

IV-7

消波岸壁の模型実験

運輸省第四港湾建設局 技術次長 正員 和田善吉

" " 下森寿夫

" " ○和田信

1. はしがき

港湾整備の進展にとまひない。消波効果のよい直立岸壁の要求が強まっている。これは岸壁からの反射波を制御することにより、港内水面の静穏を維持し、船舶の荷役可能時間を増加させようという意図によるもので、各種の直立式消波構造物が考案されている。

我々は、このような要求に応じて経済性、安定性を考慮したテーブル型ブロック⁽¹⁾を考案し、模型実験にもとづき鹿児島新港老港奥部の岸壁(-4.5m)に施工し、よい結果をえている。しかしテーブル型ブロックは、潮位がテーブルの水平版に一致する時に反射率が高くなる欠点、を有していること、また版面にあける穴の大きさや位置、柱の形状、および荷役作業を問題とするような、比較的小さな波に対しても効果があるかどうかなど、さらに検討の余地が残っている。

今回、門司太刀浦に消波岸壁(-4.5m)が採用されることになったので、上のような観点から、数種のテーブル型ブロックを考案し、模型実験を行った。

2. 実験方法

実験は、運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所の片面ガラス張鋼性二次元造波水路(長さ50m、高さ1.5m、幅1.0m)を使用した。水路の片側にFlap型造波機(10馬力)が設置されており、所要の波高、周期がえられる。模型縮尺は1/10としFroudeの相似則にしたがうものとした。対象とする岸壁の天端高は+4.0m、設置水深は-8.0mであり、海底より-3.3m~-3.5mまでは直立堤とし、その上に4段あるいは5段積みみのテーブルブロックをおいた。

実験は1つのテーブル型ブロックに対して

潮位2(潮位が水平版に一致する場合、および一致しない場合)

周期2($T=4.0\text{ sec}$ 、および $T=6.0\text{ sec}$)

波高2($H=0.5\text{ m}$ 、および $H=1.0\text{ m}$)

の組みあわせ、計8種の波浪条件に対する反射率を測定した。

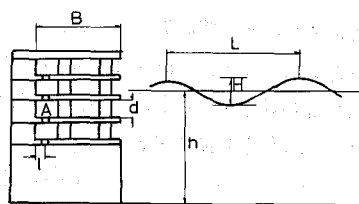
反射率はHealy⁽²⁾の方法で算出し、5回の平均値であらわしだが有限振幅による補正⁽³⁾の必要はなかった。

3. 実験結果および考察

Fig-2は使用したテーブルブロックの諸元、平面図および反射率を表示したものである。各テーブルブロックとも、水平版の版厚は0.4m、幅は4mで一定であるが、奥行きは、No.1~No.3は4.5m、No.4以下は5mとした。

実験はNo.1とNo.2で穴の大きさを変え、No.2とNo.3で脚長を変え、最も反射率の低いNo.2の穴の大きさ、脚長を以下のタイプに採用した。ただしNo.4、No.5は段違い構造とした。

消波効果と反射率で代表させるものとし、今回の実験に対して次元解析を行ない整理すると次のようになる(Fig-1参照)



K_R : 反射率
B: ブロック奥行き
d: 脚長
h: 水深
H: 入射波高
L: 入射波長
A: 穴の面積
l: 穴の位置

Fig-1

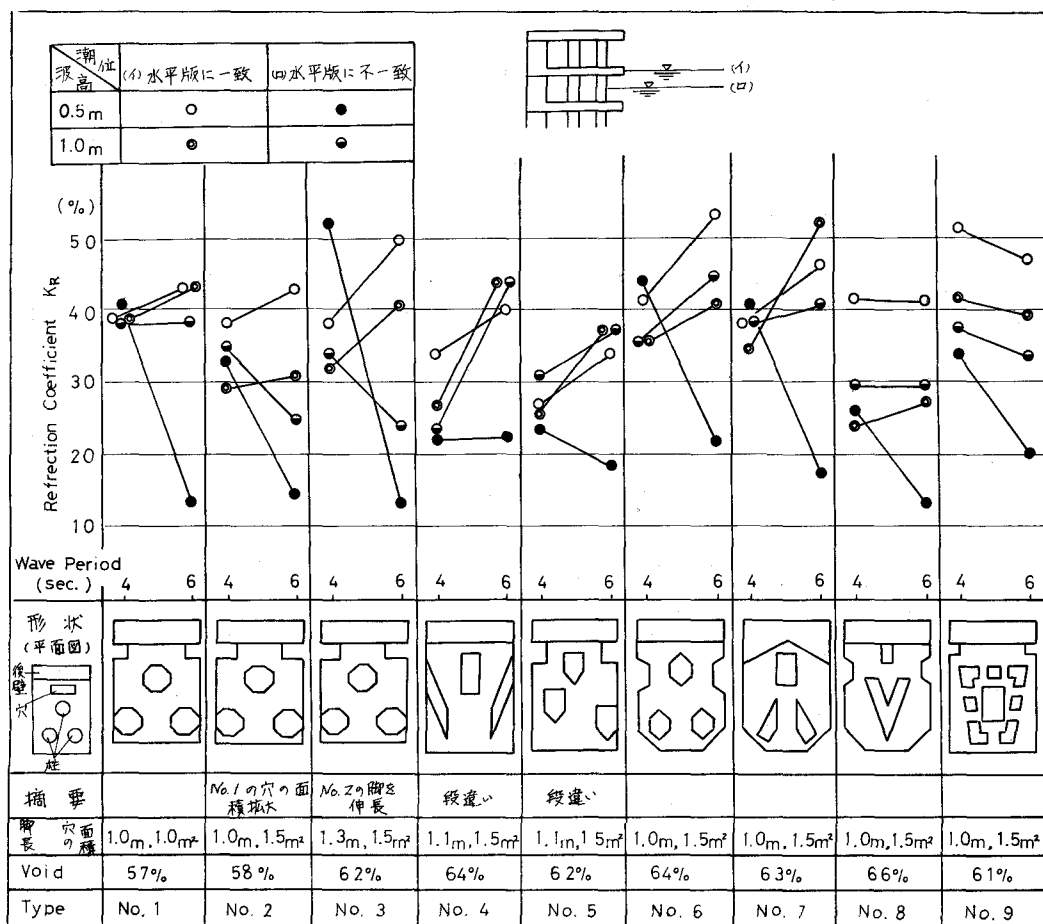


Fig-2 Refraction Coefficient Of Table Block

$$K_R = \phi (H/L, h/L, B/L, a/H, e/B, A/B^2, S) \quad (1)$$

今回は考案したテーブルブロックの中で、最も反射率の低いタイプをみいだすことに主眼がおかれているため、個々の要素に対する定性的傾向は明らかにならなかったが、実験範囲内で、波浪条件として与えた H/L (波高 H 、または周期 T)、および h/L (相対水深という概念よりむしろ、潮位が水平版に一致しているか否か) に関し (1) の要素を検討する。

A/B^2 : No. 1 と No. 2 は穴の面積だけを変えて実験を行なった。潮位が水平版に一致し、 $H = 0.5m$ の時は、穴の大きさの違いによる反射率の差は殆んどないが、その他の場合は、穴の大きい No. 2 の方が低い反射率を示している。

e/B : 穴の位置の効果を直接比較した実験はないが、脚の形状が似ている No. 2 と No. 6 を検討すると、穴が奥にある No. 2 の方が全般的に反射率は低い。穴が奥にあれば、穴が井島等の指摘する遊水域としての効果をもつことが考えられる。また観察によれば、穴が波のじょう乱を増進しているように思われるが、そのための最も効果的な位置、および面積は今回の実験からは明らかにはならなかった。

L/H : 脚長の効果は No. 2 と No. 3 で行なっている。ブロックの天端高が一定のため、No. 2 は 5 段積み、No.

3は4段積みとなり、水深は多少異なっているが、 H/L 、 h/L は殆んど変わらない。潮流が水平版に一致せず $H=1.0m$ の時は、両者の反射率に差はないが、その他の場合は、脚の長い No. 3の方が反射率が高い。

B/L および S : 実験結果より、各ブロックとも、反射率は潮流が水平版に一致している時に一般的に高い値を示している。これは入射波の一部が、水平版でじゃらめされることなく反射するからであろう。一方反射しなかった波はそのまま進行し、テーブル内部で、水平版や脚等の影響でエネルギーが失われるであろう。

ここではテーブル型アロウを前面で入射波の一部が反射し、残りが透過する半透過壁と考えた。透過波のエネルギーロスは、簡単に進行距離とともに指数函数的に波高が減衰するとし、背面の鉛直壁で反射すると仮定する。さらに反射および透過の際には、波の特性に変化がなく、単純に重ねあわせが成り立つものとする。

水平版前面よりの反射波、後壁からの反射波、および両者が合成されたテーブルアロウ全体としての反射波を、おのおの次式であらわす。

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{H_i}{2} \sin(kx - \sigma t + \theta_1) \\ \eta_2 &= \frac{H_r}{2} \sin(kx - \sigma t + \theta_2) \\ \eta_r &= \frac{H_r}{2} \sin(kx - \sigma t + \theta_r) \end{aligned} \quad (2)$$

θ_1 と θ_2 の位相差は通過距離の差より

$$\theta_2 - \theta_1 = \frac{2B}{L} 2\pi = 2\pi \frac{B}{L} \quad (3)$$

また、水平版前面で反射されずに、テーブル内部へ進行する波の透過率を P 、後壁の反射率を r 、さらに α をテーブル内部での減衰係数とすれば

$$\begin{aligned} H_1 &= (1-P)H_i \\ H_2 &= P \cdot r \cdot e^{-\alpha R(2B)} H_i \end{aligned} \quad (4)$$

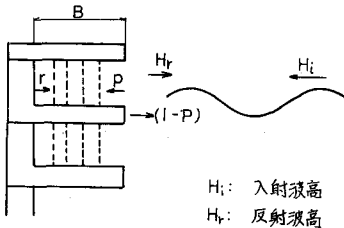
合成された反射波 η_r は $\eta_1 + \eta_2$ で求められ、(2)、(4)より

$$\frac{1}{2} H_r \sin(kx - \sigma t + \theta_r) = \frac{1}{2} (1-P) H_i \sin(kx - \sigma t + \theta_1) + \frac{1}{2} P r e^{-\alpha R(2B)} H_i \sin(kx - \sigma t + \theta_2)$$

となる。さらに(3)を用いて反射率 K_R 、および反射波の位相 θ_r を求めると

$$K_R = H_r / H_i = f(P, r, \alpha) = \sqrt{P^2 r^2 e^{-2\alpha R(2B)} + 2(1-P) P r e^{-\alpha R(2B)} \cos 2\pi \frac{B}{L} + (1-P)^2} \quad (5)$$

$$\theta_r = P r e^{-\alpha R(2B)} \sin 2\pi \frac{B}{L} / (1-P) + P r e^{-\alpha R(2B)} \cos 2\pi \frac{B}{L} \quad (6)$$



P : 透過率
 r : 後壁の反射率
 α : 減衰係数
 σ : $2\pi/T$ k : $2\pi/L$

Fig-3

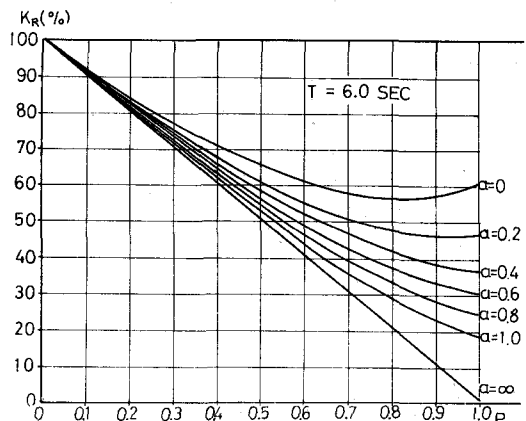
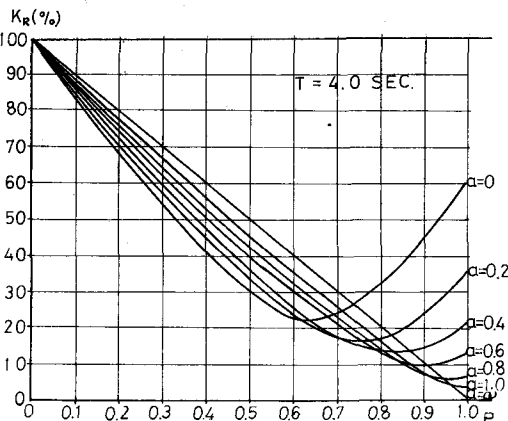


Fig-4 $K_R - P - \alpha$

であらわされる。Fig-4 は(5)で $\gamma = 0.6$ とした場合、減衰係数 α をパラメーターとして、透過率 P に対する反射率と計算した結果である。 $\alpha = \infty$ の場合は、透過波の波高が 0 となるため、ブロック全体としての反射率は水平版前面によって生じるだけで、周期に関係なく反射率は一定である。しかし α が有限の場合は、水平版前面による反射波と、透過波が後壁によって生じる反射波の位相差により、 $T = 4.0 \text{ sec}$ では、ある透過率 P の範囲で $\alpha = \infty$ に対する反射率以下の値を示すことがわかる。一方 $T = 6.0 \text{ sec}$ では常に $\alpha = \infty$ が最小反射率を示している。(5)から $f(P, \gamma, \alpha = \infty) - f(P, \gamma, \alpha)$ が P, γ, α の値にかかわらず、常に正となるには $T > 5.2 \text{ sec}$ となる。すなわち $T = 5.2 \text{ sec}$ 以下の周期の波は、位相差による効果が、テーブル内部におけるエネルギー損失の効果を越え、ある透過率で極小の反射率をもつことになる。

潮位が水平版に一致する場合は、透過率が 0.5 程度の程度と考えられ、上で検討したように位相差の効果があらわれる $T = 4.0 \text{ sec}$ の方が低い反射率を示している。潮位が水平版に一致しない場合は、透過率が大きくなるため、テーブルブロック内部でのエネルギー損失が大きくなるものと考えられ、反射率は潮位が水平版に一致する場合よりも低い値を示している。しかしこの場合は、 $T = 4.0 \text{ sec}$ よりも $T = 6.0 \text{ sec}$ の方が反射率が低くなる傾向にあり、特に $H = 0.5 \text{ m}$ の時に顕著である。

このように実験に用いた一連のテーブル型ブロックは、潮位が水平版に一致する時に反射率が高くなるだけでなく、潮位と水平版の相対位置により、反射率の特性が異なっている。この潮位変化による欠点を補ったものが、テーブル型ブロックを段違いに積んで構造である。段違い構造は潮位変化に対処すると同時に、岸壁法線方向の波の逸散を許すことにより、内部でのエネルギーロスを増大させる効果を有している。

実験水路の幅の制限のため、このような段違いの効果は十分に発揮できなかったように思われるが、No. 4 の実験結果から明らかなように、周期による反射率の差は少なく、かつ全体としても低い値を示している。

4. 結論

直立式消波岸壁は現象が複雑なため、現状では理論的に最適形状を決定するのは困難であり、実験的手段に頼らざるをえない。今回行った一連の実験から、この種のテーブル型ブロックの特徴は、

- (1) 潮位が水平版に一致する時は、一致しない時よりも高い反射率を示す。
- (2) 潮位が水平版に一致する時と、一致しない時では反射率の特性が異なり、前者では $T = 6.0 \text{ sec}$ が $T = 4.0 \text{ sec}$ よりも高い反射率を示すが、後者ではその逆となる。
- (3) このような潮位変化によって生じる反射率の特性変化は、段違い構造にすることにより、ある程度解消される。

水平版における穴の大きさや位置、隅の形状などに、まだ改良の余地があろうが、今回考案したテーブル型ブロックの中にも、比較的小さな波に対しても効果があり、かつ経済性、安定性、施工性を考えても、十分実用に供しうるものがあると考えている。

参考文献

- (1) 尾崎重雄、井島武士、川上善久他「テーブル型ブロックによる消波岸壁について」第18回海岸工学講演会論文集 1971
- (2) Healy, J.J. : Wave Damping Effect of Beaches, Proc. Minnesota Intern. I.A.H.R. 1953
- (3) Y. Goda, Y. Abe : Apparent Coefficient of Partial Reflection of Finite Amplitude Waves 海研報告 第7巻3号 1968
- (4) 井島武士他「逆水部をもつ直立波消防波堤と護岸」第19回海岸工学講演会論文集 1972

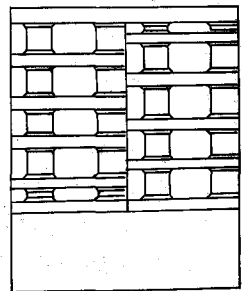


Fig-5 段違い構造の例