九州大学 学生会員 〇宮地夏月 正会員 笠間清伸 学生会員 井上翔太 九州大学大学院 正会員 善功企 正会員 古川全太郎 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を受けた. 津波による防波堤の被災要因には(1)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, (2) 越流と捨石マウンド内の浸透流による捨石マウンドの洗掘・抜け出し,(3) 捨石マウンド内の浸透流に よる捨石マウンドの支持力低下の三つが挙げられる.これらのうち(2)の越流・浸透流による捨石マウンド 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,被覆ブロックの形状,開口率およ び配置に着目して,防波堤に来襲する津波を模擬した水理模型実験を行い,被覆ブロックの被害の程度の差を 実験的に調べることで,最適な被覆ブロックの形状と配置を検討した.

2. 被覆ブロックの作製と水理模型実験の概要

図1に実験装置の概略と測定器の配置図を示す. 釜 石湾港防波堤南堤をモデルに作成し, その縮尺は 1/100 である.防波堤のケーソン模型の大きさは, 高さ 195 mm,幅 185 mm,奥行き 190 mm でその密度は 2.03 g/cm³ である. 捨石マウンドには 2 mm~19 mm の砕石を使用 した.模型被覆ブロックは,中空円筒形状とし,平ワッ シャーを複数枚重ねて接着して作製した.模型被覆ブ ロックの形状および配置を図2に示す.外径 R と高さ H の比(本文では高さ比 H/R と呼ぶ)及び並べた時の 単位面積あたりの空隙面積の割合(本文では開口率 O と呼ぶ)を表1に実験条件のように変化させた.開口^H 率は,模型ブロックの外径を R [mm],内径を r [mm]と して,以下の式で求めた.

$$O_{\text{E}5RE} = \frac{\pi}{4} (\frac{r}{R})^2 + 1 - \frac{\pi}{4}$$
 (1)

$$O_{\pm \beta \overline{R}} = \frac{\pi}{4} (\frac{r}{R})^2 + \sqrt{3} - \frac{\pi}{4}$$
 (2)

実験では水中ポンプを用いて模型防波堤の前後で水 位差を作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大きくしていき,図1に示す流速 計で越流する水の流速 u_o,水圧計で捨石マウンド内の 水圧分布と動水勾配を求め,最終的にはブロックの被 災の程度との関係を検討した。ここでブロックの被災 の程度は,次の式(3)で計算できる被害率Dで決定し た.



表1 実験条件

模型の形状	中空円筒	
模型の重量 [N]	117.8	
模型高さ比 <i>H/R</i>	3/4, 1/2, 1/4	
模型配置	正方形配置	三角形配置
模型開口率 0	1.10~1.11	0.36~0.38
水位差 [mm]	0~160	

D= 被災した模型被覆ブロックの数 模型被覆ブロックの総数 ×100[%](3)

ここで被災した模型ブロックとは、最初の位置から ブロック1個分以上移動したものをいう.

3. 実験結果

本文では、開口率 O が 1.11、高さ比 H/R が 1/4 およ び正方形配置における実験結果を主に説明する. 模型 被覆ブロックの寸法は外径 R=22 mm,内径 r=10 mm, 高さ H=6 mm である. 実験開始前の模型被覆ブロッ クの様子を**写真 1** に示す.

図3に実験開始からの港内側・港外側の水位と模型 ケーソン上に計測した流速u。を示す.実験開始から800 秒後において防波堤の越流が開始し,徐々に越流水の 流速が増加していることがわかる.実験終了後の模型被 覆ブロックの様子を写真2に示す.特に法肩部分での 被災が大きかった. 図3

図4に港内側と港外側の水位差と被覆ブロックの被 害率の関係を示す。越流が起こる以前においても法面 上のブロックが一部滑り落ちるように移動する現象が 見られた.これは捨石マウンド内に発生した浸透流に よりブロックが浮き上がったためと考えられる.さら に,越流が生じてからは,越流水の打ち込み位置付近で 大きくブロックが被災した.

図5に水位差150mmの時の捨石マウンド内の水圧 分布を示す.浸透流と越流のため,港外側の法面付近に 極めて大きな水圧差が生じていることがわかる。

今後は,著者らが提案¹⁾する被覆ブロックの安定重量 Wをもとに,イスバッシュ係数 y_dを求め,ブロックの 形状の違いによる安定性を比較する予定である.ここ に必要な越流水のマウンド突入時の流速 u の算出方法 については,文献²⁾を参考にされたい.

〈参考文献〉

- 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 論文集 B3(海洋開発), Vol. 71, No. 2, p. I_1059-I_1064, 2015.
- キ崎賢次,三上洋史:八戸港防波堤の津波越流による港内側マウンドの洗掘と対策,仙台港湾空港技術調査事務所,2012.



写真1 実験前の模型被覆ブロックの様子



10 cm

実験開始からの港内側・港外側の水位と流速





図4 水位差と被害率の関係

