

不規則波に対する縦スリット式防波堤の消波

九州大学工学部

学生員 ○中牟田直昭, 古瀬修三

九州大学工学部

正会員 小島治幸

運輸省第四港湾建設局

正会員 小蔵紘一郎

1. まえがき 近年、透過性防波堤の建設が見られるようになり、その消波特性を算定する方法に関する研究が盛んである。しかし、従来の研究は規則波に対する算定法に関するもので、現実の海域では不規則波が堤体に作用することから、不規則波にまで対応できる算定法の開発が望まれている。そこで本研究は、縦スリット式防波堤を対象として、単一周期に対する通過率、反射率を著者ら⁽¹⁾が示した方法で求め、それを線形重ね合わせることにより不規則波に対する通過率、反射率を算定し、それを実験値と比較してその算定法の妥当性を検討した。

2. 有効反射率・通過率の理論値算定法

不規則波に対する有効通過率 $(Kt)_{eff}$ と有効反射率 $(Kr)_{eff}$ の理論値を次の3通りの方法で求めた。

① 入射波の目標スペクトルとした式(1)で表される Bretschneider・光易型のスペクトル密度 $S(f)$ の囲む面積を等分割し、各区間での代表周波数 f_s に対応する $(Kt)_i$, $(Kr)_i$ を算定値を用いて所要の不規則波に対する $(Kt)_{eff}$ と $(Kr)_{eff}$ をそれぞれ式(2)と(3)により求めた。

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-2} (T_{1/3} f)^{-5} \times \exp[-1.03 (T_{1/3} f)^{-4}] \quad (1)$$

f : 周波数 $T_{1/3}$: 有義周期 $H_{1/3}$: 有義波高

$$(Kt)_{eff} = [1/M \sum_{i=1}^M (Kt)_i^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$(Kr)_{eff} = [1/M \sum_{i=1}^M (Kr)_i^2]^{1/2} \quad (3)$$

M : 分割数

各区間の代表周波数に対応する通過率 $(Kt)_i$ ・反射率 $(Kr)_i$ は、0 次の第一種のハンケル関数をグリーン関数とした周辺積分法による算定法⁽¹⁾より求めた。

また、代表周波数 f_s には、式(4)を採用した。

$$f_s = 1.007 / T_{1/3} \{ \ln[2M/(2i-1)] \}^{-1/4} \quad (4)$$

② 周波数を等間隔に分割し、各成分波の持つエネルギーの全エネルギーに対する割合を $(\Delta E)_i$ で表し、各分割領域の周波数の中央値を代表周波数と定め、それに対応する $(Kt)_i$, $(Kr)_i$ を算定してから、 $(Kt)_{eff}$, $(Kr)_{eff}$ を式(5), (6)で求めた。

$$(Kt)_{eff} = [\sum_{i=1}^M (\Delta E)_i (Kt)_i^2]^{1/2} \quad (5)$$

$$(Kr)_{eff} = [\sum_{i=1}^M (\Delta E)_i (Kr)_i^2]^{1/2} \quad (6)$$

ここで、 $(\Delta E)_i = \int_{f_{i-1}}^{f_i} f \cdot S(f) df / \int_0^\infty f \cdot S(f) df$

③ スペクトル形として、実験値を採用して②と同様のことを行った。

計算では、スリット部でのエネルギー損失を考慮

しておりそこでの抵抗係数は、規則波で決められた係数を使用した。

3. 実験の方法

実験は、全長 27m、水路幅 0.3m($=W_0$)の不規則波造波水路を用い、水深を 0.35m($=h$)に設定して行った。造波機は低慣性直流電動駆動のピストン型造波機で、入力信号に追従して不規則な波を発生させることが出来る。実験では、予めコンピューターにより数値的に不規則波信号を作成し、D/A 変換出力する方法を用いて所要のスペクトル形を持つ不規則波を発生させた。目標スペクトルの形としては、式(1)に示した Bretschneider・光易型標準スペクトルを採用し、長い信号(10分間)を作るため、正弦波を重ね合わせる方法で不規則波信号を作成した。

なお、実験に使用した不規則波は表. 1 の通りであり、また実験波のスペクトル形の一例を図-1に示す。横軸は f 、縦軸はスペクトル密度 $S(f)$ を表す。実線は目標スペクトル、丸印は実験波スペクトルを示しており、高周波領域を除いて実験波のスペクトルが目標スペクトルをよく表現していることが分かる。

表. 1 波の条件

波種	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (cm)
W1	0.8	3.0
W2	0.9	3.0
W3	0.8	4.5
W4	0.9	4.5
W5	1.0	4.5
W6	1.2	4.5
W7	1.6	4.5
W8	2.0	4.5

実験ケースは、図-2を参照して表. 2に示す通りである。

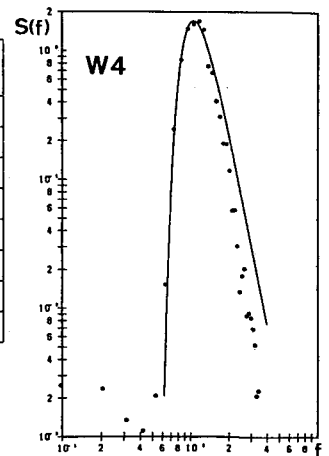


図-1 実験波のスペクトル

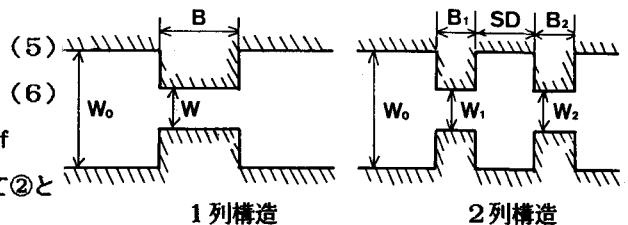


図-2 スリット壁体の構造条件 (平面図)

表.2 1列縦スリット壁体の実験ケース

CASE	$\varepsilon = W/W_0$	W (cm)	B (cm)	B/h
1	0.1	4	4	0.11
2	0.1	4	12	0.34
3	0.2	6	4	0.11
4	0.2	6	12	0.34
5	0.3	9	4	0.11
6	0.3	9	12	0.34

2列縦スリット壁体の実験ケース

CASE	W_1/W_0	W_2/W_0	B_1 cm	B_2 cm	SD cm
7	0.2	0.2	12	12	50

表.3 CASE 4の計算結果と実験値

算定法	$T_{1/3}$	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	2.0
	M	Kt	Kr	Kt	Kr	Kt	Kr
①	5 0	0.1619	0.9222	0.1924	0.9043	0.2217	0.8864
②	1 0 0	0.1612	0.9226	0.1918	0.9051	0.2208	0.8874
③	5 0	0.1648	0.9198	0.1940	0.9031	0.2222	0.8861
	1 0 0	0.1648	0.9198	0.1940	0.9031	0.2222	0.8861
	1 0	0.1810	0.9095	0.2085	0.8941	0.2298	0.8806
実験値	2 0	0.1798	0.9133	0.2040	0.8986	0.2273	0.8823
		0.3089	0.7165	0.3116	0.7400	0.3451	0.7554

1列壁体の $(Kt)_{eff}$ 、 $(Kr)_{eff}$ の実験値と③の方法による算定値の結果を図-2、3、4に、2列壁体の結果を図-5に示す。横軸には、周波数 f 及び相対水深 h/L (L は波長)を取り、縦軸で 反射率、通過率を表した。

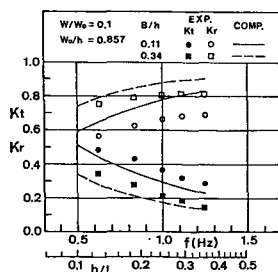


図-2

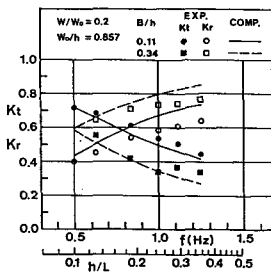


図-3

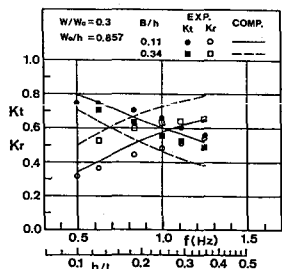


図-4

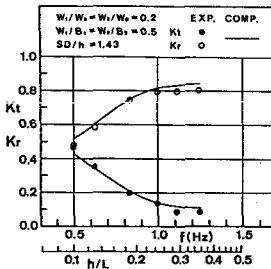


図-5

反射率 Kr ・通過率 Kt の測定には、合田らによる分離推定法⁽²⁾を用いて、入射波と反射波の持つエネルギーを算出し、エネルギーの比によって反射率、通過率を求めた。

4. 結果

①・②・③ それぞれの方法による計算結果と実験値の一例を表.3に示す。これらの算定法の比較より次のことが言える。

- (1)①・②より得られる算定値結果に大差はなく、 $M \geq 20$ では、分割数の違いによる影響も殆どなかった。
- (2)高周波領域の影響の強い、 $T_{1/3} \approx 0.8 \sim 1.2$ の不規則波の算定には、③の方法を採用したほうがより実験値に近い値が得られた。

(1) 1列構造壁体について

通過率に関しては、各実験ケースにおいて、計算値が実験値よりもやや低めに出ているものの両者は比較的良く合っている。反射率は、③の算定法においても、高周波領域で $(Kr)_{eff}$ の算定値は実験値と差が生じた。

(2) 2列構造壁体について

$(Kr)_{eff}$ 、 $(Kt)_{eff}$ の算定値と実験値はよく一致したが、一ケースのみの比較であるため、今後ケースを増やして実験値と算定値の適合性を検討し、更に壁体間隔や開口率を変えて不規則波に対する特性を調べる予定である。

5. あとがき

本研究の結果、ここで示した不規則波に対する透過性防波堤の消波特性に関する算定法は、妥当な結果を与えるものと言える。しかし、計算結果を実験値と比較する場合、実験で用いた入射波スペクトルのエネルギー分布を数値計算の入力データとして忠実に再現する必要がある。また、目標スペクトルの形に Bretschneider・光型標準スペクトルのみを採用したので、他のスペクトル形の不規則波に対するこの算定法の適用性を検討する必要がある。

参考文献：(1)小島ら、縦スリット式防波堤の水利特性の算定法に関する研究、第33回海岸工学講演会論文集、1986

(2)合田ら、不規則波実験における入・反射率の分離推定法、技研資料、No.248, Dec.1976