

スリット付き海水交換型防波堤および鉛直混合型護岸の開発

DEVELOPMENT OF WATER-EXCHANGING BREAKWATER AND VERTICALLY WATER-MIXING WHARF WITH SLITS

島田 潔¹・吉村 正²・杉本 達彦³・丸山 文生⁴・五十嵐 和之⁵
Kiyoshi SHIMADA, Tadashi YOSHIMURA, Tatsuhiko SUGIMOTO,
Fumio MARUYAMA and Kazuyuki IGARASHI

¹工修 (株)三井造船昭島研究所 事業統括部 (〒196-0012 東京都昭島市つつじヶ丘1-1-50)

²正会員 工修 三井造船(株) 鉄構建設事業本部 (〒104-0045 東京都中央区築地5-6-4)

³三井造船(株) 鉄構建設事業本部 (〒104-0045 東京都中央区築地5-6-4)

⁴工修 (株)三井造船昭島研究所 事業統括部 (〒196-0012 東京都昭島市つつじヶ丘1-1-50)

⁵(株)三井造船昭島研究所 事業統括部 (〒196-0012 東京都昭島市つつじヶ丘1-1-50)

A model experiment is conducted to investigate water-exchange performance of newly-developed breakwater with vertical slits. It is confirmed that a large amount of water can be introduced to the backside area of the breakwater. Variation of submergence area of the slits due to tide change has no significant effect on the water-exchange performance of the breakwater, which is advantageous for the breakwater to be used in the large-tide-changing inland sea.

Also conducted is a model experiment for a vertically water-mixing wharf, which shows more than the amount of surface water obtained in the breakwater experiment is introduced to the bottom layer in front of the wharf.

Key Words : Water exchange, vertical water mixture, slit, breakwater, wharf

1. はじめに

防波堤は港外からの波浪の進入を防ぐと同時に港外の海水の流入も抑えるため、港内の海水が滞留し、水質の悪化が生じることが多い。また、底層に滞留した海水は密度の関係から上昇することがなく、水面からの酸素供給が期待できないため、水質が悪化する一方となる。

本論では、簡易な構造を有するスリット付き防波堤ケーソンに対して水理実験を行い、導水能力を調査するとともに、導水能力に対するスリット長さの影響についても調査した。

また、導水口をケーソン前面の下部に設けた護岸タイプに対しても水理実験を行い、海水の鉛直混合を可能とする底層部への導水能力について調査した。

2. 供試模型

海水交換型防波堤の供試模型の概略図を、図1および図2に示す。図2に示すように、供試模型は5室に区切られており、1室当たり3本の縦スリットが切られている。水面を切るスリットの割合は40%である。

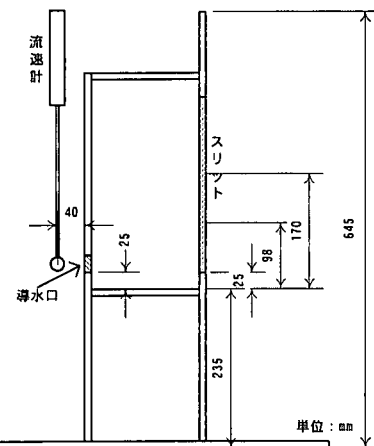


図-1 海水交換型防波堤模型 (断面図)

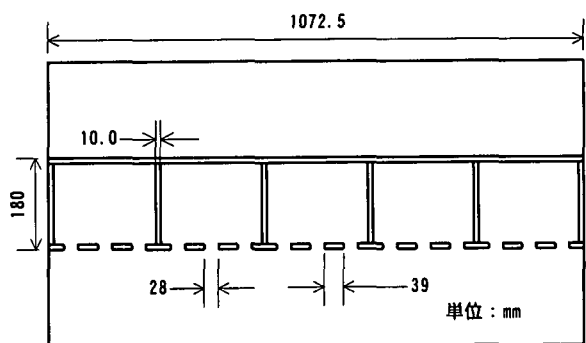


図-2 海水交換型防波堤模型（平面図）

図3は、海水交換型防波堤模型のスリットおよび背面開口部の大きさを示したものである。背面開口部は各室に1個設け、スリット長さは3種類変化させて実験を実施した。

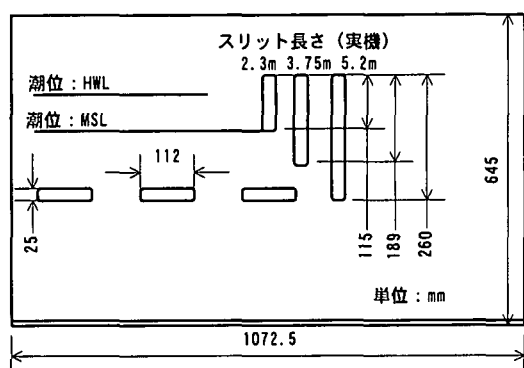


図-3 海水交換型防波堤のスリットおよび導水口の形状

鉛直混合型護岸模型は海水交換型防波堤模型の背面開口部を塞ぎ、各室の床面および前面下部に開口部を設けたものである。海水交換型防波堤および鉛直混合型護岸の導水の流れを図4に模式的に示す。

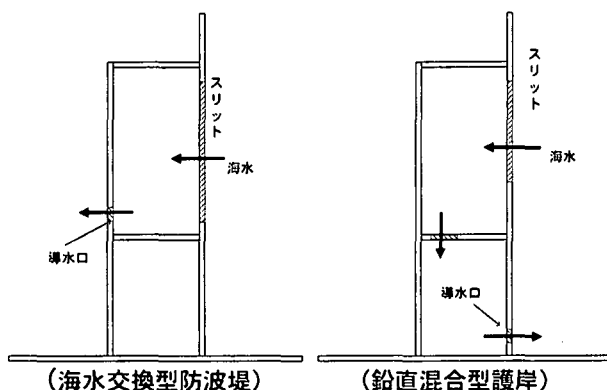


図-4 導水の流れ

3. 実験パラメータ

実験パラメータを、実機ベースで表-1にまとめる。

表-1 実験パラメータ

	海水交換型防波堤	鉛直混合型護岸
スリット長さ	2.3, 3.75, 5.2m	3.75 m
波周期	2.9~8.0 s	
波高	0.8 m	
水深	18.7, 20.2 m	18.7 m
潮位	MSL, HWL	MSL

4. 実験方法

図5に海水交換型防波堤実験のセットアップを示す。規則波を数波発生させ、1本のサーボ式波高計によって入射波と反射波を完全分離状態で計測した。防波堤背面の透過波もサーボ式波高計によって計測した。また、防波堤背面の開口部における流速を電磁流速計で計測した。

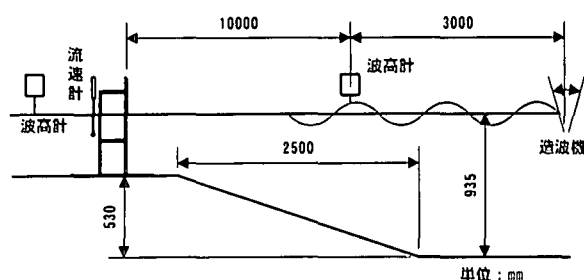


図-5 海水交換型防波堤実験のセットアップ

鉛直混合型護岸実験の場合には、模型の前面下部に設けた導水口の中央に流速計をセットし、導水流速を計測した。

入射波、反射波、透過波についてはフーリエ解析を行い、1次振幅についてまとめた。導水量については、流速の定常成分に開口部面積を乗じて求めた。

5. 実験結果

(1) 反射率

海水交換型防波堤の反射率の実験結果を図6に示す。スリット長さが3.75mと5.2mの場合には、0.5以下の良好な反射特性を示している。特に設計周期である4秒付近の入射波に対しては、0.4を切る反射率となっている。

スリット長さが2.3の場合には、反射率は他のス

リット長さに対する結果の2倍程度にもなっている。これは、スリット長さが2.3mの場合には、静止水面下にスリットがない状態であり、スリットによる波エネルギーの散逸効果がほとんど発揮できないためと考えられる。

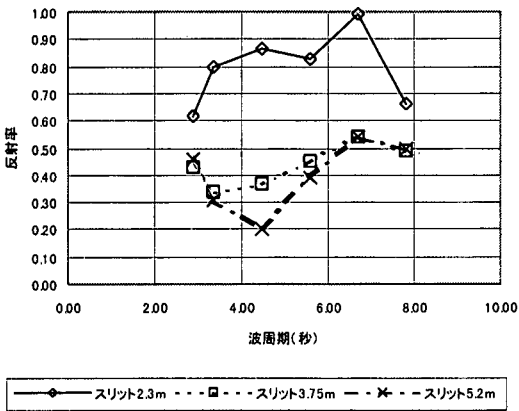


図-6 反射率（水位：MSL，波高：0.8m）

(2) 透過率

海水交換型防波堤の透過率の実験結果を図7に示す。スリットが長い程、透過率が大きくなる傾向が見られている。これは、背面導水口の位置が高いため、スリットが長い場合にはスリットの下部を通り抜けた水がそのまま導水口を通り抜けるためと考えられる。

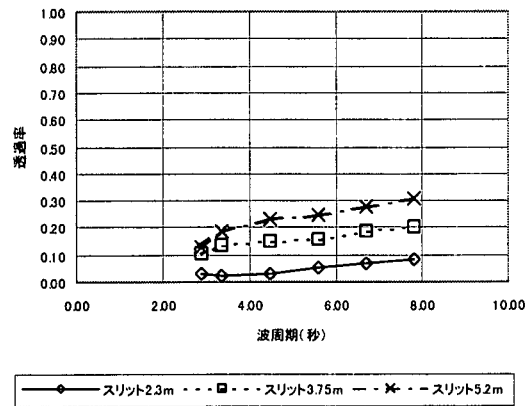


図-7 透過率（水位：MSL，波高：0.8m）

(3) 導水量

海水交換型防波堤の導水量の実験結果を図8に示す。図8に示す導水量は、長さ1mの防波堤で1時間あたりに得られるものである。スリット長さが2.3mの場合に、他の場合に比べて若干導水量が少なくなっているが、400m³を越える導水量が得られていることがわかる。また、導水量に及ぼすスリット長さの影響は、あまり顕著ではないと言える。

スリット有効深さと入射波高の比(d/H)を横軸にとり、無次元導水量として表したものを図9に示す。

無次元導水量は、静止水面を越える入射波の水量($HL/2\pi$)に対する割合として表したものである。スリット有効深さとは、スリットの没水部開口面積を防波堤の長さで除したものである。図中には衝立パネル方式の場合の結果¹⁾を比較のために示してある。衝立パネル方式の場合には、dは衝立パネルの没水深さに対応する。

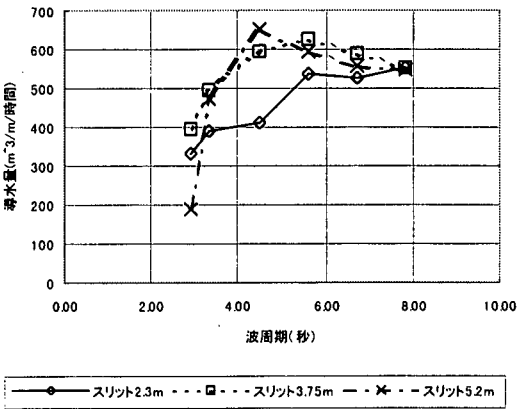


図-8 導水量（水位：MSL，波高：0.8m）

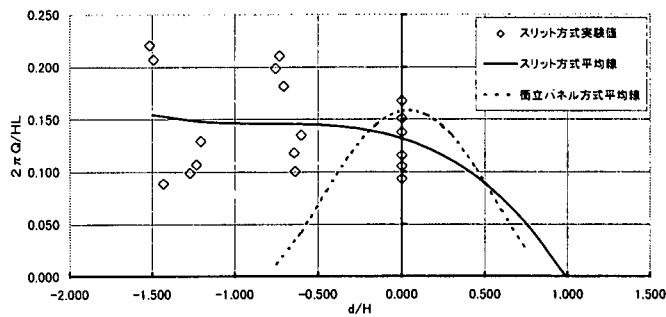


図-9 無次元導水量

衝立パネル方式の場合には、潮位変化による衝立パネルの没水深さが導水量に大きく影響する結果となっている。衝立パネル上端が水面付近($d/H=0.0$)にあるときに最も導水量が多くなり、衝立パネルが高くなっても低くなっても導水量は減少する。一方、スリット方式の場合には、潮位変化によるスリットの没水度が導水量に及ぼす影響はあまり顕著ではなく、 d/H が負の場合でも安定した導水量が確保できるという結果が得られている。

図10は、海水交換型防波堤と鉛直混合型護岸で得られた導水量を比較して示したものである。図中に示す導水量は、1mの防波堤あるいは護岸が、波高1mの海象条件下で1時間あたりに得る導水量である。3秒付近の短周期の入射波に対しては、両者の導水量にはほとんど差がないが、入射波周期が長くなるにつれて防波堤の場合には導水量が減少し、護岸の場合は増加する傾向が見られている。

防波堤の場合には背面の水位変化がないため、導

水量は防波堤ケーソン内部の水位のみに依存すると考えられる。一方、護岸の場合には、導水量は前面の水位変化にも依存すると考えられる。短周期の波の場合には、前面の水位変動の影響が護岸ケーソン下部の導水口まで伝わらないが、入射波周期が長くなるにつれて前面の水位変動の影響が導水口まで伝わることになる。引き波状態で前面水位が静止水面よりも下がった場合にも、護岸ケーソン内部の水位との差により前面への導水量が得られるため、防波堤の場合の背面への導水量よりも増加したものと考えられる。

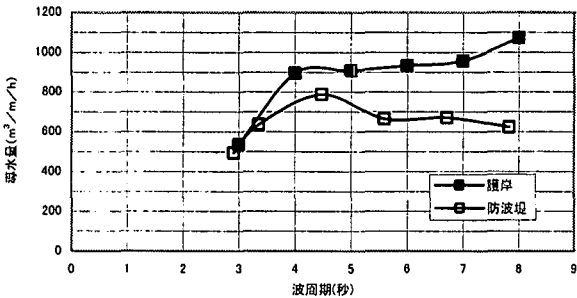


図-10 海水交換型防波堤と鉛直混合型護岸の導水量（長さ1m，波高1m，1時間当たり）

6. 終わりに

構造が非常に簡単なスリット付きの海水交換型防波堤および鉛直混合型護岸に対して規則波中実験を実施し、海水交換能力あるいは海水の鉛直混合能力が十分あることを確認した。本形式の防波堤を用いることで、内部水域の海水交換が十分行われ、水質悪化を防ぐことが可能と考えられる。

また、本形式のケーソンを護岸として用いた場合には、水面付近の溶存酸素の豊富な海水を貧酸素の底層に供給することができ、底層水の水質改善に効果を発揮するものと期待できる。

参考文献

1) 島田潔，ほか：衝立パネル式ケーソンの海水交換特性に関する実験的研究，海洋開発論文集，第15巻，pp.433-437，1999.