

地すべりに及ぼす不飽和地盤特性に関する数値実験

○木山正一・小林 晃・青山咸康

1. はじめに

地盤が不飽和状態で保持する有効応力、保水特性・圧縮性に着目し、浸水過程での有効応力低減率と発生する変形応答から斜面構造物の安定性に及ぼす影響を考察した。

2. 手法

固-液-気体3相の多孔質体を所定の境界条件の下、有限要素法を用いて解いた。固相に向後の等価間隙圧 (u_{eq}) と修正カムクレイモデルを実装した速度型つりあい式を updated Lagrange 法で、間隙流体各相に Navier-Stokes の式、質量保存則を与える。保水特性とサクシオン-圧縮指数関係には van Genuchten モデルを用いた。

等価間隙圧式に含まれる材料パラメータ (A_e) は不飽和状態での有効応力値を左右する。保水特性 (S_r) や圧縮指数 (λ) はサクシオン (s) に依存し、浸水コラプス変形を生じるサクシオン域とその程度に影響する。以上の特性を考慮して、計4タイプの地盤材料を想定した (図1)。

全タイプで土構造物は初期に等しい均一サクシオンとする。以下の2つの問題を小規模な有限要素モデルであるが解いてみる。

- (1) Ko 状態土層の上面排気・排水境界条件での1次元浸透問題
- (2) 斜面構造物の浸水、特に斜面上部の降雨等によるたん水 (泥水の場合も含む) 時の安定性 (1:2 斜面勾配)

泥水の浸透ではニュートン流体を考慮した。

3. 考察

問題 (1) : 初期不飽和時の有効応力が小さく、低サクシオンで圧縮性と飽和度の変化率が大きな材料 (A1) では、浸水沈下は相対的に少なく、表層付近の飽和時有効応力が非常に小さくなる (図2)。最大の浸水沈下を示す A4 は、初期有効応力が大きく、高サクシオンで圧縮性と飽和度の変化率が大きな不飽和特性をもち、飽和時の有効応力も最大である。

問題 (2) : A1 では、たん水早期に斜面表層に

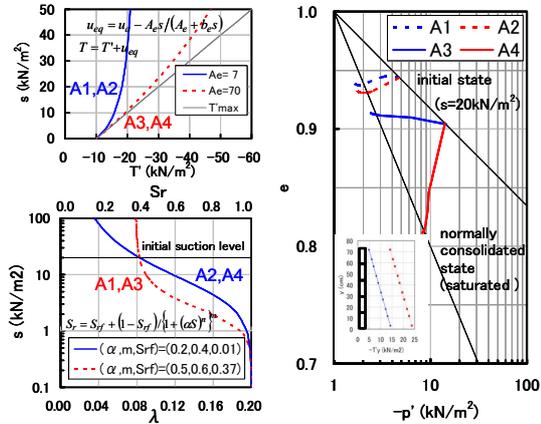


図1 不飽和地盤特性 (上図: 有効応力、下図: 保水性と圧縮性)

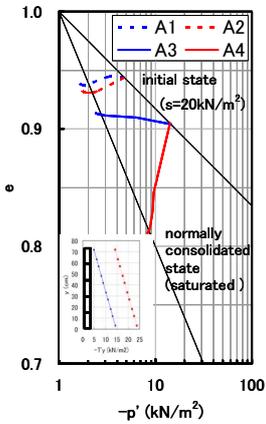


図2 浸水時表層付近の間隙比-平均有効応力挙動

斜面下方向すべりが発生した (図3, 4 x 点)。また有効応力低減が著しく、飽和ひずみ軟化域が表層付近に分布する。一方 A4 は、徐々に鉛直方向変位が進行する。晩期 (図4 y 点) に斜面先中深部で浸水沈下しながら、斜面上中深部ではひずみ軟化して斜面前方に大きく変形した。ひずみ軟化域が地表付近に現れないのも A1 とは異なる (図5)。過剰間隙水圧は A1 で速やかに深部・斜面表層へと伝わる。表面変位は A1 で大きく、A1 は表層付近すべり、A4 は底部すべりを生じる傾向にある。

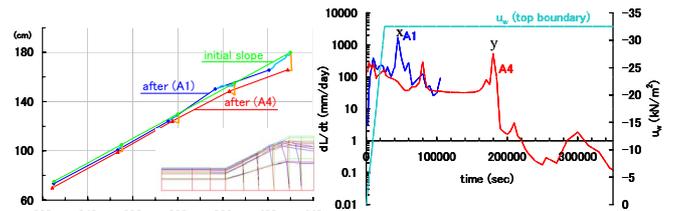


図3 斜面部表層の変位軌跡

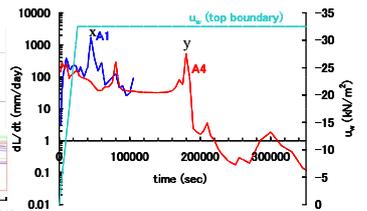


図4 斜面上部の間隙水圧時刻歴と斜面上端変位速度

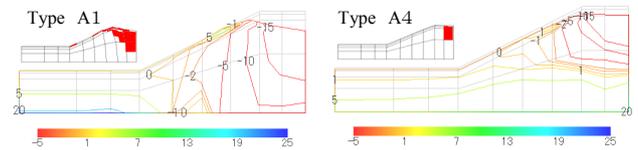


図5 間隙水圧分布 (1万秒後)、飽和ひずみ軟化経験部分(赤色)

特に A1 では斜面上層で体積膨潤軟化するため、高間隙比、泥流化が予想される。この場合さらに体積膨潤が助長され斜面方向流動も大きくなる。

4. 結びに

地すべりに係る変位加速時期・その規模等を知る上で、不飽和特性は大切な一要素と考えられる。