

## セメント改良した河川堤防模型を用いた越水破堤実験

広島大学 学生会員 ○中田萌花

広島大学 正会員 半井健一郎・内田龍彦・井上卓也

住友大阪セメント 吉田雅彦

セメント協会 中村弘典

## 1. 背景・目的

近年、気候変動の影響により集中豪雨が頻発し、河川堤防を越える流水によって河川の氾濫や堤防決壊が増加している。例えば令和元年の東日本台風においては計 142 箇所の堤防が決壊し、そのうち 86%は越水が主要因とされている。今後も水害が頻発化・激甚化することが懸念されていることから、河川堤防の決壊に対する強化対策は急務である。特に、越水した場合でも粘り強く耐える性能が堤防に必要となっている<sup>1)</sup>。

越水に粘り強い河川堤防については様々な対策工法が考案されており、その一つに、堤体の中心にセメント改良土や鋼矢板などでできた強固なコアを設ける自立型がある。自立型堤防では、越水時にコアが崩壊せずに形状保持されることによって決壊に耐えることが期待されている。自立型堤防の効果は、堤防の浸透破壊防止の観点から検討された事例<sup>2)</sup>はあるものの、越水破壊に関する検討は見当たらない。

また、コア材の選択肢の一つであるセメント改良土は、軟弱地盤に対してセメントあるいはセメント系固化材を加えることで土の性質を改良したものであり、地盤改良にて国内外で豊富な実績がある。コア材に用いることで周辺土と馴染みやすく腐食の心配が少ないといった利点があり、海外では侵食対策を目的に、セメント改良土を用いた自立型堤防が試験的に建設されている<sup>3)</sup>。一方、越水に対する直接的な効果についての研究がないことから、セメント改良土による自立型堤防の越流に対する耐性についての検討を行うことで、強化堤防としての自立型の実現可能性を検討する必要がある。

そこで本研究では、土のみで作製された堤防模型とセメント改良体を加えた堤防模型に対し越水実験を行うことによって、越水に対する挙動の違いを明らかにすることを目的とした。

## 2. 試験概要

実験に用いた水路は河床勾配 0、供給流量  $3000\text{cm}^3/\text{s}$  であり、高さ 150mm、天端幅 120mm、法勾配 2 割の横断堤防模型を水路全幅 (476mm) において作製した。図 1 に堤防の模型図を示す。模型規模は、実験水路の最小の供給流量  $3000\text{cm}^3/\text{s}$  をもとに算出した限界水深と堤防高さの比を考慮して決定し、実堤防の 1/20 程度の縮尺を想定した。また、中央から越水を開始させるために堤体天端に幅 50mm 深さ 10mm の切欠きを入れた。堤体材料、河床材料については寸法効果を考慮して千代田実験水路の正面越水実験<sup>4)</sup>での粒度分布と縮尺方法を参考にし、現象の複雑化を避けるために均一な粒径のものを用いることとし、珪砂 3 号を使用した。改良体は、厚さ 20mm、高さ 300mm、幅 470mm とし、材料の配合比は砂：セメント系固化材：水が 100:23:15.6 とした。

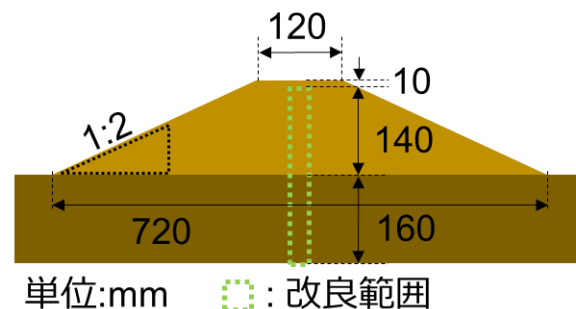


図 1 堤防模型図

キーワード 河川堤防, 越水破堤, セメント改良

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学 社会基盤環境工学プログラム 事務室

TEL : 082-424-7819

実験条件は、未改良堤防の場合とセメント改良体を設けた場合の2種類とした。実験では堤防上流における水位と流速を測定した。

### 3. 結果

図2に試験1-1（改良なし）、図3に試験3-1（改良あり）の水位と流速の観測データを示す。なお、越水前後の挙動を考察するため、流速の変化（増加）開始点を時間軸の原点として整理した。

改良体の有無における越水挙動の違いについて、まず水位変化の違いを検討した。変化点に至る前の水位上昇速度と変化点の水位はそれぞれ0.024~0.027cm/s、15.6~15.9cmであり、改良体の有無による差は小さかった。一方、変化点に到達して以降は、試験1-1では-0.12cm/sの速さで水位が低下したが、試験3-1では変化点以降も水位が上昇し、その後、16.3cm程度でほぼ一定となった。この変化点を境とした水位変化の違いは、改良体がない場合は切欠きからの水の越水直後に破堤が開始したのに対し、改良体がある場合は切欠きからの水の越水後もすぐには破堤せずその後も水位上昇が継続し、最終的に天端全体から越水したことによる。

次に、改良体の有無における流速変化について検討した。変化点前における流速は0.22m/s~0.44m/sでほぼ一定を保持しており、改良体の有無に関わらず同様の傾向となった。変化点以降は、試験1-1では0.10~0.12m/s<sup>2</sup>の割合で急激に増加し続けた一方、試験3-1ではおよそ0.017m/s<sup>2</sup>の割合で増加した後、0.77m/s程度で一定となった。変化点後は改良体なしの場合の方が改良ありの場合に比べて流速増加が大きく、これは試験1-1においては越水破堤したのに対し、試験3-1は破堤しなかったためである。

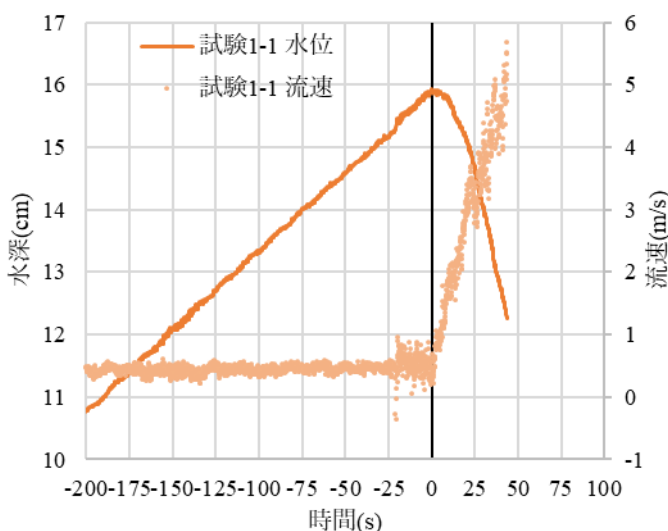


図2 水位と流速の経時変化（改良体なし）

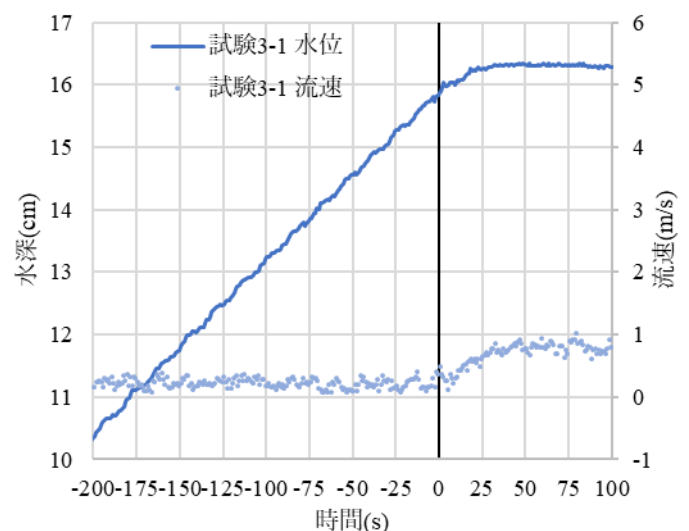


図3 水位と流速の経時変化（改良体あり）

### 4. 結論

改良体の有無による越水時挙動を比較した。未改良堤防においては越水後に破堤し、流出する水の大幅増加を招いた。一方、改良した堤防においては越水後も破堤せず、流速の増加もほとんどなかった。よって、改良体の設置によって越水に粘り強く耐える性能となることが示唆された。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：第3回令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術討論会 資料6, (2020)
- 2) D. Liang, X. Zhao, K. Soga: Simulation of overtopping and seepage induced dike failure using two-point MPM, Soils and Foundations, 60, 978-988, 2020
- 3) Y. Fargier et al.: Levees reinforced by the deep soil mixing method in the Loire area: contribution of geophysical methods for the assessment, Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Nancy, 2016.
- 4) 渡邊ら：正面越流破堤室内実験による再現性の検討, 土木学会論文集 B1(水工学), 67(4), 847-852, 2011.