

シールドトンネル等の施工時における 近接影響把握の検討に関する一考察

増田 一喜¹・小玉 高司²

¹奈良県 県土マネジメント部 道路建設課 (〒630-8501奈良県奈良市登大路町30番地)

²近畿地方整備局 奈良国道事務所 (〒630-8115奈良県奈良市大宮町3-5-11) .

大和北道路（奈良北IC（仮称）～奈良IC（仮称））は、奈良市歌姫町から奈良市八条三丁目を結ぶ6.1kmの高規格道路であり、計画延長のうち約4.0kmのシールドトンネル区間、約0.5kmの開削トンネル区間が計画されている。それらのトンネル区間のなかでも南側立抗付近ではJR関西本線（奈良・郡山間）高架化、新駅設置事業などが予定されているなど、近接箇所では複数の工業者が稼働している状況。

本稿ではそのような限られた作業エリアの中で、新たに整備される鉄道施設に対してシールドトンネル等の施工時にどのような影響を及ぼすのかを考察したものである。

キーワード 大和北道路、シールドトンネル、開削工事、近接影響検討

1. はじめに

大和北道路は京奈和自動車道の一部で、京奈道路の木津IC付近から西名阪自動車道までの区間の延長約12.4kmの高規格道路である。

平成21年3月に奈良IC（仮称）～郡山下ツ道JCT間（延長6.3km）が事業化され、平成30年4月には奈良北IC（仮称）～奈良IC（仮称）間（延長6.1km）が事業化されるとともに、大和北道路全線において、公共事業と有料道路事業との合併施行方式にて事業が行われることになった。

大和北道路（奈良北IC（仮称）～奈良IC（仮称））の区間には約4.0kmのシールドトンネル区間、約0.5kmの開削トンネル区間が計画されている。

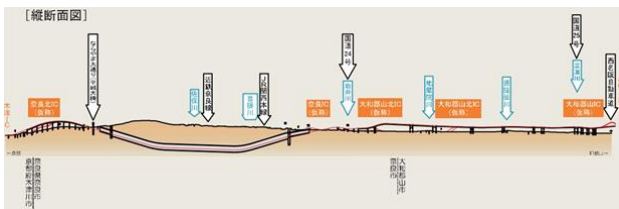


図-1 大和北道路 縦断面図

更に奈良IC（仮称）周辺では、シールドトンネル南側立抗及び開削トンネル、JR関西本線（奈良・郡山間）高架化、新駅設置事業、都市計画道路 西九条佐保線の整備事業、奈良市のまちづくりなどが狭隘な作業スペースの中で同時に行われている状況である。また、シールド

トンネルには立抗やそこに繋がる開削トンネルがあり、非開削工法のシールド区間より、開削工法の立抗や開削トンネルの施工時に与える影響が課題となっている。

本稿では奈良IC（仮称）周辺の中でもシールドトンネル（開削トンネル含む）と最も近接するJR関西本線（奈良・郡山間）高架化事業に対して近接施工影響解析を行い、その解析結果について考察したものである。

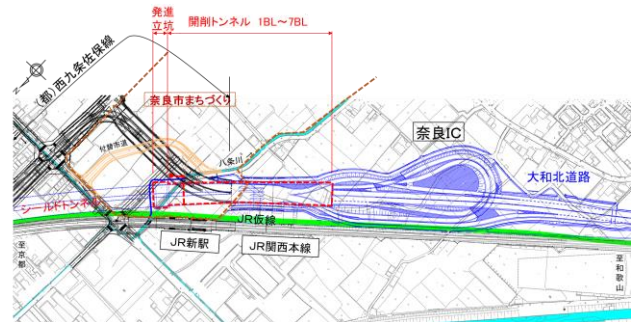


図-2 奈良IC（仮称）周辺 計画平面図

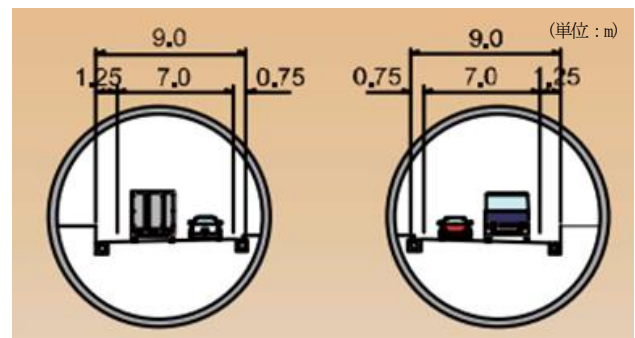


図-3 シールドトンネル 標準断面図

2. JR関西本線への影響検討について

(1) 検討概要

JR関西本線（奈良・郡山間）高架化事業とは、JR関西本線奈良駅～郡山駅間（奈良市大森町～八条4丁目）の踏切による交通渋滞や踏切付近における交通事故、鉄道による市街地の分断などの課題が顕在化していることから、4箇所の踏切を除却し、鉄道と道路を立体交差化することで交通の円滑化や通行の安全性を図るとともに新駅を設置し奈良県有数の交通結節点となることを期待し、整備を進めている事業である。

新駅の設置及び線路の高架化を行うに伴い、運航路線を既設線路から仮線に移す必要があるが、事業用地が狭隘なため、仮線設置を既設線路の東側（奈良IC（仮称）側）に移すしかなく、大和北道路シールドトンネルの南側立抗及び開削トンネルに近接する状況である。

(2) 解析内容

シールドトンネル南側立抗及び開削トンネルがJR仮線に与える影響を定量的に把握することを目的に、2次元FEMによる影響解析を図-4に示す3断面で実施した。

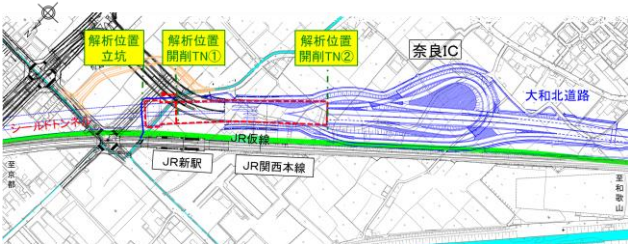


図-4 近接影響解析実施 位置図

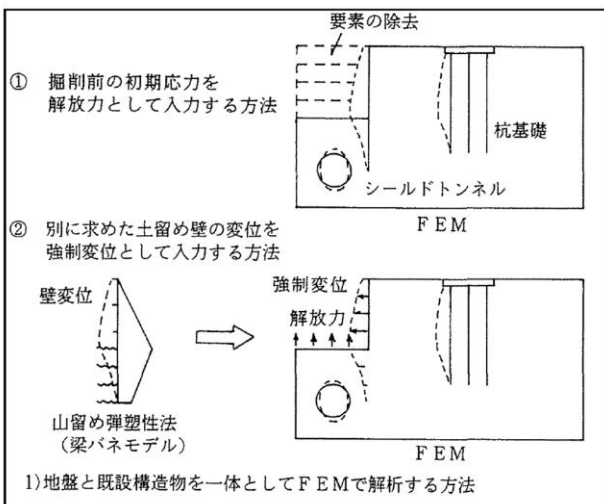


図-5 既設構造物の挙動の予測方法の例1)

開削工事に伴う近接影響検討は、弾塑性法により求めた土留め壁の変位を2次元FEMモデルに強制

変位として入力し、地盤の変状を予測する方法により行った。

(3) 解析結果

開削TN②の断面で影響解析を行ったところ、軌道左側（仮線下り）の水平変位は-24.2mm、鉛直変位は-4.3mm、軌道右側（仮線上り）の水平変位は-18.2mm、鉛直変位は-2.5mmと水平変位の値が大きい結果となり、JR西日本との協議においても、変位抑制が課題となった。

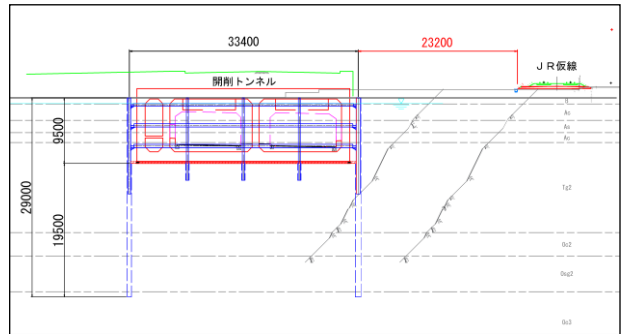


図-6 開削TN② 検討断面

変位抑制のためまず検討したのが土留め工施時の変位抑制である。

あらかじめ軸力を加えることで土留壁の変形を抑制するプレロードを切梁、盛替梁全段に対して50%導入する、土留壁（SMW）の芯材ランクアップ等の対策を行った場合、変位をどの程度、抑制できるか確認したところ、軌道左側（仮線下り）の水平変位は2.8mm、鉛直変位は0.5mm、軌道右側（仮線上り）の水平変位は2.6mm、鉛直変位は0.5mmと、当初の水平変位から軌道左側（仮線下り）で21.4mm、軌道右側（仮線上り）で15.6mmの抑制をすることができた。

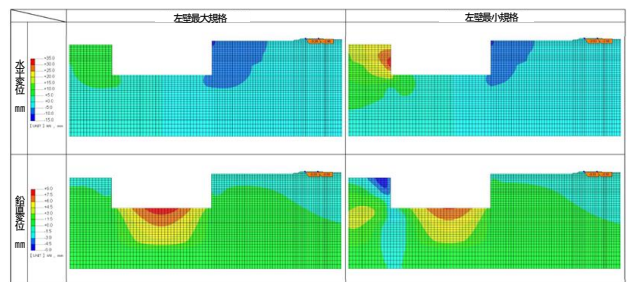


図-7 開削TN② 検討断面の解析結果

掘削する深さが図-6より深くなり、JR仮線に与える影響が大きくなると想定される開削TN①についても開削TN②と同様、土留変位抑制対策を検討したが、プレロードを切梁、盛替梁全段に対して50%導入、支保工段数の増加（一部2mピッチに切梁・腹起し設

置), 土留壁 (SMM) の芯材ランクアップ (最大部材) などの対策をモデルに組み込んで解析を行ったが図-6断面と同程度までの変位抑制には至らなかった。

その他の仮設工法での対策も検討したが, 作業スペースの不足等の要因もあり, これ以上の対策を講じることは現実的ではなかったため, 掘削底面を薬液注入による地盤改良することで, 水平変位の変位量の抑制を試みた。

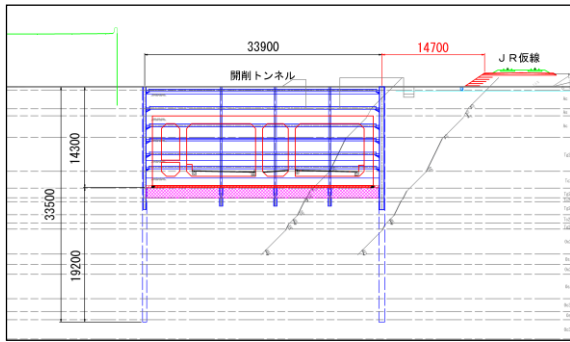


図-8 開削TN① 検討断面

その結果, 底盤改良有り無しでは軌道左側 (仮線下り) の水平変位は2.6mm, 軌道右側 (仮線上り) の水平変位は2.9mm変位量を低減することができた。

-21.9mm, 鉛直変位は-5.9mm, 軌道右側 (仮線上り) の水平変位は-22.3mm, 鉛直変位は-7.6mmと開削TNの変位量と比較しても水平変位, 鉛直変位ともに変位量が大きい結果になってしまった。

モデルの現地条件を再度確認している中でJR仮線の構造が橋梁であることに気づき, JR仮線の下部工の抵抗力 (鉛直力) を考慮してみた。鉛直力は下部工を支点とした片持ち梁に見立てFEM解析結果から得られる変位より逆算した。

そのモデルで改めて解析を行ったところ, 土留め工の変位抑制対策として, プレロードを切梁,

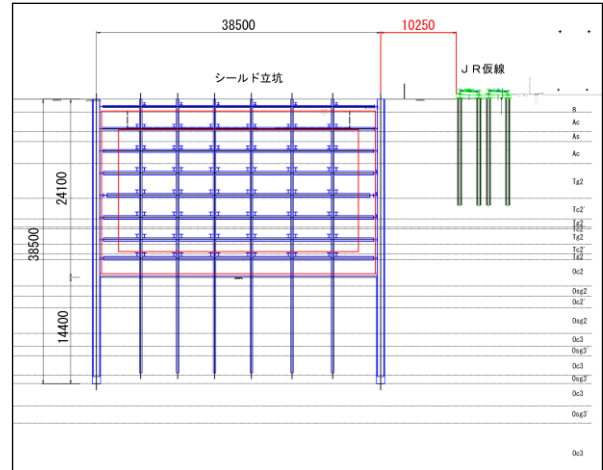


図-10 南側立坑検討断面

	底盤改良無し		底盤改良有り	
	水平変位 δx (mm)	鉛直変位 δy (mm)	水平変位 δx (mm)	鉛直変位 δy (mm)
軌道左 (仮下り本線)	5.0	1.8	2.4	0.2
軌道右 (仮上り本線)	5.1	1.9	2.2	0.3

表-1 開削TN① 検討断面の変位量

盛替梁全段に対して50%導入, 壁体施工方法 (TRD工法) で適用可能な最大剛材を適用するなどの対策は必要であったものの, 底盤改良は行わず, 軌道左側 (仮線下り) の水平変位は-1.8mm, 鉛直変位は3.9mm, 軌道右側 (仮線上り) の水平変位は-2.7mm, 鉛直変位は1.3mmと開削トンネルと同程度の変位量に低減することができた。

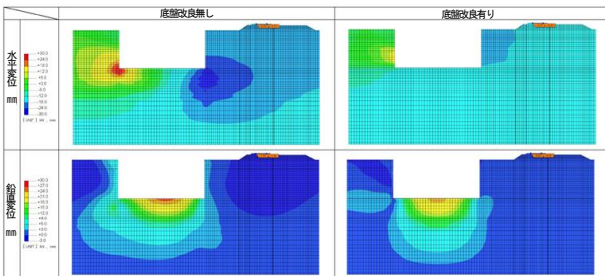


図-9 開削TN 検討断面①解析結果

	リバウンドによる影響		土留め変位による影響		リバウンド+土留め変位による影響	
	水平変位 δx (mm)	鉛直変位 δy (mm)	水平変位 δx (mm)	鉛直変位 δy (mm)	水平変位 δx (mm)	鉛直変位 δy (mm)
軌道左 (仮下り本線)	7.0	4.4	-8.8	-0.5	-1.8	3.95
軌道右 (仮上り本線)	6.4	3.1	-9.1	-1.8	-2.7	1.3

表-2 南側立坑の変位量

今回解析した3断面の中で最も苦労したのが南側立坑の解析である。掘削深さが最も深く, JR仮線にも最も近接する南側立坑については, 仮設工法の検討, 底盤改良などの対策をモデルに反映し検討を行ったが, 軌道左側 (仮線下り) の水平変位は

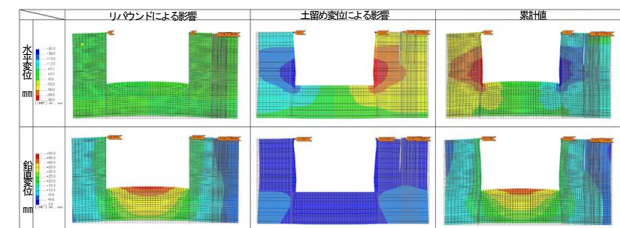


図-11 南側立坑解析結果

3. 考察

本稿ではシールドトンネル施工時にJR関西本線に与える近接施工影響を抑える一例を紹介したが、今回検討した対策以外にも近接影響の対象との間に影響遮断壁を設ける等、影響を低減する方法は多岐にわたり存在する。

影響解析を行うにあたり、周辺の現場状況をいかに正確に把握し、解析モデルに反映することが重要であり、今回の検討も結果が出るまでに何度も解析モデルの条件設定を調整し少しずつ現場条件と一致するようトライアルを行った。特に奈良IC（仮称）周辺のような複数の開発事業計画が並行して進んでいる現場においては、十分な作業スペース確保が困難な上、各事業の工事工程の調整が必要であり、対策工法も限定されるため、対策工法選定にあたり大変苦慮した。今回、紹介した対策が、別の現場状況にそのまま適用できるとは限らないが、本現場での対策としては最も効果的かつ工事への影響も少ない対策であると自負している。

大和北道路のシールドトンネルが計画されるルート上には、JR関西本線以外にも近接する構造物が存在し、管理者と近接協議が必要なため、今回の解析手法・結果を参考に各現場の周辺状況を正確に把握し、的確な影響解析を行い実現性のある効果的な工法を採用してまいりたい。

巻末：本稿は従前の配属先である奈良国道事務所における所掌内容を課題として報告したものである。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社：「近接工事設計施工マニュアル」2016年10月