

京都大学工学部 学生員 ○齋藤雄也

京都大学大学院工学研究科 フェロー 足立紀尚

京都大学大学院工学研究科 学生員 古林秀之

1. はじめに

粘土地盤や軟岩地盤に切土によって斜面を造成した後、長時間経過後に突然崩壊に至る例が数多く報告されている。特に、*London Clay* 地盤では多くの例¹⁾が報告されている。このような斜面崩壊は進行性破壊に起因するものであると考えられており、その破壊機構を解明することは重要な問題となっている。また、*Bjerrum* はこうした斜面崩壊に寄与する要因として、斜面傾斜および静止土圧係数を挙げている²⁾。

そこで、本研究では、この斜面傾斜と静止土圧係数についてパラメトリックスタディを行い、切土斜面の長期不安定化に及ぼす影響について検討する。

2. 解析条件

進行性破壊は時間の経過に伴って生じる現象であるため、本研究ではこの時間依存性を、地盤内部の過剰間隙水圧の時間変化に伴う有効応力状態の変化として捉える。そこで、進行性破壊の要因となるひずみ軟化を表現できる足立・岡のひずみ軟化型弾塑性構成式³⁾を用いて水-土連成有限要素解析を行い、斜面の進行性破壊について検討する。

解析に用いる材料定数は、*Bishop* らによる *London Clay* サンプルを用いた排水三軸試験結果⁴⁾から決定した(表-1)。試験結果と本解析モデルによる三軸試験シミュレーション結果との比較を図-1に示す。また、斜面傾斜(斜面高さ:水平距離)は1:0.2(急斜面)、1:2.5(緩斜面)の2通りとし、斜面スケール、メッシュおよび境界条件を図-2(a)(b)に示す。静止土圧係数 K_0 は、0.5、1.0、3.0の3通りとする。地下水面は地表面とし、掘削後も変わらず一定に保たれるものとする。掘削は2.3日で完了するものとし、応力開放率0.5%/step、時間ステップ200step(1000sec/step)で行う。掘削完了後、時間ステップ1000sec/stepで放置する。

3. 解析結果

図-3および図-4に、それぞれの斜面傾斜における塑性せん断ひずみの経時変化を示した。斜面傾斜1:0.2、 $K_0=0.5$ (図-3(a))においては、掘削が65%完了した時点から徐々に塑性せん断ひずみが生じ始め、掘削が完了した時点では法先から地表面にかけ楔型にせん断変形の卓越する領域が形成された。 $K_0=1.0$ の場合(図-3(b))には、掘削完了後も塑性せん断ひずみは生じず斜面は安定を保っている。 $K_0=3.0$ の場合(図-3(c))、掘削が50%完了した時点から地表付近および掘削底面内部に塑性せん断ひずみの発生が見られ、

表-1 解析に用いる地盤の材料定数

ヤング率 E (MPa)	28.69
ポアソン比 ν	0.2185
水中単位体積重量 γ (kN/m ³)	10.0
透水係数 k (cm/sec)	10^{-6}
静止土圧係数 K_0	0.5, 1.0, 3.0
斜面傾斜(斜面高さ:水平距離)	1:0.2, 1:2.5

ひずみ硬化—軟化パラメータ G'	100.0
ひずみ硬化—軟化パラメータ M_f	0.74
塑性ポテンシャルパラメータ b (MPa)	0.4905
過圧密境界面パラメータ $\bar{M}_m$	0.5977
過圧密境界面パラメータ α_{mb} (MPa)	2.943
応力履歴パラメータ τ	0.065

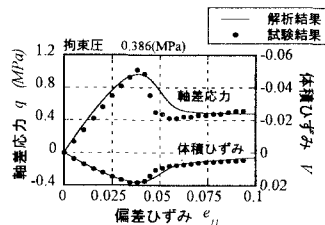


図-1 試験結果と解析結果の比較

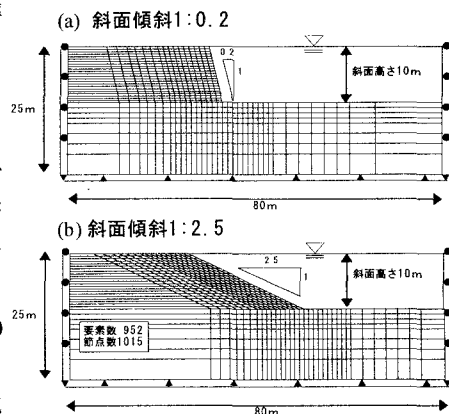


図-2 解析に用いたメッシュ

Yuya SAITO, Toshihisa ADATI, and Hideyuki KOBAYASI

時間の経過とともにその領域は拡大している。掘削完了後 9.3 日後には斜面全体に塑性せん断ひずみの進展が見られる。

図-4(a)(b)より、斜面傾斜 1:2.5 の斜面において $K_0=0.5, 1.0$ では塑性せん断ひずみの進展は見られない。図-4(c)より $K_0=3.0$ の場合は、掘削が 5%完了した時点で法先に塑性せん断ひずみが発生し始め、掘削の進行とともに斜面全体に広がっていき、掘削完了時には斜面全体へ塑性せん断ひずみが生じている。また、図-5 に解析した全パターンにおける最終ステップ時の塑性せん断ひずみの進行状況を示す。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ・ K_0 が小さい場合(1 以下の場合), 斜面の不安定化には斜面傾斜による影響が大きく作用する。
- ・ K_0 が 1 付近の値をとるときは, 斜面はどの傾斜においても安定となった。
- ・ K_0 が大きい場合(1 以上), 斜面傾斜の影響は小さくなり, 斜面は傾斜に寄らず不安定となる。

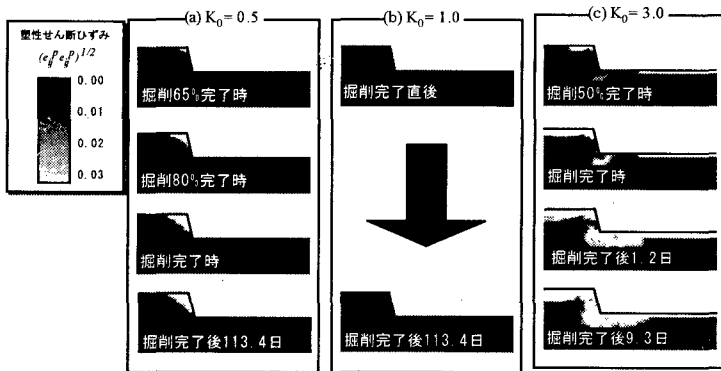


図-3 塑性せん断ひずみの進行(斜面傾斜1:0.2)

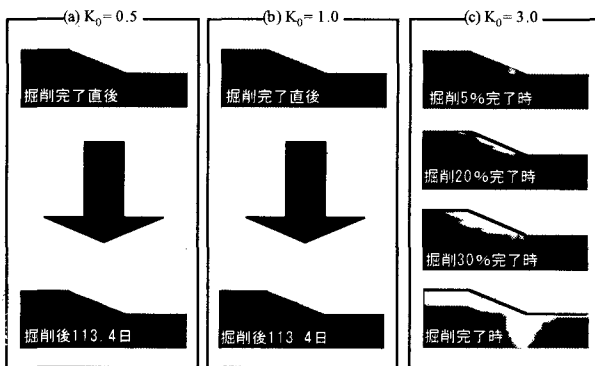


図-4 塑性せん断ひずみの進行(斜面傾斜1:2.5)

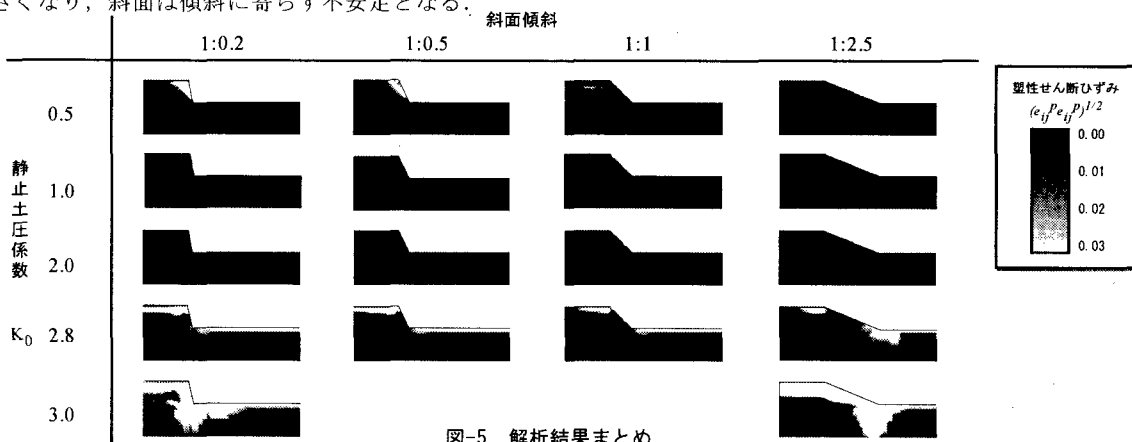


図-5 解析結果まとめ

参考文献

- 1) 例えば, Chandler, R.J. & Skempton, A.W.: The design of permanent cutting slopes in stiff fissured clays, Geotechnique, Vol.24, No.4, pp.457-466, 1974.
- 2) Bjerrum, L.: Progressive failure in slopes of overconsolidated plastic clay and clay shales, Proc. ASCE, Vol.93, No.SM5, Sep., 1967.
- 3) 足立紀尚・岡二三生: 軟岩のひずみ軟化型弾塑性構成式, 土木学会論文報告集, No.445, pp.9-16, 1992.
- 4) Bishop, A.W., Webb, D.L. & Lewin, P.I.: Undisturbed samples of London clay from the Ashford common shaft: strength-effective stress relationships, Geotechnique, Vol.15, No.1, pp.1-31, 1965.