透水トレンチを用いた河川堤防の揚圧力対策に関する模型実験

土木研究所 正会員 〇 増山博之、齋藤由紀子 森 啓年、佐々木哲也

1. はじめに

堤防基礎地盤の揚圧力対策として、遮水矢板等を川表側に施工する川表遮水工法や難透水性材料を高水敷に施 工するブランケット工法が用いられる。しかし、川表遮水工法は透水層が深い場合や転石・巨礫が含まれる場合 はコストや施工性に、ブランケット工法は幅を十分に取ることのできる高水敷が必要であり設置性に課題が残る。

本研究では、それらの課題を解決するため川裏側 に縦方向の砕石層を設置し、堤防のり尻部の揚圧力 を解放する技術の適用性を確認するために、中型模 型実験を実施し、その結果の浸透流解析による再現 を行った。

透水トレンチは、図-1に示すように河川堤防の基礎地盤に薄い難透水性の被覆土層が堆積している箇所に、被覆土層を貫通する形で設置することにより、 洪水時に被覆土層下面に生じる揚圧力を地上へ解放することで、揚圧力対策としての効果を期待するものである¹⁾。

2. 実験の概要

2.1 模型の概要

実験は無対策ケースと透水トレンチを堤体外に設置したケース、堤体のり尻直下に設置したケースの計3ケース行った。図-2~図-4に透水トレンチケース模型の横断・平面形状および計測項目・位置を示す。模型は透水層に薄い難透水性の被覆土層が堆積する盤膨れが生じやすい土層構成とした。透水層は川砂(透水係数 ks= 3.4×10^2 cm/s、湿潤密度 ρ t=1.795g/cm³)とし、被覆土層には層厚 50cm のローム(透水係数 ks= 1.9×10^4 cm/s、湿潤密度 ρ t=1.431g/cm³)を設けた。堤体は堤防高 1.25m とした。堤体および基礎地盤の締固め度はともに層厚 15cm 毎の盛り立て時に Dc=90%となるよう作製した。

対策工のトレンチは、砕石(単粒度砕石4号)を 使用し、のり尻位置に縦断連続的に設置するととも に、土粒子との境界には吸い出し防止材を設けた。 なお、比較対象として実施した無対策ケースは、ト レンチがない以外は、図-3 および図-4と同様の模型 形状とした。

2.2 実験条件

初期条件として実験前に水位調節槽の水位を被覆 土層上面で固定し、基礎地盤全体を飽和させた。基 礎地盤の飽和後は、水位調節槽の水位を図-5のよう に段階的に上昇させ、水位上昇時の間隙水圧、変位 の計測とともに地盤条件の確認を行った。なお、堤 内地側に湛まった水は水中ポンプで随時排水し、そ の水位が地表面に保持されるようにした。



キーワード:河川堤防、浸透流、揚圧力対策、盤膨れ、トレンチ、ドレーン 連 絡 先:〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所 土質・振動チーム Tel 029-879-6771

3. 実験結果

3.1 のり尻変位と盤膨れの関係

図-6にのり尻から堤内地側に50cm~120cmの位置 に設置した変位計の鉛直変位量を示す。無対策では、 変位量が概ね3mmに達した5時間32分後(給水槽水 位:被覆土層上面+80cm)と変位量が概ね5mmを上 回った8時間58分後(給水槽水位:被覆土層上面 +125cm)の2回、模型地盤の写真-1および写真-2の ×に示す位置から漏水が発生し、揚圧力の解放が生じ た。一方、透水トレンチケースについては、トレンチ が揚圧力を解放しているため、無対策で見られたよう な地盤の急激な圧力解放は生じなかった。

3.2 のり尻の圧力水頭

図-7 に無対策ケースののり尻部・被覆土層下面にお ける初期値からの圧力水頭の増分(以下、圧力水頭増 分)の時間変化を示す。図より1回目に圧力解放が生 じた5時間32分後の圧力水頭増分は41.4cmであった。

同時間の透水トレンチケースの圧力水頭増分は図-8、 図-9 に示すとおり、堤体外に設置したトレンチで 12.0cm、堤体のり尻直下に設置したトレンチで 14.0cm であり、無対策と比較してそれぞれ7割程度、 6割以上と大きく低減されていることが分かる。図-10 に5時間 32分後の圧力水頭増分の平面分布を示す。図 より、透水トレンチ工法の堤内地盤における圧力水頭 増分は堤体外のトレンチで10cm 以下、堤体直下のト レンチで15cm 以下と無対策と比較して大きく低減さ れていることが確認できる。これらより、透水トレン チの揚圧力対策としての効果を確認することができた。

3.3 解析による対策工の透水係数の同定

実験における透水トレンチの透水係数を推定するために、実験時と同様の初期条件・境界条件・外力条件を用いて二次元の飽和・不飽和非定常浸透流解析を行った。土の不飽和特性は手引き²⁾の砂質土・粘性土特性に基づき設定した。なお、ローム・川砂の透水係数は、無対策ケースの解析により、図-7に示すとおり、妥当と評価できることが確認できた。

上記の条件で、透水トレンチの透水係数をパラメト リック・スタディにより求めた。図-8、図-9 にその結 果を示す。図より、解析値が実験値と概ね一致するの は ks=1.0×10⁻¹cm/sec 程度であることが推定された。

4. おわりに

堤防高さ約 1.3m の模型実験の結果、のり尻部の揚 圧力は透水トレンチにより無対策時の6割以上低減し た。また、実験結果を飽和・不飽和非定常浸透流解析 により再現し、実験で使用した透水トレンチの透水係 数を二次元換算でks=1.0×10⁻¹cm/sec 程度と推定した。 これらの結果から、透水トレンチが揚圧力対策として 利用可能であることが示唆された。今後は、実規模堤 防への適用性、設計方法の検討等を実施したい。



参考文献 1) US Army Corps of Engineers: Design and Construction of Levees, pp5-3 5-5. April 2000
2) (財)国土技術研究センター、「河川堤防の構造検討の手引き」平成 14 年 7 月