

小規模模型を用いた堤体材質が越水破堤プロセスに与える影響に関する検討

徳島大学大学院 学生会員 ○有田 稔
徳島大学大学院 正会員 武藤 裕則
徳島大学大学院 正会員 田村 隆雄

1. 研究の背景・目的

河川堤防は、計画高水位以下の水位に対して流水の通常的作用に対して安全な構造物として設計されているが、近年、台風や集中豪雨などに起因して計画高水位以上となる例が頻発しており、破堤による大規模な水害の発生が懸念されている。破堤の8割以上は越水に起因するものであるが¹⁾、越水破堤のプロセスは解明されておらず、水害被害の軽減に向けた重要な課題となっている。例えば、国土交通省北海道開発局と寒地土木研究所は共同で、十勝川千代田実験水路を用いた実スケールの堤防越流実験を行っている²⁾。本研究では、実験時間と労力を大幅に軽減可能な小規模模型の実用性を探ることを念頭に、堤体材質の違いが越水破堤プロセスにどのような影響を与えるか検討するために越水破堤実験を行った。

2. 実験方法

実験で用いた水路は、水路長 4m、水路幅 0.8m、河床勾配 1/1000 の直線水路に、高さ 10cm、天端幅 10cm、法勾配 1:2 の堤体を図1のように配置し、破堤部の堤体には表1に示した堤体材質を使用し、それ以外の部分は木材で作製した。なお、園芸土、バーミキュライトは、単独で使用した場合、軽く、堤体の形を維持できないため、重さのある真砂土や海砂と混ぜ合わせて使用し、防草土は珪砂に対して配分量を変えて実験を行った。実験条件を表2にまとめる。

崩壊状況の撮影のため、崩壊部直上にビデオカメラを設置し、堤外地に 2.34l/s の流量を通水し、堤体崩壊の時間的変化を記録した。なお、裏法尻の崩壊が始まった時間を堤体崩壊開始時間とし、崩壊が表法尻にまで到達した時間を崩壊終了時間とした。

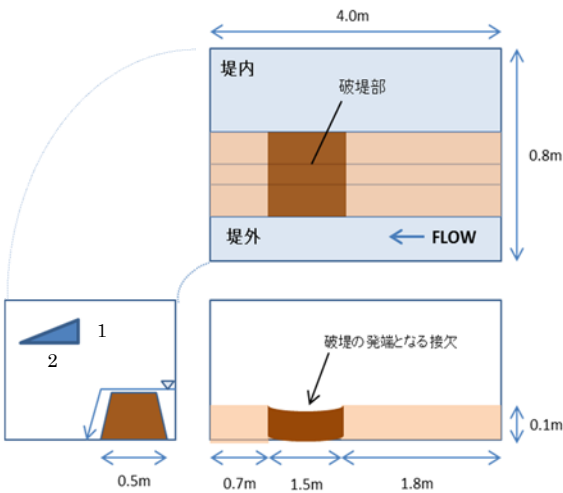


図1 実験水路図

表2 実験条件

表1 土質の種類				表2 実験条件	
土質名	平均粒径 (mm)	均等係数	曲率係数	堤体材質	Case
防草土	0.97	15.11	0.87	珪砂：防草土＝4：1	P-1
真砂土	1.43	5.91	1.02	珪砂：防草土＝2：1	P-2
海砂(5mmふるい通過)	0.48	2.7	0.63	珪砂：防草土＝1：1	P-3
園芸の土	1.12	7.5	0.63	海砂：防草土＝4：1	P-4
抗菌砂	0.71	5.28	0.98	真砂土	D-1
バーミキュライト	1.42	2.65	1.05	真砂土：バーミキュライト＝1：4	D-2
DL クレー	0.022	6.25	3.24	海砂	S-1
珪砂 (3号)	1.4	1.66	1.11	海砂：園芸土＝4：1	S-2
				抗菌砂	A-1
				珪砂：DL クレー＝4：1 ³⁾	Q-1

キーワード：河川堤防，越水破堤，堤体材質，崩壊時間，崩壊プロセス
連絡先：〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学工学部 TEL088-656-7329

3. 実験結果

図2に堤体材質ごとの崩壊時間を示す。珪砂と防草土を混ぜた CaseP-1～P-3 を見ると、防草土の割合が多いほど堤体崩壊までの時間が長くなる傾向があり、防草土の割合を半分にした P-3 では完全な崩壊に至らなかった。また、海砂と防草土を混ぜた CaseP-4 でも完全な崩壊には至らなかった。これは、海砂は珪砂より平均粒径が小さく、粘着性が強かったことが予想できる。次に、真砂土を使用した CaseD-1 および D-2 を見ると、真砂土は珪砂と平均粒径があまり変わらないにもかかわらず、いずれの場合も堤体崩壊までの時間は比較的長かった。一方、海砂を使用した CaseS-1 では、海砂の平均粒径は真砂土よりも小さいにもかかわらず、真砂土を使用した CaseD-1 および D-2 より堤体崩壊時間は短かった。しかしながら、海砂と園芸土を混ぜ合わせた CaseS-2 では、堤体が崩壊したケースの中では崩壊時間が最も長かった。園芸土には木片などの混入物が多く、それらが堤体崩壊時間に影響を与えた可能性がある。抗菌砂を使用した CaseA-1 や珪砂と非塑性シルトである DL クレイを混ぜ合わせた CaseQ-1³⁾は、崩壊時間が他の土質に比べて短かった。抗菌砂の主成分は軽石であったため、流水に流されるスピードが早く、一方 CaseQ-1 では、DL クレイの割合が少なかったため珪砂に対して十分な粘着性が発揮されなかったことが考えられる。

図3は代表的なケースについて堤体の場所ごとの崩壊幅の時間的変化を示したものである。いずれのケースでも崩壊は裏法尻→裏法中央→天端中央の順に徐々に進行することがわかる。また、CaseA-1 のような堤体崩壊時間が短いケースでは、越水が始まると同時に裏法尻の崩壊が始まり、短時間の内に拡幅することがわかる。最も堤体崩壊時間が長かった CaseS-2 では、拡幅の進行や崩壊の堤体上部への到達が遅いことがわかる。

4. まとめ

堤体材質の違いによって堤体が崩壊するまでの時間や崩壊の進行プロセスに大きな違いが見られた。今回は粒度分布に着目したが、粘着性などのその他の土質の特性を検討する必要がある。今後は、堤体材質と模型のスケール効果との関係についても、現地実験結果と比較しながら検討を進める予定である。

参考文献：1)吉野・村本：洪水による河川堤防災害の実態と要因に関する研究，文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果，No. A-61-5, pp.8-17, 1981. 2)島田ら：千代田実験水路における越水破堤実験，水工学論文集，第54巻，pp.811-816, 2010. 3)中村：小縮尺模型による越流破堤に関する研究，徳島大学卒業論文，2013.

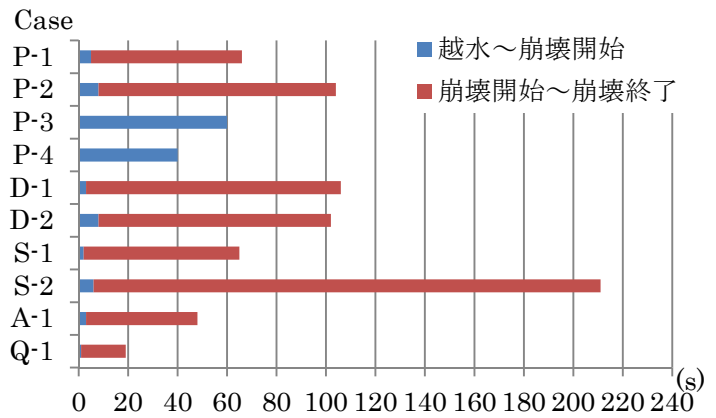
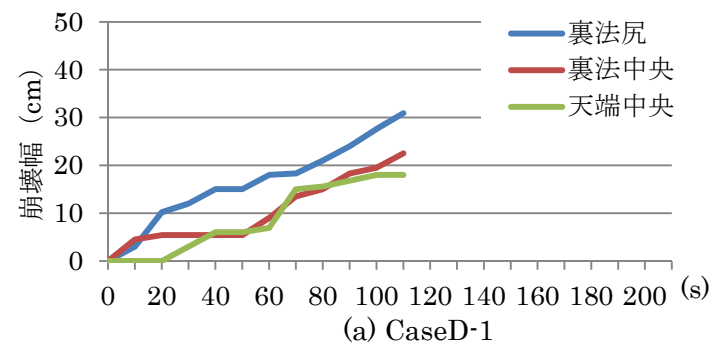
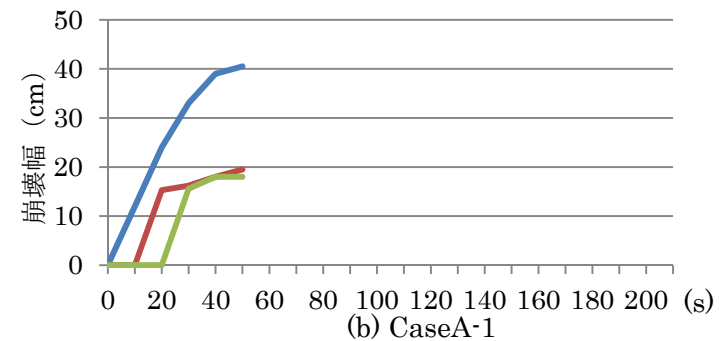


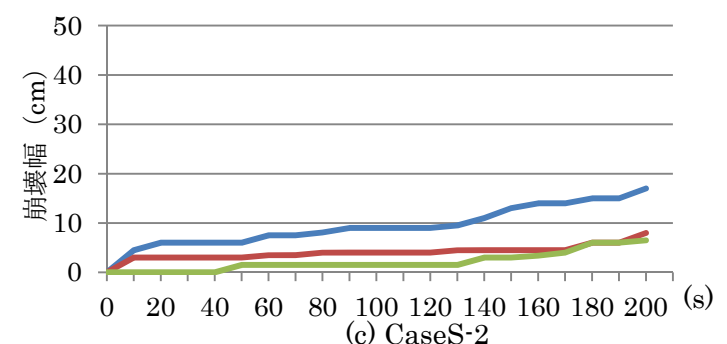
図2 堤体崩壊時間



(a) CaseD-1



(b) CaseA-1



(c) CaseS-2

図3 場所ごとの崩壊幅の時間的変化