消波ブロック被覆堤マウンド下部の砂地盤の侵食に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科	学生会員	○村岡 宏紀
名古屋大学大学院工学研究科	正会員	中村 友昭
名古屋大学大学院工学研究科	正会員	趙 容桓
名古屋大学大学院工学研究科	フェロー	水谷 法美

1. はじめに:消波ブロック被覆堤の消波工が設計波高よりも低い波によって沈下する被災事例の要因につい て、鈴木ら(2002)は、現地に対して 1/4 スケールとなる大型の水理実験を行い、消波ブロック被覆堤の消 波工の沈下は、消波工下部のマウンド下部から砂が吸い出されて侵食されることによって生じることが明ら かとなった.一方で、村岡ら(2018)は鈴木ら(2002)の実験に対して 1/14 となる 1/55.8 のスケールの小型 の水理実験(以下、小型水理実験と表記する)を行い、地盤材料を含む小規模な水理実験におけるスケール 効果の影響を考察した.この実験からは、マウンド下部の砂地盤の侵食が鈴木ら(2002)の水理実験と同程 度の深さに至るまでに要した時間が、Froude 則で換算した時間よりも長くなることが判明した.一方で、マ ウンド下部の砂地盤に侵食が生じた直接の要因は明らかになっていない.本研究では、小型水理実験を対象 とした数値解析を行い、小型水理実験における砂地盤の侵食の発生要因について考究する.

2. 計算領域および計算条件:中村ら(2014)が開発した3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算

モデル(three dimensional fluid-structure-seabed interaction model; FS3M)により 小型水理実験を再現し,消波ブロック被覆堤周辺とマウンド内部の流動場を検 討した.図-1に計算領域の概略図を示す.同図に示すように,高さ0.315 mの 不透過水平床を設置し,その中間部に水平床と同じ高さの中央粒径0.15 mmの 砂地盤を設置した.砂地盤の上部には,村岡ら(2018)の実験模型と同様に, 粒径11 mmの礫からなるマウンドおよび石かご,また消波ブロックとケーソン, 控方塊を設置した.このとき,表-1に示す小型水理実験の入射波のうち,周期 T=1.87 s,波高 $H_t=14.3$ cmの波を作用直後の地形を用いた.水路の後端には壁 を設置した.消波ブロックの粒径は、32トン型のものについて,体積を1/55.8 に換算し,その三乗根をとって49.6 mmに設定した.空隙率は,砂地盤,マウ ンド,石かごで0.4,消波ブロックで0.5とした.なお,本研究では被覆ブロッ クは省略した.静水深 h は 0.604 m とし,入射させる規則波の周期 T は 1.87 s, 波高 H_t は実験時において 17.9 cm を入力した際に W5 において出力された 11.0 cm とした.図-1 に示した W1 から W7 の位置で水位変動を,V1 から V3 の位 置で流速を計測した.なお,計算時間内での地形変化は考慮しなかった.

表-1 入射波条件		
周期 T (s)	波高 <i>H</i> _t (cm)	波数
0.80	3.6	200
	7.2	200
	10.8	200
	14.3	200
1.34	3.6	200
	7.2	200
	10.8	200
	14.3	200
	17.9	200
1.87	3.6	200
	7.2	200
	10.8	200
	14.3	200
	17.9	100,000



図-1 計算領域の概略図と水位,流速の計測点の位置

3. 計算結果及び考察: 図-2 に W5 における水位変動の比較を示す.図-2 から、小型水理実験の水位変動が 概ね再現されている.図-3 に W7 における水位変動の 10 波平均の時間変化について、図-4 に V1,2,3 におけ る流速の水平成分 u の 10 波平均の時間変化について、小型水理実験との比較を示す.ここで、u は沖側から 岸側の向きを正とした.図-3 より、数値解析では、小型水理実験と同様の防波堤背後への越波による、平均 水位の上昇が確認できる.小型水理実験では、防波堤背後の水位上昇に伴う水圧の上昇により、マウンド内 部には沖向きの動水勾配が生じ、沖向きの流速が発生したことが観察されている.図-4 の V2, V3 では、流 速の水平成分が負に転じており、これは小型水理実験におけるマウンド内部の沖向きの動水勾配に対応する ものと考えられる.図-5,6 に、それぞれ t/T = 27.6, 107.6 における防波堤周辺の流速場の 10 波平均を示す. ここで、同図にはそれぞれの t/T における 10 波平均の平均水位も示した.図-5,6 に見られるように、消波ブ ロック内部の砂地盤表面付近では、消波ブロック被覆堤からの反射波による戻り流れによって、常に沖向き

の流れが生じている.この沖向きの流 れはマウンド内部にも流れ込んでおり, 図-4のV1に見られるように,常に沖 向き方向の平均流速が生じている.図 -4のV2,V3の結果にみられるように, マウンド岸側内部の沖向き平均流速は t/Tの増加に伴って増加した.この流れ は,図-6に見られるように,最終的に マウンド沖側の流れと合体して,マウ ンド内部全体に対して沖向きの流れが 発生した.小型水理実験におけるマウ ンド下部の地盤侵食の要因はこの沖向 きの流れによって生じたと考えられる. 4. おわりに:本研究では,村岡ら

(2018)が行った小型水理実験の再現 計算を行い,砂地盤の侵食の発生要因 について考察した.その結果,防波堤

の(1) マウンド内部の沖側では常に沖向きに平均の流れ が生じていること,(2) 岸側では越波による水位の上昇 に伴う沖向きの流れが生じていること,(3) この岸側の 沖向き流れは,最終的に沖側の流れと合体し,この流れ がマウンド下部の砂地盤に侵食を生じさせた可能性が確 認された.以上の詳細は講演時に発表する.

参考文献: [1] 鈴木ら (2002): 砂地盤の吸い出しと消波 ブロック被覆堤のブロックの沈下被災について -現地 調査と大規模実験-,港湾技術研究所報告,第41巻,第 1号, pp. 51-89. [2] 村岡ら (2018): 消波ブロック被覆 堤マウンド下部の砂地盤の侵食と石かごが与える影響に 関する実験的研究,土木学会論文集 B1 (水工学),74巻 5号, pp. I_595-I_600. [3] 中村ら (2014):海岸堤防を越 流する津波と裏法尻の洗掘に関する数値解析,土木学会 論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. I_516-I_521.









図-6 t/T=107.6 における流速場の 10 波平均