

現場計測値を用いた土留掘削問題のパラメータ最適化

五大開発株式会社 正会員 ○尾澤 知憲
五大開発株式会社 川島 正樹
五大開発株式会社 大熊 俊明
五大開発株式会社 正会員 鱸 洋一
五大開発株式会社 小島 義孝

1. はじめに

土留掘削工事の際には安全確保や周囲への影響について検討する必要があり、土留壁の変位や周辺地盤の沈下の予測が重要である。近年では変位予測に FEM 解析が用いられるが、計測値と解析値の間に乖離のある場合が多い。そこで、本稿では FEM 解析におけるパラメータ(地盤定数や地層構成など)を現場計測値に基づいて最適化し、より現実に整合するパラメータを推定することで FEM 解析の精度向上を図る。

パラメータの最適化には五大開発株式会社製「土留丸」を基本に構築した「パラメータ最適化システム」を用いる。本システムには分散計算手法(複数の PC を用いた計算)および Levenberg-Marquardt 法による非線形最適化アルゴリズムが導入されており、高速計算が可能となっている。図 1 にパラメータ最適化システムの流れ図を示す。

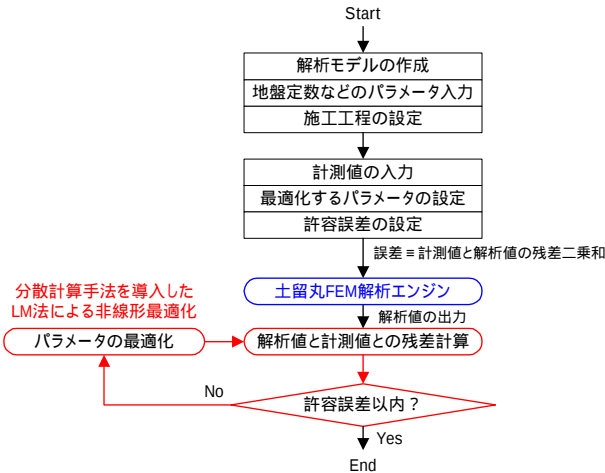


図 1. パラメータ最適化システムの計算フロー

2. 土留掘削工事概要と計測概要

図 2 に解析の対象とした土留掘削工事現場の断面図を示す。この工事では断面中央にある河川の拡幅の為、道路側と水田側に土留壁を設置した後、30 日間放置し、掘削(6 時間)が行われた。ボーリングは水田側でのみ実施された。

現場の地層は全 4 層で構成されており、表層から GL-7m 付近までシルト質粘土とシルト質砂の互層、これ以深は砂層であった。なお、水田の地表面から 0.8m までは N 値の計測されていない層が存在したが、地層 5 と同一とした。表 1 に計測項目と計測地点について示す。計測器にはレベルおよびスケールを使用した。

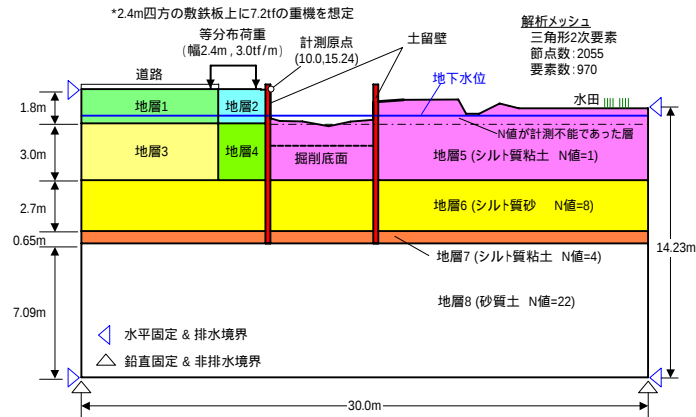


図 2. 解析対象断面図(解析モデル)

表 1. 計測項目および計測地点

計測項目	計測地点
左側土留壁の水平変位	計測原点から深度方向に 0.5m 間隔で計 7 点計測
左側土留壁背後地盤の沈下量	計測原点から道路側 0.5m 地点より、道路方向へ 1.0m 間隔で計 4 点計測

3. 解析条件の設定

地層構造は図 2 に示すように水平堆積を仮定した。道路側の地層はボーリングデータがないことから、GL-3.8m より深部は水田側ボーリングデータを参考に決定した。また、GL-3.8m までの地層は道路の存在や N 値が計測されなかった層を考慮して図 2 に示すように地層 1~4 を仮定した。地下水位は GL-1.4m である。また、掘削時の重機による外力を等分荷重として考慮した。その他、要素種別、要素数、節点数および境界条件については図 2 に示す通りである。

パラメータ最適化システムに用いる計測値は掘削直後の左側土留壁背後地盤の沈下量とした。

4. パラメータ最適化の実施

表 2 に示す地盤定数は N 値および土質を考慮して道路土工・仮設構造物工指針に基づいて設定した。印は最適化を行うパラメータを表し、ここでは弾性係数と粘着力に着目した。図 3 および 4 に表 3 の解析ケースに対する背後地盤の沈下量と土留壁水平変位の解析結果を示す。

Case1 は地層 1～4 の弾性係数と粘着力を地層 5 と同じく設定したものであり、解析値は沈下量および土留壁水平変位はともに計測値よりも過大な結果となった(図 3 右上)。

Opt1 は Case1 の地盤定数の内、地層 1 と 2 の弾性係数と粘着力に対して最適化を実施したものである。同様に Opt2 は Opt1 の地層 2 と 3、Opt3 は Opt2 の地層 2 と 4 の弾性係数と粘着力に対して最適化を実施したものである。表 3 の赤字は最適値を表している。

表 4 に示す計測値と解析値の残差二乗和の比較から、最適化を実施することで FEM 解析の精度の向上が見られる。特に、背後地盤の沈下量の予測精度は飛躍的に向上している(図 3)。これに対して、土留壁水平変位の予測精度は必ずしも良好とは言えない(図 4)。この理由には、実際の現場を 2 次元にモデル化して解析を行ったこと、施工中における重機などの移動荷重による影響、が考えられる。

Opt3 の結果から地層 1 の弾性係数は Case1 の約 10 倍であり、これは路盤の状態を反映したものと考えられる。また、地層 2 の弾性係数は Case1 の約 1/3 であり、これは地質 5 の軟弱な地盤を反映した結果であると考えられる。地層 3 と 4 については情報不足のため、その妥当性の評価はできなかった。

5. まとめ

本稿では現場計測値を用いて N 値から推定した地盤定数の最適化を行うことで、FEM 解析による変位の予測精度が向上することを示した。

今回の事例にて推定された地盤定数により次の施工段階時の変状が精度よく求められれば、本システムは、情報化施工における有用なツールと成り得ると考えられる。今後の課題としたい。

参考文献

1) 正樹,小西満,平澤彰久,鱸洋一,矢富盟祥:土留め施工における現場計測とFEM解析,土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, pp.381-382, 2003.

表 2. 各層の地盤定数

	弾性係数 kN/m2	粘着力 kN/m2	内部摩擦角 deg	湿潤単位体積重量 kN/m3	透水係数 cm/s
地層1			0	12	1.0×10^{-7}
地層2					
地層3					
地層4					
地層5	2740	6.3			
地層6	22000	0	25	18.5	7.0×10^{-7}
地層7	11000	25	0	15	1.0×10^{-7}
地層8	60400	0	31	20	7.0×10^{-7}

*全ての地層でポアソン比は0.3, 静止土圧係数は0.5に設定。印は最適化するパラメータに設定した物性値

表 3. 解析ケース

		Case1	Opt1	Opt2	Opt3
地層 1	弾性係数	2740	35000	35000	35000
	粘着力	6.3	32.24	32.24	32.24
地層 2	弾性係数	2740	838.9	766	791.9
	粘着力	6.3	8.38	7.499	7.571
地層 3	弾性係数	2740	2740	11353.1	11353.1
	粘着力	6.3	6.3	11.298	11.298
地層 4	弾性係数	2740	2740	2740	3443.6
	粘着力	6.3	6.3	6.3	6.463

:パラメータ最適化の対象、-:通常の入力値

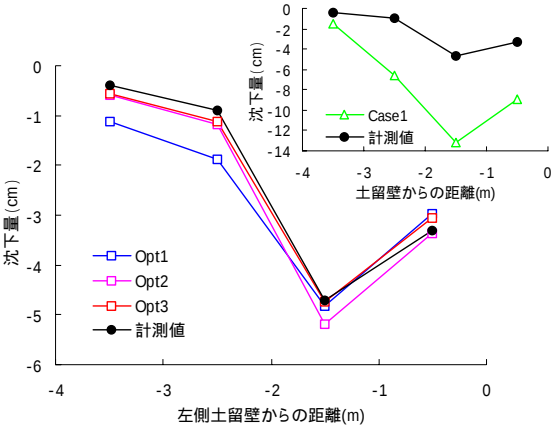


図 3. 左側土留壁背後地盤の沈下量

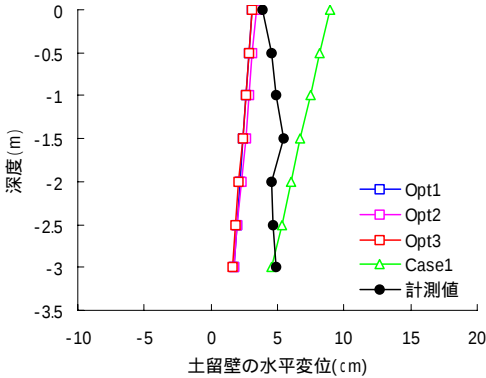


図 4. 左側土留壁の水平変位

表 4. 計測値と解析値の残差二乗和 (単位 cm)

	Case1	Opt1	Opt2	Opt3
沈下量	11.70	1.26	0.60	0.38
水平変位	13.80	6.95	6.09	6.22
合計	25.50	8.21	6.69	6.60