

一次元高圧条件下におけるロックフィル材の鉛直応力と水平応力の関係

(株)ニュージェック 正会員 片山 周平、竹澤 請一郎、平井 俊之  
 関西電力(株) 正会員 吉田 次男、岩名 大輔  
 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。

本報では、著者らがロックフィル材で行ってきた大型一次元圧縮試験機を用いた2MPa程度の高圧下での圧縮試験結果を、水平応力 - 鉛直応力比 ( $\sigma_h / \sigma_v$ ) でとりまとめた結果を報告する(以下、水平応力 - 鉛直応力比 ( $\sigma_h / \sigma_v$ ) を応力比と称する)。また、初期間隙比や平均粒径が応力比に与える影響についてまとめ、試験結果の妥当性を検討した。

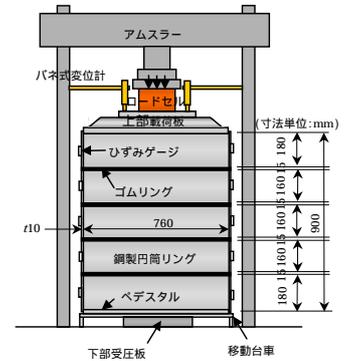


図-1 大型一次元圧縮試験機

2. 試験試料及び試験方法

図-1 に本研究で用いる大型一次元圧縮試験機の概略図を示す<sup>1)</sup>。本試験機は内径 760mm、高さ 1600mm(上下部は 180mm)の円筒リング 5 個、上部載荷板、ペDESTAL、および移動台車で構成されている。側面摩擦を低減するため、円筒リング間には國生ら<sup>2)</sup>の研究同様、高さ 15mm のゴムリングを設けている。円筒リングの側面には各層ごとに 2 ゲージ法により、ひずみゲージを貼り付け荷重・除荷時の側方ひずみを測定する。図-2 に試料の粒径加積曲線を示す。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電中研式岩級区分<sup>3)</sup>の異なる 2 種類のヒン岩である。ここで、試料 1,5 ( $D_{max}=150\text{mm}$ )、試料 2,6 ( $D_{max}=106\text{mm}$ )、試料 3,7 ( $D_{max}=53\text{mm}$ ) は設計粒度に相似な粒度に、試料 4 は実施工粒度とほぼ相似な粒度になるように調整している。各試料の物理特性を表-1 に示す。供試体の締固め密度は太田ダム建設時の三軸試験で用いた最小設定相対密度 ( $D_r=70\%$ 程度) に設定した。相対密度の設定に用いる試料の最小・最大密度試験方法の詳細は別報<sup>4)</sup>を参照されたい。供試体は円筒容器内に試料を所定密度に締固めた後、上部載荷板を介してアムスラ - で圧縮する。試験は最大鉛直応力  $\sigma_v = 1.96\text{MPa}$  に達するまで、荷重と除荷を段階的に繰り返した。

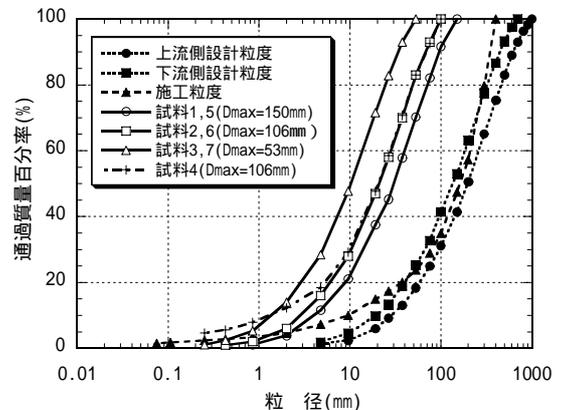


図-2 粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

試料名	岩級区分	最大粒径 $D_{max}$ (mm)	合成密度 $D$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	最小乾燥密度 $\rho_{min}$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	最大乾燥密度 $\rho_{max}$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	初期間隙比 $e_0$	平均粒径 $D_{50}$ (mm)
試料1	CH	150	2.757	1.557	2.034	0.5	30.2
試料2		106	2.761			0.479	20.7
試料3		53	2.769			0.484	10.1
試料4	CM	106	2.735	1.650	2.150	0.404	20
試料5		150	2.684			0.6	30.2
試料6		106	2.691			0.619	20.7
試料7		53	2.701			0.6	10.1

合成密度: 各粒径の密度を重量比配分し算出

3. 試験結果および考察

図-3 に圧縮試験結果より得られた各試料の荷重時での鉛直応力-水平応力関係を示す。水平応力は端面摩擦の影響がなく、荷重荷重の伝達が良好な<sup>2)</sup>円筒土層中間部(第3層)の側方ひずみの平均値より求めている。試料 1 の水平応力がやや大きめの値が得られているが、全体的には粒度分布の異なる各試料とも鉛直応力の増加に対する水平応力の増加割合が少ない。図-4 に荷重時の鉛直応力と応力比 ( $\sigma_h / \sigma_v$ )

キーワード: ロックフィル、一次元圧縮、静止土圧係数、間隙比、平均粒径

連絡先: 〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19 (株)ニュージェック TEL.06-6245-4901 / FAX.06-6251-2565

$h/v$  の関係を示す。得られた応力比を  $K_0$  値と仮定した場合、本試験と粒子形状が異なる砂礫での研究<sup>5)</sup>では載荷時の  $K_0$  値は応力に依らずほぼ一定になることが報告されているが、本試験で得られたロック材のそれは 1MPa 以下の鉛直応力の範囲では一部を除いてバラツキが大きい。これは、初期載荷時の試料上端部での不陸の影響が大きいことが主要因として考えられる。一方、1MPa 以上の鉛直応力の範囲では応力比がやや小さくなる傾向にある。さらに最大鉛直応力 2MPa 程度で得られた応力比は試料 1 がやや大きい、概ね 0.3~0.4 の範囲にあり、応力比の変化はほぼ収束している。なお、このときの水平応力を求めた側方ひずみより換算した変形量は約 0.24mm の小さな値になる<sup>6)</sup>。図-3、図-4 中には粒度分布の異なる円礫材の結果<sup>7)</sup>も併せて示す。 $v=1.96\text{MPa}$  のロック材の応力比と比較した場合、試料 1 を除けば全体的には粒度分布によらずほぼ同程度の値になる。

これらの試験から求めた鉛直応力 1.96MPa での応力比は、ほぼ  $K_0$  値に近い値を示していると考えられる。

図-5 に各試料載荷過程の初期間隙比と応力比 ( $h/v$ ) の関係を示す。これよりロック材の応力比は、初期間隙比の違いに依らずほぼ同程度の値を示すことがわかる。

図-6 に平均粒径と応力比 ( $h/v$ ) の関係を示す。同図中には図-4 で示した円礫材の同様の関係を示すが、ロック材では平均粒径の違いが応力比に及ぼす影響は小さい。また、同一の粒度分布で比較した場合、CH 材が CM 材の試料よりも応力比がやや大きくなる傾向を示すことがわかる。

#### 4. まとめ

一次元大型圧縮試験より得られたロック材の応力比は、鉛直応力の増加により減少傾向を示す。2MPa 程度の高圧下での応力比は、概ね 0.3~0.4 の範囲にある。

高圧下で計測された土層の変位は約 0.24mm の小さな値を示しているので、本試験から求めた鉛直応力 1.96MPa での応力比は、ほぼ  $K_0$  値に近い値であると考えられる。

ロック材の応力比は初期間隙比や平均粒径の違いに依らずほぼ同程度である。

同一の粒度分布を有するロック材で比較した場合、CH 材の試料が CM 材の試料よりも応力比がやや大きくなる傾向にある。

#### 【参考文献】

- 1) 岩名大輔ら：大型一次元圧縮試験機を用いたロックフィル材の圧縮特性，第 38 回地盤工学研究発表講演集，pp.553-554，2003。
- 2) 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。
- 3) 田中治雄：土木技術者のための地質学入門，山海堂，pp28-36。
- 4) 森建二ら：大型振動締固め装置を用いた砂礫材料の最大密度試験，第 38 回地盤工学研究発表講演集，pp.563-564，2003。
- 5) 工藤康二ら：砂礫地盤の静的力学特性，電力中央研究所報告，研究報告:U90033，pp.44-46，1990。
- 6) 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講演集（投稿中）
- 7) 野尻敏弘：一次元圧縮装置を用いた高圧下における砂礫の静止土圧係数と変形係数，中央大学理工学研究科土木工学専攻修士論文，2001。

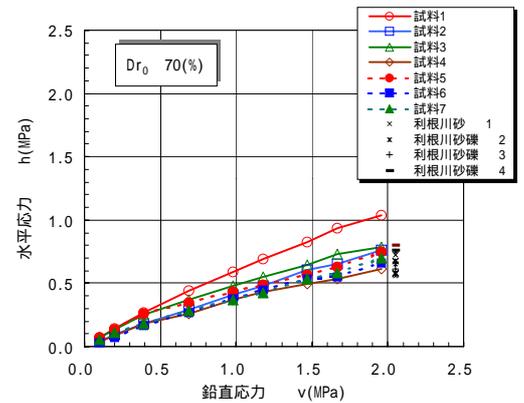


図-3 鉛直応力  $v$ -水平応力  $h$  関係

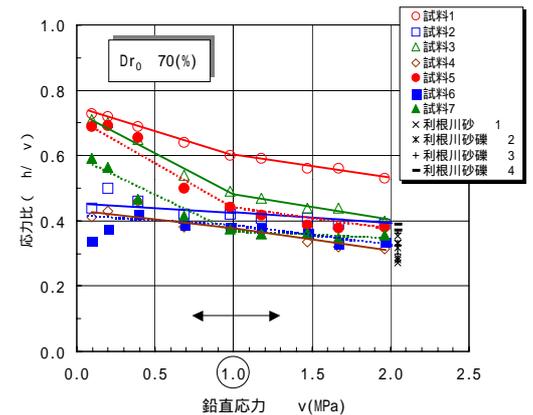


図-4 鉛直応力と応力比の関係

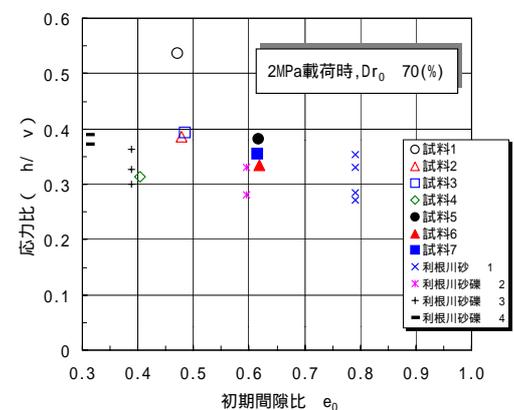


図-5 間隙比と応力比の関係

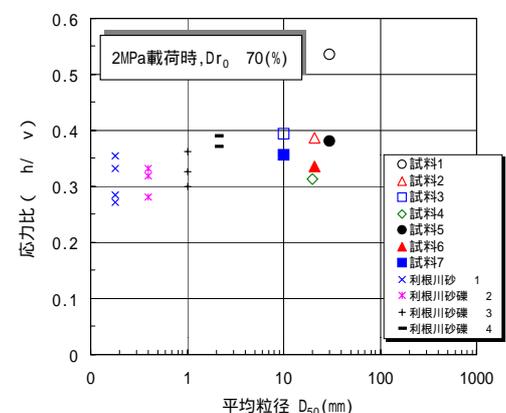


図-6 平均粒径と応力比の関係