

Ⅲ - B 254

掘削底面の安定性に関する遠心模型実験の数値解析

（株）日建設計
電源開発（株）
運輸省港湾技術研究所
（財）石炭利用総合センター
（株）日建設計 中瀬土質研究所

（正）山田 耕三、（正）石井 武司
（正）東 健一
（正）高橋 邦夫
小笠 和夫
（正）斎藤 邦夫

1. はじめに

軟弱地盤における深い山留め工では掘削底盤の安定性が大きな課題となる。その検証に加えて、矢板や切梁に付随して発生する挙動を把握するため、一連の遠心模型実験を実施してきた¹⁾。本報告では、山留め工の安定性評価手法の確立に向けて、FDM(有限差分法)²⁾により遠心模型実験結果に対して数値シミュレーションを行なった。

2. 遠心模型実験の概要

縮尺を 1/100 とした模型を図-1 に示す。実験の主眼が掘削底面以深の地盤変形にあること、また実験の技術的な条件などから、掘削底面以深をせん断強度が深さ方向に比例する正規圧密粘土層とし、それ以浅の部分を原地盤の密度に一致する重液でモデル化した。山留め壁は鋼管矢板($\phi 700$ t9)を想定し、模型矢板にはこれと等価な曲げ剛性を有する厚さ鋼板(260mm：実物換算)を用いた。切梁は地表面から 5m と 13.5m の位置にあらかじめ設置した。地盤内水位は粘土層の上面に合わせた。このように作成した模型を 100G の遠心加速度場に置き、掘削領域の重液を排出することで掘削過程を再現した。

3. 解析モデル

数値解析モデルを図-2 に示す。掘削底面以浅は重液であるので、掘削領域の重液の低下(掘削)に応じて粘土層上面および矢板に液圧を作用させた。粘土層は完全弾塑性体として、降伏規準に Mohr-Coulomb 式を適用した。粘土層の地盤諸係数については一軸圧縮試験より求めた $p_0 \sim q_u$ および $E_{50} \sim q_u$ の関係を用いた。

4. 結果

解析ならびに実験で得られた、掘削終了時における粘土層内の変位性状を図-3 に示す。いずれも掘削背面の地盤が掘削部中央に回り込むように地盤が変位することが認められる。実験によると掘削底面中央の鉛直変位は約 30cm である。解析結果の変位は約 20cm とそれよりもやや小さい。切梁軸力に関する解析と実験の結果を比較したのが図-4 である。下段の切梁軸力は解析と実験の結果はほぼ一致する。上段の切梁軸力については解析結果が実験結果よりもやや大きい、掘削深さに対する軸力の変化は類似している。概ね解析結果は実験結果の挙動を良く再現していると判断できる。

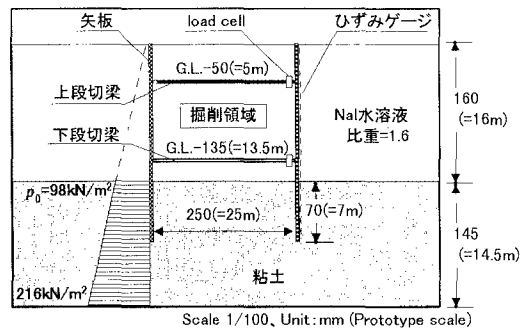


図-1 実験模型の概要

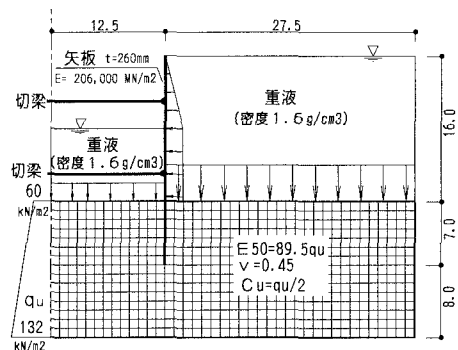


図-2 数値解析モデル

次に解析で得られた地盤の鉛直変位と掘削深度の関係を図-5に示す。計測位置に係わらず、地盤面の鉛直変位は掘削終了近くになると急増する傾向が伺われる。矢板から9m離れた掘削側の地盤面の鉛直変位は掘削深さに対してほぼ一様に増加(隆起)するが、掘削終了直前に変位増加率が大きく。矢板に近い(1.5m 離れ)掘削側の地盤面では、鉛直変位が掘削

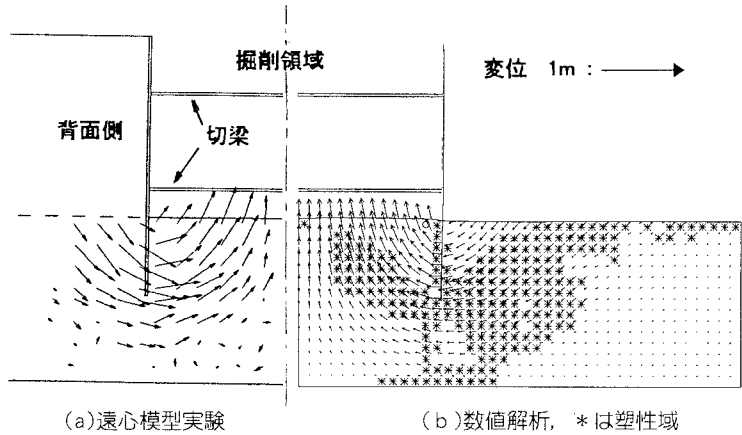


図-3 掘削完了時(深さ16m)における実験結果と解析結果の変位ベクトル

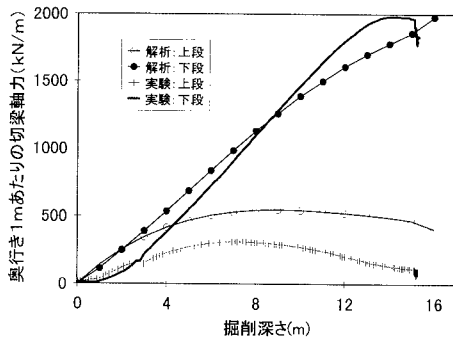


図-4 切梁軸力と掘削深さの関係

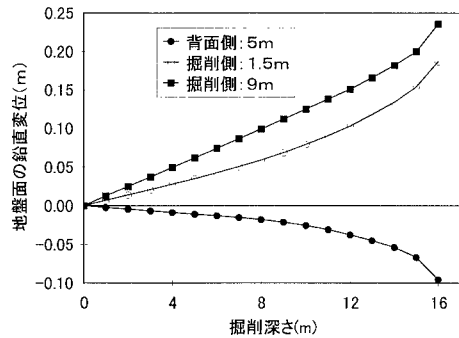


図-5 地盤上面の鉛直変位と掘削深さの関係

深さ8mまで掘削深さに比例するが、それ以降は徐々に変位増加率が大きくなる。これに対して、矢板から5m離れた掘削背面側の地盤面は沈下するが、その変位挙動は掘削側の矢板付近のそれに良く対応している。このように地盤面の鉛直変位が大きく増加する掘削終了時(16m 掘削)とその直前(15m 掘削)における地盤の塑性域を比較する。掘削深さが16mの塑性域は先の図-3中に示した。その降伏域は矢板の先端を通る円弧の上に連続して分布しており、すべり面が形成されたことがわかる。15m掘削時の塑性域を図-6に示す。掘削背面の地盤面から矢板直下まで塑性域が分布するが、掘削側の地盤面まで連続していない。よって、掘削深さが15mを越えてから地盤の破壊が生じたものと思われる。

5. まとめ

比較的簡単な弾完全塑性のモデルを用いたFDMで、軟弱な地盤の山留め工を対象とした遠心模型実験の変形挙動や切梁軸力を概ね再現できた。今後は石炭灰を用いて低強度に改良した山留め工の安定性評価にこの手法を適用したいと考えている。なお、本研究は通産省石炭利用技術振興補助事業の一環として実施した。

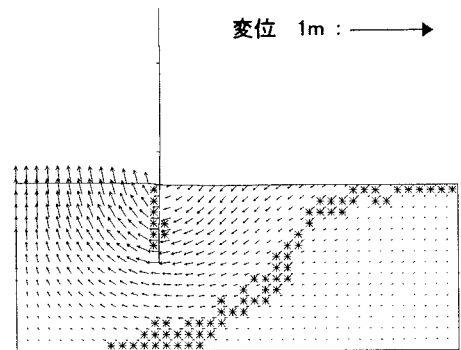


図-6 15m掘削時における地盤内変位と塑性域

【参考文献】1)大石, 他(1998): 大規模山留め工における低強度地盤改良効果, 第32回地盤工学研究発表会

2)Cundall, P.A. and Board, M.(1988): A Microcomputer Program for Modeling Large-Strain Plasticity Problems, Proc.6th IACMAG, vol.3, pp.201-2108