

エレメント連続施工における地表面変位予測手法の検討

東日本旅客鉄道（株） 正） ○丸子文之 正） 本田諭 正） 大塚隆人
（公財）鉄道総合技術研究所 正） 仲山貴司 正） 滝川遼

1. はじめに

線路直下を横断する函体新設工事において、地上設備への影響を考慮し、分割した小断面のエレメントを掘進して函体を構築する非開削工法がある。その中の一つである HEP&JES 工法について、エレメントの施工速度を向上させ、工期短縮とコストダウンを図ることを目的に、エレメントを連続的に施工する工法(以下、本工法)を開発し、性能確認試験を行った。本稿では、性能確認試験の計測結果との比較を通して検討した地表面変位量を予測する解析手法について報告する。

2. 工法概要

HEP&JES 工法は到達立坑に設置したけん引設備を盛替えながら 1 本ずつけん引する場合が多い。本工法では、図-1 のように先行エレメントの刃口内部に後行エレメントをけん引できる油圧ジャッキを配備し、到達立坑のけん引設備を増やさずに複数本を同時けん引できる施工法とした。

3. 性能確認試験

3. 1 試験概要

試験概要及び条件は、中村ら¹⁾が実施した性能確認試験を参照とする。

3. 2 地表面変位計測結果

図-2 は後行エレメントの掘進完了後の計測位置での地表面変位量の測定結果(図中の数値)である。全体的に沈下傾向があり、エレメント継手部の沈下が最大となる分布を示した。沈下については、図-3 に示すように刃口通過時の位置よりもエレメント出来形の位置が低くなったことにより、空隙が生じることも要因と考えられる。この沈下は施工精度の影響が大きく、解析で再現することは困難である。最終沈下量から刃口通過位置とエレメント出来形の差分(縦線)を重ね合わせたものである。解析キーワード 線路下横断構造物、施工試験、数値解析

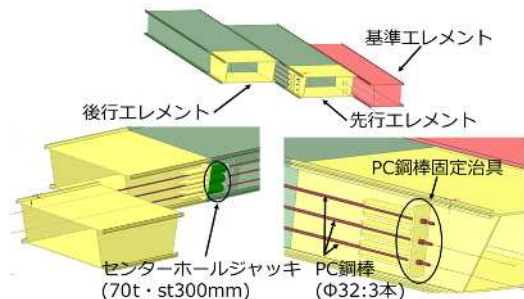


図-1 開発工法のイメージ

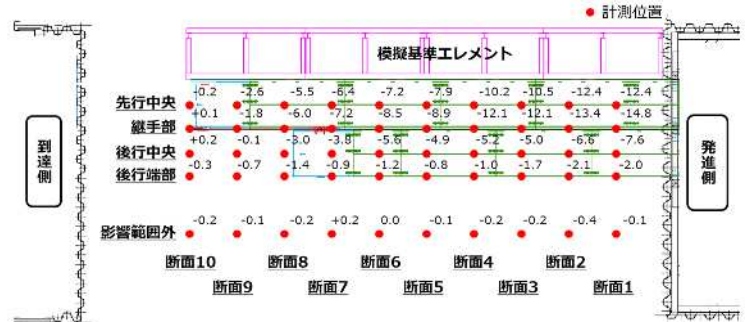


図-2 地表面計測結果

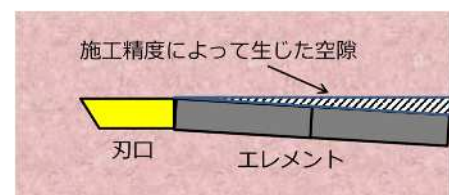


図-3 施工精度による沈下のイメージ

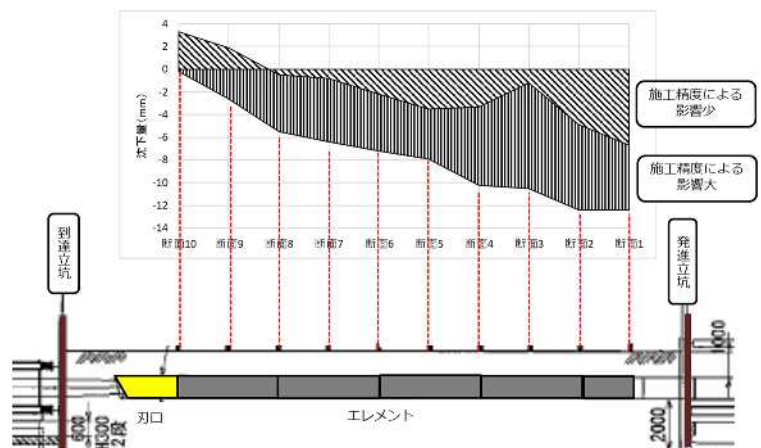


図-4 掘削と施工精度に起因する沈下量の関係

は斜線部分の沈下量を対象として検討した。

4. 解析手法の検討

図-2 の地表面変位量について、断面 1～10 のエレメント横断方向の地表面変位量に着目すると、ど

の断面も後行エレメント直上よりも先行エレメント直上のほうが沈下量は大きい。これは、本試験を模擬した土槽実験において、先行エレメント刃口通過時は直上にグラウンドアーチ²⁾が形成され、後行エレメント掘進時に消失する挙動が確認されていることから、先行エレメント直上の沈下の進行は、このグラウンドアーチの変化が影響していると推測される。

トンネル掘進時の地表面変位を予測する場合、一般に掘削断面を2次元平面ひずみ要素でモデル化し、掘削箇所掘削相当外力を作用させる解析手法が用いられる。この掘削相当外力は、実際の沈下を安全側に包含できることに配慮しつつ、初期地盤内応力と等価な掘削境界節点力に応力解放率を乗じて求められる。この応力解放率に着目し、後行エレメント掘削時の先行エレメントへの影響を考慮した解析手法を検討した。

図-5に二次元弾性FEMによる施工段階解析の解析ステップ、表-1に解析条件を示す。解析モデルは地盤を弾性地盤、エレメントを梁要素とし、モデルの大きさはエレメント下から $2D$ (D ：エレメント高さ)、横幅をエレメント両端から $2W$ (W ：エレメント幅)で設定した。解析ステップは、STEP1が先行エレメント、STEP2以降が後行エレメントの掘進を表現している。具体的には、先行エレメントの位置に、刃口通過時の沈下量と整合性のある応力解放率20%の掘削相当外力を与え(STEP1)、次に、後行エレメントの位置に同様の掘削相当外力を与えると同時に、後行エレメントの掘削に伴う先行エレメントへの影響を考慮するため残留応力の40%を解放する(STEP2)。最後に、エレメント要素の挿入とそれぞれの残留応力40%と80%の解放を行う(STEP3)。

後行エレメントが到達した断面1～6の掘削に起因した沈下量と解析結果を図-6に示す。計測結果と比較すると、解析結果は、先行エレメント側の沈下量が大きくなる傾向を示し、計測結果を安全側に包含している。このことから本工法の沈下量もトンネルで一般的に用いられる解析手法を改良することで予測可能なことを確認できた。

5. まとめ

新たな施工法を対象として地表面沈下量を予測できる解析手法を検討した。今後は現場計測等との比較検証を進めていきたいと考えている。

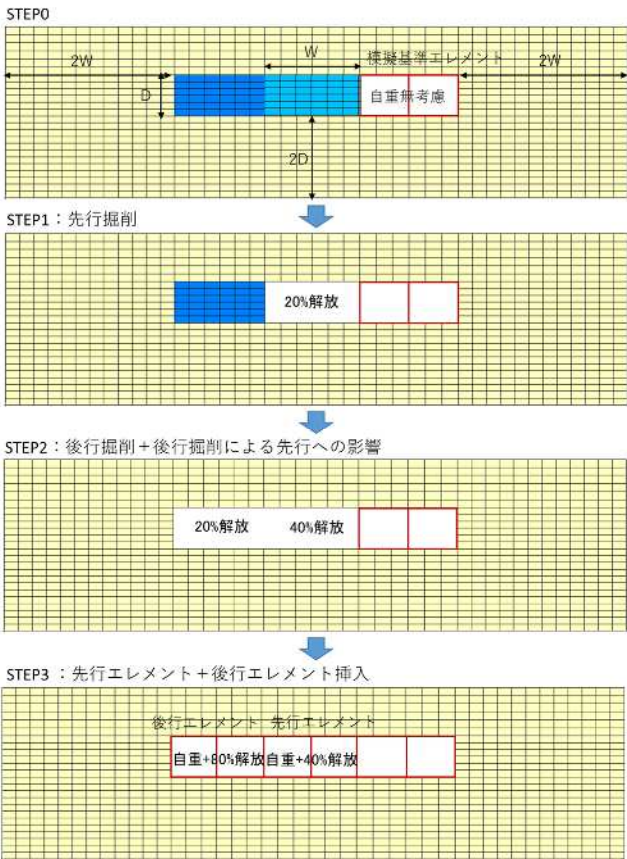


図-5 施工試験の解析ステップ

表-1 施工試験の解析条件

地盤	変形係数 (MN/m ²)	15
	ポアソン比	0.33
	単位体積重量 (MN/m ³)	14.9
エレメント	変形係数 (MN/m ²)	200000
	ポアソン比	0.33
	単位体積重量 (kN/m ³)	77
	厚さ (mm)	16

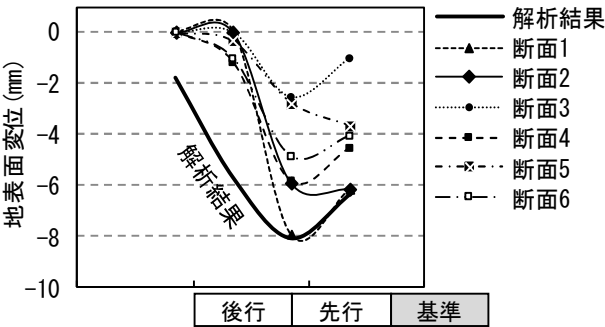


図-6 施工試験と解析結果

参考文献

1) 中村征史他：施工速度向上を目指したエレメント施工法の開発（その2）、土木学会全国大会第75回年次学術講演会、2020.9

2) 岡野法之：エレメント推進・けん引工法の緩み土圧算定法、第241回鉄道総研月例発表会講演要旨、2011.1