

曲面スリット堤の反射特性について

谷本勝利*, 原中祐人**, 大里睦男***

1. まえがき

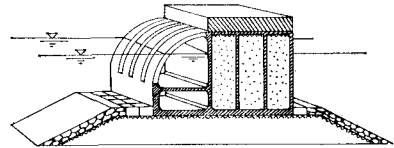
防波堤の構造については古くから種々の試み、提案が行われてきているが¹⁾、近年において広く注目を集めたものとして、孔あきケーソンを挙げることができよう。これは Jarlan (1961)²⁾ が音響パネルにヒントを得て提案したもので、多孔壁と遊水室を有し、流入・流出に伴って波のエネルギーが消費されることから、反射波の軽減効果が生じる。カナダのコモ湾における岸壁兼用の防波堤として初めて適用されて以来、低反射型の直立構造として世界の各地において検討されるようになった。

一方わが国においても、1966 年頃から直立消波ブロックや消波ケーソンの研究・開発が行われるようになり、比較的波の穏やかなところでの防波堤や、直立消波岸壁、消波護岸として適用されるようになってきたのは周知のとおりである。特に、防波堤としてはそれ自体で波力に抵抗することが必要であるから、一体構造の方が好ましく、消波ケーソン構造は外海に面した波浪条件の厳しい海域へも適用の可能性を秘めた型式といえよう。

しかし、外海の大波浪条件下においては当然強大な波

力に耐えるだけの構造強度を有することが不可欠である。この観点から、透過壁と遊水室上部工を構造的に連続とすることが有利と考えられ、図—1 に示したような曲面スリット構造をとりあげ、開発を進めることにした。

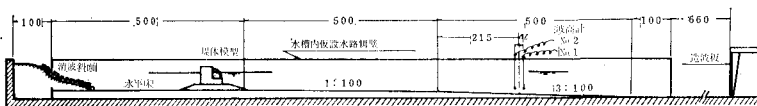
本構造はケーソン本体の前面に曲面縦スリット壁を設け、ほぼ 1/4 円形状の遊水室を設けるとところに特徴を有し、これを曲面スリットケーソンと称している。昭和 51 年度から各種の実験的研究を行っているが、本稿はそのうち反射に関する特性をとりまとめたものである。ただし、もっぱら不規則波を用いた実験的研究であり、理論的考察は行っていない。



図—1 曲面スリット堤（基本型）

2. 実験水路および模型

本実験に用いた水路は幅 5 m, 長さ 30 m, 深さ 1 m



圖一-2 實驗水路

の水槽内中央に設けた幅 50 cm の仮設水路である。造波機は低慣性直流電動機で駆動する可搬式ピストン型のもので、入力信号の波形に追従して任意波形の波を造波することができる。造波板長は約 5 m で、図-2 に示しているように幅 50 cm の仮設水路はこの造波板の中立位置から 6.6 m 地点に始まる。

実験に用いた曲面スリット堤の模型は 図—3 に示す基本型と複合型の 2 種である。基本型は前述したように曲面スリット壁によりほぼ 1/4 円形状の遊水室を形成することに特徴を有するものである。曲面スリット部の模型

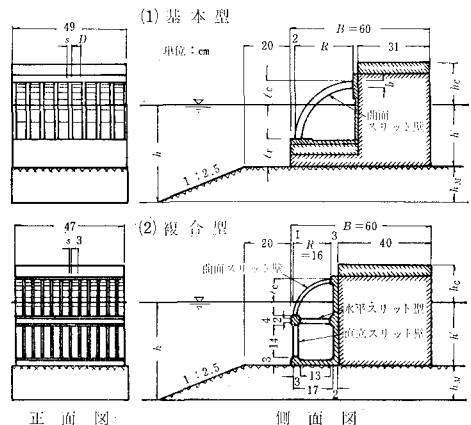


図-3 曲面スリット堤の模型

* 正會員 運輸省港灣技術研究所水工部防波堤研究室長

* * * 運輸省港灣技術研究所水工部主任研究官

運輸省第二港湾建設局八戸港工事事務所むつ小川原工場
(前洩濟技術研究所水工部)

はアクリル合成樹脂製で、ケーソン本体にボルトで取付ける。間隙幅は自由に調節可能な構造としてある。図-3中に諸元の記号を示したが、数値を表示していないものは、実験ケースにより変化する量である。

複合型は背の高いケーソン用で、ほぼ 1/4 円形の遊水室の下に矩形状の遊水室を設けた二段構造を特徴とする。曲面、直立、水平の三つの透過壁を有し、ともに矩形材を用いたスリット壁である。曲面スリット壁の外半径 R は 17 cm, 直立スリット壁の高さは 14 cm, 水平スリット壁の長さは 13 cm, スリット部材幅 D は 3 cm, 厚さ b は 2 cm で一定とした。間隙比は自由に調節可能である。

3. 反射率の算定法

本実験における不規則波の反射率の算定は合田ほか⁹⁾による入・反射波の分離法によった。これは同時に2点で測定した波形をFFT法により有限フーリエ級数で表示して、各成分に対し入・反射波を分離したのち、それぞれのスペクトルを推定するもので、2点位相差法とも呼ばれる。不規則波の反射率はこの入・反射波のエネルギーを E_I , E_R として、式(1)により定義する。

$$K_R = \sqrt{E_R/E_I} \quad \dots\dots\dots (1)$$

この反射率は波群全体の平均的な値を表わすと考えられる。ただし、測点の間隔 Δl によって分離可能な周波数域が限定され、式(1)のエネルギーの計算は有効周波数域に対してのみ行う。そのため、実験波の周期により適切な間隔とすることが必要である。

入射波高 H_I , および反射波高 H_R はその自乗和が合成波高 H_s (2点の平均)の自乗に等しいと置いて式(2)により推定できる。この場合の波高は、有義波高、平均波高など、どのような定義でもよい。

$$H_I = \frac{1}{\sqrt{1+K_R^2}} H_s, \quad H_R = \frac{K_R}{\sqrt{1+K_R^2}} H_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

本実験においては、分離計算のための波形の測定は図-2中に示した測点 No. 1, No. 2 に設けた2台の容量式波高計によった。この地点は 3/100 こう配斜面のほぼ中央にあたる。入・反射波の分離推定法は一定水深に対するものであるが、 Δl は周期により 10~20 cm であり、この間での水深変化は小さい。そのため、2点の水深の平均値を用いて、そのまま適用した。

なお、実験波の目標スペクトルはBretschneider・光易型である。解析においては非定常性の強い初期の波を捨て、ほぼ定常と考えられる 100~120 波を対象とした。

4. 基本型の反射実験結果

4.1 曲面スリット壁構造の影響

(1) 実験ケース

本実験では、種々の構造条件による影響を把握したの

ち、適切な断面について周期、波高、潮位などの水理条件による反射率の変化を調べる。構造条件に関する実験は、水深 h を 42 cm で一定とし、以下のスリット壁構造の影響を調べたものである。

- 1) 間隙比の影響…… $\epsilon=0.0, 0.111, 0.238, 0.333$
- 2) スリット壁厚の影響…… $b=1.5, 3.0, 4.5$ cm
- 3) スリット部材幅の影響…… $D=2, 4, 6$ cm

このほか、曲面スリット壁外半径 R および曲面スリット壁の静水面上の天端高 l_e の影響も調べたが、ここでは省略する。

実験波の有義波周期 $T_{1/3}$ は 1.10, 1.45, 1.90, 2.10 s の4種、有義波高 $H_{1/3}$ は $H_{1/3}/h=0.11\sim0.39$ の範囲で各周期について2種を選んでいる。

なお、間隙比 ϵ は式(3)で定義した。

$$\epsilon = s/(D+s) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 D は部材幅、 s は間隙幅である。

(2) 間隙比の影響

図-4は $R=25$ cm, $l_e=9.5$ cm, $D=4$ cm, $b=3$ cm の場合の間隙比と反射率の関係を例示したものである。この例に認められるように、反射率は間隙比によって変化する。特に、反射波軽減効果が高いとき、すなわち $h/L_{1/3}$ が大きいとき、変化が大きく、反射率を極小にする最適間隙比があることがわかる。 $h/L_{1/3}$ が小さくなるにつれて、間隙比による変化は小さくなっている。こうした傾向は他の条件についてもほぼ同様であり、間隙比は 0.20~0.25 程度とするのが適当のようである。

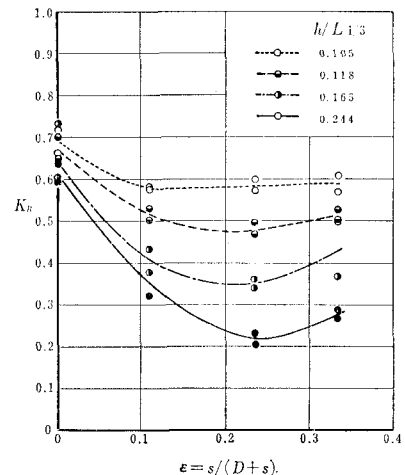


図-4 間隙比の影響(基本型)

(3) スリット部材厚および幅の影響

スリット部材厚 b および幅 D の影響については、 $R=25$ cm, $l_e=9.5$ cm で、部材幅を 4 cm として厚さを変えた実験、および部材厚を 3 cm として幅を変えた実験を行って調べた。図-5はその結果をまとめて示したものである。ただし、反射率はそれぞれの条件で最適の間隙

また、図-11 は直立多孔壁堤の不規則波による反射率⁵⁾と比較したものである。横軸は透過壁厚を含めた遊水室の最大幅 B_0 と有義波の波長の比としている。構造条件は図中に示したとおりである。この場合、曲面スリット堤の基本型と複合型の反射率は、 $B_0/L_{1/3}$ に対してほとんど同じ傾向で変化し、 $B_0/L_{1/3}=0.15$ 付近で極小の反射率を示している。直立多孔壁堤と比較すると反射率は全体に低くなっていることが認められる。

7. あとがき

以上、曲面スリット堤の反射特性に関する実験結果を述べた。主要な結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 曲面スリット壁の構造条件の中では間隙比が重要な要因であり、矩形部材の場合 $\varepsilon=0.20\sim0.25$ 程度とするのがよい。スリット部材幅、厚みはそれほど影響せず、極端でなければ構造設計の観点から決定してよい。

(2) 反射率は曲面スリット壁の設置高さによって変化し、曲面スリット壁の天端がある程度高く、静水面上に出ていることが必要である。潮位の変化を考慮して、 l_0/R が 0.3 程度以上となるようにするのがよい。

(3) 反射率は砕波が生じない範囲では、波高よりも周期によって大きく変化する。 $R/L_{1/3}$ が 0.04 以上に対して反射率は 0.55 以下であるが、 $R/L_{1/3}=0.15\sim0.20$ とすると 0.2 程度の反射率とすることができる。

なお、本実験は昭和 51～53 年度に実施したが、実験の実施にあたっては、港湾技術研究所研修員福富耕二(昭和 52 年度)、石川 卓(昭和 53 年度)の両氏(ともに技研興業株式会社)が参加した。ここに記して、両氏の熱心な御協力に対し心から謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 伊藤喜行：特殊波堤論，土木学会水工学シリーズ，68-A-06，1968.
- 2) Jarlan, G. E.: A perforated vertical wall breakwater, The Dock and Harbour Authority, Vol. XII, No. 486, pp. 394～398, 1961.
- 3) 合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊地 治：不規則波実験における入・反射波の分離推定法，港湾技研資料，No. 248, 24 p., 1976.
- 4) 谷本勝利・原中祐人・高橋重雄・小松和彦・轟 正彦・大里 陸男：各種ケーソン式混成堤の反射・越波および波力特性に関する模型実験，港湾技研資料，No. 246, 38 p., 1976.
- 5) 前出 4) に同じ