

電気アナログ法による遮水層に亀裂が生じた場合の浸透流に関する研究 Studies on Seepage Flow of Crack in Core Zone by Electrical Analogue Method .

○角野 三好*、山口 裕介*、安田尚弥*

MIYOSHI KADONO * , YUSUKE YAMAGUTI * , NAOYA YASUDA * ,

1. はしがき

近年、地震が多発しフィルタイプダムなどの安定が揺らぎ決壊などの報道が多くみられるようになってきている。この要因が地震動によるダムの安定性に起因することは明らかである。加えて溜池などの遮水ゾーンに亀裂が生じた場合、亀裂位置がダム浸透流へ及ぼす影響の多少を明らかにすることは、地震動を含めたダムの安定解析に重要である。溜池など堤高の低い前面コア型フィルダムでは福田式が用いられるが、式はコア下面の不飽和領域を実験をもとに考慮した方法である。

本解析ではコア下面に生じる不飽和領域を出来るだけ少なくし遮水層亀裂の影響のみを解析することとした。そこで遮水層を直立させ、溜池に多い前面コア型ダムを想定しつつ、亀裂の位置による浸潤線に及ぼす影響について検討した。なお検討手法は従来、浸潤線などの自由水面を有する問題には適用が難しいとされる電気アナログ法の改良型を用いた。

2. 実験および解析方法

図-1 に実験装置寸法を表示した。解析領域は縦 25 × 横 52cm、遮水幅 3cm、ドレーン長 8 cm である。上流水深 $H_u=25\text{cm}$ 、亀裂高さ H_c としたとき、 $h=H_c/H_u$ を表-1 の $h=0.32, 0.44, 0.56, 0.68, 0.80$ の Case1 ～ Case5 の 5 通りについて解析した。なお、図-1 の遮水個所の亀裂個所以外は完全遮水とした。従って、電気アナログ法の堤体部分は KCl で溶かした寒天模型で作成し、コア亀裂部分のポテンシャルの急変部分は図 2 の

表-1 各 Case の亀裂位置

	CaseA-1	CaseA-2	CaseA-3	CaseA-4	CaseA-5
亀裂高さ	8cm	11cm	14cm	17cm	20cm
$h=H_c/H_u$	0.32	0.44	0.56	0.68	0.80

可変抵抗で対応した。また、本実験のように解析領域に自由水面が生じる場合の電気アナログ法の取り扱いを、飽和-不飽和流の簡易 FEM⁽¹⁾の方法に準じて全エネルギーと位置エネルギーが等しい位置を結んで求めた。



図-1 実験装置の概要

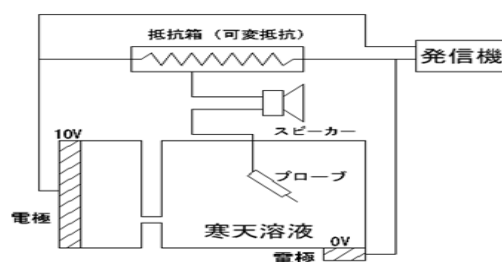


図-2 電気アナログの配線

* 弘前大学農学生命科学部 Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University
Seepage Electrical Analogue Method Crack

3. 結果と考察

写真-1 および図-3 に電気アナログ実験結果を Case 4 を例に示した。図-3 で明らかに遮断個所より上流側では、亀裂の影響を受けて等ポテンシャル線が密集し可変抵抗によりポテンシャルの変化を捉えることができたことが分かる。図中の遮断層以下の下流側浸潤線は等エネルギー線上の位置エネルギーが等しい個所を結んで得られたものである。以上の手順で Case1 ～ Case5 における亀裂位置による遮断層下流側の浸潤線の変化の様子を図-4 にまとめた。図から亀裂位置の違いにより浸潤線の現れる位置が異なることが分かる。遮断層下流側の浸潤線が始まる位置を H として、 $ht=H/H_u$ を横軸に亀裂位置 h を縦軸とすると、図-5 が得られた。図は湛水面から深くなるにつれ逆くの字形で浸出位置が上昇し、亀裂位置が上流水深のほぼ $1/2$ ほどで Max になることを表現している。なお、図中の右側は電気アナログ実験、左は FEM による。2つの結果は異なる理由は、電気アナログ法の実験では、亀裂個所のポテンシャルの急変に追従させるための可変抵抗の精度が悪かったことが上げられる。全体の装置を大きくするなどの工夫が考えられる。しかしながら、ピークの傾向は同じであり、亀裂が貯水位の半分ほどのところにあるとダム の安定性に大きく影響することなどが分かった。

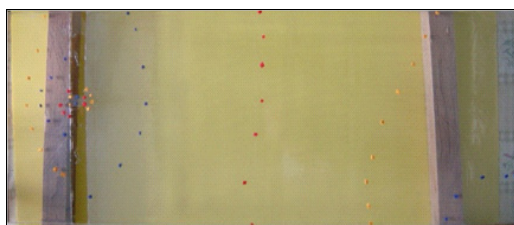


写真-1 電気アナログ結果 (Case 4 の例)

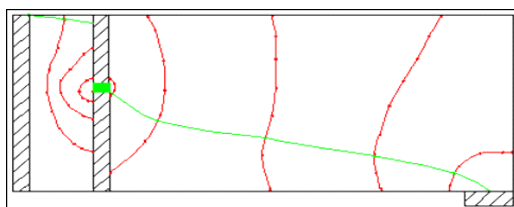


図-3 Cad による作図例 (Case 4 の例)

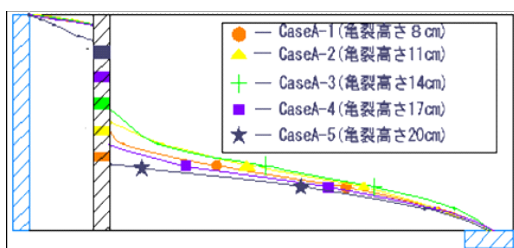


図-4 Case 毎の浸潤線の変化の様子

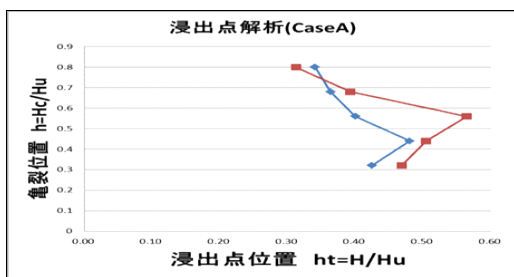


図-5 亀裂による遮水層下面の浸出位置

4. おわりに

本研究は、自由水面を有する電気アナログ法の改良版を用い、遮水層を有するフィルダムにおける遮水層の任意深さに亀裂が生じた場合のフィルダム浸潤線に与える影響について検討した。この結果、電気アナログ実験資材等に改良の余地はあるが、亀裂が貯水位の約 $1/2$ の位置に生じた場合、浸潤線が最も上昇することが分かった。

5. 参考文献

- (1) 自由水面を持つ定常浸透流の有限要素法による新簡易解析法 吉田昭治
土と基礎 41-11, 1993