

III-309 地盤安定液を用いた掘削工法の安定化機構に関する考察

名古屋大学大学院 岩切 隆尚
 名古屋大学工学部 大塚 悟
 名古屋大学工学部 松尾 稔

1. はじめに

地盤を掘削する際に泥水による地盤安定液を用いると、安全にしかも深く掘削することが可能になる。しかし、現行の設計法は (1)瞬間掘削による非排水仮定を用いて、(2)極限平衡法により安定計算を行っており、部分吸排水状態の掘削地盤の安定性劣化や、基本的に三次元問題の解析を行なうことができない。したがって、地盤安定液による掘削壁安定のメカニズムについても従来、安定液の液圧による掘削側壁の安定効果しか考慮されていない。本研究は地盤安定液の掘削表面における不透水膜の造壁性の果たす役割について、部分吸排水状態の解析を通して考察する。

2. 瞬間掘削による限界掘削深さの解析

極限平衡法による地盤の安定解析は (1)地盤内の土質定数が不均質であったり、(2)境界条件が複雑な場合、または、(3)本質的に三次元、不静定な問題の場合に、地盤の安定性評価を行なうことが難しい。それに対して田村ら(1984)による剛塑性有限要素法を用いると、構成式を用いて有限要素解析を行なうことから(1)～(3)の問題を容易に解析に取り込むことができる。そこで、軟弱地盤を掘削する問題を取り上げて、平面ひずみおよび軸対称条件で安定解析を実施した。構成式にはカムクレイモデルを用い(浅岡ら:1990)、表1に示す土質定数を用いた。地盤は正規圧密地盤で非排水強度は深さ方向に増加する。掘削深さは7mとし、掘削幅は1mおよび3mについて解析した。表2に解析結果を示す。表から、同じ掘削断面ではあるが軸対称条件の場合には平面ひずみ条件に対して、一般に安全率が大きく、しかも掘削幅に応じて著しい三次元効果を示すことが分かる。他方、平面ひずみ条件の場合には、掘削幅によらず掘削深さによって一意的に安全率が定まる傾向がある。

3. 安定液による掘削地盤の安定効果(掘削壁面に作用する圧力の効果)

慣用解析と同様に、地盤を非排水条件に仮定して掘削壁面に安定液による水圧を作用させ、安定液の注入によってどの程度掘削地盤の安定性が改良されるのか検討する。地盤安定液は一般に比重が最大1.2程度であることから、比重1.0(水張り)および1.2(安定液)の場合において2.の事例について解析した。解析結果は表2に示している。表では地盤安定液を用いると、格段に掘削地盤の安定性が増して、素掘りでは掘ることの困難な地盤でも地盤安定液を用いることにより掘削が可能となることが分かる。安全率は安定液の比重が大きいほど大きく、比重の大きい安定液を用いることが望ましい。しかし、安定液の比重が最大1.2程度であることを考慮すると、安定液の効果は水張り掘削の場合とそれ程変わらない。

4. 部分吸排水条件での掘削壁面の安定性劣化

前節までは瞬間掘削とそれに伴う非排水条件を仮定した。しかし、実際には掘削による応力開放により地盤は吸水膨張し、時間の経過に伴いその安定性は劣化する。本節では弾塑性圧密膨潤解析と極限釣り合い解析の両者を用いて、掘削地盤の経時的な安定性の劣化仮定の解

表 1 土質定数

M	1.2
λ	0.25
κ	0.1304
γ_s	16.3(kN/m ³)

表 2 正規圧密地盤の掘削安定性
(a) 軸対称条件

	素掘り	水張り	泥水
R= 1m	0.67	1.09	1.18
R= 3m	0.58	0.87	0.96

(b) 平面ひずみ条件

	素掘り	水張り	泥水
R= 1m	0.37	0.97	1.09
R= 3m	0.36	0.95	1.06

(R=掘削幅)

析を行なった。弾塑性圧密膨潤解析を行なうと掘削による応力開放と吸水膨張による有効応力の変化が刻々と計算されることから、この有効応力に基づいて非排水極限約り合い解析を行なうと、地盤の安全率が荷重履歴に応じて与えられる。図1、2に解析で用いる過圧密地盤を示す。水を張りながら掘削するものとして、平面ひずみ条件で解析した結果を図3に掲げる。図3

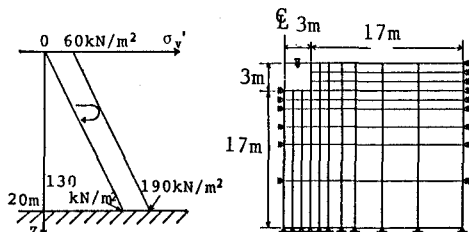


図1 鉛直有効応力 図2 掘削地盤の境界条件

では透水係数を操作して砂質地盤のように透水係数の比較的大きいものから粘土地盤のように透水係数の小さいものまで解析している。透水係数の小さい場合には吸水による地盤の劣化が生ぜず長期間に亘って安定であるのに対して、透水係数が大きいと地盤の安定性は急速に劣化する様子がよく現われている。前節で行なった瞬間掘削とそれに伴う非排水仮定を用いた解析は透水係数が比較的小さい場合には適用性も期待できるが、透水係数が大きくなると本質的に吸水に伴う地盤の安定性劣化を考慮する必要がある。

5. 安定液による掘削地盤の安定効果(掘削壁面の造壁性の効果)

次に安定液(泥水)の掘削壁面への浸透による不透水膜の形成を考慮した解析について示す。図1、2の地盤を用いて比重1.2の安定液を用いた場合の解析を図4に掲げる。図には安定液による掘削壁面の遮水性を考慮する場合と考慮しない場合について示している。図から、安定液による掘削壁面の遮水性を考慮すると安全率が長期間比較的大きく維持され、しかも遮水性を考慮しない場合とは異なって高い安全率に落ち着く結果が得られた。

6. 結論

地盤安定液の掘削地盤安定化効果は地盤安定液の液圧による掘削壁の安定化だけでなく、むしろ掘削壁に遮水性の膜を形成する造壁性が重要であり、そのために単なる水ではなく安定液を用いなければならないことが明らかとなった。

謝辞 有益なご助言を戴きました名古屋大学浅岡顕教授に感謝いたします。

参考文献

(1) Tamura, T., Kobayashi, S. and Sumi, T. (1984): "Limit analysis of soil structure by rigid plastic finite element method," Soils and Foundations, Vol. 24, No. 1, pp. 34-42.
 (2) Asaoka, A., Ohtsuka, S. and Matsuo, M. (1990): "Coupling analysis of limiting equilibrium state for normally consolidated and lightly overconsolidated soils," Soils and Foundations, Vol. 30, No. 3, pp. 109-123.

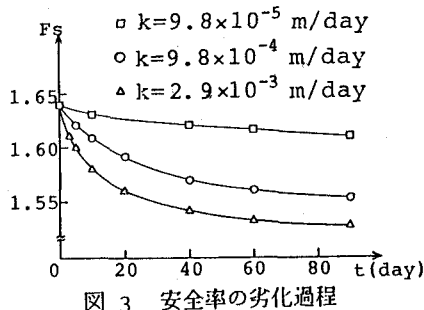
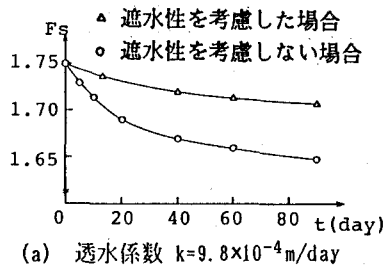
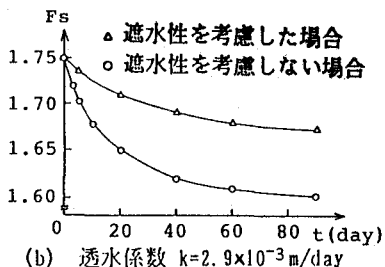


図3 安全率の劣化過程



(a) 透水係数 $k=9.8 \times 10^{-4}$ m/day



(b) 透水係数 $k=2.9 \times 10^{-3}$ m/day

図4 安定液を用いた場合の解析