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)

- 三軸試験データによるモデルの適用性の検討 -

(株)ニュージェック	正会員	原	忠・竹澤	睪請一剆	3
関西電力㈱	正会員	工藤ア	7キヒコ		
名古屋工業大学	正会員	松岡	元・孫	徳安	

1.はじめに

ロックフィルダムの沈下挙動を精度よく表現できる解析手法の一つとして、*Cam-clay* モデルなどの弾塑性モデル の適用が注目されている<sup>1)</sup>。堤体材料として用いるロック材、フィルター材、トランジション材、コア材の強度特 性を正確に表現するためには、材料の正負のダイレイタンシーを表現するとともに、3次元応力下での材料の変形・ 強度特性の拘束応力依存性を正確に表現可能なモデルの開発が望まれる。また、近年ロックフィルダムの基礎とな りうる良好な岩盤のサイトが少ないため、軟岩基礎上にダムを築造する場合に予測されるダム堤体の安定性を、従 来手法よりも高い精度で予測可能な数値解析モデルの開発が必要とされている。

ここでは、大河内発電所太田ダムの堤体材料および軟岩不攪乱採取試料の三軸試験結果と、既に提案している砂の2種類の弾塑性モデル<sup>2),3)</sup>による予測値の比較を行い、これらの材料へのモデルの適用性を検討する。

2.三軸試験の概要と弾塑性モデルの材料パラメータ

図-1 に、太田ダムを対象とした三軸試験に用いた堤体材料の粒 径加積曲線を示す。図中には、ダム基礎付近に見られた風化軟岩 (D級)をブロックサンプリングした不攪乱試料の粒径加積曲線 も示す。これら材料の強度特性は、ロック材(Dr=71.0%)、フィル ター材(Dr=73.8%)、トランジション材(Dr=73.9%)については

300 mm×h720 mmの大型三軸試験機による圧密排水(CD)試験に よって、コア材、風化軟岩については 100 mm×h200 mmの中型三 軸試験機による圧密非排水(CU)試験によって求めている。表-1

に、各材料の三軸試験によって得られた強度特 性および提案モデルの材料パラメータを示す。 各材料の等方圧縮・膨張特性を示す材料パラメ ータは、本研究で扱う2種類の弾塑性モデル<sup>2),3)</sup> に適用できるよう、圧密試験結果に基づく elogp 曲線( , )および図-2のベキ乗関係(m,  $C_{\mu}, C_{e}$ )より求めた。なお、図-2(b)の風化軟岩の 圧密試験結果はデータのばらつきが大きいため、  $m, C_{t}$ は得られたデータを平均化して求め、膨張 特性を示す材料パラメータは豊浦砂による既往 の研究成果<sup>3)</sup>により推定した。

3.堤体材料と基礎岩盤への適用性

図-3 に堤体材料の大型三軸試験結果と提案 モデルによる解析結果を、応力 - ひずみ関係で 示す。これより各モデルともダイレイタンシー

キーワード:ロックフィルダム,堤体材料,風化軟岩,三軸試験,弾塑性モデル 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





表-1 対象材料の材料パラメータ

材料名	М	$M_{f}$	$\sigma_0$ (kPa)	$\lambda^{2)}$	κ <sup>2)</sup>	<i>m</i> <sup>3)</sup>	$C_t^{(3)}(\%)$	$C_e^{(3)}(\%)$
ロック材	1.70	1.72	81.9	0.019	0.003	0.8	0.31	0.18
フィルター材	1.65	1.61	78.5	0.020	0.006	0.6	0.78	0.47
トランジション材	1.68	1.66	61.7	0.020	0.009	0.6	0.97	0.58
コア材	1.61	1.61	41.7	0.024	0.013	0.5	1.15	0.69
風化軟岩(D級)	1.44	1.26	49.8	0.235	0.008	0.8	0.83	0.34

-598-



特性を含む材料の変形・強度特性を表現するが、等方圧縮・膨張特性をベキ乗関係とした提案モデル<sup>3)</sup>による結果 は、e-*logp* 曲線に基づく弾塑性モデル<sup>2)</sup>に比べ、小さな軸ひずみ領域から破壊に至るまでの試験結果をより正確に 表現しており、変形・強度特性の拘束応力依存性が評価されている。

図-4,5 に、コア材、風化軟岩(D級)の中型三軸試験結果と提案モデルによる解析結果を有効応力経路で示す。 これより、各モデルとも変相線を越え、破壊包絡線に至るまでの試料の変形・強度特性をほぼ表現するが、図-3 同 様、等方圧縮・膨張特性をベキ乗関係とした提案モデル<sup>3)</sup>による予測値が、試験結果をより忠実に表している。ま た、比較的粒状体に類似した変形・強度特性を有する風化軟岩の三軸試験結果に対しても、予測値の精度は比較的 高い。これらのことから、ダム基礎周辺に風化軟岩が堆積するような地点でのダム堤体の変形・強度特性の評価も、 本提案モデルを用いることにより精度よく行うことができると思われる。

4.結 論

三軸試験結果に基づき2種類の弾塑性モデルの適用性を検討した結果、以下の知見が得られた。

2 種類の弾塑性モデルとも、破壊に至るまでのロックフィルダム堤体材料の変形・強度特性をほぼ表現する。 等方圧縮・除荷特性をベキ乗関係とした弾塑性モデルは、e-logp 曲線を用いた従来モデルに比べ予測精度が高い。 2 種類の弾塑性モデルは、比較的粒状体に類似した挙動を示す風化軟岩の強度特性もほぼ表現するので、ダム基 礎周辺に風化軟岩が堆積するような地点でのダム堤体の安定性を評価できる可能性がある。

<sup>【</sup>参考文献】1)例えば、井上素行,内田善久,望月直也,石黒健,太田秀樹:ロックフィルダム遮水ゾーンの湛水後長期沈下メカニズム,土木学会論文集, No.582/ -41,pp.275-284,1997.2)孫 徳安,松岡 元,姚 仰平,石井啓稔,一村政弘,初期異方性を考慮した粘土と砂の統一的な弾塑性構成式,土木学会論 文集,No.631/ -48,pp.437-448,1999.3)孫 徳安,松岡 元,本田秀樹:拘束応力依存性を考慮した砂の弾塑性モデル,第35回地盤工学研究発表会発表講演 集,pp.927-928,2000.