堤防の浸透破壊に対する排水パイプの補強効果に関する実験的研究

日本製鉄 持田祐輔 〇正会員 石濱吉郎 東京工業大学 学生会員 Jenisha singh 正会員 高橋章浩

1. はじめに

近年増加している集中豪雨に起因して、河川堤防において浸透による川裏側法面の破壊(以下、浸透破壊) が生じる危険性が指摘されている。浸透破壊は河川水位の上昇に伴う浸透流により堤体内水位が上昇し、強度 が低下した川裏側法面が崩壊することで発生する。一般的に浸透破壊対策として、土構造物の常時水位の低下 を目的とした排水工が施され、その例として既設土構造物への施工が比較的簡単な排水パイプが挙げられる。 排水パイプは常時の水位低下効果を目的とした工法として、各種基準において仕様規定により運用されている。 しかし、堤体内水位の上昇に伴う浸透破壊が発生する条件において、排水パイプの定量的な排水機能および構 造的な補強材としての機能は明らかとなっていない点が多い。本研究では、河川堤防をモデル化した模型地盤 に対し、背面水位を制御することで浸透破壊を発生させ、その条件下における排水パイプの補強効果について 確認した。

2. 実験方法

図 1に示す通り、堤防模型は給水槽部分と地盤部分から構成されており、給水槽に貯めた水を孔あき鋼板を通って地盤に流入させることで浸透流を発生させる機構とした。堤防模型は、ハーフモデルとし、既往研究¹⁾を参考に表1 に示す地盤材料 (霞ケ浦砂)及び斜面勾配を決定しており、4.2mの堤防高を想定し、相似比1/6のモデルとした。また、 法面表層は植生を考慮し、ポリエステル繊維(50mm17dtex)を重量比率2%混合した繊維混合土を用いてモデル化した

(層厚50mm)。図 1、表2に排水パイプ模型の形状と緒元を 示す。排水パイプは既往研究²⁾を参考に φ 76.3mm, t4.2mm の鋼管をプロトタイプとし、通水空間である内径に 着目して約1/6 モデルとなるように φ 12mm, t1mm のアル ミパイプを用いて作成し、φ 4mm の排水穴を30mm間隔で 両側面に設けた。実験ケースは無補強ケース(N-0)、パイ プを5本設置したケース(PIPE5)としておりパイプは法尻か ら高さ50mmの位置に設置した。本研究では、境界条件を 明確にするためパイプ端部をワイヤーで土槽に固定した。 これは、回転杭のようにパイプ先端部に羽が取り付けられ ており、これにより引き抜き力に対する抵抗が十分確保さ れている場合に相当する。また表面部には100mm× 100mmの支圧版を設置した。

本実験では図2に示す通り背面水位を変化させており、 実験開始前に水位を底面から300mmの高さ(川裏側地盤 面高さと同じ)に維持し、基礎地盤が飽和した状態を初期 条件とし、そこから給水槽の水位(以下、背面水位WL)を 100mmずつ段階的に上昇させた(上昇:5分間、水位維持 30分間)。計測項目は図1に示した間隙水圧、法面変位、 パイプの排水量とした。排水量は地盤通過分(W_s)と、パイ プ通過分(W_p)に分離して、それぞれ重量を計測した。

キーワード 浸透破壊,河川堤防,排水パイプ,
連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 (株)日本製鉄 TEL 0439-80-2111



図 1実験条件および計測項目

表 1 地盤材料緒元

物性値
39.6
3.9
2.23×10^{-4}
18
85

表 2 パイプ緒元

項目	物性値
材質/ヤング率(MPa)	アルミニウム/69000
径(mm)	12
板厚(mm)	1

3. 法面崩壊挙動に対するパイプの影響

写真1はN-0のWL=800mmにおける法面変形を示して おり、点線で示すように法尻から高さ500mm程度付近から 法尻にかけて破壊面が生じた。図2には法面の水平変位 D1_H、D2_Hの経時変化を示しており、D1_Hにおいて t1(WL=600→700mm)で若干の変位が発生し始め、 t2(WL=700→800mm)の段階で変位が急増した。D2_Hにお いては、t2まではほぼ変位が発生せず、t2直後からD1_Hと ほぼ同時に急増しており、崩壊面より法面表層側の地盤 が一体として挙動したことが確認できる。一方で、PIPE5で はWL=900mmにおいても変位がほぼ発生しておらず、排 水パイプが十分な排水機能を有している場合には背面 水位が上昇する条件下においても法面変形を抑制できる ことがわかった。図3、図4にN-0、PIPE5における地盤内 水圧変化を示す。N-0で法面変形が生じたt2直後に着目 すると、N-0では法先の水圧(P4)が急増する特徴的な変 化が生じる一方で、P1~P3においてはt2以前までと同様 に背面水位の上昇に応じた水圧変化が生じたと考えられ る。そのため、法尻における水圧上昇により地盤強度が 変化したことが浸透破壊の一因として考えられる。図4に 示す通りPIPE5においては前述の法尻における水圧変化 を抑制できており、この効果により崩壊を抑制できたと考 えられる。

図5は排水量の積算値を示しており、N-0と比較して、 PIPE5(W_p+W_s)においては約4.5倍程度の排水量が確認 できるが、地盤を通過した排水量(W_s)をN-0と比較し た場合、半分程度であることがわかる。これは、パイ プを設置することにより地盤内の浸透経路が変化す ることで排水量が変化したためと考えられる。

4. まとめ

浸透流による堤防法面崩壊を実験的に再現し、排水 パイプを設置することによる補強効果検証した。その結果、 パイプに十分な排水能力がある条件下では法尻部の水 圧上昇を抑えることで浸透破壊が抑制できることを確認し た。今後は、パイプに生じるひずみ着目し、構造的補強 効果について検証する。

参考文献 1)Jenisha Singh, Kazuki Horikoshi, Yusuke Mochida & Akihiro Takahashi: Centrifugal tests on minimization of flood-induced deformation of levees by steel drainage pipes, Soils and Foundations, Vol.59, 2019. 2)澤石 正道,和田昌敏,菅野浩樹,成田雅章,高橋章浩:受圧版 併用の小径羽根付き鋼管による盛土斜面の補強効果に関 する実大実験,地盤工学ジャーナル, Vol.12, No. 3, pp.289-301, 2017.

