

III-449

掘削模型実験における周辺地盤変状のシミュレーション解析

建設省土木研究所 正会員 ○ 井上 昭生

同 上 正会員 岡原美知夫

同 上 木村 嘉富

同 上 正会員 渡会 正晃

1. はじめに

近年、国土の狭いわが国では、都市部の土地利用が飽和状態となっており、社会の目は自らの足下に向けられ、地下空間の利用・開発が一層促進されている。地下空間の入口は地上であり、その利用には、開削工法による土留め構造物が不可欠となる。過密した都市部での工事では、当然のことながら既設構造物に近接する施工が増加するが、工事に伴い周辺地盤及び周辺構造物の変状が生じるとは大きな問題となると考えられる。筆者ら¹⁾は、周辺地盤変状に関し大型の模型実験を行い、周辺地盤の挙動に関する形状効果の把握を行った。本報告は、その模型実験をシミュレートし、土留め壁の変形による周辺地盤への影響を予測する際の注意点を探る目的で数値解析を行った結果について報告するものである。

2. 解析方法

解析には汎用地盤解析プログラムSIGMASを使用し、実験土槽中の地盤をモデル化した3次元モデルを基本とした。ただし、溝状掘削をモデル化した弾塑性解析のケースでは解析不可能となったため2次元モデルとした。解析方法は弾性解析及び弾塑性解析を行い、弾性解析ではポアソン比が $\nu=0.25$ 、 0.35 、 0.48 に対して溝状・矩形の6ケースを、弾塑性解析ではポアソン比を $\nu=0.48$ の一定と 表-1 解析用土質定数し、溝状・矩形の2ケースとし、合計で8ケースを行った。実験で作成した豊浦標準砂地盤はN値を1.5と仮定し、 $E=280N(tf/m^2)$ を用いて土質定数を決定した(表-1参照)。また、弾塑性の破壊基準は3次元解析では3軸圧縮条件、2次元解析では平面ひずみ条件にて設定した。外力としては、模型実験と同様に強制変形量を入力した(詳細については文献1)を参照されたい)。

土 質 名	豊浦標準砂
γ_s (tf/m ³)	1.6
c (tf/m ²)	2
ϕ (degree)	40
E (tf/m ²)	420

3. 解析結果

① 弾性解析

弾性解析による $\nu=0.48$ の最終掘削時の変位図を図-1に示す。溝状掘削、矩形掘削の解析共にポアソン比が大きい方が沈下量が大きく広い範囲で沈下が生じており、土留め壁の変形による周辺地盤への変状解析ではポアソン比の影響が大きいことが確認された。しかし、解析による影響範囲は、実験による計測影響範囲に比べて大きい、沈下量の最大値は実測値が解析値を大きく上回っており、掘削が進むに従ってその差は一層大きくなる傾向が見られた。

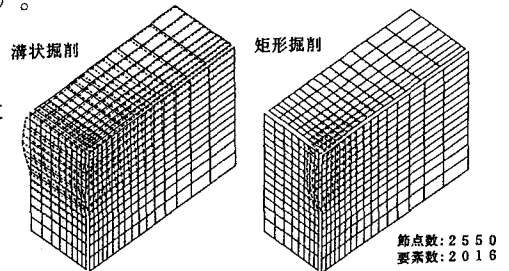


図-1 弾性解析による変位図(最終掘削時)

② 弾塑性解析

弾塑性解析による最終掘削時の変位図を図-2に示す。また、実験における計測点(図-3参照)での矩形掘削の解析地表面沈下量を、実測値と共に図-4に示す。溝状掘削の解析では、影響範囲の予測を行う上では、弾性と弾塑性の間に顕著な差が見られず、また、最大値もむしろ弾性の方が大きくなっている。一方、矩形掘削の解析では、弾

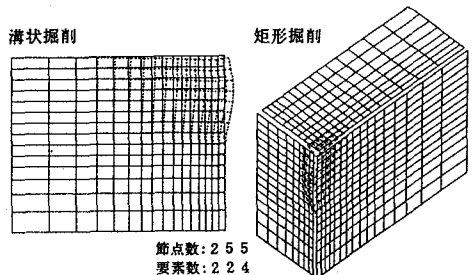


図-2 弾塑性解析による変位図(最終掘削時)

性に比べて弾塑性の結果は、実験で得られた影響範囲がうまくシミュレートされており、土留め壁の近傍で局部的に土のすべりが生じているのがよく表れている。ただ、やはり沈下の最大値については、実測値が解析値を大きく上回っている。これは、使用したドラッカー・プラグモデルが完全には土のすべりをシミュレートできなかったこと、解析に用いた土質定数に推定値を用いていること等に起因すると考えられる。

③ 土留め壁の変形に伴う水平移動土量と沈下土量

$\nu=0.35, 0.48$ の弾性解析値、弾塑性解析値、及び実測値の水平移動土量と沈下土量の関係を図-5に示す。実測値については、明らかに溝状掘削に比べ、矩形掘削の方が周辺地盤への影響が小さいことがわかる。弾性解析においては、溝状掘削の沈下土量は、もちろんポアソン比によって異なるが、 $\nu=0.48$ の場合土留め壁の水平移動土量とほぼ同程度生じているにも拘らず、矩形掘削の沈下土量は、土留め壁の水平移動土量の半分程度しか生じていない。土量だけについて着目すると、溝状掘削に対しては $\nu=0.48$ 、矩形掘削については $\nu=0.35$ の場合が実測値にあうといえる。また、溝状掘削では、前項でも述べたように2次元解析と3次元解析の差が含まれてはいるが、溝状・矩形掘削共、弾塑性解析の沈下土量は、 $\nu=0.48$ の弾性解析より少なく、実測値ともやや差が生じて

いる。これは弾性解析では、土のすべりといった局部的な破壊が表せないため、入力した強制変形量により、地盤全体が引きずられている挙動を示しているのに対し、弾塑性解析の場合は、矩形掘削の解析でわかったように、地盤の局部的破壊を表現できるため、あまり地盤全体が引きずられている挙動は示さなかったためと考えられる。つまり、土量の一致といった量的な議論では、弾性解析はある程度のシミュレートは可能であるが、局部破壊を含めた全体挙動に着目すると弾塑性解析が有効となると考えられる。

4. おわりに

周辺地盤変状に関する掘削模型試験結果のシミュレーションを行った結果、以下のことがわかった。

- ① 土留め壁の変位による沈下量の最大値は弾性解析、弾塑性解析共に実測値より小さくなった。
- ② 土留め壁の変位による地表面の沈下する影響範囲は弾性解析では、実測値よりかなり大きく、弾塑性解析では比較的よい一致を示した。
- ③ 土留め壁の変形時に発生する背面地盤における土のすべりは、弾塑性解析により推定可能である。

今後の問題点としては、実際の大深度土留めの問題に有限要素法などの数値解析手法を適用していく際には、拘束圧の影響や、実際の地盤物性の評価などについて検討する必要があると考えられる。

なお、本研究は、大規模土留め・立坑の設計施工技術に関する共同研究グループ(建設省土木研究所、(財)先端建設技術センター、大林組、大本組、鴻池組、新日本製鐵、大成建設、竹中工務店、東急建設、NKK、日本国土開発、不動建設、三井三池製作所)の方々の貴重なアドバイスを頂いた。ここに謝意を表する。

【参考文献】1)渡会他:開削に伴う周辺地盤の変状に関する実験, 第46回土木学会年次学術講演会, 1991.9

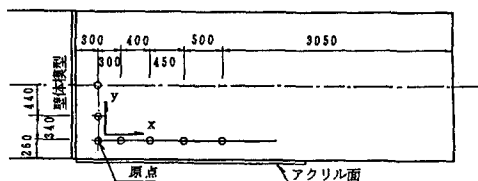


図-3 実験における計測点

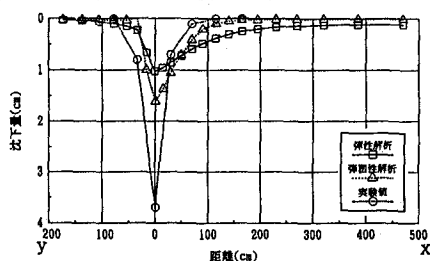


図-4 地表面沈下量(最終掘削時)

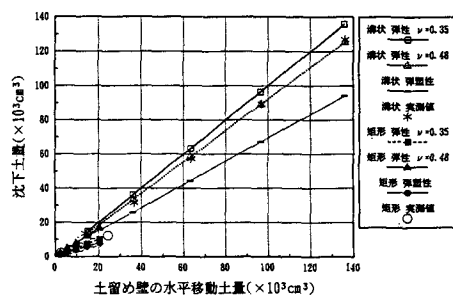


図-5 土量の関係