

Ⅲ-B347

弾塑性圧密連成解析手法を用いたロックフィルダムの築堤シミュレーション
—（その4）築堤時の有効応力径路と応力～ひずみ特性の検討—

前田建設工業（株）	正会員	○ 飯島 健	石黒 健
東京電力（株）	正会員	内田善久	下川洋司
東京工業大学	フェロー		太田秀樹

1. はじめに

本論文では、築堤中に堤体の土要素がたどる応力径路や応力～ひずみ特性に着目し、本解析に使用した構成モデルの妥当性を検討した結果を報告する。文献¹⁾では、上日川ダムコア材を用いた等体積大型三軸試験のシミュレーション結果を示した。等方圧密→等体積せん断という室内試験の応力条件はむしろ特殊なものであり、築堤中の実堤体のそれとは必ずしも一致しない。また（その2）（その3）では、堤体の沈下、間隙水压、土圧等の実測データと解析結果との比較を行い、概ね良好な一致を示すことを明らかにしたが、これも築堤中に堤体要素がたどる応力～ひずみ履歴を直接比較したものではない。そこで、築堤解析に用いた弾塑性構成モデルが適切であったかどうかを調べるために以下のような検討を実施した。

- ① 築堤解析結果から、コアゾーン内の代表的な幾つかの要素を抽出し、築堤中の有効応力径路を調べる。
- ② 同じ解析結果を用い、着目した堤体要素の築堤中の応力～ひずみ関係や体積変化傾向を追跡する。
- ③ 実転圧面と同じ密度、含水比に調整した供試体を作製し、この土に①の有効応力径路を再現した応力履歴を三軸セル内で加える。その際の供試体の応力～ひずみ関係や体積変化傾向を実測する。
- ④ ②、③の2つの応力～ひずみ関係と体積変化傾向（解析と実測）を比較することで、弾塑性モデルの適用性を検証する。

2. 築堤時の有効応力径路

築堤解析結果から、築堤中に堤体要素がたどる有効応力径路を調べた結果が図-1である。コアゾーン中央の3つの標高の堤体要素に着目した。築堤中のコアゾーンの有効応力径路は主応力比一定に近く、かつ高標高部ほど主応力比が大となる（破壊線に近づく）。コア幅の狭い高標高部ほどアーチングの影響が著しく、平均主応力が相対的に小となって主応力比が増大するものと考えられる。本結果は、文献^{2), 3)}に示された実ダムの実測値や既往解析結果と定量的にも整合するものである。

3. 主応力比一定三軸圧密試験結果と解析値との比較

上日川ダムのコア材を転圧面の平均密度、含水比に調整して締固め、直径10cm、高さ20cmの供試体を作成した。体積ひずみを正確に計測するために、また堤体の一部が築堤途中に飽和化した事実を勘案し、この供試体を室内で飽和化させた。図-1に示した3つの堤体要素の有効応力径路から各々平均的な主応力比を設定し、排水

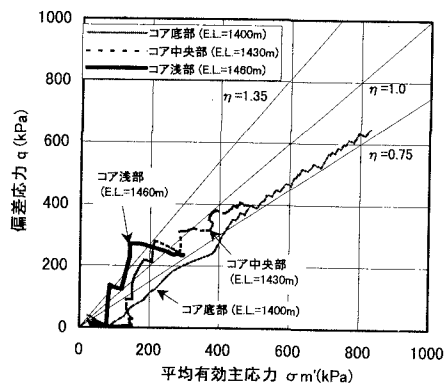


図-1 築堤中の堤体要素の有効応力径路

キーワード：ロックフィルダム／弾粘塑性モデル／圧密連成解析／応力～ひずみ関係／応力径路
連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16／TEL:03-3977-2241／isigurot@jcity.maeda.co.jp

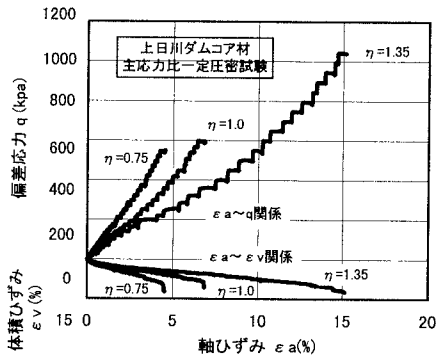


図-2 主応力比一定試験結果

条件で主応力比一定のまま順次最大、最小主応力を増加させた。供試体の間隙水圧をモニターし、これが発生しないような載荷速度で応力を次第に増加させ（全応力＝有効応力）、この際の供試体の軸ひずみ、および体積ひずみを測定した。図-2に、実験で得られた偏差応力～軸ひずみ関係、および体積ひずみ～軸ひずみ関係を示す。図より、主応力比が低いほど（堤体低標高ほど）応力～ひずみ関係は上方に位置し、高い剛性を示していることが判る。体積変化も同じ順で大となっている。

図-3(a)～(c)は築堤中の堤体要素の応力～ひずみ関係と体積変化特性を解析結果から追跡したものである。解析から求めた応力～ひずみ関係も、実験結果と同様、主応力比が小さなコアゾーン低標高ほど剛性が高い結果を与えていることが判る。図中には、図-2に示した実験結果（同じ主応力比同士で比較）を点線で併記した。両者は完全には一致しない。図-1の有効応力径路は複雑であり、実験上これを主応力比一定と仮定したことにより無理があったようにも思われる。しかしながら、応力～ひずみ関係の傾きや堤体の標高による違いなど、築堤解析で堤体要素がたどる応力～ひずみ関係や体積変化特性は、主応力比一定試験で実測されたものに比較的近い結果を与えている。このことから、関口と太田による弾塑性モデルが、ダムのコアゾーンが築堤中に実際にたどる応力～ひずみ関係を実務的に問題のない精度で記述できているものと推察できる。

<参考文献>

- 1) 前田ら：ロックフィルダム堤体材料の変形特性とモデル化（その1），第54回土木学会年次講演会投稿中。
- 2) 原田・松井：ロックフィルダムの築造中およびたん水後の挙動，土と基礎，No. 25-5, pp. 67~74, 1977.
- 3) 松井・酒井：新冠ロックフィルダム築造中の内部挙動観測と数値解析的検討，発電水力，No. 123, pp. 30~39, 1973.

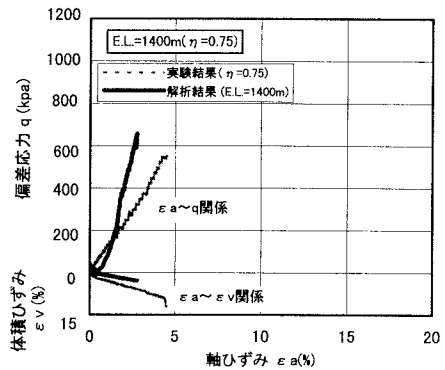


図-3(a) 実験結果と解析結果の比較（ $\eta=0.75$ ）

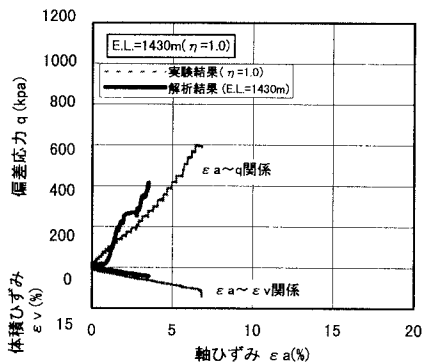


図-3(b) 実験結果と解析結果の比較（ $\eta=1.0$ ）

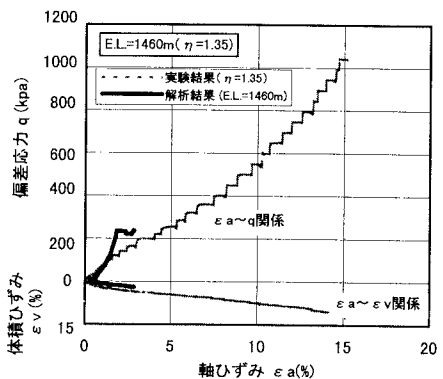


図-3(c) 実験結果と解析結果の比較（ $\eta=1.35$ ）