

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

名城大学大学院	学生会員	○森 智彦・森 三史郎・林 愛実
名城大学	正会員	小高 猛司
横浜国立大学	正会員	崔 瑛
(株)建設技術研究所	正会員	李 圭太

1. はじめに

近年、矢部川堤防の破堤、子吉川堤防の法すべり等、高透水性の基礎地盤に起因すると思われる被災事例が目立っている。これらの被災事例においては、堤体と基礎地盤の両者を含めた地層構成、および地盤材料に被災要因を求めることができるが、堤体変状のメカニズムを含めてその解明は十分に進んでいるとは言い難い。本研究グループは、透水性が大きく異なる2層の基礎地盤を有する堤防の2次元浸透模型実験を行い、極めて高い透水性を有する下部基礎地盤を通した浸透が、堤体変状に対して与える影響およびメカニズムについての検討を行ってきた^{1),2)}。その結果、透水性基礎地盤に行止りの無い地層構成においても、法先付近に高い動水勾配が作用し、破堤に結び付くすべり破壊やパイピングの発生が確認された。本報では、高透水性基礎地盤上に複層構造で堆積する砂層の材料特性が砂質堤体に与える影響に着目した実験ケースについて検討を行った。

2. 模型実験概要

本研究で用いた浸透模型実験装置の概要を図1に示す。実験装置は通水孔の空いたアクリル板によって給水槽、土槽、排水槽に分けられている。本実験では上層基礎地盤の材料特性の影響を検討するために図1に示すように模型地盤を3つの領域に分け、その中でも領域Ⅱの地盤材料を変化させた2ケースについて検討した。両ケース共に、領域Ⅰ、Ⅲにはそれぞれ三河珪砂3号砂（間隙比 $e=0.95$ 、透水係数 $k=2.67 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ）、三河珪砂6, 7, 8号を混合したもの（以下678混合砂、 $e=1.06$ 、 $k=9.96 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）を用いた。Case1では領域Ⅱに三河珪砂6号砂とカラーサンドを混合したもの（以下6号カラー、 $e=1.06$ 、 $k=2.54 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ）、Case2では三河珪砂7号砂（ $e=1.06$ 、 $k=3.58 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ）と間隙比を固定し、地盤材料の透水係数の異なるものを用い、いずれの地盤材料も含水比を4%に調整した後、所定の間隙比となるように厚さ50mmずつ（層厚50mm未満の場合は、層厚分）締固めを行い、模型地盤を作製した。その後、実堤防において地下水位が高透水性基礎地盤の中にある場合を再現するため、給水槽の水位を水槽底面から100mmで一定となるように給水を続け、約90分間地盤材料を飽和させた。飽和後、水位を急激に上昇させ330mmの位置（堤体高さ9割の部分）でoverflowさせ、排水槽の水位が150mmとなるように維持しながら、浸透に伴う堤体および基礎地盤の挙動を観察した。すべての実験過程において、模型地盤の正面および上面からビデオ撮影を行い、越流によって破堤するまで、もしくは堤体の変状がほぼ見られなくなるまで実験を続けた。

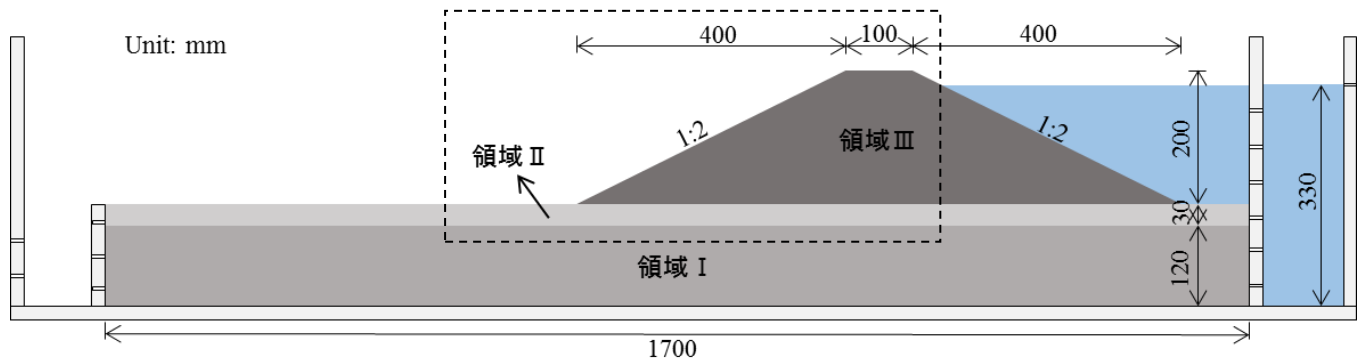


図1 浸透模型実験の概要

キーワード 河川堤防, 浸透破壊, 基盤漏水, 透水性基礎地盤

連絡先 〒468-5802 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 TEL 052-838-2347

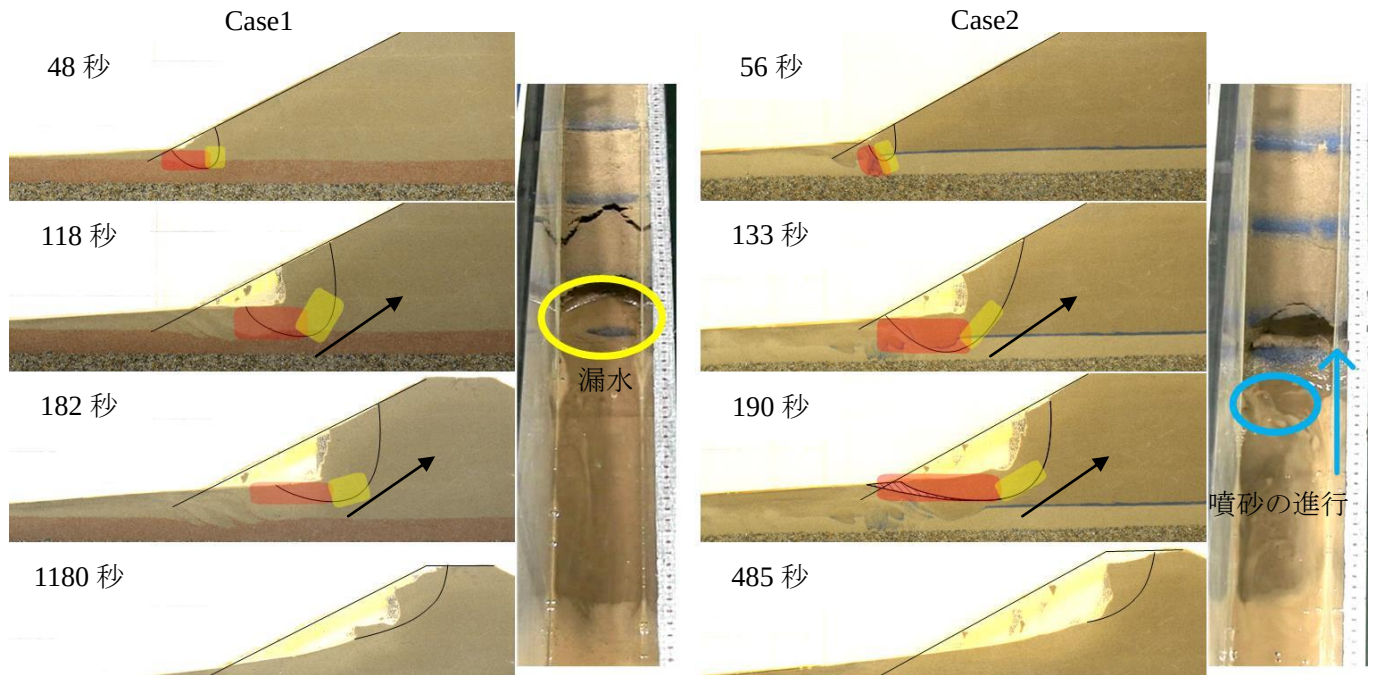


図 2 実験結果（左：正面，右：上面）

3. 実験結果

図 2 に模型地盤の変化を正面，および上面から撮影した実験結果を示す．図中の黒線は元の法面とすべり面を示している．赤，黄色の領域はそれぞれ有効応力低下領域を示したもので，赤は有効応力が限りなくゼロに近い領域，黄は強度低下が見込まれるがある程度有効応力が残留している領域である．ただし，いずれも目視観察による判定である．両ケース共に，すべり面の最下点から終点にかけての周囲（赤い領域）は有効応力がゼロに近く，最下点から河川側への小さい範囲（黄色の領域）のせん断強度が著しく低下していると考えられる．しかし，Case1 と Case2 では傾向は同様であるが深さの範囲に差があり，Case2 では上層基礎地盤と高透水性基礎地盤の境界面まで赤い領域が食いこんでいる．これは上層基礎地盤の透水係数の差異によって，Case2 では過剰間隙水圧の上昇が Case1 より大きいのに加えて消散にも時間がかかるために，基礎地盤内における有効応力の低下が顕著になると考えられる．そのため，最終的に Case1 は天端までの崩壊，Case2 は越流にまで至った．上面から観察すると，Case1 ではすべり崩壊が発生する度に，すべり面終点にあたる法面の亀裂から多量の漏水が確認されたことから，赤い領域の有効応力がゼロに近いことが推察できる．Case2 では最初のすべり崩壊より前の段階で，噴砂から上層基礎地盤を突き抜ける水みちが確認され，実験開始から約 3 分までは発生した噴砂が河川側へ断続的に進行したことから，上層基礎地盤内の有効応力もゼロに近いと判断できる．実験前半では，上部基礎地盤の違いによって Case1 と 2 ですべり面の深さが異なるが，後半ではいずれの Case も浅い表層すべりへと切り替わっていく．Case1 はこの段階で崩壊時の漏水は確認できなくなり，Case2 ではその前段階で基礎地盤からの噴砂は見られなくなっており，堤体崩壊による形状変化に伴い有効応力が低下・消失する領域も変動することがわかる．

4. まとめ

複層構造の基礎地盤において，上層基礎地盤の透水性がもたらす影響として，基礎地盤内における有効応力の低下領域が異なることがわかった．すなわち，透水性が低いほど有効応力の低下が顕著となり，せん断強度の低下を招く．ただし，上部基礎地盤の透水性がさらに低い場合には傾向が異なることもあり，影響を及ぼす透水性には上限や下限が存在し，その層厚も深く関係すると思われる．今回，Case1 では決壊には至っていないが，天端付近まで崩壊が進行しており，堤体の機能面からは決壊と同様の危険性と考えらるべきである．

参考文献：1)森ら：全断面堤体模型を用いた高透水性基礎地盤を有する河川堤防の浸透破壊に関する検討，第 71 回土木学会年次学術講演会，2016. 2)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.