

大阪市立大学工学部 正員 三笠 正人
同 上 正員 望月 秋利
同 上 学生員 〇長谷川 良一

1. まえがき

筆者らは遠心力装置を用いて実際構造物と同じ応力の下で、ロックフィルダムを始め粘土斜面等多くの安定に関する実験を重ねてきた。今回は加速度150g場でダム上流側の水位の昇降を行なった後、ダムを上流側に傾斜させて破壊させる実験を行ない、その全過程にわたってダム断面に埋め込んだ標点の動きを観察し破壊に至る過程の变形を検討した。なお実験は2ケース6実験を行なったが、ここにはその内の1実験の結果を報告する。

2. 実験装置および変位計測装置

遠心力装置についてはすでに発表しているのので、表-1に主な性能を示すに止める。ダム変形の計測方法は、実験中に撮影したフィルムをスライドプロジェクターで投影し写し出されたダム断面の標点の座標を逐次取り、電算機で処理して変位ベクトル、主ヒズミ等を求めるという方法である。変位は200mmまで読み取ったが、誤差は10mm以内であったと思われる。

表-1 遠心力装置の性能概要

回転半径	155 cm
最大加速度	200 g
供試体容器	50(幅)×30(高さ)×18.9(奥行)cm
容器底部に設けたタリの容量	6 l
容器内の水位昇降操作	圧気によるコントロール
容器傾斜可能角度	±0.3

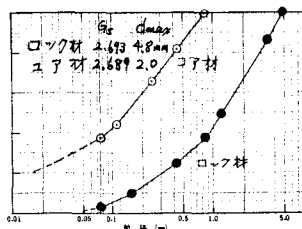


図-1 粒径加積曲線

3. 実験材料

奈良県栗吉野に建設中の瀬戸ダム(関電)のロックおよびコア材をクラッシュしたものをふるい分け、さらにコア材には透水係数を小さくするために10%のカオリンを加え図-1の粒径加積曲線を得るようにした。模型材料の初期締固め密度および含水比は表-2の通りで、同じ条件の供試体に対して三軸圧縮試験、透水試験を行なった結果もあわせて示す。なお三軸圧縮試験は液状状態の試料について圧密排水の条件で行なった。

表-2 初期締固め密度と力学試験結果

材料	初期含水比(%)	初期液性指数(Id)(%)	三軸圧縮試験 Cd (%)	三軸圧縮試験 ϕd (°)	透水係数(Cu)
ロック	6.5	1.527	1.8	38.5	—
コア	19.0	1.710	1.0	34.3	35×10^{-6} 以下

4. ダムの作製と実験方法

図-2にダム模型形状を示す。このダムの150g場での応力状態は33m (=22cm×150g)の高さのダムに相当する。まず供試体容器を横に倒し型枠を取り付け、断面に平行に5層に分けてそれぞれが所定の密度になるように、所定重量の試料を締固めてダム模型を作製した。この締固め方法は実ダムの盛立過程とは異なるが、今回の実験は変形観察を目的としたのでダム断面を均質に、しかもダム形状を精度よく仕上げる点に重点を置いてこの方法を採った。次にダム断面に標点を埋め込み、側面ガラスを取り付け、供試体容器を遠心力装置のアームに取り付けて準備は完了する。

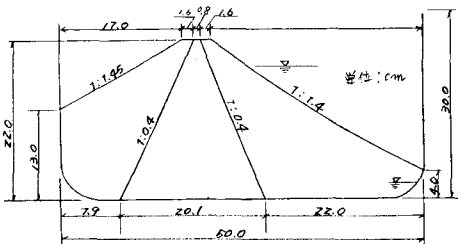


図-2 ダム模型形状

実験は次の3つの過程に分けて行なった。まず遠心力装置をスタートさせ、30%分の増加速度で150gまで加速度を上昇させた。これはダムの盛立に相当すると一応考えられ、加速過程と呼ぶ。150gの加速度を保ったままダムの上流側水位をダム高さの8~9割まで上げ1.5分間放置し、その後水位を下げ1.5分間放置する。この操作を1サイクルとして2回半繰返した(満水位で終る)。n場での透水時間に関してはnの2乗則が成り立

つので、1.5分は23.4日に相当する。これを水位昇降過程と呼ぶ。その後満水位状態のまま傾斜勾配0.02を1ステップとして、ダムが破壊するまで上流側に傾斜させた。この操作はダムに静的に地震力（水平力）を加えることに相当する。これを傾斜過程と呼ぶ。全過程を通じて写真を適宜撮影した。

5. 実験結果

(1) 加圧過程の変形 図-3, 4は30→150gの間の変位ベクトル図、鉛直変位分布図である。コア軸を中心にしてほぼ対称的に変形している。最大沈下量は天端付近で約9mm（奥ダムへの換算： $9\text{mm} \times 150\text{g} = 135\text{cm}$ ）で、30gまでの沈下量約3mm（45cm）をカミ合わせるとダムの平均圧縮量は5.5%となる。この値は奥ダムにおける奥測値2~7%の値とほぼ対応している。¹⁾

(2) 水位昇降過程の変形 図-5, 6に1回目と3回目水位上昇後の鉛直変位分布図を150gで着いた時を原点として示す。変形はこうように水位の昇降に伴い徐々に進む。水位昇降による最大沈下は上流側リ肩付近に発生し、約3mm（平均圧縮ヒズミ1.4%）であった。この間コアは天端で1.2mm上流側へ、中腹部で約0.8mm下流側へ移動し、いわゆる弓形に変形した。この変形は有限要素法による計算結果と傾向的に一致しているが、奥ダムの計算結果は天端が逆に下流側に移動する傾向を示すようである。²⁾

(3) 傾斜過程の変形 写真-1はダム破壊直後の様子である。破壊直前（ $\alpha = 0.18$ ）までの鉛直変位は0.4mm以下、水平変位は0.2mm以下の所がほとんどで全体的に非常に小さい（原点：傾斜直前）。上流側ロック部は上流側へ全体的に移動する傾向を見せた（0.1~0.5mm）が、その他の場所はほとんど動きが見られず、むしろ僅かに下流側に移動する傾向さえみられた。破壊は $\alpha = 0.20$ になる直前に上流側リ肩付近から下方に瞬間的に生じたが、視察では破壊の前兆的変形は認められなかった。なお破壊直後の写真から判断したスベリ面に対し、三軸試験で得られた ϕ_d を用いてJambuの方法で安全率1.0を与えるCを求めると0.05%を得た。これは表-2の C_d 値に比べるとかなり小さい値である。

6. あとがき

ロックフィルダムの変形は粘土斜面等に比べて小さく、極力精度を上げて変形の観察を行なったがまだ十分ではなく、破壊への連続性が見い出せなかった。特に水位昇降による変形については種々の問題を残しており、今後とも研究を進めた。

謝辞： この実験は関西電力K.K.から多大なる援助を受けた。ここに深く謝意を表します。

参考文献： 1) 原田次夫 フィルダムの実験型材料試験，設計・施工面へのフィードバック，第10回フィルダム講習会，1975
2) 松井家孝 フィルダムの弾塑性解析，電力中央研究所報告，1973

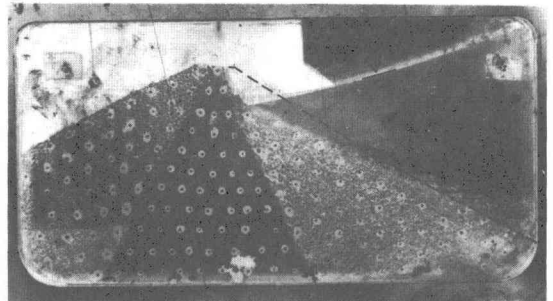
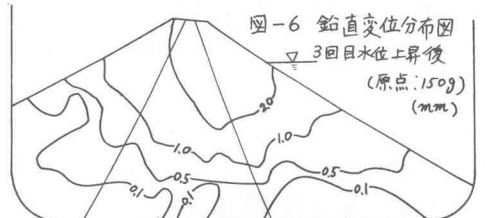
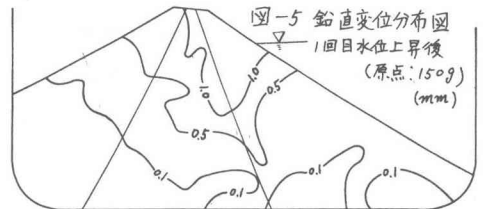
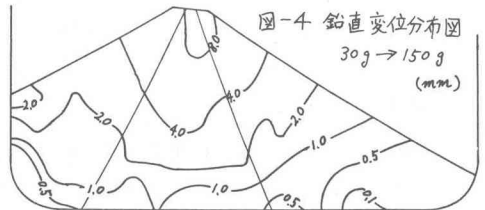
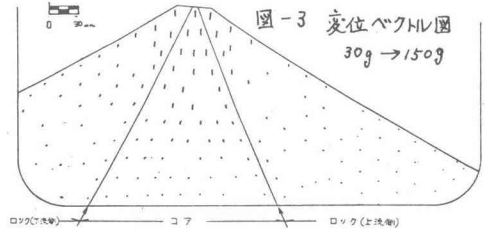


写真-1 破壊直後； $\alpha = 0.20$ 直前