

II-312 縦スリット直立消波工の消波特性のスケールエフェクトについて

大阪市立大学工学部 正会員 角野 昇八 小田 一紀
 正会員 ○重松 孝昌
 大阪府 正会員 玉木 博
 東洋建設(株) 正会員 芳田 利春

◆はじめに

直立消波構造物の一形式である縦スリット直立消波工の水利機能に關しては、既に多くの研究者によって模型実験や各種の理論解析によってかなり明らかにされてきた。ところがその消波特性は波がスリットを通過する際に生ずる渦等による非線形エネルギー損失によってもたらされるものであるため、模型と実物との間における縮尺影響の有無が懸念されてきた。本研究では、まず、断面は相似であるが寸法の異なる2種類の縦スリット直立消波工の模型実験より得られた反射率の結果より縮尺影響の有無について検討する。次いで、これらの実験値を著者らの得た理論式に代入し、逆算される非線形損失係数(f)の値について検討を加える。さらには、エネルギーの損失機構について考察を加えるものである。

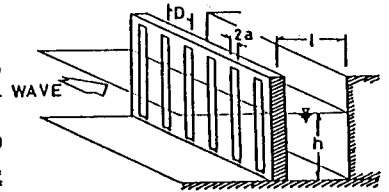


図-1 縦スリット直立消波工

◆検討方法

検討は、既に実施の一辺が 5cm の正方形角柱の前面板を有する模型(造波水槽長 50m、水深 50cm)による実験値¹⁾及び今回実施の 20cm 角柱を用いたもの(造波水槽長 100m、水深 2m)による実験値を用いて行った。以後、前者を実験1、後者を実験2と称することにする。なお、実験1における反射率の測定は Healy の方法および入反射波分離法により、また、実験2では入反射波分離法によっている。いま現地で一辺が 1m の角柱を持つ消波工(水深 10m)を想定するとき、実験1の模型縮尺は 1/20、実験2では 1/5 となる。

縦スリット直立消波工の反射率(K_R)は

$$K_R = \sqrt{1 - \frac{4kC_2'(1-\cos 2k(1-\delta))}{2k^2((C+\delta)^2+C_2'^2)(1-\cos 2k(1-\delta))-2k(C+\delta)\sin 2k(1-\delta)+1+2kC_2'(1-\cos 2k(1-\delta))}} \quad (1)$$

によって表されるが、非線形損失係数 f は、まず上式より線形損失係数 C_2' を求め、さらにそれと f とを関係づける式

$$f = \frac{9\pi(2a/D)^2(\sinh 2kh+2kh)}{4(\sinh^2 kh+3)} \frac{1}{\gamma} \frac{L}{H} \frac{D}{L} \frac{C_2'}{D} \quad (2)$$

より逆算するものである。なお、式中の、 $k=2\pi/L$ 、 L :波長、 C : blockage coef.、 $\delta=\pi/6 \cdot b(1-2a/D)$:列の厚みの影響量、 b : 柱体断面の波向き方向辺長、 $2a$:スリット幅、 D :スリット中心間距離、 1 :消波室幅、 H :波高、 h :水深であり、式(2)の γ は次式で表される。

$$\gamma = \sqrt{\frac{2(1-\cos 2k(1-\delta))}{2k^2((C+\delta)^2+C_2'^2)(1-\cos 2k(1-\delta))-2k(C+\delta)\sin 2k(1-\delta)+1+2kC_2'(1-\cos 2k(1-\delta))}} \quad (3)$$

◆結果

図-2～図-4に両実験より得られた反射率の実験値及び $f=1.5$ として式(1)より算定された反射率の理論曲線を示す。ただし $H/L \approx 0.01$ である。図より、両実験より得られた K_R の合致の程度が良好であることより、この縮尺の範囲内では縮尺効果は存在しないか、あるいは存在したとしても無視できる程度で

あることが結論付けられる。また、理論曲線と実験値もよく合致していることより、この縮尺変化の範囲では損失係数の値として $f=1.5$ を用いれば良いことも結論付けられる。次に図-5および図-6は、 K_R の実験値を式(1)~式(3)に代入することによって求められる f の値を Re 数あるいは KC 数の関数として示したものである。図中には、全データより f と Re 数あるいは KC 数の関係を最小自乗法を用いて直線近似することによって得られる直線も示した。なお、実験1は $H/L \approx 0.01$ の条件下の値のみによるが、実験2は $H/L \approx 0.02$ および $H/L \approx 0.03$ の条件下の値も含まれている。また、 Re 数および KC 数の算定に必要な水粒子速度としては入射波の水面における値の最大値を、代表寸法としては角柱の一辺長を、さらに動粘性係数値は 20°C の値を用いた。これらの図によればデータは多少ばらついているものの、最小自乗法より得られる直線は $f=1.5$ において水平かあるいはほぼ水平となることが示されている。

ところで角柱が単独で流体中に存在するとき、その抵抗係数(C_D)は $Re=10^4 \sim 10^6$ の範囲では Re 数によって変化しないことが知られている²⁾。これは角柱の場合、渦の剝離する位置が角の部分とほぼ決まっているためと考えられるが、図-5より、柱体列構造となっても同様のことが言えるものと推察できる。したがって、柱体列構造においても一般に Re 数がこの範囲にあるときには、非線形損失係数 f も変化がないものと考えられる。

表-1は現地の構造物諸元および波浪特性として、一辺が $0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$ の角柱、水深 $5\text{m} \sim 10\text{m}$ 、波の周期 $T=4\text{sec} \sim 8\text{sec}$ 、波高 $H=0.5\text{m} \sim 2.0\text{m}$ （但し波形勾配の最大値 $H/L=0.05$ ）を想定し、それらより逆算される Re 数および KC 数の値を実験1、実験2における値とともに示したものである。表中の値と図-5、図-6に示される結果および上記の Re 数の範囲($Re=10^4 \sim 10^6$)を参照すれば、模型実験より得られた K_R の値は現地にもそのまま適用できると予想され、また理論値算定のための f の値も $f=1.5$ を用いることができると結論づけることができよう。

表-1

	KC 数	Re 数($\times 10^4$)
実験 1	0.73~3.27	0.21~0.47
実験 2	0.71~2.79	1.65~3.23
現地(想定)	1.50~23.7	19.8~153

1) 角野 昇八、小田 一紀、
村本 哲二：第 33 回
海岸工学論文集、1986。

2) 例えば、流体力学ハンドブック：日本流体力学会編、丸善、1987

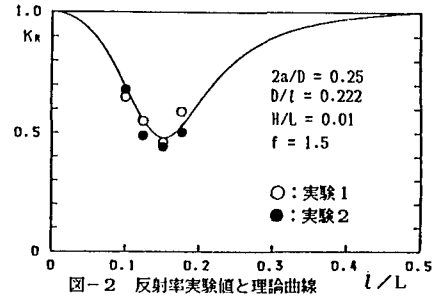


図-2 反射率実験値と理論曲線

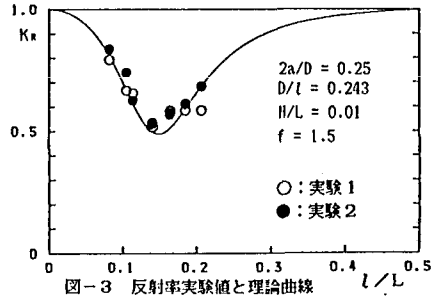


図-3 反射率実験値と理論曲線

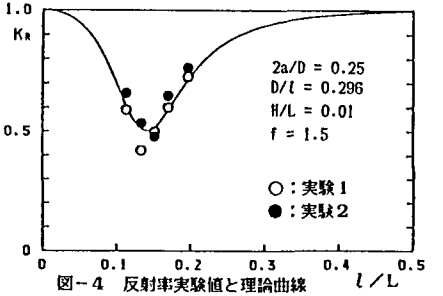


図-4 反射率実験値と理論曲線

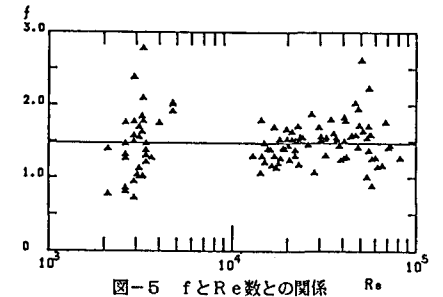


図-5 f と Re 数との関係

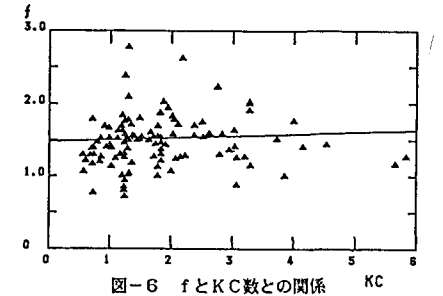


図-6 f と KC 数との関係