

III-491 フィルダムの安全管理

(株)フジタ 技術研究所 正会員 ○小林 範之
 京都大学農学部 正会員 村上 章
 同上 正会員 長谷川 高士

1 はじめに

事前に正確な情報が得られない場合、施工中や施工後に得られる情報から構造物の内部挙動を把握し、安全性や安定性を確認することが求められる。本研究では構造物内部の挙動の把握が困難とされているフィルダムを対象とし、ダム堤体で得られる観測変位をもとに逆解析を行い材料物性値を求める。そして時々刻々と変化する材料の剛性および間隙水圧分布を推定し、ダム挙動の安全性を検討するものである。

2 ダム堤体の観測的評価

ダム構造物は施工中の盛立てによる鉛直方向の荷重や湛水による水平方向の荷重を受ける。その時、構造物内部には複雑な応力分布が現れる。そして、その応力状態や材料のおかれた環境条件に従って剛性が発現し、またその状態も時々刻々と変化していく。すなわち対象となる土構造物内の剛性は分布をもつ。そこで本研究ではその剛性分布を無視し、単一状態として全体剛性を同定する¹⁾ ことによって、1. 弾性係数の変化から圧密による強度増加やせん断による材料の劣化、2. ポアソン比からダム堤体の変形性、また3. 透水係数から圧密による排水状態を知ろうとするものである。さらにここでは同定のために観測が容易で、比較的安定した計測量である変位データに基づいて、これら諸量を推定するだけでなく、ダム堤体に発生する間隙水圧を推定する。

なおここでの剛性は、土質材料が応力～ひずみ関係において強い非線形性を示すため、区分線形弾性モデルにあてはめ、接線値として推定する。解析の対象はダムの安定性を考える上で特に重要となるコア部のみとした。

3 数値解析

実際に存在するダムの観測データを用いるかわりに、弾塑性有限要素連成解析²⁾ の結果を実際のダム挙動とし、ここで得られた解析値(節点変位)を観測値として逆解析に用いる。解析対象はダム堤体のみとし、図1に有限要素モデルを示す。表1に解析に用いる材料定数を示す。コア部の材料定数は、太田ら³⁾ による締固め土の弾塑性構成パラメータを参考とし、ロック部には線形弾性材料のパラメータを与えている。

表1: 解析に用いる材料定数

コア部の材料							ロック部の材料			
λ	κ	M	D	K_0	e_0	k (cm/s)	E (tf/m^2)	ν	e_i	k (cm/s)
0.0760	0.0169	1.36	0.0289	0.49	0.502	1.0×10^{-7}	8000	0.25	0.37	1.0×10^{-3}

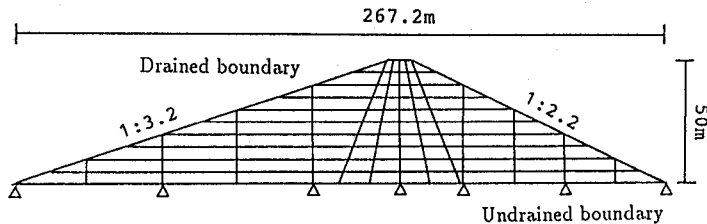


図-1 有限要素メッシュ

盛立て中に起こるダム堤体挙動を観測的立場から評価する。解析はダム堤体を10層で盛立て、さらに載荷期間と放置期間の2段階にわけて合計20ステップで行う。盛立て速度はダム堤体挙動の差異が極端に現れるよう、実際には施工不可能な早い速度をも含めて、次のように設定した。A. 1日に5mの盛立て、4日の放置期間、B. 10日に5mの盛立て、40日の放置期間、C. 0.1日5mの盛立て、0.4日の放置期間の3通りである。

以上のようにして求めた順解析結果の中から、コア部中心軸上で刻々変化する盛立て層下の3点を観測位置として定め、その位置で得られた鉛直変位を観測値として逆解析の入力データに用いる。

逆解析においても上述した盛立ての各時期に対応して解析を行う。逆解析法としてはSimplex法⁴⁾を用いる。図2は逆解析によって各ステップごとに得られたパラメータをプロットしたものである。A. B. C. の場合も初期の段階において弾性係数がいったん劣化する。これは、新たな盛立て層直下の層の圧密が進んでいないことの評価が盛立て層の少ない段階で極端に現れたものである。特に、C. の場合は載荷速度が早く放置時間も十分でないため、圧密の進行が盛土の進行にともなう載荷に追いつかず、施工完了まで剛性が回復することがない。また、B. のようにゆっくり載荷し、十分な放置時間をとると剛性の回復が早く施工終了時の剛性も大きくなる。透水係数に関しては、C. の場合、ほとんど変化しないが、A. B. の場合は減少し、圧密が進行していることがわかる。またポアソン比は大きな変化を示さない。

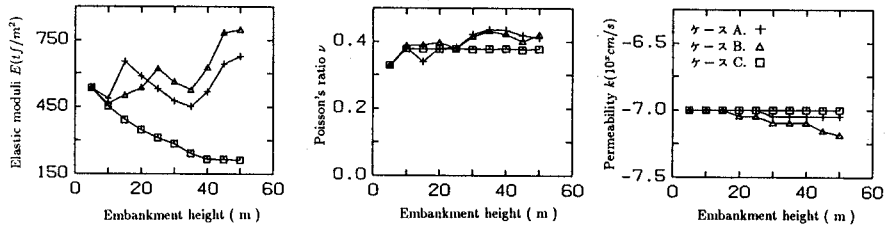


図-2 盛立て中におけるコア部の全体剛性

次に、得られた材料物性値をもとに過剰間隙水圧を推定する。図3は時間経過にともなう最大過剰間隙水圧、図4はB. C. の場合の10層目の盛立て直後の過剰間隙水圧分布で、変位を入力値として行った逆解析結果から得た過剰間隙水圧は、順解析によって直接求めた結果とよく一致している。

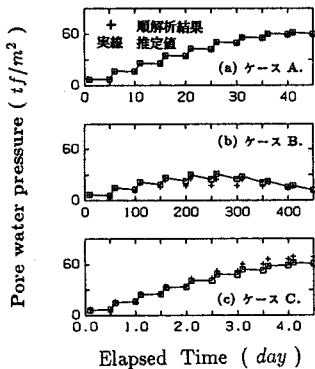


図-3 最大過剰間隙水圧の水位

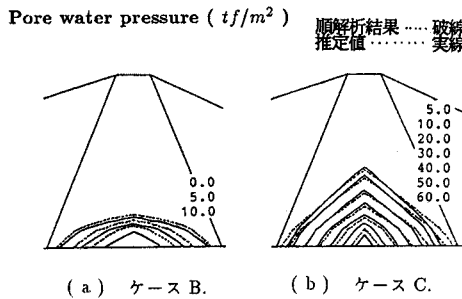


図-4 10層目盛立て直後の過剰間隙水圧分布

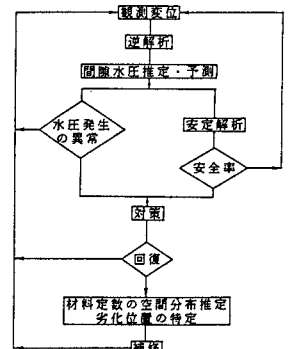


図-5 安全管理手順

以上の結果から得られた基本特性は、ダム工学のうえで従来得られている知識と合致するものである。すなわち、建設中に生じる間隙圧は各層の盛立て直後にピークをもち、以後消散していく。また、基礎地盤を排水層としていないため基礎地盤上の中央部が最大となり、ロック部近くの部分は小さくなる。そしてその後の時間経過とともにロック部近くから消散されていく。しかし載荷速度を早め、十分な放置期間をとらなければ、間隙圧が消散されず異常に高い間隙圧が発生することになる。

4 安全管理

図5に以上の事柄を用いて安全管理の手順を提案した。ダム表面など限られた位置での観測変位のみから、ダムの安定に關する諸量を求めて、安全管理を遂行することを目的としている。

参考文献: [1] 村上 章・長谷川高士: 逆解析結果による盛土基礎の安全管理, 土木学会論文集, 第424号/III-14, pp.235-242, 1990. [2] Iizuka, A. and Ohta, H.: A determination procedure of input parameters in elasto-plastic finite element analysis, *Soils and Foundations*, Vol. 27, No. 3, pp.71-87, 1987. [3] 太田秀樹・飯塚 敦・伊藤雅夫・杉浦研五・上出 厚: 締め固め土の弾塑性構成パラメータ, 第21回土質工学研究発表会発表講演集, Vol. 2, pp.1753-1754, 1986. [4] Nelder, J. A. and Mead, R.: A simplex method for function minimization, *Computer J.*, Vol. 7, pp.308-313, 1965.