

一次元弾塑性モデルを用いた沈下量の概算方法

Method for estimating settlement using a one-dimensional elasto-plastic model

○梶本 将功 小菅 達也

○KAJIMOTO Masatoshi KOSUGE Tatsuya

1. はじめに 土質地盤，材料の沈下量は，弾性塑性領域及び飽和度により異なり，その応力変形経路も非常に複雑である。圧密試験結果から弾性塑性領域のみを取り扱う沈下量計算は，市販の計算ソフトに組み込まれており汎用性が高いものとなっているが，これに飽和度の上昇に起因した沈下も併せて沈下量算定が可能な汎用ソフトはない。また，簡易的に飽和度の上昇に起因した沈下も併せて沈下量算定が可能な方法も確立されていない。

飽和度が上昇する土質構造物は，ゾーン型フィルダムの上流側ゾーン，フィルダム上流法面押え盛土等，貯水池に接する盛土が該当する。特に盛土高 H が高く飽和度が低い，言い換えれば，応力領域が広い（弾性塑性領域を跨ぐ）盛土規模で，含水比が低い用土を使用する場合は，弾性塑性領域及び飽和度の影響の両方を考慮した沈下問題について検討する必要がある。本報では，一次元弾塑性モデルによる沈下量算定方法とその結果について述べる。

2. 一次元弾塑性モデルを用いた沈下量算定方法

沈下量は，初期飽和度を変化させた圧密試験，及び保水試験結果から，弾塑性モデル(状態面)の各種パラメータ¹⁾を設定し算定する(図-1)。

(1) 弾性領域の状態面 弾性領域(盛土直後)の状態では， u_{eq} (サクシオンによる等価間隙圧)のみが荷重として作用していると仮定し，状態面は(u_{eq} , e_0 :初期間隙比)を通り，傾き κ の直線とする。

(2) 塑性領域の状態面 飽和土の状態面は， $\Gamma(P'=1kpa)$ での間隙比，及び λ (直線の勾配)によって定義付けられる正規圧密曲線に一致する。不飽和土の状態面は，サクシオン量(土の飽和度)によって変化し， Γ は Γ^* に， λ は λ^* に置き換えられ，次式より算定する。

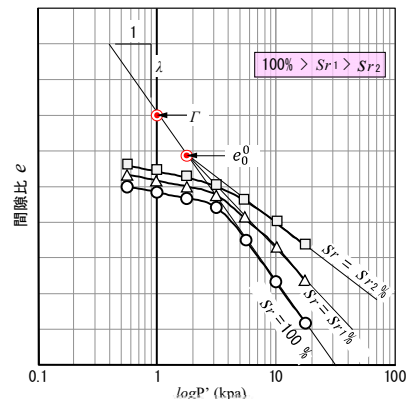


図-1 状態面の概念図

Fig-1 Conceptual diagram of the state plane

λ* = λ + (λf*s*) / (s+a)式 (1)

Γ* = e0 + ((Γ - e0) * λ*) / λ式 (2)

λf*, a*, e0⁰ は材料パラメータであり，λf*, a*は，初期飽和度を変化させた圧密試験，及び保水試験結果から，有効サクシオンの関数として定義される。

有効サクシオン s* = s - se (s > se)式 (3)

s* = 0 (s < se)式 (4)

ここに，s : 各飽和度条件でのサクシオン量
se : 空気浸入時のサクシオン量

(3) 降伏応力 初期降伏応力 I_c は、盛土直後の状態における弾性域、塑性域の両状態面の交点における有効応力値とする。即ち、築堤(上載盛土荷重)・湛水の応力履歴を受ける前の降伏応力の初期値とする。

3. 一次元弾塑性モデルを用いた沈下量算定 検討対象のダムは堤高 50m の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。ゾーニングは遮水性ゾーンを中心にフィルターゾーン、半透水性ゾーン、透水性ゾーンの順で配置されている(図-2)。このうち、上流側半透水性ゾーン(以下、Zone2U と表記)の用土が、初期飽和度が低い土質材料であったため、築堤時の弾性塑性沈下、湛水時の浸水沈下について、一次元弾塑性モデルを用いて、定量的に把握することを試みた。なお、一次元弾塑性モデルは Zone2U の基礎面から天端面までの鉛直と仮定した。

表-1 検討対象のパラメータ
Table-1 Parameters to be considered

ゾーン区分	単位重量 γt (kN/m^2)	初期条件			
		飽和度 Sr_0 (%)	サクシオン S_0 (kPa)		
Zone2U	20.3	70.0	45.7		
状態面に関するパラメータ					
飽和状態		塑性状態		圧密降伏 応力 I_c (kN/m^2)	
$e \sim \log p'$ の勾配 λ	$P' = 1 \text{ kPa}$ における 間隙比 Γ	e_0	ij^*		a^*
0.168	0.824	0.569	0.092	85.56	233

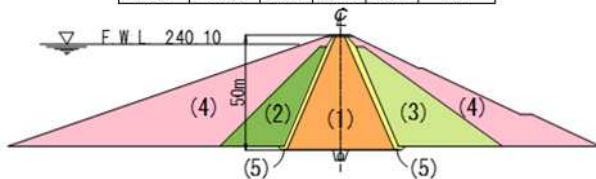


図-2 検討対象ダムの堤体標準断面

Fig-2 Standard cross-sectional view of the embankment of the dam under study

- (1) : 遮水性ゾーン
- (2) : 上流側半透水性ゾーン (Zone2U)
- (3) : 下流側半透水性ゾーン
- (4) : 透水性ゾーン
- (5) : フィルターゾーン

Zone2U の一次元弾塑性モデルを作成し沈下量を算定した。間隙比分布状況及び沈下量算定結果より、EL. 232m 以下では塑性領域、EL. 232m 以上では弾性領域であった。また、Zone2U 天端での湛水時最終沈下量は 66.5cm であった。(図-3、図-4)

4. 結論 本稿で示した一次元弾塑性モデルを用いた沈下量は、飽和度を変化させた圧密試験結果から求めた材料パラメータを用いて、容易かつ迅速に算定可能なものであり、弾性塑性領域、及び飽和度の影響の両方を考慮した沈下問題を取り扱う場合に、有効である。なお、弾性塑性領域を跨ぐ沈下、浸水沈下は、圧密試験終了後に、供試体を浸水させることである程度推定可能であることから、沈下量算定前に確認することが有効である。

参考文献

- 1) 向後雄二：不飽和土の土質力学的特性と土質構造物の安定性に関する研究 農業工学研究所報告 第 34 号 p.124 1995年3月

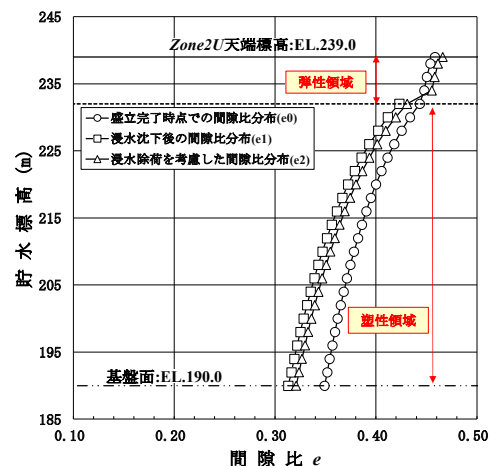


図-3 Zone2U 間隙比分布

Fig-3 Zone2U pore ratio distribution

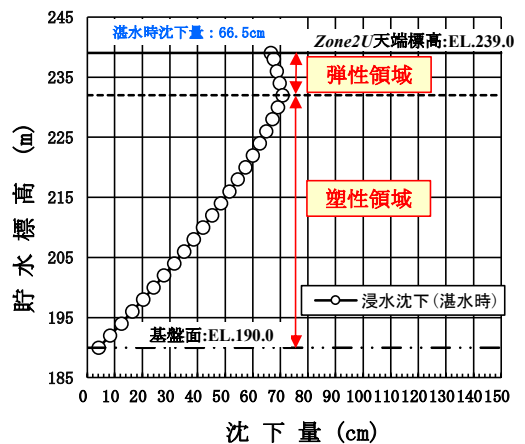


図-4 Zone2U 沈下量シミュレート結果(湛水時)

Fig-4 Results of simulating Zone2U settlement