

防波堤補強に用いるカウンターウェイトブロックの耐波安定性

日建工学株式会社 正会員 ○松下 紘資
 京都大学防災研究所 正会員 平石 哲也

1. はじめに

津波や波浪に対する防波堤の新しい港内側補強工法として、間瀬ら¹⁾は図-1 に示すようなカウンターウェイトブロック（以下、CWB と記す）を提案しており、松下ら²⁾によってその効果が示されている。CWB はフレーム形状のコンクリートブロック（以下、本体ブロックと記す）の孔部に中詰め石を詰める工法で、これまでに滑動抵抗としての効果の検証実験や津波越流に対する安定性の評価などが実施されているが、CWB に直接波浪が作用する場合の安定性は確認されていない。そこで本研究では、水理模型実験を実施し、CWB 自身の耐波安定性の評価を行った。

2. 水理模型実験の概要

実験は、長さ 50m×幅 1m×深さ 1.5m の 2 次元造波水路を使用した。実験縮尺は 1/60 とした。実験断面は図-2 に示す 2 種類で、堤前水深 140mm の小断面と堤前水深 200mm の大断面である。表-1 に、本実験に用いた CWB 模型と石材の諸元を示す。CWB は、縦・横 50mm ×高さ 25mm、質量 91g の模型を使用した。CWB の配置パターンは表-2 に示す 3 種類であり、パターン 1 は 1 個の CWB を設置、パターン 2 は 2 個の CWB を横に並列、パターン 3 は 3 個の CWB を階段状に配置した。作用波浪は修正 Bretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波で、作用波数 N は 1000 波とした。実験では、1.7s と 2.2s（現地で 13.2s と 17.0s）の 2 種類の沖波周期を設定し、沖波波高を 76mm から 200mm まで（現地で 4.6m から 12.0m まで）段階的に上げていった。

3. 結果と考察

(1) 本体ブロック

本体ブロックについては、一般的な被覆ブロックと同様に式(1)に示す安定数 N_s を用いて評価した。

$$N_s = \frac{H_{1/3}}{(S_r - 1)D_n} \quad (1)$$

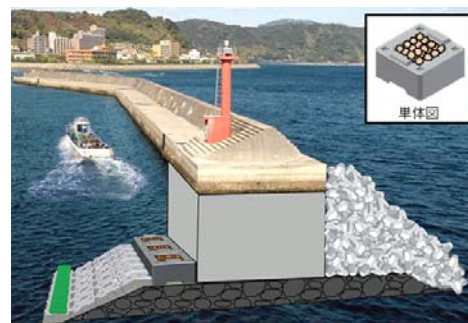


図-1 CWB の使用イメージ

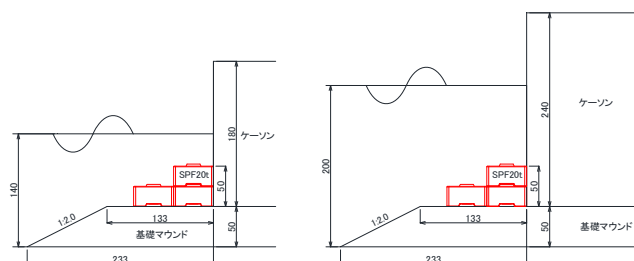


図-2 実験断面（左：小断面，右：大断面）

表-1 CWB 模型および石材の諸元

種類	模型		実物	
	大きさ	質量	大きさ	質量
コンクリートフレーム	縦50mm×横50mm×高さ25mm	91g	縦3m×横3m×高さ1.5m	19.48t
中詰め石	φ2mm～5mm φ7mm	0.02g～0.15g 0.46g	φ0.15m～0.3m 0.42m	5kg～30kg 100kg
捨石マウンド	φ7mm	0.46g	0.42m	100kg

表-2 CWB の配置パターン

パターン1(CWB1個)	パターン2(CWB2個)	パターン3(CWB3個)

ここに、 $H_{1/3}$ は堤前有義波高、 S_r はコンクリートの比重、 D_n は本体ブロックの代表径である。

すべての実験において、本体ブロックの飛散は発生しなかった。これは、揚圧力等の影響を受けない孔形状が有効に働いたものと考えられる。ただし、パター

キーワード 防波堤、港内側補強、カウンターウェイトブロック、耐波安定性

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 TEL03-3344-6811

ン 2 と 3 については、高波高が堤体に衝突した直後に下向きに発生する渦流れによって、写真-1 に示すような 2mm 程度の隙間が発生した。ここでは隙間の発生を被害基準とし、安定数 N_s を算出した。図-3 に、本体ブロックの安定数 N_s と沖波波形勾配の関係を示す。いずれの配置パターンも周期が短い方が低い安定数を示しており、周期の長い波の方が安定数が低い一般的な被覆ブロックとは異なる結果となった。これは、本体ブロックの被害原因となる下向きの渦流れは比較的周期の短い波の方が発生しやすく、ブロックの移動に影響する波浪特性が異なるためだと考えられる。安定数 N_s と $R/H_{1/3}$ の関係については、有意な相関はみられなかった (R は本体ブロックの天端高)。本体ブロックの安定数 N_s については、配置パターンに関わらず、すべての結果の中で被害の発生した最小の波高より 1 つ小さい波高を安定限界値とし、3.4 とする。

(2) 中詰め石

図-4 に配置パターンごとの中詰め石流出率と $R/H_{1/3}$ の関係を示す。流出率は、孔の全高における流出量深さの割合とした。パターン 1 と 2 は、設置高さが同じであることから、流出率に差はなかった。中詰め石の大きさの違いについては、データ数は少ないものの、大きい方が流出しにくいように見受けられる。いずれの配置パターンも $R/H_{1/3}$ が小さくなるほど流出率が大きくなっている。これは、天端高が低くなることにより、波浪の影響を受けやすくなったためだと考えられる。図中の四角破線で囲った結果は、本体ブロックが被災したケースである。作用波の条件によっては、中詰め石は流出せず CWB 全体が被災する場合もあることから注意が必要である。図-4 より、中詰め石の流出が発生する条件となる場合は、何らかの流出防止策を講じる必要がある。追加実験により、中詰め石表層を 200~250kg 程度の石で被覆すると、 $R/H_{1/3}=0.7$ 程度まで中詰め石の流出を防止できることがわかった。

4. おわりに

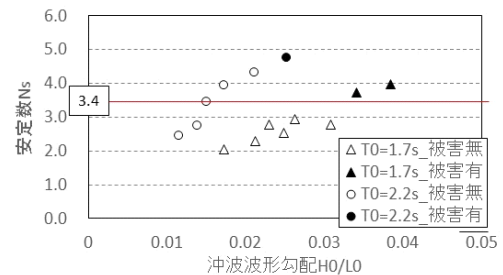
本研究では、水理模型実験により CWB に直接波浪が作用する場合の安定性能の評価を行った。その結果、本体ブロックの安定数 N_s と中詰め石の流出限界が得られた。

参考文献

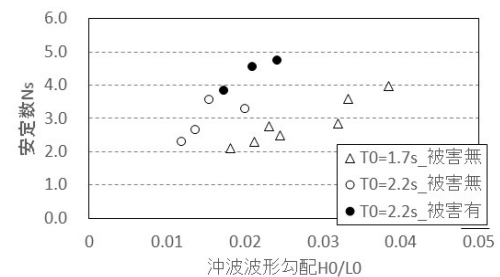
- 1) 間瀬肇, 平石哲也, 川田達也, 行本卓生, 徳永誠之, 松下紘資: 偶発波浪対策としてのカウンターウェイ



写真-1 波浪によって生じた隙間
(配置パターン 3 の例、実験後に上方から撮影)

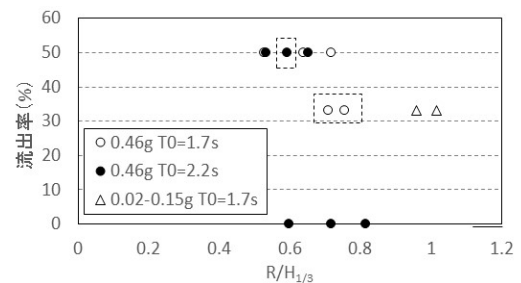


(a) パターン 2

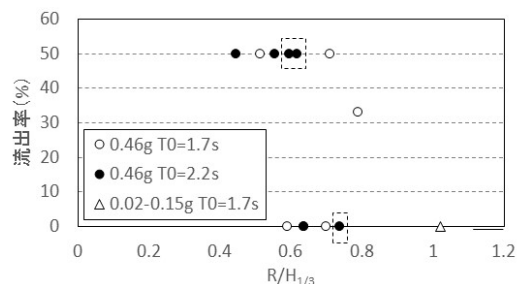


(b) パターン 3

図-3 フレームの安定数 N_s と沖波波形勾配の関係



(a) パターン 1, 2



(b) パターン 3

図-4 中詰め石の流出率と $R/H_{1/3}$ の関係

トブロックの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, pp.I_696-I_700, 2011.

- 2) 松下紘資, 平石哲也, 間瀬 肇, 岸本 治: 偶発作用に対するカウンターウェイトブロックの性能評価に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2, pp.I_468-I_473, 2014.