

層積に適した新しい消波ブロックの安定性等に関する実験的研究

大阪市立大学大学院	学生会員	坪井 研
大阪市立大学大学院	学生会員	前川 雅俊
日建工学株式会社	正会員	松下 紘資
日建工学株式会社		徳永 誠之
大阪市立大学大学院	正会員	重松 孝昌

1. 目的

大水深域における防波堤の築造や設計波の見直しに伴って、経済的で高い耐波安定性を有する消波ブロックが求められている。写真-1(a)に示す左右非対称な高耐波安定消波ブロックは、通常の放射型消波ブロックの2倍程度の高い安定性を有していることが報告されており(安田ら, 2009), ブロック重量の大幅な軽減が期待される。この非対称型ブロックは乱積に適しているが、施工にあたっては層積み施工が求められることが少なくない。そこで、本研究では、写真-1(b)に示すような左右対称型の層積みに適した新型ブロックを開発し、水理模型実験を実施して、その耐波安定性及び消波性能について検討した。

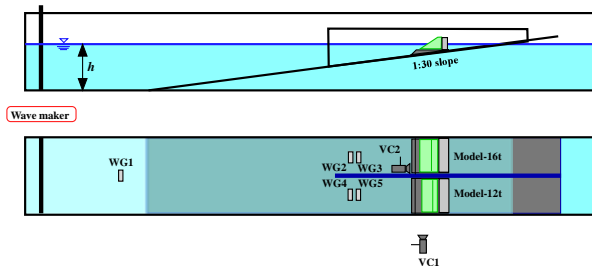
2. 実験方法および条件

実験は、大阪市立大学所有の長さ 50m, 幅 1m, 高さ 1.5m の中型 2 次元造波水路を用いて行った。図-1 に示すように、水路中に設置された勾配 1/30 の斜面上にマウンドを形成して、その上に不透過ケーソン模型を設置し、その前面に法面勾配 1:1.5 を有する新型ブロック模型で被覆した。模型配列は、層積にと乱積の 2 種類とした。模型はコンクリートで作製し、その比重 S_r は 2.3 であった。ブロック模型は、図-2 に示す 2 種類で、模型縮尺を 1/50 と想定すれば、

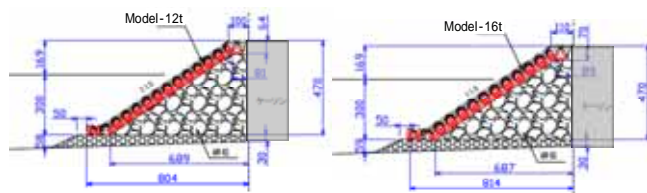


(a) 非対称型 (b) 対称型

写真-1 高耐波安定消波ブロック



(a) 概観

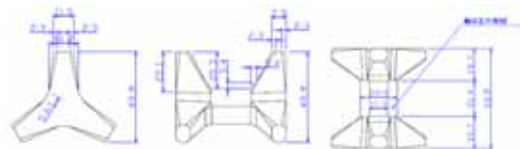


(b) 被覆諸元

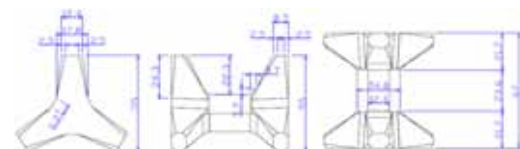
図-1 実験概要

現地で 12t および 16t 程度の重量となる。

マウンド法先水深を 0.35m, ブロック被覆の法先水深を 0.30m とし、表-1 に示すような Bretschneider・光易型周波数スペクトルを有する不規則波を対象として実験を行い、1000 波を作用させて安定性の検討を行った。いずれのケースも、波が模型堤体に作用



(a) Model-12t



(b) Model-16t

図-2 対称型高耐波安定消波ブロック模型諸元

表-1 実験条件

	波形勾配 ($H_{1/3}/L$) ₀	沖波波高(m) ($H_{1/3}$) ₀	堤前波高(m) $H_{1/3}$	沖波周期(s) ($T_{1/3}$) ₀	
層積	Case - 1-1	0.04	0.123	0.12	1.38
	Case - 1-2	0.03	0.123	0.121	1.67
	Case - 1-3	0.04	0.150	0.146	1.68
	Case - 1-4-1	0.02	0.087	0.080	1.93
	Case - 1-4-2	0.02	0.093	0.086	1.93
乱積	Case - 2-1	0.04	0.123	0.121	1.39
	Case - 2-2	0.04	0.123	0.131	1.39
	Case - 2-3	0.04	0.149	0.156	1.67
	Case - 2-4	0.02	0.107	0.107	1.92
	Case - 2-5	0.03	0.153	0.152	1.92
	Case - 2-6	0.02	0.124	0.121	2.09

するまでは碎波しなかった。

3. 実験結果

写真-2には層積および乱積されたブロック被覆状況を示した。層積においては、比較的小さい波高では模型が全く動かなかったため、碎波しない程度の最大波 (Case_1_3) を作用させたが、それでも被害はまったくなかった。これは、上下左右とも規則的にブロックに挟まれているため、複雑な流体力が作用してもブロックの運動が抑制されるためであると考えられる。

乱積の場合について、高橋ら(1998)に倣って次式に基づいて安定数 N_s を求めた。ただし、碎波効果係数 C_H は1としている。

$$N_s = H_{1/3} / ((S_r - 1) D_n) = C_H \{ a (N_o / N^{0.5})^c + b \} \dots\dots (1)$$

波高 $H_{1/3}$ とブロック代表径 D_n より求めた安定数 N_s と、被災度 N_o を波数 N の 1/2 乗で割った値 $N_o/N^{0.5}$ との関係を図-2に示す。図中の実線は、係数 c を 0.2 として係数 a および b を最小 2 乗法により求めたもので、破線は、 $a=2.33$ (乱積タイプの係数)、 $c=0.2$ として b を求めたものである。

$$\text{実線: } N_s = C_H \{ 0.94 (N_o / N^{0.5})^{0.2} + 2.58 \} \dots\dots (2)$$

$$\text{破線: } N_s = C_H \{ 2.33 (N_o / N^{0.5})^{0.2} + 2.08 \} \dots\dots (3)$$

$C_H=1$ として、 $N_o=0.3$ 、 $N=1000$ を適用して N_s を求めると、それぞれ 2.95 および 2.99 が得られた。さらに、 $N_s^3 = K_D \cot \alpha$ の関係から K_D 値を求めると 17.1、17.8 が得られる。一般的な消波ブロックの K_D 値は 8 ~ 10 程度であることを考えると、新型ブロックはそれらに比べて安定性が高いことがわかる。

ブロック近辺あるいは空隙部で激しい擾乱が発生しており、これによって高い消波効果がもたらされると期待される。表-2に、入反射波分離推定法を用いて求めた反射率の実験結果を示す。得られた反射率は、両モデルともに 0.3 ~ 0.55 程度で、両者には

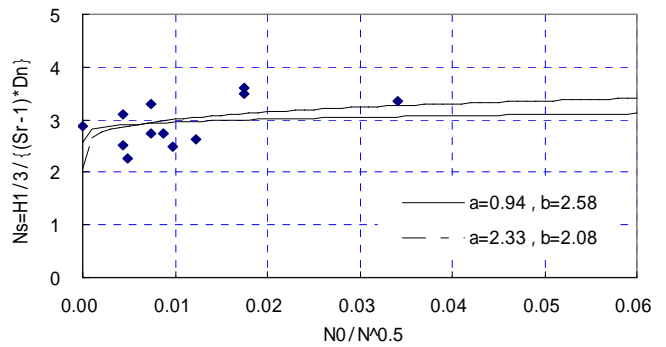


図-2 安定数と被災度の関係および近似曲線



(a) 層積 (b) 乱積

写真-2 実験状況

表-2 反射率

	反射率 K_R		
	Model-12t	Model-16t	
層積	Case - 1-1	0.342	0.327
	Case - 1-2	0.462	0.447
	Case - 1-3	0.465	0.453
	Case - 1-4-1	0.541	0.539
	Case - 1-4-2	0.523	0.523
乱積	Case - 2-1	0.340	0.312
	Case - 2-2	0.443	0.385
	Case - 2-3	0.438	0.406
	Case - 2-4	0.528	0.466
	Case - 2-5	0.540	0.482
	Case - 2-6	0.533	0.506

ほとんど差異が見られず、一般的な消波ブロックと同等あるいはそれ以上の性能を有していることが確認された。

4. おわりに

本研究では、層積に適した新しい消波ブロックについて水理模型実験を実施し、耐波安定性および消波性能を調べた。その結果、新型ブロックは、一般的な消波ブロックよりも優れていることがわかった。

参考文献

- 1) 安田誠宏, 高橋真弘, 間瀬肇, 松下紘資, 徳永誠之: 高耐波安定性消波ブロックの開発に関する実験的研究, 海洋開発論文集, 第 25 巻, pp. 587-592, 2009.
- 2) 高橋ら: 期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量 消波ブロック被覆堤の設計法の再検討, 第 1 報, 港研報告, 第 37 巻, 第 1 号, pp. 3-32, 1998.