

掘削工事における3次元可視化解析を用いた情報化施工

(公財) 鉄道総合技術研究所
東日本旅客鉄道(株)

正会員
正会員
正会員

○小島謙一
栗山亮介
松尾伸之

松丸貴樹

1. はじめに

掘削工事では地盤のバラツキに起因する設計時の不確実性や、施工時の安全の確保あるいは工期・工費の短縮の観点から、情報化施工の必要性が言われている。しかし、実際には逆解析と計測データを統合的に取り扱い評価する手法が十分に整備されていない点や、設計断面や計測断面のみによる線での評価が中心になっていることから、積極的に採用されていない。そこで、線での計測データから3次元的な面情報へ展開できるシステムを応用し、弾塑性法による設計手法と連携させることによる、3次元的な挙動評価を用いた情報化施工法を構築した。ここでは本手法の概要と時速データを用いた試解析について示す。

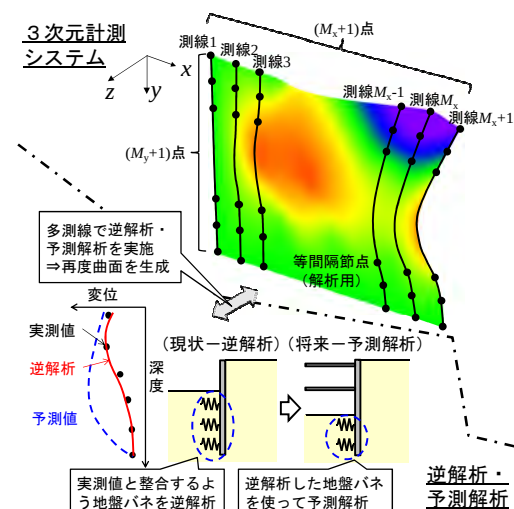


図-1 3次元可視化手法を用いた情報化施工システム

2. 3次元計測システムと逆解析・予測解析手法との連携

図-1に本システムのイメージを示す。3次元計測システムは任意の点や測線で計測された土留め壁の変位や傾斜の離散的な計測データを3次元的な曲面として評価する手法である。本手法の詳細は文献1)に詳しい。この手法を適用すると、深度方向ならびに土留め壁の延長方向に等間隔に設けられた $(M_x+1) \times (M_y+1)$ 点の節点において解析された変位が求められる。そこで、土留め壁の延長方向に (M_x+1) 列配置された同一列の節点の集合(各測線で (M_y+1) 点の節点データを有する)を測線とみなし、弾塑性法との連携を図って各測線で逆解析および予測解析を実施し、再度3次元計測システムに戻し可視化を行うことで、3次元的な挙動を考慮して情報化施工が可能となる。なお、ここでは逆解析および予測解析に用いる弾塑性法による計算には、設計プログラム「Rainpal-JR」を用いた。本システムの手順を以下に示す。

- ① 3次元計測システムを用いて現時点における土留め壁の変形挙動を解析および評価を行う。
- ② 土留め壁の延長方向に設定した測線(計 (M_x+1) 測線)ごとに、弾塑性法による逆解析を行い、各測線で現状の土留め壁の変位分布に最も適合するような変形を与える地盤ばねの逆解析を行う。
- ③ 各測線において②で求めた地盤ばねを使い、以降の各掘削段階での予測計算を実施する。
- ④ 全測線での予測計算を3次元計測システムへ戻し、各次掘削段階での変形挙動の3次元可視化を行う。

3. 実現場データを用いた適用事例

実際の施工事例(図-2参照(詳細は文献2))を用いて、本システムの適用性について検討を行った。検討は次の2ケースについて実施した。

ケース①: 自立時(1次掘削完了時)の逆解析を行い、得られた地盤ばね定数を用いて、2次および3次掘削終了時の解析を行う。

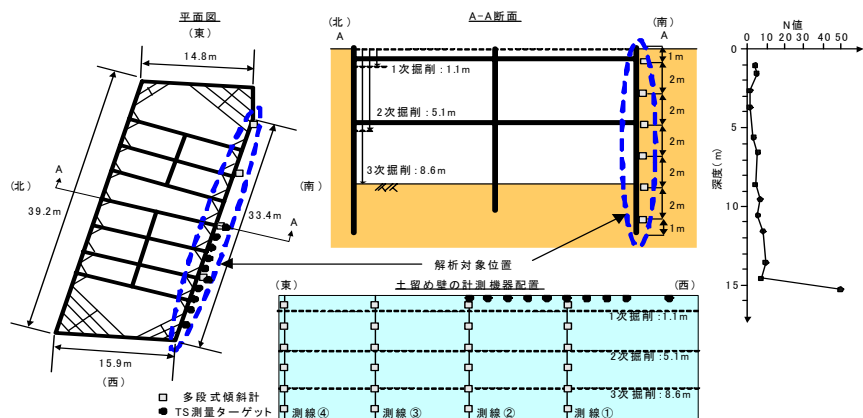


図-2 現場概要

キーワード 情報化施工, 弾塑性法, 3次元, 可視化

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

ケース②：2次掘削までの逆解析を行い、得られた地盤ばね定数を用いて、3次掘削終了時の解析を行う。

逆解析・予測解析により求められた各次掘削完了時の変位の深度分布を図-3に示す。表-1はケース①および②で逆解析によ

り求めた水平地盤反力係数である。なお、結果はいずれも図-2に示した測線①のものである。設計で得られた変位と比較して実測値の方が小さ

かったことから、両ケースともに設計時よりも逆解析で求められた水平地盤反力係数の方が大きい。ケース①で逆解析により求められた水平地盤反力係数は、自立時（1次掘削終了時）のデータを用いて評価しているため比較的浅い深度で設計値よりも大きくなっているが、深い深度ではそれほど大きな値とはなっていない。2次掘削終了時および3次掘削終了時において、設計計算と比べ予測解析の方が実測値に近い変形モードに改善されている。しかし、実測値に比べて予測計算の方がまだ大きな値となっている。ケース②では2次掘削完了時に逆解析を行ったため、水平地盤反力係数は6～12mの深度で設計値よりも大きな値となっている。このため、3次掘削終了時の予測解析で求められた変位量は設計と比較して非常に小さな値となり、実測値と概ね整合している。

図-4に3次掘削終了時における、計測結果、設計計算結果およびケース①、②での予測解析による土留め壁の変形をそれぞれ3次元計測システムにより可視化した結果を示す。計測結果((a))と比べると、設計計算結果((b))では変形モードや変位量が大きく異なっている。一方、(c)、(d)の予測解析では変形モードや変位量が計測結果((a))に近づいており、特に2次掘削データを考慮したケース②((d))では非常に実測値に近い値となっており、面的な挙動予測の評価が実施可能であることが分かる。このように施工に応じて予測される変形が3次元的に予測可能であることから、従来は任意断面により一義的に実施していた支保工等の部材の変更や施工方法の検討などを3次元的に進められ、より経済的、合理的なものとする事ができる。

4. まとめ

弾塑性法による解析と3次元計測システムとの連携による3次元的な情報化施工について検討を行った。実際の事例により解析から3次元的な挙動予測が可能であり、より適切な情報化施工の実施を示すことができた。

参考文献 1)王寺秀介, 大西徹夫, 松丸貴樹, 田中祐二: 地盤構造物を対象とした計測データの3次元評価システムの構築, 第46回地盤工学研究発表会, 2011. 2) 久島敏靖, 小泉秀之, 栗山亮介, 小島謙一: 架道橋に近接した掘削工事に伴う土留め壁の変形挙動の3次元可視化, 第67回土木学会年次学術講演会, 2012

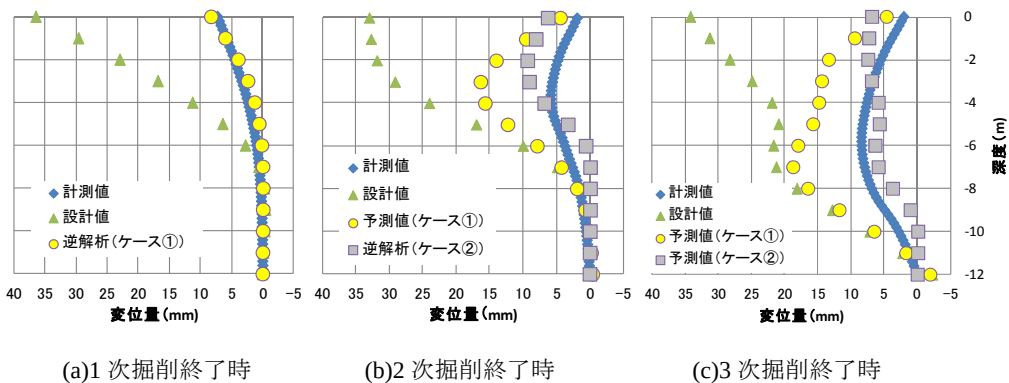


図-3 逆解析・予測解析結果と設計ならびに計測による土留め壁の変位の比較（測線①）

表-1 逆解析により算出した水平地盤反力係数（測線①）

深度 (m)	水平地盤反力係数 (kN/m ³)		
	設計値	ケース①	ケース②
0～1.1	480	—	—
1.1～2.5	2400	240000	—
2.5～3.9	480	5200	—
3.9～5.1	480	24000	—
5.1～6	8400	8400	840000
6～8	8400	8400	840000
8～10	8400	8400	840000
10～12	8400	8400	840000

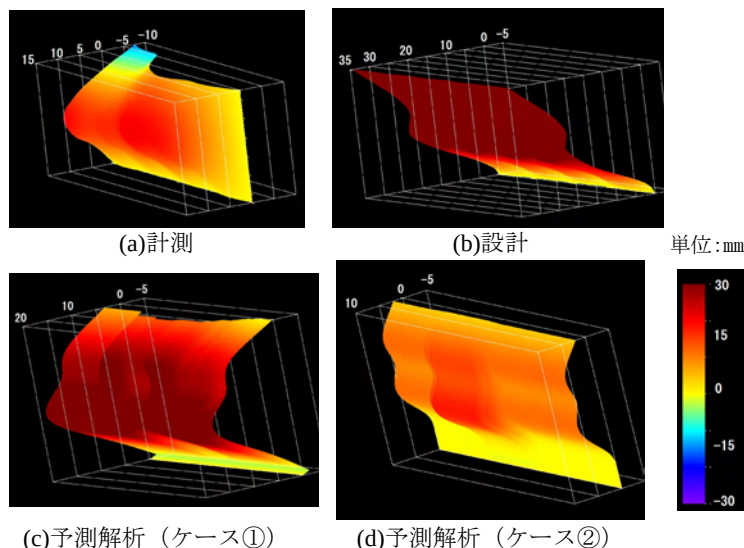


図-4 3次元計測システムを用いた逆解析結果（3次掘削終了時）