

遠心力模型実験による湛水したアースダムの地震時挙動の検討

(財) 電力中央研究所 正会員 ○河井 正

国土交通省河川局より、平成17年3月に、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」¹⁾が示された。同指針(案)は、レベル2地震動を想定して、大規模地震に対するダムの耐震性能を照査するための標準的な考え方が示されたものである。アースダムについては、ダム本体の耐震性能の照査として、まずは等価線形化法等による動的解析を用いた検討をすべり安全率評価などにより行い、その結果、ダム本体の損傷が生じるおそれがある場合については、越流や浸透破壊に対する安全性を照査することとされ、堤体の天端沈下量などの評価が必要となる。そこで、本研究ではアースダムの加振実験を遠心場で行い²⁾、堤体の変形状態を把握するとともに、加振中の内部応力状態について整理した。

1. 実験模型 実験に用いた湛水したアースダム模型の断面図を図-1に示す。模型材料は遮水のための芯壁を一軸圧縮強度約3MPaのモルタルで作製し、その両側の堤体部分と基礎地盤を、珪砂とカオリンの混合土で作製した。混合土は、珪砂4号、5号、7号、カオリンを3.0:1.0:1.0:5.0の比率で混合し、密度 $\rho_d=1.85\text{g/cm}^3$ まで締め固めた。透水係数は $k=3.1\times 10^{-6}\text{cm/s}$ であり、間隙流体に粘性流体ではなく水を使用したため、加振実験を行った遠心加速度30G場では、 $k=9.3\times 10^{-5}\text{cm/s}$ に相当する。混合土については、非排水単調載荷試験、繰返し変形試験、液状化試験、累積変形特性試験(いずれも三軸試験)を行って、図-2～図-5に示す特性を得た。ここで、累積変形特性試験とは、等方圧密後に所定の状態まで軸応力を排水状態で与え、その後正弦波により非排水繰返しせん断を行う試験である。

2. 加振実験 加振実験は遠心加速度30G場において、図-6に示す入力波形を用いて実施した。遠心加速度を載荷する際は、上・下流側ともに湛水状態で作製した模型の下流側水位を、遠心加速度を載荷する直前に基礎地盤表面まで低下させ、5G刻みで遠心加速度を増大し、各段階ごとに堤体表面の変位が目視で概ね一定となることを確認し、次の段階の載荷を行った。但し、間隙水圧は、図-7に示すように、各載荷段階ならびに加振直前においても完全には一定値ではない。図-8に加振実験により得られた模型各部の変位時刻歴(30G場換算値)を示す。芯壁が加振により徐々に下流側に傾斜し沈下はほとんど生じないこと、上流側堤体頂部の沈下量が下流側のそれよりも大きくなることなどがこの図より確認できる。また、加振終了後も、そのままの状態でも過剰間隙水圧の消散などを計測し、1.5時間(実時間)程度で過剰間隙水圧は概ね消散することを確認し、消散過程での堤体頂部の沈下量は、加振時の沈下量のたかだか10%程度であることを把握した。図-9は、模型作製時と模型解体時に、模型内部に埋設したマーカーの座標(奥行き方向の5個の変位を平均化)を計測した堤体内部の変形を示す。この図より、芯壁が下流側に傾斜した影響を受けて、下流側は堤体全体が左方向に変位しつつ中心に近いほど沈下量が大きくなること、一方、上流側は沈下量が中心に近いほど大きいことは下流側と同様であるが、水平変位は中心部ではほとんど生じず、法面に近い方が大きくなっていることがわかる。なお、1G場での計測となるため、加振による変位のみならず遠心加速度の載荷・除荷による変位の影響が含まれている。一方、図-10は堤体内部の応力状態を把握するため、堤体質量と加速度、土圧などの記録から計算したせん断応力(τ)²⁾を、軸差応力[水平・鉛直全土圧の差: $(\sigma_y-\sigma_x)/2$]とともに示している。図より、加振中の振動成分だけで比べても、 τ より $(\sigma_y-\sigma_x)/2$ の方が大きくなっていることが確認できる。

1) 国土交通省河川局 HP, 「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」の作成について (http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/daml2, 2011.4.07 確認)

2) 河井正: レベル2地震動に対するアースダムの耐震性—遠心力模型実験と有効応力解析による変形量評価—, 電力中央研究所 研究報告

キーワード 遠心力模型実験, アースダム, 耐震性

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財) 電力中央研究所 TEL 04-7812-1181

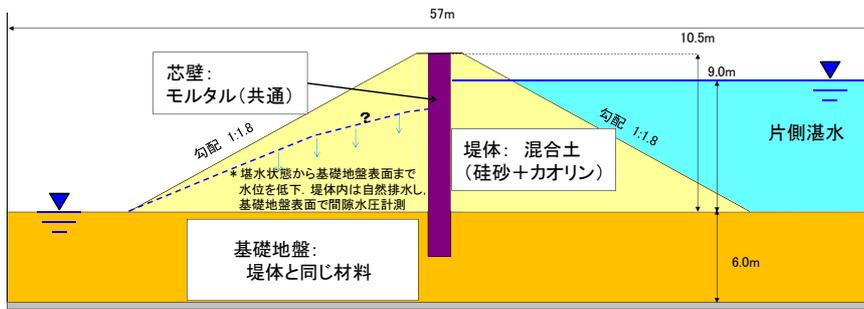


図-1 模型断面図

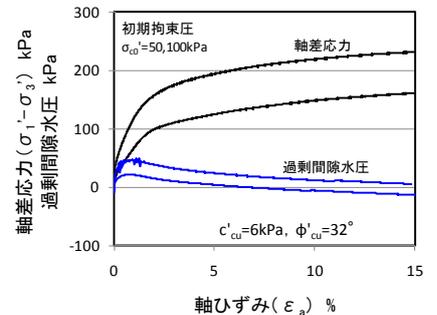


図-2 非排水単調載荷試験結果

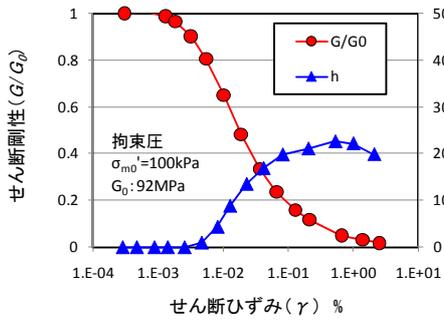


図-3 繰返し変形試験結果

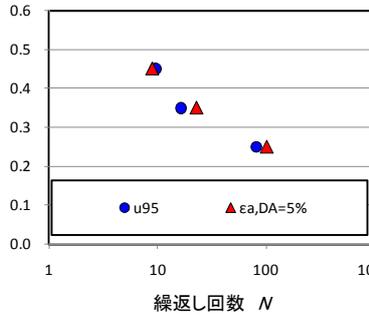


図-4 液状化試験結果

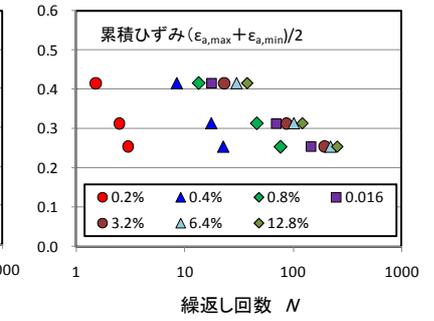


図-5 累積変形特性試験結果

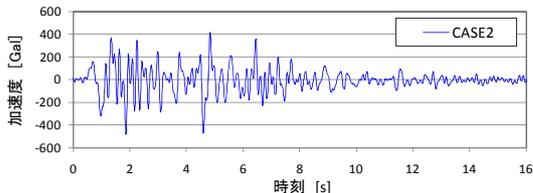


図-6 加振入力波形

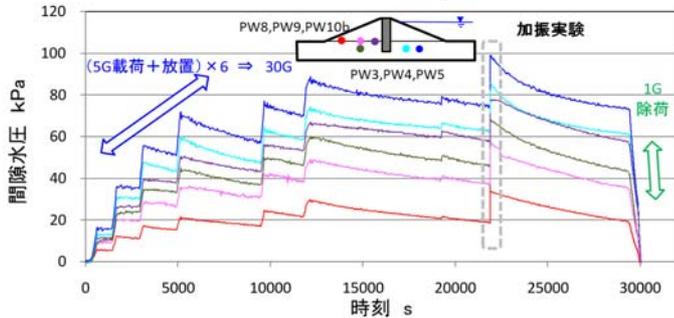


図-7 実験中の模型各部の間隙水圧記録

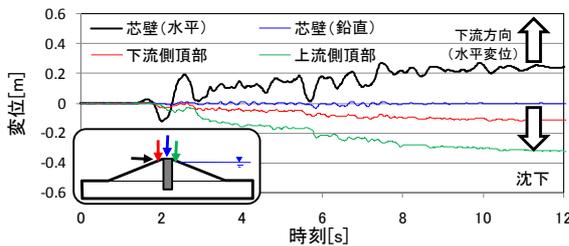


図-8 加振中の模型各部の変位時刻歴

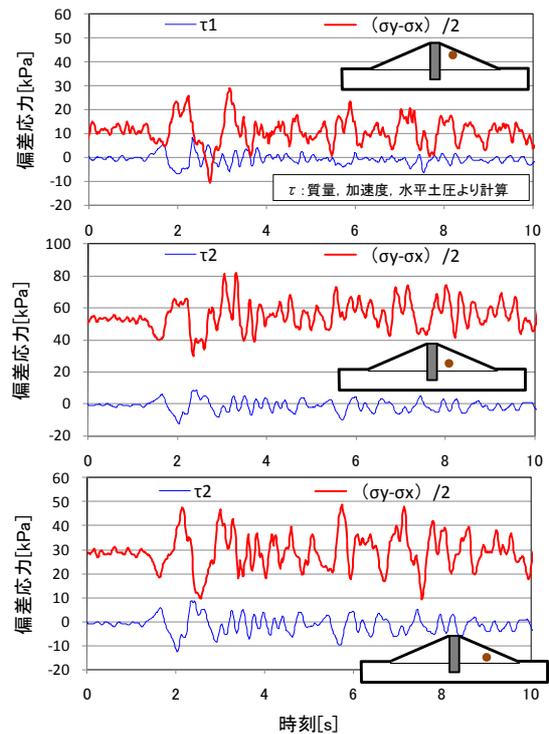


図-10 加振中の模型各部の偏差応力時刻歴

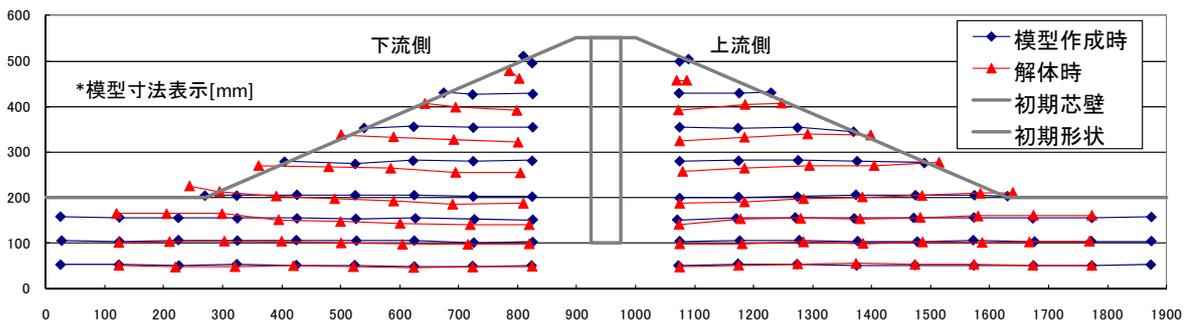


図-9 実験前後の模型内部のマーカー座標