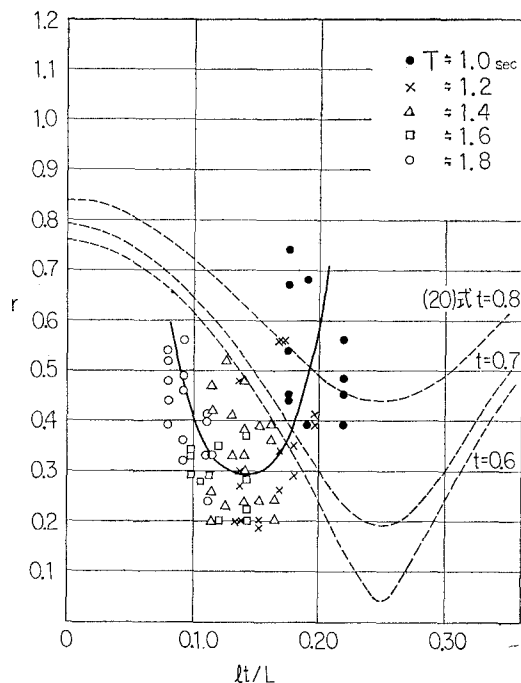


図-24 潜堤式消波岸壁

(2) 透過性構造物の反射率と透過率の和は、本実験の範囲内で、一定で1である。

(3) 傾斜板については、傾斜角が負の場合、上の(1)、(2)は成り立たず、反射率は波形勾配が大きいほど小さくなり、透過率との和は1より小さくなる。

(4) 透過性構造物を用いた消波岸壁の反射率は、パイプ列に関しては、式(20)でかなりよく近似できる。その他の構造については、反射および透過の際の波長の変化や位相のずれ等に関してなお詳しい検討を要する。

(5) 反射率が約20%の直立消波岸壁の構造と特性が得られた。a)およびb)の構造は前面の水域の静穏性がよく実用化が可能であろう。

港内の静穏度は港湾の機能に大きな影響をおよぼす。今回、静穏度の研究の一環として、直立消波岸壁を取り上げてその構造および特性について、二、三の模型実験を行なった。今後さらにくわしい検討が必要であろう。

参 考 文 献

- 1) 長尾義三・黒田秀彦・江熊親信：泊地の静穏に関する基礎的研究，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，1969.
- 2) 尾崎 晃：消波構造論，1965年度水工学に関する夏期研修会講義集，1965.
- 3) 尾崎 晃・柳沢満夫：様似港の港内波浪について一港の形と静穏度に関する研究，第一報，第9回海岸工学講演会講演集，1962.
- 4) 尾崎 晃・猿川 弦：港内波浪の問題点について一港の形と静穏度との関係についての研究(2)，第10回海岸工学講演会講演集，1963.
- 5) 斎藤 晃・富樫宏由・島田真行・横田徹：掘込港湾内の静穏に関する研究，第19回年次学術講演会講演概要，1964.
- 6) 大分県新産業都市建設局・東京大学工学部土木工学科港湾研究室：大分臨海工業地帯水理模型実験報告書(Ⅲ)，1966.
- 7) Gaétan J. Côté & Guy R. Simard: Breakwater Quarry at the Bay of Comeau, The Dock & Harbour Authority, Vol. XLIV, No. 522, 1964.
- 8) Richard Boivin: Comments on Vertical Breakwater with Low Coefficients of Reflection, The Dock & Harbour Authority, Vol. XLV, No. 524, 1964.
- 9) F. L. Terrett, J. D. C. Osorio & G. H. Lean: Model Studies of a Perforated Breakwater, Proc. of 11th Conf. on Coastal Eng., 1968.
- 10) 尾崎 晃・佐藤幸雄・大島 登・猪狩興一：消波護岸に関する研究，第20回年次学術講演会講演概要，1965.
- 11) 堀川清司・中尾忠彦・矢島昭弘：栈橋に働く揚圧力に関する実験的研究，第14回海岸工学講演会講演集，1967.
- 12) 井島武士・尾崎重雄・松尾隆彦・小林 章：直立消波岸壁に関する研究(Ⅰ)，水平板岸壁について，第16回海岸工学講演会講演集，1969.
- 13) 室田 明・山田哲二：反射に関する基礎的研究，第13回海岸工学講演会講演集，1966.
- 14) 室田 明：粗な斜面からの反射に関する実験的研究，第14回海岸工学講演会講演集，1967.
- 15) 合田良実・阿部淑輝：有限振幅波の部分反射に伴う見掛けの反射率について，港湾技術研究所報告，第7巻，第3号，1968.
- 16) 長尾義三・加藤久徳：波の反射機構解析に関する実験的研究，関西支部年次学術講演会講演概要，1970.
- 17) 岩垣雄一：波浪の計測と解析，土木工学における動的現象の計測とデータ処理，1967.
- 18) 林 泰造・服部昌太郎：透過性鋼管防波堤とその基部洗掘，第15回海岸工学講演会講演集，1968.
- 19) 久保弘一・玉井佐一：透過性構造物内部における波力の減衰について，第22回年次学術講演会講演概要，1967.
- 20) 久保弘一：透過性構造物内部における波力の減衰について(第2報)，第23回年次学術講演会講演概要，1968.
- 21) 富永正照・坂本忠彦：透過性構造物による波の変形に関する研究(第1報)，鉛直捨石堤による波の反射率と透過率について，第16回海岸工学講演会講演集，1969.
- 22) 近藤俊郎：透過性防波堤の伝達波，第16回海岸工学講演会講演集，1969.
- 23) 菅野一・新井春人・桜井輝男：各種異形塊堤による波浪減衰模型実験，第23回年次学術講演会講演概要，1968.
- 24) 井島武士・松尾隆彦・島田長彦：特殊異型ブロックの消波効果に関する2，3の模型実験について，第22回年次学術講演会講演概要，1967.
- 25) 合田良実・竹田英章：越波による防波堤背後への波高伝達率，第13回海岸工学講演会講演集，1966.
- 26) 佐藤稔夫・三橋宏次・秦英樹：透過式潜堤に関する研究，第14回海岸工学講演会講演集，1967.