堤体基礎地盤の間隙水圧変化に及ぼす入力地震動の影響 Effect of input waves on occurrence of pore water pressure in dam's foundation

○林田洋一* 増川晋* 田頭秀和*Yoichi Hayashida, Susumu Masukawa, Hidekazu Tagashira

1. はじめに

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 Barba ra地震によるSheffieldダム(堤高:7.6m)、1971年に発生したSan Fernand地震によるLo wer San Fernandoダム(堤高:40m)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が、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、堤体および基礎地盤での液状化の発生に対する検討が必要だと考える。

本報告では、堤体荷重が作用した液状化地盤での地震時の挙動、特に間隙水圧の発生 量と地震動の大きさおよび継続時間との関係について遠心載荷振動実験の結果を基に検 証を行う。

2. 実験条件

実験には、標準砂で作製したD_r=50%の液状化地盤上に、標準砂とカオリンを8:2で混合 した材料を締め固めてD_c=92%の堤体を作製した実験模型を用いた。液状化地盤の層厚は5 0mm (Case A)、100 mm (Case B) とし、堤体は堤高80 mm、堤頂幅28 mm、法面勾配1: 2とした。実験模型の概要を図-1に示す。図-1に示すように、間隙水圧計を液状化地盤上面 から25 mm, 75 mmの位置に3箇所ずつ設置した。なお、Case Aについては、液状化地盤 下部に四号硅砂を乾燥状態で締固めた非液状化地盤を設けている。



*(独)農研機構 農村工学研究所

フィルダム、遠心力模型実験、液状化

*National Institute for Rural Engineering

液状化地盤の飽和にあたっては、1G場において模型底面からCO₂ガスを十分に注入した 後、粘度を20 cStに調整したメトローズ水溶液(粘性流体)を遠心場において模型底面か ら注入した。

実験は、20Gの遠心場において実施した。加振波には1G場相当で、周波数3 Hzの正弦波を用い、振幅、継続時間を順次変化させ、堤体に顕著な破壊が生じるまで加振を行なった。

3. 実験結果とその考察

実験後の堤体の破壊形状を図-2 に示す。Case A では、堤体が側方に引っ張られることで 天端部が最大 22.8mm 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。一方、Case B では、図-1 に示す PUL、PLL での間隙水圧の上昇が他の 測点に比べ顕著となり、これら測点付近の基礎地盤が著しく変状するのに併せて、堤体が 引きずりこまれるような形で変状する、すべり型の破壊形態を示し、天端部が最大 48.8mm 沈下した。

両実験ケースにおける、間隙水圧発生量および天端沈下量と地震動の大きさおよび継続時間との関係を図-3 に示す。図-3 では、地震動の大きさと継続時間を表す指標として、 入力波形の振幅と振幅=0 で表される軸とで形成される領域の面積を入力エネルギーと定 義し用いている。なお、入力エネルギー110、760 m/s²・s は、振幅 3 m/s²、周波数 3Hz の 正弦波がそれぞれ 60 秒、400 秒程度継続した場合に相当する。また、天端沈下量は、堤 体天端での最大沈下量を堤高で正規化した天端鉛直変位率で示している。間隙水圧上昇 量は、Case A では、PL と PR、Case B では、PUL と PUR の平均値を示している。

図-3から、間隙水圧の上昇量は入力エネルギーが40m/s²・s以上でほぼ平衡となること、 入力エネルギーが110m/s²・s程度までは液状化地盤での間隙水圧の上昇は認められるもの の、堤体の天端鉛直変位率は2%程度にとどまることが分かった。



図-2 実験後の堤体形状



図-3 入力エネルギーと間隙水圧上昇量および天端鉛直変位率の関係