

土留め施工における現場計測と FEM 解析

五大開発株式会社	正会員	○川島 正樹
五大開発株式会社		小西 満
五大開発株式会社		平澤 彰久
五大開発株式会社	正会員	鱸 洋一
金沢大学大学院	正会員	矢富 盟祥

1. はじめに

掘削工事中の施工現場での土留め壁の変位や周辺地盤の沈下量の計測結果と陰解法弾塑性計算アルゴリズムの土/水連成有限要素法を採用した五大開発(株)開発の土留め設計支援ソフト(土留丸)による FEM 解析結果を比較検討することによりその実用性を検証した一例を報告する。

2. 計測概要

既設鋼矢板がある幅約 3m、深さ約 1.5mの水路の拡幅工事を実施する現場で横断面形状、掘削に伴う土留め壁の変位及び周辺地盤の沈下量を光学的手段及びスケールにより計測した。現場の地層は 5 層より構成されており、表層から GL-7m あたりまでシルト質砂とシルト質粘土の互層であり、それより深部では砂層となっている。また、それぞれの層の N 値は第 2 層が 1、第 3 層が 8、第 4 層が 4、第 5 層が 22 であり、第 1 層の N 値は計測されていない。計測位置及び計測項目を図-1、表-1 に示す。計測は施工工程に基づいて既設鋼矢板撤去直後、掘削前 3 回、掘削後 3 回の計 7 回行った。

3. FEM 解析概要

FEM 解析は 2 次元微小変形土/水連成解析に陰解法弾塑性計算アルゴリズムを適用した純国産 FEM エンジン ImpCAM を搭載した五大開発(株)開発の設計支援ソフト(土留丸)を用いて行った。現場の状況を検討して以下の 3 つの仮定に基づいて解析を行った。(1)土留め壁の打設直後に既設水路の撤去が行われたが、第 1 回目の計測の際には既に撤去されていたので第 1 回目で計測した横断面形状を解析の初期断面(図-2)とした。(2)工事中は車両や重機の移動が頻繁にあるが、それらを全て把握し解析に反映することは困難であると考えられるので、FEM 解析では掘削機械の重量を想定して掘削直前に静的な分布荷重として道路側土留め壁から 0.5m 離れた地点から載荷幅 3.0m 8.81 kN/m^2 で一様に載荷させた。(3)第 2 層と第 4 層は透水係数の試験値が利用できなかったが、粘土層であるので $10^{-7}(\text{cm/sec})$ 程度の値を設定し FEM 解析に用いた。また、実際は 5 層であったが、第 1 層と第 2 層を同一層とみなし、全体を 4 層として解析を行った。ただし、掘削後に発生した畑側土留め壁の背後のクラック及びそこに浸透した漏水の影響が重大と判断されたが、解析条件設定が困難なので今回の解析では対象外とした。

土の構成モデルは Drucker-Prager 弾塑性モデルを適用し、各層の土質定数は設計時のボーリングデータに基づいて表-2 に示す値を採用した。FEM 解析における境界条件としては、左右端境界は水平固定・垂直自由で排水条件であり、下端境界は水平・鉛直固定で排水条件とした。また、FEM 解析において設定した施工工程は実際の工程を忠実に反映させ、土留め壁 1,2 の設置後、放置解析(30 日)を行い、上記の掘削機械を想定した分布荷重の載荷後に掘削解析(6 時間)を行い、一週間放置解析を行った。

4. 計測結果と FEM 解析結果の比較

道路側土留め壁背後の周辺地盤の沈下量について計測値と FEM 解析結果の比較を図-3 に示す。沈下量分布形状は計測値と FEM 解析結果でよく一致しているのが分かる。最終沈下量は全般的に計測結果に比べ解析結果の方が 1~2cm 大きくなっている。因みに最大沈下量は FEM 解析結果は約-5.7cm であるのに対して計測値は約-4.7cm である。この違いは、実際の道路下部では車両の重量による過圧密化が進んでいるが、FEM 解析地盤ではこれを考慮してお

キーワード 土留め、陰解法弾塑性計算、土/水連成解析

連絡先 〒921-8051 石川県金沢市黒田 1 丁目 35 番地 五大開発株式会社 TEL 076-240-6588

らず、掘削直後から最終状態まで沈下が続いているとしている所に原因があるのではないかと考えられる．次に道路側土留め壁の水平変位について計測値とFEM 解析結果の比較を図-4 に示す．最終状態において計測値の土留め壁の変位は平均 6.0cm に対して FEM 解析結果の平均は 5.4cm となっておりほぼ一致していると考えることができる．

5．おわりに

既設水路の拡幅工事の施工現場において土留め壁の変状等の計測を行い，FEM 解析結果と比較を行った．従来の慣用法では評価が難しい周辺地盤の沈下状況などを事後解析ながら概ね精度よく再現できることが検証できた．設計時点あるいは施工中の任意の時点での土留め壁の変状,周辺地盤の沈下状況の予測値と施工時の計測値を比較することにより安全に施工管理することができる情報化施工の有用なツールとなることが確認できた．

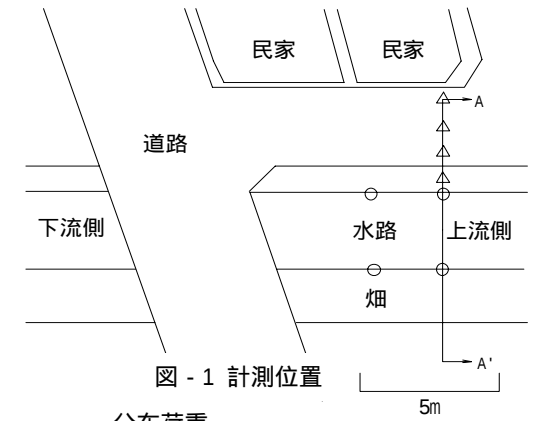


表 - 1 計測項目

記号	計測内容	計測機器
○	土留め壁変位	レベル, トランシット, さげ振りスケール
	沈下量	レベル
A-A'	横断面形状	トランシット

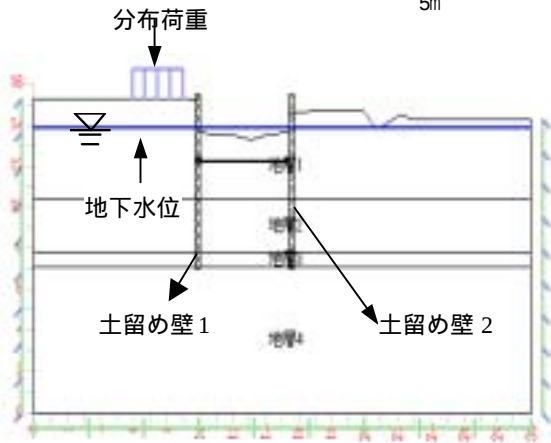


表 - 2 解析で用いた土質定数 ただし() 内の数字は推定値

地層名	地層 1	地層 2	地層 3	地層 4
層厚(m)	3.00	2.70	0.65	2.85
弾 性 係 数 (kN/m ²)	2740	22000	11000	60400
湿 潤 体 積 重 量 (kN/m ³)	12.0	18.5	15.0	20.0
透水係数(cm/s)	(10 ⁻⁷)	7.01 × 10 ⁻⁴	(10 ⁻⁷)	(7.01 × 10 ⁻⁴)
静止土圧係数(-)	0.5	0.5	0.5	0.5
ポアソン比(-)	0.3	0.3	0.3	0.3
粘着力(kN/m ²)	6.3	0	25	0
内部摩擦角(°)	0	25	0	31

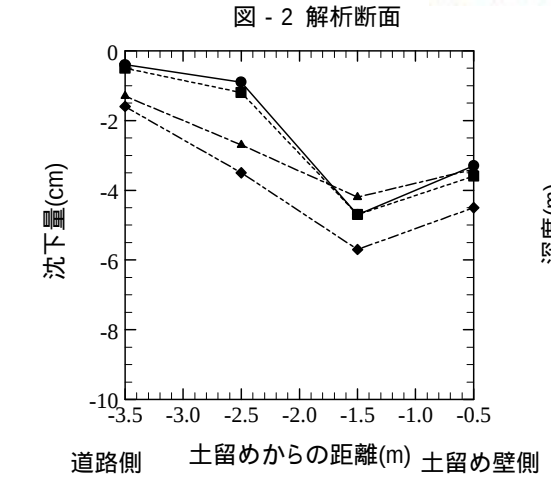


図-3 周辺地盤の沈下量比較

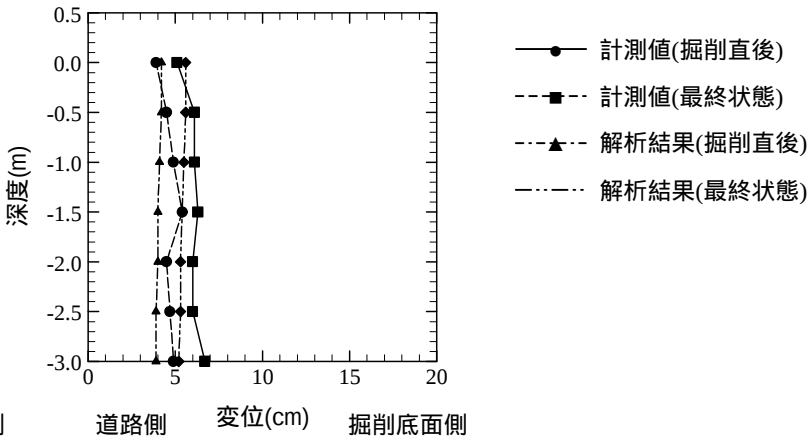


図-4 土留め壁の水平変位の比較

参考文献

- ・ 鱸 洋一,大熊俊明,小西 満,小島義孝,矢富盟祥:陰解法弾塑性計算土/水連成有限要素法を用いた土留め工の解析,土木構造・材料論文集 第 18 号, 2002 .
- ・ 日本建築学会：山留め設計施工指針, 2002 .