

亀裂のあるフィルダムにおける飽和・不飽和浸透流解析 Saturated-unsaturated seepage analysis in cracked filldam

本間雄亮*・林田洋一*・黒田清一郎*・田頭秀和*

Yusuke HOMMA, Yoichi HAYASHIDA, Seichiro KURODA, Hidekazu TAGASHIRA

1. はじめに

フィルダムやため池では、非常時に水位低下の操作を行うことが求められている。しかし、水位を急低下させると斜面に間隙水圧が残留し、堤体がすべり破壊を起こす危険性がある。そのため、水位低下は原則1m/日以下と定められている¹⁾。一方、大規模地震が発生した際にはダムの堤体に亀裂が生じることがあるが、水位低下時の亀裂の堤体への安全性の影響について十分に検討されているとはいえない。

そこで、本研究では亀裂が生じたフィルダムについて、水位低下時の飽和・不飽和浸透流解析を行い、堤体内の圧力水頭分布を調べた。

2. 実験の概要

フィルダム堤体内の圧力水頭分布の計算はHYDRUS-2D/3Dで行った。メッシュ図と境界条件は図1の通りである。ダム堤体は今後行う模型実験と比較するため高さ200mm、天端幅50mm、敷幅650mm、両側勾配1:1.5とした。水位160mmで湛水して、定常状態に到達したときを水位低下開始時の圧力水頭分布とした。そこから水位を0mmまで低下させた。

解析条件として、亀裂の位置、深さ及び水位低下速度を変化させた。

亀裂は幅5mmで、上流側斜面の高さ180mmの位置に深さ50mm、天端中央に深さ50、75及び100mmの亀裂が生じた場合について解析を行った(図1)。堤体材料はシルト質粘土とし、亀裂は透水性の高い物質に置き換えて表現した。Akay

ら²⁾を参考に土壌中の亀裂をvan Genuchtenモデルのパラメータを調整して表した(表1)。亀裂は空気侵入値が小さく(α が大き)、水分特性曲線の傾きが大きくなるようにし(図2)、飽和透水係数はHYDRUSにデフォルトで入っている砂の値の10倍とした。

水位低下速度は10mm/日、80mm/日の速度で、水位160mmから低下させた。

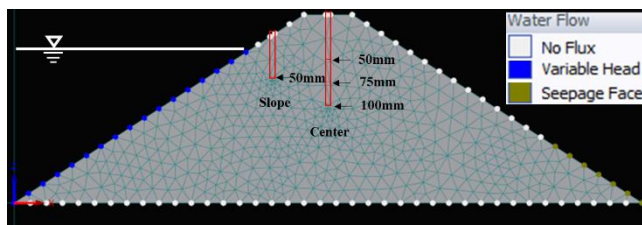


図1 メッシュ図及び境界条件、亀裂の位置と深さ

表1 van Genuchtenモデルのパラメータと飽和透水係数

	θ_r	θ_s	α	n	$K_s(\text{mm/h})$	l
Silty Clay	0.07	0.36	0.0005	1.09	0.2	0.5
Crack	0	1	0.1	5	2970	0.5

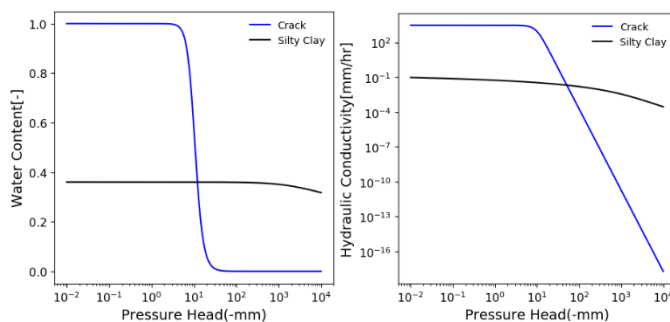


図2 亀裂と Silty Clay の水分特性曲線と透水係数

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード: フィルダム、亀裂、飽和・不飽和浸透流解析、水位低下

3. 結果と考察

図3は水位低下終了時の圧力水頭分布で、亀裂付近で圧力水頭が高くなっている。図4、5に点Pでの水位と圧力水頭の関係を示す。

1) 亀裂の深さの影響 (天端中央) 水位低下速度が10mm/日で、50mmの亀裂がある場合、点Pでの圧力水頭が減少する過程は亀裂がない場合と似た傾向を示した。75mmと100mmの亀裂では、亀裂の浅い75mmの方が圧力水頭は早い段階で減少した(図4)。水位低下速度が80mm/日で、50mmの亀裂がある場合、点Pでの圧力水頭は亀裂がない場合よりも大きな値を取りながら減少した。75、100mmの亀裂では、圧力水頭の減少は似た挙動を示し、水位が低下しても減少せずに残留した(図5)。

2) 亀裂の位置の影響 同じ50mmの亀裂で比較すると、亀裂が上流側斜面にある場合の方が点Pでの圧力水頭は大きな値をとった。

3) 水位低下速度の影響 亀裂のない状態では、正圧の範囲では圧力水頭に違いは見られなかった。一方、亀裂がある場合では、水位低下速度が大きいと圧力水頭は下がりにくく、残留する傾向がみられた(図5)。

飽和領域では、透水性の高い亀裂に向かって選択的な流れが生じ、亀裂付近の圧力水頭が高くなった。水位低下により堤体内の圧力水頭が下がると、亀裂の透水性は急激に低下し(図2)、亀裂部を通る水の移動が妨げられ、圧力水頭は低下せずに残留しやすくなると考えられる。点P以外の箇所についても圧力水頭の減少は似た傾向を示した。

4. まとめ

堤体に亀裂が生じたときに水位低下を行うと亀裂周辺部で圧力水頭は高くなる傾向がみられた。水位低下速度を大きくするとその傾向は顕著で、圧力水頭は下がりきらずに、堤体内部に残りやすくなった。

今後の課題としては、模型実験と数値解析による結果を比較し、亀裂がある場合の水移動について、定量的に評価を行えるようパラメータを検討する必要がある。

謝辞 本研究はJSPS 科研費19K23697の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 農林水産省農村振興局(2003) 土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕 p.52, 2) Akay et al.(2008) Vadose Zone J. 7:909-918

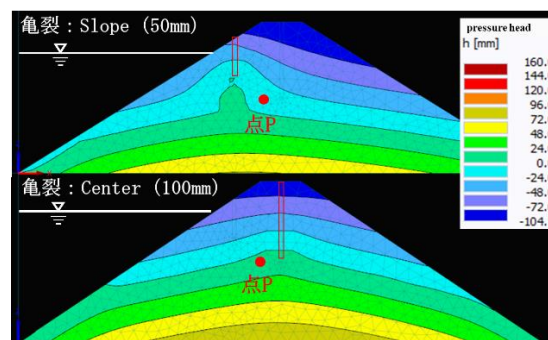


図3 80mm/日で水位0mmまで下げたときの堤体内の圧力水頭分布

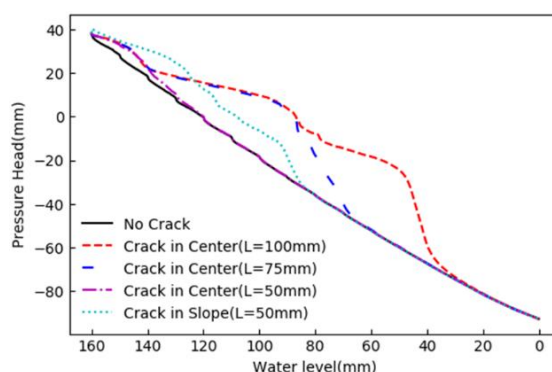


図4 点Pでの圧力水頭と水位の関係(10mm/日)

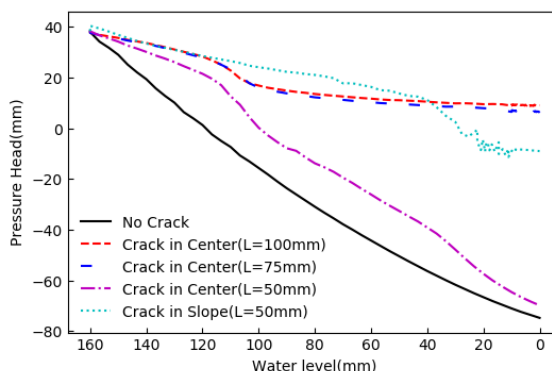


図5 点Pでの圧力水頭と水位の関係(80mm/日)