

## 天端が静水面に位置する混成堤背面マウンド構造物の越波に対する安定実験

株式会社不動テトラ 正会員 ○田中 真史  
 株式会社不動テトラ 正会員 松本 朗  
 株式会社不動テトラ 正会員 半沢 稔

### 1. はじめに

港内長周期波による荷役障害への対策の一つとして、防波堤の港内側に設置されるマウンド形式の消波構造物が挙げられる。著者らは、天端が静水面に位置する消波ブロック二層被覆形式の没水型断面が、長周期波の反射率を既存の断面より低減できることを示した<sup>1)</sup>。しかしながら、その耐波安定性については明らかにされていない。そこで、天端が静水面に位置する混成堤背面マウンド構造物について、港外側からの越波に対する安定性を調べることを目的として、水理模型実験を行った。またこれを基に、消波ブロックの安定数算定式について考察を加えた。

### 2. 実験方法

実験には、長さ 50m、幅 1.0m、高さ 1.3m の二次元造波水槽を用いた。混成堤断面諸元は、港内長周期波対策の検討実績のある港湾の中から抽出した、一般的な 6 つの外防波堤断面の平均値とした。背面マウンド構造物は、マウンドを基礎捨石 (50~200kg/個、以下数値は全て現地量) で、被覆層を被覆石 (1t 内外) と消波ブロック (8t, 16t および 32t 型) の 2 層被覆で形成した。図-1 に検討断面図を示す。実験波は有義波周期  $T_{1/3}=14s$  の不規則波であり、有義波高  $H_{1/3}$  は 3.0m から段階的に増加させ、被災度  $N_0$  および変形レベル  $S (=A/D_n^2, A$  は侵食面積,  $D_n$  は被覆材体積の 3 乗根) を調べた。縮尺は 1/50 である。

### 3. 実験結果

図-2 に、背面マウンドを被覆石で被覆したときの断面形状の変化を示す。  $x=0$  はケーソン壁面、  $z=0$  は天端面 (静水面) である。  $x$  方向は  $H_{1/3}$  で、  $z$  方向は  $D_n$  でそれぞれ除しており、  $-2 \leq z/D_n \leq 0$  が被覆層に相当する。  $H_d$  は設計波高 7.5m である。波高によらず、ケーソンから波高の 2 倍程度離れた位置の侵食が大きいことが分かる。また、侵食の深さは  $H_{1/3}/H_d=0.80$  で被覆層を超えた。次に、被覆材別の変形レベルを

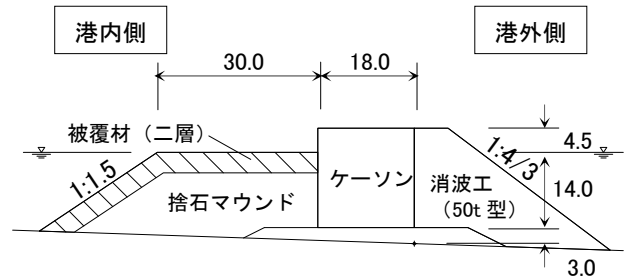


図-1 検討断面図 (現地量, 単位 : m)

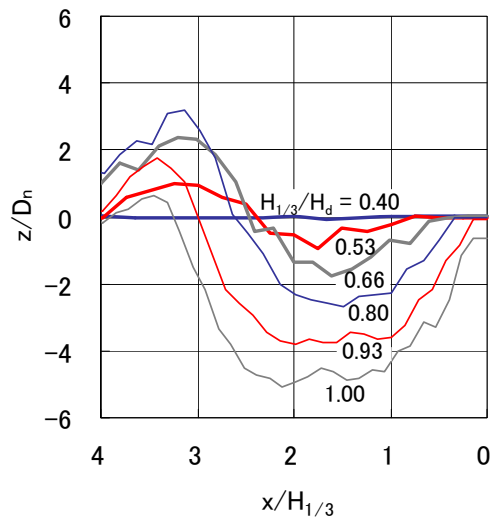


図-2 断面形状の変化 (被覆石)

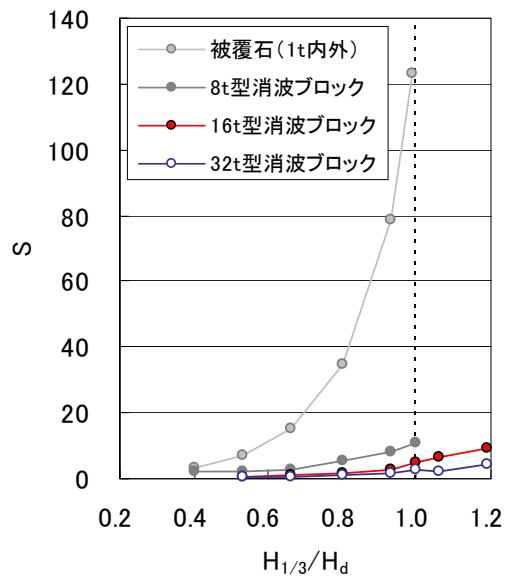


図-3 被覆材別の変形レベル

キーワード 混成堤背面マウンド, 消波ブロック, 安定数, 港内長周期波

連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町2-7 (株)不動テトラ総合技術研究所 TEL029-831-7411

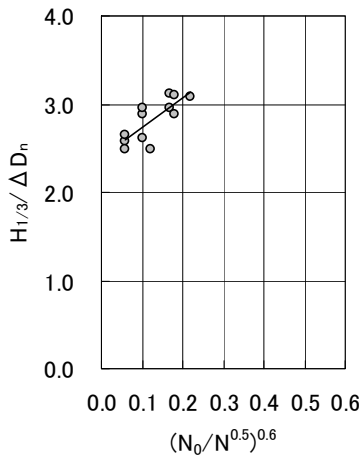


図-4 被災度と安定数の相関

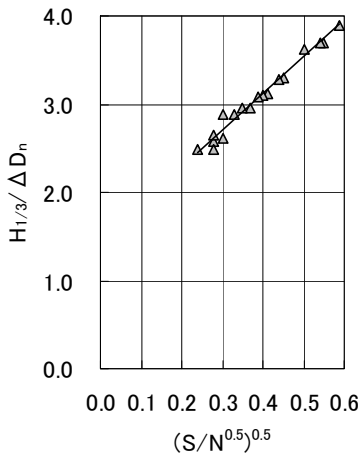


図-5 変形レベルと安定数の相関

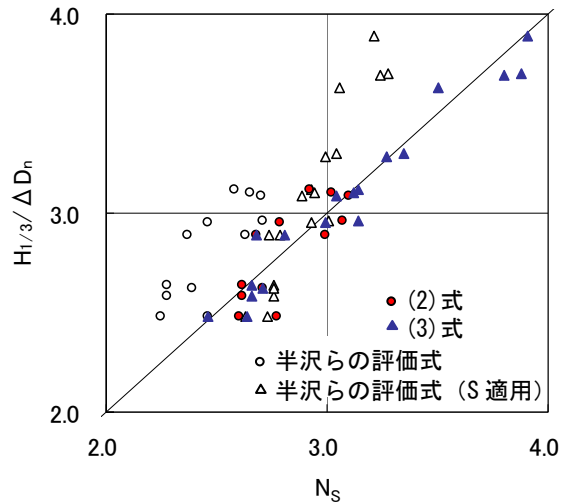


図-6 算定式と実験値の関係

図-3 に示す. 被覆石は被害の程度が大きい. 一方, 32t 型消波ブロックは設計波に対して  $S=2.52$  であり, 大きな被害は認められなかった.

#### 4. 消波ブロックの安定数算定式

越波を対象とした被覆材の安定数算定式が提案された例 (例えば, 早川ら<sup>2)</sup>) は少ない. 検討にあたり著者らは, 被覆材の安定性に関する前面の特性値は背面に直接適用できると考えた. すなわち, 背面被覆材の安定性は, 前面被覆材の安定を阻害する因子の影響が, 越波を介して低減される形で決定されるものと仮定した. 式形は多くの実績がある半沢らの評価式<sup>3)</sup>に倣い, 越波により作用する低減係数として,  $k_a, k_b, k_c$  を組み込んだ (1式).

$$N_s = C_H \left\{ ak_a \left( \frac{N_0}{N^{0.5}} \right)^{ck_c} + bk_b \right\} \quad (1)$$

ここに,  $N_s$ : 背面被覆材の安定数,  $N_0$ : 背面被覆材の被災度,  $N$ : 波数,  $C_H$ : 碎波効果係数,  $a, b, c$ : ブロックにより定まる定数である. 算定式は, 実験波および被覆材から求まる安定数  $H_{1/3}/\Delta D_n$  (ただし,  $\Delta = \rho_r/\rho_w - 1$ ,  $\rho_r$ : コンクリートの密度,  $\rho_w$ : 海水の密度) との相関が最も高い  $(N_0/N^{0.5})^{ck_c}$  を定めることにより導いた. この結果を図-4 に示す. 同様に, 図-5 は(1式)において被災度  $N_0$  を変形レベル  $S$  に置き換えたものである. 変形レベル  $S$  は計測器により測定しており, 目視観測による  $N_0$  と比べて, データのばらつきが小さい. 図-4 および図-5 から, 本実験条件における  $N_s$  算定式がそれぞれ以下のように導かれる.

$$N_s = C_H \left\{ 3.44 \left( \frac{N_0}{N^{0.5}} \right)^{0.6} + 2.38 \right\} \quad (2)$$

$$N_s = C_H \left\{ 4.13 \left( \frac{S}{N^{0.5}} \right)^{0.5} + 1.47 \right\} \quad (3)$$

図-6 に, 半沢らの前面被覆材の評価式, (2)式および(3)式と実験値の関係を示す. (2)式および(3)式を用いることにより安定数を精度よく算定できることが分かる.

#### 5. おわりに

本論文では, 天端が静水面に位置する混成堤背面マウンド構造物の越波に対する安定性について調べた. 外防波堤の一般的な条件において, 被覆石では被害が甚大であり, 32t 型相当の消波ブロックは安定であった. また, 越波により作用する低減係数を前面被覆材の安定数評価式に組み込むことで, 背面被覆材の評価の精度が向上することが示唆された. 今後は, 実験条件の拡大とこれに伴う算定式の精度の向上が課題である.

#### 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), 第 68 巻, 2012. (投稿中)
- 2) 早川哲也, 渡部靖憲, 鈴木孝信, 木村克俊, 土井善和, 工藤貴弘: 混成堤における越波水の打ち込み特性と被覆材の安定性, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp691-695, 1998.
- 3) 半沢稔, 佐藤弘和, 高山知司, 高橋重雄, 谷本勝利: 消波ブロックの安定性評価式に関する研究, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp886-890, 1995.