

神戸市立工業高等専門学校都市工学科	学生員	○山岡	采加
神戸市立工業高等専門学校都市工学科		三宅	雅靖
神戸市立工業高等専門学校都市工学科	フェロー会員	辻本	剛三
神戸市立工業高等専門学校都市工学科	正会員	柿木	哲哉
神戸市立工業高等専門学校都市工学科	正会員	宇野	宏司

1. 研究背景

東北地方太平洋沖地震により発生した津波により海岸構造物は倒壊等の被害が多数発生した。その要因の1つが津波の越流による陸側の洗掘であり、今後は”ねばり強い”構造が必要とされており、被覆ブロックによる構造物背後の補強が検討されている。本研究では、防波堤を想定した模型構造物を用いて、越流時の被覆ブロックの有効性を室内実験と数値計算を用いて検討する。

2. 実験概要

開水路(0.4m×12.4m×0.4m)に1/40の縮尺で作成された模型構造物(長さ10cm,高さ11cm,幅40cm)と、その背後に5mm程度の砂利の台形または直角三角形のマウンドと被覆ブロック模型(縦5cm,横5cm,厚み1.5cm)を設置した。ここで、マウンド高さd1,天端長さd2,底面長さd3と定義する。ポンプにより水を循環させて越流を継続させ、津波を再現した。越流量を徐々に増加させ、被覆ブロックが被災に至った時の越流水深を計測した。被覆ブロックの被災基準は、断面から脱落したもの、あるいはブロック1つ分以上移動したものとした。また、流れ方向に連結した被覆ブロック(写真-1)を用いた実験も行った。構造物周辺の流速は電磁流速計で計測した。

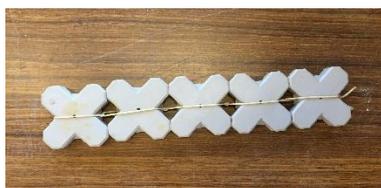


写真-1 連結ブロック

3. 実験結果

被災には①法肩または法面のブロックのはがれ②法面全体の滑落③天端と法肩の隙間からの砂利の吸い出しによるブロックの崩壊の3パターンがあった(図-1)。図-2に各マウンド条件における限界越流水深の比較を示す。d1が大きくなると限界越流水深も増加する傾向にある。d1=3m, d2=6m, d3=7.5mの断面が台形断面の中で限界越流水深が最も大きく、パターン③で被災した。d1=2mの台形断面において、限界越流水深のピークがあった。安定性の高い天端長さが存在することが示唆される。三角形断面では、流脈が被覆ブロックの法尻を越えて陸側に到達することによりマウンドが安定するが、保護されていない平坦床の洗掘が問題となるため、根本的には洗掘を防止できていない。天端幅1mと4mの模型構造物の限界越流水深の比較を図-3に示す。すべての条件において天端幅が1mの方が限界越流水深が大きかった。被覆ブロックを連結しない場合は限界越流水深が2.35mであったのに対し、連結ブロックを設置した場合は本実験の開水路で発生させることのできる限界の流量では被災に至らなかった。

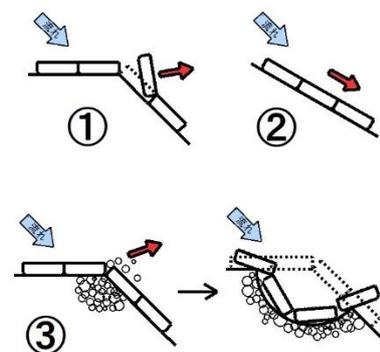


図-1 被災形態模式図

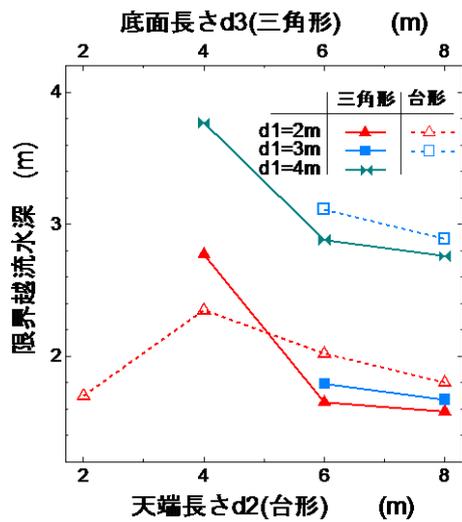


図-2 限界越流水深(現地スケール)

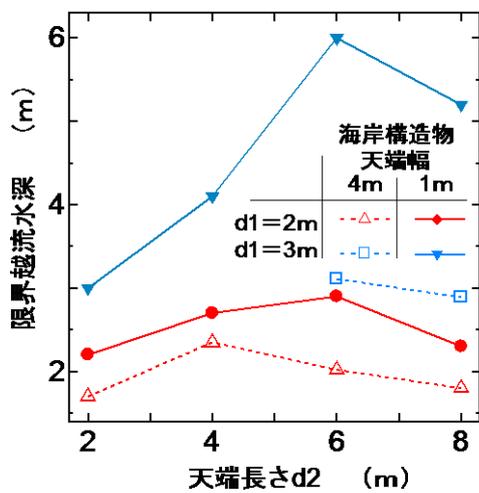


図-3 限界越流水深(現地スケール)

4. 計算概要

CADMAS-SURF/3Dを用いて数値計算を行った。構造物前面を水位上昇させる湧き出し法で越流を再現した。計算モデルは $75 \times 40 \times 5$ (cm) とし、格子間隔は鉛直、水平、奥行き方向を 1cm とした。マウンドの空隙率を 0.38 に設定し、被覆ブロックはセル毎に透過・不透過を設定して透過性を再現した。

5. 計算結果

図-4 に実験モデルでの流速ベクトルの計算と測定の結果、マウンドと被覆ブロックが不透過の計算結果を示す。不透過では天端と法面で鉛直方向の流れが再現されていないが、透過では概ね良好に再現されている。不透過では法肩付近の負圧が過大に評価されている。(図略) 図-5 に室内実験で被災パターン③のマウンド条件での圧力変動を示す。天端上

と法尻付近には正圧が、法肩付近には負圧が作用している。構造物上で越流水深が急激に減少することで水平方向の流速が大きくなり、流脈の到達位置が下流側へ移動する。(図略) マウンドと被覆ブロックの透過性を考慮することで比高に関係なく反転領域は形成されず、法面に沿って速い流れが作用する。(図略)

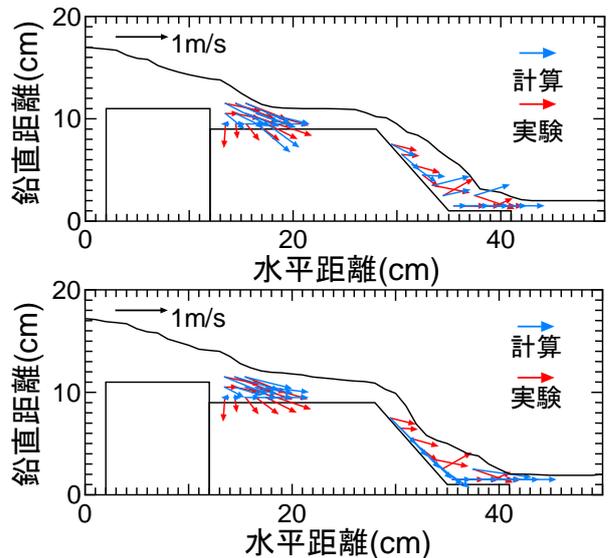


図-4 流速ベクトル(上:透過,下:不透過)

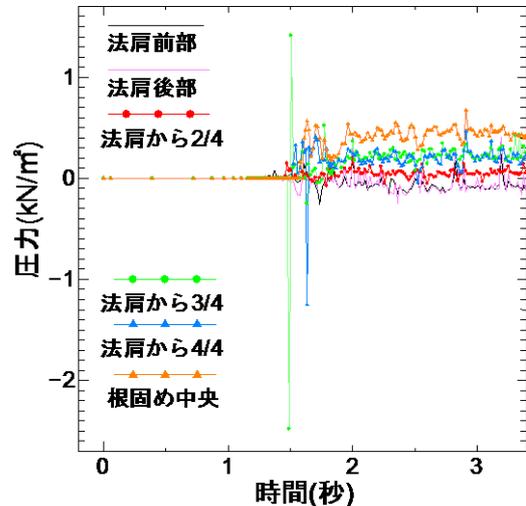


図-5 吸い出し条件時の圧力変動

6. まとめ

①被覆ブロックの被災形態は3種類あり、流脈の到達地点が関与している②被覆ブロックの剥離や滑動は流れによる流体力が原因であるが、吸出しは負圧が原因である③構造物天端が広いと安定性は低下する④被覆ブロックを連結すると安定性は向上する⑤マウンド内部の流れが法面の流れに影響するため、マウンドの透水性は考慮する必要がある