

複層基礎地盤の上部砂層の透水性と層厚が堤体法尻部に及ぼす影響に関する浸透流解析

名城大学大学院 学正会員 ○森三史郎, 林愛実, 森智彦
名城大学 正会員 小高猛司
建設技術研究所 正会員 李 圭太
横浜国立大学 正会員 崔 瑛

1. はじめに

著者らの研究グループでは、砂質基礎地盤の下にさらに透水性の高い砂礫層が存在する堤防の浸透模型実験^{1),2)}を行い、高透水性基礎地盤に起因する堤体変状のメカニズムについて検討³⁾を行っており、堤体下部の基礎地盤の地層構成や材料特性によって堤体変状の度合い、過程が変化するという知見が得られている。本報では、非定常浸透流解析を用いてそれらの模型実験のシミュレーションを行った結果を示す。

2. 解析概要

本解析には、不飽和－飽和非定常浸透流解析コード（UNSAF）を用いた。解析モデルは模型実験と対応するように図1に示すように作成した。模型実験に対応するように高透水性層の領域Ⅰ，上部砂質土の領域Ⅱ，堤体の領域Ⅲと3つの領域に分かれている。解析ケースは領域Ⅱの透水係数と層厚 a を変化させた全9ケースである。各ケースにおける地盤条件を表1に示す。Case1は領域Ⅱの透水係数を $6.30 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ に設定したもので、層厚 a を 10mm, 30mm, 50mm と変化させた Case1-1, Case1-2, Case1-3 がある。Case2は領域Ⅱの透水係数を $2.84 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ と設定し、Case1と同様に Case2-1, Case2-2, Case2-3 がある。Case3は領域Ⅱの透水係数を $4.54 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ と設定し、Case1と同様に Case3-1, Case3-2, Case3-3 がある。ここでの透水係数は、室内透水試験で得られた模型実験に用いた地盤材料の透水係数である。その他の条件として、全ケースで比貯留係数は $3.58 \times 10^{-6} \text{1/m}$ とし、有効間隙率は 0.375 と設定した。地盤の水位は模型実験を参考とし、初期 100mm から 40 秒後 330mm になるように上昇させ、水の流入を表現した。解析は1ステップ 10 秒、全 99 ステップで 990 秒間のシミュレーションを実施した。

3. 解析結果

解析結果を図2に示す。図には、各ケースにおける領域Ⅱでの鉛直動水勾配の分布の推移を示す。ここでの動水勾配は、領域Ⅱの下部と上部との全水頭の差を領域Ⅱの層厚で除したものである。図の縦軸が鉛直動水勾配、横軸が解析モデル右端からの距離であり、横軸 700mm が法尻で、そこから 400mm が川裏法面、すなわち横軸 1100mm が法肩である。いずれのケースにおいても、水位上昇が完了する step3 から step4 にかけて、法尻から川裏にかけての鉛直動水勾配が急激に上昇していることがわかる。一方、領域Ⅱが初期に不飽和であるため、解析初期で堤体法面下部での見かけの動水勾配が大きく現れるが、解析

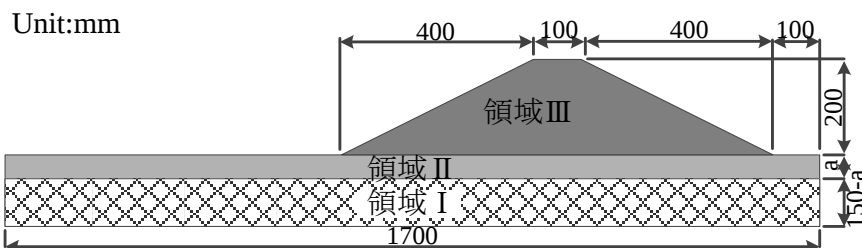


図1 解析モデル

表1 地盤条件

	領域Ⅰ	領域Ⅱ		領域Ⅲ
	透水係数(cm/s)	層厚 a(mm)	透水係数(cm/s)	透水係数(cm/s)
Case1-1	6.68×10 ⁻¹	10	6.30×10 ⁻²	1.00×10 ⁻²
Case1-2		30		
Case1-3		50		
Case2-1		10	2.84×10 ⁻²	
Case2-2		30		
Case2-3		50		
Case3-1		10	4.54×10 ⁻³	
Case3-2		30		
Case3-3		50		

キーワード 河川堤防, 浸透破壊, 非定常浸透流解析, 透水性基礎地盤

連絡先 〒468-8052 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL052-838-2346

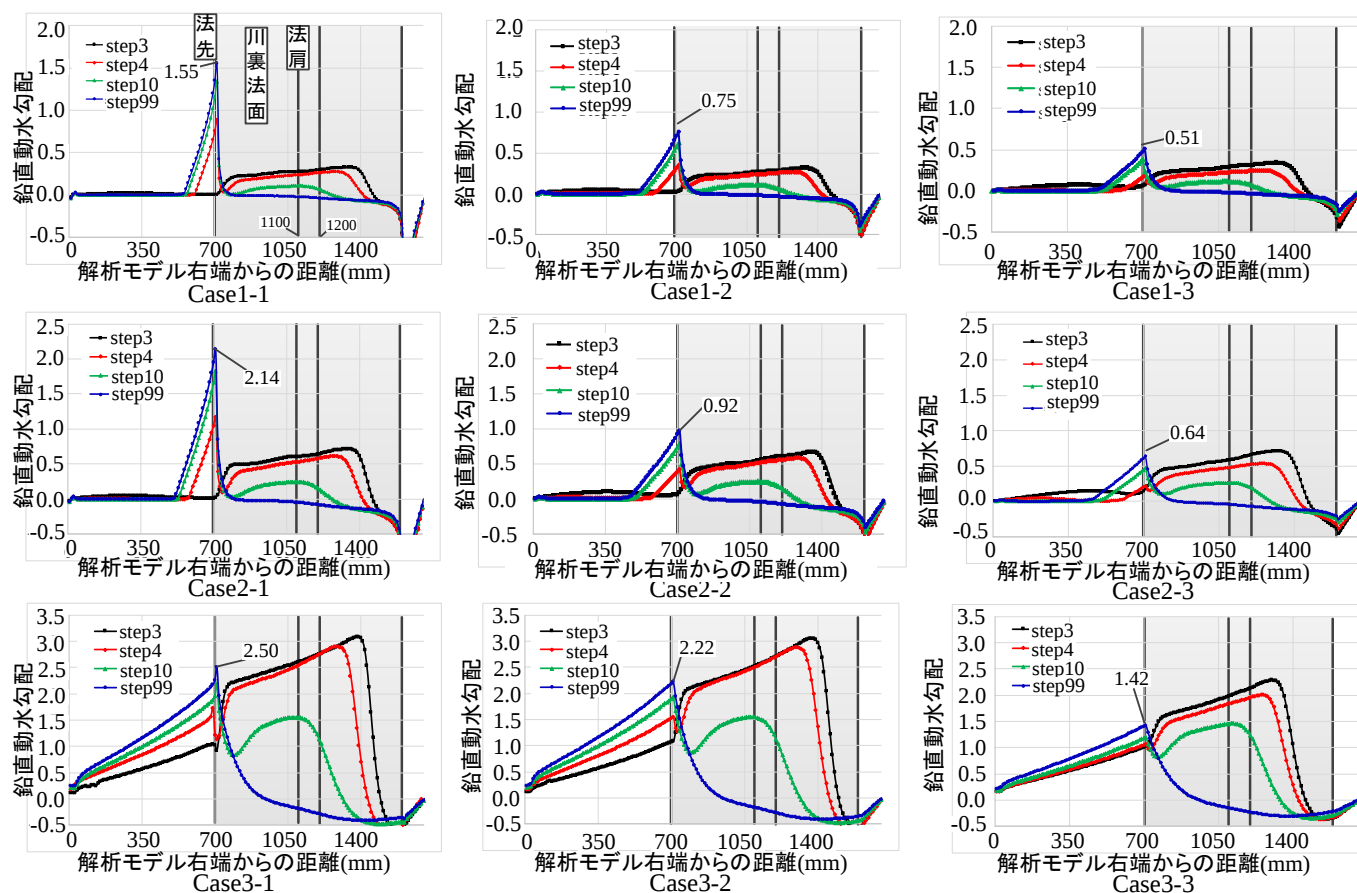


図2 鉛直動水勾配の分布の推移

の進行につれて低下する。本報では、この堤体下部の見かけの動水勾配の変化については議論の対象としない。

Case1 について見てみると Case1-1, 1-2, 1-3 と層厚 a が大きくなる程、法尻での鉛直動水勾配の上昇量は小さくなる。ただし、上昇する範囲はやや広くなる。Case2 に関しても同様に Case2-1, 2-2, 2-3 と層厚 a が大きくなる程、法尻での鉛直動水勾配の上昇量は小さく、上昇する範囲はやや広まる。Case3 に関しても、法尻での鉛直動水勾配の上昇量が層厚 a に応じて小さくなる傾向は同じであるが、上昇する範囲については層厚が小さい場合でも非常に大きいため、比較ができない。なお、同じ層厚で比較すると、Case1, 2, 3 と透水係数が小さくなる程、法尻での鉛直動水勾配の上昇量が大きくなり、上昇する範囲も広くなる。

同様の境界条件による模型実験においては、領域Ⅱの透水性が低く、かつ層厚が小さい場合には、法尻近傍に噴砂・噴水が発生し、その際形成した水みちが堤体下部へと進行し、領域Ⅲの堤体崩壊の誘因となった。一方、領域Ⅱの透水性が低く、層厚が大きい場合には、領域Ⅲの浸透の影響が領域Ⅱ以上の伝わらず、堤体の変状は見られなかった。本解析では、領域Ⅱの層厚 a が小さい程、高い動水勾配が狭い範囲で集中することが示され、実験での噴砂・噴水とその後の水みち形成に繋がる現象が予見できている。一方、層厚 a が大きい程、小さな動水勾配が広い領域で作用するため、危険度が低下することが予見できている。ただし、領域Ⅱの透水性が低くなるほど、動水勾配の上昇量が大きくなるため、模型実験結果との単純な対比は現段階ではできない。

4. まとめ

本報では、非定常浸透流解析を用いて、模型実験のシミュレーションを行い、法尻近傍での局所的な鉛直動水勾配の分布について検討した。概ね模型実験初期の現象を予見できる結果を得た。模型実験においては、領域Ⅱの透水性や層厚の違いによってその後の堤体変状の違いが観察されたが、本報の解析結果は、そのトリガー発生までを説明するものであった。

参考文献：1) 小高ら：基礎地盤の複層構造が河川堤防の浸透破壊に及ぼす影響，第 52 回地盤工学研究発表会，2017。
2) 森ら：複層構造における上層基礎地盤の透水性が浸透破壊に与える影響，第 72 回土木学会年次学術講演会，2017。
3) 小高ら：複層構造基礎地盤を有する河川堤防の非定常浸透流解析，第 52 回地盤工学研究発表会，2017。