

画像解析を用いた遠心載荷振動模型実験によるフィルダム堤頂部の亀裂発達過程

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

正会員 ○田頭 秀和

正会員 黒田清一郎

正会員 林田 洋一

1. はじめに

地震によってフィルダムに発生する被害形態の中で発生頻度が高いものに、堤頂部およびその周辺における堤軸方向の亀裂があるが、その発生機構は十分には解明されていない。亀裂の発生箇所と順序を正確に把握することが解明の第一段階となるが、その最も簡便な方法として従来から実施されている写真や動画を利用した目視による確認では、微細な亀裂を識別できない可能性がある。その改善手段として、画像解析の活用が考えられる。本研究では、フィルダム堤体を模した遠心載荷振動模型実験を実施し、横断面の静止画像を用いて目視により亀裂の発生箇所と順序を確認し、画像解析による亀裂発生箇所の特定を試みた。

2. 方法

図-1に実験に使用した模型の概要を示す。奥行きは295 mmである。模型材料は豊浦砂とカオリンの混合土（乾燥状態の重量比で4:1、土粒子の密度 $\rho_s=2.663 \text{ g/cm}^3$ ）を最適含水比 $w_{\text{opt}}=11.7\%$ でD値100%で締め固めたものを用いた。強度変形特性を得るために圧密排水条件で三軸圧縮試験（JGS 0524-2009）と繰返し三軸試験（JGS 0542-2009、圧密応力：100 kN/m²）を実施した。含水比は不飽和状態であるが、サクシオン制御は行っていない。得られた粘着力 c_{net} とせん断抵抗角 ϕ_{net} は、それぞれ、6.3 kN/m²、40.8°である。図-2に繰返しせん断特性を示す。

加振時に、レーザー変位計による沈下量の計測を中央横断面で行った。サンプリング間隔は5 msである。図-3に入力波の例を示す。16サイクル（前後に別途各1.5サイクルのテーパ波付き）の1.5Hzのサイン波であり、最大加速度を0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 m/s²の5種類に設定し、順次大きくして入力し、0.5 m/s²は断続的に3回入力した。なお、加振前の圧密と加振は共に60 G場で実施した。また、各加振終了時に遠心力を載荷した状態で土槽アクリル面に接する模型横断面の写真を撮影し、発生した亀裂を目視で確認するとともに、画像解析（CCIP法¹⁾）により水平変位分布を算定した。水平変位を検討対象としたのは、亀裂との相関性が鉛直変位よりも高いと推測したからである。

3. 結果と考察

図-4に堤頂部中央における沈下量の履歴を示す。最大入力加速度が大きくなるにつれて沈下量増分が大きくなっている。0.5 m/s²では加振開始からしばらくの間は浮上方向の計測値が得られているが、レーザー変位計のターゲットとして模型に差し込んで設置したプレートが土の移動に伴って押し上げられて模型表面との間に隙間ができたためであり、実際には沈下方向に変位している。0.1~0.3 m/s²では亀裂の発生を目視で確認できなかった。

図-5に0.4 m/s²以降の加振終了時の亀裂発生・変位分布の履歴を示す。水平変位は、各加振中に発生した変位増分である。(a)から、(1)堤頂部から少し下の斜面→(2)堤頂部中央→(3)(1)の上方の斜面→(4)堤頂部の中央と端部の間、の順に亀裂が発生したことがわかる。

図-6に0.5 m/s²の2回目の加振終了時の水平変位（加振中に発生した変位増分）の分布を示す。図-6(a)0.5 m/s²②終了時を照合すると、単純な水平変位分布から亀裂発生箇所を見出すことは難しいといえる。図-6(b)は、データ範囲を狭くして水平変位分布を表示したものである。この図から、水平変位が±0の箇所と亀裂発

キーワード フィルダム、亀裂、遠心載荷振動模型実験、画像解析

連絡先 〒305-0861 茨城県つくば市観音台2-1-6 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農村工学研究部門 TEL 029-838-7570

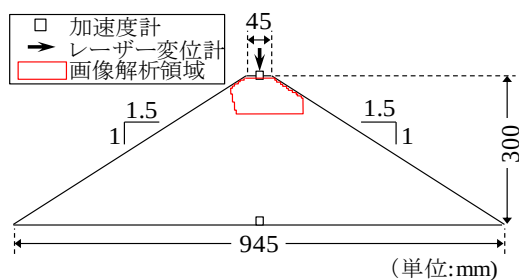


図-1 模型概要

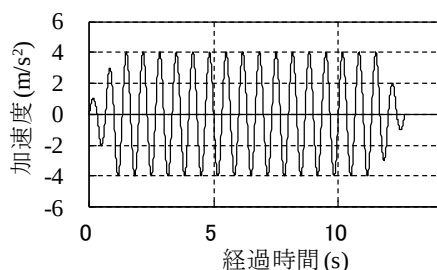


図-3 入力地震波の例 (1G 場換算)

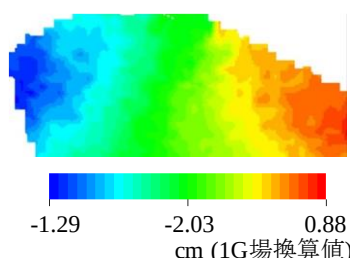
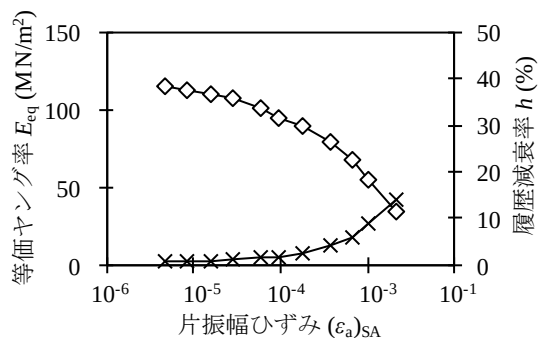
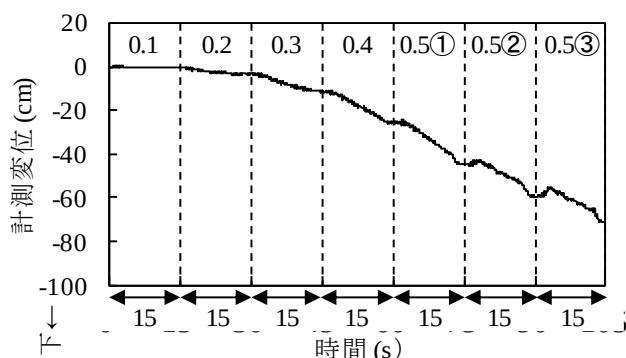
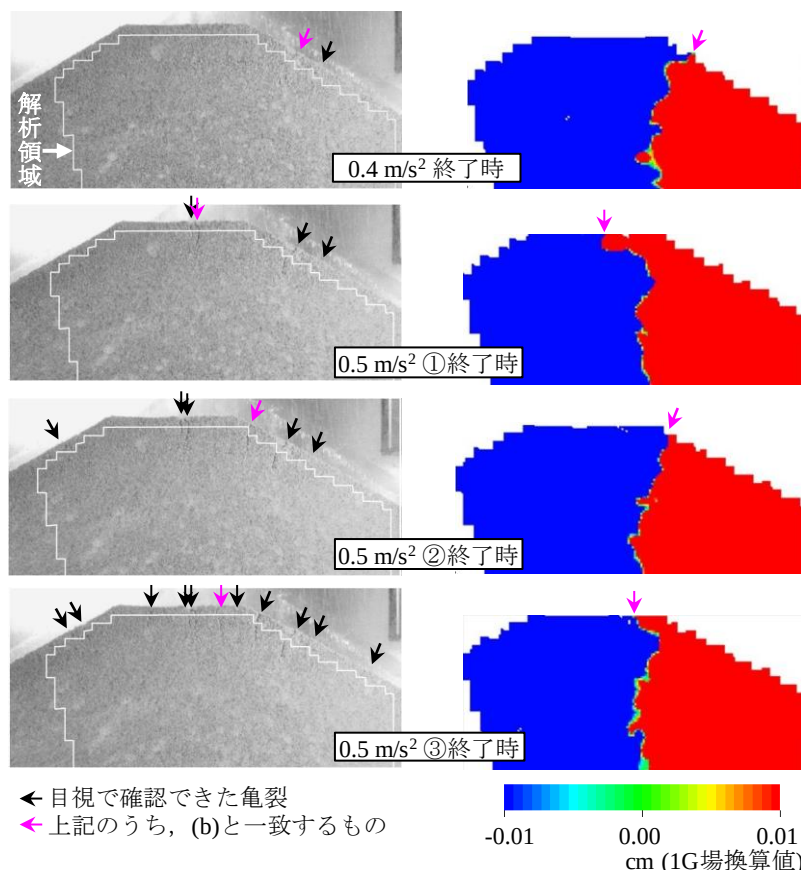


図-6 水平変位分布 (0.5 m/s² ② 終了時)

図-2 等価ヤング率と履歴減衰率の
片振幅ひずみとの関係

(*) 図中の“0.1~0.5”は入力加速度段階. 単位: m/s²
①~③は回数. 1G場換算時の新堤の高さ=18m.

図-4 堤頂部中央の鉛直変位履歴



(a) 模型断面

(b) 画像解析による水平変位

図-5 亀裂発生と変位分布の履歴

生箇所が一致していることがわかる. すなわち, 亀裂の発生は水平変位と密接な関係があり, 水平変位の分布から亀裂発生箇所を特定できる可能性があるといえる. ただし, 水平変位が±0以外の箇所で亀裂発生箇所を特定するには手法の改良が必要である.

4. おわりに

フィルダムの振動・破壊形態は堤体の形状・材料や入力波等によって変化する可能性がある. 今後は実験パターンを増やして検討を続ける予定である.

なお, 本研究の一部は科学研究費助成事業基盤研究 (C)「巨大地震によるフィルダム堤頂部の亀裂発生メカニズムの解明」(2014~2016 年度)により実施したことを付記する.

参考文献

- 1) 上野勝利, 高島伸哉, 望月秋利, 馬 陰峰: 画像解析による簡便な砂の変位場計測方法, 土木学会論文集, No.666, III-53, pp.339-344, 2000.