

複層構造基礎地盤を有する河川堤防の堤体の密度が浸透破壊に及ぼす影響

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
㈱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¹⁾、子吉川堤防の法すべり²⁾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説明は十分に進んでいるとは言い難い。本研究グループでは、透水性が大きく異なる2層の基礎地盤を有する2次元浸透模型実験を行い、基礎地盤の漏水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³⁾。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の上部砂質基礎地盤に高い動水勾配が作用することによって噴砂等が発生し、それをきっかけに破堤や大変状へ進展するという知見を得てきた。その中でも法先付近での過剰間隙水圧の発生によって基礎地盤ならびに堤体の有効応力ならびにせん断強度が低下し、水みちの形成や噴砂の発生ならびに基礎地盤を巻き込むすべり破壊が進行していく崩壊に着目し、検討を行っている。我々はこの崩壊パターンを広義のパイピングと位置付けている。本報では、堤体の密度による浸透破壊への影響について報告する。

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。本実験では堤体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Ⅲ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、Ⅱ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8号砂を（ $e=1.06$ ， $k=9.96 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）を用いた。領域Ⅲには三河珪砂8号砂を両ケース共に用いたが密度を変化させCASE1では間隙比 $e=1.06$ （透水係数 $k=9.96 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ），CASE2では間隙比 $e=0.85$ （透水係数 $k=2.95 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）とした。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割の位置）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継続した。

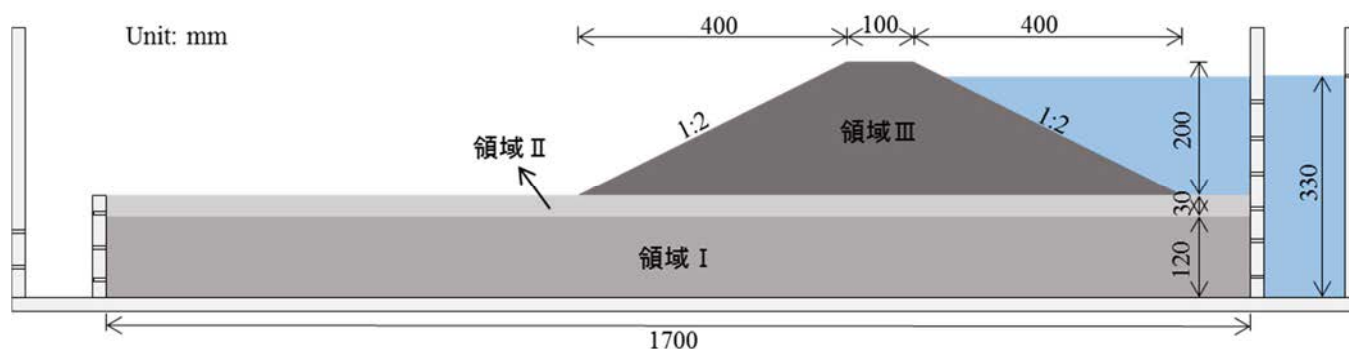


図1 浸透模型実験概要

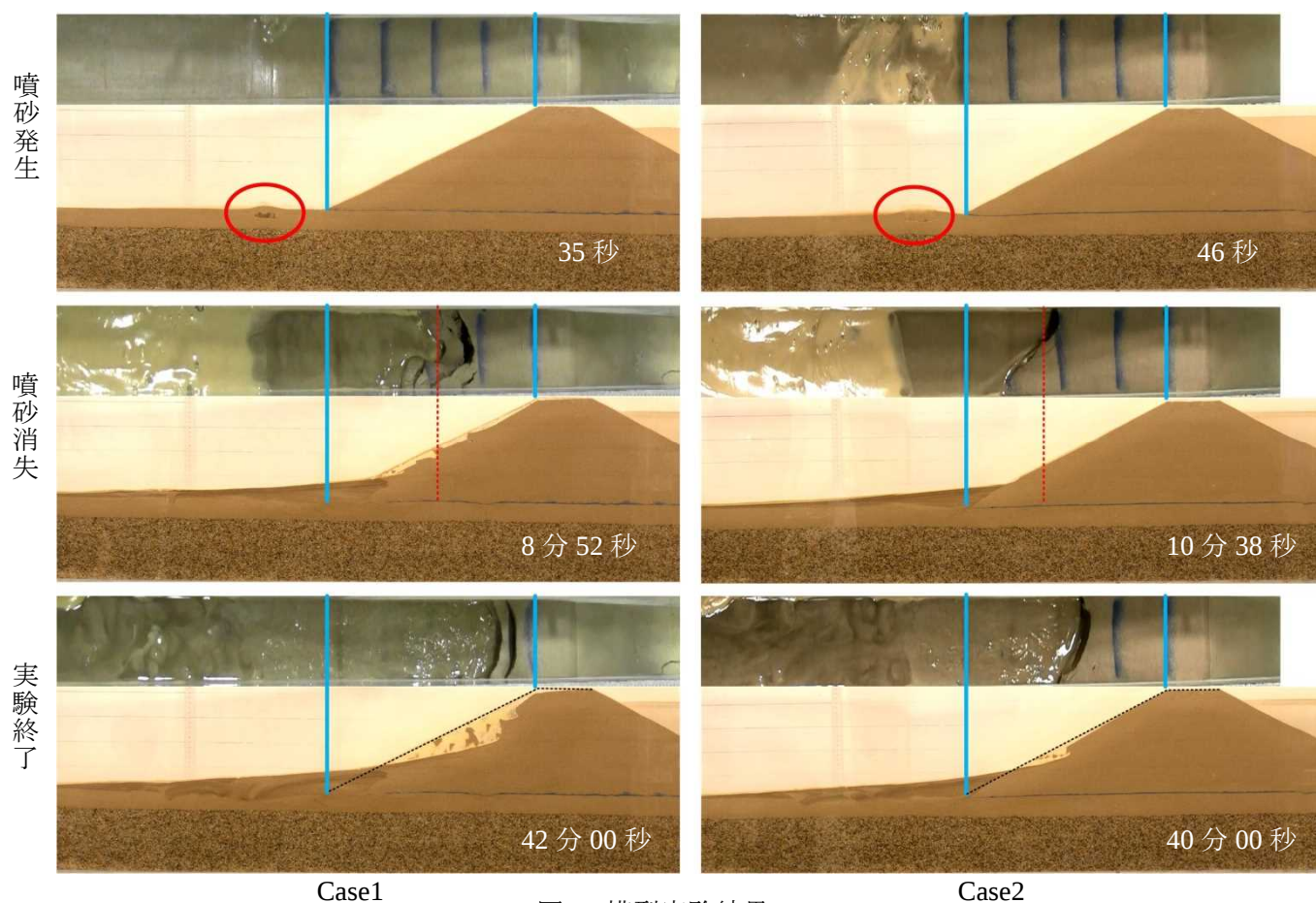


図 2 模型実験結果

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。両ケースにおける噴砂消失時の画像に関して、赤い点線部分は最後に噴砂口が確認できた箇所となっている。噴砂の発生に関しては両ケースにおいて似通った場所での発生が確認でき、発生にまで至る経過時間も大きな差はなかった。時間の経過と共に噴砂口位置は川表側へと進行していった。図 2 には明記されていないが地盤内に発生している水みちは高透水性基礎地盤と上部砂質基礎地盤の境界面に近い部分で形成されている様子が確認できた。噴砂の最終位置は Case1 がより堤体内部へと進行していたが、どちらも川裏法面の 4 割ほどまでは進行が確認されており、ボーリングによる崩壊に関しては顕著な差はでなかった。噴砂が消失した直後から有効応力の低下に伴う進行性すべり破壊へと切り替わり、この段階で堤体変状に大きな差が出た。Case1 では噴砂消失直後から実験終了時の写真に示すように法肩部分を含め、堤体が大きく変状する様子が確認できたのに対し、Case2 では噴砂消失時、ならびに実験終了時の写真を比較してもわかるように大きな変状は確認されなかった。この要因は、Case2 の堤体の密度上昇に伴うせん断強度の増加に加えて、堤体の透水性も低くなったために、堤体内の浸潤面の上昇が抑制された可能性がある。さらに、飽和終了時の段階での堤体内の飽和度にも差があり、Case2 は不飽和状態での透水性やせん断強度が Case1 と比較して影響しているとも考えられる。

4. まとめ

高透水性基礎地盤、低透水性上部砂質基礎地盤を有する河川堤防において堤体の密度が堤体変状の度合いに影響を及ぼすことがわかった。特に、有効応力の低下に伴う進行性のすべり破壊に関しては堤体の密度が低いほど大変状を招く。今回、両ケース決壊には至っていないが、case1 に関しては天端近くまで崩壊が進行しており、強度低下も著しいことから決壊と同様の危険性と考えられるべきである。

参考文献：1)矢部川堤防調査委員会：調査報告書，筑後川河川事務所 HP，2013. 2)高橋祐輔：第 2 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム災害報告特別セッション試料，愛媛大学岡村研究室 HP，2014. 3)森三史郎ら：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.