

不規則波に対する 縦スリット直立消波工の消波特性

大阪市立大学工学部 正会員 角野昇八 小田一紀
大阪市立大学大学院 学生員 藤田 孝 ○天野健次
東洋建設(株) 正会員 芳田利春

1. まえがき 著者らは、これまでに縦スリット壁を有する直立消波構造物について実験的ならびに理論的研究を行ってきた。これらの研究により、縦スリット式消波工の規則波に対する水理機能はほぼ明らかにすることができた¹⁾。しかしながら、不規則波に対する検討はまだされていない。そこで本研究では、不規則波を様々な周波数をもった規則波の合成波とみなし、各成分波に対して反射率算定のための規則波の理論¹⁾を適用し、これらの結果を重ね合わせて不規則波に対する水理機能を評価してみる。

2. 理論展開 入射波としては、構造物設置水深で Bretschneider・光易型のスペクトル特性を有するものを考え、これを有義波周期 ($T_{1/3}$) と有義波波高 ($H_{1/3}$) を用いて次式のように無次元化したものを用いる。

$$S(f^*) = 0.257 \cdot f^{*-5} \cdot \exp(-1.03 \cdot f^{*-4}) \quad (1)$$

ここで、 $S(f^*)$: 無次元スペクトル, $f^* (= T_{1/3} f, f$: 周波数): 無次元周波数である。

次に、スペクトルの無次元分割周波数 f_n^* は、それによって挟まれる成分波のエネルギーが各成分間で等しくなるようにようにして次式から求める²⁾。

$$f_n^* = 1.0074 / \sqrt{\ln(m/n)} \quad (n = 1, 2, 3, \dots, m; f_m^* = \infty) \quad (2)$$

分割した各成分波を代表する無次元周波数 f_{0n}^* は、成分波のエネルギーの f_{0n}^* に関する2次モーメントとスペクトルの原点に対する2次モーメントが等しくなり、かつ f_{n-1}^* と f_n^* の間に入るように次式を用いて求める^{2), 3)}。

$$f_{0n}^* = 1.8949 \sqrt{m [\Phi(\sqrt{2 \ln(m/(n-1))}) - \Phi(\sqrt{2 \ln(m/n)})]} \quad (3)$$

ここで、 $\Phi(x)$ は以下の式で定義される誤差関数である。

$$\Phi(x) = \int_0^x \frac{\exp(-z^2/2)}{\sqrt{2\pi}} dz \quad (4)$$

さらに、規則波に対する消波工の反射率を求める計算では、そのエネルギー損失の程度を評価する過程で無次元パラメターの波形勾配が必要とされる¹⁾。したがって、消波機能を正確に評価するためには実際に構造物に作用する波の波形勾配(あるいは波高)を正確に推定する必要があるが、不規則波の場合に各成分波について算定される波形勾配を用いることは、それが余りにも小さくなるために不適当であると考えられる。それよりむしろ、例えば有義波波高等から算定される波形勾配の方が実際に構造物に作用する波の波形勾配を代表させるものとして適当であろう。そこで、本研究では有義波を単一の正弦波とみなし、その周期に相当する波長を $L_{1/3}$ と定義し、 $H_{1/3}$ を $L_{1/3}$ で除したものを代表波形勾配とした。また、 $1/10$ 最大波および平均波についても同じものを定義し、それぞれを用いた計算結果を比較した。

これで、以上に定義した諸量を用いて各成分規則波の反射率を求め、最後にこれらすべての結果を重ね合わせることで不規則波の反射率を算定することができる。

3. 計算結果と考察 図-1(a), (b) に式(1)に示した無次元入射波スペクトルと、これを1重式縦スリット消波工に作用させたときの無次元反射波スペクトルの計算結果を示す。なお、これらの計算に用いた波形勾配は有義波によるものである。図より、両ケースとも消波機能が周波数の変化にともない大きく変

化している。このように消波機能が周期に依存する傾向は規則波の場合と同様である。また、反射波スペクトルが極小値をとる周波数は、規則波が同じ条件下で極小値を取る周波数にほぼ一致している。

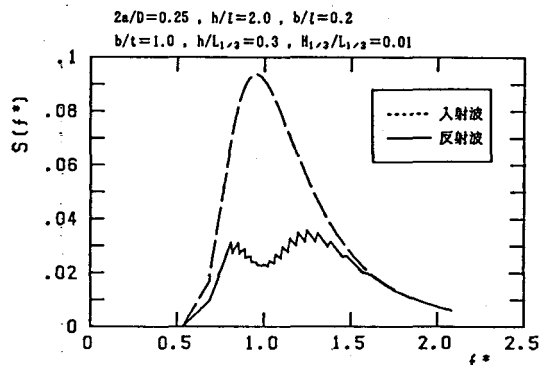


図-1 (a) 無次元スペクトル (入射波と反射波)

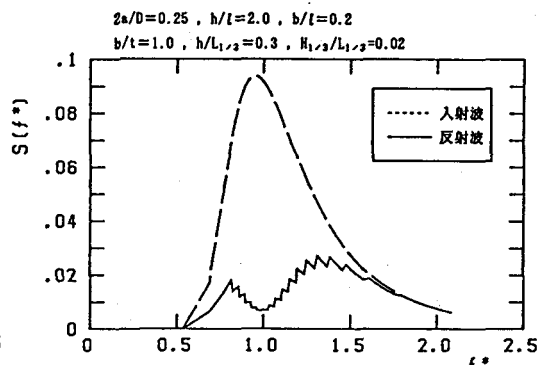


図-1 (b) 無次元スペクトル (入射波と反射波)

次に、不規則波の反射率を式(5)で定義してそれを $l/L_{1/3}$ の関数として示し、同様に有義波と同じ特性を持つ規則波の反射率と比較したものを図-2(a),(b)に示す。

$$K_R = \sqrt{E_R/E_I} \quad (5)$$

ここに、 E_I 、 E_R はそれぞれ入射波および反射波のエネルギーである。また、規則波の波形勾配は代表波高と一致 (例: $H/L = H_{1/3}/L_{1/3}$) をさせた。このとき、 $1/10$ 最大波と平均波の波形勾配としては、 $H_{1/10}/L_{1/10} = 1.27 \cdot H_{1/3}/L_{1/3}$ 、 $H_{mean}/L_{mean} = 0.625 \cdot H_{1/3}/L_{1/3}$ としている。

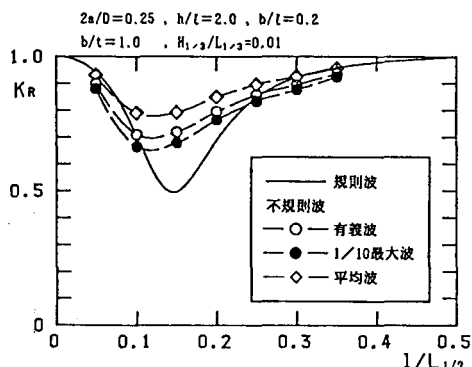


図-2 (a) 不規則波と規則波の反射率の比較

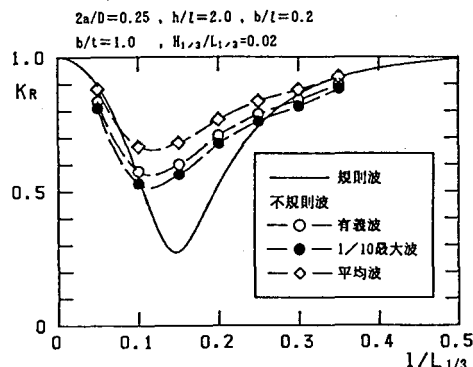


図-2 (b) 不規則波と規則波の反射率の比較

図より、いずれの場合も規則波が反射率の最小値をとる付近で不規則波の反射率が規則波のそれを上まわり、他の領域ではその逆の傾向となり、従来より指摘されてきた傾向がここでも現れている。また、代表波のとり方の違いが反射率に与える影響は図中において反射率をそのまま上下させる傾向にある。これは、先にも述べたように波形勾配がエネルギー損失に直接関与することに対応している。

次に、不規則波の反射率の有義波周期による変化は規則波の場合と同様にある値において極小値を持つような傾向にあるが、そのピークの位置は規則波よりも幾分長周期側によっていることがわかる。これは、不規則波の反射率が各周波数成分波の重ね合わせであるため、不規則波の反射率はそれぞれの周期での規則波の反射率を平均したようなものとなっているためである。

4. まとめ ①不規則波の反射率の算定に用いる波形勾配は、実際の消波の機構に即した波形勾配を本理論値と不規則波の実験値とを比較することによって決定する必要がある。 ②不規則波の反射特性は従来から指摘されてきているように、規則波のそれを平均化したような傾向を示している。

参考文献 1)角野昇八他:第43回 年講 pp.658~659, 1988. 2)永井康平:港研報告 第11巻 第2号 pp.47~119 1972. 3)合田良実:港研報告 第24巻 第4号 pp.65~102 1985.