

堤防強化工法に関する模型実験

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○齋藤由紀子、森 啓年、高田 尚秀
同上 正会員 古本 一司、小橋 秀俊

1. はじめに

国土交通省では、河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）（以下、「ガイドライン」という）¹⁾を策定し、全国の直轄河川堤防の浸透および侵食に対する強化を推進している。本研究は、堤防強化をより効率的・効果的に進めるため、浸透破壊に対する各強化工法の特長を把握し、実務に適した選定手法を提案することを目的としている。本論文では、堤防本体に対策を施す強化工法を対象に、模型実験を実施し、対策効果について検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

実験は、ガイドラインに示されている堤防強化工法の中、表のり面被覆工法、断面拡大工法、ドレーン工法について行った。実験条件の一覧と実験模型断面を表-1、図-1 にそれぞれ示す。ケース 3、4 では、表のり面被覆に遮水シートを用いている。ケース 4 は、堤防長手方向の遮水シートの継ぎ目が、シートの遮水性能に与える影響を調べる目的で実施しており、重ね合わせ部に接着の処理は行っていない。実験模型は、幅 8m、高さ 2.6m、奥行き 4m の実験土槽に作成し、図-2 に示すとおり、計画高水位に相当する外水位 0.8m と 15mm/hr の降雨を 16 時間程度与えた。ただし、実験模型に大きな変状が生じた場合は、その時点で実験を終了している。

1) 実験材料 基礎地盤と堤体の土質材料には、茨城県稲敷郡江戸崎町で採取した山砂を用いた。山砂の粒径加積曲線を図-3 に示す。ドレーン工は、粒径 30~40mm の砕石と、それを包むジオテキスタイル（厚さ 3mm、透水係数 $3.6 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ）で構成されている。表のり面の遮水シートには、1mm 厚の塩化ビニールと 10mm 厚の合成繊維を貼り合わせた製品を用いた。また、全てのケースにおいて、天端舗装をモデル化するため、同様の遮水シートを利用した。

2) 模型の作製および計測 基礎地盤は、1 層の仕上がり厚 0.2m で 5 層に分けて、振動コンパクターを利用することにより密に締め固めた。堤体は、1 層の仕上がり厚 0.5m で 2 層に分けて、人が踏み固めることにより緩く築造した。天端と、ケース 3、4 の表のり面には遮水シートを設置し、表のり面の遮水シートの端部のみ、実験土槽の壁面との間に止水処理を施した。堤体の表面には、降雨によるガリ侵食を防止するため、山砂に短繊維を重量比約 0.2% 混入した短繊維混合土を敷設し、振動コンパクターを 1 往復させることにより成形した。ケース 2 のドレーン工は、築堤後に堤体を掘削して設置した。

実験の際には、地盤内の圧力水頭と裏のり尻における排水量を測定した。圧力水頭測定用のマノメータは、基礎地盤と堤体を築造する前にそれぞれ設置した。排水量は、裏のり尻部直近の基礎地盤に断面が半円形の溝（ $\phi 100\text{mm}$ 、塩化ビニール製）を設けて集水し、荷重計で重量を計測する方法で測定した。

3. 実験結果

各ケースの堤体内浸潤線の上昇過程を図-4 に示す。図中には、河川堤防の構造検討の手引き²⁾に基づいて浸透流計算を実施した結果もそれぞれ描いている。ここでの浸潤線は、堤体底面で測定した圧力水頭を意味

表-1 実験条件

Case	工法	のり面勾配 表、裏	基礎地盤の 締固め度D	堤体の 締固め度D	対策工の詳細
1	無対策	1:2, 1:2	92%	80%	
2	ドレーン	1:2, 1:2	92%	82%	
3	表のり面被覆	1:2, 1:2	92%	81%	継ぎ目なし
4	表のり面被覆	1:2, 1:2	92%	81%	継ぎ目あり (重ね幅0.2m)
5	断面拡大	1:3, 1:3	92%	81%	
6	断面拡大	1:2, 1:4	92%	81%	

・基礎地盤の透水係数 $k_{15} = 2.03 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ($D=92\%$)

・堤体の透水係数 $k_{15} = 3.76 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ($D=78\%$)

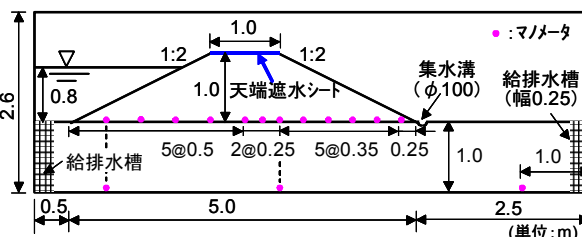


図-1 実験模型断面（ケース 1）

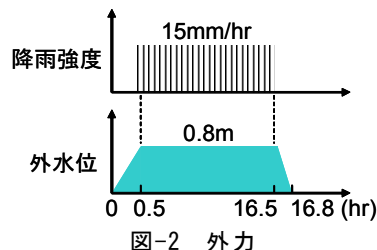


図-2 外力

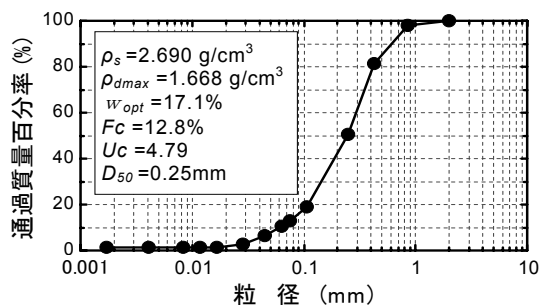


図-3 粒径加積曲線

している。

1) 表のり面被覆の効果 図-4の無対策のケース1と表のり面被覆のケース3を比較すると、表のり面を被覆することにより、浸潤線の上昇速度が減少するとともに、浸潤線を低下させる効果があることが分かった。しかしながら、ケース1は降雨開始後3.3時間で、ケース3は4.7時間で裏のり面に変状が生じ始めた。図-4より、変状が生じ始めたのは、浸潤線が裏のり面に達した時点とほぼ一致することが分かる。表のり面を遮水した場合でも、今回の実験模型のように透水係数が大きい場合などは、基礎地盤からの回り込みや降雨による浸潤線の上昇に留意が必要である。

図-4の表のり面の遮水シートに継ぎ目のないケース3と、0.2mの重ね合わせ部を持つケース4を比較すると、ケース3の方が水位はやや低いという結果ではあるが、極端な差はみられなかった。遮水シートの重ね幅を適切にとって、継ぎ目部分でのめくれなどが生じないように管理をすることにより、所要の遮水性能を確保できるといえる。なお、既往の研究³⁾より、重ね幅が小さ過ぎると遮水性が低下することが分かっている。

2) 断面拡大の効果 図-4の無対策のケース1と、断面拡大のケース5、6を比較すると、断面拡大を行うことにより、浸潤線が裏のり面に達するまでの時間を遅らせる効果があることが示された。また、無対策のケース1と比べてケース5、6は平均動水勾配がそれぞれ0.76倍、0.64倍であり、浸潤線の勾配が緩やかであることが分かる。

しかしながら、ケース1は降雨開始後3.3時間で、裏のり面の勾配が1:3であるケース5は8.5時間で裏のり面に変状が生じ始めたが、ケース6では降雨開始後16時間の時点で裏のり面の変状が見られなかった。ケース3と4の浸潤線はともに裏のり面まで達しているものの、裏のり面の勾配の違いにより変状の発生に違いが見られた。堤体幅が同じ場合、河積が十分確保できるのであれば、裏のり面の勾配を緩くする方が浸透に対してより安全であることが分かる。

3) ドレーンの効果 図-4の無対策のケース1と、裏のり面にドレーンを設置したケース2を比較すると、ドレーンの排水性により、堤体内浸潤線を低下させる効果があることが分かる。ケース2は、降雨開始後16hrの時点で裏のり面の変状も見られなかった。しかし、他のケースと比べて、裏のり面で計測した排水量が多かったことから、現場においては排水の処理に配慮が必要であるといえる。なお、ドレーンの形状や目詰まりについては、文献4)を参照されたい。

4. まとめ

模型実験により、堤防強化工法について検討した結果、次のことが分かった。1)表のり面被覆に遮水シートを利用する場合、シートの重ね幅を適切にとることにより、堤防長手方向でほぼ同一の遮水性能を確保することができる。2)断面拡大工法で堤体の底面幅が同じ場合、河積が十分確保できるのであれば、裏のり面の勾配を緩くする方が浸透に対してより安全である。今後、堤防強化を実施した現場のモニタリング結果等も利用して、合理的な堤防強化工法の選定手法の検討を続ける予定である。

参考文献

- 1)山田哲也：河川堤防の質的整備の推進に関するガイドラインについて、建設マネジメント技術、pp.63-67、2004.11.
- 2)財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き、2002.7.
- 3)建設省土木研究所：堤防用遮水シートの効果に関する大型模型実験、土木研究所資料第3103号、1992.2.
- 4)森、高田、齋藤他：河川堤防の強化工法に関する大型模型実験（全3編）、第40回地盤工学研究発表会、2005.7、投稿中。

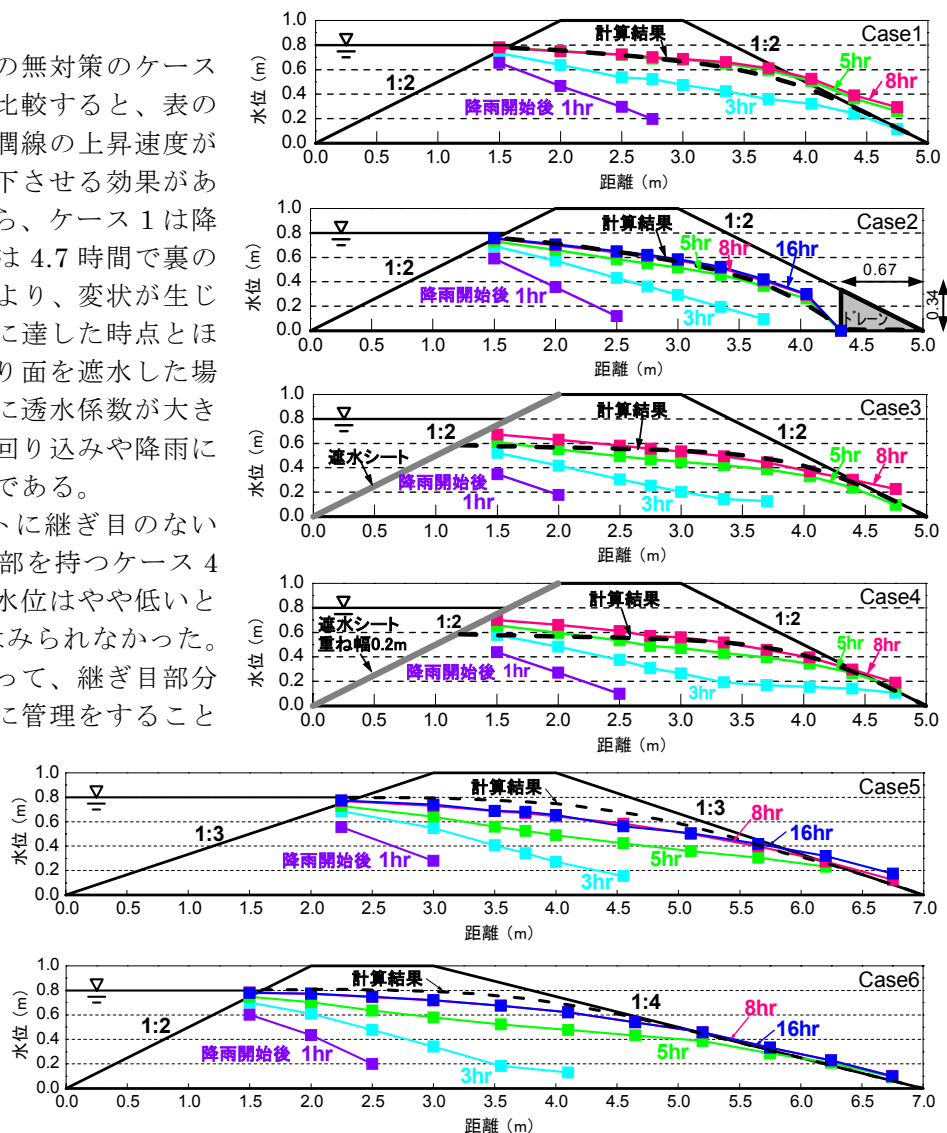


図-4 堤体内浸潤線