

川表に縦断亀裂を有する河川堤防の浸透特性に関する模型実験

(国研) 土木研究所 正会員 ○地蔵 智樹 谷本 俊輔 石原 雅規 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、地震後の堤防機能に与える影響要因は沈下量のほかにも、亀裂等の変状の影響も考えられる。これに対しては、定量的な評価手法や対策方法が確立されていない。また、亀裂等の変状が浸透に対する安全性に及ぼす影響に未解明な点が多いことから、震災後の応急復旧を限られた時間で実施するための合理的な応急復旧の方法やその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。

そこで、本報においては、地震により亀裂が生じた河川堤防の浸透特性を把握するため、亀裂を模擬した堤防模型による浸透実験を行った結果について報告する。

2. 模型実験の概要 本実験は、図-1 に示すように、高さ 1.5m、天端幅 1.5m、法勾配 2 割の堤防模型を対象として行った。表-1 に示すように、亀裂のない堤防を模した Case1、亀裂を有する堤防を模した Case2 の 2 ケースについて行った。また、各ケースの堤防模型に対して、津波を想定して短時間で高水位を与える Step1、洪水を想定して長時間の高水位を与える Step2 の 2 段階の浸透実験を行った。実際の手順としては、Step1 で生じた堤体内の間隙水圧がほぼ完全に低下するまで静置した後、Step2 の浸透実験を開始した。各ステップにおける水位条件を図-2 に示す。

Case2 では、地震後に堤防に生じる亀裂の最も典型的なパターンとして、縦断亀裂を設けた。また、亀裂の発生位置としては様々なパターンが考えられる中で、Case2 では表法に縦断亀裂を設けることとした。これは、亀裂からの河川水の直接的な浸水の有無が、浸透安全性に大きな影響が生じることを想定したものである。浸透実験における初期条件を明らかにするため、亀裂位置に合板を立て込んだ状態で盛土模型を作製し、盛土完成後に合板を引き抜くことで亀裂が生じた状態を模擬することとした。亀裂幅は 1.2cm 程度とし、亀裂深さは堤体下面までとした。

使用した堤体材料の物性値は表-2 に示すとおりである。また、供試体作製時の含水比を 3 パターンに変化させて行った室内透水試験の結果を表-3 に示す。盛土模型は、含水状態を最適含水比程度に調整した上で、目標締固め度 $D_c=90\%$ として作製した。ただし、実際には模型作製時の平均的な含水比は Case1 で 15.8%、Case2 で 17.2%と若干の差異があった。盛土模型の下部には 10cm の関東ロームを敷き詰めた。計測機器につい

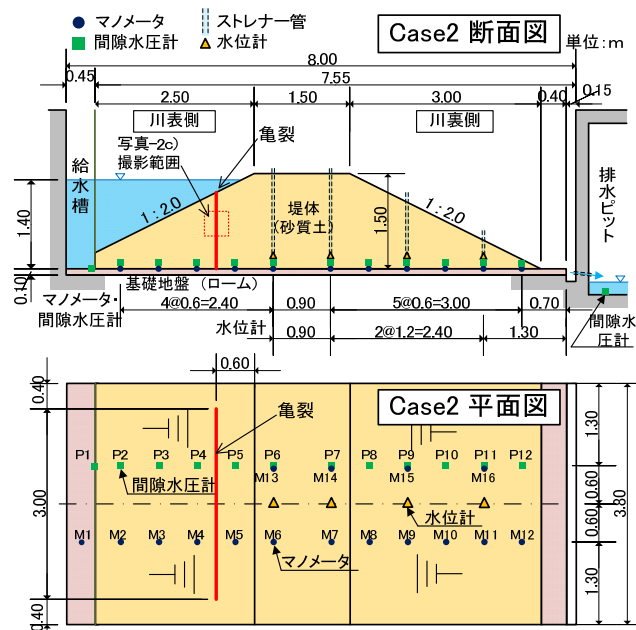


図-1 模型概要図および計測器の配置

表-1 実験ケース

ケース	亀裂	亀裂方向	亀裂位置	ステップ: 水位条件
Case1-1	無	—	—	Step1: 津波 (短時間)
Case1-2				Step2: 洪水 (長時間)
Case2-1	有	縦断方向	表法	Step1: 津波 (短時間)
Case2-2				Step2: 洪水 (長時間)

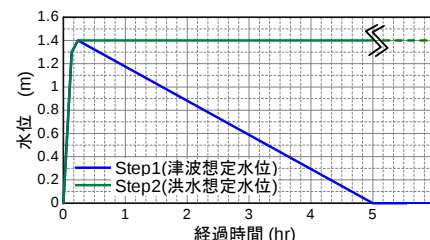


図-2 水位条件

表-2 堤体材料の物性値

物理	土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	2.701
	礫 分 (2 ~ 75mm) (%)	0.4
	砂 分 (0.075 ~ 2mm) (%)	90.5
	細 粒 分 (0.075mm未満) (%)	9.1
	最大 粒 径 (mm)	4.8
安定化	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.761
	最適含水比 w_{opt} (%)	16.7

表-3 供試体作製時の含水比を調整した透水試験結果

	供試体作製時の含水比 w (%)	透水係数 k (m/s)
透水試験	15.9	3.34×10^{-6}
	16.7	3.27×10^{-6}
	17.5	1.30×10^{-6}

キーワード 堤防, 地震, 浸透特性

連絡先 〒305-8516 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 TEL 029-879-6771

ては、図-1 に示すように、間隙水圧計、マノメータおよび水位計を堤体底面に配置した。

3. 実験結果 亀裂を模擬した実験 Case2 では、亀裂開口部まで水位が上がり、亀裂に水が入り始めると写真-1b)のように盛土表面の土砂が浸食され、写真-1c)のように8秒後には亀裂が水没した。その後、写真-1d)のように亀裂内に残った空気が徐々に排出され、水中では土砂と水が混ざり、濁りが生じていた。

次に、亀裂条件の異なる2ケースについて、津波を想定した短時間高水位を与えた Step1 における堤体底面の圧力水頭分布の経時変化を図-3 に示す。なお、本報に示す圧力水頭は大気圧の影響を除去した値である。実験開始2時間後の圧力水頭分布に着目すると、両ケースとも P4 までの間隙水圧計が反応しており、P4 位置での圧力水頭は Case1-1 の方が大きい。また、河川水位が完全に低下した実験開始5時間後の圧力水頭分布に着目すると Case1-1 は P5 までの間隙水圧計が反応したが、Case2-1 では P5 は反応せず、亀裂を設けた Case2-1 の方が、浸透速度が遅い結果となった。

また、両ケースについて、洪水を想定した長時間高水位を与えた Step2 における堤体底面の圧力水頭分布の経時変化を図-4 に示す。亀裂を設けた Case2-2 の浸透速度が遅い結果となった。

以上のように、水位条件によらず、亀裂を設けた Case2 における浸透速度は、亀裂のない Case1 に比べて大きくなる傾向は特に認められなかった。

写真-2 a)に示すように、Case2 で亀裂を設けた位置の盛土表面では亀裂が閉塞し、くぼみが生じていた。また、模型撤去時に亀裂部の開削断面を観察したところ、盛土内部においても亀裂は閉塞していた(写真-2c))。こうした亀裂の閉塞は、盛土表面付近で入水時に浸食された土砂の亀裂内への堆積、あるいは亀裂壁面の土砂が崩壊することにより生じたものと考えられる。これが、亀裂によって浸透速度が大きくなる傾向が見られなかったことの一因として考えられる。

なお、亀裂の影響を無視して両ケースの透水係数の差異のみを考慮して行った非定常浸透流解析を行ったところ、図-4 に示すように、概ね実験結果と整合した解析結果が得られた。このことから、浸透速度が亀裂のない Case1 において大きくなった理由は、透水係数の差異によるものとして説明することができる。

4. まとめ 本研究では、地震により亀裂が生じた河川堤防の浸透特性を把握することを目的とし、堤防縦断方向に亀裂を模擬した堤防模型の浸透実験を行った。その結果、表法における縦断亀裂の有無による浸透特性の差異は特に認められなかった。ただし、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引き続き検討していきたい。

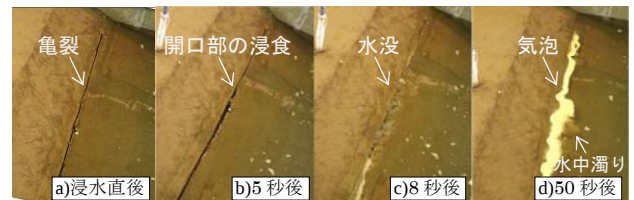


写真-1 亀裂への入水状況

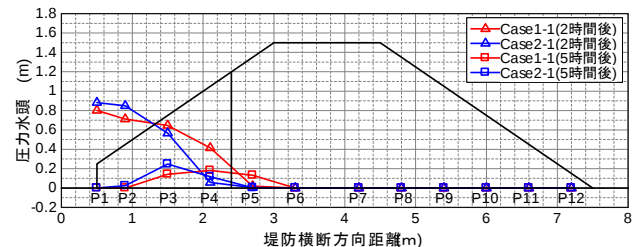


図-3 実験 Step1 (短時間高水位) 圧力水頭分布

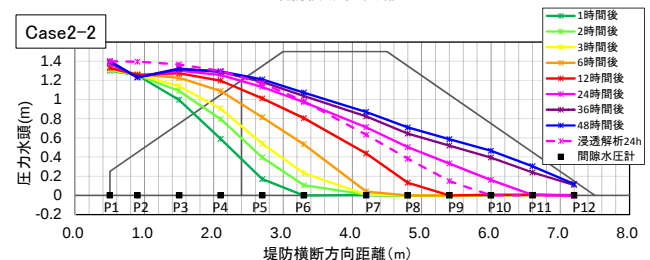
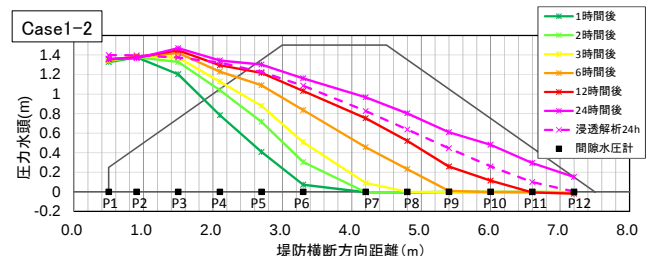


図-4 実験 Step2 (長時間高水位) 圧力水頭分布

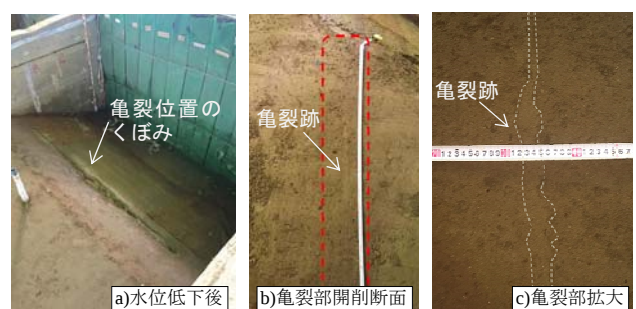


写真-2 実験後の亀裂の状況