

II-302 縦スリット壁型消波ケーソンの構造条件による反射率について

苫小牧工業高等専門学校 浦島 三朗
 苫小牧工業高等専門学校 石塚 耕一
 室蘭工業大学 近藤 俊郎

1. まえがき 著者等は、比較的多く用いられている縦スリット壁型消波ケーソンの基本となる単一のスリット壁について波力実験を行い、水理的係数である抗力係数、質量係数および波動変形理論に使用される損失水頭係数、見掛けのオリフィス長さをレイノルズ数やクリーガン・カーバンター数およびスリット壁の空隙率、壁厚およびスリット幅の関数として与えた。又これらの係数を使用し、著者等の1人によって提案されている長波の波動変形理論¹⁾により反射率及び伝達率を計算し、実験値との比較を行ってきた。そこで本研究ではこれまでの波力実験の結果をもとに縦スリットケーソンについて実験及び計算を行い、スリットケーソンの構造条件による反射率の特性について調べようとしたものである。

2. 実験及び計算方法 実験は長さ19.7m、幅0.8m、高さ0.8mのベンジウム式造波装置が設置されている二次元規則波造波水路を仕切り板により二分し、その片方を使用した。スリット壁はアクリル材を使用し、その外寸は図-1に示す通りである。壁厚は $d_w=15, 30, 45\text{mm}$ の3種類、空隙率は $\lambda=25\%$ (スリット幅 $s=20\text{mm}$)、 $\lambda=35\%$ ($s=28\text{mm}$)、 $\lambda=50\%$ ($s=40\text{mm}$)の3種類である。反射率の決定方法は、合田らによって提案されている隣接する2点の同時波形記録から全成分波のフーリエ係数を求め、これから入射波、反射波の波高を推定する分離推定法²⁾を用いた。波高計間隔は波長の1/4、波高計の設置位置は水路末端から283cmとした。フーリエ解析をするにあたってのサンプリングの時間間隔は $\Delta t=0.02\text{sec}$ 、記録時間は波が安定した状態で11.0~22.0sec、データの個数は550~1100個である。また基本周波数のピーク周辺には若干のエネルギーの広がりが存在するので、振幅は基本周波数付近の自乗和を用いた。なお水深は $h=50\text{cm}$ と一定にして行った。

反射率の計算では、波は微小振幅の長波であり、透過壁の厚さは波長に比べて非常に小さく、かつエネルギーの損失は透過壁の部分のみで起こると仮定している。透過壁前後の水深が変化しない同一水深であれば一枚透過壁不透過堤の場合の振幅の比は式(1)ようになる。式(1)中の $A_{0,1}$ は式(2)で求める。式(2)中の $u_{1,1}$ はスリット壁の位置での水粒子速度であり、 $|u_{1,1}|$ は u の振幅を U とすると式(3)となる。ここで a_i, a_r は入・反射波振幅、 $\sigma=2\pi/T, k=2\pi/L, T$ は周期、 L は波長、 C_L は損失水頭係数、 L_a は見掛けのオリフィス長さ、 g は重力加速度である。ここで、 C_L および L_a にどのような値を使用するかが大きな問題となっているが、本研究においては各スリット壁において波力実験を行い、 C_L はレイノルズ数 Re の関数として、また L_a/L はクリーガン・カーバンター数 KC の関数として式(4)の実験式より求めた。なお a_1, b_1, a_2, b_2 の係数は実験より求めた値および式(5)の近似式より求めた値を使用している。

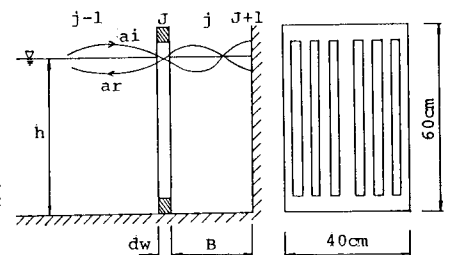


図-1. スリットケーソン概要図

$$\frac{a_r}{a_i} = \frac{A_{0,1} + (2 - A_{0,1})e^{-2ik_1 B_1}}{2 + A_{0,1} - A_{0,1}e^{-2ik_1 B_1}} \quad (1)$$

$$A_{0,1} = \frac{\sigma}{k_1 h_1} \left[\frac{C_L}{2g} |u_{1,1}| + i\sigma \frac{L_a}{g} \right] \quad (2)$$

$$|u_{1,1}| = \frac{8}{3\pi} U_{1,1} \quad (3)$$

$$C_L = \frac{a_1}{Re} + b_1, \quad \frac{L_a}{L} = \frac{a_2}{KC} + b_2 \quad (4)$$

$$b_1 = \frac{0.52}{\lambda^{0.7} (d_w/s)^{0.74}} \quad (5)$$

$$b_2 = 0.00567 \cdot d_w + 0.0033$$

3. 結果および考察 3種類の壁厚 d_w における反射率 Kr を同一の波浪条件のもとで遊水室幅 B と波長 L の比 B/L で整理したものを図-2に示す。各壁厚とも B/L が0.25付近において反射率が極小を示す変化を示している。 B/L が小さい範囲において実験値が計算値よりも多少大きな値を示している

が、計算値は実験値と比較的によく一致している。牛ら³⁾は壁厚が大きくなると反射率が增大する結果を得ている。また谷本ら⁴⁾は、一般に周期が短くなるにつれて反射率を極小あるいは最小とする壁厚は小さくなるようであると報告している。本実験はこれらの実験に比べて空隙率が比較的大きく、壁厚 dw とスリット幅 s の比 dw/s が小さい。このような構造条件においては壁厚による反射率の変化は小さいと考えられる。

図-3は波浪条件を一定にした状態で3種類の空隙率における反射率を B/L で整理したものである。図-2と同様に $B/L=0$ と 0.5 において $Kr=1.0$ となり、その中間で反射率が極小値を示す変化をする。実験値と計算値は比較的良く一致しており、各空隙率とも $B/L=0.25$ 付近で反射率が極小となる。空隙率を小さくすると反射率は小さくなり、特に最適遊水室 ($B/L=0.25$ 付近) において反射率の変化は大きく、計算では空隙率を小さくすると最適遊水室幅は多少大きくなる。

図-4は、各種の波浪条件に対して空隙率を変化させた時の反射率を示したものである。計算においては、空隙率が 0.0 および 1.0 で反射率が 1.0 となり、その間で極小値をもつ変化を示す。反射率を最も小さくする最適空隙率は $\lambda=0.2$ 付近において認められる。空隙率が 50% 以上の範囲では空隙率による反射率の変化は小さくかつ反射率は大きく消波ケーソンの効果は小さい。なお、ここにおける計算値は式(5)の近似式を使用し、 C_1 および L_1 を求める際に式(4)の Re 数や $K.C.$ 数の項を省略して行っている。これらの項を考慮した式(4)の係数を使用した計算値と比較すると反射率は小さく見積られている。特に水粒子速度が小さくなる短周期で波高の小さい波の場合にこのことを考慮する必要がある。

4. あとがき 実験において入・反射波の決定方法に分離推定法を用いることにより、高次波の影響を取り除くことができ、実験値を比較的良く整理することができる。また、水理的係数を Re 数や $K.C.$ 数で表すことにより、計算値と実験値は比較的良く一致する。反射率に最も影響する波浪条件は入射波高と波長(遊水室幅と波長の比)であった。スリット壁自体の反射率に与える要因は、空隙率、壁厚およびスリット幅が考えられる。これらの中で最も反射率に影響する要因は空隙率であり、反射率を極小とする最適空隙率は 0.2 付近に存在するようである。また壁厚は力学的条件により制約を受けるが、 dw/s を大きくすることにより反射率を軽減することができる。

参考文献 1) 近藤・竹田:消波構造物, 森北, 279p., 1983.

- 2) 合田・鈴木・岸良・菊地, 運輸省港湾技術研究所資料, NO. 248, 1976.
- 3) 牛・竹田・尾崎, 土木学会北海道支部論文報告集, pp.95~100, 1983.
- 4) 谷本・吉本, 港湾技術研究所報告, 第21巻3号, pp.43~77, 1982.

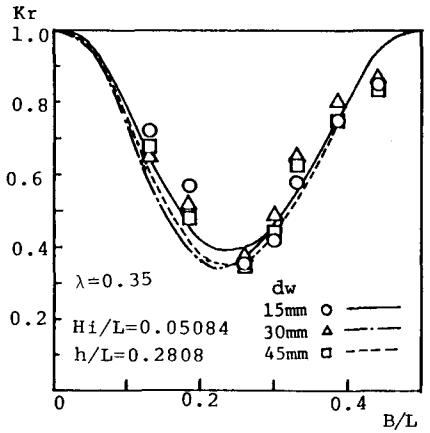


図-2. 壁厚による反射率の変化

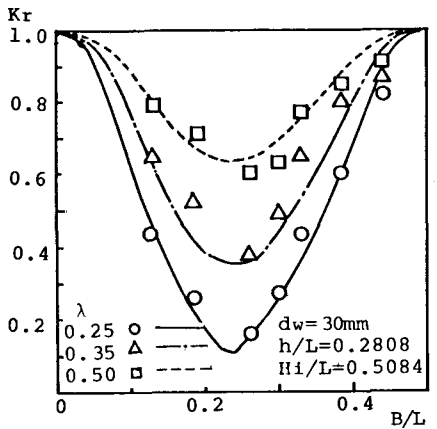


図-3. 空隙率による反射率の変化

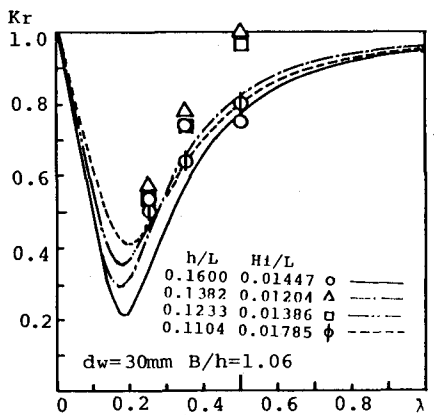


図-4. 空隙率による反射率の変化