

最大粒径の異なるロックフィル材の圧縮・膨張特性

(株)ニュージェック 正会員 片山 周平、 原 忠
 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

1. はじめに

近年、ロックフィルダムの沈下挙動を表現する手法として弾塑性モデルの適用が注目されている^{1),2)}。一般的に、解析パラメータに用いられる圧縮・膨張特性は三軸試験などの室内要素試験により求められるケースが多いが、実粒径の大きいロック材などでは最大粒径の制限を受けるケースが多く、実構造物の力学特性を必ずしも表現しているとは言い難い。

本報では、より実際のロックフィル盛立材に近い粒径の供試体を作成し、大型一次元圧縮試験を実施した結果を報告する。これにより、粒径サイズの違いがロック材の圧縮・膨張特性に与える影響について検討する。

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³⁾。本試験機は内径 760mm、高さ 160mm(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おり、円筒リング間には側面摩擦を低減するため、國生ら⁴⁾の研究同様、高さ 15mm のゴムリングを設けている。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堅硬なヒン岩 (C_H級) であり、設計時粒径加積曲線と相似な粒径を有する最大粒径 $D_{max}=150\text{mm}$ 、 106mm 、 53mm (順に A, B, C 試料と称す。) を作成した。各試料の物理特性を表-1 に示す。C 試料の相対密度は、実務的に用いられた実績のある、内径 300mm、高さ 360mm のモールドより得られた最小・最大密度試験結果に基づき⁵⁾、 $Dr=70\%$ を目標とした。粒径の大きい A, B 試料については内径 300mm のモールドを用いた試験の実施が困難であるが、粒子形状がほぼ等しく、相似粒度を有することから各試料より得られる最小・最大密度が等しいと仮定し、C 試料にほぼ等しい密度で締固めた。圧縮試験は円筒容器内に試料を所定密度に詰めた後、上部載荷板を介してアムスラ - で圧縮する。最大圧縮応力は $\sigma_v=1960\text{kPa}$ 、除荷開始応力をそれぞれ $\sigma_{v0}=392, 690, 1078, 1666\text{kPa}$ として、除荷開始点での軸応力に達するまでを 1 サイクルとする 5 段階の荷重試験を実施した。

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軸応力-間隙比関係を示す。図-4 に軸応力-間隙比増分関係を示す。ここでは初期荷重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、図-3 の $\sigma_v=390\text{kPa}$ 荷重時の間隙比を初期値としたものである。表-2 に各試料の 3 段階目の荷重・除荷時における圧縮・膨張指数を示す。これら α_c は $\alpha_c=0.434C_c$ 、 α_s は $\alpha_s=0.434C_s$ により求めている。図-4 と表-2 より、各試料の 2

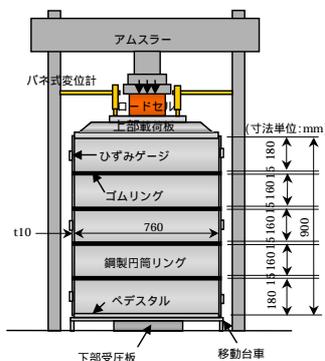


図-1 大型一次元圧縮試験機

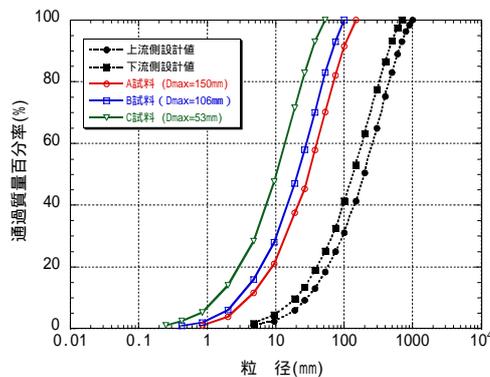


図-2 粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

試料名	合成密度 (g/cm ³)	最大密度 (g/cm ³)	最小密度 (g/cm ³)
A試料	2.757	(1.557)	(2.034)
B試料	2.761	(1.557)	(2.034)
C試料	2.769	1.557	2.034

()内の値は想定値

キーワード: ロックフィルダム、大型一次元圧縮試験、粒径サイズ、圧縮・膨張特性、静止土圧係数

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

段階載荷以降での圧縮・膨張特性はよく一致していることがわかる。試験後に行った粒度試験により求めた Marsal の破砕率 $B_M^{(6)}$ は、A, B, C 試料に対して、 $B_M=5.0, 6.3, 2.4\%$ と比較的小さい値を示した。したがって、相似粒度の試料に対して最大粒径が圧縮・膨張特性にあまり影響しないのは、粒子破砕が少ないためと考えられる。なお、C 試料 ($D_{max}=53\text{mm}$) に対して実施した大型三軸試験での圧密試験結果は、応力条件が異なるが、ほぼ本試験と類似した圧縮・膨張特性を示すことが実証されており、大型一次元圧縮試験結果の整合性が確認できている³⁾。

図-5 に各試料載荷過程の軸応力および水平土圧から計算した試料の静止土圧係数 K_0 の関係を示す。 K_0 は $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$ により求めるが、ここでは、原点との割線勾配により計算した。図-6 は載荷過程におけるポアソン比 μ と軸応力の関係である。ポアソン比 μ は静止土圧係数 K_0 を用いて、 $\mu = K_0 / (1 + K_0)$ で求めた。図-5、6 より各試料の静止土圧係数 K_0 、ポアソン比 μ は軸応力の増加に対してやや減少傾向を示していることがわかる。また、図中には粒度分布の異なる円礫材料の結果⁷⁾ も示すが、 $\sigma_v=1960\text{kPa}$ で比較した場合、A 試料はやや大きく B、C 試料では同程度である。以上の結果から、大型一次元圧縮試験中の側方ひずみから求めた水平土圧は、軸応力によらずほぼ精度よく計測でき、その値は堅硬な砂礫材料による試験結果に類似することがわかった。ただし、今回の計算結果は弾性理論に基づく理想状態で求めたものである。より正確な値を求めるためには軸応力および水平土圧に関するキャリブレーション試験を実施する必要がある。

4. まとめ

本大型一次元圧縮試験から、より実粒径に近いロック材の設計値を求められることを実証した。

初期載荷での試料上端部での不陸の影響を除けば、各試料での圧縮・膨張特性はよく一致し、最大粒径の違いが圧縮・膨張特性に与える影響はほとんど見られない。これは、試験の応力範囲での試料の破砕が少ないためと考えられる。

側方ひずみから弾性計算により求めた水平土圧は、それから推定した K_0 値およびポアソン比を既往の値と比較した場合、A 試料はやや大きく、B、C 試料では同程度である。

【参考文献】

- 1) 原忠,竹澤請一郎,工藤アキヒコ,松岡元,孫徳安: 築堤時のロックフィルダム材料の弾塑性モデルと FEM 解析 (その1), 土木学会第 56 回年次学術講演会, -B, pp.598-599, 2001
- 2) 森吉昭,内田善久,中野靖,吉越洋,石黒健,太田秀樹: 現場転圧された粗粒材料の高応力下における圧縮性状と材料定数, 土木学会論文集, No.687/ -56, pp.233-247, 2001.
- 3) 岩名大輔,吉田次男,原忠,片山周平,松岡元,孫徳安: 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, 2003. (投稿中)
- 4) 國生剛治,野尻敏弘: 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.
- 5) 森建二,吉田次男,田中昌廣,岩名大輔,原忠: 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, 2003. (投稿中)
- 6) 土質工学会編: ロックフィル材料の試験と設計強度, pp.80-82, 1982.
- 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, 2001.3

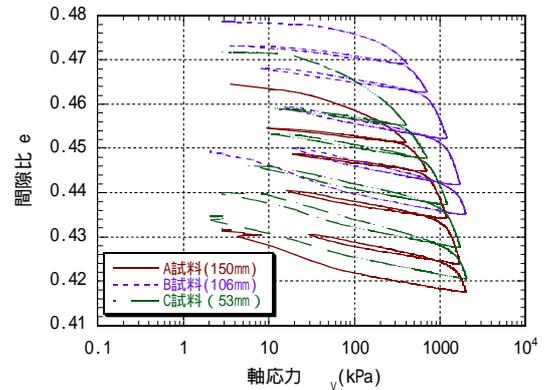


図-3 軸応力と間隙比関係

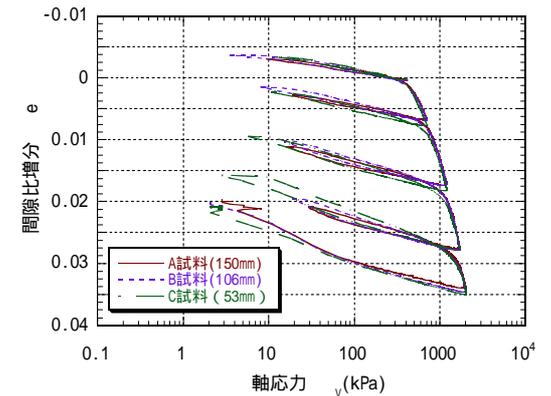


図-4 軸応力と間隙比増分関係

表-2 圧縮・膨張指数 (3 段階目)

試料名	Cc		Cs	
A試料	0.038	0.016	0.003	0.001
B試料	0.041	0.018	0.004	0.002
C試料	0.042	0.018	0.004	0.002

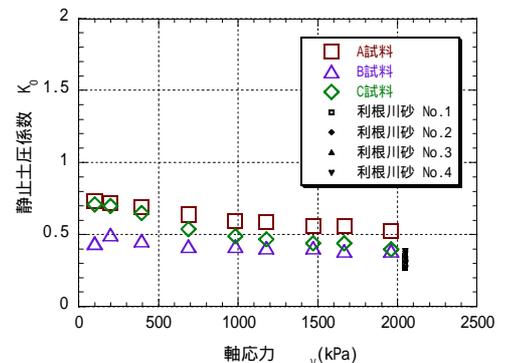


図-5 軸応力と K_0 の関係

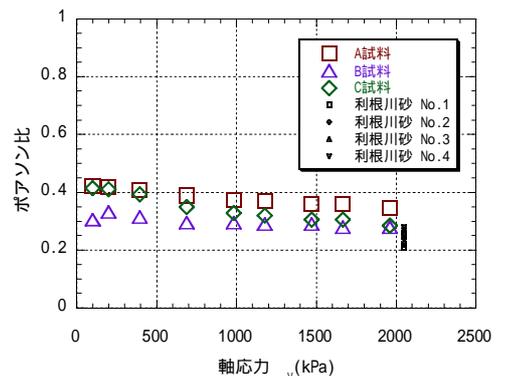


図-6 軸応力と μ の関係