

大型一次元圧縮試験と大型三軸圧縮試験によるロック材の変形特性

関西電力(株) 正会員 岩名 大輔、吉田 次男
 (株)ニュージェック 正会員 竹澤 請一郎、片山 周平、平井 俊之
 名古屋工業大学 正会員 松岡 元、孫 徳安
 中央大学理工学部 正会員 原 忠

1. はじめに

近年、ロックフィルダムの沈下挙動を精度よく表現できる手法として、弾塑性モデルの適用が注目されている。一般的に解析パラメータは三軸圧縮試験などの室内要素試験により求めるケースが多いが、実粒径の大きいロック材は供試体径による最大粒径の制限を受けるケースが多く、堤体材料の力学特性を必ずしも正確に表現しているとは言い難い。本研究では、新たに開発した最大粒径が150mm程度の大粒径な材料まで適用可能な大型一次元圧縮試験と、従来より設計に用いられている大型三軸圧縮試験を実施し、得られた結果を比較して、試験方法が解析パラメータに与える影響について調べた。

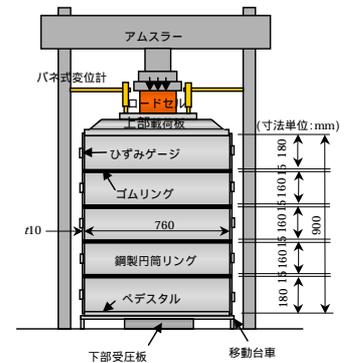


図-1 大型一次元圧縮試験機

2. 試験装置

図-1 に大型一次元圧縮試験機を示す。モールドは内径760mm、高さ160mm（最上部、最下部は180mm）、厚さ10mmの鋼製円筒リング5個積み重ねた構造となっている。各リング間には、側面摩擦の影響を低減するよう厚さ15mmのネオプレンゴムを挟んでいる¹⁾。軸変位はアムスラー載荷枠に固定したバネ式変位計により計測し、鉛直応力は容量980kNのロードセルを上部載荷板に据え置きすることにより計測する。また、各土槽リング側面に対角線上に貼り付けたひずみゲージにより載荷・除荷時の土槽の平均的なひずみを計測することにより、試験過程での土槽壁面に作用する水平応力を算出できる^{2),3)}。



写真-1 大型三軸試験機

写真-1 に大型三軸圧縮試験機を示す。適用供試体寸法は直径300mm、高さ600mmで、セル圧は700kPaまで載荷可能となっており、軸変位は供試体上部に設置した非接触型変位計により計測する。

3. 試験試料および方法

図-2 に粒径加積曲線を示し、表-1 に物理特性を示す。試料は関西電力大河内発電所太田ダムロック材に用いた堅硬な頚岩（C_H級）を使用し、太田ダム建設時の三軸試験と相似な粒径を有する最大粒径 $D_{max}=150\text{mm}$ 、 106mm 、 53mm の3種類を作成した。なお、相対密度の設定に用いる試料の最小・最大密度は内径300mm、高さ360mmのモールド、ボール容器、機械式タンパー等を用いて求めた⁴⁾。

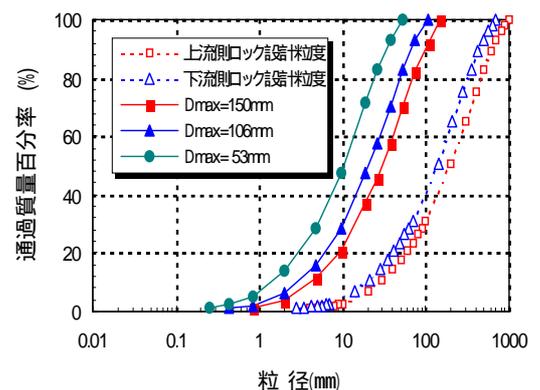


図-2 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

岩級	合成密度(g/cm ³)	最小密度(g/cm ³)	最大密度(g/cm ³)
CH	2.769	1.557	2.034

合成密度:各粒径の密度の重量比配分から算出

キーワード：ロックフィル、一次元圧縮試験、三軸試験、圧縮特性、膨潤特性、最大粒径

連絡先：〒661-0974 兵庫県尼崎市若王子 3-11-20 関西電力(株) 電力技術研究所 TEL.06-6494-9707

Fax.06-6494-9728

大型一次元圧縮試験については3種類すべての試料に対して実施した。試料をタンパーと鋼板（直径：28cm）を用いて所定密度（ D_r 70%）に締固めた後、上部載荷板を介してアムスラーにより最大鉛直応力 $\sigma_v=1960\text{kPa}$ に達するまで、載荷と除荷を段階的に繰り返した。

大型三軸圧縮試験については供試体の最大粒径の制限があるため、 $D_{max}=53\text{mm}$ の1種類のみ実施した。試料をタンパーと鋼板（直径：28cm）を用いて大型一次元圧縮試験と同密度（ D_r 70%）に締固めた後、供試体を飽和させ、セル圧 130kPa、背圧 98kPa の初期状態（ B 値 0.96）から、セル圧 600kPa に達するまで、排水・等方応力状態で載荷と除荷を段階的に繰り返した。

4. 試験結果および考察

図-3 に大型一次元圧縮試験結果より得られた平均主応力 - 間隙比増分関係を示す。大型一次元圧縮試験での平均主応力は、ロードセルにより計測した鉛直応力と土槽の歪みから求めた水平応力から算出した。ここでの間隙比増分は、初期載荷時の試料上端部での不陸の影響による圧縮量のばらつきを考慮し、 $\sigma_v=392\text{kPa}$ 載荷時の間隙比を初期値としたものに対する増分である。図-3 から、大型一次元圧縮試験については、最大粒径の違いによる圧縮・膨潤特性の差はあまり生じないことがわかる。この原因については、粒子破碎が少ないためと考えられるが、詳細については別報^{2),3)}を参照されたい。

図-4 に大型一次元圧縮試験結果（ $D_{max}=53\text{mm}$ ）と大型三軸圧縮試験結果（ $D_{max}=53\text{mm}$ ）の平均主応力 - 間隙比増分関係を示す。ここでの間隙比増分は、載荷前の間隙比を初期値とした。表-2 に試験結果より得られた平均主応力 $p=500\text{kPa}$ 付近での圧縮・膨潤指数を示すが、大型一次元圧縮試験は飽和条件は異なるが大型三軸圧縮試験に比べてほぼ2倍の圧縮・膨潤指数が得られることがわかる。供試体の飽和条件等は異なるが、このような差異が生じた原因としては以下が考えられる。大型三軸圧縮試験は大型一次元圧縮試験にくらべ、供試体断面積に占める鋼板面積の比率が大きく、上部からの振動により締固められているため、締固め異方性により軸方向の沈下が抑制される。粒径の大きいロック材の場合、メンブレン貫入が無視できず、排水量から体積歪みを算出することが困難である。

本報では大型三軸試験との比較のため、 $p=500\text{kPa}$ 付近で圧縮・膨潤指数を算定したが、大型一次元圧縮試験機を用いれば $\sigma_v=1960\text{kPa}$ 程度の高圧下での圧縮・膨潤特性を精度良く評価可能である。また、大型一次元圧縮試験機はダムロック材のような大粒径な材料に対しても適用可能であるので、ロックフィルダムのような大規模構造物の沈下挙動を推定するために有用であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 國生剛治ら：一次元圧縮試験機を用いた高圧下における砂礫の静止土圧係数と変形特性、砂質土の力学特性に関するシンポジウム, 2001.
- 2) 片山周平ら：最大粒径の異なるロックフィル材の圧縮・膨張特性, 土木学会第58回年次学術講演会, pp.213-214, 2003.
- 3) 岩名大輔ら：大型一次元圧縮試験による低品質ロックフィル材の変形特性, 第39回地盤工学研究発表会（投稿中）
- 4) 森建二ら：大型振動締固め装置を用いた砂礫の最大密度試験, 第38回地盤工学研究発表会, pp.563-564, 2003.

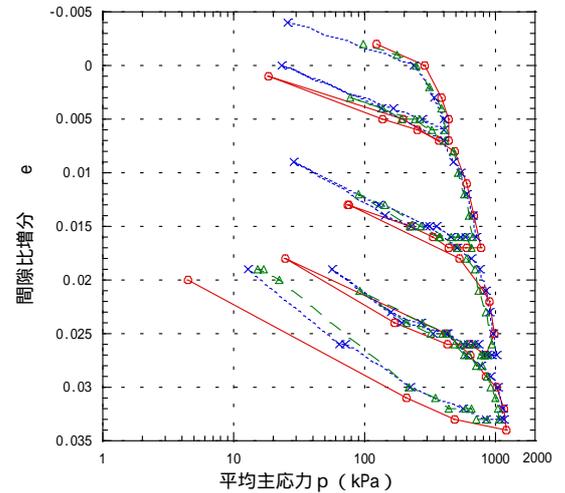


図-3 平均主応力-間隙比増分関係

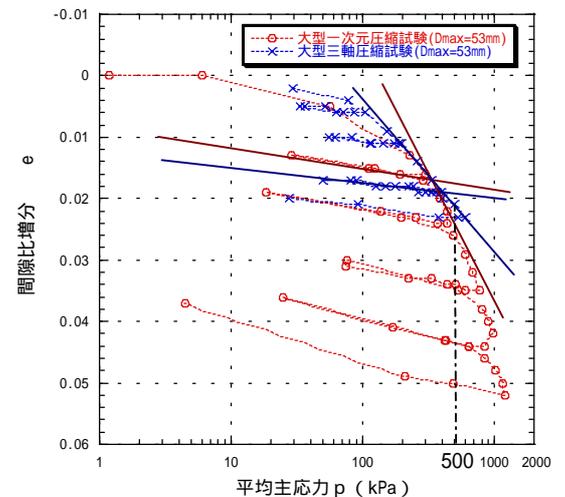


図-4 圧縮指数・膨潤指数

表-2 $p=500\text{kPa}$ 付近の圧縮・膨潤特性

試験名	圧縮指数	膨潤指数
大型一次元	0.021	0.0021
大型三軸	0.013	0.0011