

護岸背面土流出に対する排水パイプの抑制効果把握のための室内模型実験

(公財) 鉄道総合技術研究所 正 藤原将真 正 高柳剛
正 馬目凌 正 内藤直人
東日本旅客鉄道株式会社 非 國松周平 正 大山博
非 渡邊慶

1.はじめに 近年，海岸堤防や海岸護岸において，背面地盤の天端部陥没の被害事例が多数報告されている¹⁾．陥没の原因の一つとして，護岸工の目地や破損部から海へ背面土が流出し，護岸内部に空洞が生成されることが挙げられる．背面土の流出の主要因としては，潮汐等の海面変動による護岸内部への海水の流入が考えられるが，既往の研究により背面地盤の地下水位が海面より高い護岸においては，潮汐だけでなく背面地盤の降雨浸透や水位分布も背面土流出に影響を与えることが明らかにされている²⁾．このように背面地盤の地下水挙動が陥没の要因の一つとして考えられる場合もあることから，地盤内に排水パイプを打設して，陥没を防止する対策が施工された事例もある³⁾．その一方で排水パイプの効果は定量的に明らかにされていない．そこで本研究では，排水パイプの打設の有無を変更した室内模型実験を行い地盤内水圧，天端変位，土砂流出量から，排水パイプの背面土流出の抑制効果を確認した．

2.実験概要 模型地盤の概要を図-1に示す．本実験では護岸壁を模した仕切り板で仕切られた小型土槽内に砂質土地盤として，ケイ砂7号を用い，含水比3%，相対密度40%で構築した．ケイ砂7号の物性値を表-1に示す．また砂質土地盤の前面と背面には碎石層を設置した．前面（仕切り板側）の碎石層は護岸の裏込め材を模擬し，背面の碎石層は模型地盤背面の水位（山側水位）調節のために設置した．仕切り板には護岸壁の破損を模擬した10×10mmの土砂流出用の切欠き（土砂流出部）を設けた．また土槽内の砂質土地盤と反対側の空間は海を模擬して湛水させた．模型排水パイプは外径8mm，内径5mmのプラスチック材を用い，下方向を除く三方向に穴を開け（17mm間隔の千鳥配置），吸出し防止としてナイロン紗（120μm）を巻いた．

実験は模型排水パイプの打設の有無を条件とした2ケースを行い，両ケースとも海部の水位（海側水位）を一定に保ち，砂質土地盤背面の水位（山側水位）を変動させ，その際の土砂流出量，模型地盤内の水圧，砂質土地盤天端の変位を計測した．実験条件を表-2に示す．Step1では，山側・海側水位を地盤底面から4cmまで上昇させ，これを模型地盤の初期状態とした．Step2～Step4では海側水位を4cmに保った状態で山側水位を8cmずつ28cmまで上昇させた．各Stepでは山側から海側への浸透流量が定常になったことを確認後，水頭差を維持しながら3分ずつ土砂を流出させた．なお，土砂を流出させている以外の時間は土砂流出部をナイロン紗で覆い，護岸背面から水のみを流出を許容した状態で保った．Step5では，海側水位と山側水位の水頭差を24cmのまま継続して土砂流出部を常時開放し，5分ごとの土砂流出量を計測した．CASE1は地盤に大きな変状が生じるまでStep5を継続した．CASE2では，CASE1とおおよそ同じ時間Step5を継続した後，土槽壁側の排水パイプと中央に設置している3本以外の排水パイプを堰き止めた(Step6)．その後，最も土砂流出部に近い排水パイプ以外を堰き止めた(Step7)．

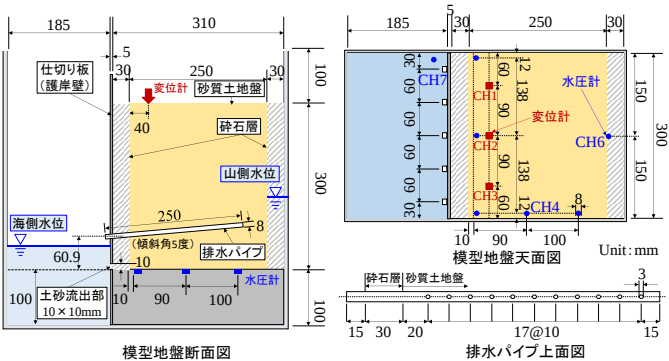


図-1 模型地盤・排水パイプ概要と計測機器設置位置

表-1 ケイ砂7号（飯豊ケイ砂）物性値

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	平均粒径 D_{50} (mm)	均等係数 U_c	最大間隙比 e_{max}	最小間隙比 e_{min}	飽和透水係数 k_{sat} (cm/s) ($D_r=40\%$)
2.655	0.21	1.62	0.934	0.586	1.00×10^{-2}

表-2 実験条件

実験Step	海側水位 (cm)	山側水位 (cm)	土砂流出 時間	排水パイプ(本) CASE1	CASE2
Step 1	4	4	-	0	5
Step 2	4	12	3分	0	5
Step 3	4	20	3分	0	5
Step 4	4	28	3分	0	5
Step 5	4	28	常時流出	0	5
Step 6	4	28	常時流出	-	3
Step 7	4	28	常時流出	-	1

キーワード 護岸, 土砂流出, 排水パイプ, 模型実験,

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 地盤防災 TEL 042-573-7263

3.実験結果と考察

(1)計測水圧の時刻歴 図-2 に CASE1 と CASE2 の山側水位、海側水位による水圧 (CH6, CH7) および地盤内水圧 (CH4) の時刻歴を示す。CH6 と CH7 について、両ケース間で水圧の変動の幅や時間に多少の誤差はあるものの、実験全体を通して概ね同程度の水頭差を与えることが出来たと考えられる。地盤内の水圧 (CH4) について、実験全体を通して CASE1 に比べ CASE2 の地盤内水圧の方が小さくなる傾向を示した。また CASE2 の Step5・Step7 に着目すると、排水パイプの本数が減少することで CH4 の値が増加している。なお、Step3 および Step4 の土砂流出の直前まで CH4 の値が増加したのは、土砂流出部をナイロン紗で堰き止めたことで土砂流出部からの排水量が減少し、地盤内に浸透流が滞留したためであると考えられる。また天端崩壊時の Step について、CASE1 が Step5 で天端が崩壊したのに対し、CASE2 は Step7 で崩壊が生じた。これらから、排水パイプの打設の有無が、護岸背面の浸透流、さらには天端陥没の進行に影響を与えていることが分かる。

(2)天端変位と土砂流出量 図-3 に両ケースの天端の変位の時刻歴を、図-4 に累積土砂流出量と土砂流出時間との関係を示す。両ケースともに Step2～Step3 では天端に大きな変位は生じず、土砂流出量も増加はしているものの微量であった。Step4 以降について、CASE1 では Step4 の土砂流出から、CASE2 では Step6 の後半から変位が生じ始め、土砂流出量も大きく増加した。そして土砂流出量の増加とともに変位が増加し崩壊に至った。また CASE2 の Step6 と Step7 を比較すると Step7 の方が、土砂流出量が大きかった。これらから本実験条件では背面地盤の地下水位と海面水位の水頭差が大きく、排水パイプの打設本数が少ないほど土砂流出量が増加する傾向にあることが分かる。

(3)土砂流出速度と水頭差の関係 図-5 に地盤内水圧 CH4 と海側水位 CH7 の水圧差と土砂流出速度の関係を示す。CH4 と CH7 の水圧差が増加するに従い、土砂流出速度も増加した。その増加傾向は水圧差が一定値を超過すると大きく増加する傾向を示した。また Step4 以降の測定値 (白抜きプロット以外) について、排水パイプの本数の増加に伴い CH4 と CH7 の水圧差 (CH4 の水圧) が小さくなり、土砂流出速度も小さくなった。これらの結果の一例として、本実験条件では山側水位と海側水位の水頭差が 24cm の時、排水パイプを 5 本打設することで、排水パイプを打設していない山側水位と海側水位の水頭差が 16cm の場合相当まで土砂流出速度が低減された。これは排水パイプにより地下水位と海面との水頭差が低減され、背面地盤側から海側への浸透流の速度が低減したためであると考えられる。

4.まとめ 本実験より、護岸下部に排水パイプを打設し護岸背面地盤内の水位を低下させることで、背面地盤から海への浸透流速度を低減させ、護岸の目地や破損部からの背面地盤土の流出を抑制することが出来る可能性が示唆された。なお、潮汐による影響や排水パイプの適切な打設位置や間隔、長さについてはさらなる検討が必要である。

<参考文献>1) 加藤史訓, 野口賢二, 諏訪義雄: 海岸堤防・護岸の被災に関する実態調査, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol67, No.2, pp1_7-I-12, 2011. 2) 山本淳史, 土屋義人: 沿岸埋め立て地における地下水の挙動と護岸設計への応用, 海岸工学論文集第 41 巻, pp906-910, 1994. 3) 遠藤, 秋山, 増井, 角掛, 五日市: 河川攻撃地形における災害とその対策, 土木学会第 68 回年次学術講演会公演概要集, pp409-410, 2013.

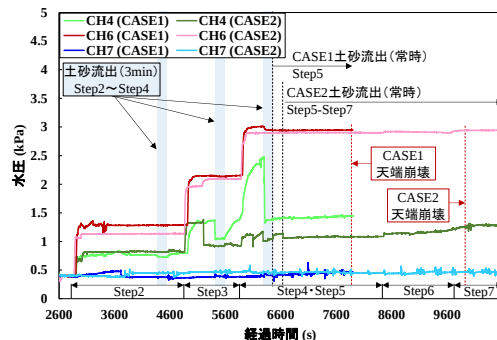


図-2 計測水圧の時刻歴例

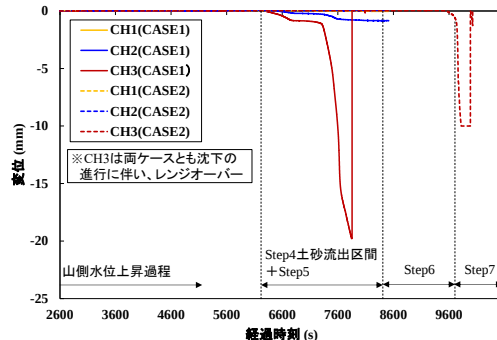


図-3 砂質土地盤の天端変位の時刻歴

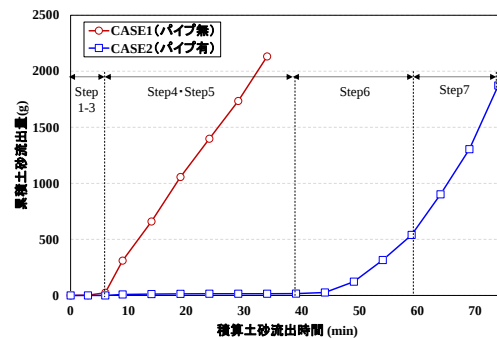


図-4 土砂流出量と土砂流出時間の関係

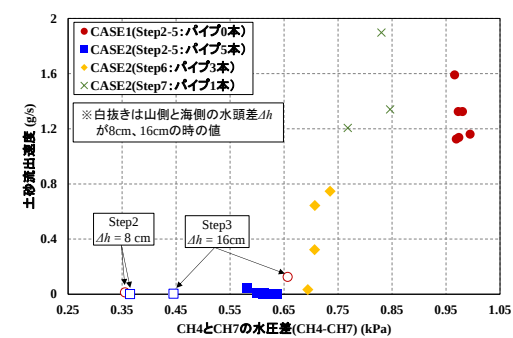


図-5 土砂流出速度と CH4 と CH7 の水圧差の関係