

水塊落水位置調整による防波堤被覆工の安定性向上に関する研究

長岡技術科学大学 学生会員 ○池内 正俊
長岡技術科学大学 正会員 細山田 得三

1. はじめに

東日本大震災の津波外力を受けた防波堤の調査により、防波堤が転倒し津波被害を十分に防げないことが明らかになった。これは越流水塊により港内側地盤が洗掘され、支持力を失うことが主な原因であった。対策として防波堤の耐津波設計ガイドライン¹⁾で腹付け盛土や被覆工を施すことが明示された。

この対策工の効果は近年でも多くの研究成果が挙げられている。その中でもマウンド被覆工の安定性に関する研究では、ケーソンの上部工形状や越流水塊の落水位置が影響を及ぼすことが三井ら²⁾³⁾によって示された。また、岡田ら⁴⁾によって津波越流時だけでなく、高波による越波が発生した際にもその被害が懸念されることが指摘された。マウンド被覆工が事前に被災していると、災害時に本来持つべき効果を発揮できない可能性がある。

そこで本研究では、図-1に示すような越流する水塊の落水位置を調整する機構を設け、落水位置が変化することにより被覆工の被害が軽減されるかを検証する実験を行った。

2. 模型水理実験

(1) 実験条件

本実験で使用する水路は幅 400mm、深さ 400mm の可変勾配水路(実験時勾配無し)を使用した。今回の被災を検証する実験被覆ブロックおよび実験の基準断面概要図を図-2に示す。ブロックは実スケールに直すと、0.5t 重量の被覆ブロックに相当するものである。材料はモルタルを使用した。この基準断面は K 港の防波堤の 1/110 縮尺モデルとした。実験の水位は 14cm と 12cm の 2 つとし、それぞれ K 港に

おける H.W.L.および L.W.L.に引き波を考慮した最低水位として設定した。流速計はそれぞれ天端から 1cm の高さとし、構造物後端部の位置に設置した。流れはポンプによる越流実験とし、10t/h から 50t/h で連続的に実験を行った。実験の状況を記録するために水路側面からビデオカメラで撮影し、後に波高・流速データと同期させて比較検証を行った。なお、再現性を検討するために各 4 断面、5 流速、2 水位のそれぞれ 2 回ずつ繰り返し実験も行った。ただし、被災により断面が崩れた実験ケースはそれ以上の流量追加は無しとした。また、被災は「被覆ブロックが飛散または大きくずれる」事例と定義した。

(2) 実験結果

断面 1 と断面 4 の実験結果を図-3に示す。実験で断面 1 を基準に+100mm,+150mm,+200mm で後端部を延長したため、着水距離、ブロック上落水距が遠方になることを確認できた。また、延長によって落水先を遠方に移動することで、断面ごとの被災が徐々

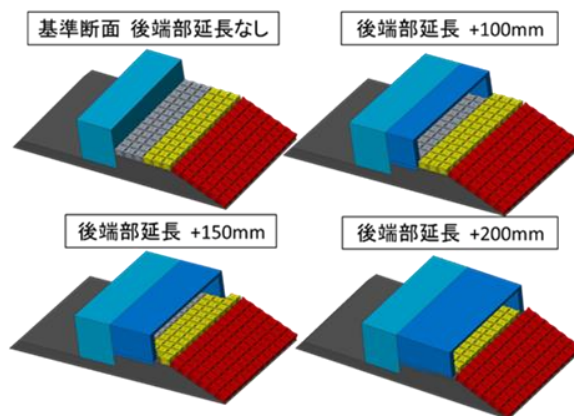


図-1 延長構造物追加検討断面

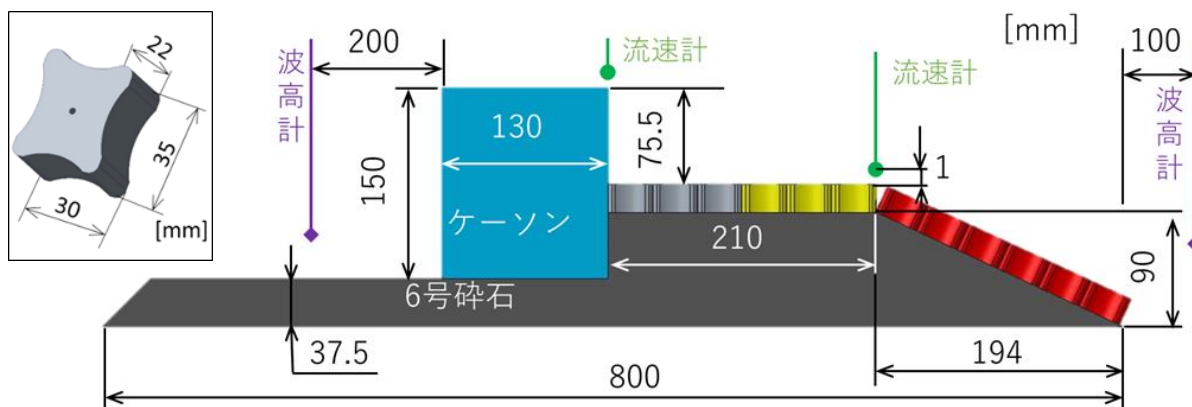


図-2 実験基準断面概略とブロック寸法

キーワード 防波堤被覆工ブロック、腹付け盛土、水塊落水位置、延長構造物

連絡先 〒940-2116 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏防災工学研究室 s153272@stn.nagaokaut.ac.jp

に減少することを確認した。また、被災箇所も天端中央から肩部・斜面へと延長を行うごとに移動した。

(3)被災の条件の考察

撮影動画から実験時の水塊着水距離と落水距離を測定した。また、実験で得られたケーソン後端部に設置している流速計の結果から、飛び出し流速 V_1 が得られている。そのため、自由落下とすれば、予想着水距離と予想落水距離が得られる。予想着水距離と落水距離、実際に計測して得られた実着水距離と落水距離の比較を図-4 に示す。結果から実験動画で得られる着水、落水距離は流速から得られる予想値と高い相関が得られているため、動画から得た測定値は使用しても問題ないと判断した。

ブロックの被災条件を検討するために、マウンド肩部流速 $EV2x$ を用いて検討したが良好な関係性を見いだせなかった。一方で水塊の落水位置を捉えられることは判明しているため、マウンド天端幅 B_M で無次元化した値を用いて評価を試みた。同時に、水位を検討する上で、式(1)のようにブロック上の水深 h_2-h_B に対してのブロックまでの落差 $H-h_B$ で無次元化した「水位占有度 δ 」を求めた。以上の2つの無次元量で評価した被災状況を図-5 に示す。

$$\delta = (h_2 - h_B) / (H - h_B) \quad (1)$$

図-5 の x 軸は 1.0 で水塊落水位置がマウンド肩部に相当することを意味している。y 軸は 0.8 で背面水位がケーソン高さの 80% まで達したという意味になる。この結果から分かるように、被災の条件として、1 つ目に水位がおおよそケーソン高さの 80% 以下になると危険になることが分かる。次に水塊の落水位置がマウンド天端幅の 1.3 倍まで到達すると、安全になることが言える。この基準値を用いて被災の条件とすることが出来る。

3. まとめ

本研究では、防波堤ケーソンの後端部に延長機構を設け、越流する水塊の落水位置を調整する断面を提案した。4 断面、3 水位の水理実験の結果から、次のことが明らかになった。後端部延長を行うことで水塊の落水位置を調整し、被害箇所が遠方になることを確認できた。全体的に水塊を遠方にするによって被災ケースは徐々に少なくなり、良好な結果を残す断面も見つめられた。

また、被災の条件を検討する上で流速は落水先の特定が困難なため現実的に使用が難しいとが分かった。一方で、水塊のブロック到達距離とブロック上の水位占有度で被災の条件を検討できる事が分かった。

謝辞: 本研究を実施するにあたり、長岡技術科学大学水圏防災工学研究室の山本浩技術職員、学生の皆様から実験の助力や助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局: 防波堤の耐津波設計ガイドライン, 30p. (参考資料Ⅲ pp.25-36), 2013.
- 2) 三井順, 松本朗, 半沢稔, 灘岡和夫: 防波堤港内側マウンド被覆材の津波越流に対する安定性照査方法の提案, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I_956-I_960, 2013.
- 3) 三井順, 松本朗, 半沢稔: イスバッシュ式の導出過程と防波堤を越流する津波への適用性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71, No.2, pp.I_1063-I_1068, 2015.
- 4) 岡田克寛ら: 防波堤腹付け被覆工に及ぼす高波越波の影響について, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.73, No.2, pp.I_997-I_1002, 2017

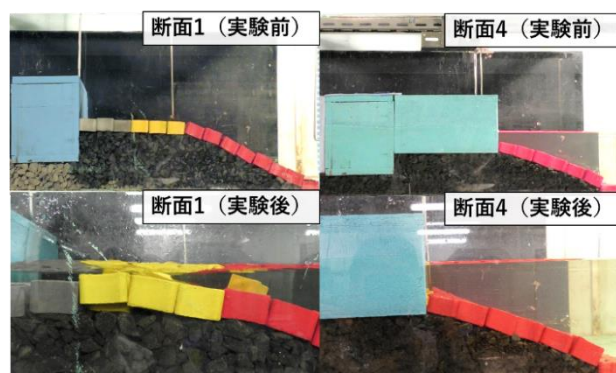


図-3 実験結果一例

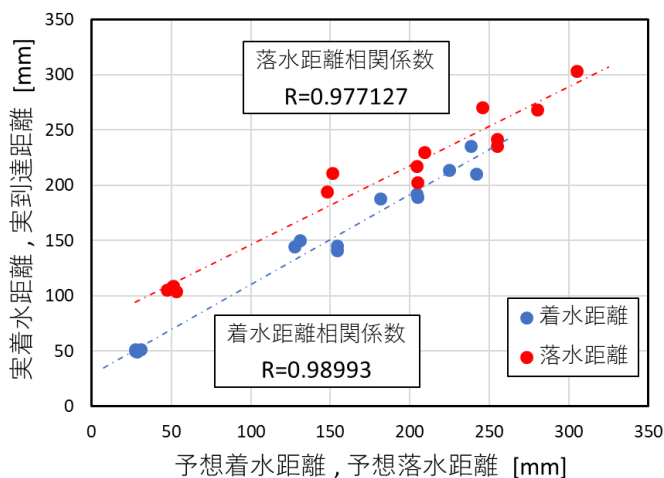


図-4 着水、落水距離の予想と実結果

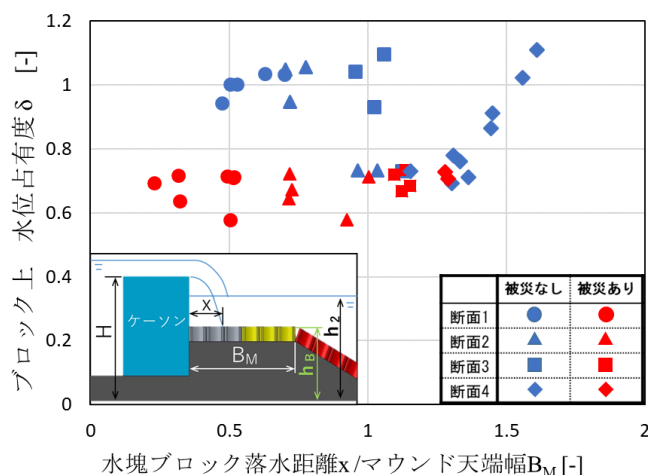


図-5 水位占有度と水塊落水位置による被災評価