

中部電力株式会社 正会員 丹羽哲郎 朝倉幸美男 宮口友延

1. はじめに

ロックフィルダムの貯水時に生じる変形と堤体内の底力は、地震時や、その後の長期にわたる安定の初期状態を与えるものとして、ダムの安全を論ずるうえで、もつとも重要な要素の一つと考えられる。ロックフィルダムの貯水に伴う変形と底力の進展状態をあくし、より安全な合理的なダムの設計施工に役立てるために、ダムの下流側ロック部の模型実験と、そのモデル材料の変形特性を表現した有限要素法による数値解析をおこなった。以下にそれらについて述べる。

2. 模型実験と数値解析

実験と数値解析の方法については、すでに一部報告済みであるが、その概要をメモすると、次のようである。

(1) 模型実験メモ

①モデル材料——豊浦標準砂。②モデル形状と寸法——高さ2m、斜面勾配1:2、巾1mの直角三角形(△)の形状。③載荷方法——モデルの垂直前面に、ゴム・ジマックスにより載荷。載荷板10cm×10cm×10段×20段、ジマックスの径を直線的に変化させた三角分布荷重。

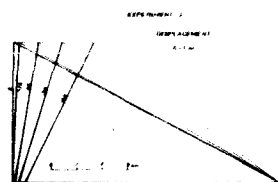


図-1 載荷面変 (実験)

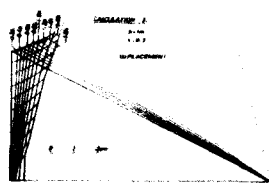


図-2 載荷面変位(計算)

(2) 数値解析メモ

①解析方法——底力依存の変形特性を表現した、荷重増加法。
②変形特性——3軸圧縮試験結果を軸差底力と軸歪の関係で表現。

以上の実験および数値解析の結果の一例を図-1と2に示す。図-1中、 δ は載荷面の三角分布荷重が静水圧の大きさであることを示す。この両図を比較すれば、実験の方が計算値よりかなり変位が小さく、例えば、1秒のときは頂部の変位が実験では約3mmであるのに対して、計算では10mmの変位が生じている。このような両者の差違は、載荷の初期においてよく着るしく、実験ではほとんど変位が認められないのに、計算ではかなりの変位が生じるようになる。また計算では0.7~0.8hの荷重レベルでの変位増分がもつとも小さい。

3. 考察

ロックフィルダムおよびモデルについて、貯水段階の底力変化を考えてみると、その初期においては、盛立てによって発生したほぼ鉛直方向の主底力(σ_v)と、それに直交する主底力(σ_h)が、その内部に分布している。貯水が進むと、水圧による水平力が増すので、堤体の大部分では、 σ_v が変化しないで、 σ_h が増大し、軸差底力が減少するような底力変化が生じる。この傾向は水圧の作用面近くで著るしく、 σ_v の方向はそれにしたがって、水圧の作用する方向へ、じょじょに傾斜していく。さらに貯水が進み、水圧の作用面において、 σ_v と σ_h が同じになる特異な状態をすぎると、その後の水圧の増大にたいして、そこでは σ_v が増大していく。したがって、貯水過程の初期の段階では、 σ_h が増大し、

軸差応力が減少するような応力変化が、変形にたいして支配的であると与えられる。そして、そのような荷重範囲は、上の密度を 1.5、盛立て時点の主応力の比を、 $\sigma_3/\sigma_1 = 0.3$ 、とすると、約静水圧に相当するから、一般に野水過程の大部分が、この応力変化の範囲に入ると与えられる。

方、通常の三軸試験は、 σ_3 を一定にして、 σ_1 を増大あるいは減少させている。数値解析のための応力-歪関係はこのような三軸試験により与えられているので、野水過程の変形を追跡するのは十分である。図 3 は、三軸試験から得られた応力-歪関係より、その応力状態にたいする接線係数を求める手順を示している。野水の初期段階では、 B ($\sigma_1 = \sigma_3$ が一定、 σ_3 が増える)の状態にしたがって、接線係数は荷重の増大とともに大きくなる。しかしこのように、応力状態に片応力 (σ_1 、 σ_3 が減少する場合も、 $\sigma_1 = \sigma_3$ が増大する場合の接線係数も用いることは、その値を小さく見積りすぎる。モデル全体において、 σ_1 が増大するような応力状態となる。静水圧状態 ($1R$)からの変形増分を実験値と計算値と比較すると、図 4 に示すようによく一致している。このことは、応力状態のみならず、応力変化の方向によって、材料の応力-歪関係をもとめ、前述の解析に導入すれば、野水過程の変形を追跡できることを示している。一般的には、例えば図 5 の A、B、C、D によって示される応力変化のパターンによって、応力-歪関係を表わすことが必要であろう。 σ_1 と σ_3 がそれぞれ無関係に動くことができる三軸試験によって与えられた同標準砂の応力-歪関係の例を図 6 に示す。

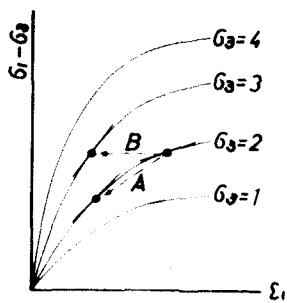


図 3. 初期の接線係数の追跡

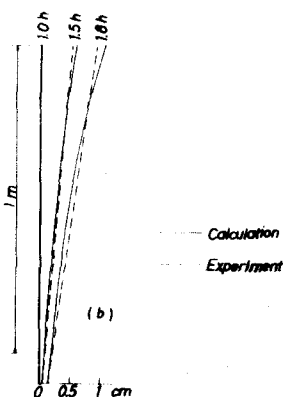


図 4. 載荷面変位の実験値と計算値 (1A の変位を 0)

6 に示す。
4. おまじ
以上の上
の、応力
変化のパ
ターンを考
え、
た応力解析

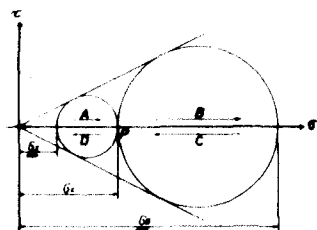


図 5. 応力変化のパターン

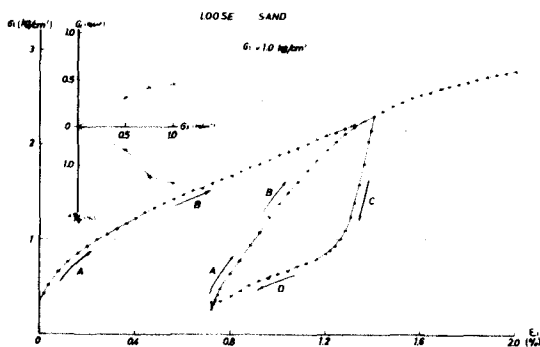


図 6. 特殊三軸試験による応力-歪曲線

について、現在検討を行っている。この研究について、終始御指導いただいている、川本 (名大)、太根 (愛工大)、西先生に深く感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) 丹羽、朝倉、宮口、長谷川、金、吉川 "ロックフィルダムの応力と変形に関する実験" 第6回土質工学研究発表会
- 2) J.M. Duncan 他 "Non Linear Analysis of Stress and Strain Soils" ASCE, SM5, 1970