

天端の固化改良がため池堤体の地震時安定性に与える影響（その2） Effects of Crest Improvement on Seismic Stability of Small Earth Dams, No.2

○大山峻一*・泉明良*・澤田豊**

OHYAMA Shunichi, IZUMI Akira, SAWADA Yutaka

1. はじめに

レベル1地震動に対するため池の耐震性能評価は、円弧すべりによる安定計算によって安全率を計算し、許容安全率と比較することで評価する。耐震対策工としては押え盛土工法が一般的に採用されているが、貯水容量の減少や用地の制限を受けるなどの課題がある。代替策として施工性・経済性に優れた固化材を用いた天端改良を実施する事例がある。実務においてセメント改良土を用いた改修では、改良土の一軸圧縮強度と粘着力の関係式から求めたパラメータを安定計算に使用することが多い¹⁾。そのため、粘着力の増加に伴い円弧すべりによる安定計算の安全率上昇に貢献すると考えられるが、地震時における天端の改良効果は未解明である。そこで、本研究では天端改良により補強した堤体のレベル1地震動に対する安定計算を実施し、(1) 模型実験結果²⁾との整合性を確認するとともに、(2) 強度定数の与え方が安全率に与える影響について検討した。

2. 解析概要

レベル1地震動に対するため池の安定計算は、土地改良事業設計指針「ため池整備」³⁾に記載されている円形すべり面スライス法により実施した。Table 1に解析ケースと用いたパラメータを示す。Case 1からCase 3の安定計算には、土の圧密排水三軸圧縮試験（以下CD試験）で求めた c_d 、 ϕ_d を、Case 4とCase 5はCD試験で求めた c_d 、 ϕ_d と改良土の一軸圧縮強度と粘着力の関係から換算した c を用いて安定計算を実施した。なお、Case 4とCase 5の改良土は c 材とみなし、 ϕ は0とした。水平設計震度は $k_h=0.15$ とした。安定計算は円弧の半径と格子の位置を繰り返し変化させて実施し、最も小さい安全率とそれを与える格子の位置を求めた。浸潤線は実験時の間隙水圧から設定した²⁾。解析条件は遠心載荷実験と同じ条件の常時満水位のケースとし、ため池の上流側および下流側で安定計算を実施した。Fig.1に解析モデルの一例を示す。

3. 解析結果および考察

各ケースにおける安定計算の結果をTable 2に示す。Case 1からCase 5のいずれのケースにおいても、許容安全率である1.2を下回った。上流側では、Case 1とCase 2、Case 4における安全率の値が0.666と同じであり、天端改良厚さ1.5 mでは耐震性が向上しない結果となった。Case 3とCase 5では、安定計算に用いた粘着力は約10倍異なっていたが、安全率はそれぞれ0.677、0.680と大きな差はなかった。両ケースにおいて最小安全率の円弧は改良土下部から法尻、基礎地盤にかけて通過しており、改良土部分は通過していなかった(Fig.2)。一方、下流側の安定計算(Case1~Case 3)については、天端改良の改良厚が大きくなるにつれて安全率が増加した。また、Case 2

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

**神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

キーワード：ため池堤体，レベル1地震動，天端改良，安全率

Table 1 解析ケースと用いたパラメータの一覧

解析ケース	天端改良の有無	単位体積重量		基礎地盤・堤体のパラメータ		改良土のパラメータ		備考
		γ_r (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c_d (kN/m ²)	ϕ_d (°)	c_d (kN/m ²)	ϕ_d (°)	
Case 1	無	17.6	19.3	2.2	33.1	—	—	
Case 2	1.5 m	17.6	19.3	2.2	33.1	13.3	34.5	CD試験
Case 3	3.0 m	17.6	19.3	2.2	33.1	13.3	34.5	
Case 4	1.5 m	17.6	19.3	2.2	33.1	82	0	$c = \frac{1}{2}q_u$
Case 5	3.0 m	17.6	19.3	2.2	33.1	134	0	

* q_u : 一軸圧縮強度, Case4では164 kN/m² Case5では268 kN/m²

と Case 4 の安全率は等しくなり, Case 3 と Case 5 についても大きな差はなかった. Case 1~Case 3 について, 150 gal 加振時の実験後の沈下量はそれぞれ, 0.1 m, 0.07 m, 0.02 m²)と小さく, 側面の画像から判断する限り明確な亀裂や変形は確認されなかった. 下流側の安定計算結果と実験結果を比較すると, 安全率の増加に伴い天端の沈下量が小さくなっていることが分かる. 天端改良の堤体においては, 最小安全率の円弧は改良部と未改良部の境界を通過し, 安定計算結果は, 未改良部の強度定数に強く依存すると考えられる.

4. まとめ

模型実験を対象としたモデルについて, レベル 1 地震動に対する安定計算結果を比較した結果, 以下の知見が得られた. 下流側の安全率が増加するに伴い, 天端の沈下量が抑制されていることが明らかとなった. また, CD 試験で求めた強度定数と改良土の一軸圧縮強度から換算した粘着力を用いて安定計算を行ったところ, 上流側および下流側のどちらにおいても安全率は大きく変化しなかった.

謝辞: 本研究は, 農林水産省委託プロジェクト研究「ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発」(JPJ009839)の補助を受けて行った. 参考文献: 1) 一般社団法人セメント協会(2021), セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第5版) 2) 小西ら(2024), 天端の固化改良がため池堤体の地震時安定性に与える影響(その1), 第73回農業農村工学会大会講演会講演要旨集 3) 農林水産省農村振興局(2015), 土地改良事業設計指針「ため池整備」

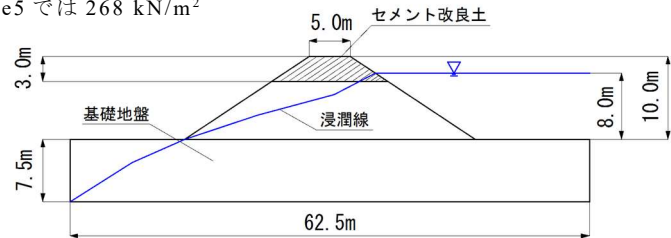


Fig.1 解析モデル (Case 3, Case 5)

Table 2 各ケースにおける安全率 (常時満水位)

	上流側	下流側
Case 1	0.666	0.855
Case 2	0.666	0.881
Case 3	0.677	0.910
Case 4	0.666	0.881
Case 5	0.680	0.913

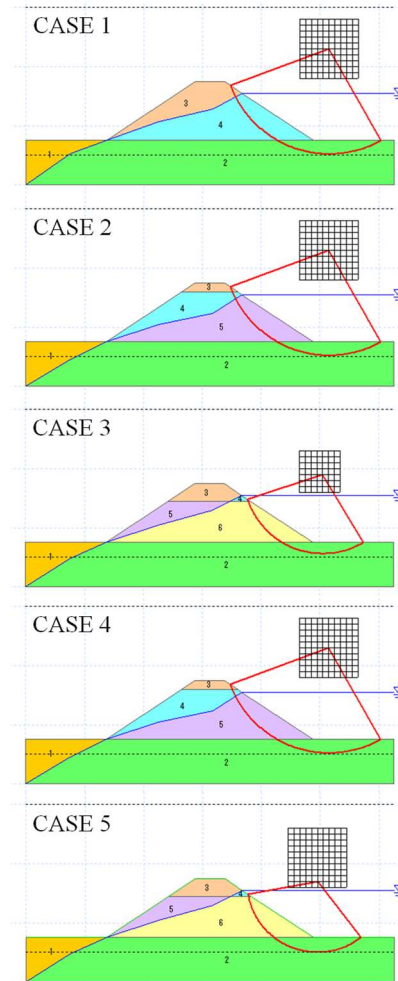


Fig. 2 最小安全率円弧 (上流側)