

鉄道山岳トンネルの近接施工による影響把握のための長期モニタリング計画

株式会社シーエス・インスペクター

正会員

○猪木勇至

窪田勇輝

福本哲也

南海電気鉄道株式会社

非会員

大野和久

1. はじめに 自治体が施工する一般国道バイパス工事では、並走する一般国道へ接続する取り付け道路の建設が併せて計画された。この取り付け道路工事においては、図-1に示すように一部の区間が鉄道山岳トンネルと立体交差する計画となっており、トンネル坑口から約20mの位置において、トンネル天端からの土被り厚が最小で約5mとなる深さまでの切土（近接施工）を伴うことから、鉄道構造物に影響を及ぼす可能性が考えられた。以上より、列車運行の安全を確保することを目的として、近接工事期間前後も含めて約4年間に渡る鉄道山岳トンネルの長期モニタリングを実施したので、その結果を報告する。

2. 周辺地質およびトンネルの概要 トンネル周辺地質については、中世代（白亜紀後期）の角閃石黒雲母トナール岩、花崗閃緑岩および花崗岩で構成され、トンネル起終点側坑口部については風化岩、トンネル中間部は一部閃緑岩を含む細粒花崗岩となっており、トンネルと道路の交差部は、風化岩に該当する。なお、トンネル土被りについては最大で30m程度である。次にトンネルの概要を表-1に示す。矢板工法により建設された山岳トンネルであり、近接施工箇所については両側側壁導坑先進工法（山側は2段サイロット）により鋼アーチ支保工（H-200@90cm）を用いて掘削され、厚さ70cmのインバートを有し、覆工断面半径が約4.3mの複線トンネルである。本トンネルについては、1979年から長年に亘り供用されているため、覆工にはひび割れが複数確認されているが、そのほとんどが幅1mm以下であり、地圧の作用が疑われるひび割れや顕著な漏水はなく、概ね健全な状態である。

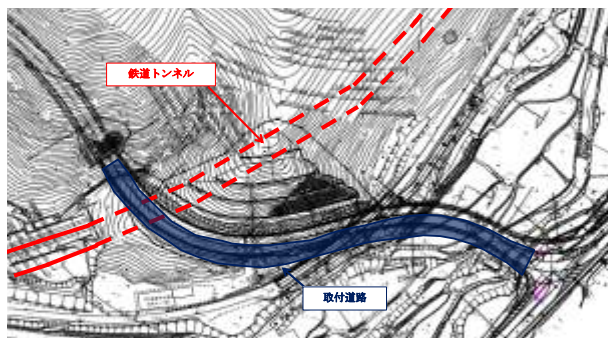


図-1 鉄道とトンネルの交差計画図

3. 想定される変状と対策工事 図-2（既設トンネル近接施工対策マニュアル¹⁾より抜粋）に示すように、一般的にトンネル上部における切土工事では、トンネルに作用する土被り圧が除荷されることによるトンネル全体の浮き上がりや、相対的にトンネルへ作用する側圧が大きくなることによる断面変形が想定され、特に後者においては断面変形により建築限界の抵触やコンクリート片剥落といった列車運行に支障を及ぼす危険性がある。なお、本工事においては道路の位置関係から、切土によりトンネルが起点を背にして右上方向に拡大することが予想された。一方、本トンネルの建設に採用されている矢板工法では、当時の施工技術により覆工背面に空洞が存在する可能性が高く、地山からの反力がないため、切土工事に伴って著しい断面変形が生じることが懸念される。そこで、切土工事に先立ち、覆工背面の空洞調査を実施し、空洞が確認されたアーチクラウン部に高発泡ウレタン注入材を用いた裏込め注入による対策工事を実施した。

表-1 トンネルの概要

延長	463m
断面	複線トンネル (R=4340) / 馬蹄型
施行時期	昭和50年11月 着工 昭和54年 5月 供用開始
施工方法	矢板工法（両側・片側側壁導坑先進工法）
支保工	アーチH-200 (φ70cm, 90cm) / 導坑H-125 (φ90cm)
覆工	巻厚：70cm, 90cm、無筋コンクリート
インバート	一部あり (70cm)

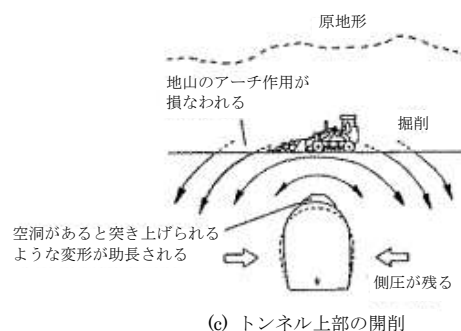


図-2 想定変状の概要図

キーワード 鉄道トンネル、近接施工、常時モニタリング、建築限界、内空変位

連絡先 〒557-0015 大阪府大阪市西成区花園南 2-9-4 シーエス・インスペクター 技術部 TEL 06-6629-8122

4. モニタリングの概要 モニタリングの概要を表-2 および図-3 に示す。計測範囲および計測項目については、既設トンネル近接施工対策マニュアル¹⁾を参考に、道路工事の近接度と施工内容を勘案してそれぞれ策定した。計測断面は4断面(3BL～6BL、約8mピッチ)とし、4BL断面が最も道路工事の近接度が高く、トンネルへの影響が懸念される箇所である。次に、モニタリング方法については自動計測による状態監視とし、許容値は、参考文献1)および鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)トンネル²⁾を基に設定した。なお、この許容値については、切土工事に先立って実施した約10ヶ月間の事前計測より把握した季節変動量も加味している。

5. モニタリング結果 季節変動量の把握を目的に実施した事前計測結果より、各計測項目において、計測値と気温の相関性が確認された。気温の上昇に伴い内空変位については拡大し、ひび割れ幅や覆工目地変位(開き)等については縮小する挙動を示しているが、主に覆工コンクリートの温度伸縮によるものと考えられる。次に、切土工事が施工された期間と事前計測との比較結果のうち内空変位の経時変化を図-4に示す。切土工事の直下にあたる4BLにおいて、同時期の事前計測結果では断面縮小傾向を示していたのに対し、工事期間中においては断面拡大傾向を示した。また、4BLの覆工ひずみについては、側壁部において値の増加が確認された。これらより、トンネル直上部における切土工事による影響を受けて、事前に想定された通りトンネルが右上方向へ伸びるように変形する挙動を捉えることができたものとする。しかしながら、内空変位については最大で約2.0mm程度、覆工ひずみについても最大で約100μ程度の増加であることに加え、覆工アーチ部に設置した亀裂変位計による計測値では、既存覆工ひび割れの幅が切土工事期間中に拡大したことが確認されているが、こちらについても0.1mm～0.2mm程度の変位量であることから、構造物への影響は軽微なものと判断した。また、同じく想定されたトンネル全体の浮き上がり挙動については、トンネル縦断方向に設置した鉛直変位計の計測値も概ね季節変動量程度であり、工事による影響はほとんど見られなかった。

表-2 モニタリングの概要

計測項目	計測器	計測器数量			
		3BL	4BL	5BL	6BL
ひび割れ幅	亀裂変位計	2	2	3	2
目地変位(開き)	継目用亀裂変位計	1	1	1	-
目地変位(段違い)	カンチレバ変位計	1	1	1	-
覆工ひずみ(応力)	光ファイバー	-	7	-	-
内空変位	レーザー距離計	4	4	4	-
縦断方向鉛直変位	水盛沈下計	1	1	1	-
覆工振動	振動計	-	1	1	-
計測期間	事前計測	約10ヶ月	2014年10月～2015年7月		
	本計測	約36ヶ月	2015年8月～2018年7月		
	事後計測	約1ヶ月(予定)	2018年8月		

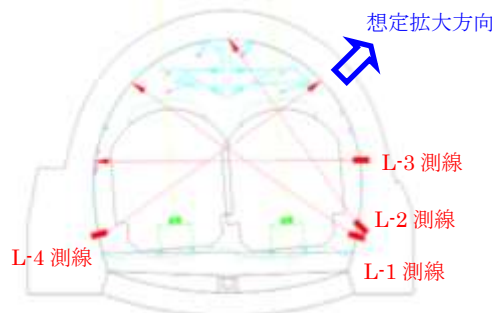


図-3 計測例(内空変位)

5. まとめ (1) 鉄道山岳トンネル直上部における近接工事に対して、各種計測器を用いたモニタリングを実施した。

(2) 内空変位および目地・亀裂の開口幅に関して、事前計測結果より計測値と気温の相関性が確認された。(3) 切土工事に伴い想定される挙動である断面変形(上方への拡大)を精度よく計測することができた。(4) 工事期間中のモニタリング結果より、近接施工の影響が軽微であることが確認された。

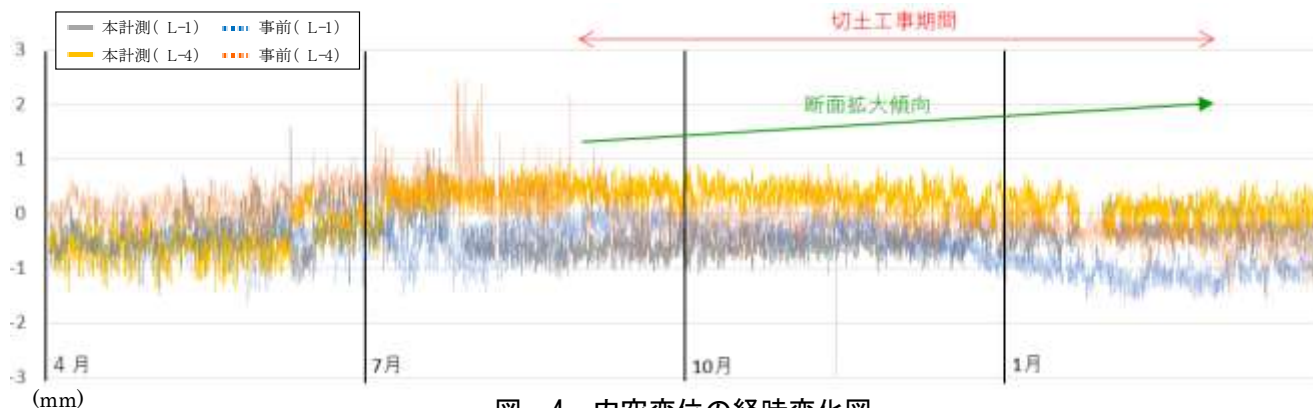


図-4 内空変位の経時変化図

参考文献 1)公益財団法人鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル，1995 2)公益財団法人鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)トンネル，2007