

III-359

強度劣化を呈する軟岩掘削斜面の変形挙動について

京都大学工学部 正会員 ○吉田 信之
 京都大学工学部 正会員 足立 紀尚
 清水建設 正会員 中山かおり

1. はじめに

硬質粘土や泥質岩における掘削斜面では、掘削完了後時間経過とともに長期にわたりその安定性が低下する傾向があり、その一要因として地盤の軟弱劣化が挙げられる。軟弱劣化は、掘削後の地盤の吸水膨脹や風化作用等による構造劣化に起因した時間依存現象であり、これにより地盤材のせん断強度は、時間とともにダイレイタンス特性の消失を伴いながら低下し最終的に完全軟弱劣化強度に至る。

本報では、この軟弱劣化による時間依存性強度低下を考慮した弾塑性有限要素法を用いてモデル地盤の掘削解析を行ない、軟弱劣化による掘削斜面の変形挙動について考察した。

2. 解析概要

図-1に示すような水平地盤を30度で1mずつ深さ8mまで掘削する場合を考え、地盤材料は表-1に示す強度変形特性を有すると仮定する。これまで筆者らは、軟弱劣化による強度低下が破壊包絡線の縮小とその低応力レベルでの著しい非線形性の消失として表されることに着目して、地盤の強度劣化を考慮した弾塑性有限要素解析法を提案しモデル解析を行ってきた^{1),2)}。英国の硬質粘土における多くの斜面崩壊事例の研究結果や種々の軟岩での内的軟弱劣化に関する室内試験結果にもとづいて、破壊規準に含まれる強度パラメタを時間の逆双曲線関数で低減させることにより非線形初期強度線から線形完全軟弱劣化強度線までを記述している。

計算手順としては、まずスイッチ・オン・グラヴィティ法により初期 $K_0(=0.8)$ 応力をモデル地盤内に導入した後、多段階掘削を行なう。掘削終了後に地盤が劣化し始めることとし軟弱劣化の解析を行なう。ここでは、せん断強度はほぼ一定の割合で低下し100年で完全軟弱劣化状態に達する場合を考えた。また、地盤材の応力ひずみ関係には、強度パラメタを等価塑性ひずみの線形関数により初期値から残留値まで減少させる簡単なひずみ軟化型モデルを用いた。なお、間隙水圧の影響は無視し、また地盤全体が軟弱劣化するものとした。

表-1 モデル地盤材の強度変形特性

$\gamma(\text{MN/m}^3)$	0.02	B_0	1.873
$\alpha_c(\text{MPa})$	0.206	S_0	-0.083
A_0	3.773	$E'(\text{MPa})$	13.79
A_n	1.040	ν'	0.25
A_r	0.581		

注)サブスクリプト0,fs,rは初期、完全軟弱劣化時、残留時を表わす

3. 結果と考察

図-2は軟弱劣化中ののり先とのり肩の変位である。なお、符号は鉛直変位については上向きを、側方変位については右方向をそれぞれ正とし、掘削中に生じた変位量をゼロとして表示している。図より、変位は70年頃から徐々に大きくなり斜面崩壊に近づくにつれてのり肩の変形速度が著しく大きくなっている。

図-3は、掘削前後及び崩壊前ののり面形状である。掘削により掘削底面及びのり面は隆起し、また軟弱劣化によりのり先ではさらに隆起するがのり肩では若干沈下している。水平変位に比して大きな鉛直変位が生じることがわかる。のり先における応力経路を図4に示す。掘削に伴いまず σ_1 方向に、続いて σ_3 方向に応力が解放されていくが、斜面内部へ行くほど応力変化が小さ

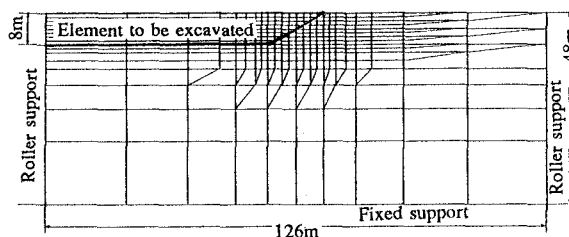


図-1 モデル地盤の有限要素メッシュ

くなっている。また、のり面付近（T1, T2）では軟弱劣化により地盤が降伏し、応力は σ_3 をほぼ一定に保ったまま完全軟弱劣化さらには残留状態へと減少していくが、斜面内部（T3からT5）ではのり面付近要素の降伏により生じた超過応力が斜面内部へ伝播することにより応力増加が認められる。図-5に塑性領域の進展を示す。降伏は、まずのり面低部で生じ、のり面及び底面に沿ってかつ斜面内部へと拡がっていく。

4. おわりに

軟弱劣化により地盤が逐次的に降伏し変形が進むとともに地盤内応力が再配分されていく様子が認められた。

参考文献

- 1) N. Yoshida and T. Adachi, F.E. Analysis of strength deterioration in stiff clays and mudstones upon excavation, Jour. Japan Soc. Dam Eng., No. 13, pp. 14-28, 1994,
- 2) 足立・吉田・中山, 強度劣化を考慮した弾塑性有限要素法による軟岩掘削斜面の挙動解析, 第29回土質工学研究発表会, 1994. (投稿中)

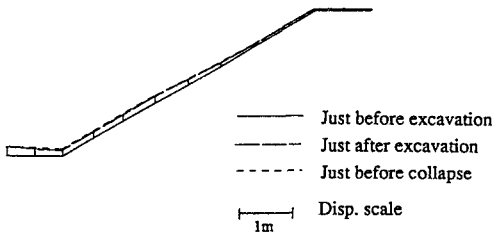


図-3 掘削前後及び崩壊前の斜面形状

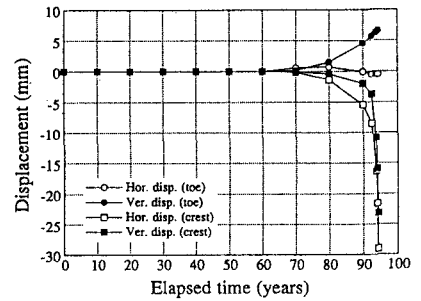


図-2 軟弱劣化によるのり先及びのり肩での変位の経時変化

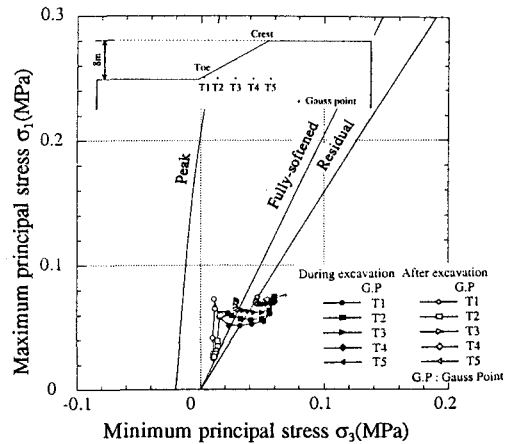


図-4 のり先近傍での応力変化

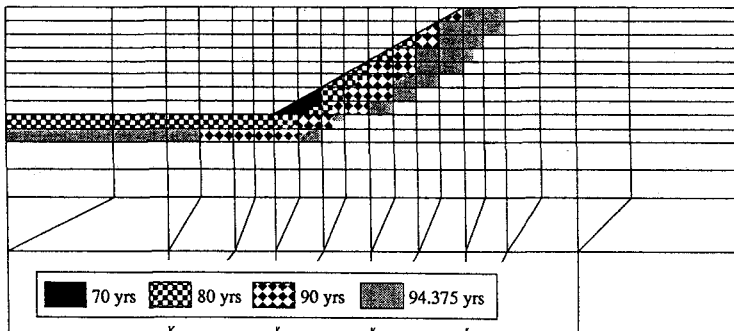


図-5 降伏領域の進展