

小口径推進工法の施工に伴う地表面変位

JR 東日本 正会員 ○大塚 隆人
 JR 東日本コンサルタンツ 正会員 山本 忠
 JR 東日本コンサルタンツ 正会員 青山 貴洋

1. はじめに

推進工法による線路下横断工事では、軌道への影響を事前に予測し、列車の運行に支障がないよう施工計画に反映して工事を進めていく必要がある。本稿では、小口径推進工法の掘削に伴う軌道影響を把握するため、工事の実績により推進管の掘進時および掘進後の軌道変位について確認を行い、影響解析と比較したので報告する。

2. 検討対象および実績

表 1 施工条件

	Case1	Case2	Case3
管 No.	No.1, 2, 3	No.4	No.5, 6
軌道条件	複線・バラスト軌道		
掘削径 D	300 mm		
施工本数	3 本	1 本	2 本
土被り H	上り : 3.5D 下り : 3.1D	上り : 10.4D 下り : 10.0D	上り : 9.5D 下り : 9.2D
施工延長	13.3 m/本	13.3 m	14 m/本
施工時間帯	夜間	昼間	夜間

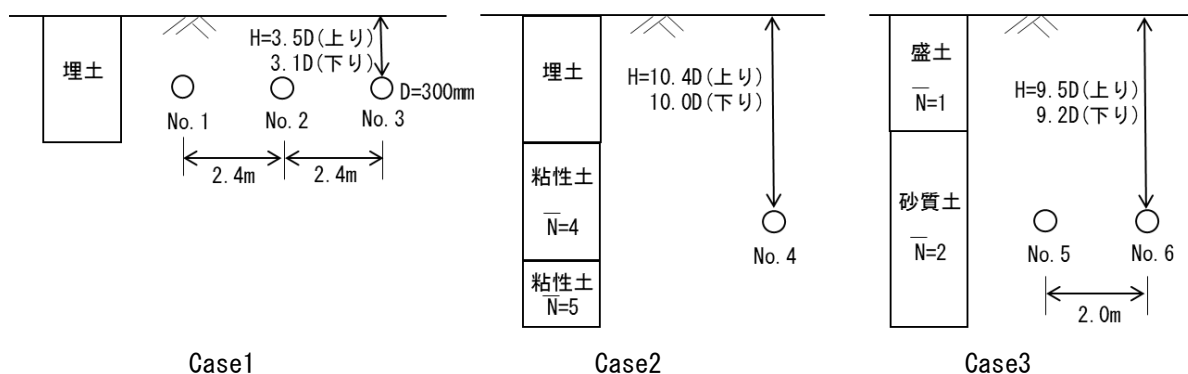


図 1 推進位置と地質の関係

対象としたのは径 300mm の小口径推進工法で、表 1 に施工条件、図 1 に推進位置と地質の関係を示す。土被りは概ね 3D と 10D で、いずれも複線を横断し、全て二行程方式で施工している。推進工事による軌道影響を、本管掘進（二行程目）による掘進時および掘進後の軌道変位（10m 弦）で確認することとした。軌道変位は、自動計測器による計測結果を用いて、本管掘進前を 0mm とし、隆起方向を＋、沈下方向を－で表す。

掘進時の影響を、掘進開始から本管が到達側土留めに達するまでの軌道変位で確認した。図 2 に、No.6 について施工延長を推進時間で按分したものを推進位置とし、上・下各線の軌道変位とのおおよその関係を表すが、計測器には若干変位が示されるものの、目立った動きは見られなかった。また、全ての Case で、掘進時の軌道変位は±0.1mm 以内と小さいものであった。

掘進後の影響については、掘進時を含め 1 週間程度の間に表れる軌道変位の推移を確認することとし、図 3, 4 に、

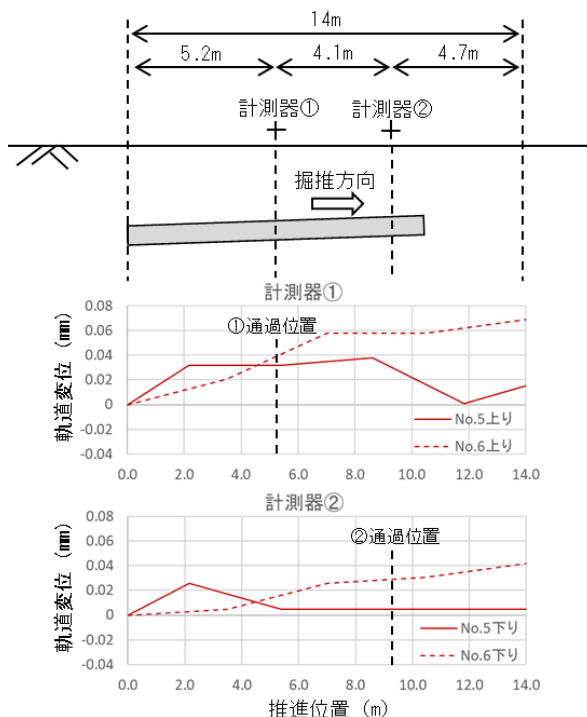


図 2 掘進時の推進位置と軌道変位 (Case3)

キーワード 小口径推進, 軌道変位, 解析

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目 2 番 6 号 東日本旅客鉄道株式会社 TEL 03-6276-1251

各管直上の計測結果のうち、値の大きい方を示した。

Case1, 2 では、掘進時にはほとんど変位が見られなかったものが、図3のように一部の管で掘進後に沈下していき、数日後に収束する動きが見られた。これは、掘進の際に発生した緩み等が列車振動により締め固められ沈下したものと推測される。Case3 は、No.5 施工後、近接影響の範囲内で他の推進工事を施工したもので、図4に上り線の結果を示す。

No.5 は、推進後数日間は比較的変位が安定していたが、No.6 の掘進後はその影響を受け、沈下していった。なお、多少隆起方向に変位する計測値があるが、10m 弦による管理のため、隣接の計測点が下がったことによる見かけの変位であり、実際に隆起が生じたものではないと考えられる。

4. 影響解析との比較

影響解析は、有限要素法による2次元弾性解析で行った。解析モデルを図5、解析条件を表2に示す。ポアソン比の相違は解析結果に与える影響が小さく $\nu=0.45$ (非常に柔らかい粘性土相当)とし、応力解放率は $\alpha=40\%$ と設定した¹⁾。

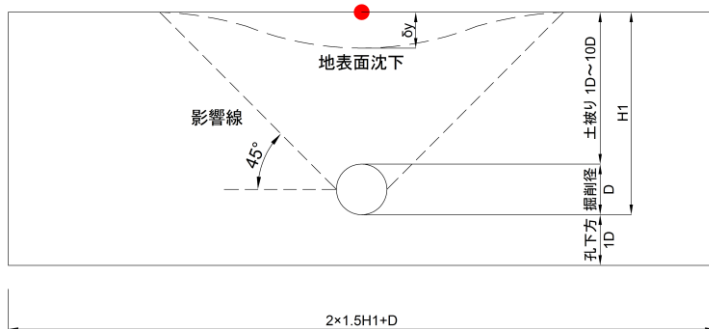


図5 解析モデル

● 計測点

解析結果を図6に示す。グラフの横軸は土被りを掘削径で正規化し、縦軸は地表面の沈下量を10m 弦に換算している。解析では、土被りが大きいほど変位量は小さくなり3Dで-0.36mm、10Dで-0.24mmとなった。

計測値との比較では、掘推時の軌道変位は $\pm 0.1\text{mm}$ 以内と解析ほどの変位は生じていない。図6にNo.1~4は掘進時含め7日後、No.5とNo.6はそれぞれ後続推進工事影響前の4日後と2日後の計測値を合わせて記載したが、No.2下り、No.4下り、No.6上りのように、解析に近い値を示すものもあり、掘進後の沈下を考慮することにより、計測値と影響解析とで整合が見られるようになった。

5. まとめ

推進工法の施工時の地盤の緩み等が列車振動を受け軌道沈下として計測値に現れる状況を確認し、影響解析との整合も見られた。施工の影響は、他にも支障物の押上げ、土砂の引き込み過多と様々あり、特に土被りが小さいと隆起や陥没といった形で地表に表れやすく、軌道影響に十分配慮して施工することが重要となる。

参考文献

1) 青山 他：小口径推進工法の掘削に伴う地表面沈下の解析的検討，土木学会第73回年次学術講演会，2018.8

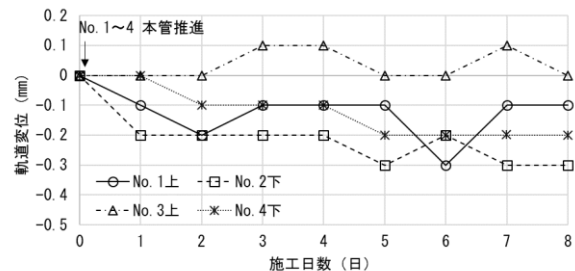


図3 掘進後の軌道変位 (Case1, 2)

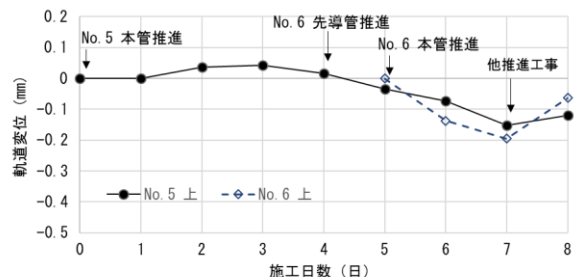


図4 掘進後の軌道変位 (Case3)

表2 解析条件

解析手法	2次元 FEM 弾性解析
解析 STEP	STEP 1: 初期応力解析 STEP 2: 掘削解析
上載荷重	軌道重量 + 列車荷重 ($10\text{kN/m}^2 + 25\text{kN/m}^2$)
境界条件	側面: STEP1 鉛直フリー STEP2 固定 底面: 固定
地層構成 (単一層)	N 値=2 単位体積重量 $\gamma=14(\text{kN/m}^3)$ 変形係数 $E=5(\text{MN/m}^2)$ ポアソン比 $\nu=0.45$
掘削径	$D=300(\text{mm})$
土被り	$H=3D, 5D, 10D$
応力解放率	$\alpha=40\%$

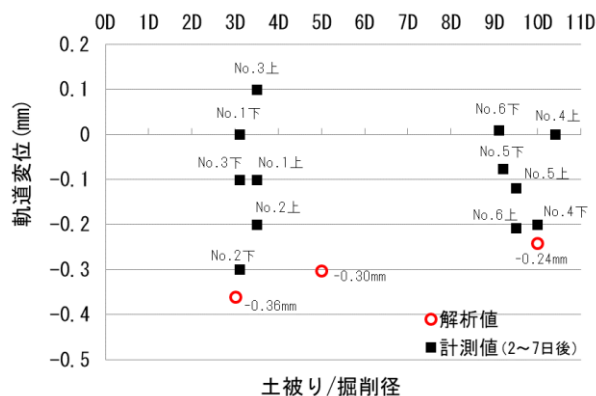


図6 土被りと軌道変位の関係