

津波越流による海岸堤防被覆ブロックの被災に関する一考察

名古屋大学 学生会員 ○ 峯浦 亮 名古屋大学 正会員 中村 友昭

名古屋大学 フェロー 水谷 法美

1. はじめに：2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震津波以降，津波作用時における海岸堤防の被災メカニズムの解明と共に，施設の効果が粘り強く発揮できるような構造の開発は急務とされている．現在までに，津波による海岸堤防の被災に関する研究は多くなされているものの，コンクリートブロックで被覆された海岸堤防について，ブロックに作用する波圧の変化，地盤内の間隙水圧の変化，海岸堤防背後の洗掘に着目して，その被災機構を詳細に検討した研究は数少ない．本研究では，水理模型実験を行うことで，コンクリートブロックで被覆された海岸堤防を対象に，津波を作用させた時の被災機構について検討する．

2. 実験概要：実験には，図-1 に示す片面ガラス張り 2 次元造波水路（長さ 25 m，高さ 0.9 m，幅 0.7 m）を用いた．同図に示すように，1/7 勾配の斜面，高さ 31 cm の水平床を順に設置して，水平床の上にアクリル製の箱（長さ 1.2 m，高さ 0.15 m，幅 0.35 m）を据え，その箱の中に砂（中央粒径約 0.34 mm）を満たすことで地盤を造成した．さらにその上には図-2 に示すように，地盤材料と同一の砂で盛土を造成して，その周囲をコンクリートブロック（長さ 3.3 cm，幅 3.3 cm，高さ 1.25

cm）で被覆した海岸堤防（縮尺 1/40）を設置した．なお，波の増幅を図るために，水路幅を徐々に狭める木製隔壁を設置した．アクリル製の箱の内部はアクリル板で二分し，水路 1 は計測機器を設置する計測用水路とした．計測項目は，水位変動・波圧・間隙水圧・洗掘形状であり，それぞれ図-2 に示す位置に設置した電気容量式波高計・小型圧力センサー・間隙水圧計・ビデオカメラを用いて計測した．海岸堤防被覆ブロックの被災については，水路 2 において海岸堤防裏法側に高速ビデオカメラを設置して，撮影を行うことにより確認した．

3. 実験条件：海岸堤防の被災に対する裏法勾配の影響を検討するために，裏法勾配を $S = 1/1.5$ ， $1/2.0$ の場合を検討した．静水深は地盤表面を静水面とする 0.46 m とし，押し波のみの長周期波 1 波（造波板のストローク 1.4 m，周期 $T = 10$ s，12 s）を入射波として作用させた．水路 1 は，計測機器を保護するために，被覆ブロックを全面固定して被覆ブロックの被災が生じないようにした．一方，水路 2 の被覆ブロックについては，固定条件を変化させた 3 ケースを実施した．具体的には，ケース 1 は全面可動，ケース 2 は洗掘による法尻部からの被災が生じない場合の被災を検討するために法尻部 3 列分のブロックのみ固定，ケース 3 はブロックが被災しない場合の洗掘形状の発達を水槽側面から撮影するために裏法固定条件とした．

4. 実験結果および考察：被覆ブロックの被災は，捲れによる被災と法面全体を滑り落ちる被災に分類された．図-3 に被覆ブロックの被災形態の定義，表-1 に各ケースにおける被覆ブロックの被災形態と被災時間を示す．なお，時間 t は計測開始時間を 0 秒とした．同表より，ケース 1 は，被災位置に差が認められるものの，被災の殆どが捲れによるものであった．一方，ケース 2 についても， $S = 1/2.0$ ， $T = 10$ s

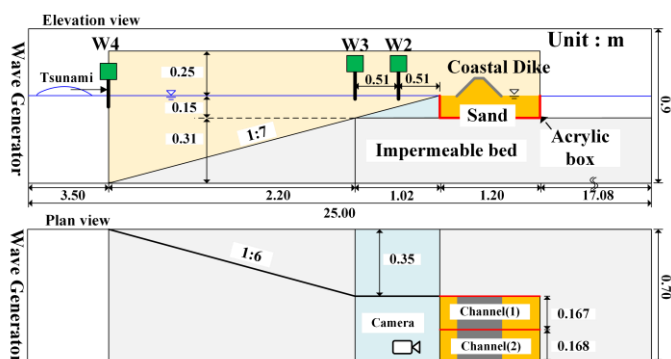


図-1 造波水路の概略図

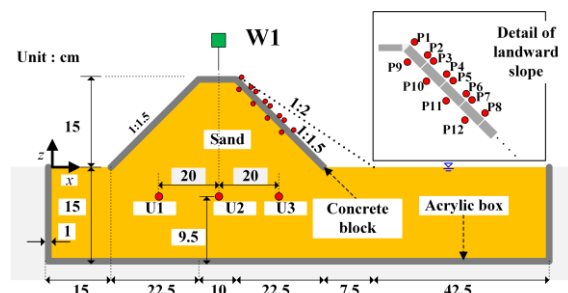


図-2 海岸堤防周辺の詳細

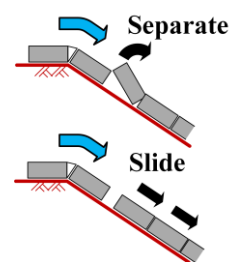


図-3 被災形態の定義

の場合を除いて捲れによる被災が確認された。これより、洗掘による被覆ブロックの支持力低下に起因する被災が生じない場合でも、捲れにより海岸堤防の被災が生じる可能性が示唆される。また、ケース2のみに着目すると、 $S = 1/1.5$ の場合の方が被災は多く生じた。これは、勾配が急になるほど、堤体方向に作用するブロックの重量による力が小さくなることが原因だと考えられる。

図-3 に $S = 1/2.0$, $T = 12$ s の場合の津波作用時の水位変動 η , 間隙水圧 p_p , 波圧 p_w の時間変化を示す。同図より、最大越流水深 0.025 m 程度の津波が作用したことが分かる。また、間隙水圧と被覆ブロック内側の波圧 (P9~P12) のピークは最大越流水深となる時間 (図-3 点線) から遅れることが確認できる。一方、被覆ブロック外側の波圧 (P1~P8) のピークは P1 を除いて最大越流水深となる時間に一致している。以上のことより、越流水深が低下し始める際には、被覆ブロック外側の波圧は減少しているものの、被覆ブロック内側の波圧は依然として増加していることから、最大越流水深となる時間を過ぎても、捲れによる被覆ブロックの被災が生じる可能性が示唆される。

図-4 に洗掘深 z_s を最大洗掘深 $z_s^{\max}$ で除した $z_s / z_s^{\max}$ の時間変化を示す。同図より、全てのケースで z_s は越流終了時刻間近の $t = 7$ s 付近で $z_s^{\max}$ に達した。また、 $t = 7$ s 以降を見ると、巻き上がった浮遊砂の沈降により z_s は小さくなる。最終的に、 $T = 10$ s と 12 s の最終洗掘深 z_s^f はそれぞれ $z_s^{\max}$ の約 0.65 倍と約 0.55 倍になると確認された。したがって、津波作用後の洗掘形状のみでは洗掘の最大規模を判断できない可能性が示唆される。

5. おわりに： 本研究では、水理模型実験を行うことにより津波越流時の海岸堤防被覆ブロックの被災について考究した。その結果、本実験の範囲内においては、ブロックの被災形態は殆どが捲れであることが確認できた。また、洗掘による法尻付近からの被災が生じない場合でも、法肩部周辺の被覆ブロックの捲れにより被災が生じる可能性が示唆された。今後は、海岸堤防背後の洗掘、被覆ブロックに作用する波圧、地盤内の間隙水圧と被覆ブロックの被災を関連付けて検討する所存である。最後に、本研究は河川砂防技術研究開発 (代表者：水谷法美) の補助を受けて行われた。ここに記して感謝の意を表する。

表-1 各ケースにおける被覆ブロックの被災形態と被災時間

$S : 1/1.5$						$S : 1/2.0$					
$T : 10$ [s]			$T : 12$ [s]			$T : 10$ [s]			$T : 12$ [s]		
Case	Run	Outflow time t [s]	Case	Run	Outflow time t [s]	Case	Run	Outflow time t [s]	Case	Run	Outflow time t [s]
1	1	4.7	1	7	5.3	1	13	4.8	1	19	5.5
	2	4.8		8	5.5		14	4.7		20	5.3
	3	4.8		9	5.3		15	4.7		21	5.2
2	4	No outflow	2	10	No outflow	2	16	No outflow	2	22	5.3
	5	No outflow		11	5.6		17	No outflow		23	No outflow
	6	4.5		12	5.3		18	No outflow		24	No outflow

	Outflow location		
	Around top	Around toe	Wide range
Separate			
Slide			

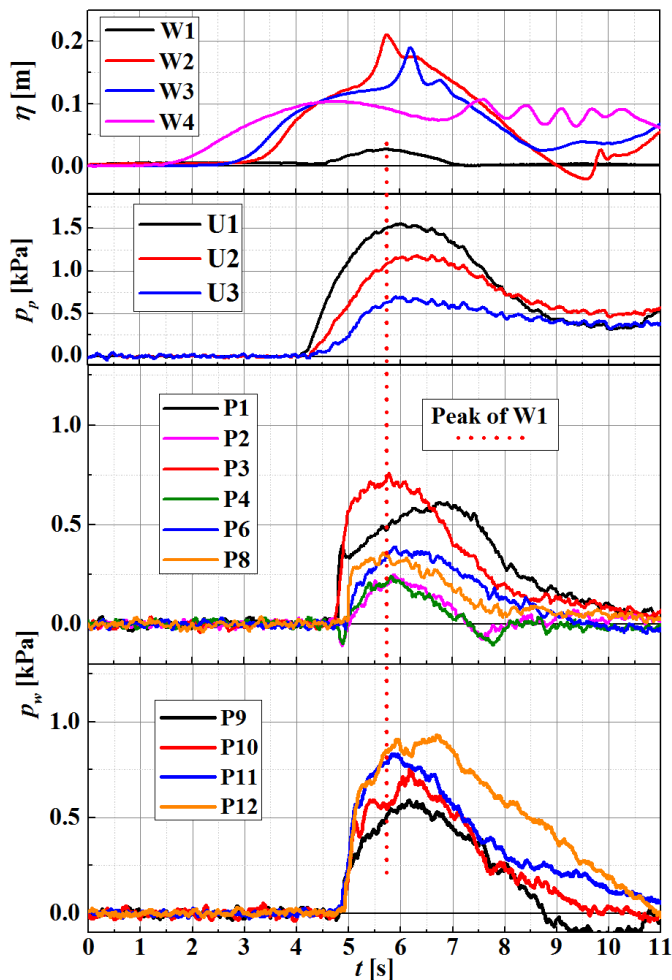


図-3 津波作用時の水位変動、間隙水圧、波圧の時間変化 ($S = 1/2.0$, $T = 12$ s)

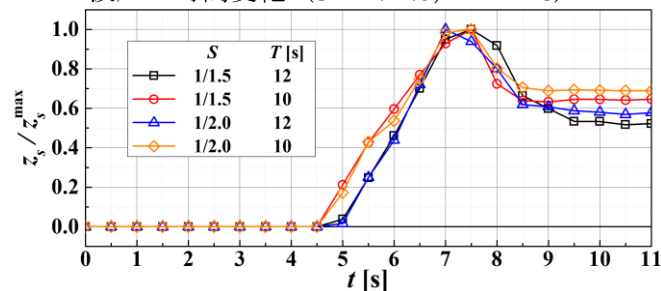


図-4 洗掘深 z_s と最大洗掘深 $z_s^{\max}$ の比の時間変化