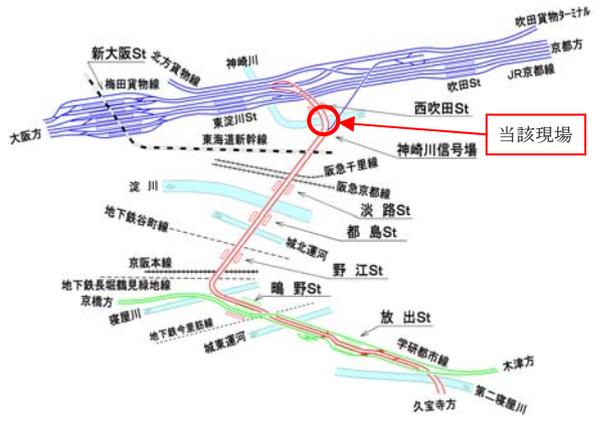


営業線に近接した鋼矢板引抜に伴う軌道沈下量の予測

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○森川 達也
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 猿渡 隆史
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 相原 修司

1. はじめに

おおさか東線は、南区間の放出駅～久宝寺駅間が平成20年3月に開業し、現在は残る北区間（新大阪駅～放出駅間）の建設を鋭意進めている（図-1）。このうち、神崎川信号場～鳴野駅は既存の城東貨物北線の腹付線増区間のため、仮土留工の施工を必要とする箇所が多い。これらの仮土留は、営業線に非常に近接しているため、特に鋼矢板引抜に伴い軌道変状を生じさせる可能性が高い。しかし、鋼矢板引抜時の周辺地盤や軌道沈下量の挙動、あるいは現場対策の効果について、詳細な数値解析に基づく知見はほとんどない。そのため、現場管理においては、軌道変状の発生、あるいは変状の進行に追従して軌道整備を行うなど、発主主義的管理となっているのが実情である。



そこで本稿では、営業線に近接して鋼矢板を引抜く構造物を対象に、FEM解析により軌道沈下量を予測するとともに、現場対策に着目した感度分析を行う。

図-1 おおさか東線路線図(新大阪駅～放出駅)

2. 対象構造物

対象構造物は、神崎川橋りょう A1 橋台とする。本構造物は神崎川信号場で分岐するおおさか東線の曲線トラス橋の橋台であるため、既存の城東貨物北線に近接して鋼矢板による仮土留を行う。軌道中心と鋼矢板との離隔は4.2mであり、厚さ15.6mmのIV型鋼矢板を根入れ16mの深さに打設する計画である（図-2）。

3. 解析手法

地盤物性をはじめ、詳細な条件設定の下、引抜時の周辺地盤の状況を表現することにより、実現象に即した変位量を予測する（図-3）。設計標準¹⁾²⁾により算出した地盤定数と解析の諸条件を表-1に示す。なお解析に際しては鋼矢板相当の空隙量を発生させることで鋼矢板の引抜を表現する。



図-2 神崎川橋りょう A1 橋台

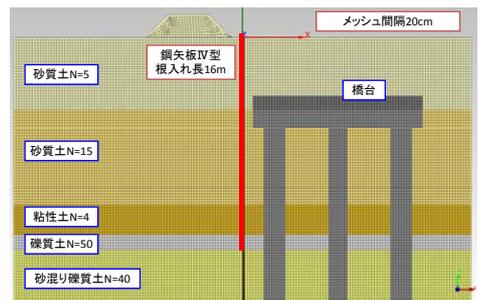


図-3 解析モデル

表-1 解析に用いる地盤定数と解析条件

地層	厚層(m)	種別	N値	単位体積重量(kN/m ³)	水中単位体積重量(kN/m ³)	内部摩擦角(deg)	粘着力(kN/m ²)	ポアソン比	変形係数(kN/m ²)
1	5.40	砂質土	5	17	7	30	0	0.3	7,692
2	7.20	砂質土	15	18	8	34	0	0.3	23,077
3	2.20	粘性土	4	17	7	0	25	0.4	12,308
4	1.20	礫質土	50	20	10	41	0	0.3	76,923
5	3.70	砂混り礫質土	40	20	10	38	0	0.3	61,538

・解析条件
 全応力解析
 ・地盤の非線形特性
 Mohr-Coulomb model
 ・境界条件
 全方向固定(底面・橋台)、水平固定(側面)
 ・使用ソフト
 Soil Plus 2014

キーワード 営業線近接、仮土留、軌道変状、FEM 解析

連絡先 JR 西日本 大阪工事事務所 おおさか東線南工事事務所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20 中央ビル7F TEL 06-6390-2071

4. 解析結果と考察

解析結果として図-4 に鋼矢板引抜後の地盤の鉛直変位を示す。軌道中心における鉄道盛土天端の鉛直変位は $\delta_0 = 9.5\text{mm}$ である。この変位が全て軌道変位に現れると仮定すると、軌道整備のみならず砂締め等の現場対策が必要となる。

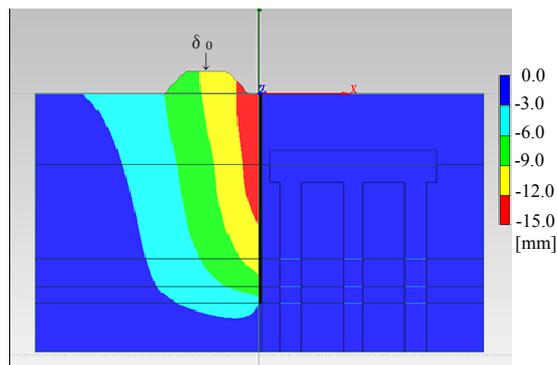


図-4 鋼矢板引抜時の解析結果

次に、これを無対策の基本ケースとし、現場対策として砂締めに着目した感度分析を行う。解析は、鋼矢板引抜後の砂締め深さに着目し、砂締め深さ $L=4\text{m}$ 、 8m 、 12m の3 ケースを想定した。なお、砂締めに使用する砂については、現場においては十分な締固めができないことを勘案し N 値 5 の地層 No.1 と同等と仮定した。解析においては、鋼矢板相当の空隙量を発生させるとともに、その空隙を砂に置き換えることにより砂締めを表現した。解析結果を図-5 に示す。それぞれのケースにおける軌道中心における鉄道盛土の鉛直変位は、 $\delta_a = 4.1\text{mm}$ 、 $\delta_b = 1.2\text{mm}$ 、 $\delta_c = 0.3\text{mm}$ であり、深くまで砂を充填するほど軌道沈下量を抑制することができることがわかる。また、いずれのケースも充填できていない箇所付近で変位量が最大となり、そこを中心に変位が伝播していく傾向にある。つまり、地表面においては矢板近傍よりもむしろある程度離れた箇所の方が、変位量が大きく、軌道と矢板の離隔が小さいほど砂締めの効果は大きいといえる。

解析結果を図-5 に示す。それぞれのケースにおける軌道中心における鉄道盛土の鉛直変位は、 $\delta_a = 4.1\text{mm}$ 、 $\delta_b = 1.2\text{mm}$ 、 $\delta_c = 0.3\text{mm}$ であり、深くまで砂を充填するほど軌道沈下量を抑制することができることがわかる。また、いずれのケースも充填できていない箇所付近で変位量が最大となり、そこを中心に変位が伝播していく傾向にある。つまり、地表面においては矢板近傍よりもむしろある程度離れた箇所の方が、変位量が大きく、軌道と矢板の離隔が小さいほど砂締めの効果は大きいといえる。

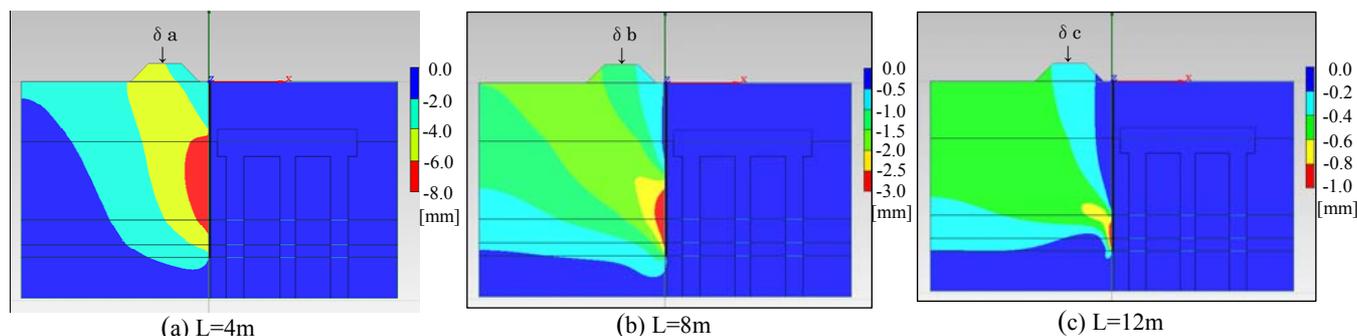


図-5 砂締め深さに着目した感度分析

さらに、正規化した砂締め深さ L と鉛直変位 δ との関係を図-6 に示す。砂締め深さが浅い箇所ほど鉛直変位の減少割合が大きいことがわかる。すなわち、生じた空隙をすべて砂により充填することは現実的には困難であるものの、鋼矢板の根入れ長の $1/4$ 程度の充填でも十分に軌道沈下の抑止効果を期待できる。そのため、現地では浅い箇所であっても、念入りに砂締めを実施することが重要であると考えられる。

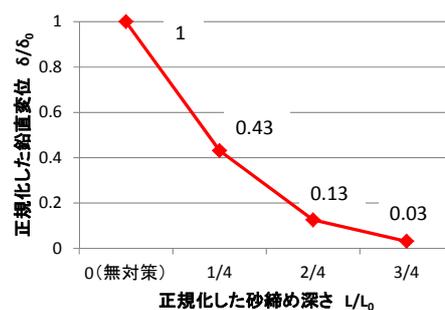


図-6 砂締め深さと鉛直変位との関係

5. おわりに

本検討では、営業線に近接した鋼矢板の引抜による周辺地盤の挙動をモデル化し、軌道沈下量を予測することにより、現場での対策を必要とするほどの変位が生じることを確認した。さらに、対策として空隙への砂締めに着目し、充填深さをパラメータとした感度分析を実施し、特に浅い箇所における砂締めの重要性を示した。

今後の展望としては、現地計測値と解析値との比較によりモデルの再現性を評価するとともに、軌道変状のメカニズムを分析し、より現況再現性の高い解析モデルへの拡張を図っていく。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，2012。
- 2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 土留め構造物，2012。