

日本鋼管(株)中央研究所 正員 ○関 口 宏 二

日本鋼管(株)中央研究所 正員 長 岡 弘 明

1. はじめに

小林¹⁾は、8節点セレンディビティ要素に4点ガウス求積法を適用し、かつ仮想的な粘塑性のアルゴリズムを数値解析上のテクニックとして用いることにより、有限要素法によって地盤の極限耐力解析(支持力解析、土構造物の安定解析など)が可能であることを示している。その手法が、極限耐力解析のみならず、通常の地盤の変形問題に対しても適用可能であるならば、その手法は土質工学的諸問題を解析する上で、極めて有力な手段となり得よう。我々は同手法に基づく汎用地盤解析プログラム(NAPG-2D)の開発を行っている。ここでは、NAPG-2Dの開削工事・シールド工事の問題に関する適用性について検討した結果について報告する。なお、NAPG-2Dの極限耐力解析に関する適用性については、文献²⁾を参照されたい。

2. 開削工事の解析³⁾

ここでは、前田らが報告している小規模開削工事における実測データを基に検討を行う。計測地点の地盤はN値が2~10の沖積砂層であり、開削の幅は2.39m、深さは4.91mであった。また、土留としては、長さ9mのII型鋼矢板が用いられた。表1に解析条件一覧を示す。地山のヤング係数は、文献⁴⁾を参考に3通り設定し、砂の内部摩擦角 ϕ は、 30° を基本とし、比較のために 40° の場合も計算した。図1に解析モデルのメッシュ図を示す。解析は、自重解析を行って初期応力を導入した後に、図1の斜線部を掘削するという手順で行った。なお、矢板は3節点梁要素でモデル化し、矢板と地盤の間には6節点ジョイント要素を配した。

図2に地表面沈下量の実測値と解析値を比較して示す(Case 4の解析値は小さすぎるので表示しなかった)。同図より、解析値は地山のヤング係数の値にはほとんど依存せずむしろ内部摩擦角の値に存在することがわかる。解析値と掘削のみの影響による実測沈下量(○印から●印を差し引いた値)を比較すると両者はよく合っていると言える。ただし、

表1 解析条件一覧

	地山のヤング係数 E (t/f/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
Case 1	600	30
Case 2	800	30
Case 3	1200	30
Case 4	800	40

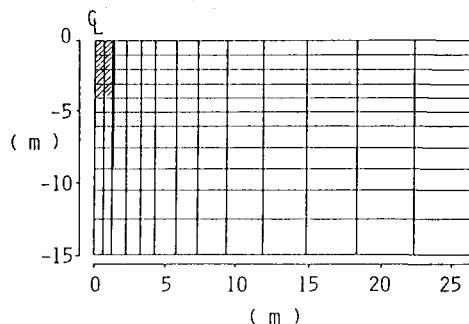


図1 解析モデルのメッシュ図

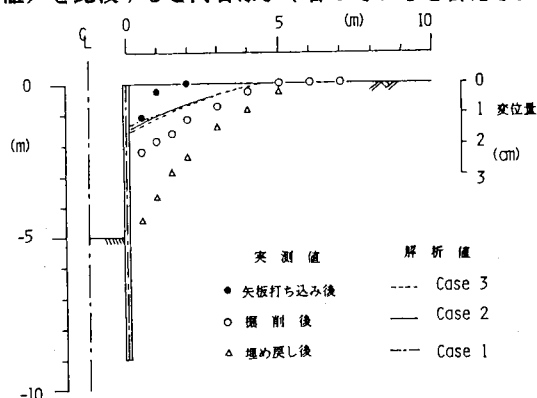


図2 地表面沈下量の実測値と解析値の比較

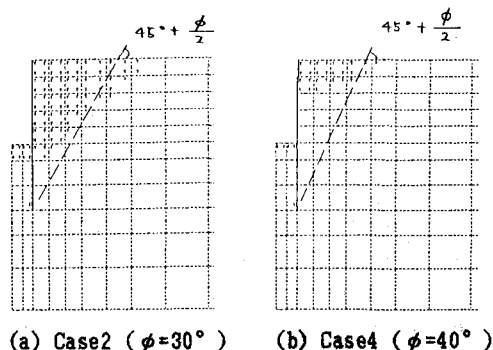


図3 破壊領域の比較

掘削後から埋め戻し後に至るクリープ的な変形挙動を、シミュレートするためには、実質的な粘塑性解析を行う必要があろう。図3には、Case 2とCase 4の破壊領域図を示すが、破壊領域は概ね主動崩壊角の範囲内に収まっている。

表2 解析条件一覧

 3. シールド工事の解析⁵⁾

ここでは、間片らが報告しているシールド工事における実測データを基に検討を行う。計測地点の地盤は、N値10程度の均一な砂地盤であり、シールドの外径は4.69m、土被りは9.9mであった。文献4)ではこの工事区域では「応力解放のみによって沈下が生じたと思われる」と報告されている。表2に解析条件一覧を示す。また、表3に解析に用いた土質定数を示す。地山のヤング係数は文献4)に従い、 $E = 1200 \text{ tf/m}^2$ を基本とし、比較のために、その0.5、2倍の値でも解析を行った。さて、シールド工事においてはシールドのテール脱出後に、地山は徐々にシールド孔側に膨み出してくるのであるから、地山は本来粘塑性の性質を持つものである。また、その性質を考慮すれば、セグメントの設置や裏込め注入なども比較的合理的に計算手順の中に組み込むことができる。そこで、ここでは、式(1)で表わされる超過応力型の粘塑性構成式が地山の性質を表わすと仮定して解析を行うこととした。

$$\dot{\epsilon}_{vp} = \gamma < \frac{F}{F_0} > \frac{Q}{\sigma} \quad (1)$$

ここに、 F は降伏関数、 Q は塑性ポテンシャル関数である。また、 γ 、 F_0 は材料パラメータである。

図4に、沈下量の実測値と解析値を比較して示す。解析値は地山のヤング係数の値にほぼ逆比例している。横断方向全体の沈下量分布に着目すると、Case 3が最も良く実測値と対応している。

図5に破壊領域図を示す。Case 4(素掘解析)では、破壊領域は安息角の角度でシールド孔より地表に向かって大きく広がっている。図4で、地表面にシールドの影響の表われている範囲が、この破壊領域の範囲と対応しているのは興味深い。

4. まとめ 汎用地盤解析プログラムNAPG-2Dの開削工事・シールド工事解析への適用性を検討した結果、前者では内部摩擦角の選び方、後者では地山のヤング係数のとり方が解析結果に大きく影響することがわかった。最後に本プログラムの開発にあたり、貴重な御助言を頂いた運輸省港湾技術研究所 小林正樹土性研究室長に記して謝意を表します。

参考文献 1)小林：港研報告、第22巻、第1号、1984.3、2)関口：第22回土質工学研究発表会、1987.6、3)前田ら：第20回土質工学研究発表会、1985.6、4)土質工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例、p.55、1979.8、5)間片ら：第15回土質工学研究発表会、1980.6

	解析の種類	地山のヤング係数 (tf/m ²)	備考
Case 1	セグメント、裏込	600	
Case 2	め注入を考慮した	1200	
Case 3	解析	2400	
Case 4	素掘り解析	1200	収束せず*

表3 解析に用いた土質定数

	ヤング係数 E (tf/m ²)	ポアソン比 ν	単位重量 γ (tf/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	備考
地 山	600, 1200, 2400	0.3	1.85	30	弾粘塑性体*
セグメント	3.5×10^4	0.2	2.30	—	弾性体
裏込め材	120	0.1	1.85	—	弾性体

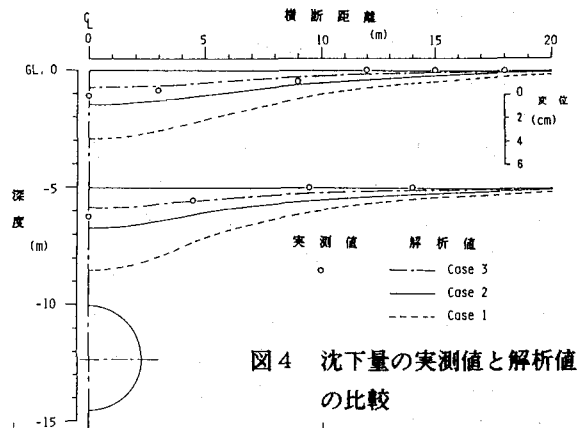
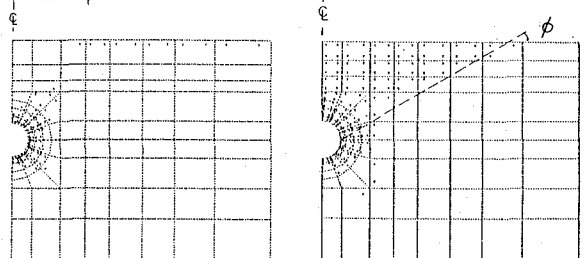


図4 沈下量の実測値と解析値の比較



(a) Case1～3共通 (b) Case4(素掘解析)

図5 破壊領域の比較