

II-59

消波ブロック被覆堤のブロック安定性に関する大規模3次元実験

北海道東海大学 工学部 正員 竹田英章
 北海道開発局 開発土木研究所 正員 木村克俊・須藤賢哉・水野雄三
 北日本港湾コンサルタント(株) 正員 林 倫史

1. まえがき

消波ブロック被覆堤は反射・伝達波の低減とともに耐波安定性が優れ、我が国の代表的な防波堤の構造形式のひとつである。しかしながら近年の港湾の大水深化と、それにとまう防波堤の設計波高の増大によって、消波ブロックの肥大化が設計、施工の上で問題となってきた。とくに平面的に見た防波堤の端部(堤頭部: Head)は消波ブロックが不安定になりやすい部分であり、被災事例も少なくない。現行の設計法においては、堤頭部では堤幹部(Trunk)に比べて大重量の消波ブロックを用いることを推奨しているが、その根拠は必ずしも明確ではない。

本報告では、大規模な3次元実験結果に基づいて堤頭部の消波ブロックの移動特性を明らかにし、その安定重量に関して検討するものである。

2. 消波ブロックの安定重量の基本式

消波ブロックの安定重量は、一般に以下に示すHudson¹⁾による算定式で求められる。

$$W = \frac{\gamma_r H_{1/3}^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、Wは安定重量(tf)、 $H_{1/3}$ は有義波高(m)、 γ_r はブロックの空中単位体積重量(tf/m³)、 θ は傾斜法面が水平面と成す角度、 K_D はブロックの形状および被害率によって決まる係数である。堤幹部に直角入射波が作用する条件に対しては、谷本ら²⁾が不規則波実験を行って K_D 値の変動性について検討している。

堤頭部では波が回り込むことによって、ブロックが背面側に転落する場合が多い。現状の技術基準³⁾では、堤頭部のブロック重量を堤幹部の1.5倍以上とすることが定められている。

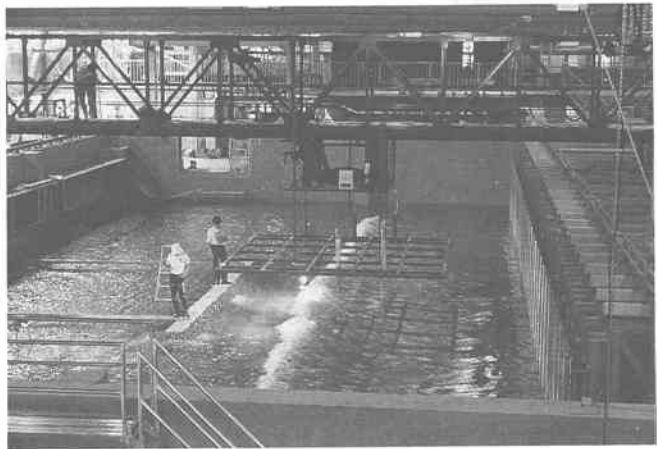


写真-1 実験水槽全景

Large-Scale 3-D Model Tests on the Stability of Concrete Blocks for Breakwaters
 by Hideaki TAKEDA, Katsutoshi KIMURA, Kenya SUDOH, Yuzo MIZUNO and Michifumi HAYASHI

観察対象としたブロック総数に対する被害個数の割合(%)で定義した。

堤幹部では島堤中央部の幅30cmの区間とし、静水面以下15cmまでを観察対象とした。堤頭部では、図-3に示すように端部から法線方向に15cmの部分(①~⑦)を観察対象とした。

4. 実験結果

(1) 消波ブロックの移動パターン

波高を徐々に大きくしていくと、消波ブロックの移動が生じてくる。写真-2は、堤頭部における消波ブロック(368gf)の移動状況を示している。写真の左が沖側で、右が港内側である。上段が $H_{1/3}=16.6\text{cm}$ 作用後、下段が19.9cm作用後の状況を示している。それぞれの被害率Dは5%および14%と計算される。堤頭部においてはケーソンの港内側の端部周辺においてブロックの移動が顕著となる傾向がある。

これに対し堤幹部では、上記のいずれの波浪条件においても、ブロックに全く変化が見られなかった。

(2) 波高と被害率の関係

前出の式(1)を用いて消波ブロックの重量から安定限界波高 H_b を求めることができる。図-4は、横軸に安定限界波高 H_b に対する作用波高 $H_{1/3}$ の比を、縦軸に被害率Dを示している。なお堤頭部については50%の重量割増を考慮して、安定限界波高を求めている。

堤幹部、堤頭部ともに、被害が $H_b/H_{1/3}$ が1.0付近で生じており、堤幹部についての式(1)の適用性と、堤頭部での重量5割増の妥当性が確認された。

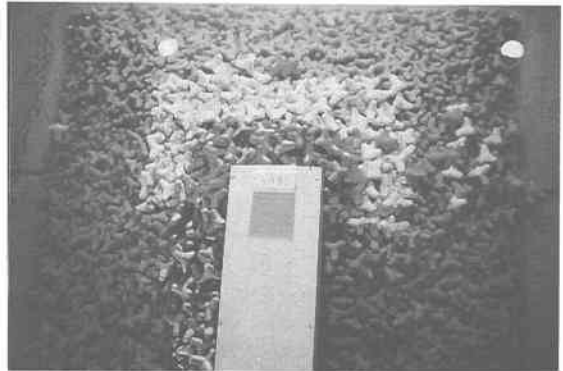
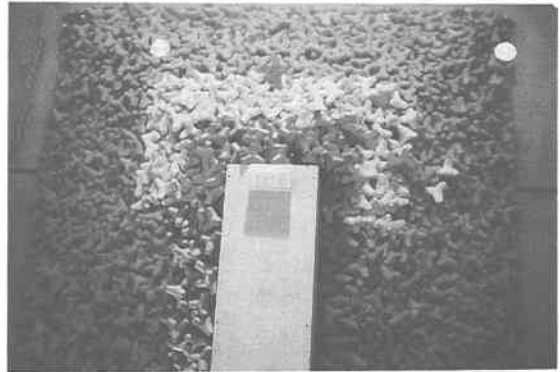


写真-2 堤頭部における移動パターン

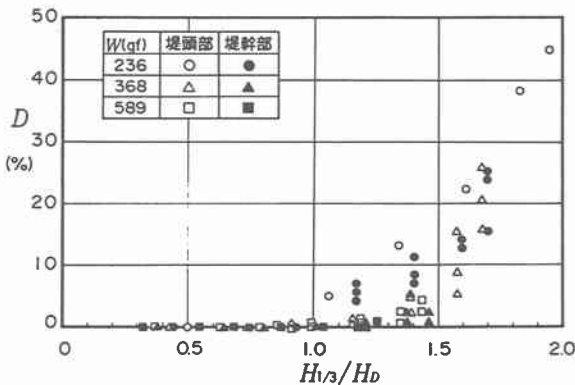


図-4 波高と被害率の関係

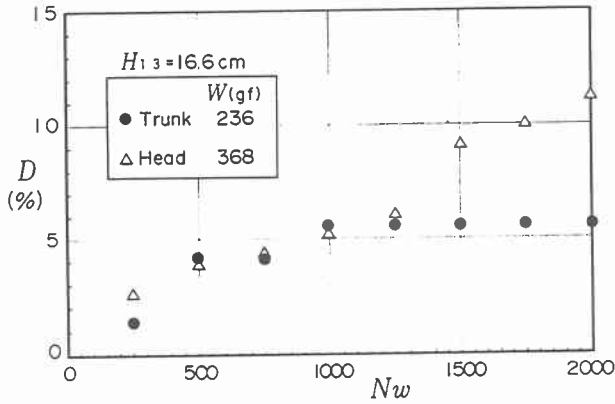


図-5 作用波数と被害率の関係

(3) 作用波数の影響

図-5は $H_{1.3} = 16.6\text{cm}$ の波群を連続して8回(合計2000波)作用させた場合の被害率の変化を示している。消波ブロック重量は堤幹部を236gfとし、堤頭部はその約1.5倍の368gfとした。作用させた波浪は、堤幹部、堤頭部ともに安定限界波高の1.17倍の波高となる。

堤幹部では作用波数 N_w が1000波を越えると被害率は変化せず、およそ5%程度で収束する。これに対し堤頭部では作用波数を増すほど被害率が大きくなる。

5. まとめ

本研究の主要な結論は以下の通りである。

- ①堤頭部の消波ブロック重量を堤幹部の1.5倍とする方式は、今回の実験条件に対しては妥当であることが確認された。
- ②堤頭部ではケーソンの港内側の端部周辺において消波ブロックの移動が顕著となる。
- ③堤頭部では堤幹部に比べて消波ブロックの被害が進行しやすい。

今後は波数と被害率の関係についてさらに実験データを加えるとともに、周期、波向き、ブロックの比重の影響などについて検討する予定である。

参考文献

- 1) Hudson, R. Y.: Laboratory Study of Rubble Mound Breakwaters, Proc. ASCE, Vol. 85, No. WW3, pp. 93 ~121, 1959年.
- 2) 谷本勝利・原中祐人・山崎一雄: 不規則波に対する消波ブロックの安定性に関する実験的考察、港湾技術研究所報告、第24巻、第2号、pp. 85~121、1985年.
- 3) 運輸省港湾局監修: 港湾施設の技術上の基準・同解説、上巻、pp. 134、1989年.