

干出型腹付マウンドにおける平型被覆ブロックの津波越流に対する安定数の検討

三省水工株式会社 正会員 大熊康平
 三省水工株式会社 正会員 河村裕之
 日建工学株式会社 正会員 松下紘資
 三省水工株式会社 正会員 伊井洋和

1. はじめに

津波に対する防波堤の安定性を強化するため、防波堤背後に腹付マウンドを設置する工法が進められており、マウンド上の被覆材は津波越流に対して安定性を維持しなければならない。被覆ブロックの所要質量においては、三井ら¹⁾の提案する式(1)によって算定が可能である。

$$M = \frac{\rho_r \cdot h_1^3}{N^3 \cdot (S_r - 1)^3} \quad (1)$$

ここに、 h_1 ：越流水深、 S_r ：ブロックの海水に対する比重、 N ：ブロックの形状・配置方法により定まる安定数であり、図-1に津波越流の模式図を示す。漁港漁場新技術研究会による被覆ブロックの所要質量算定マニュアル²⁾には各種ブロックの安定数 N が示されており、 N は d/H (腹付マウンド天端水深/腹付マウンド天端から防波堤天端までの高さ)の条件によって変化することが示されている。ただし、腹付マウンドの天端が津波越流時に没水する $d \geq 0$ の条件を主としており、腹付マウンド天端が干出する $d < 0$ の条件での検討が不十分である。このため、本研究では腹付マウンドが干出する $d < 0$ の条件における平型被覆ブロック（以下、被覆ブロック）の安定数を水理模型実験によって検証した。

2. 実験方法

水理模型実験は、長さ 30m、幅 0.8m、高さ 1.2m の 2 次元水槽を用い、模型縮尺は 1/50 とした。ポンプによって水槽内の水を循環し、定常流を発生させて津波を再現した。津波は、事前に港外側の越流水深と港内側の水位を計測し、所定の水位となるように調整した。作用時間は、越流状態が港外側・港内側の水位が定常状態となるまでの時間 110s と、定常状態の時間 130s（現地量で 15 分間）を合わせ 1 ケース 240s 作用させた。越流水深は低い条件から行い、断面の修復は行わず被災するまで津波ランクを上げた。

3. 検討断面および被覆ブロック

検討断面はある漁港を対象に図-2、3に示す 2 種類の異なる防波堤について検討した。断面①、②の防波堤天端高はそれぞれ +5.0m、+6.0m、腹付マウンドの基礎捨石面の天端高は+2.5m、+2.0m である。越流時の港内側の水位は両断面+1.5m と設定し、腹付マウンドが干出する条件となっている。腹付マウンドの天端幅は被覆ブロック 2 個並びとし、法先の被覆ブロックの

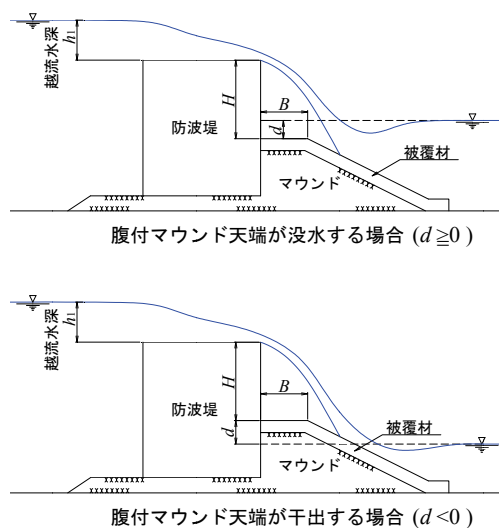


図-1 津波越流の模式図

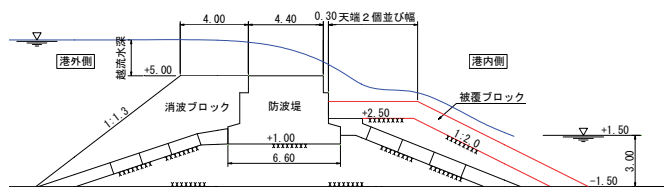


図-2 検討断面① (単位 ; m)

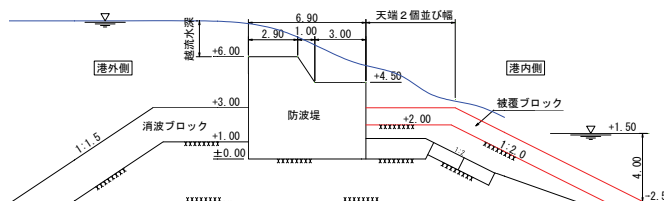


図-3 検討断面② (単位 ; m)

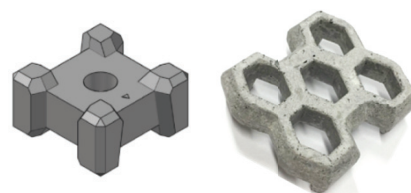


図-4 被覆ブロックの形状
 (左 : ブロック S, 右 : ブロック H)

床面には厚さ 1mm のゴムシートを設置した。基礎捨石は 100～500 kg (実験サイズで 0.8～4g) 程度の砕石を用い、防波堤本体工は津波によって動かないよう固定した。被覆ブロックは図-4 に示す 2 種類の形状を用い、ブロック S はブロック H に比べて厚く 1 個当たりの面積が小さい。ブロック H は 1 個当たりの面積が大きく、開口率も大きい特長を有している。ブロック S の質量は現地量で 2, 4, 6, 8, 12, 18t 相当 (模型では 15.4～150g) の 6 種類、ブロック H の質量は 4, 12t 相当 (模型では 30.3, 88.5g) の 2 種類を用いた。津波条件と使用した被覆ブロックを表-1 に示す。

4. 実験結果

図-5, 6 にブロック S, H の安定実験の結果を示す。横軸は d/H 、縦軸は安定数 N であり、 N は実験時の越流水深とブロックの諸元を式 1 に代入して求めた値である。各ケースの安定・被災をプロットしたものであり、安定限界を破線で示す。実線は $d/H \geq 0$ を主とした既存の安定数である。これらの図から、干出型腹付マウンドの安定数は $d/H \geq 0$ の場合よりも低く、 d/H の減少とともに安定数は低下することが確認された。これは、干出型の方が越流した津波が直接被覆ブロックに作用するためと考えられる。ただし、 $d/H \geq 0$ の場合に比べて緩やかに変化する。

干出型腹付マウンドの被覆工の被災形態は、主として滑動であり、滑動が進むと天端や法肩が開いて被害が拡大する様子が確認された。この対策として、図-7 のように被覆工の法先に被覆ブロックを追加したケースも検討した。図-8 はブロック S について法先の被覆ブロックを 1 列追加した結果であり、図-5 に比べて安定性が向上することが確認された。これは、法先部分の被覆ブロックは流体力を直接受けにくく、滑動抵抗力に寄与したものと推測される。ここには示していないが、法先に追加する被覆ブロックは 1 列よりも 2 列の方がより安定性は向上し、ブロック H よりも単位面積当たりの質量が大きいブロック S の方が効果的であった。

5. まとめ

(1) 干出型腹付マウンドの被覆ブロックの安定数は $d/H \geq 0$ の場合の安定数よりも低く、 d/H の減少とともに安定数は低下することが確認された。(2) 干出型腹付マウンドの被覆ブロックの被災形態は主として滑動であり、この対策として、法先に被覆ブロックを追加すると安定性は向上した。

参考文献

- 1) 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.1_956-I_960, 2013.
- 2) 一般社団法人 漁港漁場新技術研究会 自然との共生部会 異形ブロック専門部会: 津波越流に対する防波堤腹付マウンド被覆ブロックの所要質量算定マニュアル, 平成 26 年 9 月.

表-1 各断面の津波条件とブロック質量

断面	ランク	越流水深	ブロックS	ブロックH
①	1	1.3m (2.6cm)	8, 12, 18t	12t
	2	1.8m (3.6cm)	(60.9, 92.9,	(88.5g)
	3	2.3m (4.6cm)	150g)	
	4	2.8m (5.6cm)		
②	1	0.7m (1.4cm)	2, 4, 6t	4t
	2	1.2m (2.4cm)	(15.4, 29.7,	(30.3g)
	3	1.7m (3.4cm)	46.1g)	
	4	2.2m (4.4cm)		
	5	2.7m (5.4cm)		

括弧内は模型量

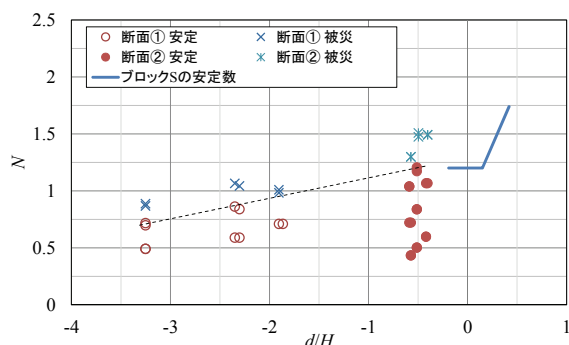


図-5 干出型腹付マウンドの安定数 N の結果
(ブロック S, 対策なし)

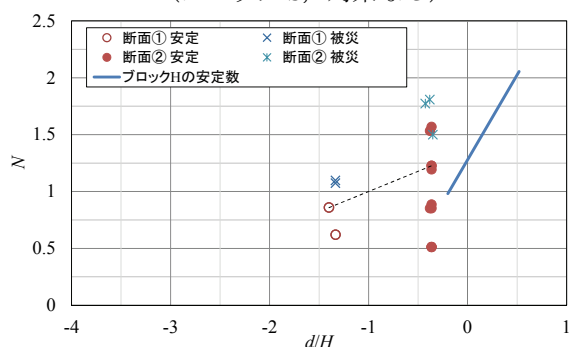


図-6 干出型腹付マウンドの安定数 N の結果
(ブロック H, 対策なし)

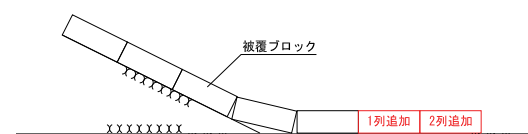


図-7 被覆ブロックの滑動に対する対策方法

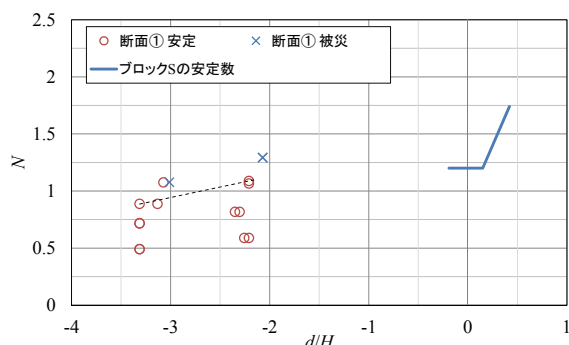


図-8 干出型腹付マウンドの安定数 N の結果
(ブロック S, 法先 1 列追加)