

離散配置で設けた基盤排水工の変状抑制効果の検証

河川堤防 基盤排水工 離散配置

建設技術研究所 (元名城大院) 正会員 ○中村宏樹
 名城大学 国際会員 小高猛司
 日本工営 国際会員 李 圭太

1. 序論

著者らの研究グループでは、透水層からの自然排水を促す基盤排水工の設置位置の違いによる変状抑制効果の検証を行い、設計マニュアル¹⁾で推奨される川裏側の基礎地盤ではなく、写真1に示すように堤体法尻部に設けることが最も効果的であることを明らかにした^(例えば 2)3)。ただし、奥行無限の連続配置を想定した知見であり、実務においては、費用の観点から奥行不連続の離散配置での施工が現実的であり、その実績もある⁴⁾⁵⁾。

本報では、最も効果的な設置位置である堤体法尻部に着目し、離散配置で設けた基盤排水工の変状抑制効果の検証を行うことを目的とする。

2. 三次元模型実験

2.1. 模型実験の概要

模型実験装置の諸元を図1、基盤排水工の配置を図2に示す。全 Case において、領域Ⅰの透水層には三河珪砂3号砂 ($e=0.95$, $k_s=2.67 \times 10^{-3} \text{m/s}$)、領域Ⅱの被覆土層には三河珪砂8号砂 ($e=1.06$, $k_s=3.98 \times 10^{-5} \text{m/s}$)、領域Ⅲの堤体には三河珪砂6, 7, 8号砂を5:2:5の質量比で配合した678混合砂 ($e=1.06$, $k_s=9.96 \times 10^{-5} \text{m/s}$)を用いた。また、基盤排水工には領域Ⅰと同一材料を用いた。いずれの地盤材料も含水比4%に調節した後、所定の間隙比となるように締め固めを行い、模型堤防を作製した。

実験 Case の諸元を表1に示す。終了時崩壊度は、実験終了時の裏法面の崩壊程度を簡易的に示したものである。なお越流とは、後述する給水槽の一定水位を下回って発生したものを指す。

模型実験は以下の手順で実施した。まず、給水槽の水位を水槽底面から100mmで保つように90分間給水を続け、基礎地盤を飽和させた。次に、給水槽の水位を330mm(堤体高の9割)まで急激に上昇させ、その水位を保つ一方、排水槽の水位を150mmで保持しながら、浸透に伴う模型堤防の挙動を観察した。

2.2. 模型実験の結果

ここでは、表1に示すように、無対策の Case1 では、盤ぶくれおよび噴砂に伴い法先での小規模すべりが発生し、それをトリガーとする大規模な法すべりによって越流決壊したのに対し、基盤排水工を連続配置で設けた Case2 では、変状が全く起こらなかったことを踏まえて考察する。

基盤排水工を離散配置で設けた Case3 の実験結果を写真2に示す。この結果、実験開始約2分において、基盤排水工からの排水が確認された後、実験開始約3分30秒において、基盤排水工と堤体の境界部が基盤排水工からの排水によって流出し、法先での小規模すべりが発生した。その後、実験開始約7分50秒において、小規模ではあるが噴砂が確認された。最終的に、法先での小規模すべりが裏法面の約4割まで進行し、実験終了とした。

以上のように、基盤排水工を離散配置で設けた場合、基盤排水工を設けていない無対策部では、基盤排水工からの排水によって、大規模な法すべりのトリガーとなる法先での小規模すべりが発生することが確認された。

3. 三次元浸透流解析

3.1. 浸透流解析の概要

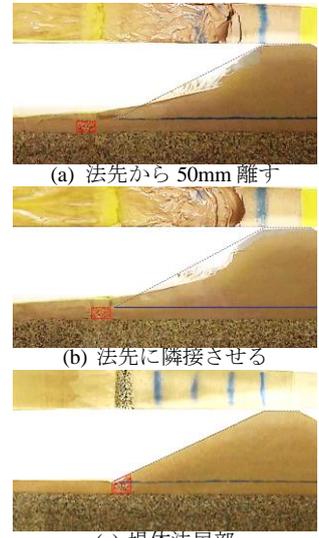


写真1 設置位置の違いによる基盤排水工の効果

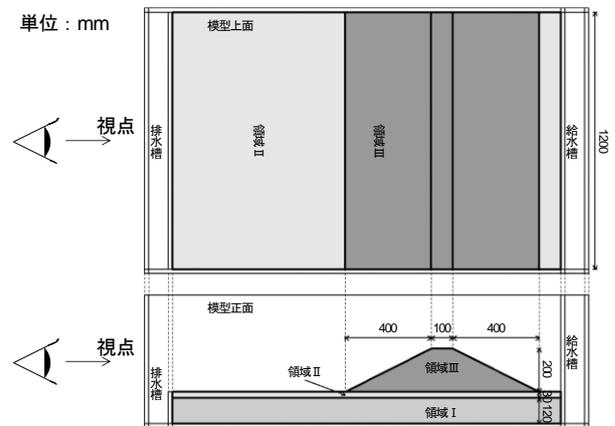


図1 模型実験装置の諸元

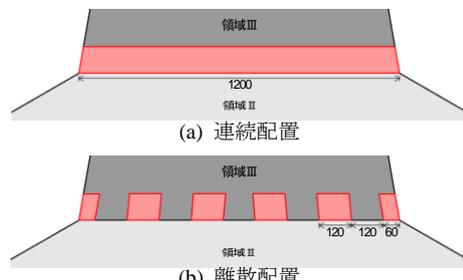


図2 基盤排水工の配置

表1 実験 Case の諸元

Case	基盤排水工の配置	終了時崩壊度
1		越流
2	連続配置	0割
3	離散配置	4割

模型実験結果の浸透過程における動水勾配の分布を正確に把握するために、3次元飽和-不飽和浸透流解析を実施した。

解析モデルの境界条件を図3に示す。解析モデル左面の境界条件は、逆流もしくは行き止まり地盤を模擬しないように、解析開始30秒から60秒かけて水位を上昇させた。各領域における地盤材料の透水係数は、模型実験の実験値を用い、解析時間は、水位の上昇から3600秒とした。

基盤排水工を離散配置で設けたCase3の解析モデルの切断面を図4に示す。対策断面は、基盤排水工を設けた断面であり、無対策断面は、基盤排水工を設けていない断面を指す。

3.2. 浸透流解析の結果

ここでは、盤ぶくれおよび噴砂の原因となる動水勾配の鉛直成分に着目し、ボーリングの閾値を表す限界動水勾配 ($i_c=0.81$) を超える分布を黄色で示す。基盤排水工を離散配置で設けたCase3の解析結果を考察する前に、無対策のCase1および基盤排水工を連続配置で設けたCase2の解析結果を図5に示す。この結果、Case1では、法先から広範囲に限界動水勾配を超える分布が確認できるが、Case2では、限界動水勾配を超える分布は確認されなかった。

基盤排水工を離散配置で設けたCase3の解析結果を図6に示す。この結果、対策断面と無対策断面ともに、法先近傍で限界動水勾配を超える分布が確認できるが、無対策のCase1と比べ、大幅に低減できている。加えて、対策断面では、その分布をさらに縮小していることが確認できる。ここで、浸潤面に着目すると、対策断面では、浸潤面が基盤排水工内に滞留しているのに対し、無対策断面では、裏法面へそのまま浸出していることが確認できる。

以上のように、基盤排水工を離散配置で設けることで法先近傍に集中する動水勾配を低減できるが、基盤排水工を設けていない無対策部では、堤体内浸透による浸潤面の上昇によって、大規模な法すべりのトリガーとなる法先での小規模すべりが発生することが考えられる。

4. 結論

本報では、離散配置で設けた基盤排水工の変状抑制効果の検証を行った。その結果、連続配置で十分な効果が確認された基盤排水工であっても、離散配置の場合には、基盤排水工からの排水および堤体内浸透による浸潤面の上昇によって、基盤排水工と堤体の境界部が流出し、大規模な法すべりにトリガーとなる法先での小規模すべりが発生することが確認された。以上から、基盤排水工を離散配置で設ける場合には、堤体内浸透を低減するために、法尻部にドレーン工を連続配置する必要があると考えられる。

なお、模型実験の実施にあたって、多くの名城大学卒業生のお世話になった。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木研究所 地質・地盤研究グループ土質・振動チーム：堤内基盤排水対策マニュアル（試行版），2017。
- 2) 中村宏樹，小高猛司，李 圭太：堤防模型実験による基盤排水工の変状抑制効果の検証，第33回中部地盤工学シンポジウム，2021。
- 3) 中村宏樹，小高猛司，李 圭太：基盤排水工による浸透破壊抑制効果の解析的検討，第9回河川堤防技術シンポジウム，2021。
- 4) 北川誠純：四万十川支川後川安並地区における漏水対策工事の報告，四国地方整備局管内 技術・業務研究発表会，2010。
- 5) 中野彩，山崎裕治：地下水利用を考慮した貴志川漏水対策について，近畿地方整備局研究発表会，2013。
- 6) 国土交通省 水管理・国土保全局治水課：ドレーン工設計マニュアル，2013。



写真2 離散配置で設けた基盤排水工の効果

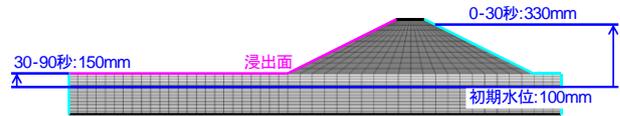


図3 解析モデルの境界条件

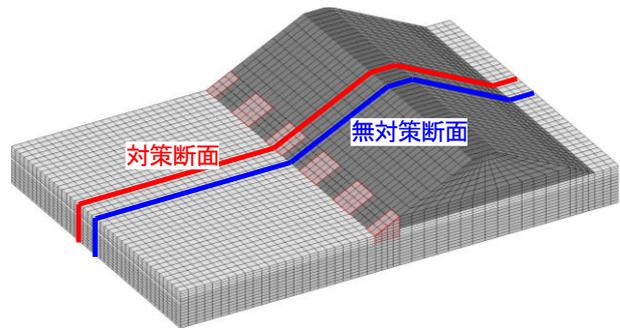


図4 解析モデルの切断面

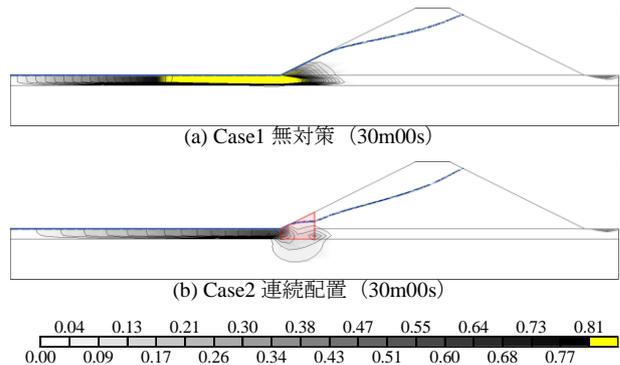


図5 連続配置で設けた基盤排水工の効果

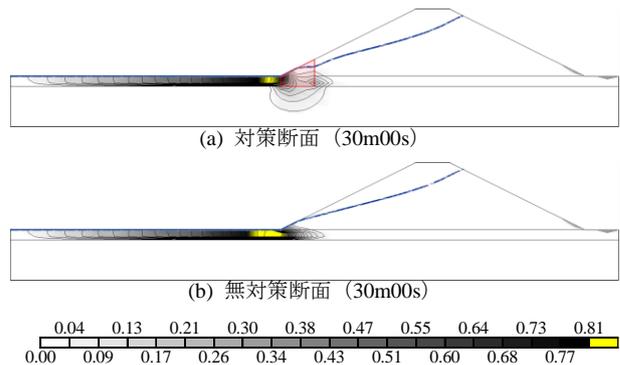


図6 離散配置で設けた基盤排水工の効果