

地震後の亀裂による堤防の浸透特性変化に関する遠心模型実験

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○大重 綱平, 梶取 真一
谷本 俊輔, 佐々木哲也

1. はじめに

河川堤防の耐震対策にあたっては、地震後の沈下量（堤防天端高）に着目した評価・対策工の設計がなされている。しかし、地震後の亀裂やゆるみ等の変状が堤防の浸透安全性に及ぼす影響については未解明な点が多いことから、震災後の限られた時間で実施すべき応急復旧の合理的な方法や優先度の考え方が十分に明らかになっていないのが現状である。

上記背景をもとに、本報では、地震による亀裂等の変状発生度合いと堤防機能の関係を明らかにするため、遠心模型実験により、地震後に生じた堤体の亀裂および密度変化と、それらによる堤防の浸透特性の変化を調べた結果について報告する。

2. 模型実験の概要

本実験は、幅 1.5m、奥行き 0.3m、高さ 0.5m の土槽内に 1/50 縮尺模型を作製し、50G の遠心加速度の下で実施したものである。以降に示す数値は実物スケールに換算した値である。

図-1 の模型概要図に示すとおり、層厚 5.0m の基礎地盤と層厚 4.0m の液状化地盤の上に、高さ 7.5m、天端幅 7.5m、法勾配 2 割の堤防模型を構築し実験を行った。模型地盤については、堤体は砂質土を想定し含水比 $w=16.1\%$ に調製した江戸崎砂を用いて締固め度 $D_c=90\%$ で、液状化地盤は東北硅砂 7 号を用いて相対密度 $D_r=40\%$ で、基礎地盤は宇部硅砂 6 号を用いて相対密度 $D_r=90\%$ でそれぞれ作製した。

実験ケースを表-1 に示す。Case1 では健全な堤体に対する浸透特性をまず確認するため浸透実験をはじめに実施し、その後加振実験を行い亀裂や密度変化の発生状況を確認・記録した。一方、Case2 では加振実験の後に浸透実験を行うことで、地震動による変状が生じた堤防の浸透特性を確認した。なお、いずれのケースについても、浸透実験では青く着色したメトロゾ水溶液により川表水位を 3.5m、4.5m、5.75m と段階的に増加させ、各段階で約 17 時間にわたって水位を保持した。また、加振実験では 50Hz、300gal、20 サイクルの正弦波の入力を 2 回行った。

各ケース終了後の模型解体時には、小型コアカッター（直径 30mm、高さ 30mm）による 30 点程度での採取試料から堤体の密度分布を把握するとともに、盛土表面から亀裂部に白色の塗料を流し込んで堤防横断面を開削・観察することにより亀裂の発生状況を記録した。なお、Case0 では堤体の初期密度の把握を目的として、遠心力の載荷履歴および飽和・不飽和履歴のない堤防模型に対し、小型コアカッターによる密度計測を行った。

3. 堤体の亀裂状況

Case1, 2 では基礎地盤の液状化による堤体の変形が生じ、いずれも 2 回の加振による天端の沈下量が 1.6m 程度、法尻の水平変位量が 1.4m 程度であった。実験後の堤体の亀裂状況を写真-1 に、実験後の堤体表面形状に堤体内の密度分布を重ねたものを図-2 に示す。Case1, 2 において、加振後の盛土表面形状や上面から見た亀裂の発生範囲は概ね似通っていることが確認される。また、開削断面より亀裂の残存（白色塗料）が確認さ

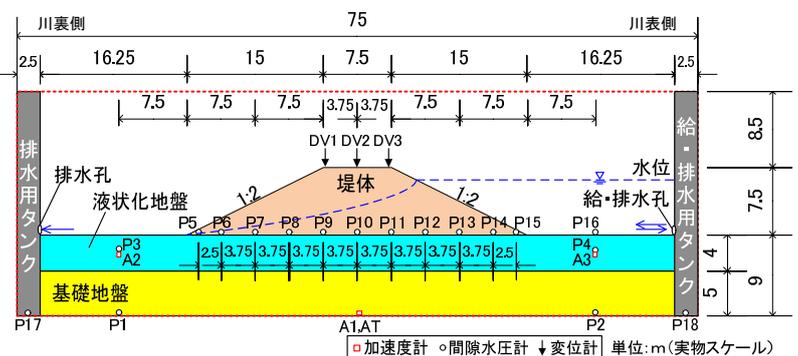


図-1 模型概要図 (実物スケール)

表-1 実験ケース

ケース	遠心加速度	堤体材料	液状化地盤材料	基礎地盤材料	実験手順	備考
Case0	—	—	—	—	—	堤体内密度計測
Case1	50G	江戸崎砂 $D_c=90\%$	東北硅砂7号 $D_r=40\%$	宇部硅砂6号 $D_r=90\%$	浸透実験→加振実験	—
Case2			—	—	加振実験→浸透実験	—

キーワード 堤防, 地震, 浸透特性

連絡先 〒350-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研) 土木研究所土質・振動チーム TEL029-879-6771

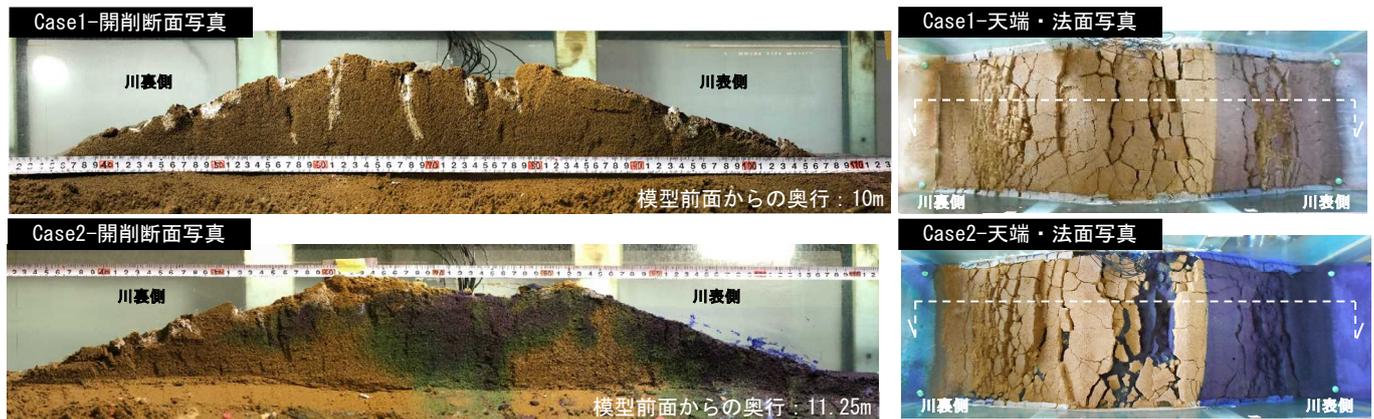


写真-1 実験後の堤体の亀裂状況

れたのは Case1 のみであるが、これは Case2 では浸透実験による飽和度の上昇に伴い亀裂が閉塞したためであると考えられる。

図-2 では、堤体内の密度分布を締め度 D_c に換算して表示している。いずれのケースも D_c が全体的に低い数値となっているが、これは小型コアカッターによる試料の採取時に土が乱れる傾向があるためと考えられる。各ケースの堤体内密度分布は、Case0, Case1, Case2 の順に大きくなっており、加振や浸透により全体的に密度が増加している傾向が確認される。この要因として考えられるのは、地震時の繰返しせん断による負のダイレイタンスの累積や高水時の飽和度上昇によるコラプス収縮の影響が考えられる。以上より、地震動による堤体の全体的なゆるみ（密度低下）が生じている状況は確認されなかった。

4. 堤体の浸透特性変化

Case1, 2 における単位奥行当りの流量と川表水位の時刻歴を図-3 に示す。バルブ操作により制御している給水側流量は給・排水用タンクと接続されている流量計を用いて計測し、排水側流量は排水用タンクの電磁弁の開閉を行い、弁を閉じた期間の水位変化を水圧計 P17 により計測し算定した。

Case2 の川表水位 5.75m 保持区間 (③) において、法尻付近で漏水や小規模の崩壊が生じたが、決壊するほどの大規模な崩壊には至らなかった。

Case1, Case2 ではいずれも川表水位に対して排水側流量が比例的であるが、Case2 の③では水位に対して排水側流量が Case1 の約 1.2 倍程度とやや増加している。Case2 は漏水や小規模の崩壊が生じたにもかかわらず、排水側流量がこの程度にとどまったのは、上述した密度増加や亀裂の閉塞が関係した可能性が考えられる。

5. まとめ

本報では、地震後に生じた堤体の亀裂および密度変化と、それらによる堤防の浸透特性の変化について、動的遠心模型実験により検討を行った。その結果、加振時の繰返しせん断による負のダイレイタンスの累積や高水時の飽和度上昇によるコラプス収縮の影響により、堤体内の密度増加や亀裂の閉塞が生じるため、加振後の耐浸透性能は健全な堤防と比べ大幅に低下しない可能性があることがわかった。実地震による亀裂の発生パターンは様々であり、浸透特性に与える影響が堤体土質によって異なること等が考えられることから、多様な条件下での浸透特性について、今後も実験および解析的検討を行っていきたい。

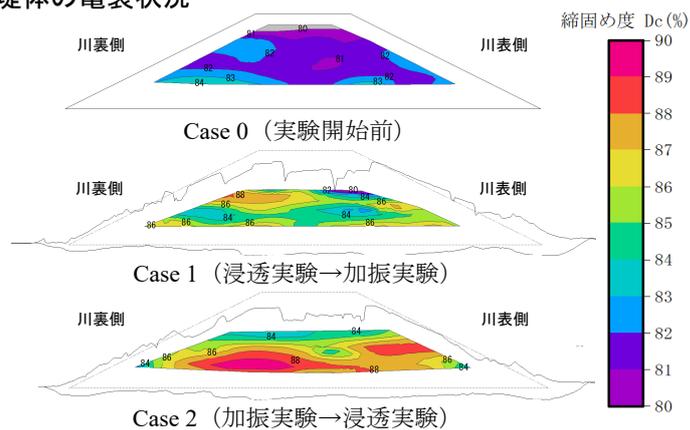


図-2 堤体内の密度分布

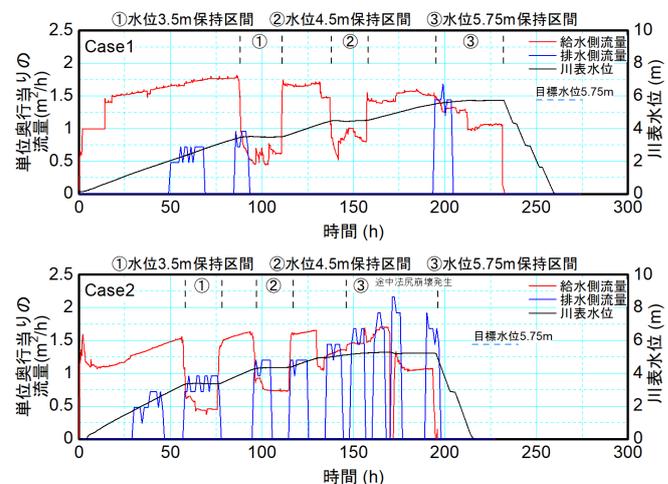


図-3 単位奥行当りの流量と川表水位の時刻歴