

土質の違いに着目した堤体内浸潤及び間隙空気挙動

名古屋工業大学大学院
名古屋工業大学
名古屋工業大学大学院
名古屋工業大学

学生会員
正会員
学生会員
学生会員

○齊藤 啓
前田 健一
今瀬 達也, 伊藤 嘉
若狭 愛

1. はじめに

2000年に発生した東海豪雨における新川破堤に関して、決壊前に法面から泡状の水が噴出したとの目撃証言があり、気泡が堤防に損傷を与えることが示唆された。また、2011年の福島・新潟豪雨、台風15号でも堤体からの気泡噴出が確認された。土-水-空気の三相に着目した検討は数多くなされている^{1) 2)}が、地盤内への間隙空気の封入過程や奮発に伴う地盤への影響について未解明な部分が多く残されている。

本研究では河川堤防内への間隙空気の封入過程に着目し、土質試料の違いが堤体内浸潤挙動及び間隙空気挙動に及ぼす影響について模型堤防実験を実施することにより検討を試みた。

2. 実験概要

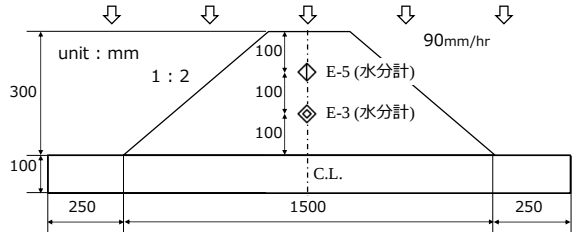


図-1 模型堤防実験概略図

表-1 堤防試料の物性値

試料	透水係数	50%粒径	均等係数	曲率係数
	m/s	mm		
豊浦砂	3.22×10^{-4}	0.17	1.60	0.90
まさ土	2.29×10^{-5}	0.74	9.00	0.80

図-1に模型堤防実験の概略図を示す。また、実験条件について表-1に示す。降雨外力は間隙空気を封入しやすいとされる降雨強度 90mm/hr (猛烈な雨) を作用させた。ビデオカメラにより堤防断面の浸潤挙動を記録し、堤体内に土壌水分計を設置することで内部における浸潤挙動の計測を試みた。

3. 実験結果

3.1 豊浦砂堤防

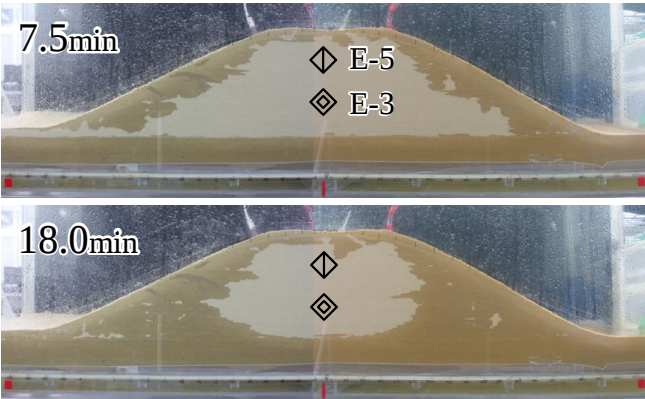


図-2 豊浦砂堤防断面の経時変化

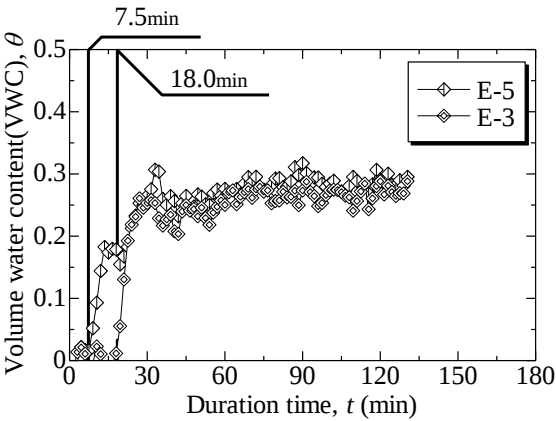


図-3 豊浦砂堤防内部における水分量経時変化

図-2に豊浦砂堤防断面の経時変化について示す。豊浦砂堤防に集中豪雨相当の降雨強度 90mm/hr の外力を作用させると、堤防表層から浸潤域が発達する様子がわかる(図-2 上)。その後、表層に加え基盤層から浸潤線が発達し天端近い箇所(E-5の上)で乾燥域が消失した。このような浸潤線に囲まれた領域は間隙空気圧を蓄積し、奮発することで堤防を弱体化させることが危惧される。

図-3 に豊浦砂堤防内部に設置した水分計より計測した水分量の経時変化を示す。各計測位置における水分計が反応を示す時間に着目し、堤防断面から観察される浸潤挙動と比較を行った。実験開始から 7.5 分経過後の様子を比較すると、水分計設置位置 E-5 において堤防断面ではまだ乾燥領域が残っているにも関わらず水分計が反応していることがわかる。さらに、実験開始から 18 分後の様子と比較しても同様に、堤防断面と内部で異なる浸潤挙動を示した。豊浦砂のような比較的透水性の大きい材料では浸潤の前線において圧力勾配が大きくなることが知られている³⁾。大きな圧力勾配が液層と気層の界面に不安定化⁴⁾をもたらすフィンガリング現象のような選択的な浸潤現象が発生したことが考えられる。

3.2 まさ土堤防

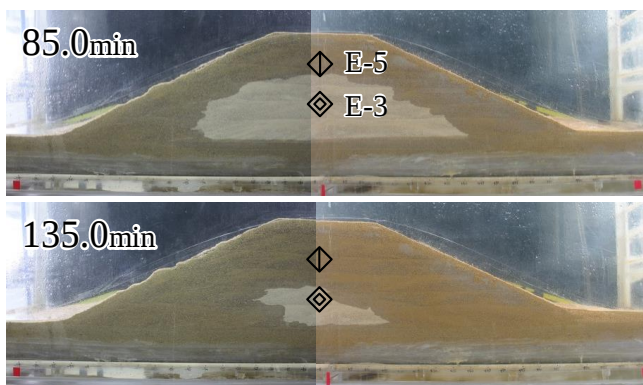


図-4 まさ土堤防断面の浸潤挙動

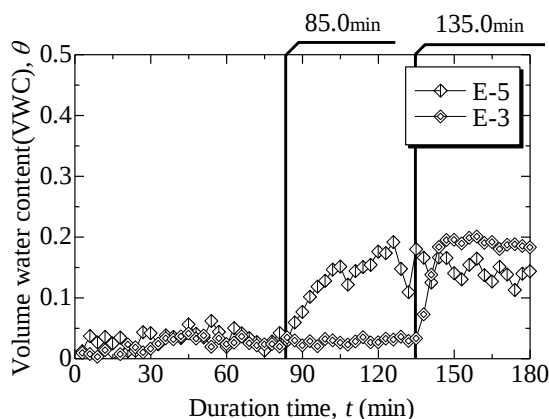


図-5 まさ土堤防内部における水分量の経時変化

図-4 にまさ土堤防断面の経時変化について示す。断面の様子から浸潤域が表層から進行し、基盤層に近い箇所 (E-3 の下) で乾燥域が消失した。豊浦砂堤防と比較し浸潤はゆっくりと進行し、基盤層からの浸潤線の上昇はなく表層からの浸潤のみ観察された。

図-5 に豊浦砂堤防内部に設置した水分計より計測した水分量の経時変化を示す。各計測位置における水分計が反応を示す時間に着目し、堤防断面から観察される浸潤挙動と比較を行った。実験開始から 85.0 分経過後の様子を比較すると断面で見られる浸潤の前線が E-5 に到達した時点で計測器が反応を示している。さらに、135.0 分後においても断面で見られる浸潤前線と計測器 (E-3) の反応がおおよそ対応していることがわかる。比較的透水性の小さい材料では浸潤前線における圧力勾配が小さいため、堤防内の空気塊が界面を保ったまま浸潤が進行することが考えられる。

4. 結論

本稿では、堤防を構成する試料の違いによる浸潤挙動及び間隙空気への影響について検討を行った。降雨を作用させると、豊浦砂堤防では表層からの浸潤に加え基盤層から水位が上がる様子が観察され、まさ土堤防では表層からの浸潤のみ観察された。この浸潤挙動の違いは堤防内に封入された空気塊界面の安定性によると考えられる。堤防内の残留した空気は噴発し堤防を弱体化させる危険性があり、このような残留空気の制御が今後必要と考える。

謝辞

この研究に用いた装置の一部は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B) 研究課題番号: 23360203, (B) 研究課題番号: 21360222 によるものであり、深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小高猛司, 浅岡顕: 砂質地盤での浸透過程での気泡の発生・発達現象, 土木学会論文集, 487/III-26, pp.129-138, 1994.
- 2) 中島保治: 干拓堤防のパイピングについて, 土と基礎, 地盤工学会, Vol.13, No.2, pp.83-88, 1985.
- 3) 取出伸夫, 渡辺晋生, 坂井勝: 土中への水の浸潤 1.フラックス境界と圧力境界条件, 土壌の物理性 113 号, pp.31-41, 2009.
- 4) 泉典洋, 前田健一, 浸透層内における Rayleigh-Taylor 不安定, 応用力学論文集, 16, 545-551, 2013.