

Ⅱ期線トンネル近接施工時のⅠ期線トンネルにおけるリアルタイム計測監視

(株)大林組 正会員 黒川 尚義 正会員 宮本 弘毅
正会員 ○伊藤 哲 正会員 木梨 秀雄

1. はじめに

西脇トンネルは地域幹線道路である国道175号の4車線化を目的として、供用中のⅠ期線トンネルから約20mの離れで併走する延長491mの新設トンネルである。Ⅰ期線トンネルは建設後20年以上が経過しており、事前調査の結果、覆工コンクリートのひび割れや浮き等の経年劣化が確認された。このため、新設トンネルの掘削に伴うⅠ期線トンネル覆工コンクリートのひび割れ拡大や発破振動による覆工コンクリートの剥離、剥落の発生等の影響を回避して、一般交通の安全性を確保する必要があった。本論文では、Ⅱ期線トンネル掘削期間中にⅠ期線トンネルで実施した壁面変位計測、覆工クラック変位計測、発破振動計測の結果を報告する。

2. 近接度の判定

Ⅱ期線トンネル掘削によるⅠ期線トンネルへの影響は、NEXCO「設計要領第三集トンネル編」に則り判定した。

(1) トンネルの位置関係

本工事は、写真-1に示すように、Ⅰ期線とⅡ期線トンネルの壁面間距離が約20m(=2D、Dは両トンネルの平均外径)と標準的なⅡ期線施工の離隔であり、図-1より位置関係からの近接度は「間接影響領域」と判定される。

(2) 地山条件

地山条件による近接度の補正を実施する。トンネル地山は圧縮強度50N/mm²程度の比較的硬質な流紋岩質凝灰角礫岩が主体である。Ⅰ期線施工時の地山状況も考慮し、表-1で採用する地山条件は「硬岩地山」とする。

(3) Ⅰ期線の健全度

事前調査結果およびⅡ期線トンネルの施工に先立ち変状箇所にてFRPメッシュシートによる剥落防止対策を施すことから、Ⅰ期線トンネルの健全度はBと判定した。

以上(1)～(3)より、表-1の近接度の補正率20%を採用すると、両トンネルの離隔 $2D \times (1+0.2) = 2.4D > 1.5D$ となり、補正後も近接度は「間接影響領域」となる。間接影響領域と判定されたため、過去の類似事例を参考に影響予測を実施し、許容値の設定と対策工の検討を行った。

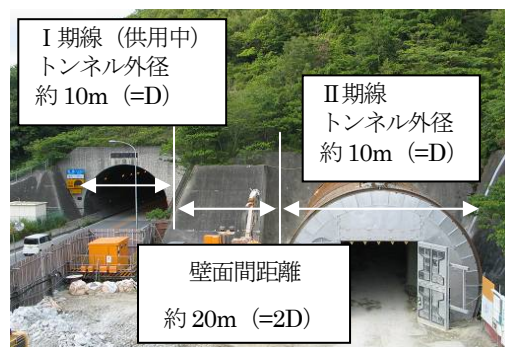


写真-1 両トンネルの位置関係(起点側坑口部)

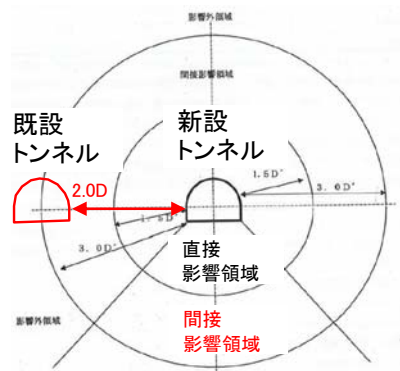


図-1 近接度の判定

表-1 覆工の健全度と地山条件による近接度の補正率(%)

健全度	地山条件		
	硬岩地山	軟岩地山	脆弱地山
BまたはOK	+20	0	-20
A	+10	-10	-30
AA	0	-20	-40

注)脆弱地山には、未固結地山や膨張性地山は含まない。

3. Ⅰ期線トンネルにおけるリアルタイムの計測監視

近接度とFRPメッシュ補強を考慮すると可能性は小さいが、万が一覆工コンクリートのはく離・剥落が生じた場合、一般車両への影響がある。これを確実に防止するため、Ⅰ期線トンネルで以下の計測工を設置し、インターネット回線を利用し、事務所にて掘削中の影響をリアルタイムで監視した。

(1) 既設トンネル壁面変位測定

Ⅱ期線トンネルの掘削に伴う変位・変状の影響を監視するため、自動追尾式トータルステーションによりⅠ期線トンネルの変位測定を実施した。計測点は天端部とⅡ期線トンネル側の壁面の2箇所/断面であり、計測断面は表-2に示す27断面である。変位量の許容値は、「設計要領第三集トン

キーワード Ⅱ期線トンネル、近接施工、計測工、クラック、発破振動

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2丁目15-2品川インターシティB棟 TEL03-5769-1319, 1320

ネル編」を参照し 5mm とした。

(2)覆エクラック変位測定・外気温度測定

事前調査で変状が特に大きかった 8 箇所ではひずみゲージ式亀裂変位計を設置し、ひび割れの進行状況を監視した。本亀裂計は測定範囲±5mm、最小読取り値 0.0008mm と高精度である。ひび割れ幅は温度変化の影響を受けるため、両坑口に温度計を設置し、同時にモニタリングした。

(3)発破振動測定

Ⅱ期線トンネルの発破振動の影響を監視するため、Ⅰ期線トンネルの覆工壁面(Ⅱ期線側)に 3 方向加速度計を設置した。設置数量は、表-2 に示す 13 箇所である。発破振動の許容値は、「設計要領第三集トンネル編」を参照し、覆工の健全度より 4cm/sec とした。なお、この許容値を満足するため、Ⅱ期線の発破は MS+DS 雷管による 29 段発の制御発破を採用した。最大の 1 段あたり斉発薬量は、標準発破の 12.8kg に対し、4.8kg に低減した。

表-2 Ⅰ期線トンネルにおける計測一覧

計測項目	許容値	計測箇所(箇所数)			合計
		(起点側坑口) L=100m	(終点側坑口) L=222m	(終点側坑口) L=100m	
(1) 既設トンネル壁面変位測定	±5mm	10箇所 (10mピッチ)	7箇所 (30mピッチ)	10箇所 (10mピッチ)	27箇所
(2) 覆エクラック変位測定	2mm	4箇所		4箇所	8箇所
外気温度測定	-	1箇所		1箇所	2箇所
(3) 発破振動測定	4.0cm/sec	3箇所 (30mピッチ)	7箇所 (30mピッチ)	3箇所 (30mピッチ)	13箇所

4. 計測結果

(1)既設トンネル壁面変位測定

Ⅱ期線掘削中の壁面変位量は、一部ばらつきがあり最大 5mm の変位が確認されたが、一過性で、全体を通し±1mm 程度の変位であった。変位ばらつきの多くは、一般車両の走行や粉塵の影響で測定誤差が生じたためと推測される。

図-2 に起点側坑口から 20m (No.143+10 付近) の P2 断面での側壁部変位量を示す。X はトンネル線形方向で起点側から終点側の方向を正、Y はトンネル線形に直角方向で、Ⅱ期線の方向が正である。測定誤差の影響による変動が大きいため、移動平均によりデータの変動を平滑化してその傾向を確認した。移動平均の値は X を青線、Y をピンクの線で示す。Y 方向変位はⅡ期線トンネルの進行に伴い、Ⅱ期線ト

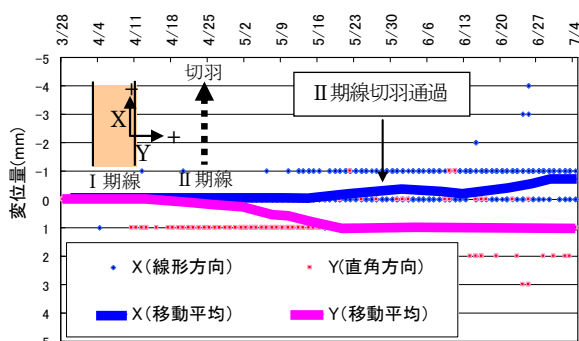


図-2 壁面変位測定(P2断面)

ンネルに引張られる傾向がみられ、実現象と同様の傾向と考えられる。X 方向変位はⅡ期線トンネルの進行に伴い、正から負に変化しており、実現象とは逆の傾向である。いずれも 1mm 以内であり、掘削の影響は微小と考えられる。

(2)覆エクラック変位測定・外気温度測定

クラック変位は、起点側は全断面で±0.1mm 程度、終点側は 1 箇所を除き±0.2mm 程度で、掘削による影響およびクラックの進行は確認できなかった。変位量が 0.5mm とやや大きかった終点側断面 6 の測定結果を図-3 に示す。温度低下に伴いクラックが開いている傾向があるため、温度補正を行った。補正方法は、回帰分析により温度と変位量の相関を取り、温度変化による変位量を差し引いた値を実変位量とした。補正後のグラフをピンクで示す。0.2mm 以内の微小な変位に収まっており、経時的なクラック進行の傾向も見られず、掘削による影響もなかったと考えられる。なお、断面 6 で温度変化の影響が大きかった原因は、本断面のクラックがトンネル周方向であるため、温度変化に伴いトンネル軸方向の開口量が大きかったためと考えられる。その他の断面のクラックはトンネル軸方向のクラックであった。

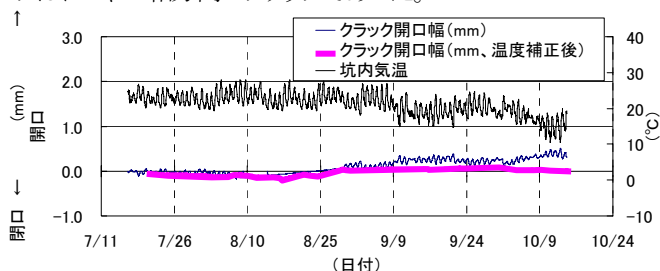


図-3 覆エクラック変位測定・外気温度測定結果(断面 6)

(3)発破振動測定

発破振動測定結果を図-4 に示す。各測定箇所ともⅡ期線の切羽が最も接近した際に最大値を観測し、その値は許容値 4cm/s 以内であった。

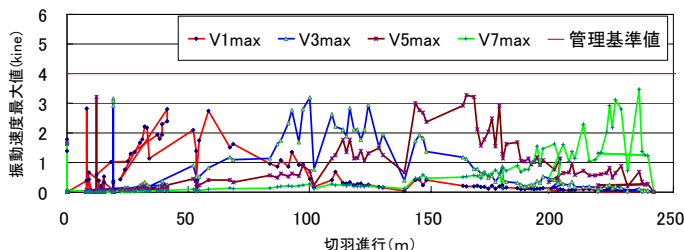


図-4 振動測定結果(測点 1~7)

5. まとめ

インターネット回線を利用したリアルタイムの自動監視を採用することで、一般車両の安全性を確認しながら近接施工を実施できた。今後も施工後 20~30 年を経過した既設トンネルとの近接工事が増加することが想定されるため、本工事のような安全な計測監視システムの構築が重要である。