

没水型長周期波対策マウンドに適用した有窪型消波ブロックの耐越波安定性の周期特性

日建工学株式会社 正会員○松下 紘資, 正会員 鶴江 智彦
 三省水工株式会社 正会員 平山 隆幸, 正会員 河村 裕之
 京都大学防災研究所 正会員 平石 哲也

1. はじめに

港湾の長周期波による荷役障害を軽減するための反射波対策として、田中ら¹⁾は基礎捨石で形成されたマウンドを2層の消波ブロックで被覆した没水型マウンド構造物を提案している。この消波ブロックの所要質量について、田中ら²⁾は越波に対する検討を提案しているものの、消波ブロックの種類は限定されている。そこで本研究では、異なる種類の窪みを有した放射型の消波ブロック（以下、Rブロックと記す）を適用した場合の越波に対する安定性を評価した。また、一般的には周期の長い波の方が消波ブロックの安定性は低下することから、周期を変えた実験も実施し、安定性に及ぼす影響を検証した。

2. 水理模型実験の概要

実験は、長さ50m×幅1m×深さ1.5mで反射波の吸収制御が可能な2次元造波水路を使用した。表-1に本研究で対象としたRブロックの諸元を示す。実験縮尺は1/50とし、作用波数は1000波とした。図-1に実験断面を示す。堤体や水深条件は田中ら²⁾を参考にした。港内側のマウンド構造物の天端幅は30mである。表-2に波浪諸元を示す。有義波周期 $T_{1/3}$ は10, 14, 18sの3種類とし、有義波高 $H_{1/3}$ は6.0mから8.0mまで0.25m刻みで上げていった。ブロックの被害については、実験前後の画像を比較して移動個数を計数した。なお、上記はすべて現地量である。

3. 結果と考察

(1) 安定数算定式

田中ら²⁾は被覆材の評価について、式(1)に示す高橋ら³⁾の前面被覆材の評価式に割増係数を組み込んだ式(2)を提案している。

$$N_{S(F)} = a \left(N_{0(F)} / N^{0.5} \right)^c + b \quad (1)$$

$$N_s = p \left(N_0 / N^{0.5} \right)^r + q \quad (2)$$

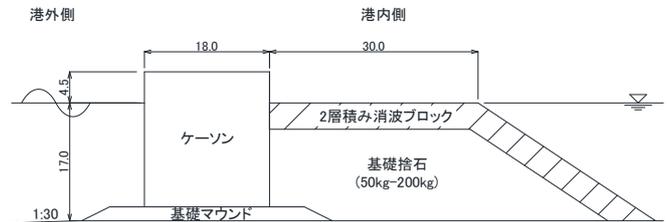


図-1 実験断面図 (単位: m)

表-1 消波ブロック模型

名称	Rブロック
斜視図	
乱積み空隙率	56.5%
模型質量	156g

表-2 波浪諸元

現地量		実験 (縮尺 1/50 の場合)	
$T_{1/3}$ (s)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{1/3}$ (cm)
10	6.0 ~ 8.0	1.41	12.0 ~ 16.0
14		1.98	
18		2.55	

ここに、 $N_{S(F)}$: 前面被覆材の安定数, N_s : 港内側のマウンド構造物被覆材の安定数, $N_{0(F)}$: 前面被覆材の被災度, N_0 : 港内側のマウンド構造物被覆材の被災度, N : 波数, a, b, c : ブロックの形状や斜面勾配によって決まる係数, p, q, r : 割増係数を考慮した係数 ($p=a \cdot k_a, q=b \cdot k_b, r=c \cdot k_c$) である。なお、本実験は堤体に波が作用するまで碎波しない条件となっているため、碎波効果係数 C_H については割愛した。

安定数の評価について、本研究でも田中ら²⁾の提案している式(2)に倣って算定することとした。

(2) 実験結果

図-2に実験結果を示す。横軸は被災度を波数の1/2乗で除した値、縦軸は N_s を表わしている。実線は、田中ら²⁾を参考に r を固定値(0.6)として式(2)より

キーワード 没水型長周期波対策マウンド, 有窪型消波ブロック, 耐越波安定性, 周期特性
 連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-10-1 日建工学株式会社 技術部 TEL 03-3344-6811

求めた近似曲線である。周期によって安定数に差が生じており、周期が長くなるほど安定数が低くなっていることがわかる。これは、同じ波高であっても周期の短いケースよりも周期の長いケースの方が1波当たりの越波する水塊の量が多く作用時間も長いことから、ブロックの被害数に差が生じたためと考えられる。したがって、実設計において没水型のマウンド構造物の越波に対する所要質量を算定する際には、前面波浪の周期に留意する必要がある。

実験結果より得られた周期ごとの安定数算定式を式(3), (4), (5)および表-3に示す。

$$T_{1/3}=10s: N_s = 13.36(N_0/N^{0.5})^{0.6} + 2.43 \quad (3)$$

$$T_{1/3}=14s: N_s = 9.86(N_0/N^{0.5})^{0.6} + 2.31 \quad (4)$$

$$T_{1/3}=18s: N_s = 5.24(N_0/N^{0.5})^{0.6} + 2.20 \quad (5)$$

上式を用いて、設計波高に対する所要質量(Hudson式で計算)を比較した結果を図-3に示す。図中には、Rブロックの堤体前面における所要質量も同時に示した($N_s=2.32$:ブロック斜面勾配1:4/3, $C_H=1.0$, $N_0=0.3$, $N=1000$ とした場合)。例えば設計波高8mにおける所要質量を見ると、 $T_{1/3}=10s$ では20tだが $T_{1/3}=18s$ では40tとなっており、2倍の差が生じることがわかる。堤体前面の所要質量との割合を計算すると、 $T_{1/3}=10s$ は0.4、 $T_{1/3}=14s$ は0.5、 $T_{1/3}=18s$ は0.8となった。よって、Rブロックを没水型マウンド構造物の被覆材に適用した場合、堤体前面に対して40%~80%の所要質量となることがわかった。

4. まとめ

本研究では、長周期波対策工法として提案されている没水型マウンド構造物の被覆材における越波に対する安定性について、窪みを有した放射形状のRブロックを適用した場合の安定性の評価と、周期の違いが安定性に及ぼす影響を調べた。その結果、周期ごとのRブロックの安定数算定式が得られた。また、周期が長くなるほど安定数が低くなることから、実設計において留意が必要であることが示唆された。今後は、前面消波工付き断面での実験を進めるとともに、周期の影響を沖波波形勾配 H_0'/L_0 でまとめ、 H_0'/L_0 を組み込んだ新たな安定数算定式を構築する予定である。

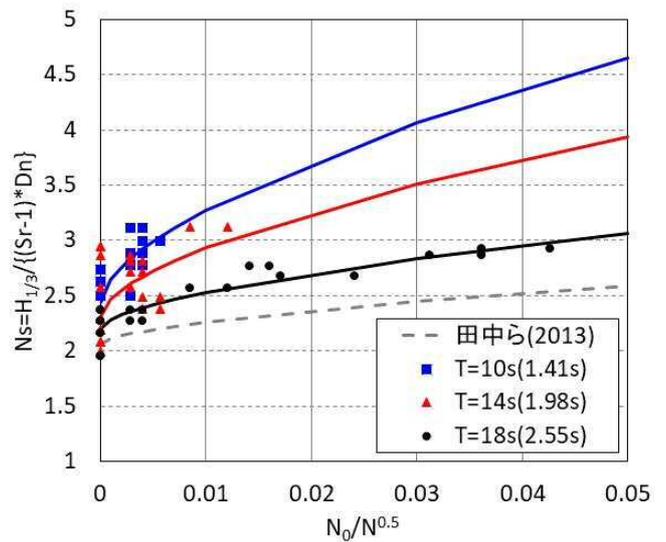


図-2 周期ごとの安定数と被災度の関係および近似曲線

表-3 安定数算定式の諸係数
(N_s は $N_0=0.3$, $N=1000$ とした場合)

$T_{1/3}$	p	q	r	N_s
10 s	13.36	2.43	0.6	3.25
14 s	9.86	2.31	0.6	2.91
18 s	5.24	2.20	0.6	2.52

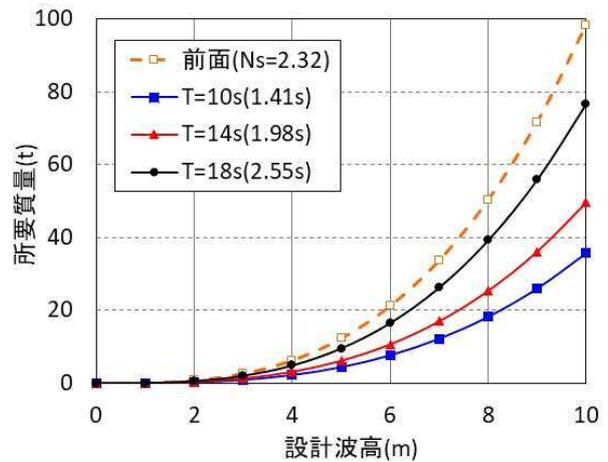


図-3 設計波高に対する所要質量の比較

参考文献

- 1) 田中真史, 松本朗, 半沢稔: 没水型長周期波対策工の消波特性に関する実験的検討, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, I_816-I_821, 2012.
- 2) 田中真史, 松本朗, 半沢稔: 混成堤背面に適用した没水型長周期波対策マウンド構造物の越波に対する安定性, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.69, No.2, I_664-I_669, 2013.
- 3) 高橋重雄, 半沢稔, 佐藤弘和, 五明美智男, 下迫健一朗, 寺内潔, 高山知司, 谷本勝利: 期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量, 港湾技術研究所報告, 第37号, 第1号, 31p., 1998.