

津波・浸透流作用時における被覆ブロックの安定性に関する模型実験

九州大学工学部 学生会員 ○竹下修平 九州大学大学院 正会員 笠間清伸
 九州大学大学院 学生会員 井上翔太 九州大学大学院 フェロー 善功企
 九州大学大学院 正会員 古川全太郎 九州大学大学院 正会員 八尋裕一

1. 背景および目的

平成 23 年東北地方太平洋沖地震による津波により、東北地方各地の防波堤が被災し、甚大な被害が生じた。津波による防波堤の被災要因は 3 つに大別され、防波堤の前面と背面との水位差と津波波力によるケーソンへの水平力、越流と捨石マウンド内の浸透力による捨石マウンドの洗掘と抜け出し、捨石マウンド内の浸透力による捨石マウンドの支持力低下が挙げられる。なかでも捨石マウンドの洗掘・抜け出しを防ぐ対策として被覆ブロックの設置がある。本文では、被覆ブロックの重量，高さ比および間隙比（被覆ブロック体積に対する間隙体積の割合）に着目して、防波堤に來襲する津波を模擬した水理模型実験を行い、様々な条件における被覆ブロックの被害の程度を評価した。

2. 水理模型実験の概要

a) 実験条件

本実験装置は岩手県釜石湾口防波堤南堤をモデルとして、1/100 の尺度となるよう作成した。図-1 に実験装置の概略と計測器の配置図を示す。防波堤の高さ，幅および密度は，それぞれ 195 mm，185 mm および 2.03g/cm^3 である。捨石マウンドの上底，下底，および高さはそれぞれ 326 mm，2046 mm，430 mm とし，法面の勾配は 1:2 である。捨石マウンドには粒径 2 mm～35 mm の砕石を使用した。被覆ブロックは，中空円筒形状とし，捨石の上に 1 層積みで設置した。実験に用いた被覆ブロックの形状を図-2 に，ブロックの諸元を表-1 に示す。各ブロックを比較検討しやすくするため，外径 R と高さ H の比（本文では高さ比 H/R と呼ぶ）および間隙比 e を揃え，重量のみを変化させて 3 種類作成した。さらに図-2-b)，図-2-c) に示すように配置方法を変えることで間隙比を変化させた。

b) 実験方法

実験では水中ポンプにより防波堤の前後に水位差を発生させることで津波による越流・浸透流を再現した。時間ごとに水位差を増加させ，最大値を 135 mm とした。図-1 に示す流速計で越流する水の流速 u_1 ，水圧計で捨石マウンド内の水圧分布と動水勾配 i を求めた。ブロックの被災の程度は次式 (1) による被害率 D で決定した。

$$D = \frac{\text{被災した被覆ブロックの数}}{\text{被覆ブロックの総数}} \times 100 [\%] \cdots (1)$$

ここで，被災した被覆ブロックとは，最初の位置からブロック 1 個分以上移動したものと定義した。

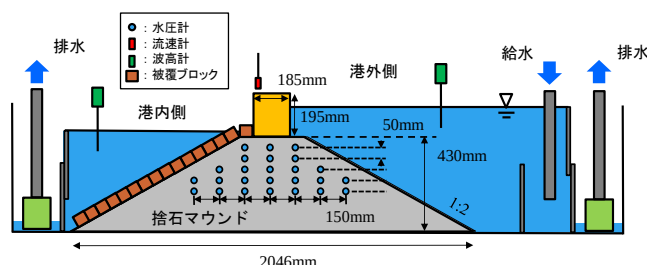


図-1 実験装置の概略と計測器の配置

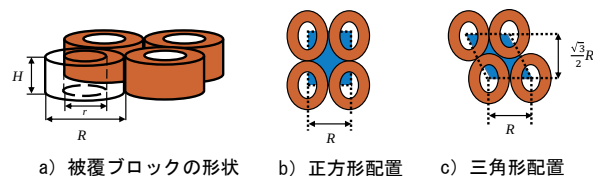


図-2 被覆ブロックの形状と配置

表-1 被覆ブロックの諸元

模型の形状		中空円筒		
重量 [N]		0.29	0.39	0.57
高さ比 H/R		1/5 ~ 1/4		
$r \times R \times H$ [mm]		15×30×7.2	18×36×7.5	20×40×9
間隙比 e	正方形配置	0.698		
	三角形配置	0.470		

3. 実験結果

本文では、重量が 0.39 N の実験結果を主に説明する。図-3 にマウンド内の水圧計から測定した過剰間隙水圧分布を示す。捨石マウンド内の間隙水圧は水平方向に滑らかに遷移することがわかる。このことより、浸透流が鉛直方向よりも、水平方向に卓越しているといえる。

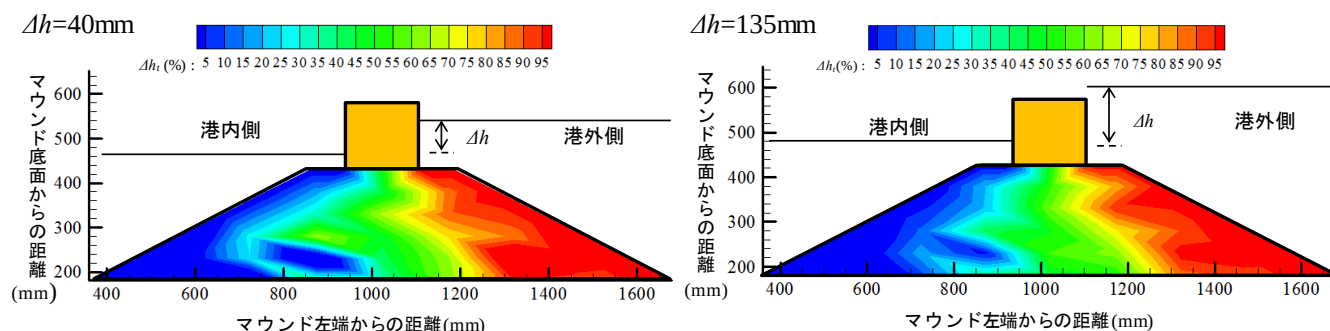


図-3 過剰間隙水圧分布 ($\Delta h=40\text{mm}$, 135mm)

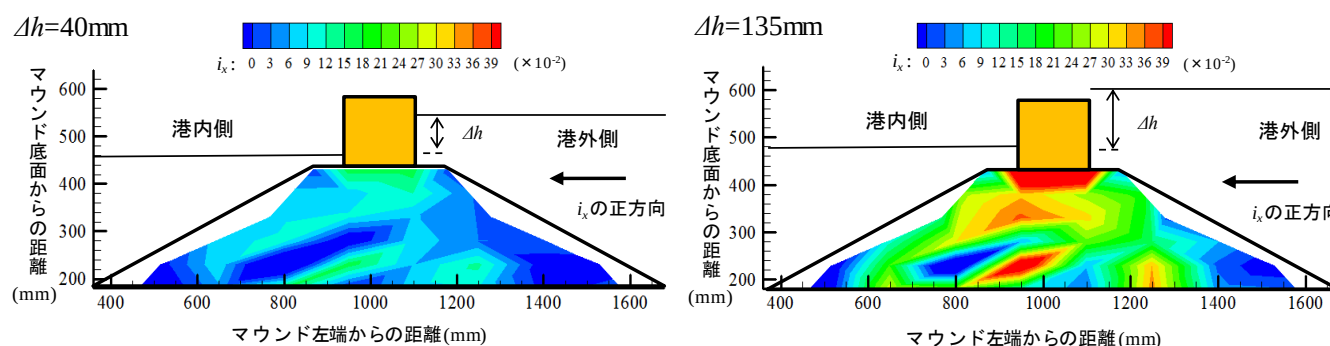


図-4 水平方向の動水勾配分布 ($\Delta h=40\text{mm}$, 135mm)

図-4 に水平方向の動水勾配分布を示す。水位差が大きくなるにつれて、防波堤直下の動水勾配は大きくなった。

写真-1 に正方形配置にした実験前後の被覆ブロックの様子を示す。ブロックの移動はほとんど確認できなかった。

図-5 に正方形配置と三角形配置における 2 回の水位差と被害率の関係を示す。被害率は全ケースで 3 % 以下となり、間隙比のより小さい三角形配置ではさらに低くなった。谷本ら²⁾の研究によると被害率が 3.5 % 以下では安定とされているため、今回の条件では被覆ブロックは安定であったといえる。



写真-1 実験前後の被覆ブロックの様子

4. まとめ

- 1) 重量 0.39 N における被覆ブロックでは、被害率が 3.5 % 以下となり安定しているといえる。
- 2) 正方形配置より、間隙比を小さくした三角形配置の方が被害は小さくなる。

(参考文献)

- 1) 井上翔太・笠間清伸・平澤充成・善功企・古川全太郎・八尋裕一：越流・浸透流を考慮した捨石マウンドの安定重量に関する水理模型実験，土木学会論集 B3 (海洋開発) Vol.71 (2015) No.2p.I, 2015
- 2) 谷本勝利・柳生忠彦・村永努・柴田銅三・合田良実：不規則波実験による混成堤マウンド被覆材の安定性に関する研究，港湾技術研究所報告，Vol.21, No.3, pp3-42, 1982

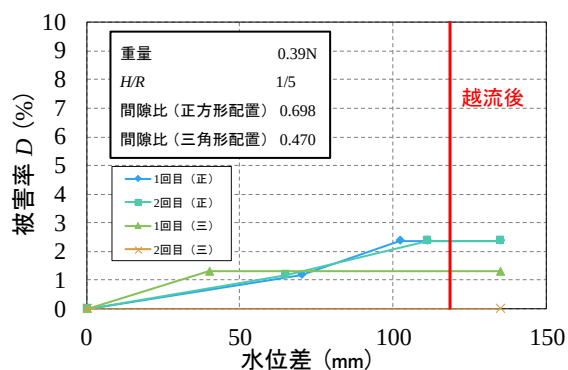


図-5 水位差と被害率の関係