

消波式階段護岸ブロックの開発について

Development of Wave desiporative stairway seawall block

遠藤 博**・中村 勇**・田宮厚実***・石原良和****

Hiroshi Endo, Isamu Nakamura, Atumi Tamiya and Yoshikazu Ishihara

In the Tamamo district of Takamatsu Port, as a part of the Takamatsu Port Redevelopment Project, a high amenity stairway seawall was planned as a place where people could enjoy the water while relaxing. Facing to the pleasure-boat sailing area and locating in front of the green area, it is required to satisfy low wave-reflective and low spray conditions for the structure of this seawall. In order to construct this new type of wave desiporative stairway seawall, the 3rd District Port Construction Bureau has developed a new type of concrete block which has enough wave-desiporative property. This paper reports some main results of hydraulics experiment which was done to examine the hydlaulic property of this new type concrete block.

Keywords: Wave desiporative stairway seawall block, low wave-reflective, low spray.

1. はじめに

高松港玉藻地区においては、本州四国連絡橋（瀬戸大橋 見島一坂出）の開通に伴い運休したJR連絡船バースと貨物ヤードの前面海域約12haの埋立を含む約40haの区域について、旅客船の集約配置と親水性の高いウォーターフロントの創出により、市民の憩える港づくりを目的とした再開発が計画され、市民に親しまれる良好なウォーターフロント空間として親水性防波堤及び親水性護岸（護岸（防波））を整備していくこととなった。

今回の検討の対象施設となった親水性護岸は、隣接区域にマリーナ施設があるため、前面は、プレジャーボートの帆走海域となっており、また、背後には緑地及び大型客船バースが計画されていることから、プレジャーボートなどの小型船に対し反射波の影響を与えない低反射並びに低越波を満足すると同時に市民が極力水に近づくことのできる低天端となる構造とする必要が生じた。

以上のような要請により、第三港湾建設局ではこれらの条件を満足するよう、護岸ブロックの研究開発を行い、ブロック前部に孔を有することによりブロック内部での波の相互消波をねらい、また、受波面を下側面に傾斜させ波の打上げを極力抑える新たな構造の消波式階段護岸ブロックを開発した。

ここでは、このブロックの水理特性（機能性、安定性）を把握するため実施した、水理模型実験の結果について紹介するものである。

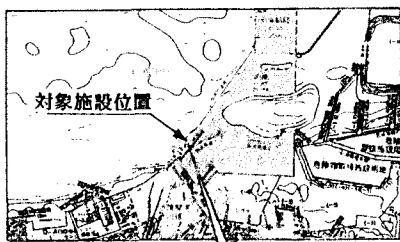


図-1 対象施設位置図

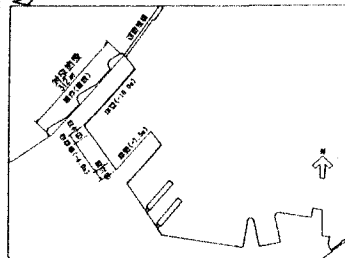


図-2 詳細位置図

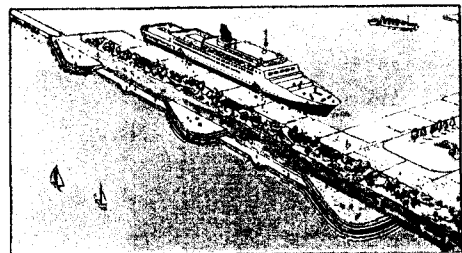


図-3 親水性護岸イメージパース

- ・ 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所長 (650 神戸市中央区海岸通)
- ・ 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸港工事事務所第二工務課長 (前神戸調査設計事務所調査課長)
- *** 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所水工係長
- **** 正会員 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所

2. 新しい消波式階段護岸ブロックの選定

先にも述べたように、低反射と低越波という2つの目的を満足させるため、図-4に示すような新しい形状の消波式階段護岸ブロックを選定した。まず、低反射という目的については、ブロック前部に開口率15%程度の通水孔を設け、なおかつブロック内に遊水室を設けることにより消波効果をねらった形状とした。

また、低越波、いわゆる波の打上げ高の低減についてはブロック前部の受波面を下面側に傾斜させることによって、進入波を下面方向に落とす形状とした。さらに、この下方に向けられた波は、遊水室を通して吹上げられた波と相互にぶつかり、エネルギー低減を図ることをねらった形状とした。(図-5参照)

この消波式階段護岸ブロックの選定の基礎となる、当該施設の設計条件を以下に示す。

《設計条件》

- ① 設計波高 $H_{1/3} = 1.9 \text{ m}$
- ② 設計周期 $T_{1/3} = 5.5 \text{ sec}$
- ③ 波 向 $\beta = 0^\circ$
- ④ 反 射 率 $K_r = 0.4$ 程度以下
- ⑤ 許容越波量 $q = 0.02 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$
- ⑥ 設計潮位
 $\text{H.H.W.L} + 3.2 \text{ m}$
 $\text{H.W.L} + 2.5 \text{ m}$
 $\text{M.S.L} + 1.4 \text{ m}$
 $\text{L.W.L} + 0.2 \text{ m}$

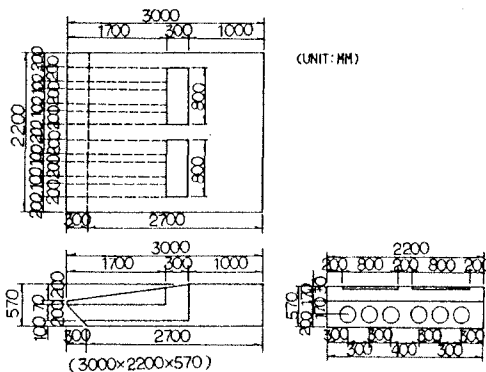


図-4 消波式階段護岸ブロック形状

3. 消波機能に関する水理実験

3-1. 実験概要

実験は、2次元不規則波造波水路を用いた模型縮尺1/r = 1/15の水理模型実験で1:3の勾配による従来型階段護岸と今回開発した消波式階段護岸ブロックを使用した階段護岸について反射率実験および越波量実験を実施し、その水理特性を検討した。これらの検討基本断面を図-6、図-7に示す。

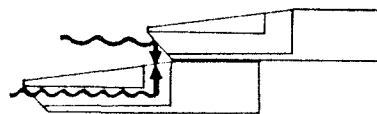


図-5 消波機能概念図

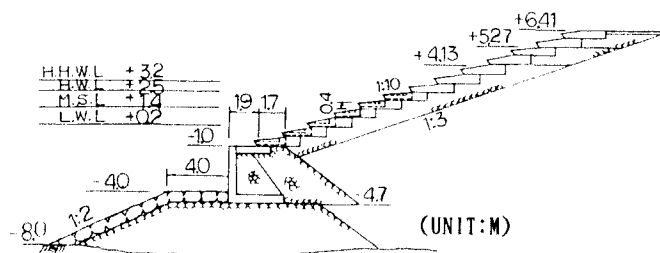


図-6 消波式階段護岸ブロックを用いた護岸

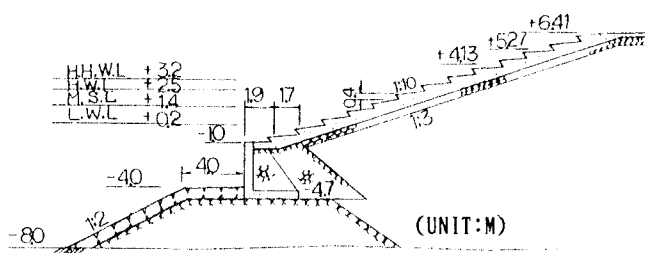


図-7 従来型階段護岸

3-2. 実験ケースと内容

反射率実験ケースは、波形勾配の変化による影響をみるため各ケースとも波高を $H = 1.0 \text{ m}$ と一定にし、周期を $T = 3.0 \sim 8.0 \text{ sec}$ に変化させて合計12ケース行なった。また、越波量実験では、護岸天端高と越波量の関係を把握するため波形勾配は一定として、天端高を3種類に変化させた合計6ケースについて行なった。これらを表-1～表-2に示す。

実験施設は、図-8に示す2次元不規則波造波水路を用いた。水路は、片面ガラス張りの鋼製水路で、長さ40m、幅1m、高さ1.6mである。実験波は、プレートシフト・光易型の線形的な重ね合わせによる不規則波を用いた。反射率の測定は、入反射分離測定法により行ない、波高計は堤体前面に15～40cmの間隔で2基設置し、波高計の同時波形記録より入射波と反射波を分離し、それぞれのスペクトルを求めた。越波量の測定方法は、堤体上部に導水筒を取付け、堤体背後の受水容器に導き実験前後の水位差を波高計により測定して求め、越波水を受ける時間は、造波後一定の待時間をおいた後、約70波分とした。また、データのばらつきを考え1ケースについて3回行なった。

表-1 護岸断面の反射率実験ケース

護岸形式	潮位(m)	護岸天端高(m)	有義波周期 $T_{1/3}$ (sec)	有義波高 $H_{1/3}$ (m)
消波式階段護岸 ブロック護岸	+1.4	+5.27	3.0	1.0
			4.0	
			5.0	
			6.0	
			7.0	
			8.0	
従来型階段護岸			3.0	
			4.0	
			5.0	
			6.0	
			7.0	
			8.0	

表-2 護岸断面の越波量実験ケース

護 岸 形 式	潮位(m)	護岸天端高(m)	有義波周期 $T_{1/3}$ (sec)	有義波高 $H_{1/3}$ (m)
消波式階段護岸 ブロック護岸	+3. 2	+4. 1 3	6. 0	2. 0
		+5. 2 7		
		+6. 4 1		
従来式階段護岸		+4. 1 3		
		+5. 2 7		
	+6. 4 1			

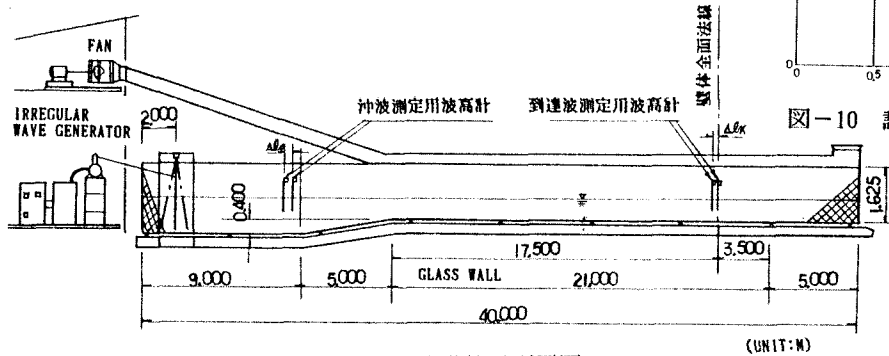


図-8 実験施設配置図

3-3. 実験結果

前述の水理模型実験により、以下のような消波機能についての水理特性を確認することができた。実験結果を図-9～図-10に示す。

- ① 従来型階段護岸と消波式階段護岸ブロックを用いた護岸を比較すると長周期側となるほど消波式階段護岸ブロックを用いた護岸の方が、より反射率は小さく、ブロック前部に設けた通水孔等による波エネルギー損失の効果がある。
- ② 設計波周期付近で、消波式階段護岸ブロックを用いた護岸の方が1割程度反射率が低い。
- ③ 越波量については、許容越波流量を $0.02\text{ m}^3/\text{m}/\text{sec}$ として hc を算出すると従来型で1.6m程度、消波式階段護岸ブロックを用いたもので1.4m程度となり、より天端高を低くすることができる。

上記の実験結果より、今回開発した消波式階段護岸ブロックを用いた護岸が反射率、越波量ともに低い値を示し、反射率では $T=7\text{ sec}$ で0.28(反射率最大値)と目標値である0.4を大きく下回った。また、越波量では許容越波量である $q=0.02\text{ m}^3/\text{m}/\text{sec}$ をもって必要天端高を算定すると+4.7m程度となり、背後の緑地の計画高とほぼ同レベルとなり、市民をより水に近づける目的から有利な結果となった。

このことから、消波機能に関する水理実験では、今回開発した消波式階段護岸ブロックが有効であることを把握できた。

したがって、以後は、このブロックの安定性に関する水理特性を検討することとした。

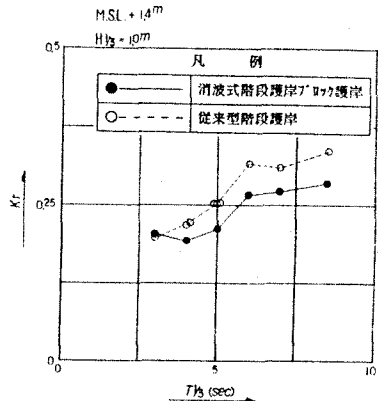


図-9 反射率実験結果

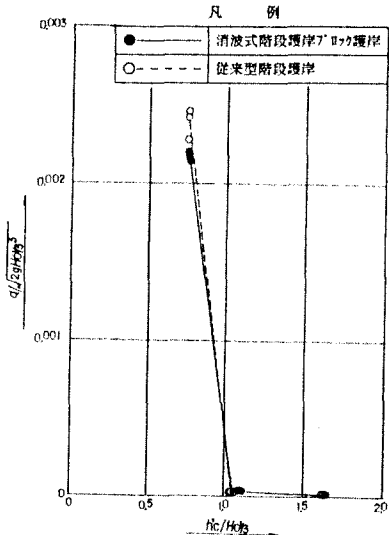


図-10 護岸の無次元越波流量

4. 安定性に関する水理実験

4-1. 1次の安定性実験

安定性の水理模型実験には、2次元不規則波造波水路を用い、消波機能に関する実験で実施したブロック形状を基本タイプ(図-11)とし、図-12~図-13に示すようにブロック前面下部にはぞを設け、重心を前側に移動させることをねらった鉛直ほぞタイプと、ブロック後部に水平のほぞを設け、浮き上りに抵抗する目的の水平ほぞタイプの3タイプを選定した。さらに、遊水室下面に溝を設け、遊水室を貫通させ進入波の拡散をねらった有孔タイプをそれぞれのタイプに追加して、計6タイプについて実験を実施した。

このときのブロック重量は、溝なし無孔タイプで6.2t、溝あり有孔タイプで6.0tとなる。ブロックの安定性の検討の上で重要なこのブロック重量については、一般的にハドソン式を用いて所要重量を算定しているが、消波機能に関する実験で把握できた顕著な消波効果が、ブロックの安定性に対し、どのような影響を及ぼすのかが明確でないことから、ここでは、6.0~6.2tのブロック重量をもって実験を行なうこととした。

実験ケースは、6タイプのブロックにおいて波高及び周期を変化させ、規則波での実験を98ケース、さらに規則波実験で安定性の高かった鉛直ほぞタイプの無孔、有効タイプの2タイプについて不規則波での実験を14ケース行なった。これらの結果を表-3、表-4に示す。

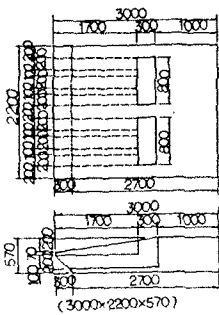


図-11 基本タイプ

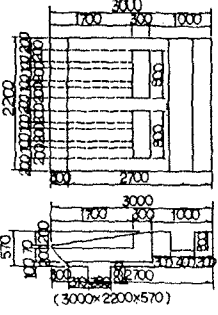


図-12 鉛直ほぞタイプ

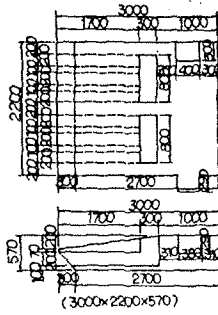


図-13 水平ほぞタイプ

表-3 安定実験結果(規則波)

ブロック形状	基本タイプ						水平ほぞタイプ						垂直ほぞタイプ					
	無孔			有孔			無孔			有孔			無孔			有孔		
	波高(m)	周期(sec)	1.0	1.5	2.0	2.5	1.0	1.5	2.0	2.5	1.0	1.5	2.0	2.5	1.0	1.5	2.0	2.5
H = 1.5 (T = 0.7s)			○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H = 1.5 (T = 1.0s)			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
H = 1.5 (T = 1.5s)			△	△	△	△	△	△	△	△								

4-2. ブロック形状の再検討

ブロック形状の見直しには、消波機能を損なわない形状とすることを基本に、1次実験で発生した移動(被害)状況および現地での施工性にも着目し、図-14~図-16に示すようなブロック形状を選定した。

ブロック前部の通水孔の開口率(15%)は、当初のままとし、コンクリート打設を容易にするため通水孔は1ホール型とした。また、波に呼応した先端部の動揺に抵抗させるため、ブロック下面のかみ合わせ部分を大きくとった。さらに、遊水室を大きくとることによって、より大きな消波効果をねらった形状とした。据付マウンドは、当初階段状であったものを1:3の一樣斜面として、これに合わせたブロック下面処理とした。このことにより、ブロック荷重がブロック前段側に加わり、安定性と施工性の向上が計れるのではないかと考えた。

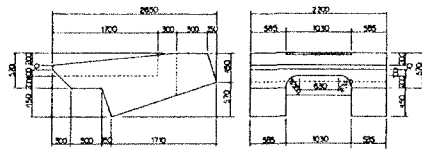


図-14 6 t 型ブロック(タイプ a)

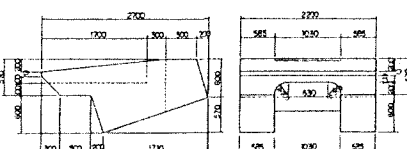


図-15 7 t 型ブロック(タイプ b)

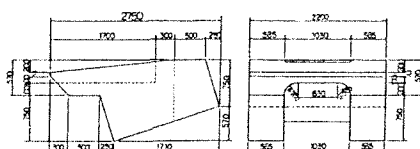


図-16 8 t 型ブロック(タイプ c)

4-3. 2次の安定性実験

4-3-1. 実験概要

2次の安定性の水理実験は、消波機能に関する実験と同様に2次元不規則波造波水路を用い、模型縮尺を水路の造波特性より $1/r=1/30$ として、1:3の一樣斜面勾配上で重量を変化させた3タイプのブロックについて、安定性の水理実験を行なった。実験は、予備実験、基本実験、確認実験の順に行なった。

4-3-2. 実験ケースと内容

① 予備実験

予備実験では、図-17に示す断面で6 t 型(aタイプ)のブロックを用いて、基本実験に移る際のブロックの据付段数を定めるため、打上高の無次元量 R/H_0 (打上高/波高)を把握すべく波高と周期を変化させて9ケース行なった。

この結果、打上高は、波形勾配の増加にともなって減少傾向がみられたが、 $0.9H_0 \sim 1.3H_0$ の間にあって、平均打上高を $1.1H_0$ として基本実験での据付段数の基礎資料とした。

② 基本実験

基本実験は、各ブロックの安定性と当該施設の設計波に対して最適なブロック重量を抽出するため、波高および周期を変化させ、規則波、不規則波について計46ケース行なった。なお、ブロックの天端高は、予備実験より得た平均打上高 $1.1H_0$ を基本に、波高2.5m以下までは $1.1H_0$ 、波高3.0m以上で $1.0H_0$ とした。

③ 確認実験

確認実験は、基本実験で抽出したブロックを用いて、当該施設の決定断面(図-18)において、設計波($H_{1/3}=1.9m$, $T_{1/3}=5.5sec$)をもって不規則波により6ケースについて安定性の確認を行なった。また、消波機能(反射率、越波流量)を再確認するため、併せて実施した。

表-5 基本実験ケース

ケース	設置位置			階段状ブロック		設置特性		
	水深cm(a)	水位cm(a)	海底勾配	1/17, 重量	断面勾配	波種類	周期sec	波高cm(a)
A1-1							0.91	3.3(1.0)
2							6.0	8.7(2.0)
3							10.0(3.0)	10.0(3.0)
A2-1	-33.3	8,140.0	1/30	a	1/3	規則	0.91	3.3(1.0)
2	(-10.0)	(10.0)		222g			6.0	8.7(2.0)
3				(6t)			10.0(3.0)	10.0(3.0)
4							13.3(4.0)	13.3(4.0)
5							16.7(5.0)	16.7(5.0)
6							18.3(6.0)	18.3(6.0)
7							20.0(7.0)	20.0(7.0)
B1-1							0.91	3.3(1.0)
2							6.0	8.7(2.0)
3							10.0(3.0)	10.0(3.0)
B2-1	-33.3	8,140.0	1/30	b	1/3	不規則	0.91	3.3(1.0)
2	(-10.0)	(10.0)		222g			6.0	8.7(2.0)
3				(6t)			10.0(3.0)	10.0(3.0)
4							13.3(4.0)	13.3(4.0)
5							16.7(5.0)	16.7(5.0)
6							18.3(6.0)	18.3(6.0)
7							20.0(7.0)	20.0(7.0)
C1-1							0.91	3.3(1.0)
2							6.0	8.7(2.0)
3							10.0(3.0)	10.0(3.0)
C2-1	-33.3	8,140.0	1/30	b	1/3	規則	0.91	3.3(1.0)
2	(-10.0)	(10.0)		261g			6.0	8.7(2.0)
3				(7t)			10.0(3.0)	10.0(3.0)
4							13.3(4.0)	13.3(4.0)
5							16.7(5.0)	16.7(5.0)
6							18.3(6.0)	18.3(6.0)
7							20.0(7.0)	20.0(7.0)
D1-1							0.91	3.3(1.0)
2							6.0	8.7(2.0)
3							10.0(3.0)	10.0(3.0)
D2-1	-33.3	8,140.0	1/30	b	1/3	不規則	0.91	3.3(1.0)
2	(-10.0)	(10.0)		261g			6.0	8.7(2.0)
3				(7t)			10.0(3.0)	10.0(3.0)
4							13.3(4.0)	13.3(4.0)
5							16.7(5.0)	16.7(5.0)
6							18.3(6.0)	18.3(6.0)
7							20.0(7.0)	20.0(7.0)
E1-1							0.91	3.3(1.0)
2							6.0	8.7(2.0)
3							10.0(3.0)	10.0(3.0)
E2-1	-33.3	8,140.0	1/30	c	1/3	不規則	0.91	3.3(1.0)
2	(-10.0)	(10.0)		300g			6.0	8.7(2.0)
3				(8t)			10.0(3.0)	10.0(3.0)
4							13.3(4.0)	13.3(4.0)
5							16.7(5.0)	16.7(5.0)
6							18.3(6.0)	18.3(6.0)
7							20.0(7.0)	20.0(7.0)

注) ダッシュケースは、静水面上ブロック高さ R を $1.0H_0$ とした場合、その他は、 $1.1H_0$ とした場合。
() 内は、現地値。

表-6 確認実験ケース

ケース	設置位置			階段状ブロック		設置特性		
	水深cm(a)	水位cm(a)	海底勾配	1/17, 重量	断面勾配	天端高cm(a)	波種類	周期sec
A1	-30.0	8,140.0	1/30	a	1/3	+15.7(+4.7)	規則	1.0(5.5)
2	(-9.0)	(10.0)		222g		+15.7(+5.0)	不規則	1.0(5.5)
B1	-30.0	8,140.0	1/30	a	1/3	+15.7(+4.7)	規則	1.0(5.5)
2	(-9.0)	(10.0)		222g		+15.7(+4.7)	不規則	1.0(5.5)
C1	-30.0	8,140.0	1/30	a	1/3	+15.7(+4.7)	規則	1.0(5.5)
2	(-9.0)	(10.0)		222g		+15.7(+4.7)	不規則	1.0(5.5)
3								

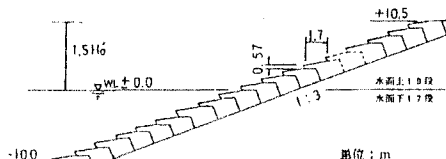


図-17 予備, 基本実験断面

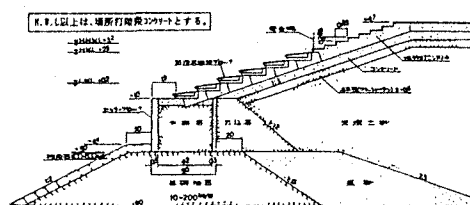


図-18 確認実験断面

4-3-3. 実験結果

① 基本実験

規則波による実験では、各ブロックとも被害は全くみられない状況となった。ただし、ブロックの動揺は、 $H_{1/3}=3.0\text{m}$ 以上となると僅かにみられたが、1次実験のような大きな動揺は全体を含めみられなかった。

不規則波による実験では被害が発生する波高は、6 t型(タイプa)で $H_{1/3}=2.5\text{m}$ 、7 t型(タイプb)で $H_{1/3}=3.0\text{m}$ 、8 t型(タイプc)で $H_{1/3}=3.5\text{m}$ となった。この結果を図-19に示す。

また、ブロック天端高と波形勾配の関係は、波形勾配 $0.04\sim 0.06$ 範囲内を前提として天端高が $1.0H_0$ と $1.1H_0$ の間で安定と被害の境界が現れた。したがって、このブロックでは、 $1.1H_0$ 以上のブロックの据付け段数を確保すれば安定域であるといえる。

被害率0%における移動限界波高より求めた K_D 値は、ブロックの重量にあまり影響されず、今回のブロック形状では、 1.0 程度という結果を得た。

② 確認実験

確認実験の使用ブロックは、基本実験より選定した6 t型(タイプa)をもって実施した。

この結果、移動限界波高は、 $H_{1/3}=2.3\text{m}$ (7.7cm)となり、当該施設の使用ブロックは6 t型で満足することが確認できた。

反射率は、 $H_0/L_0=0.044$ (当該施設的设计条件下)で 0.23 となった。

また、天端高と越波流量の関係は、静水面より天端までの高さを hc とすると、図-20に示すような関係が得られた。

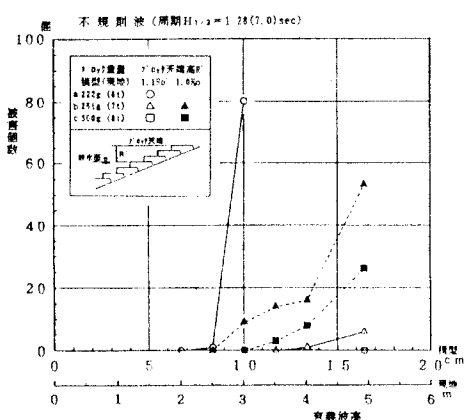


図-19 被害個数と波高(基本実験)

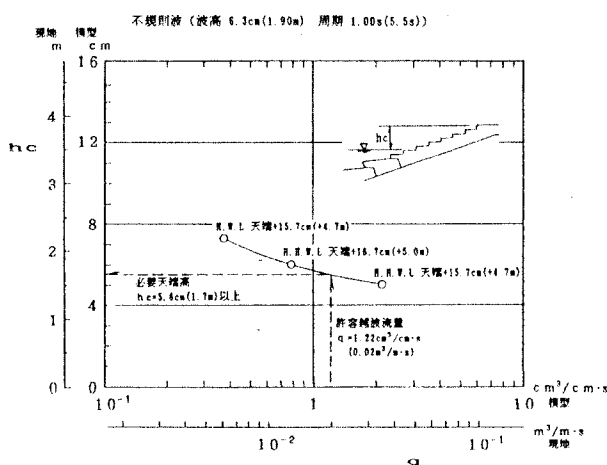


図-20 天端高と越波流量の関係(確認実験)

5. おわりに

第三港湾建設局において開発した消波式階段護岸ブロックについて、このブロックのもつ水理特性の検討を重ねてきた。機能性(低反射かつ低越波)と安定性という相反する事項について、ブロック形状の見直しなど試行錯誤を行ないながらも所要的设计条件を満足することができ、今回の検討が、親水性施設という新しい取組みの中で今後増えるであろう同様のニーズに対して1つの足掛かりになるのではないかと考えている。

なお、今後の課題として、ブロックの製作におけるコンクリートの打設方法、あるいは型枠の分割方法など施工法について、また、親水性施設として高次の景観性をそなえたデザイン設計等について検討を進めていく予定である。

最後に、今回の実験、検討において、ご協力をいただいた関係各位に深謝を表し、引き続きご協力をお願いする次第である。

<参考文献>

- 1) 運輸省第三港湾建設局：高松港玉藻地区景観形成計画について、ウォーターフロント開発シンポジウム講演論文集，1992
- 2) 合田、鈴木ほか：不規則波実験における入反射波の分離測定法，港湾技研資料，No. 248，1976
- 3) 合田：防波護岸の越波流量に関する研究，港湾技術研究所報告，第9巻，第4号，1970
- 4) 合田、岸良：不規則波による低天端型護岸の越波特性実験，港湾技研資料，No. 242，1976
- 5) 谷本、富田、村永：水路における不規則波の再反射波の影響について，港湾技研資料，No. 467，1983