名城大学	学生会員	〇森 三史郎	
名城大学	正会員	小高 猛司・崔	瑛
建設技術研究所	正会員	李 圭太	

1. はじめに

高い透水性の基礎地盤に起因する破堤や堤防変状の被災メカニズムを正確に把握することは、今後の被災 を未然に防ぐためにも治水上の喫緊の課題である。著者らの研究グループでは、透水性が大きく異なる2層 の基盤地盤を有する堤防の浸透模型実験を行い、基盤漏水が堤体決壊に結びつくメカニズムについて検討を 行っている¹⁾。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うことによ り、高い透水性の基礎地盤を有する堤体変状のメカニズムについて検討を行った結果を示す。

2. 解析概要

数値解析には、実務で実績のある不飽和一飽和非定常浸透流解析コード(UNSAF)を用いた。図-1に解 析対象とした地盤モデルの概要を示す。模型実験¹⁾と同様に地盤構造を領域1~4に分割し、それぞれの領域 に表-1に示す配置で地盤材料を設定することで3ケースの解析を実施した。それぞれの地盤材料の詳細を 表-2に示す。分類に実際の模型実験に対応する地盤材料を括弧書きで示しているが、透水係数は室内透水 試験による値を模型実験の浸潤線の進行度合いでキャリブレーションして調整したものである。3ケースに 共通して領域1と4には高透水性の砂1を、領域2にはそれより若干透水性の低い砂2を配置した上で、堤 体に相当する領域3には透水性の異なる3種の材料2~4を配置することによって Case_1~3を比較する。 その他の条件として、全ケースで比貯留係数は3.58×10⁶とし、有効間隙率は0.375と設定した。地盤の初期 飽和度は50%とし、モデルの右端部全域に420mmの全水頭を瞬間的に作用させることによって水の流入を 表現した。解析は1ステップ10秒、全60ステップで600秒間のシミュレーションを実施した。

3. 解析結果

図-2~4 に解析結果を示す。本解析においては、法尻付近において 400 秒以降に大きな変化が見られなかったため、本報では 400 秒の解析結果を解析終了時の結果として示している。図-2 に飽和度分布を示す。 上段には法尻付近までの基礎地盤が完全に飽和したと判断できる時点の結果を示しているが、Case_1,2 と 3 で経過時間が 10 秒違うものの、領域 1 と 2 を浸透する水の浸透速度は領域 3 の堤体材料の透水性の影響は ほとんどないと言える。しかしながら、図-2 下段の時刻 400 秒における飽和度分布からもわかるように、 その後の堤体への浸潤度合いは、堤体材料の透水係数によって大きく異なることがわかる。

図-3 は鉛直方向動水勾配の経時変化である。不飽和~飽和境界部での動水勾配が大きくなるのは当然であるため、ここでは飽和領域内での動水勾配の集中に着目する。Case_1 では、100 秒から領域1の左端上部



 表 -1 解析ケース

 領域1
 領域2
 領域3
 領域4

	顶墩 1	限墩 4	「変受し	医炎 +
Case_1	材料1	材料 2	材料 2	材料1
Case_2	材料1	材料 2	材料3	材料1
Case_3	材料1	材料 2	材料 4	材料1

表-2 材料データ

	分類	透水係数
材料1	砂1(珪砂3号)	4.00×10^{-1}
材料 2	砂2(珪砂6号)	4.00×10^{-2}
材料3	細粒分まじり砂(混合珪砂)	1.00×10^{-2}
材料4	細粒分質砂(カオリン混合砂)	3.50×10^{-3}

図-1解析に用いた地盤モデル



図-4 各ケースにおける最終状態での水平方向動水勾配分布

に接する領域2での鉛直動水勾配の上昇が目立ち始め、その後、領域2における鉛直動水勾配の上昇領域が 法尻方向に拡がり、200秒以降には法尻付近で鉛直動水勾配が最大となる分布でほぼ定常となる。Case_2で は、Case_1と領域2において鉛直動水勾配の分布が拡大していくプロセスは類似しているが、領域3の堤体 法尻部においても鉛直動水勾配が顕著に上昇する点がCase_1と大きく異なる。最終状態においては、領域2 の法尻部における鉛直動水勾配もCase_1よりも大きくなる。Case_3もCase_2とほぼ同じ傾向であるが、領 域2と3の法尻部での鉛直動水勾配は、Case_2よりもさらに上昇している。以上より、堤体の透水性に応じ て法尻付近の基盤部での鉛直動水勾配は上昇する。そのため、法尻付近の基盤部での有効応力が低下あるい は消失する領域が拡大し、堤体の安定性に大きな影響を及ぼすと考えられる。図-4 は解析終了時の水平方 向の動水勾配の分布である。法尻あるいは法面付近での水平動水勾配は、物体力としてすべり破壊に寄与す ると考えられるが、Case_2および3ではその効果による不安定化がより促進されると予想できる。

4. まとめ

堤防直下に透水性が異なる2層構造の基礎地盤が存在し、特に下部の基礎地盤の透水性が非常に高い場合 には、法尻近傍に鉛直動水勾配の高い領域が集中する。また、その度合いは堤体の透水性が低いほど顕著に なる。模型実験において、法尻近傍の基礎地盤の液状化がトリガーとなって堤体の大変状が発生することが 観察された¹⁾が、このシミュレーション結果はその現象を合理的に説明するものであった。

参考文献:1)林ら:透水性基礎地盤に起因する河川堤防の破壊メカニズム,平成27年度土木学会中部支部講演会,2016.