

樋管周辺堤防の土砂吸出し特性に関する模型実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○吉田 直人 齋藤 由紀子
谷中 仁志 小橋 秀俊

1. はじめに

河川堤防を横断して設けられる樋門・樋管構造物（以下、樋管という）は、洪水時に堤体との境界部で浸透流が卓越し水みちが形成されやすく、堤防の弱点箇所となることが多い。特に、軟弱地盤上に杭により支持された樋管においては、周辺地盤の沈下などにより、函体底版周辺の空洞化や堤体のゆるみが生じる事例が見られている。さらなる地盤沈下や水位変動に伴う底版下の地盤の土砂吸出しにより、変状規模の拡大・連続化が進行すると、浸透に対する堤防の安全性に重要な影響を及ぼすことが考えられる。本論文では、模型実験により樋管底版下の地盤の土質や締固め度が土砂吸出し特性に与える影響について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

(1) 模型作製

図-1に実験模型概要図を示す。実験は、幅300mm×高さ200mm×奥行き50mmの土槽を用いて行った。模型地盤は層厚100mmとし、地盤を十分に飽和させるため、土槽下部と側部から水の浸透が可能な構造とした。樋管は、杭基礎による剛支持を想定し、樋管下に高さ5mmの空洞が生じる位置で土槽に固定した。流出口のゲートは、地盤材料の吸出し状況に合わせて拡大できるように可動式とした。

表-1に実験ケースを示す。地盤材料には、細粒分含有率などが異なる9種類の材料を使用した。各地盤材料の粒径加積曲線を図-2に示す。山砂のケースは、密度の条件を変化させて3ケース実施した。なお、カオリン粘土のケースでは、飽和時に地盤が大きく沈下し、目標相対密度80%で製作した地盤を維持できなかったため、相対密度104%で実験を実施した。

(2) 実験方法

実験は、1) 模型地盤の飽和、2) 吸出し実験、という手順で実施した。模型地盤の飽和は、地盤材料によって半日から数日程度かけて実施した。吸出し実験では、河川水位の変動を模擬するため、動水勾配が0.5となる水位を5分間維持し、その後1分間の水位低下時間を設ける方法をとった。動水勾配0.5と水位低下の一連の作業を1サイクルとし、最大12サイクル繰り返し、サイクル毎に吸出された土砂を採取・測定した。

キーワード 河川堤防, 樋管, 空洞, 吸出し

連絡先 〒350-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独) 土木研究所 材料地盤研究グループ (土質・振動) TEL 029-879-6767

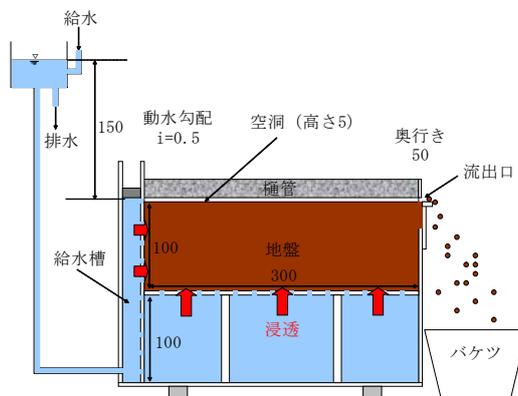


図-1 実験模型概要図 (単位: mm)

表-1 実験ケース

実験ケース	土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	細粒分含有率 Fc (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	締固め度 Dc (%)	相対密度 Dr (%)	間隙比 e
1 3号珪砂	2.601	0.0	1.601	—	80.0	0.625
2 豊浦砂	2.605	0.0	1.570	100.0	77.1	0.670
3 豊浦砂+シルト5%	2.603	4.8	1.623	100.7	79.4	0.606
4 豊浦砂+シルト10%	2.639	9.2	1.674	102.4	78.8	0.582
5 豊浦砂+シルト20%	2.661	16.7	1.760	103.7	78.8	0.518
6 豊浦砂+シルト50%	2.683	50.0	1.810	98.7	79.5	0.486
7 シルト	2.769	100.0	1.334	87.0	78.8	1.088
8 カオリン粘土	2.544	100.0	0.395	—	104.3	4.395
9 山砂 (目標Dr=60%)	2.662	11.1	1.358	77.0	60.0	0.961
10 山砂 (目標Dr=80%)	2.662	11.1	1.430	81.1	79.9	0.862
11 山砂 (目標Dr=100%)	2.662	11.1	1.510	85.6	99.8	0.764

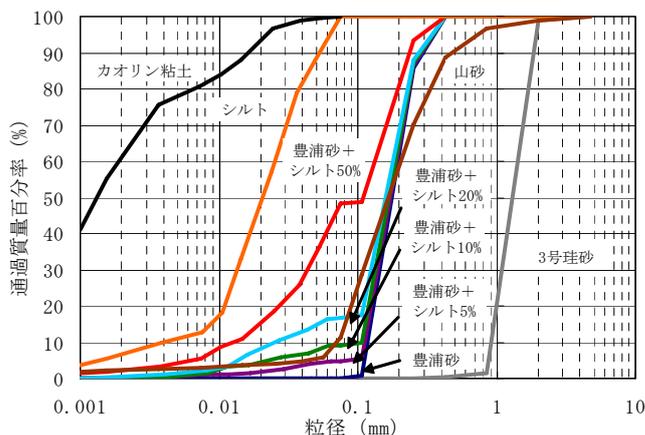


図-2 地盤材料の粒径加積曲線

3. 実験結果

写真-1 に実験時の地盤状況を示す。土砂の吸出しは、給水槽に最も近い箇所から生じ始め、徐々に流出口へ向かい空洞が拡大する様子が見られた。空洞がある程度拡大すると、

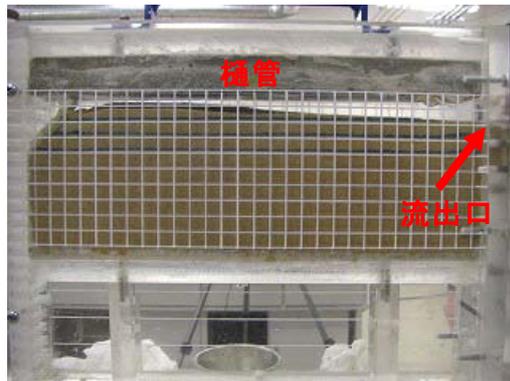


写真-1 実験時の地盤状況

給水槽に近い部分では、土砂が巻き上がるような流れが観察された。実験終了後の樋管下の地盤状態を写真-2 に示す。いずれのケースも、吸出しによる空洞の拡大は、樋管底版下に一様に生じるのではなく、偏る傾向が見られた。

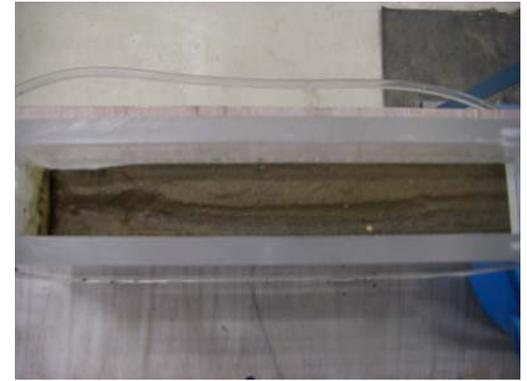


写真-2 実験終了時の樋管下の地盤状態

以下、図-3～5 に吸出し土砂量の実験結果を示す。ここでは、吸出し土砂量を乾燥質量で整理している。図-3 に累積吸出し土砂量のサイクル毎の変化を示す。地盤材料の違いにより、吸出される土砂量は異なることがわかった。今回実施した実験ケースの中で、豊浦砂の吸出し土砂量が最も多く、3号珪砂、カオリン粘土は、ほとんど吸出しが生じなかった。3号珪砂については、土粒子の移動がほとんどなく、今回の実験条件では、流速を流量と空洞の断面積から求めると、0.79m/s 程度であり、3号珪砂の土粒子を運搬出来るほどの速さでは無かったと考えられる。

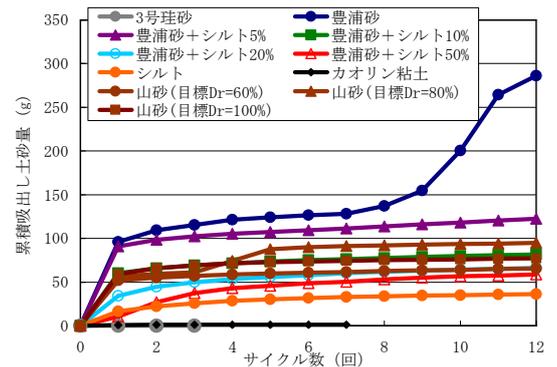


図-3 累積吸出し土砂量のサイクル毎の変化

図-4 に実験終了時の吸出し土砂量の合計と細粒分含有率の関係を示す。3号珪砂を除くと細粒分含有率の高いほど、吸出し土砂量が少ない傾向が見られた。また、細粒分が少ない地盤材料では急速な空洞の進展が起こりやすい¹⁾との報告があることから、吸出し等による空洞の進展には、地盤材料の粒度が大きく影響するものと考えられる。

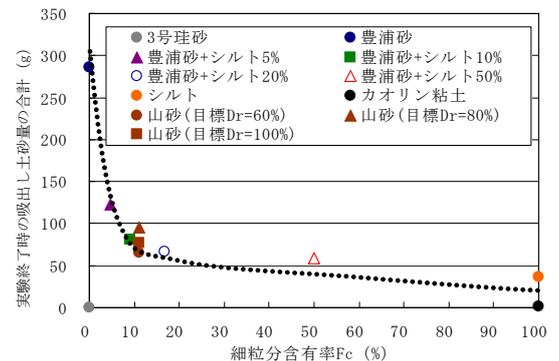


図-4 吸出し土砂量の合計と細粒分含有率の関係

図-5 に山砂について、実験終了時の吸出し土砂量の合計と締固め度の関係を示す。今回の密度の範囲では吸出し土砂量と締固め度の関係は、明確な傾向は見られなかった。

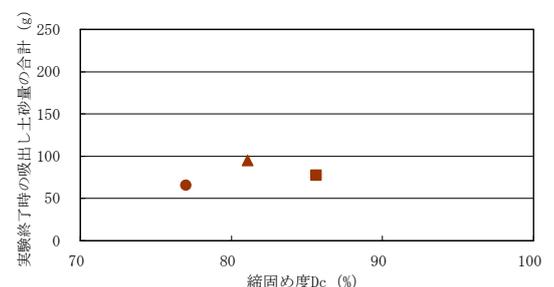


図-5 吸出し土砂量の合計と締固め度の関係

4. まとめ

模型実験により樋管底版と周辺地盤との境界における土砂吸出し現象を検討し、今回の外力条件に対して、以下の結果が得られた。

- ・樋管底版下の地盤の細粒分含有率が高いほど、吸出される土砂量は少ない傾向にある。
- ・土砂の吸出しに対し、締固め度の影響は比較的小さい。

参考文献 1) 堀井俊孝, 桑野玲子, 小橋秀俊, 片野定男: 「老朽埋設管内への土砂流出による周辺地盤の空洞形成過程」, 第40回地盤工学研究発表会論文集, pp. 1919~1920, 2000