地盤の透水性が液状化時の堤体変形挙動に及ぼす影響

(独)	農研機構	農村工学研究所	正会員	○林田	洋一
(独)	農研機構	農村工学研究所		増川	晋
(独)	農研機構	農村工学研究所	正会員	田頭	秀和

1. 目的

過去の地震によるフィルダムの甚大な被害事例とし て、1925 年に発生した Santa Barbara 地震による Sheffield ダム(堤高: 7.6 m)、1971 年に発生した San Fernand 地震による Lower San Fernando ダム(堤高:40 m) での堤体および基礎地盤の液状化による甚大な被害 が報告されている。本邦においても、地震による農業 用ダム(堤高 15m 未満のものも含む)での被害調査か ら、破堤に至る壊滅的な被災要因として、堤体および 基礎地盤の液状化が挙げられている。このような知見 を踏まえ、現在では液状化に対する検討を実施した上 でフィルダムは建設されている。しかしながら、築造 年代の古いフィルダムについては、建設時に液状化に 対する検討が実施されていないことが想定されるため、 地震時の安全性を検証するにあたり、液状化の発生に 対する検討が必要になると考える。また、液状化の発 生が懸念される場合、その影響を緩和する対策が求め られる。

本報告では、粘性の異なる間隙流体を用いた遠心力 模型実験の結果から、液状化地盤の透水性の違いが間 隙水圧の発生状況および堤体の変状状態に及ぼす影響 について検証を行う。

2. 実験条件

実験には、標準砂で作製した *D*_r = 50 %の液状化地盤 のみの模型と、その上に標準砂とカオリンを 8:2 で混合 し *D*_c = 92 %に締め固めた堤体を作製した模型の 2 種類 を用いた。前者を Model A、後者を Model B と呼ぶ。実 験模型の概要を図-1 に示す。両模型の液状化地盤の層 厚は 100 mm とした。Model B の堤体は、堤高 80 mm、 堤頂幅 28 mm、法面勾配 1:2 とし、均一型ゾーニングを 模した。液状化地盤での間隙水圧を計測するため、図 -1 に示す各位置に、間隙水圧計を設置した。また加速 度計を、土槽底面、液状化地盤底面、液状化地盤上面 (堤体底面)、堤体天端部に設置し計測を行った。



図-1 実験模型の概要

表 1 実験条件

実験ケース	模型形状	間隙流体	
Case 1	Model A	脱気水	
Case 2	Model B	脱気水	
Case 3	Model A	メトローズ水溶液 (20 cSt)	
Case 4	Model B	メトローズ水溶液 (20 cSt)	

実施した実験条件を表 1 に示す。実験は 20 G の遠心 場において実施し、間隙流体には脱気水と粘度を 20 cSt に調整したメトローズ水溶液(粘性流体)を用いた。 これにより遠心場において、前者を用いた場合の液状 化地盤の透水係数は、後者を用いた場合の 20 倍となる。 液状化地盤の飽和にあたっては、液状化地盤に CO₂ ガ スを十分に注入した後、模型底面から注入した。なお、 脱気水については 1 G 場、粘性流体については遠心場 で注入を実施した。加振には 1 G 場相当で周波数 3 Hz、 振幅 3.0 m/s²、継続時間約 400 s の正弦波を用いた。

キーワード アースダム、液状化、遠心力模型実験、透水性 連絡先 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6 (独)農研機構 農村工学研究所 Tel: 029(838)7571

-13-

3.実験結果とその考察

-007

各実験ケースにおける、間隙水圧増加量の経時変化 を図-2 に示す。図-2 (a)は間隙流体に脱気水を用いた Case 1 および Case 2 の結果、図-2 (b)は間隙流体にメ トローズ水溶液を用いた Case 3 および Case 4 の結果 である。Model A を対象とした Case 1、Case 3 を比較 すると、間隙水圧増加量のピークは同程度の値となっ ている。間隙流体として脱気水を用いた Case 1 では、 間隙水圧増加量がピークに到達した後すぐに間隙水圧 の低下が認められる。これに対し、間隙流体としてメ トローズ水溶液を用いた Case 3 では、加振開始から 10 秒経過頃まで全ての計測点で間隙水圧が減少せず、PR、 PC では加振終了時点まで間隙水圧が減少していない。 このことは、間隙流体にメトローズ水溶液を用いた Case 3 に比べ、間隙流体に脱気水を用いた Case 1 では 液状化地盤の透水性が20倍となることから、間隙水の 排水が迅速に行われ過剰間隙水圧が速やかに消散した と考えられる。Model B を対象とした Case 2、Case 4 を比較すると、間隙水圧増加量の傾向が大きく異なる。 間隙流体として脱気水を用いた Case 2 では間隙水圧増 加量が、液状化層のみを模した Case 1 に比べ小さくな っている。一方、間隙流体にメトローズ水溶液を用い た Case 4 では、液状化層のみを模した Case 3 に比べ 大きなピーク値を示している。Case 4の PR では、加 振開始後8秒まで間隙水圧が継続的に増加しているの に対し、PC では加振開始後3秒頃に一旦間隙水圧が減 少した後、再度上昇している。また、PLでは加振開始 後3秒頃に一旦間隙水圧が減少し、加振開始後17秒頃 まで5kPa程度となっており、その後急激に13kPa程 度まで間隙水圧が上昇している。実験を撮影した動画 を見ると、加振に伴い堤体の変形が進行し、液状化地 盤表層部を大きく変形させていくがその程度が模型の 左右で異なっており、このことが各測点での間隙水圧 増加挙動の違いとなったのではないかと考えている。 Case 2 と Case 4 で間隙水圧増加量が大きく異なった 原因として、堤体の変状の程度が影響したのではない かと考えている。Case 2 では液状化地盤の透水性が高 く加振中に過剰間隙水圧が消散し堤体の変状がある程 度の規模で抑えられるのに対して、Case 4 では加振中 に過剰間隙水圧が消散せず堤体の変状が大きく進行し、 液状状化地盤を大きく変形させることで更なる過剰間 隙水圧の上昇を誘起したものと考えられる。

Case 2、Case 4 の実験終了後の堤体の変状状況を図-3 に示す。両ケースともに、堤体が側方に引っ張られる ことで天端部が沈下するとともに、堤体に複数の亀裂 が生じるストレッチング型の破壊形態を示した。Case 2 では、加振終了時に堤体の形状を維持したが、Case 4 では堤体の形状がなくなるまで変状が進行した。



(a) Case 1 および Case 2 (間隙流体: 脱気水)



⁽b) Case 3 および Case 4 (間隙流体:メトローズ)

図-2 間隙水圧増加量の経時変化の比較



(a) Case 2 (間隙流体: 脱気水)



(b) Case 4(間隙流体:メトローズ)図−3 実験終了後の堤体の変状状況