

河川堤防の揚圧力対策に関する 3次元遠心模型実験

愛知工業大学工学部 正会員 ○奥村哲夫, 木村勝行, 成田国朝
 (株) アイコ 正会員 中村吉男

1. はじめに

難透水性基礎地盤上の河川堤防では、洪水時の水位上昇による揚圧力によって川裏側基礎地盤で盤膨れの発生が懸念される。基礎地盤の揚圧力対策の一つとして、堤防裏のり尻部近くに堤軸に沿った鉛直ドレーンの設置が考えられるが、連続してドレーンを設置することは経済性に欠ける。

本研究は、揚圧力低減のための鉛直ドレーンの有効な設置間隔を調べることを目的として、三次元遠心模型実験を行い、その結果について検討を加えたものである。

2. 実験概要

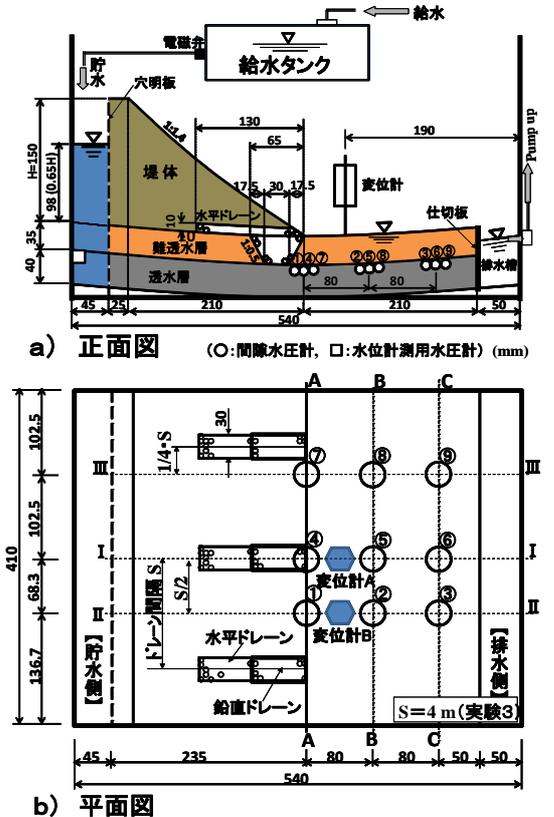
図一1は、アルミ製土層内に作成した堤防模型（堤高 H 150mm、斜面勾配 1:1.4、奥行 410mm）の概略であり、遠心力の作用方向が回転軸を中心として半径に沿う形となることから、基礎及び堤体底面の形状を遠心半径に等しい円弧とし、斜面を対数螺旋で近似して重力場と同一勾配となるようにしている。基礎地盤は、水締めによって作成した透水層（珪砂 6号、 $\rho_d=1.27g/cm^3$ 、 $k=8.97 \times 10^{-4}m/s$ ）上に難透水層（粘土、 $\rho_d=1.07g/cm^3$ 、 $k=4.00 \times 10^{-9}m/s$ ）を角棒を用いて締め固めて作成した。堤体は、礫質砂（ $d_{max}=5.0mm$ ）を5層に分けて締め固めて作成した（締め固め D 値=91.0%、 $k=6.50 \times 10^{-7}m/s$ ）。

ドレーン（珪砂 1号、 $d_{max}=5.0mm$ 、 $\rho_d=1.51g/cm^3$ 、 $k=2.32 \times 10^{-3}m/s$ ）は、難透水層を勾配 1:0.5 で掘削して作成した鉛直ドレーン及び堤体底面に設置した水平ドレーンとし、突き棒を用いて締め固めた。

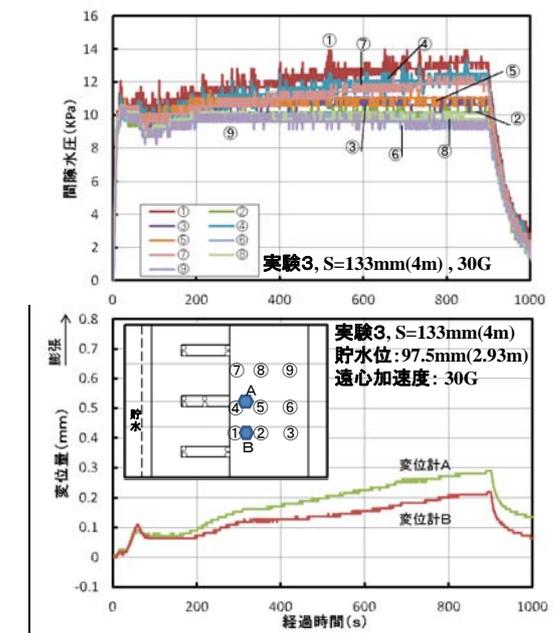
実験は、鉛直及び水平ドレーンを1箇所設置した場合（ドレーン間隔 400mm、実物換算ドレーン間隔 $S=12m$ ）、2箇所（200mm、 $S=6m$ ）、3箇所（133mm、 $S=4m$ ）の3ケースについて行った。貯水は、飽和状態の基礎地盤上の堤体底部に遠心加速度 30G を与えた後、給水タンクに固定した弁を外部操作することにより行った。ドレーン及び基礎・堤体からの浸透水は排水槽を通して給水タンクに送られている。揚圧力測定用の小型間隙水圧計（ $\phi 12 \times 8t$ 、容量 200kPa）は難透水層直下に埋設し（図一1、①~⑨）、2台の変位計（容量：10mm）を用いて難透水層表面の変位を計測した。

3. 実験結果と考察

図一2は、ドレーン間隔 133mm（実物換算 $S=4m$ ）で行った貯水開始から実験終了までの約 900 秒（実物換算 225 時間）における間隙水圧と変位量の経時変化である。目標水位（0.65H）



図一1 実験模型の概略



図一2 間隙水圧、変位の経時変化

キーワード：河川堤防、遠心模型実験、揚圧力対策、盤膨れ、ドレーン

連絡先：〒470-0392 愛知県豊田市八草町 1247 Tel 0565-48-8121 Fax 0565-48-0030

までの到達時間は 11.3 秒 (2.8 時間) で、貯水位は、図に示していないが実験終了まで同一となるように制御している。図より、間隙水圧は 700~800 秒あたりまで徐々に上昇しているが、その後大きな変化は見られない。また、水圧の上昇に伴って変位量も増大し、最終的に 0.2~0.3mm (6~9mm) の膨張が生じていることが分かる。

図-3は、実物換算ドレーン間隔 $S=4, 6$ 及び $12m$ について、法尻先端部の A-A 断面と法尻から $4.8m$ 離れた C-C 断面の間隙水圧から求めた圧力水頭 h_p の分布である。ドレーン間の h_p の分布形状に着目すると、法尻部の A-A 断面では、何れのドレーン間隔においてもドレーン間の中央で高く、ドレーンに近づくと低くなり、上に凸の形状となっており、ドレーンの影響が比較的明瞭に現れている。しかし、この傾向は法尻から離れた C-C 断面では A-A 断面と比較してさほど明瞭でなく、ドレーンの影響が薄い。

図-4は、ドレーン間の中央部 II-II 断面の圧力水頭 h_p 及び 2 箇所に設置した変位計 A、B から求めた膨張量 L とドレーン間隔 S の関係を示している。なお、変位計 B の $S=12m$ は計器の不具合により計測できていない。図より、 h_p の値にバラツキが認められるが、ドレーン間隔が広くなるのに伴って h_p 、 L 共に増大することが分かる。

図-5は、膨張量 L と変位計設置位置近傍の間隙水圧 (水圧計④-⑤、①-②) を平均して求めた平均圧力水頭 h_p' の関係を示している。難透水層の有効土被り圧 σ_v' と透水力 u_f が一致する場合の圧力水頭は概略 1.75 であるが、本結果では $h_p' \approx 1.3$ あたりから比較的急激な膨張が見られ、 L と h_p' の間に何らかの関係が存在するものと推察される。

4. まとめ

河川堤防の揚圧力対策として、川裏側法尻部にドレーンを設置した場合について遠心模型実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・法尻部ではドレーン設置間隔に関わらずドレーンの影響が顕著に現れる。
- ・また、ドレーン設置間隔が広がると、圧力水頭 (揚圧力) の増大とこれに伴う難透水性地盤の膨張 (盤膨れ) が発生し易くなり、膨張量と圧力水頭の両者に何らかの関係が存在する。

この種の実験を遠心模型で再現できることを確認した。今後は精度の向上と同時にドレーン形状や寸法等を変えた実験及び FEM 解析結果との比較・検討を通して実際面への適用を行いたい。

謝辞： 本研究は科研費 (23560599) の助成を受けたものである。

<参考文献>

- ・奥村・木村・成田：河川堤防に作用する揚圧力に関する遠心模型実験，第 47 回地盤工学研究発表会講演概要集 (CD-ROM)，pp931-932，2012。
- ・増山・齋藤・森・佐々木：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，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM)，pp377-378，2011。

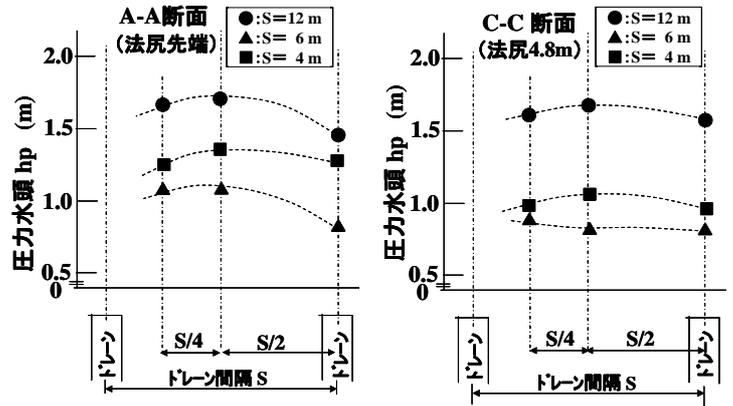


図-3 圧力水頭分布 (A-A 断面、C-C 断面)

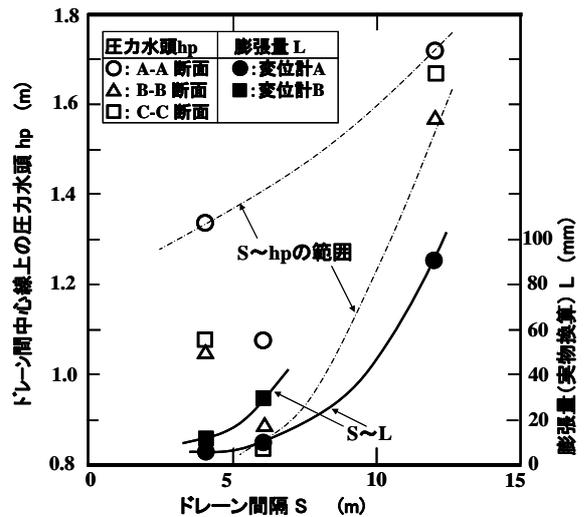


図-4 II-II 断面上の h_p 、 L と S の関係

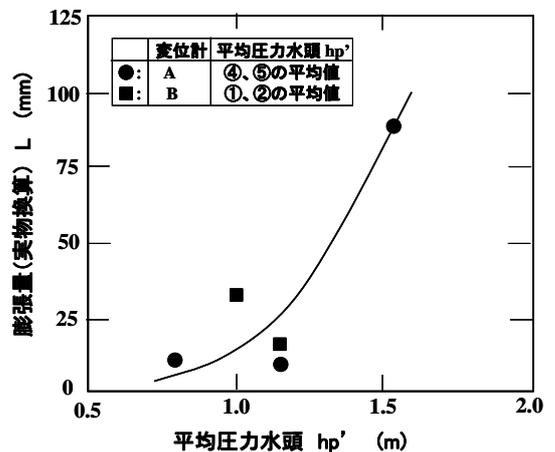


図-5 L と h_p' の関係