

埋立護岸における吸い出し防止対策に関する研究

北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 非会員 ○百海 郁弥
 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 非会員 大井 栄二郎
 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 非会員 高縁 夕羽希

1. はじめに

埋立護岸における埋立土の吸い出し防止対策として護岸背後全面に防砂シートを設置することが一般的である。しかし、埋立完了まで一定期間が生じるため、越波や透過波等の外力に対する防砂シートの安定性を検討する必要がある。図-1に防砂シート敷設状況及び外力のイメージを示す。本研究では、水理模型実験による、現地特性を考慮した捨石堤における防砂シートの固定方法を検討する。

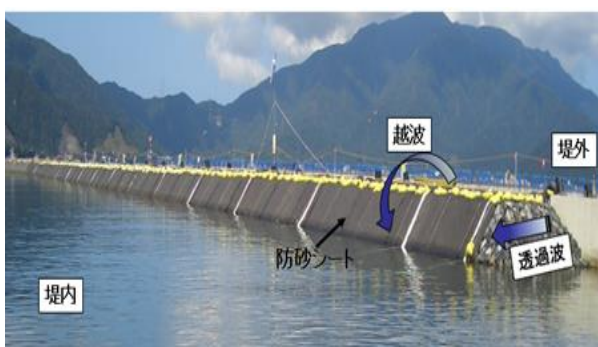


図-1 防砂シート敷設状況及び外力のイメージ

2. 実験概要

(1) 施設と実験縮尺

本実験は、図-2に示す港湾空港技術研究所の大規模波動地盤総合水路（L184m×W3.5m×H12m）で行った。被覆材や防砂シートの縮尺効果を考慮し、1/8縮尺の大型実験を行った。また、本実験における各項目に対するスケールで、フルードの相似則（防砂シートの透水係数は中村（1958）の提案した相似則 \sqrt{S} ）を用いて換算した。

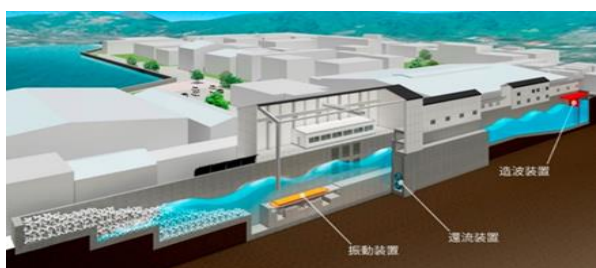


図-2 大規模波動地盤総合水路

(2) 実験断面

実験断面を図-3に示す。基礎捨石によって形成される捨石式傾斜堤で、天端に被覆材として袋詰工が設置された構造である。

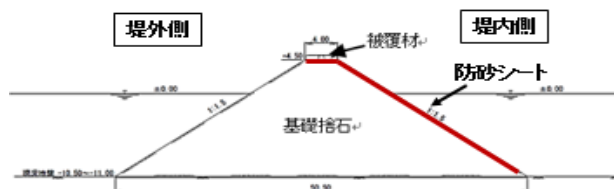


図-3 実験標準断面

(3) 検討内容

波による天端に設置した被覆材の滑動条件や透過波による防砂シートのめくれ防止のための、材料や設置間隔を検討した。図-4は検討箇所を示したものである。

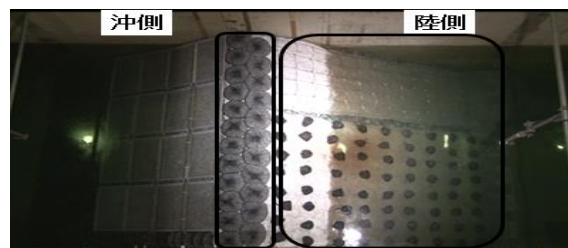


図-4 検討箇所

(4) 実験ケースと実験材料

実験は、断面構造を変更した3ケースと造波時間を変更した1ケースの全4ケースで行った。case1で堤外側の法面保護のために設置したエキスパンドメタルに溶接されていたL型フレームが波の斜面の遡上を妨げたため、波の動きを阻害する水平方向のフレームを全て切除したcase2以降を報告する。表-1には実験ケースを、表-2に使用した実験材料を示す。

表-1 実験ケース

実験ケース	case2(設置間隔狭い)	case3(設置間隔広い)
平面図		
めくれ対策工 設置間隔	トン袋模型 水平方向2m 岸沖方向3m チェーン 水平方向2m 岸沖方向2m	トン袋模型 水平方向4m 岸沖方向3m チェーン 水平方向2m 岸沖方向4m

表-2 実験材料

実験材料	捨石	防砂シート	被覆材
写真			
実験スケール (縮尺1/8)	粒径: 6~8cm 質量: 0.29~0.70 kg/個	厚み: 0.5mm 質量: 60g/m ²	質量: 7.8kg/個 直径: 0.31m
実験材料	トン袋	チェーン	固定棒(丸鋼)
写真			
実験スケール (縮尺1/8)	質量: 1.95kg/個	質量: 156g/個	質量: 0.8kg/個

(5) 波浪・潮位条件

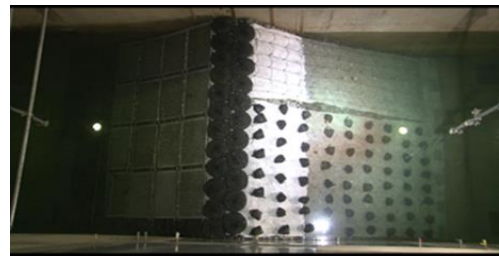
実験の波浪条件を表-3に示す. case2, case3では, 堤体に $H=1.0\sim 5.0\text{m}$ の規則波を 0.5m 間隔で造波した. また, 規則波では長時間の造波によって反射波による入射波の増幅あるいは減衰の影響が生じ, 天端被覆材等の挙動と波高の関係が捉えられないことから, 造波数は60波として実験を行った. case4では長期の波浪に対する安定性を確認するため, 1000波として実験を行った. 潮位はH.W.L. (+0.5m) とした.

表-3 波浪条件
(a) case2, case3

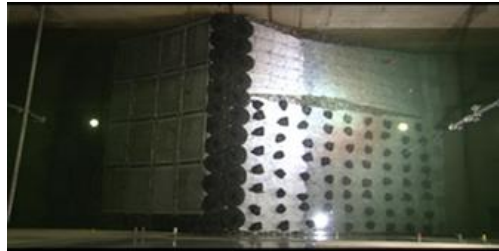
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
波高目標値(m)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
周期目標値(s) (現地スケール)	10.5								
実験周期 T (s)	3.7								
造波数(波)	60								

(b) case4

No.	1	2	3
波高目標値(m)	2.0	3.5	-
周期目標値(s) (現地スケール)	10.5		
実験周期 T (s)	3.7		
造波数(波)	1000		

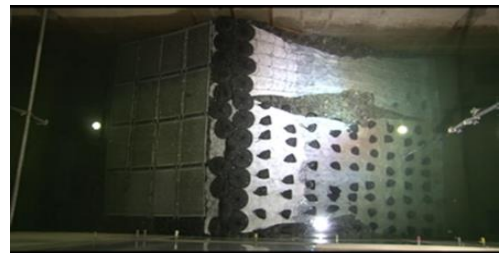


(a) $H=3.5\text{m}$ のとき



(b) $H=4.0\text{m}$ のとき

⋮



(c) $H=5.0\text{m}$ のとき

図-5 各波高による被覆材の様子

図-6に示す被覆材番号は, 水路壁側の端部から1番としている. 図-7は移動量の測点を示したもので, 沖側被覆材の沖側端部(測点1), 沖側被覆材の陸側端部(測点2), 陸側被覆材の沖側端部(測点3), 陸側被覆材の陸側端部(測点4)の4箇所で測定した. 図-8は天端部の断面構造を示している. 丸鋼(めくれ対策工の固定棒)は陸側被覆材との引っかかりを作るために被覆材間に設置した.

3. 実験結果

(1) 天端被覆材

case2, case3について, 天端に設置した被覆材はNo.5 ($H=3.0\text{m}$)以下の波に対しては動かず, No.6 ($H=3.5\text{m}$)の波によって沖側の被覆材が押し上げられる状況が確認された. この波高は越波が生じ始める条件であり, 被覆材の移動は越波の影響を受けて発生した. また, 図-5に示すように, 被覆材の移動はNo.7 ($H=4.0\text{m}$)より生じ始めた. しかし, 全てのケースにおいて滑落は見られなかった.

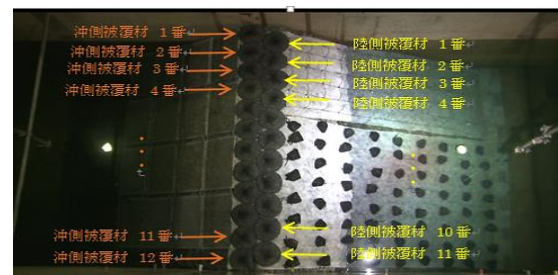


図-6 被覆材番号

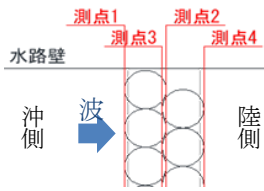


図-7 測点

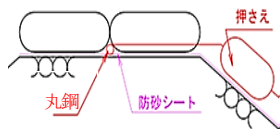


図-8 天端部の断面構造

図-9, 図-10 のグラフは case2 と case3 の No.7~No.9 ($H=4.0\text{m}\sim 5.0\text{m}$) 実験後の被覆材の移動量を, No.6 ($H=3.5\text{m}$) 実験後と比較して示したものである. 実験中にめくれが生じ, 移動量の測定ができなかった箇所は図からは省いている.

図-9は, case2について, チェーン側被覆材 (1番~4番) とトン袋側被覆材 (5番~12番) を比較した結果を示したものである. トン袋側被覆材の方が移動量が大きいことが確認された. このことから, 移動にはめくれ対策工の重量と, 越波による圧力が影響していることが分かる.

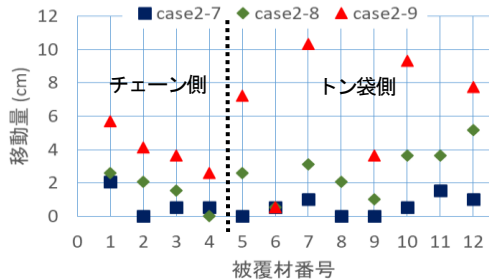
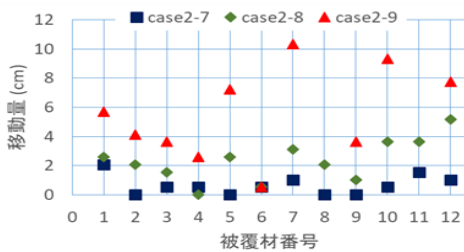
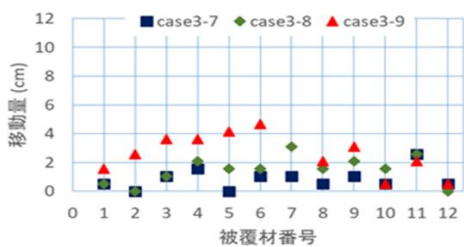


図-9 チェーン側被覆材とトン袋側被覆材

さらに, 図-10は, case2とcase3を比較した結果を示したものである. めくれ対策工の設置間隔が狭い, すなわち総重量が大きいcase2の方が移動量が大きいことがわかった.



(a) case2



(b) case3

図-10 case2とcase3の比較

以上の結果から, 被覆材の移動は, 図-11 に示すように①越波によって法尻方向に移動したためめくれ対策工によって丸鋼が引っ張られる. ②丸鋼の移動によって陸側被覆材が移動する. ③陸側被覆材の移動によって生じた空間に, 越波によって沖側被覆材が移動する. といった順番で生じる. つまり, 被覆材の移動量は設置しためくれ対策工の質量や越波の規模に依存し, 質量が大きいほど結束した丸鋼を引っ張る力が増加すると考えられる.

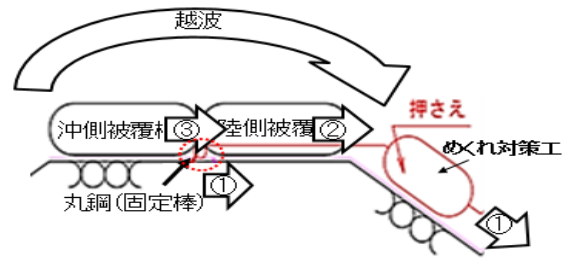


図-11 被覆材の移動の仕組み

(2) 防砂シートのめくれ対策工

捨石堤模型の前面, 背面, 内部は間隙水圧計 (UG) を設置し, 透過波による防砂シートやめくれ対策工の持ち上げへの影響を確認するため, 間隙水圧測定を行った. 図-12 に間隙水圧計の設置位置を示す.

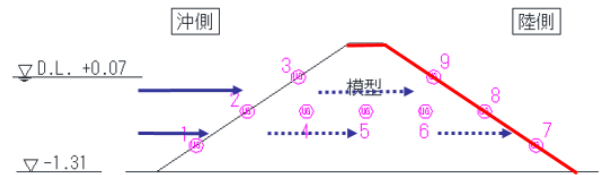


図-12 間隙水圧計の設置位置

図-13はcase2における波高に対する間隙水圧の最大値を示したものである. 間隙水圧は沖側の静水面際 (UG3) が最も強く, 堤体陸側に近くなるあるいは水深が深くなるほど弱くなる傾向が見られた. また, 波高に対して比例関係が見られ, 間隙水圧の強さに応じた傾きが見られた. なお, UG6~UG9について, No.7 ($H=4\text{m}$) あるいはNo.8 ($H=4.5\text{m}$) 以降の急激な増大は越波によるものである.

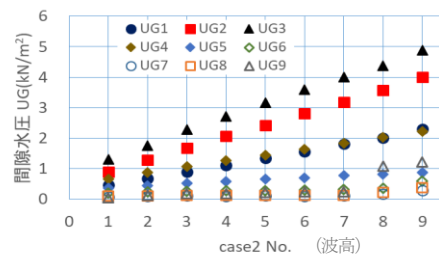


図-13 波高と間隙水圧の関係 (case2)

防砂シートおよびめくれ対策工は、一定の波高作用時より持ち上げられる様子が確認されている。表-4は、各材料における持ち上げの見られた波高を示したもので、図-14は透過波によって静水面付近のトン袋模型が持ち上げられた様子を示したものである。防砂シートやチェーンは $H=1.0\text{m}$ の波によって持ち上げられた。トン袋模型は、模型を密に配置した場合は現地の H_{max} 相当の波が作用しない限りは持ち上がる可能性は少ないが、この間隔を広げることで $H_{1/3}$ 相当の波によって持ち上げられる可能性が考えられた。

表-4 法面設置材料持ち上がり時の波高条件

case	防砂シート	チェーン	トン袋模型
2	$H=1.0\text{m}$	水平方向 2m 岸沖方向 2m $H=1.0\text{m}$	水平方向 2m 岸沖方向 3m $H=4.0\text{m}$
3	$H=1.0\text{m}$	水平方向 2m 岸沖方向 4m $H=1.0\text{m}$	水平方向 4m 岸沖方向 3m $H=1.5\text{m}$



図-14 透過波によるトン袋模型の持ち上げ (case3-6)

4. まとめ

(1) 天端被覆材の安定性について

捨石堤に波高の異なる波を段階的に作用させた結果、 $H=3.5\text{m}$ より沖側被覆材の端部が挙動し、 $H=4.0\text{m}$ より被覆材の移動が確認されたが、被覆材の滑落は生じなかった。捨石堤に作用する10年確率波の有義波は最大 $H_{1/3}=2.05\text{m}$ 、最大波は最大 $H_{\text{max}}=3.75\text{m}$ を想定していることから、10年確率波によって被覆材が滑落に至る可能性は低いものと考えられる。

(2) めくれ対策工の安定性について

めくれ対策工は防砂シートとともに常に透過波の影響を受けており、透過波によって防砂シートが浮き上がり、面積あたりの押さえ重量が不足している場合、めくれ対策工は防砂シートによって持ち上げられることが分かった。チェーンは2m間隔で設置した場合、10年確率波の有義波に満たない波高によっ

て浮き上がったことから、めくれ対策工として用いることは困難である。しかし、トン袋模型は幅2m、長さ3m間隔で設置した場合、10年確率波の最大波高によって一部の浮き上がりが確認されたものの、防砂シートのめくれは発生しなかった。なお、設置間隔を幅4m、長さ3m間隔とした場合には、浮き上がりが確認されており、幅2mが最適な設置間隔だと考えられる。

(3) 今後の課題

防砂シートは敷設後より様々な要因で損傷する可能性が指摘されており、その一つに防砂シートが波によってばたつきを引き起こし、捨石との接触等により損傷することが挙げられる。図-15に防砂シートに孔が空いている様子を示す。本実験では防砂シートの損傷は確認されなかったが、さらに長時間放置した際には孔の生じる可能性が考えられる。そのため、防砂シートのばたつきが生じないように防砂シート全面に石などの重量物を設置することや、防砂シートが捨石と接触して損傷しないように、間に図-16のような、ジオグリッドなどの耐摩耗材料を敷設するなどの対策を検討する必要がある。



図-15 防砂シートに孔が空いている様子



図-16 ジオグリッド