

II-2 透過壁型消波ケーソンの反射率に及ぼすスリット壁構造の影響

苫小牧工業高等専門学校 正会員 浦島 三朗
 苫小牧工業高等専門学校 正会員 石塚 耕一
 室 蘭 工 業 大 学 正会員 近藤 俣郎

1. ま え が き

透過壁と遊水室を有する透過壁型消波ケーソンは、直立堤でありかつ反射率を軽減する特徴をもち、近年各地の護岸や岸壁などに用いられるようになってきている。我が国においては、透過壁に縦スリット壁が比較的多く用いられている。また、その方面の研究も多く行われている。著者らもケーソンタイプ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・カーペンター数およびスリット壁の空ゲキ率、壁厚およびスリット幅の関数として与えた。また、これらの係数を使用し、著者らの / 人によって提案されている長波の波動変形理論により反射率および伝達率を計算し、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および計算を行い、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. 実験および計算方法

実験は長さ 19.7 m、幅 0.8 m、高さ 0.8 m のペンジュラ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 $d_w = 15, 30, 45$ mm の3種類、空ゲキ率は $\lambda = 25\%$ (スリット幅 $s = 20$ mm), $\lambda = 35\%$ ($s = 28$ mm), $\lambda = 50\%$ ($s = 40$ mm) の3種類である。背後不透過壁は水路末端の壁を利用しており、消波ケーソン後方には波は越波しなく、またケーソンの上部工は開放状態である。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 283 cm とした。フーリエ解析するにあたってのサンプリングの時間間隔は $\Delta t = 0.02$ sec、記録時間は波が安定した状態で 11.0 ~ 22.0 sec、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 $h = 50$ cm と一定にして行った。

反射率の計算には、著者らの / 人によって提案されている長波の波動変形理論を用いて求めた。ここでは、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 (1) 式ようになる。

(1) 式中の $A_{0,1}$ は (2) 式で求まる。(2)

式中の $u_{0,1}$ はスリット壁の位置での水粒子速度であり、 $|u_{0,1}|$ は u の振幅を U とすると

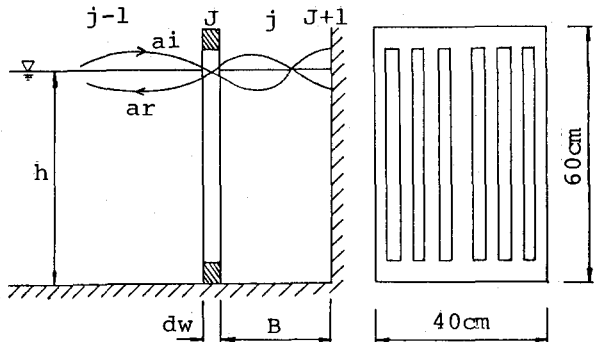


図-1. スリットケーソン概要図

(3) 式となる。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_i 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_i 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単スリット壁において波力実験を行い、 C_i 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・カーペンター数 KC の関数として (4) 式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 (5) 式の近似式より求めた値を使用している。

3. 結果および考察

3種類の壁厚 dw 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よく一致している。図-3 は同一の構造条件、遊水室幅のもとで、各壁厚の反射率を入射波高 H_i と波長 L の比 H_i/L で表わしたものである。 B/L が比較的小さい範囲なので、実験値は計算値よりも多少大きい反射率を示す。計算値において壁厚が大きくなるにしたがい反射率は多少小さくなっているが、実験値においてはそのような変化は特に認められない。牛らは、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ゲキ率が比較的大きく、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。(5) 式のレイノルズ数やクリーガン・カーペンター数の項を省略した係数を使用して計算を行うと図-4 に示すように壁厚の増加とともに反射率は大きくなる。

図-5 は波浪条件を一定にした状態で3種類の空ゲキ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

$$\frac{a_r}{a_i} = \frac{A_{0,1} + (2 - A_{0,1})e^{-2ik_1B_1}}{2 + A_{0,1} - A_{0,1}e^{-2ik_1B_1}} \quad (1)$$

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

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

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

$$b_1 = \frac{0.52}{\lambda^{0.0} (dw/s)^{0.00}} \quad (5)$$

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

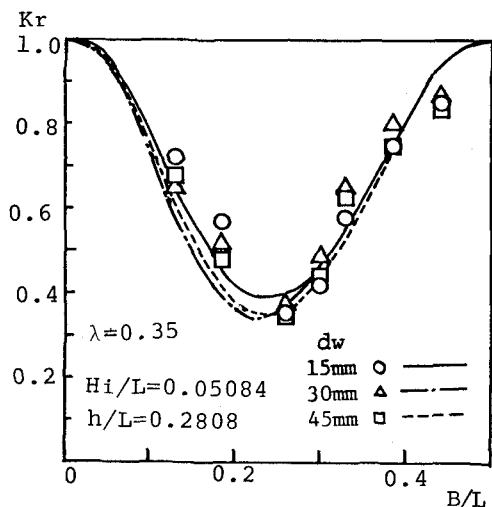


図-2 壁厚による反射率の変化

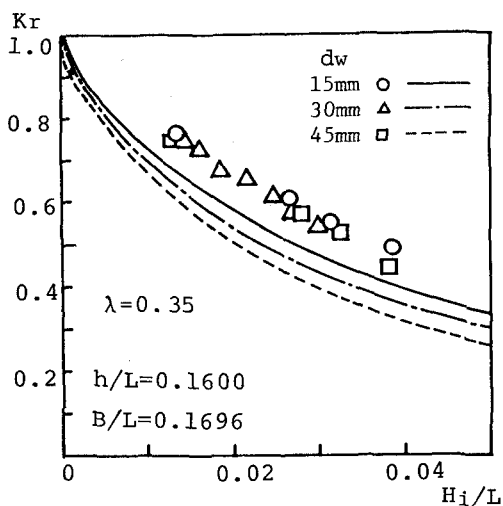


図-3 壁厚による反射率の変化

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好一致しており、各空ゲキ率とも $B/L = 0.25$ 付近で反射率が極小となる。空ゲキ率を小さくすると反射率は小さくなり、特に最適遊水室幅 ($B/L = 0.25$ 付近) において反射率の変化は大きく、計算では空ゲキ率を小さくすると最適遊水室幅は多少大きくなる。

図- 6 は、構造条件および遊水室幅を一定な状態で、各周期における反射率を H_1/L でまとめたものである。反射率は図- 3 と同じように入射波高が大きくなるに従って透水壁でのエネルギー損失が大きくなり反射率が小さくなる。周期を長くすると B/L が小さくなり、従って計算における反射率は大きくなる。しかし、 H_1/L の小さい範囲の実験では反射率は周期によってほとんど変化しない。計算においてさらに入射波高を大きくすると反射率の極小値がみられ、 $\lambda = 35\%$ においては $H_1/L = 0.10$ 付近において極小をもつ変化が認められる。これは一般に入射波高が大きくなるに従い透水壁を通過する際のエネルギー損失が大きくなり反射率は小さくなるのである。しかし、ある程度以上の入射波高になると透水壁を通過する際の抵抗が大きくなりすぎて入射波高の増大の割には遊水室へ流入しにくくなるためと考えられる。このことは短周期の波ほどその傾向が顕著であり、長周期の波は入射波高が大きくなるにしたがいある反射率に漸近する変化を示す。

図- 7 は、各種の波浪条件に対して空ゲキ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、空ゲキ率が 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ゲキ率は $\lambda = 0.2$ 付近においてみとめられる。空ゲキ率が 50% 以上の範囲では空ゲキ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 (5) 式の近似式を使用し、損失水頭係数および見掛けのオリフィス長さを求める際に (4) 式のレイノルズ数やクリーガン・カーペンター数の項を省略して行っている。これらの項を考慮した (4) 式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もら

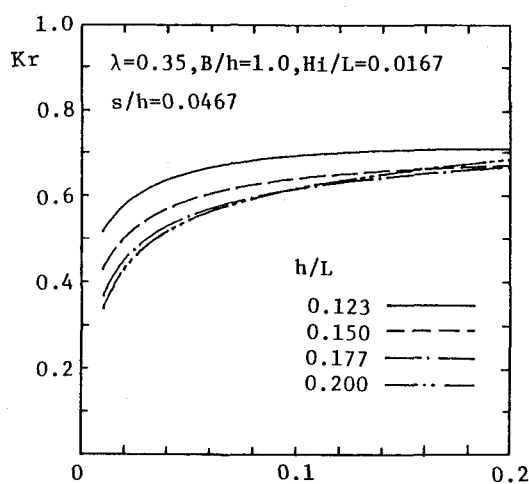


図- 4 壁厚による反射率の変化

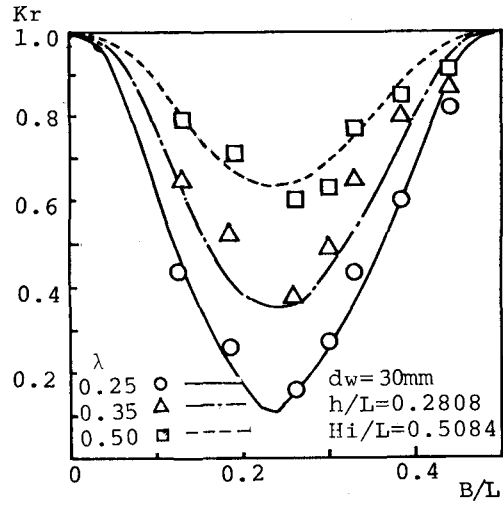


図- 5 空ゲキ率による反射率の変化

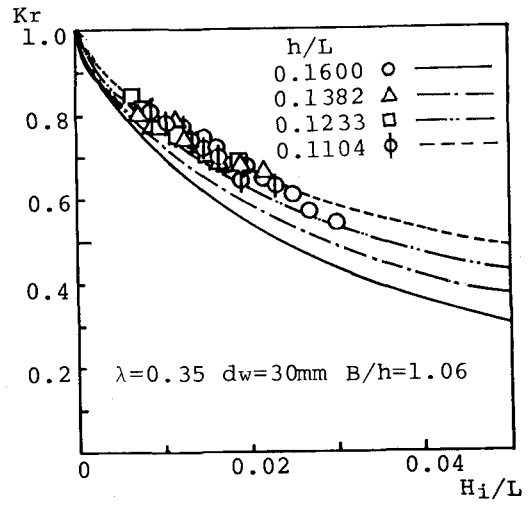


図- 6 波高による反射率の変化

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。

反射率に影響する要因としてスリット幅も/つの要因と考えられる。本実験の模型においては空ゲキ率とスリット幅を同時に変化させているので、スリット幅のみによる影響を調べるための実験値を得ることができなかった。計算において壁厚および空ゲキ率を一定にし、スリット幅を変化させた時の反射率を図- 8に示す。図に示されるようにスリット幅が大きくなるにしたがい反射率は減少する傾向が見られる。

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、実験値を比較的よく整理することができる。また水理的係数をレイノルズ数やクリーガン・カーペンター数で表わすことにより、計算値と実験値は比較的よく一致する。

反射率に最っ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、空ゲキ率、壁厚およびスリット幅が考えられる。これらの中で最っも反射率に影響する要因は空ゲキ率であり、反射率を極小とする最適空ゲキ率は 0.2 付近に存在するようである。対象波浪の周期が長い場合最適遊水室幅を確保出来ない場合が多いが、短い周期の場合最適遊水室幅と最適空ゲキ率の組み合わせで反射率を十分に小さくすることができる。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，森北出版，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) 谷本・吉本，港湾技術研究所報告，第21巻3号，pp. 43～77，1982.
- 4) 牛・竹田・尾崎，土木学会北海道支部論文報告集，pp. 95～100，1983.

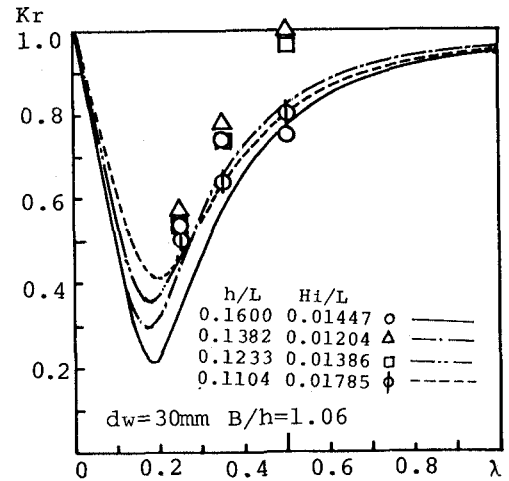


図- 7 空ゲキ率による反射率の変化

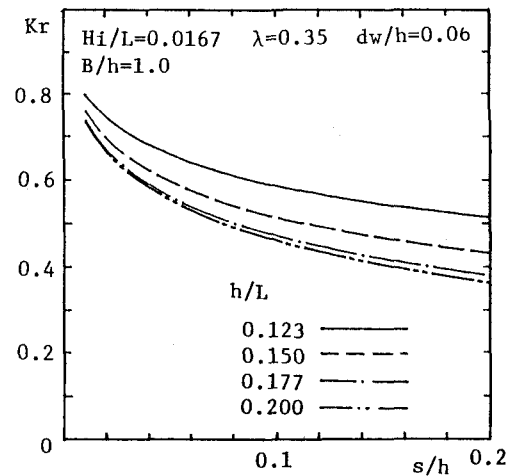


図- 8 スリット幅による反射率の変化