

河川堤防の揚圧力対策に関する遠心模型実験

愛知工業大学 正会員 奥村哲夫、木村勝行、成田国朝
愛知工業大学 学生会員 ○田口直哉

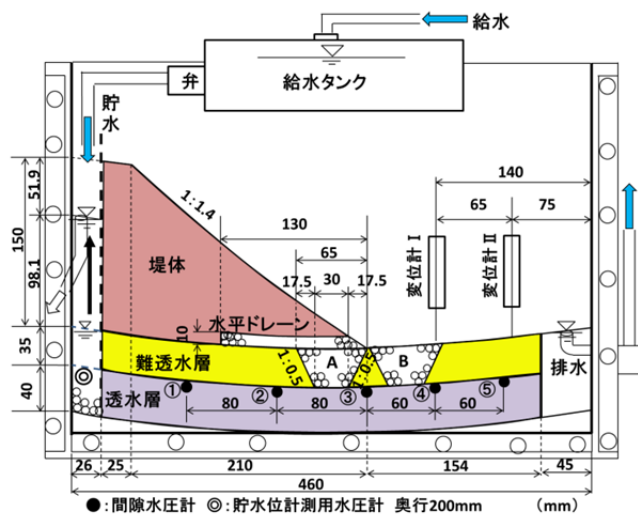
1. はじめに

洪水時の河川堤防は、水位の上昇によって安定性が大きく低下し、場合によっては崩壊に至る事が知られている。難透水性基礎地盤上の河川堤防では大きな揚圧力が発生し、特に川裏側法尻部近傍の地盤は盤ぶくれによる破壊が懸念される。

そこで本研究では、揚圧力の低減を計るために川裏側法尻下部にドレーンを設置した場合の効果について遠心模型実験を行って調べた。

2. 実験概要

実験模型の概略を図一 1 に示す。実験に使用した土槽はアルミ製で、内寸法 W460×D200×H455mm、前面は透明アクリル製である。また、遠心加速度を同一高さで一定とするために土槽底面に円弧型のスペーサーを設けている。



図一 1 実験模型の概略図

堤体基礎は、透水性地盤（透水層）上に難透水性の被覆土層が堆積した地盤とした。透水層は砂（珪砂 6 号）を水締めによって締固めた。難透水層は透水層上に粘土（高液性限界）、（含水比 43.9%）を敷き詰めて作成した。堤体は高さ 15.0cm、斜面勾配 1：1.4 の半断面とし、含水比調整した礫質砂を締固め密度 $\rho_d=1.75\text{g/cm}^3$ で 8 層に分けて作成した。鉛直ドレーンは、難透水層を完成させた後所定の形になるよ

うに掘削し、ケミカルフィルターを敷き礫（珪砂 1 号）を詰めて作成した。揚圧力を計測するための間隙水圧計（図の●印）は難透水層の底面に合計 5 個埋設した。また、川表側○印は貯水位計測用の水圧計であり、川裏側には 2 個の変位計を設置している。使用した試料の性質を表一 1 に示す。

表一 1 試料の性質

	堤体	透水層	難透水層	ドレーン
土質名称	礫質砂	砂 (珪砂 6 号)	粘土(高液性限界)	礫 (珪砂 1 号)
最大粒径	5.00	0.85	2.00	5.00
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.663	2.629	2.641	2.646
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.920	-	1.468	-
最適含水比 W_{opt} (%)	11.4	-	28.4	-
締固め度 D-値 (%)	91	-	72.8	-
締固め乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.750	1.270(水締め)	1.068	1.511
締固め含水比 (%)	9.25	-	43.9	-
透水係数 k (m/s)	6.50×10^{-7}	8.97×10^{-4}	4.00×10^{-9}	2.32×10^{-3}

実験は基礎部底面に対し、10G、20G、30G と遠心加速度を上げ、30G 一定となった後貯水を開始した。貯水は給水タンクからホースを通して空気圧弁と電磁弁によって行い、貯水位（目標 9.81cm）を超える水は、排水パイプによって排水口に送られるようになっている。埋設した間隙水圧計の値が一定になった時を定常とみなし、遠心载荷装置を停止した。

実験は計 3 ケース行い、水平ドレーン及び鉛直ドレーン無を実験 1、水平ドレーンと図一 1 の A の位置に鉛直ドレーンを設置したものを実験 2、同様に B の位置に設置したものを実験 3 とした。

3. 実験結果と考察

図一 2 は水平ドレーン及び鉛直ドレーンを設置した実験 2 について、貯水圧および難透水層下部に設置した間隙水圧計①～⑤の経時変化を示した一例である。図より貯水圧、間隙水圧計①、②、③の順で水圧の値が小さくなり、④、⑤の間隙水圧の値はほぼ同程度となっていることが分かる。これは、間隙水圧計④と⑤の埋設位置が鉛直ドレーンから離れ、後方にあるためと考えられる。

図一 3 は定常状態における各埋設位置の間隙水圧（平均値）を水頭値で表したもので、全実験の結果

を示している。なお、図のスケールは遠心加速度 30G として実物換算している。図より、鉛直ドレーンの無い結果（実験 1）と鉛直ドレーンを設置した結果（実験 2、3）を比較すると、ドレーンを設置した結果は全ての位置で間隙水圧が低めに現われており、揚圧力対策としてのドレーンの効果が認められる。また、鉛直ドレーンを設置した実験 2 と 3 の結果（貯水位ほぼ同一）を比較すると、鉛直ドレーン A の結果は全ての位置でドレーン B より低くなっており、鉛直ドレーンは堤体法尻下部（位置 A）に設置した方が効果が大きいように判断される。

図－4 は、難透水層上面に設置した変位計 I、II の計測値であり、貯水開始を時間 $t=0$ として貯水終了までの全実験の結果を示している。図より、鉛直ドレーンの無い実験 1 の変位計 I の結果は、貯水後約 300 秒（実物換算 75 時間）あたりから膨張（盤ぶくれ）が始まり、最大で 0.74mm（実物換算 22.3mm）となっている。また、変位計 II においても、沈下が認められるも $t=400$ 秒で膨張が現われていることがわかる。一方、鉛直ドレーンを設置した実験 2、3 では貯水による明確な変化はほとんど見られない。

表－2 は、変位量（実物換算値）及び、難透水層の有効土被り圧 σ_v' を浸透水圧 u_f で除した値を各実験についてまとめたものである。盤ぶくれの発生したドレーンの無い実験 1 の σ_v'/u_f 値は、水圧計③～⑤の何れも 1.0 以下となっている。一方、ドレーン設置の実験 2、3 の σ_v'/u_f 値は 1.0 以上となっており、 σ_v'/u_f 値と盤ぶくれの関係がほぼ対応している。

4.まとめ

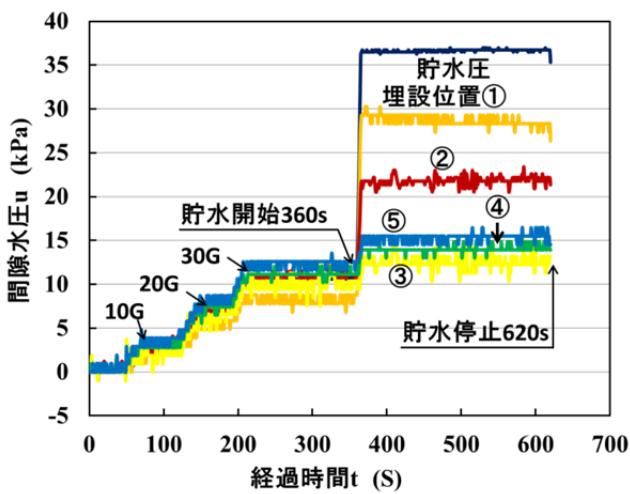
実験結果をまとめると以下ようになる。

- ・鉛直ドレーンは揚圧力を抑制することができ、川裏側法尻部近傍の盤ぶくれ防止の効果が期待できる。
- ・鉛直ドレーンは川裏側法尻部下部（位置 A）に設置した方がより効果的である。

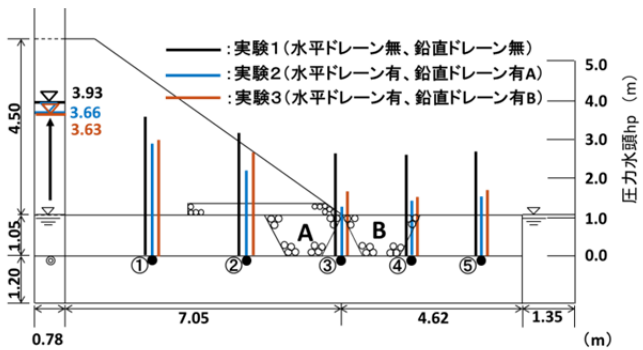
謝辞：本研究は科研費（23560599）の助成を受けたものである。

<参考文献>

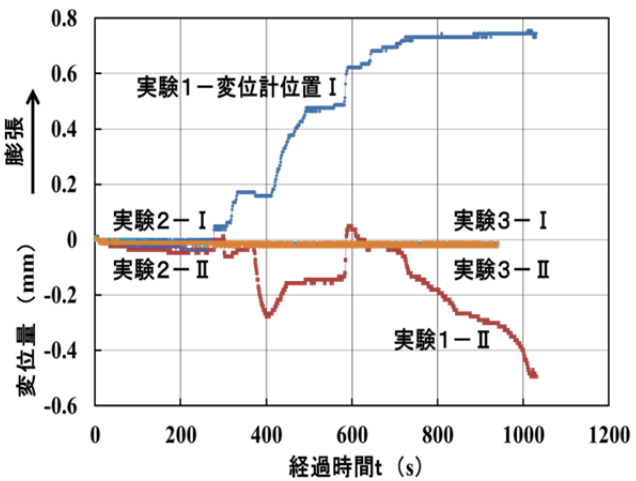
- 1) 奥村・木村・成田：河川堤防に作用する揚圧力に関する遠心模型実験，第 47 回地盤工学研究発表会，pp931-932，2012
- 2) 増山・石原・齋藤・佐々木：河川堤防の盤ぶくれ対策工の排水量と水圧低減効果，第 47 回地盤工学研究発表会，pp937-938，2012



図－2 間隙水圧の経時変化（実験 2）



図－3 圧力水頭の分布



図－4 変位量の経時変化

表－2 各実験の変位量（実物換算値）と σ_v'/u_f

実験	変位量 (mm)		σ_v'/u_f		
	変位計 I	II	水圧計③	④	⑤
1	22.3	-14.9	0.44	0.45	0.42
2	-0.4	-1.1	3.32	1.94	1.45
3	-0.4	-0.4	1.16	1.55	1.06