

II—5 突出孔を有する透水壁の抵抗係数と消波の特性

室蘭工業大学 正会員 近藤 俊郎
室蘭工業大学 学生員 児玉 幸博

1. まえがき

円孔やスリットを有する透水壁は低反射性の防波構造物として知られている。しかし単一の透水壁を防波構造物として用いる際には、多孔質であるために伝達波が発生することは避けられない。伝達率を低くする方法としては、波の進行方向とその逆方向（以下ではそれぞれ「正方向」と「負方向」という）についての抵抗が、前者の方が大きくなるような非対称な透水壁にして、低反射を保ちながら伝達率を低くすることが考えられる。

ここではそのような透水壁の一種である孔の部分のみが突き出た形状をもつ多孔壁を対象にして、その形状・構造が伝達率と反射率に及ぼす効果などを実験と理論によって調べた結果を報告する。

2. 実験方法

(1) 透水壁の形状

対象とした二種類の多孔壁は図-1に示すような、i) 円筒型多孔壁、ii) 先絞り型多孔壁である。

i) は円筒列を海側に突き出したような形状で、円筒先端部の通水孔の孔径を小さくできるような構造とする。この多孔壁では通水断面の急拡によるエネルギー損失で伝達率を低くしようとするものである。

ii) は円筒の突出部先端を押しつぶしスリット状にしたもので、これによって流入時の損失を大きくし、伝達率を低くしようとするものである。

(2) 抵抗係数

三角ぜきをもつ定常流水路中に自由水面をなくし管路を作り、そこに透水壁を設置しその前後の水頭差をマンメータで測定した。抵抗係数 C_d は下式で求める。

$$C_d = 2gh_L / v^2 = 2gA^2 h_L / Q^2 \quad \dots (2.1)$$

ここで、 A は水路の断面積、 h_L は水頭差、 Q は流量を表す。 Q は三角ぜきより求める。

(3) 伝達率と反射率

長さ18.5mの規則波造波水路で、水深 $h=47.5$ cm、入射波高 $H_i=3$ cm ($h/L=0.25$ のときのみ変化させた) と一定にし、周期 T を変化させて行った。伝達率 K_T は下式で求める。

$$K_T = H_T / H_i \quad \dots (2.2)$$

ここで、 H_i と H_T はそれぞれ入射波と伝達率の波高を表す。 H_T は構造物の岸側約 $1/4$ 波長の点で測定している。反射率は固定した2本の波高計を使って行う港湾技研の方法¹⁾ から求めた。

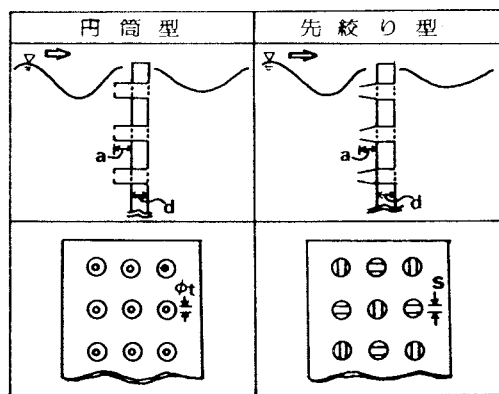


図-1 透水壁の形状

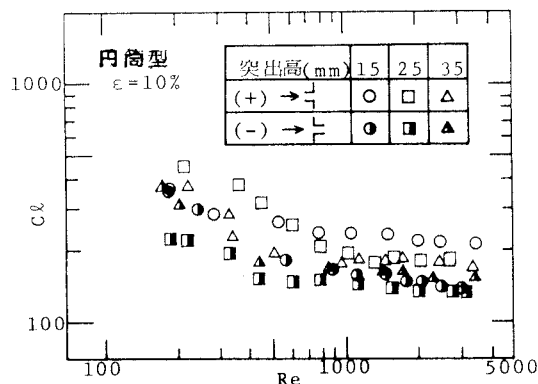


図-2 突出高の C_d への影響

3. 実験結果

(1) 抵抗係数 C_d

突出高の C_d への影響を図-2で示した。どの突出高でも C_d はレイノルズ数 Re が1000付近ではば一定に近づき、乱流状態の抵抗を与えている。層流域では突出高25mmのものが一番大きな値を示すが、乱流域では突出高15mmのものが一番大きな値を示す。この図-2のグラフからは突出高が大きいほど抵抗係数は小さくなるということがわかる。これは円筒の整流効果に関連していると思われる。図-3は突出の形状の違いによる C_d の変化を示している。円筒型では乱流域の正方向の抵抗係数が負方向の約1.2倍程度にしかならないが、先絞型では約1.7倍になる。これは突出部をつぶしてスリット状にしたことで抵抗が大となったことを示している。

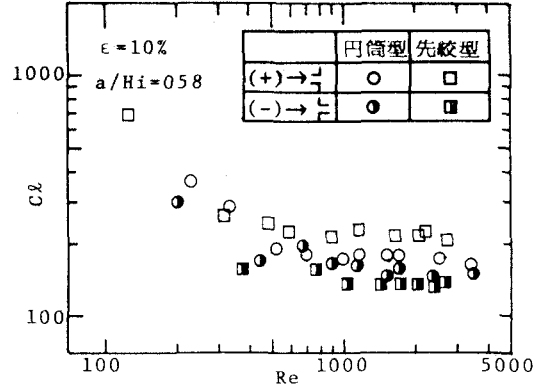


図-3 突出部の形状の C_d への影響

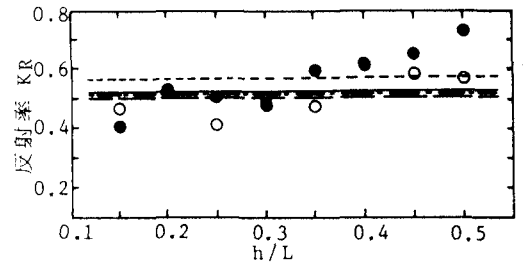
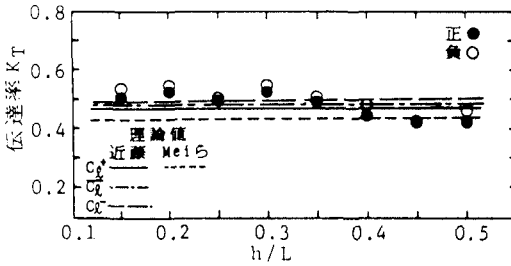


図-4 円筒型突出高35mm開口率10%の伝達率と反射率

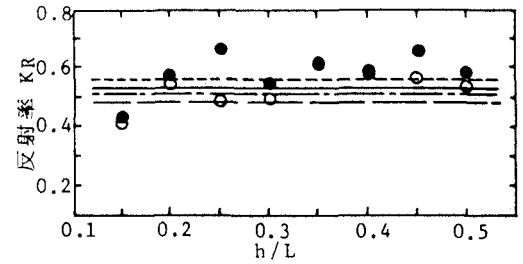
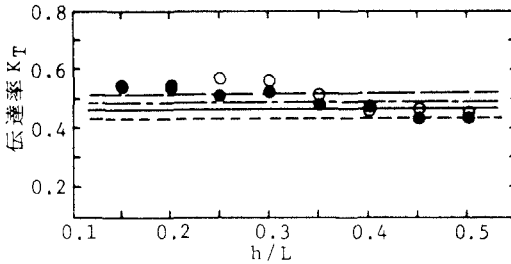


図-5 円筒型突出高25mm開口率10%の伝達率と反射率

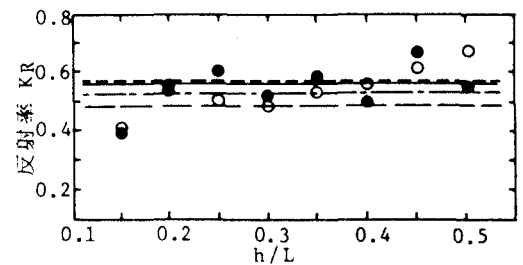
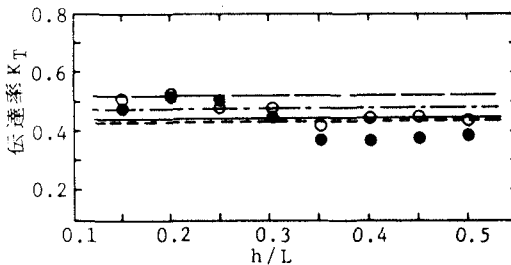


図-6 先絞型突出高35mm開口率10%の伝達率と反射率

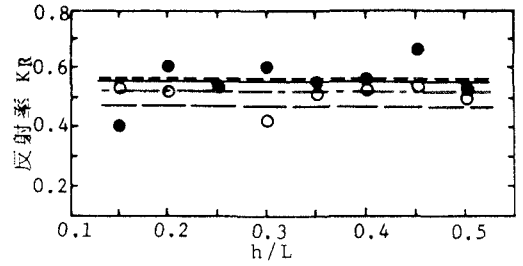
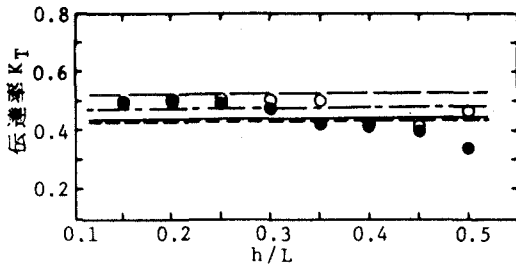


図-7 先絞り型突出高25mm開口率10%の伝達率と反射率

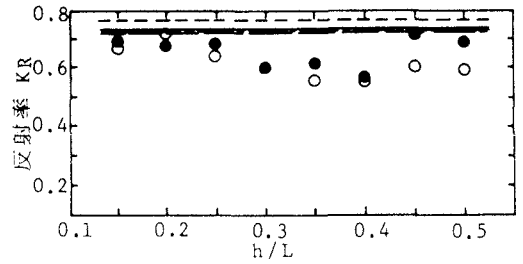
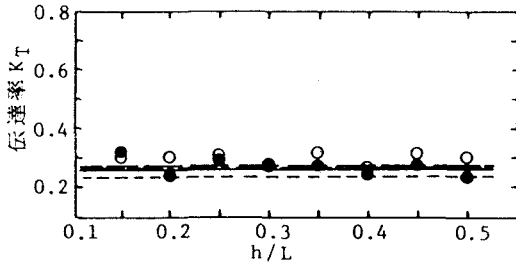


図-8 先絞り型突出高35mm開口率5%の伝達率と反射率

(2) 伝達率と反射率

1) 周期変化：円筒型の伝達率と反射率を図-4、5に示した。

突出高25mmと35mmはほとんど同じ傾向を示し、短周期で K_T はわずかに下がり、 K_R は少し上がる。正方向と負方向を比べると、35mmの K_R は正方向のほうが明らかに高いが、25mmでは正と負がほとんど同じである。 K_T は25mm、35mmのどちらも少し負方向のほうが高くなる。先絞り型の伝達率と反射率を図-6～8に示した。同じ開口率の25mmと35mmを比べてみるとほとんど同じ傾向を示す。 K_R は円筒型ほど周期による違いが大きいではないが、 K_T は円筒型と同じく短周期で少し下がる。正方向と負方向を比べてみると K_T はどれも負のほうが少し高く、 K_R はどれも正のほうが少し高い。同じ突出高の開口率5%と10%を比べてみると K_R は少ししか違わないが K_T は約4割、開口率10%のほうが高い。

2) 波高変化：周期を一定にして波高を1.5~6cmに変化させたときの伝達率と反射率を図-9で示した。伝達率はあまり変化はなかったが、反射率は波高が高くなるにつれて反射率も高くなる。円筒型のほうがよりこの傾向が強い。

4. 理論計算

実験により求められた抵抗係数を用い、慣性項を考慮した近藤の理論値、慣性項を無視したMeiらの理論値のそれぞれ2種類の理論値を計算して図-4～8中に示した。

(1) 近藤の理論式²⁾

$$K_T = \left| \frac{2}{2 + \frac{\sigma}{kh} \left[\frac{C\ell}{2g} |u_{1,1}| + i \frac{\sigma a}{g} \right]} \right| \quad \dots (4.1)$$

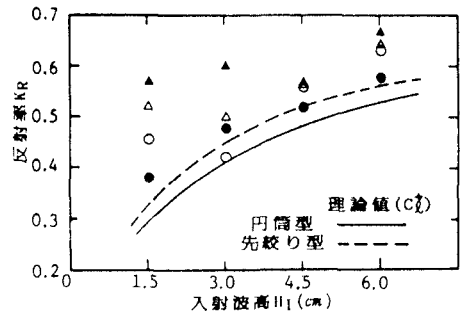
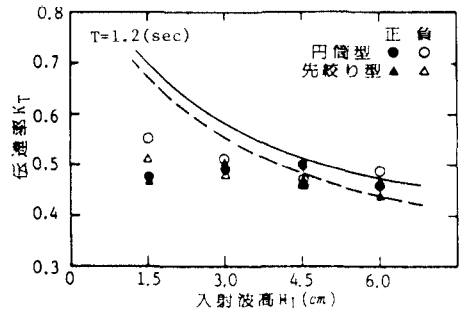


図-9 波高変化の伝達率と反射率への影響 (突出高35mm開口率10%)

$$K_R = \frac{\left| \frac{\sigma}{kh} \left[-\frac{C_L}{2g} |u_{1,1}| + i \frac{\sigma a_i}{g} \right] \right|}{\left| 2 + \frac{\sigma}{kh} \left[-\frac{C_L}{2g} |u_{1,1}| + i \frac{\sigma a_i}{g} \right] \right|} \dots (4.2)$$

$$|u_{1,1}| = \frac{8}{3\pi} \sqrt{\frac{g}{h}} K_T a_i$$

ここで C_L は実験で求めた抵抗係数で、正方向の C_L^+ 、負方向の C_L^- 、2つの方向の C_L の平均の3種類の C_L を求めた。 a_i は見かけのオリフィス長さで、ここでは板厚に突出高を加えた値を用いている。

(2) Mei らの理論式³⁾

$$T_m = \frac{2}{\pi} \left\{ \frac{(-1)^{(m+1)/2}}{m} \left(\frac{1}{\beta_+} + \frac{1}{\beta_-} \right) + \left[\frac{M_m(\beta_+)}{\beta_+} + \frac{M_m(\beta_-)}{\beta_-} \right] \right\} \quad m = 1, 3 \dots (4.3)$$

$$\beta_+ = \frac{C_L^+ a_i}{2h} \quad \beta_- = \frac{C_L^- a_i}{2h}$$

$$M_m(\beta) = \int_0^{\pi/2} \cos m\tau \sqrt{1+2\beta \cos \tau} d\tau$$

$$\left. \begin{aligned} R_m &= -T_m \quad (m \neq 1) \\ R_1 &= 1 - T_1 \quad (m = 1) \end{aligned} \right\} \dots (4.4)$$

ここで T_m は m 次の伝達率、 R_m は m 次の反射率、 a_i は入射波の振幅を表す。

(3) 両理論値の比較

近藤の理論式に C_L^+ を入れたときの伝達率と Mei らの理論式のそれとの間の差は慣性項を考慮した分だけ近藤の理論のほうが少し大きくなっている。円筒型より先絞り型のほうが C_L^+ を用いた値と C_L^- を用いた値の差が大きくなっている。

5. 理論値と実験値の比較

(1) 円筒型：ほぼ理論値と一致するが、伝達率の長周期での上昇、反射率の短周期での上昇が理論値と少し異なる。正方向の反射率は C_L^+ を用いた理論値とほぼ適応し、また負方向では $\overline{C_L}$ を用いた理論値と適用する。正方向の伝達率は $\overline{C_L}$ を用いた理論値とよく適応し、また負方向では C_L^- を用いた理論値と適応する。

(2) 先絞り型：ほぼ理論値と一致するが、伝達率の短周期において少し異なる。正方向の反射率は C_L^+ を用いた理論値とほぼ適応し、また負方向では $\overline{C_L}$ を用いた理論値と適応する。正方向の伝達率は C_L^+ を用いた理論値とよく適応し、また負方向では $\overline{C_L}$ を用いた理論値と適応する。

6. むすび

これまでの結果から伝達率と反射率を支配している要因は第一に開口率であり、突出高は余り影響しない。図-10より円筒型と先絞り型を比べると反射率はほぼ同じであるが、伝達率は明らかに先絞り型のほうが低く抑えられており、先をつぶしてスリット状にしたことは反射率を大きくせずに伝達率を小さくできるということになる。正負の抵抗の違いの効果は明らかであり、このような非対称な突出孔型透水壁によって反射率を低く抑え、かつ伝達率も低くできる可能性が明らかになった。今後さらに詳しく検討し、この種の透水壁の消波構造物としての適用を図りたい。

本研究は当研究室が新日鉄(株)建材開発技術部の協力を得て行ったものであり、同部の関係各位と本学土木工学科4年目学生 柏谷 聡君の協力に感謝の意を表す。

<参考文献> 1) 田合・鈴木・岸良・菊地：港湾技研資料、No.248、1976。2) 近藤・竹田：消波構造物、森北出版、1983。3) Mei, C.C., P.L.F. Liu and A.T. Ippen: Proc. of ASCE, Vol.100, WW3, pp.217-239, 1974。

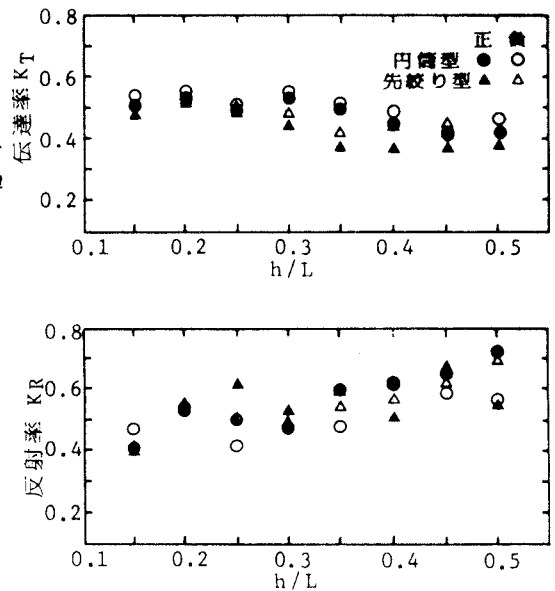


図-10 先絞り型と円筒型の伝達率と反射率の比較(突出高35mm開口率10%)