

遠心模型振動実験によるロックフィルダムの地震時変形特性の評価

東京電力(株) 正会員 内田善久 鶴田滋
 東電設計(株) 正会員 星野吉昇 山口博史
 (株)大林組技術研究所 正会員 佐藤清 松田隆

1. はじめに

地震国である日本において、ロックフィルダムの強震時の挙動を捉えることは必要不可欠であり、過去には、模型を用いた実験ないしは解析的なアプローチが多数成されている。これらのアプローチの内、模型実験によるアプローチは、その機械的な制約から、水平方向の加速度のみに相似則を適用した実験が多い。この報告では、粒状体の材料を用いてロックフィルダムの模型を構築し、遠心模型振動実験装置により重力場の相似則の整合を計り、強震時の挙動計測を行ったので、それについて報告する。

2. 実験方法

実験は相似率 1/50 (遠心重力 50g) の条件で実施した。以下の説明では模型寸法を示す。図-1 に実験模型の断面図および計器配置を示す。模型は高さ 0.65m、長さ 2m、奥行き 0.7m のアルミ製剛土槽内に作製した。土槽両側の側壁はアクリル製である。堤体は高さ 55cm、上流側法面勾配 1:1.4、下流側法面勾配 1:1.4 とした。表-1 に模型諸元を示す。

堤体の材料は、建設中のロックフィルダムのフィルター材 (CM~CH 級) を使用した。このとき 20mm 以上および 74 μm 以下の成分を除去して、国内のロックフィルダム粗粒材の粒度分布¹⁾ に 1/50 の縮小率で相似になるように調整した。図-2 に使用した材料の粒度分布を示す。

模型は高密度と低密度の 2 種類とした。高密度の場合は、1 層 3cm として撤出し・転圧を繰り返した。転圧には振動圧入機を使用し、1EcJIS に相当する締固めエネルギーを各層に与えるよう調整した。低密度の場合は、高密度と同様の方法で撤出し転圧は行わないものとした。最終的な堤体密度は高密度が 1.87g/cm³、低密度が 1.67g/cm³ である。今回の実験では、遮水ゾーンのみの変形特性の評価を目的としたため、遮水ゾーンはモデル化していない。

計測は堤体の変位、土圧および加速度である。これらの計測結果のうち、本報では特にダムの機能に大きく関与する鉛直変位について示す。図-3 に堤体の鉛直変位の計測方法を示す。接触式変位計

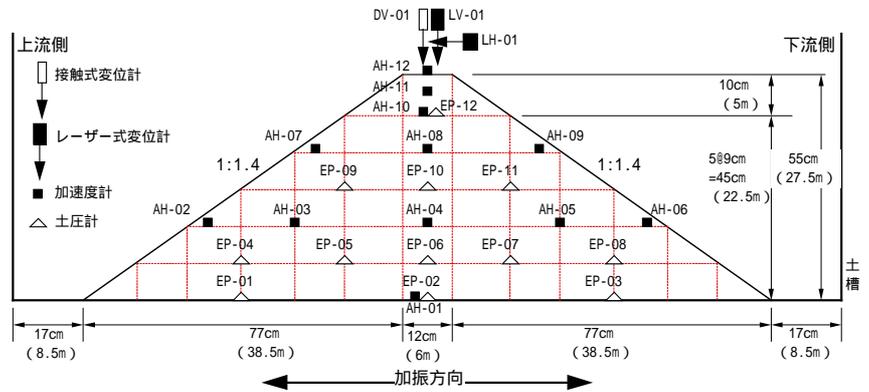


図-1 模型断面図

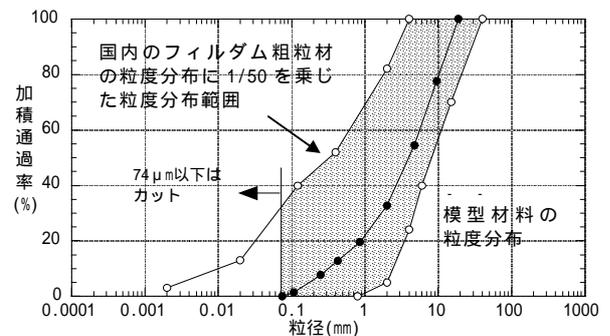


図-2 材料の粒度分布

表-1 模型諸元

		模型寸法	実物換算値
密度	高密度	1.87g/cm ³	1.87g/cm ³
	低密度	1.67g/cm ³	1.67g/cm ³
堤高		55cm	27.5m
上流側堤体底辺長		77cm	38.5m
下流側堤体底辺長		77cm	38.5m
天端幅		12cm	6m
堤体敷長		166cm	83m

(DV-01) は先端に 3cm の円盤を取り付け、これを堤頂に接触させて堤頂の鉛直変位を直接計測した。レーザー式変位計 (LV-01) では、2 枚のターゲット板 (3cm) を長さ 10cm の鋼棒でつなぎ、これを図-3 に示す

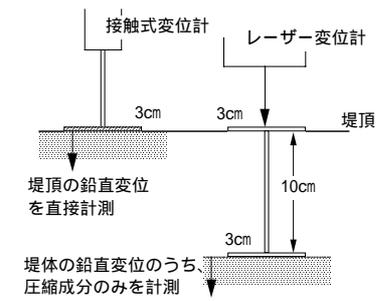


図-3 鉛直変位の計測方法

キーワード：ロックフィルダム、遠心模型実験、振動実験、強地震時
 連絡先：204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 土木耐震構造研究室
 TEL:0424-95-0950 FAX:0424-95-0909

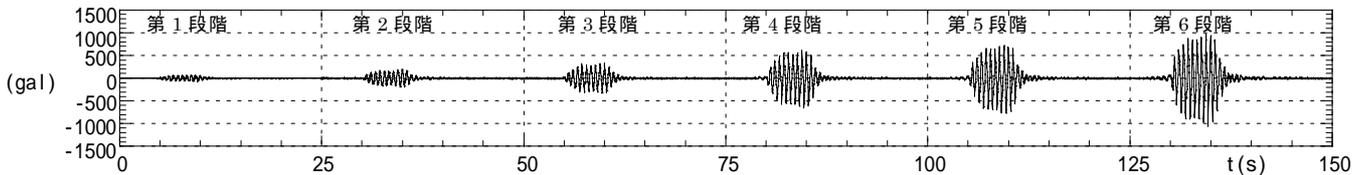


図-4 加振波形（高密度）

ように堤頂部に設置して堤体の圧縮変位を計測した。また、堤体断面には色砂による格子状のメッシュを作製し、加振後の堤体断面の変形を調べた。

3. 実験結果

ここからは実物換算値を示す。加振波形は 1.8Hz で 10 波の正弦波とし、段階的に振幅を大きくした 6 段階の加振を行った。図-4 は高密度モデルでの振動台加速度であり、低密度モデルについても同じ加振方法とした。図-5 は接触式変位計 (DV-01) による堤頂の鉛直変位 (累積) を示し、沈下をマイナスで表記している。全体に低密度モデルの沈下量が大きく、どちらも振動台加速度に対してほぼ線形に増加している。図-6 はレーザー式変位計 (LV-01) による堤体の圧縮変位 (累積) を示している。高密度モデルに比べて、低密度モデルでは加振の進行に伴う圧縮変位の増加が顕著である。

堤頂の変位は堤体の圧縮変位と、表層の法尻方向への滑落によって生じる変位 (以下、崩壊変位と称す) に分けることができる。崩壊変位は、接触式変位計 (DV-01) で計測した堤頂の変位から、レーザー式変位計 (LV-01) で計測した堤体の圧縮変位を差し引くことで得られる。図-7 では全体変位に対する崩壊変位と圧縮変位の割合を示した。高密度モデル、低密度モデルともに崩壊変位は全体の 60~90%、圧縮変位は全体の 10~40%となっている。高密度モデルでは加振の進行とともに崩壊変位の割合が増加しており、低密度モデルではその逆の傾向が見られる。

図-8 に加振後の堤体断面を示す。高密度・低密度ともに、表層は滑落して法尻に堆積しているが、円弧状の滑り面は生じていない。堤体内部では鉛直方向への圧縮の他に、水平方向への広がりが見られ、堤体の密度増加と、堤体が偏平に変形することによって堤頂の沈下が生じることがわかる。また、堤体の変形は 滑落した領域 (表層) 鉛直変位と水平変位が生じた領域、鉛直変位のみ、あるいは全く変位していない領域に分けることができる。低密度では、高密度に比べて領域が広くなっており、法面の表層付近での変形が顕著である。堤体の剛性の違いが、これらの変形特性の違いに影響していると考えられる。

4. まとめ

50g の遠心重力場で、ロックフィルダムの振動実験を行った。その結果、堤体に円弧状の滑り面は生じないこと、堤体密度が高い場合と低い場合で変形特性が大きく異なり、低密度の場合は堤体内部の広い範囲で変形が生じること等がわかった。

参考文献 1) 社団法人電力土木技術協会：最新フィルダム工学，PP.67，1981.

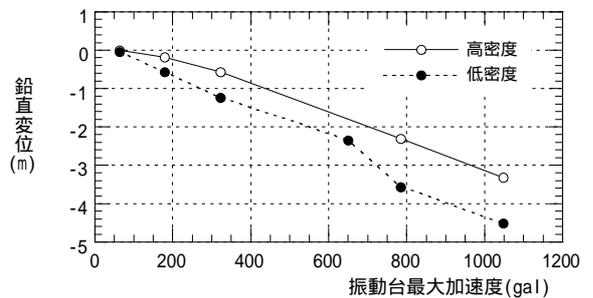


図-5 堤頂の鉛直変位 (累積)

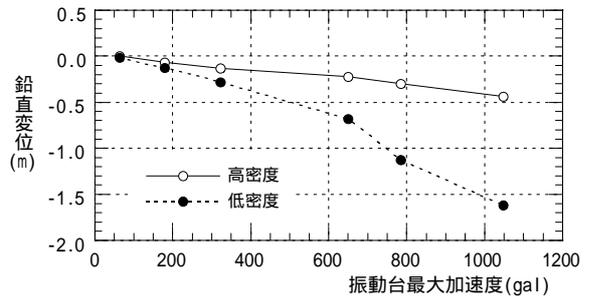


図-6 堤体の圧縮変位 (累積)

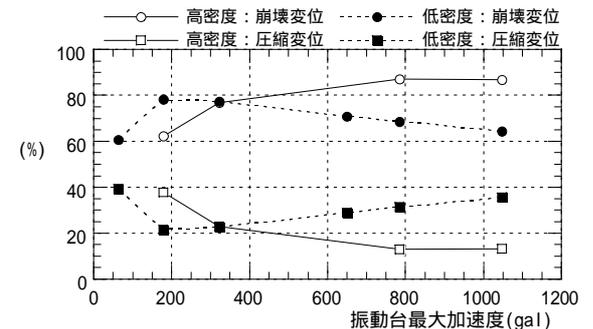


図-7 圧縮変位と累積変位の割合

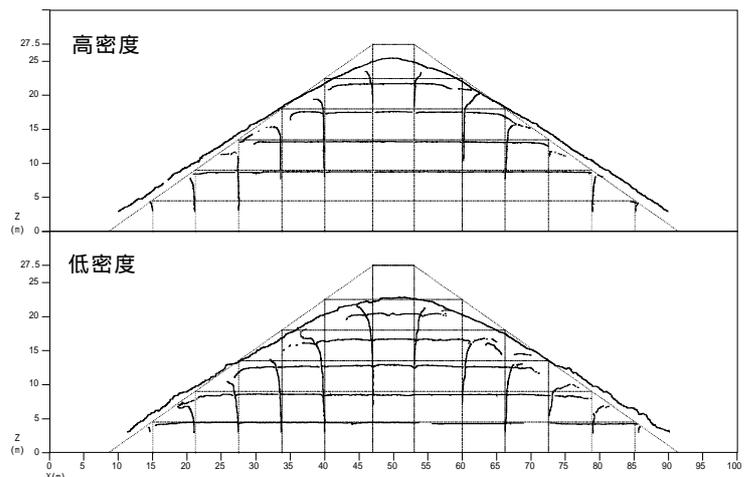


図-8 堤体断面の最終変形