

越水に伴う堤体強度と土質変化の関係性について

徳島大学 学生会員 ○岡本 拓巳 徳島大学大学院 学生会員 Aruz Durjoy
 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. 研究背景と目的

近年、全国各地で台風や集中豪雨などが発生しており、それに伴い河川が氾濫し大規模水害が見られる。特に堤防決壊による被害は甚大で、その8割以上が越水に起因するものだとされている。実際に2019年10月に発生した台風19号では、堤防破堤による大規模水害が問題になり、この台風による堤防決壊は86%が越水によるものだとされたため、粘り強い堤防の開発が大きな課題となった。本研究では、粘り強い堤体の土質条件を調査すると共に、越水に対する堤体強度と土質変化にどのような関係性があるのかを小規模模型実験によって検討した。

2. 実験装置および方法

水路長4.5m、水路幅0.2m、河床勾配1/400の長方形断面水路に高さ0.1m、天端幅0.1m、法勾配1:2の堤体を形成した。堤体には、主材料として、礫質土・砂・砂質土と幅広い粒径を持つ真砂土、副材料として、細粒土で構成されたDLクレーを使用した。今回の実験では、真砂土の粒径を3種に変化させた材料と粘土の含有比率を系統的に変化させることで、堤体破壊プロセスや堤体崩壊時間にどのような違いが生じるのかを確認するため、真砂土を全粒径で用いたものをAグループ、0.85mm~2.0mmの中粒径のみを使用したものをBグループ、0.85mm以下の細粒径のみを使用したものをCグループとした。真砂土と粘土の含有比率は75:25、50:50、25:75の3種に変化させた。土質試験はAグループのみで行った。表1に実験ケースを示す。

3. 堤体強度評価

図1に堤体破壊プロセスを示す。白線は越水開始30秒での堤体形状、橙・青・緑線は越水開始から1分ごとの堤体形状、赤線は天端崩壊後の堤体形状を表している。図1から、粘土の含有率が増加するにつれ、堤体崩壊時間も増加する傾向が確認された。このことから、真砂土の構成粒子を全粒径、中粒径(0.85mm~2.0mm)、細粒径(0.85mm以下)の3種に変化させたいずれの場合でも、粘土含有比率が増加すると堤体崩壊時間は増加することが分かった。表2は堤体崩壊時間が短いものから順に並べたものを示している。この表からAグループは堤体崩壊時間が全体的にみて、崩壊までの時間が短い傾向にある。Bグループの傾向としては、堤体崩壊時間が44秒と極端に短いB-1から堤体崩壊時間が324秒と全体的にみても長めなB-3と幅広く分布しており、Bグループは粘土含有率が増えるごとに大きく堤体崩壊時間を延ばしてい

表1 実験ケース

	真砂土：粘土	真砂土粒径	土質試験
A-1	75：25	全粒径	○
A-2	50：50		
A-3	25：75		
B-1	75：25	0.85mm~2.0mm	×
B-2	50：50		
B-3	25：75		
C-1	75：25	0.85mm以下	
C-2	50：50		
C-3	25：75		

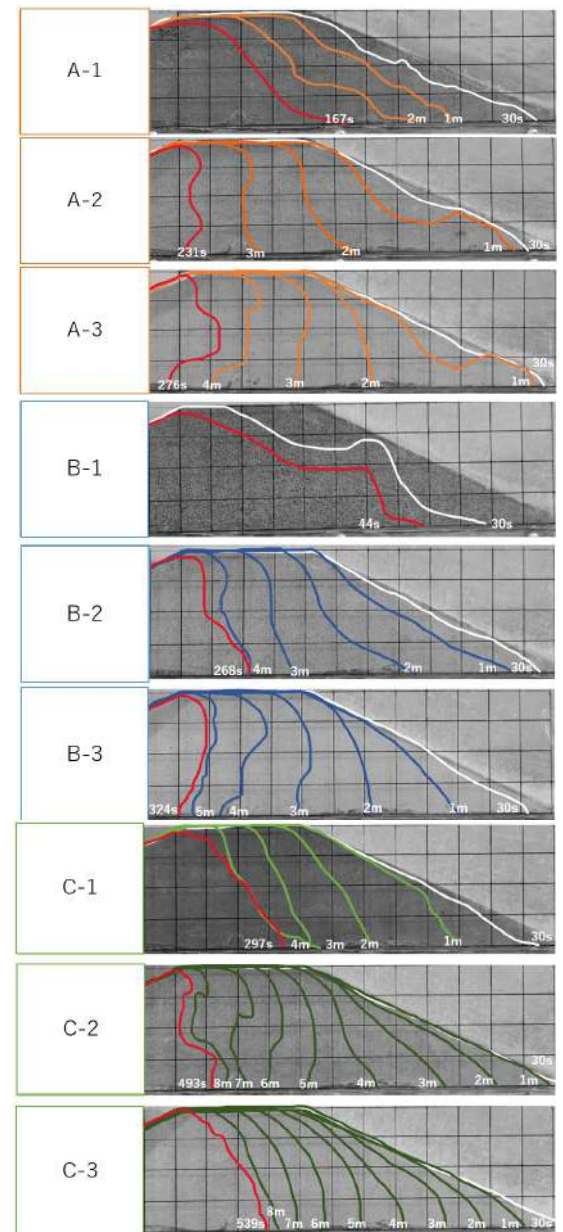


図1 堤体破壊プロセス

ることが分かる。Cグループは堤体崩壊時間が全体的にみて、崩壊までの時間が長い傾向にある。これらの結果から、真砂土の粒径を細粒径（0.85 mm以下）のみにふるったCグループが最も堤体崩壊までの時間が長いという事が分かった。

越流水による堤体へのせん断力は法肩から法尻へ向かうにつれ大きくなる²⁾。よって、侵食開始位置から堤体の耐侵食力を評価する事ができる。表3から侵食開始位置を確認すると、Aグループでは、粘土含有率に関わらず、すべて法面になっている。Bグループでは、侵食開始位置が法肩・法面・法尻と幅広く確認されたため、耐侵食力は粘土含有率に大きく依存する傾向があることが分かる。Cグループでは侵食開始位置が法尻に多いことが確認された。これらの結果から、耐侵食力が最も高い傾向にあるのはCグループであることが分かった。

最後に天端崩壊後の形状から堤体強度を評価した。図2は天端崩壊後の堤体形状を示す。天端崩壊後の形状には安定・不安定の2パターン確認された。ここでは、天端崩壊後の堤体の斜面が緩やかであれば安定、斜面下部に洗堀が生じ、急斜面をつくれれば不安定とした。図2から粘土含有率が低いものは、全て安定な形状を有していることが分かる。A,Bグループは粘土含有率が増加すると、不安定な形状が確認されたが、Cグループでは堤体の形状が安定であるケースが確認された。

4.越水前後における土質変化

図3は越水後における粘土含有率と裏法面の含水比率の関係性を示す。図2から粘土含有率25%、50%、75%に対して、裏法面の含水比率が11.18%、16.40%、24.53%になっていることが確認できる。この結果から、真砂土を主材量とした堤体では粘土含有比率が増加するにつれて、越水後における裏法面の含水比率も増加していることが分かる。よって、粘土を含有することで、越水後の湿潤状態に対しても堤体が破壊されにくい傾向にあることが分かった。

5.まとめ

今回の実験結果から、高強度になる傾向にあったものは、細粒径を多く含んだ堤体であった。しかし、この結果は礫,砂,粘土を3:4:3とバランスよく配合した堤体が粘り強い堤防になる³⁾という結果に反している。また、今回の目的であった堤体強度と越水に対する土質変化との関係性を結び付けることはできなかった。そのため今後は礫,砂,粘土それぞれの粒径を変化させることで礫:砂:粘土=3:4:3の堤体強度にどう影響するか検討すると共に、土質試験で最適含水比を計測することを加えることで、堤体強度と土質変化の関係性を結び付けることを目的として研究を進めていくこととする。

- (1) 吉川勝秀：河川堤防学，技報堂出版，p98，2008
- (2) 須賀堯三：越水堤防調査最終報告書 - 解説編 - ，土木研究所資料，1984。
- (3) 関根正人：模擬河川堤防の決壊プロセスに与える堤体材料の礫・砂・粘土の混合比率の影響，土木学会論文集 B1（水工学），2019

表2 堤体崩壊時間

	粘土含有率 (%)	堤体崩壊時間 (s)
B-1	25	44
A-1	25	167
A-2	50	231
B-2	50	268
A-3	75	276
C-1	25	297
B-3	75	324
C-2	50	493
C-3	75	559

表3 侵食開始位置

	粘土含有率 (%)	侵食開始位置
A-1	25	法面
A-2	50	法面
A-3	75	法面
B-1	25	法肩
B-2	50	法面
B-3	75	法尻
C-1	25	法面
C-2	50	法尻
C-3	75	法尻

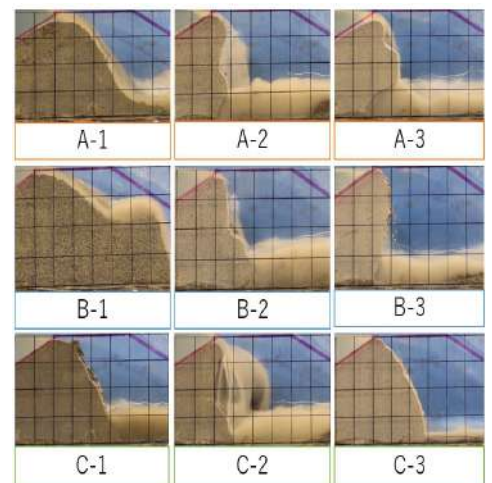


図2 天端崩壊後の形状

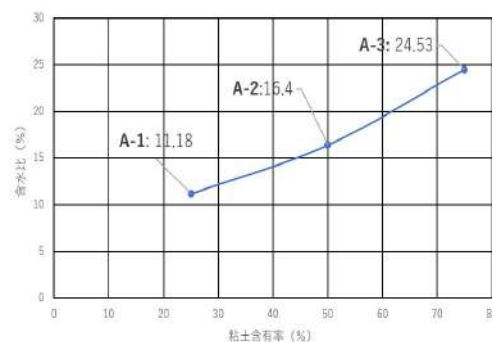


図3 A1～3の裏法面における含水比率