

変形性のばらつきを考慮したダム基礎設計（その2）

国土交通省土木研究所 正会員 山口嘉一
国土交通省土木研究所 正会員 赤松利之

1. はじめに

軟岩基礎上でフィルダム建設にあたり、堤体築造による基礎の沈下量やひずみを設計段階で精度良く予測することが重要である。変形予測解析の際に用いる変形係数は、原位置試験により評価されるが、得られた変形係数にはばらつきがあるため、確定論的対応における設計値設定の際には、変形係数のばらつき分布を考慮した工学的判断が求められている。

本研究では、変形係数のばらつきを考慮したうえで、モデルダムの堤高やアバットメント部の掘削勾配の違いが堤体築造による基礎表面の沈下量や伸び方向のひずみの評価に与える影響度合いを確率論的手法により検討した。また、この検討結果を基に、設計値の決定方法について考察した。

2. 解析モデルと解析条件

本解析では、基礎岩盤を線形弾性体と仮定し、ダム軸方向2次元のFEM解析を行った。解析ケースを表-1に示す。堤高と基本メッシュ（正方形）幅の組み合わせを変化させたCASE1～CASE3、CASE1の堤高および基本メッシュ幅を見本として、アバットメント部の掘削勾配を変化させたCASE4～CASE7の計7ケースとした。解析モデルを図-1に示す。左右岸対称の谷形状を想定したうえで、ダム縦断面の半分を対象とした。基本メッシュ幅は、河床部以深を対象に規定し、河床部より高位標高部におけるメッシュ形状は、堤高および掘削勾配に応じて変化した。また、変形係数の確率密度関数の設定に必要な平均値 μ を100 MPa、ポアソン比 ν を0.3とした¹⁾。その他の解析条件は参考文献1)を参照されたい。

表-1 解析ケース

CASE #	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5	CASE 6	CASE 7
堤高H (m)	50	25	25	50	50	50	50
基本メッシュ幅B (m)	2.5	1.25	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
掘削勾配 (1:n)	1.5	1.5	1.5	1	1.25	1.75	2
袖部長L (m)	75	37.5	37.5	50	62.5	87.5	100

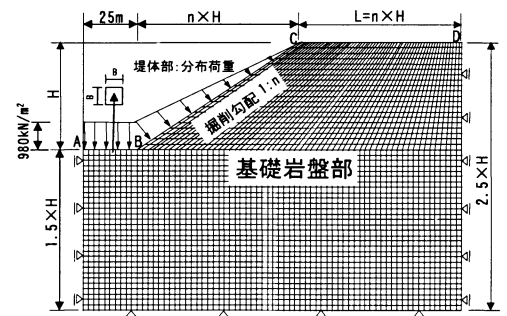


図-1 解析モデル

3. 解析方法

本解析では、変形係数を確率変数として、変形係数のばらつきを模擬するのに乱数を用い、確率密度関数を正規分布とし、変動係数（標準偏差 σ /平均値 μ ）を0.3で固定した。

次に、乱数により発生させた変形係数をモデルの各要素に割り付け、堤体荷重を基礎岩盤表面に作用させて解析し、基礎岩盤表面の沈下量および伸び方向のひずみを抽出した。また、解析結果について統計的な処理ができるように、変形係数の割り付け作業を各ケース100 reals（乱数により発生させた変形係数をモデルの要素に割り付ける1回の作業を1 realと呼ぶ）実施し、100 realsの解析から得た沈下量およびひずみを統計的に処理した。

4. 解析結果と考察

図-2は、前述の条件下で、基礎軟岩の変形係数のばらつきを考慮した変形解析から得られた、堤体築造による基礎岩盤表面の沈下量分布と伸び方向のひずみ分布を示したものである。ここで、沈下量は基礎岩盤表

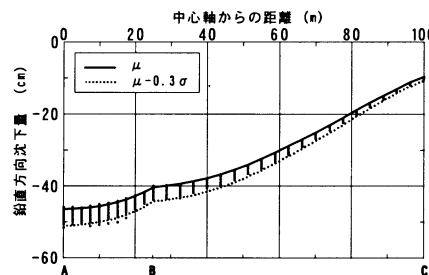


図-2(a) 沈下量分布 (CASE1)

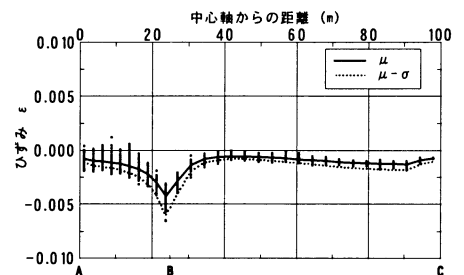


図-2(b) ひずみ分布 (CASE1)

【キーワード】 フィルダム、軟岩、ばらつき、確率論的手法、確定論的手法

【連絡先】 〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地 Tel.0298-64-2211 Fax.0298-64-2688

面を形成する節点の沈下量で、ひずみはこれらの節点のうち隣接する 2 点間の伸び方向ひずみとして整理し、図中では沈下量および伸び方向ひずみを負として整理している。図中の実および点線は、確定論的手法による結果を示している。また、図-3 は、

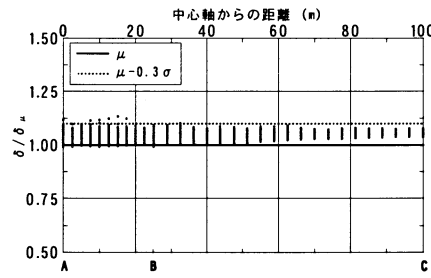


図-3(a) δ/δ_{μ} 分布 (CASE1)

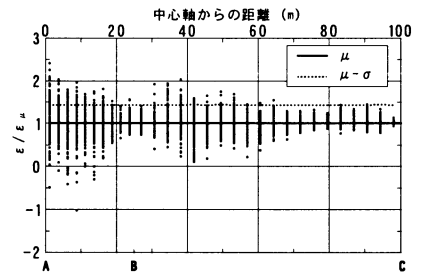


図-3(b) $\varepsilon/\varepsilon_{\mu}$ 分布 (CASE1)

確率論的手法によって得られた沈下量およびひずみの値を変形係数の平均値 μ を与えた確定論的手法の結果で正規化した値を描いたものである。次に各ケースにおける、変形係数の平均値 μ を用いた確定論的手法の結果 δ_{μ} 、 ε_{μ} で正規化した δ/δ_{μ} 、 $\varepsilon/\varepsilon_{\mu}$ の最大値を基準に非超過率を求め、式 (1)、(2) により各非超過率における確定論的手法に用いる $\mu - \alpha \sigma$ の係数 α を算出した。

$$\alpha = (1 - \frac{\delta_{\mu}}{\delta}) \times \frac{\mu}{\sigma} \quad \dots\dots(1) \quad \alpha = (1 - \frac{\varepsilon_{\mu}}{\varepsilon}) \times \frac{\mu}{\sigma} \quad \dots\dots(2)$$

CASE1～CASE3 における非超過率と α の関係を図-4 に示す。また、図中には、設計上問題となる絶対値の大きい箇所（沈下量についてはモデル左端、ひずみについては最大箇所（基礎隅角部）およびその両測点のデータ）を抽出し整理した結果も示している。

図-4 より、CASE1 と CASE2、つまり、堤高と基本メッシュ幅の比を同じにした場合、沈下量およびひずみより算出した α は、ほぼ同じ結果となる¹⁾。また、堤高に対する基本メッシュ幅の比を大きくした CASE3 は、CASE1、2 と比較して、沈下量より算出した α は全データ評価、最大値評価ともに大きく、その差は最大で 0.1 程度となり、非超過率 95% を対象とした場合、 α は 0.3 となる。一方、ひずみより算出した α は、全データ評価では、CASE1、2 と比較して小さく、その差は最大で 0.1 程度となり、非超過率 95% を対象とした場合、 α は 1.0 となる。最大箇所およびその両測点評価では、非超過率 95% を対象とした場合、全ケースにおいて α は 0.8 となる。

次に、非超過率 95% を対象とした場合の CASE1 および CASE4～CASE7 の α 算出結果と、掘削勾配の関係を図-5 に示す。図より、沈下量より算出した α は、全データ評価、最大値評価ともに掘削勾配の変化に伴う結果の差は最大で 0.1 程度であり、全て α は 0.3 以下となる。一方、ひずみより算出した α は、全データ評価の場合、掘削勾配の変化に伴う結果の差は、沈下量より算出した結果よりも大きく、最大で 0.5 程度となる。また、CASE4、7 の α は他のケースと比較して全体的に大きく、 α は CASE4 では 1.4、CASE7 では 1.2 となる。一方、CASE1、6 では 1.1、CASE5 では 0.9 となる。最大箇所およびその両測点評価の場合、掘削勾配の変化に伴う結果の差は、全データ評価よりも小さく、最大で 0.2 程度となり、 α は CASE4 では 0.9、CASE7 では 1.0、CASE1、5、6 では 0.8 となる。つまり、非超過率 95% を対象とした場合、掘削勾配を 1:1.25 から 1:1.75 の範囲とした場合においては、いずれの評価項目についても、 α は同程度の値となる。一方、掘削勾配を 1:1、1:2 とした場合の α は、他の掘削勾配と比較して、沈下量評価では、ほぼ同じ結果であるのに対し、ひずみ評価では、大きくなる結果となった。

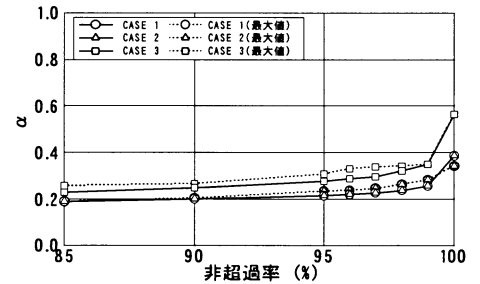


図-4(a) α 算出結果 (沈下量)

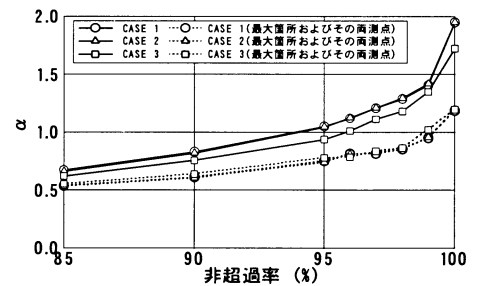


図-4(b) α 算出結果 (ひずみ)

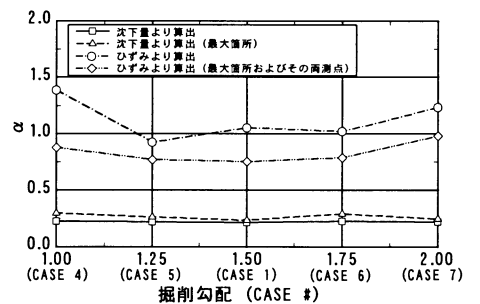


図-5 α 算出結果 (非超過率 95%)

参考文献

- 1) 山口嘉一, 赤松利之: 変形性のばらつきを考慮したダム基礎設計, 第 31 回岩盤力学シンポジウム講演論文集, pp.72-76, 2001.