

III-232

土留め掘削における地盤定数の三次元逆解析

近畿大学理工学部

奥家 啓芳

近畿大学理工学部

中野 坦

近畿大学理工学部

久武 勝保

東洋情報システム

加藤 茂樹

1. 序論

土留めの設計においては、地盤の弾性定数などの情報を必要とする。従来これらの値は、サンプリングにより求められてきたが、それは局所的な値であり、そのまま設計に用いることには問題が少なくなく、実際に施工した構造物、地盤の挙動が設計で予想したものと異なることは珍しくない。

そこで、最近の現場計測技術を利用し、現場計測結果(主に変位)を解析することにより、掘削周辺地盤の巨視的・平均的な材料定数を求め、これを設計、施工に生かす、いわゆる逆解析法の研究が行われるようになった。

逆解析法は大きく分けて逆定式化法と直接定式化法に分類できるが、本研究では直接定式化法を採用することとし、土留め掘削における目的関数の最小化に際し、共役勾配法とシンプレックス法の三次元弾性逆解析への適用性を調べた。

2. 解析

直接定式化法は、次に示す目的関数

$$F = \sum_{i=1}^N \{ (u_i^* - u_i)^2 + (\sigma_i^* - \sigma_i)^2 \}$$

を最小にするような初期応力や材料定数を求める方法である。ここで、 u_i 、 σ_i はそれぞれ解析変位、応力であり、* が付いたものは計測値である。また、 N は測定数である。

この直接定式化法は、繰り返し計算を必要とするため、逆定式化法に比べて一般に計算時間を多く必要とする点に問題があるが、しかし、逆解析のための特別な定式化を必要とせず、粘弾性地盤、弾塑性地盤を対象とした非線形問題にも適応できるという特徴を持っている。以下では変位のみ計測された場合について検討する。

3. 結果及び考察

図-1に示す第一層の掘削にともなう地盤変位をインプットデータとし、それから地盤の弾性係数 E とポアソン比 ν を逆解析法により求める数値実験を行った。

a. 単層地盤の場合

地盤が単層地盤 ($E_1=E_2=E_3=E=300\text{tf/m}^2$, $\nu_1=\nu_2=\nu_3=\nu=0.3$) である場合に、地盤の弾性係数 E とポアソン比 ν を求める。既知変位を与える節点位置は、図-2に示す通りであり、各節点は x , y , z 方向の三成分を持つ。

図-3は、既知変位成分を与える数を9、図-4は24とした場合の収束状況である。

図-3、図-4より、共役勾配法もシンプレックス法と同じ程度の収束状況を示すことが分かる。ただ注意すべきことは共役勾配法は関数 F の偏微分係数の知識を要し、それ故、 F の関数値をシンプレックス法の場合よりも多く知

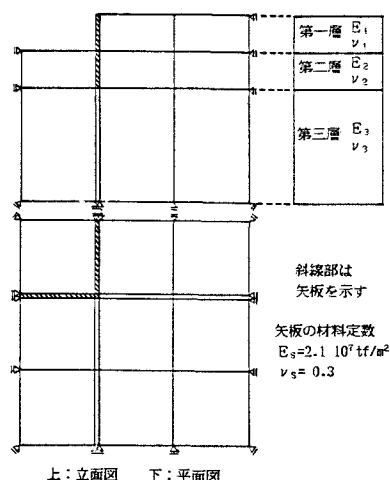
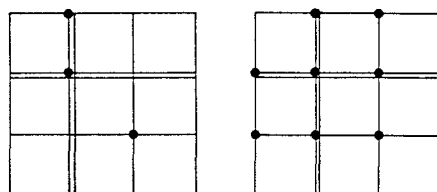


図-1 解析モデル



(a) 既知変位成分数9 (b) 既知変位成分数24

図-2 地表既知変位成分数

る必要があり、剛性マトリックスの逆行列をシンプレックス法の場合よりも多く計算しなければならない。

図-4より、測定変位成分が 24 の場合にはシンプレックス法は共役勾配法よりも収束が良いことがわかる。また、当然のことながら、図-3、図-4 から測定変位数が多い程、収束は早くなる。

b. 多層地盤の場合

二層地盤の解析モデルは、図-1において、上層（第一層） $E_1 = 300 \text{ tf/m}^2$ 、 $\nu_1 = 0.3$ 、下層（第二層および第三層） $E_2 = E_3 = 500 \text{ tf/m}^2$ 、 $\nu_2 = \nu_3 = 0.2$ である。また、既知変位成分を与える数は 24 としている。図-5に、両方法による解析結果を示す。

共役勾配法では E_1 、 E_2 、 ν_1 、 ν_2 共に真値に向かって一様に収束している。これに対し、シンプレックス法では E_1 、 E_2 は真値をはさんで振動する傾向にあり、 ν_1 、 ν_2 は真値から離れた所で振動を繰り返し、途中で大小関係が逆転している。このことから、二層地盤の場合は単層地盤の場合とは異なり、共役勾配法の方がシンプレックス法よりも優れているといえよう。

三層地盤については、24の既知変位成分を与え共役勾配法により解析を行った。その結果、単層、二層地盤に比べて繰り返し回数は増加するが、最終的には6つのパラメーター（ $E_1, E_2, E_3, \nu_1, \nu_2, \nu_3$ ）すべてが、真値に収束することが確認できた。

以上の解析では、水平方向の初期応力 σ_h に真値を与えた。しかし、 σ_h 値を誤って仮定した場合には、 u_i が u_i^* に一致するよう E 、 ν 値が調整されて求められるから、 σ_h と求められた E 、 ν を用いた順解析を再度行えば、真の矢板応力に近い値が得られることが確認できた。

4. 結論

本研究は土留め掘削に伴う変位を測定することにより地盤の弾性係数 E およびポアソン比 ν を数学的立場でいう非線形最適化の手法を使って求め、その際の収束特性について検討したもので以下の結論を得た。

- ①単層地盤を解析する際にはシンプレックス法による最適化が、収束性および計算時間（コスト）の両面から望ましい。
- ②多層地盤では、共役勾配法による最適化がシンプレックス法によるそれよりも収束性がよい。
- ③ポアソン比の初期値を選ぶとき、真値よりも大きい値を採用した方が収束性がよい。
- ④既知変位を与える数が多いほど収束が早い。
- ⑤以上の結果から、土留めを行なおうとする地盤にあらじめ人工的な外力を与え、それによる計測変位を逆解析することによっても、地盤の E 、 ν を求めることが可能であると思われる。

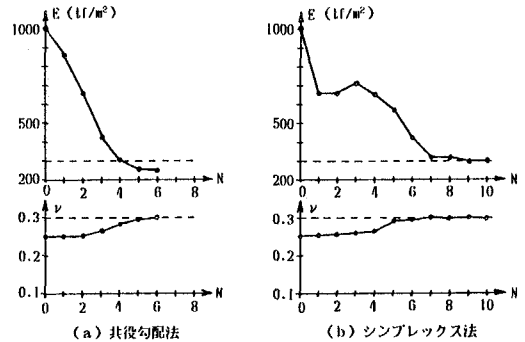


図-3 単層地盤，既知変位成分数9

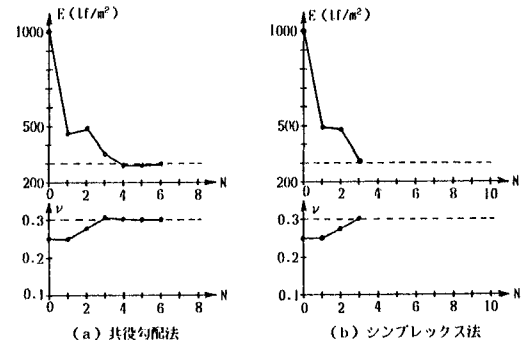


図-4 単層地盤，既知変位成分数24

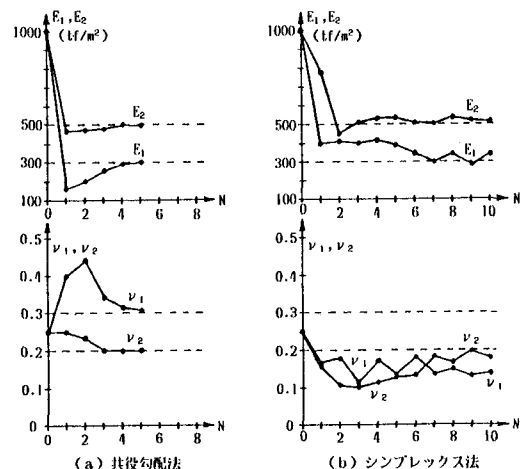


図-5 二層地盤，既知変位成分数24