

大波浪透過スリットケーソン防波堤の機能特性に関する実験的研究

AN EXPERIMENTAL STUDY OF A MULTIPLE-SLIT-WALL CAISSON BREAKWATER FOR ROUGH SEAS

佐藤恒夫¹・安部 賢¹・國重康弘²・込山 清³・村本哲二⁴

Tsuneo SATOH, Ken ABE, Yasuhiro KUNISHIGE, Kiyoshi KOMIYAMA
and Tetsuji MURAMOTO

¹正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所(〒650-0024 神戸市中央区海岸通)

²運輸省第三港湾建設局技術課(前神戸調査設計事務所)

³運輸省第三港湾建設局高知港湾空港工事事務所(前神戸調査設計事務所)

⁴ニシキコンサルタント(株)(〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1丁目7番地1)

Due to increasing usage of conventional perforated-wall caissons as breakwaters in relatively calm seas around Japan, we conducted a series of model experiments to develop a special perforated caisson that can withstand severe wave attacks in open seas. The caisson consists of multiple slit walls which allow harbor water exchange without increasing wave transmission, while also reducing wave reflection using a small wave chamber width compared to that of a single-slit-wall caisson.

Key Words : Wave reflection, wave transmission, multiple-slit-wall, permeable slit caisson

1. はじめに

運輸省第三港湾建設局は、大波浪大水深海域に設置される防波堤の建設費縮減のため、消波ブロック不要の透過式スリットケーソン防波堤の開発を行っている。本構造は、透過構造の採用により、前面遊水室幅を短縮するとともに大波浪・大水深域における波圧を軽減することで、従来の消波ブロック被覆堤や直立消波堤(ここでは不透過堤と称す)と比較して経済的断面を期待するものである。

本論では、透過式スリットケーソン防波堤の機能特

性を把握するために実施した水理模型実験の検討結果から、同構造に関する機能特性について報告する。

2. 水理模型実験の概要

実験は、和歌山県日高港の現地及び波浪条件をモデルとして断面実験により反射率と伝達率を計測した。実験波は不規則波を使用し、模型縮尺は波浪条件に応じて1/70と1/50のいずれかを採用した。図-1に現地条件及び各部の定義を示す。

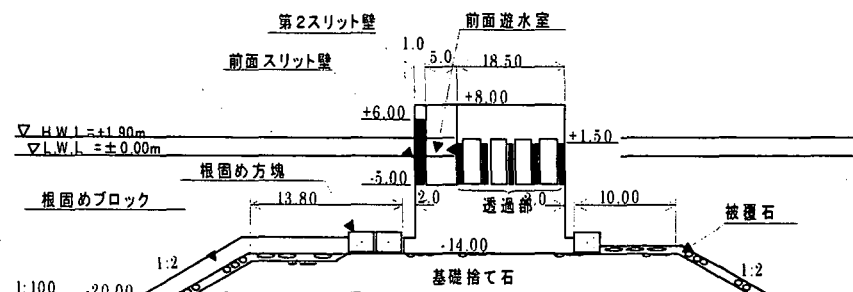


図-1 現地条件及び各部名称

表-1 機能特性の目標

	対象波	機能目標
反射率 K_r	$H_{1/3}=3.0\text{m}, T_{1/3}=7.0\text{s}$	$K_r \leq 0.4$
伝達率 K_t	$H_{1/3}=10.2\text{m}, T_{1/3}=14.9\text{s}$	$K_t \leq 0.2$

表-2 ステップ1:不透過堤の実験条件

波浪条件(不規則波)		開口率 (%)	遊水室幅 (m)	縮尺
$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)			
2.0	6.0	30%	5, 6, 8	1/50
3.0	6.0, 7.0, 9.0	20, 25, 30	4, 5, 6, 8	
5.0	9.0	30	5	1/70
10.2	14.9	30	5	

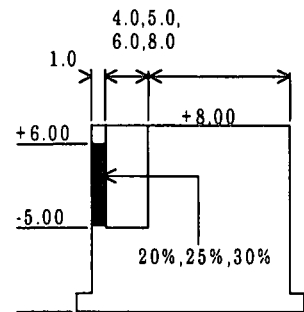


図-3 不透過堤の実験モデル

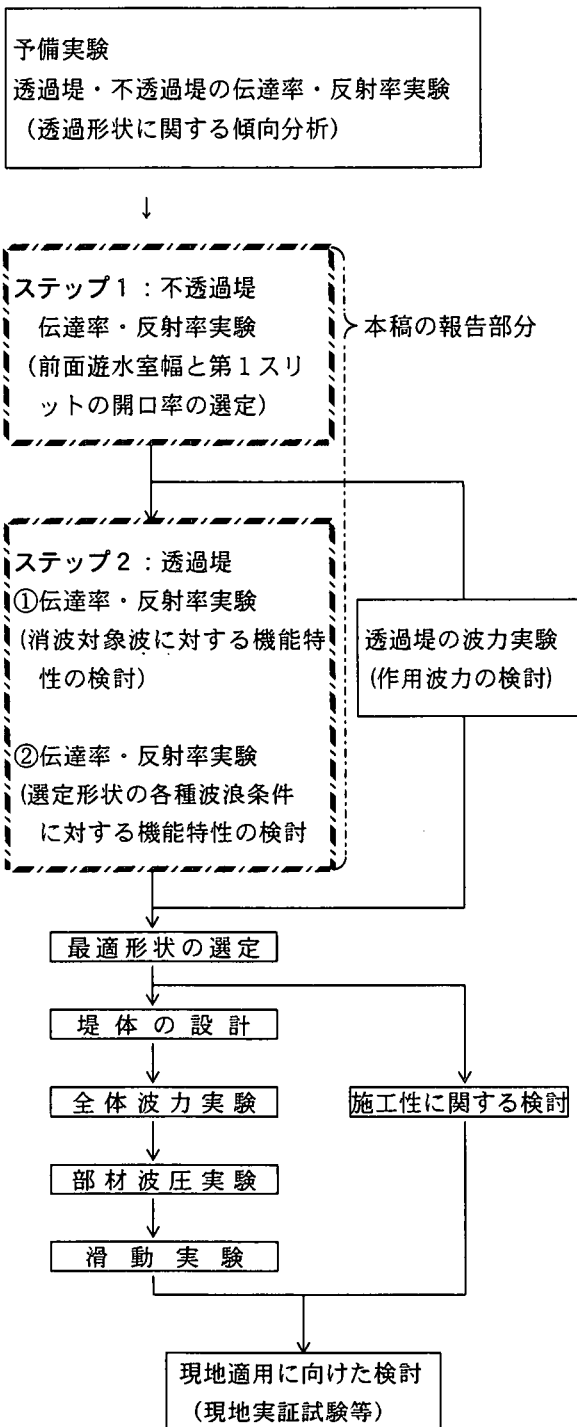


図-2 全体の検討手順

透過式スリットケーソン防波堤の開発に関する研究は、本稿で報告する機能特性に関する実験の他に、堤体に作用する波力等の実験もふまえながら、検討を進めている。全体の検討手順を図-2に示す。

本稿で報告する機能特性に関する実験は、手順を二段階に分けて実施し、まずステップ1において不透過スリ

ット型を用いて前面遊水室の形状を検討し、次にステップ2において透過部の形状を検討した。

また、機能特性については、消波ブロック被覆堤と同程度の性能を確保することを目標として、表-1のとおり目標反射率と目標伝達率を設定した。

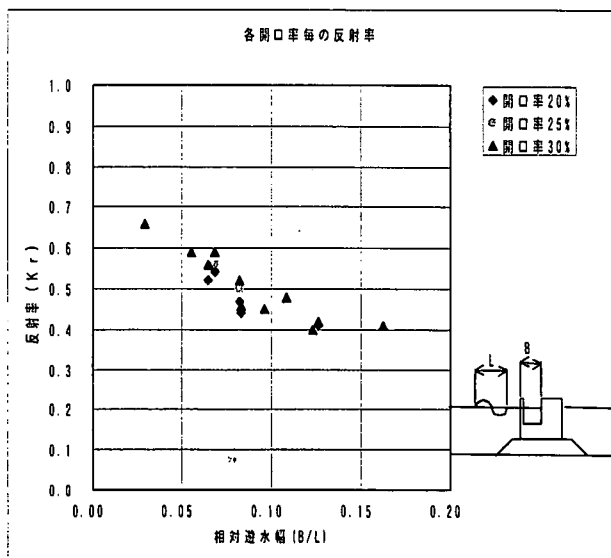


図-4 相対遊水室幅と反射率の関係

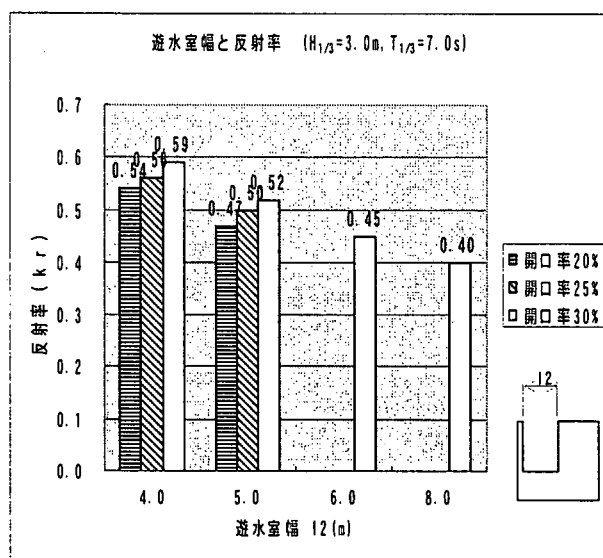


図-5 遊水室幅と反射率の関係

表-3 ステップ2:透過スリット堤の実験条件

実験ケース	波浪条件(不規則波)		透過部形状			縮尺
	$H_{1/3} \cdot T_{1/3}$	潮位	上端高	下端高	開口率	
透過標準型 1	3.0m・7.0s	HWL +1.9m	+1.5m	-5.0m	30%	1/50 $H_{1/3}=3m \cdot T_{1/3}=7s$
透過標準型 2			+6.0m	-0.5m		
透過標準型 3	10.2m・14.9s	LWL +0.0m	+4.0m	-2.5m	45%	
漸次縮小型			+4.0m	※1		

※1は漸次縮小型で-3.7~-0.2mの4段階

3. 不透過堤の反射率実験(ステップ1)

(1) 実験条件

反射率の低減は前面遊水室の形状による影響が大きいことから、不透過構造について波浪条件や遊水室の形状を変化させて実験を行った。表-2に実験条件、図-3に実験モデルを示す。

(2) ステップ1の実験結果

図-4及び図-5に実験結果をまとめたものを示す。相対遊水室幅 B/L と反射率 K_r の関係をみると、相対遊水室幅が大きくなるほど反射率は小さくなるが、相対遊水室幅が0.10を越えると反射率の変化は小さくなる。なお、反射率0.4以下を満足する前面遊水室幅は8m(開口率30%)であった。

また、開口率が小さくなると反射率は若干小さくなる傾向にある。

(3) 前面遊水室及び前面スリットの開口率に関する考察

実験結果より、不透過堤として目標反射率 $K_r=0.4$ を満足するためには、前面遊水室幅は8m程度必要となること

を確認した。

先に実施した予備実験結果によると、遊水室幅が同じ場合、透過堤は不透過堤よりも反射率は概ね0.1程度小さくなる傾向を示している。したがって、透過堤を対象としたステップ2においては、不透過堤で反射率0.5以下を満足する前面遊水室幅5mで透過堤の実験を進めることとした。

前面スリットの開口率は、透過構造による波力低減効果を期待して、実験モデルの中で最も大きい30%を選定した。

4. 透過堤の反射率・伝達率実験(ステップ2)

(1) 実験条件

実験条件、実験モデルをそれぞれ表-3、図-6(次頁参照)に示す。まず、予備実験で用いた形状を参考にして設定した透過標準型1について機能実験を実施したところ、第2壁上端に波が多くあたり、反射率の低減効果があまり発揮されなかった。そのため、上端高及び下端高をあげた透過標準型2,3を実験ケースに追加した。透過部開口率については、前面スリットと同じ30%の他、波力の低減効果の増大を期待して45%を対象とした。

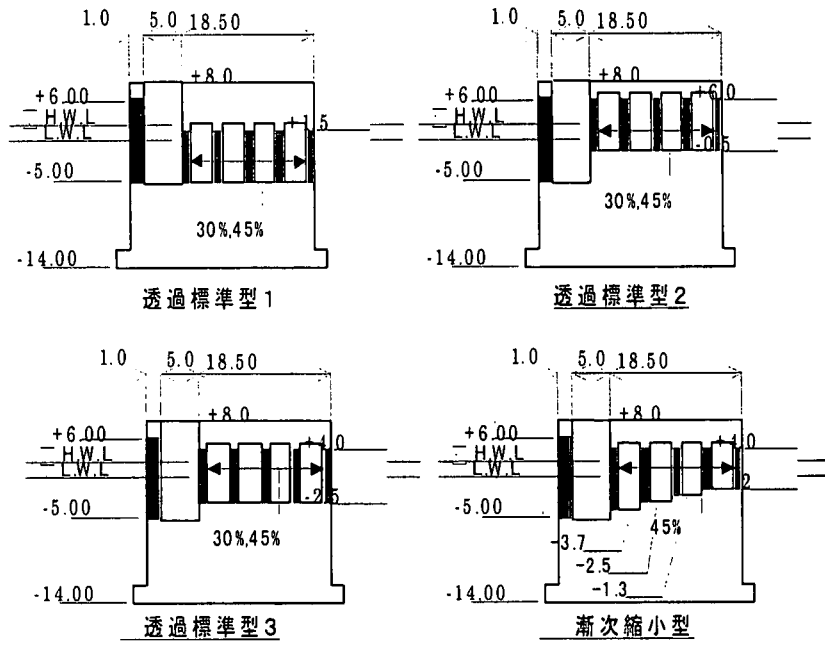


図-6 透過スリット堤の実験モデル

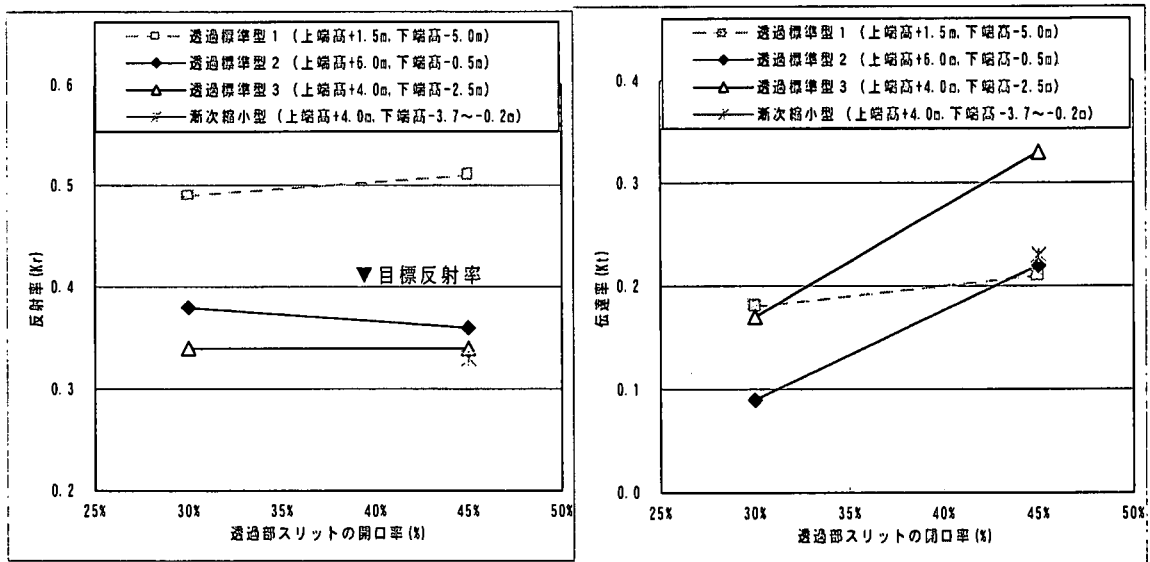


図-7 開口率と反射率・伝達率の関係
($H_1/3=3.0m$, $T_{1/3}=7.0s$, $H.W.L+1.9m$)

また、漸次縮小型については、下端高を港内側に向けて段階毎に上げることにより、波力を低減すると同時に下向きの鉛直力を増大させて堤体安定性の向上が期待できると考え、実験モデルとして選定した。

(2) ステップ2の実験結果

図-7に波高3.0m、周期7sの不規則波を対象とした反射率、伝達率の変化を示す。反射率は、透過標準型2,3及

び漸次縮小型の3タイプとも、反射率はほぼ同じであり、目標反射率 $K_r \leq 0.4$ を満足した。また、透過部の開口率が反射率に与える影響は小さかった。一方、伝達率は、透過部の位置や開口率によって大きく異なり、透過標準型3で開口率45%の場合が最も大きい値を示した。

漸次縮小型の反射率は、透過標準型2,3とほぼ同等の結果を示し、伝達率は概ね0.2となった。

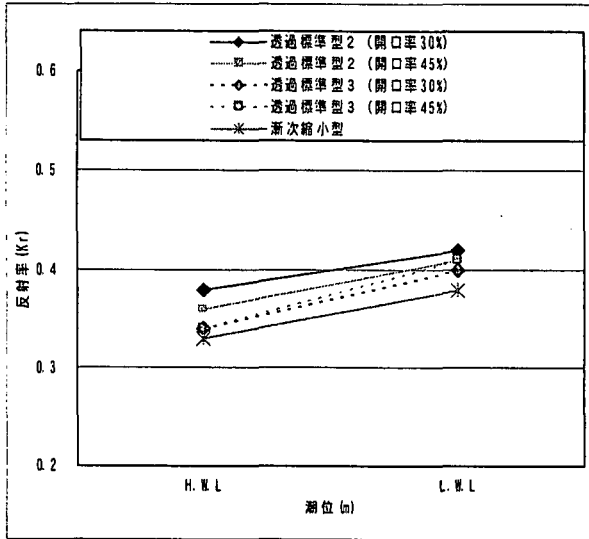


図-8 潮位と反射率の関係
($H_{1/3}=3.0\text{m}$, $T_{1/3}=7.0\text{s}$)

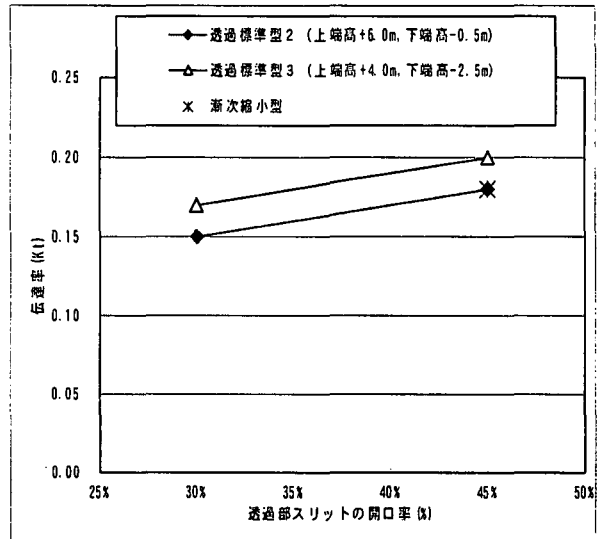


図-9 開口率と伝達率の関係 (高波浪時)
($H_{1/3}=10.2\text{m}$, $T_{1/3}=14.9\text{s}$)

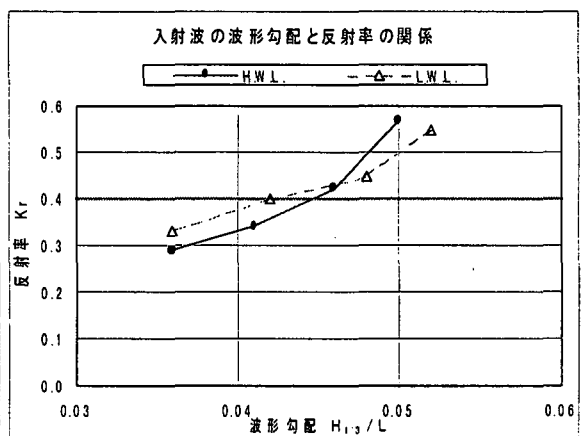
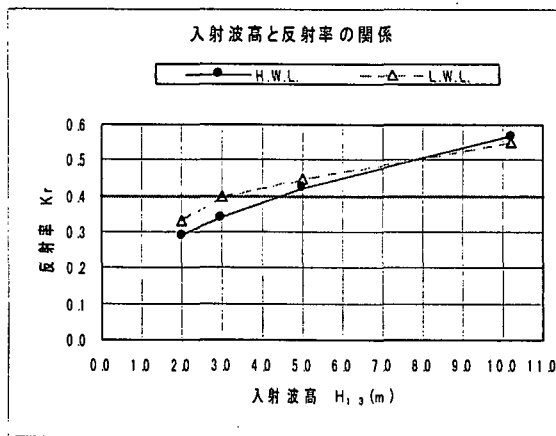


図-10 入射波高、波形勾配と反射率の関係

図-8に潮位と反射率の関係を示す。反射率は全ての実験形状においてH.W.L.よりもL.W.L.の場合の方が若干大きい傾向を示した。

図-9に波高10.2m、周期14.9sの不規則波を対象とした伝達率の変化を示す。高波浪時における伝達率については、透過部上端高、開口率の違いによる変化はあまり見られなかった。

(3) 透過スリット堤の最適形状に関する考察

実験結果より、透過堤は透過標準型1を除けば、いずれの実験形状であっても遊水室幅5mで目標反射率及び目標伝達率を概ね満足することを確認した。

別途、実験モデルに関して堤体に作用する波力低減効果を見るために滑動限界重量を計測したところ、透過スリット堤は不透堤と比較して、透過標準型2の場合で15～20%程度、透過標準型3または漸次縮小型の場合で10%

程度、滑動限界重量を軽減することができた。当初、漸次縮小型は透過標準型2,3よりも作用波力を大きく低減できることを期待していたが、あまりその効果は確認できなかった。

施工性の観点からみると、漸次縮小型は透過標準型と比較して構造が複雑であり、透過標準型2の場合は上部工厚が2mと薄いため強度上の課題が懸念される。

以上より、本機能実験を終えた段階での最適形状は透過標準型3と考えられる。開口率については、若干であるが30%の形状が機能上優れていた。

(4) 波浪の変化が機能特性に与える影響

図-10に最適形状として選択したモデルについて、波浪条件を変えて反射率を確認した結果を示す。波形勾配が大きくなるにしたがい、反射率も大きくなり、波形勾配が0.045で反射率は0.4を越え、その後、増加度も大き

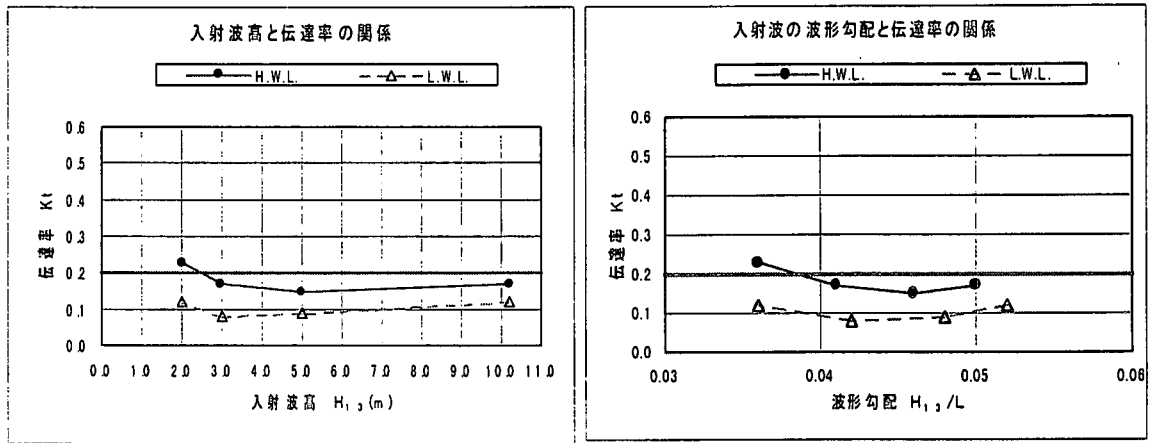


図-11 入射波高、波形勾配と伝達率の関係

くなる。

波浪条件を変えて伝達率を確認した結果を図-11に示す。伝達率については、波高3m以上であれば0.2以下で推移し、大きな変化はない。波高3m未満で伝達率が増加するのは、自由水面を有した波が透過部を通過するため、波のエネルギーが伝達されやすくなるためと考えられる。

5. 結論

透過式スリットケーソン防波堤の機能特性を把握するために、反射率及び伝達率に関する水理模型実験を実施し、データを分析検討した結果、次のことを確認した。

- 透過式スリットケーソン防波堤は不透過式よりも短い前面遊水室幅で所要の消波効果を得ることができる。実験モデルでは反射率0.4を満足するために不透過堤で8mを要したところを5mに短縮することができた。
- 反射率に関する透過堤の機能特性は、前面遊水室幅の他に、透過部の位置が影響する。実験モデルではHWL+1.9m、消波対象波高3m以下の場合で、上端高+4.0m以上、とすることで反射率0.4以下を満足した。
- 伝達率に関する透過堤の機能特性は、高波浪時であれば透過部形状が与える影響は小さく、伝達率は0.2以下を満足する。波高が小さくなると、透過部の影響が大きくなるため、小波浪で周期の大きい波については港内静穏度に注意する必要がある。

6. おわりに

透過式スリットケーソン堤の現地適用にあたっては、機能特性の把握だけでなく、部材に作用する波圧の確認や、施工法に関する詳細検討が必要であり、最終的な形状の決定に向けて、今後、それらの検討を進めていく必要がある。

なお、透過式スリットケーソン防波堤の開発にあたっては、早稲田大学の清宮理教授を委員長とする「透過式スリットケーソン防波堤開発調査検討委員会」のご指導を得ながら実施したものである。また、実験の実施方法については運輸省港湾技術研究所の高橋重雄耐波研究室長より多大なご助言を頂いている。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 楠 俊博、菅谷 幹夫、大西秀樹、込山 清、村本哲二：大波浪透過スリットケーソン防波堤に関する水理模型実験とその一考察、土木学会第53回年次学術講演会概要集、第2部、No. II-164、1998. 10.
- 安部 賢、森西 弘、國重康弘、込山 清、村本哲二：大波浪透過式スリットケーソン防波堤の波力特性について、土木学会第54回年次学術講演会、1999. 9 (印刷中)。