

III-443

融雪に伴う斜面の変形解析に関する基礎的考察

東京電力(株) 送変電建設本部 正会員 福島啓介・矢野康明
清水建設(株) 大崎研究室 正会員 ○鈴木 誠・本多 眞

1. はじめに

新潟県の風化凝灰岩層からなる斜面は、融雪による地下水位の変動に伴い地表面での変位が計測されている。この風化凝灰岩は、土質試験によりダイレタンスーとクリープが生じることが確かめられている。常時では低い地下水位が、融雪期に急速に上昇または下降すれば、有効応力の変化により地盤の変形が生じ、これが繰り返されれば残留変形の可能性がある。このような斜面に構造物を構築する場合、これまでは単につり合いのみを考慮した安定計算で設計がなされており、たとえ変位計を設置して計測管理しようとしてもなんら目安となる結果は得られなかった。そこで、本研究では浸透流と地盤変形を考慮した有限要素法により、水位変動に伴う斜面地盤変位を予測するための基礎的な検討を行なった。

2. 解析手法と解析条件

浸透・応力の連成解析は、変位の離散化には節点値を、間隙水圧の離散化には要素の値を用いた有限要素法¹⁾により行なう。なお、応力～ひずみ関係を定式化する土の構成式は、 t_v に基づく等方硬化型モデルに閾値による粘性を考慮した弾粘塑性モデル(VP- t_v -clay model)を用いる²⁾。解析対象は、風化凝灰岩からなる層厚6mの連続斜面である。有限要素モデルは、図-1に示すように4節点アイソパラメトリック要素による総要素数60、総節点数77のモデルである。連続斜面モデルは境界の影響を受けるため、左右両端に近い要素や節点の解析結果は無視する必要がある。そこで、図中に示すような観測節点および観測要素に着目する。解析条件は底部を固定・非排水境界とし、左右両端は鉛直方向自由の排水境界とする。ここでは、要素内の水位が底部から地表面まで一定期間で変動したときに生じる節点変位や要素応力の経時変化を解析する。また本解析では、地下水面より上の地盤でも飽和度が十分に大きく、水位が上昇してもコーラプスによる沈下は起こらないと考えている。土質パラメータは、土質試験結果より表-1に示す値を用いる。水位として間隙水圧を入力していることから、透水係数は今回の解析では影響しない。なお初期地盤応力は、土の単位体積重量を試験結果から 1.4t/m^3 と設定し、自重による鉛直応力度と側圧係数(土圧係数)を0.5と仮定した水平応力度を使用する。

3. 検討結果

本検討では水位変動をパラメータとし、時間効果(クリープ)による地盤の経時変化に与える影響を検討する。計算は水位の上昇過程と下降過程をそれぞれ600ステップとし、表-2に示す365日間の4ケースを想定する。また、図-2に4ケースの水位の経時変化を示す。図-3と図-4に側方・鉛直方向の地表面変位の経時変化を示す。case-1は水位上昇がない場合であるが、初期応力状態でも、側方変位で3mm程度、鉛直変位で15mm程度のクリープ変形が生じた。これと比較して、case-

表-1 土質パラメータ

R_f	λ	κ	e_0	ν	P_y (tf/m^2)	α	C_e	ε_{v0}
9.0	0.115	0.022	2.1	0.333	20.0	1.00	0.005	10^{-7}

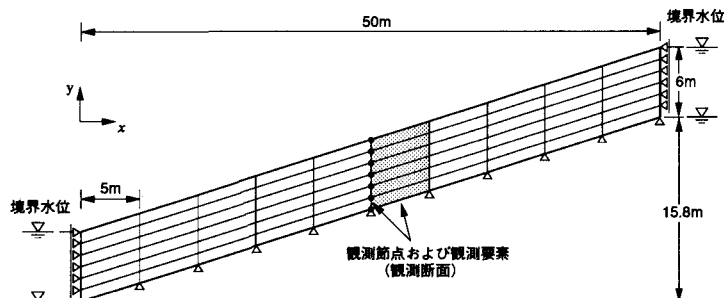


図-1 解析モデル

表-2 解析ケース

case-1	水位変動なし
case-2	365日間で水位上昇
case-3	10日間で水位上昇 365日まで水位変動なし
case-4	10日間で水位上昇 10日間で水位下降 365日まで水位変動なし

4の最終変位はcase-1にほぼ等しく、初期に短期間の水位変動があまり影響しないことがわかる。また、case-3のように短期間で水位が上昇し、それが維持される場合には、有効応力の減少によりクリープ変形は生じない。長期間で水位が上昇するcase-2のような場合には、初期変位はクリープ変形が卓越するが、最終変位は間隙水圧の変化による弾性変形が大きく影響する。側方変位は間隙水圧の影響で、クリープ変形と弾性変形が同方向であるが、鉛直変位は逆方向となっている。また、case-2の最終変位はcase-3と異なることから、水位上昇の時期がクリープ変形に影響することもわかった。図-5にcase-2の鉛直断面における側方・鉛直変位分布における60日ごとの経時変化を示す。側方変位は間隙水圧の上昇に伴って増加していく様子がわかる。鉛直変位について、初期には間隙水圧が上昇した部分で、上向きに弾性変形が卓越しているが、地表面近くでは、下向きにクリープ変形している。365日後には、全体として上向きの弾性変形が卓越することになる。図-6にcase-2の鉛直断面における側方・鉛直応力分布における60日ごとの経時変化を示す。側方・鉛直方向とも間隙水圧が上昇した部分で有効応力が減少していく様子がわかる。

4. おわりに

本研究では、風化凝灰岩の斜面において融雪期の挙動を予測するため、有限要素解析の基礎的な検討を行なった。水位の上昇・下降に伴う変形解析に、時間効果を考慮したクリープ解析が有効であることがわかった。今後は、現地の計測結果を考慮した解析を行なう予定である。なお、本研究にあたり指導を頂いた名古屋工業大学中井照夫教授には謝意を表する次第です。

参考文献

- 1) 赤井浩一・田村 武: 弾塑性構成式による多次元圧密の数値解析, 土木学会論文集, 第269号, pp.95-104, 1978.
- 2) Nakai, T. and K. Tsuzuki: A model for prediction the viscoplastic stress-strain behaviour of clay in three-dimensional stresses, Numerical Methods in Geomechanics, pp.521-527, 1988.

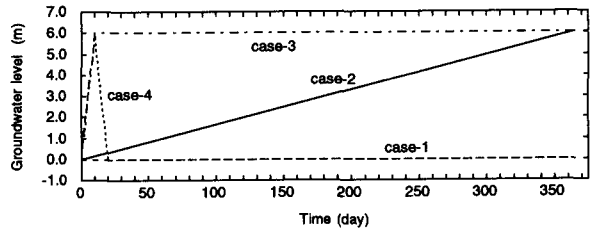


図-2 水位の経時変化

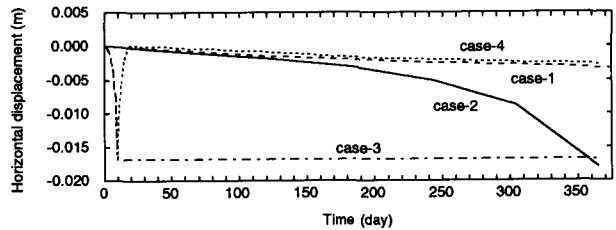


図-3 地表面の側方変位の経時変化

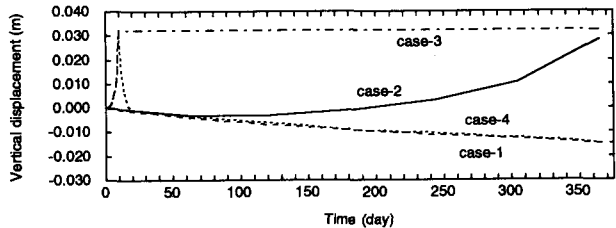


図-4 地表面の鉛直変位の経時変化

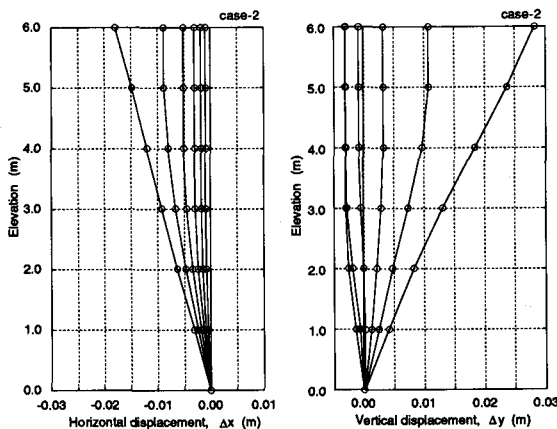


図-5 側方・鉛直変位分布の経時変化

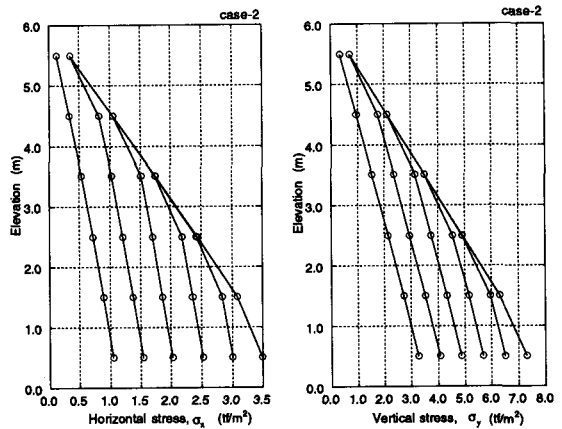


図-6 側方・鉛直応力分布の経時変化