

トンネル二次覆工への膨張コンクリートの部分使用

西松建設(株) ○(正) 千々和辰訓, (正)佐藤幸三, 石垣 純一, (正) 大谷 達彦, 亀谷 英樹

1. はじめに

近年、ひび割れ抑制対策として、覆工コンクリートに膨張コンクリートを使用するケースが増加しているが、その効果や適切な使用範囲について十分に検証されていない。このような状況の中、月見山トンネルでは、特にひび割れ発生が懸念されるトンネル脚部と天端部に膨張コンクリートを部分的に使用した。本稿では、現場計測データに基づき、膨張コンクリートの効果および使用範囲について考察を加えた。

2. 計測概要

計測位置は坑口から 5 スパン目の中央地点とし、覆工コンクリートの断面中心部分に設置した。計測機器は測温機能付きの埋込み型ひずみ計を用い、脚部と天端部における膨張コンクリートのひび割れ抑制効果を把握するために図-1 のように設置した。また、表-1 のコンクリート配合表に示すように、膨張コンクリートは膨張材をセメントの外割で 20kg/m³ 添加した。

3. 計測結果

3. 1 坑内温度と覆工コンクリート温度

図-2 に坑内の温湿度および脚部(E4,E7)におけるコンクリート温度の測定結果を示す。

坑内温度は 20~25℃付近で概ね安定していた。また、坑内湿度はばらつきがあるものの平均 75%程度であり、既往の文献¹⁾に示されている施工中のトンネル坑内湿度と同等の湿度環境であった。覆工コンクリートの内部温度は、脚部における普通コンクリート部 E4 と、膨張コンクリート部 E7 のいずれについても、材齢 0.7 日付近で最高温度 50℃程度に達した。そして、材齢 6 日以降は坑内温度(約 23℃)に一致する値となった。したがって、脚部においては膨張材の有無に関わらず、覆工コンクリートの内部温度は概ね等しい値であった。

3. 2 脚部におけるひび割れ低減効果

脚部に設置したひずみゲージ(E3,E5,E6,E8)のデータから、コンクリートのひび割れの原因となる拘束ひずみ(= 全ひずみ- 温度ひずみ)を算出し、有効ヤング係数を乗じて発生応力を求めた。図-3 に脚部に生じた発生応力を示す。この図から、膨張コンクリート部では、硬化初期段階に 0.6 N/mm² 程度の圧縮応力が導入されたことがわかる。これは、膨張コンクリートの体積膨張が、インバートや鉄筋などに拘束されたためと考える。

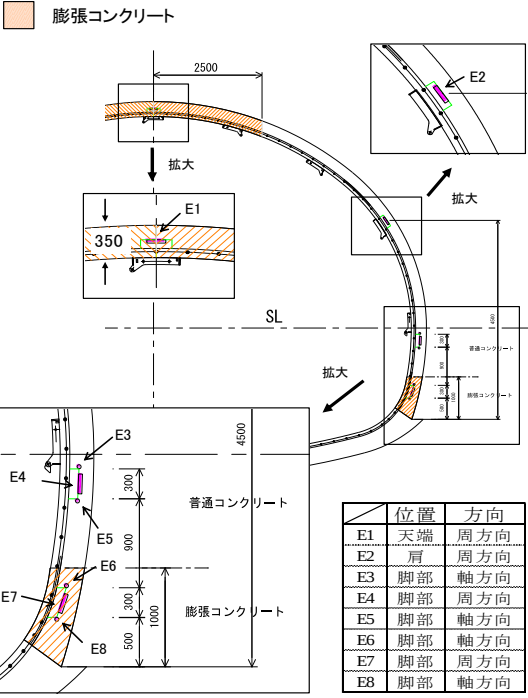


図-1 ひずみゲージ設置位置

表-1 コンクリートの配合

	水結合材比	細骨材率	単位量(kg/m ³)					混和剤
			水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	
	W/B(%)	s/a(%)	W	C	Ex	S	G	Ad
普通コンクリート	55	51.1	164	299	-	940	918	3.58
膨張コンクリート	51	51.1	164	299	20	940	918	3.58

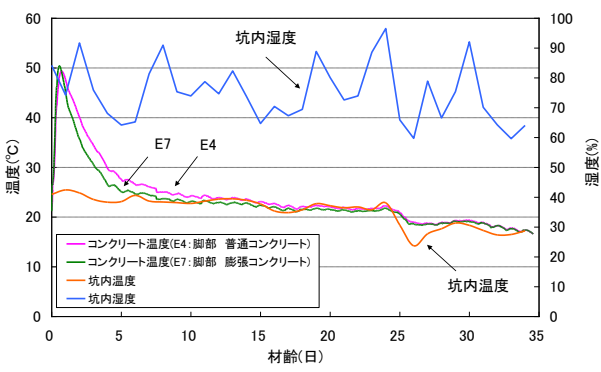


図-2 坑内環境および覆工コンクリート温度

この結果、コンクリート硬化後、普通コンクリート部と比較して引張応力を 0.5N/mm^2 程度低減できた。次に、材齢 30 日における引張応力と覆工下端からの高さの関係を図-4 に示す。図中に示す引張応力の推定値は、軸方向に比べ覆工下端の拘束の影響を受けにくい周方向の膨張ひずみ導入量 75×10^{-6} (図-5 参照)を考慮して実測値から推定した。この図から、脚部に膨張コンクリートを使用しなかった場合、コンクリートの引張強度の 90%程度の引張応力が発生したと推定される(図中△)。当トンネルでは覆工下端から 1m の範囲に膨張コンクリートを用いることによって、引張応力が低減し、ひび割れに対する安全率を向上できたと考えられる(図中▲)。

3. 3 天端部におけるひび割れ低減効果

周方向に設置したひずみゲージ(E1,E2,E4,E7)のデータから、膨張コンクリートを使用した天端部および脚部の周方向における膨張ひずみ導入量(=膨張コンクリート部のひずみ-普通コンクリート部のひずみ)を算定した。図-5 に示すように、天端部は脚部に比べてやや小さいものの、材齢 30 日程度の時点で約 50×10^{-6} 以上の膨張ひずみを保持できていることがわかった。両者に差異を生じた理由として、天端と脚部では、自重による変形等の外部要因や拘束度の違いなどがあるためと考えられる。

これにより、膨張材の使用による天端部の短期的な膨張効果は確認された。しかし、天端部のひび割れの原因となることが多い乾燥収縮ひび割れに対するひび割れ低減効果を確認するには、さらに長期的なモニタリングが必要であると考えられる。

4. 結論

現場計測によって得られた知見と考察を以下に示す。

- トンネル脚部の膨張コンクリート打設箇所において、普通コンクリートと比較して 0.5N/mm^2 程度(低減率約 30%)の引張応力の低減効果を確認できた。
- 脚部には 75×10^{-6} 、天端部には 50×10^{-6} の周方向膨張ひずみが導入された。
- 脚部において、覆工下端から 1m の高さの範囲に膨張コンクリートを使用することによって、ひび割れ発生に対する安全率を向上させることができた。また、天端部についても膨張効果を確認できた。なお、乾燥収縮ひび割れ等に対する効果の検証には長期的なモニタリングを行う必要がある。
- 竣工前のクラック調査の結果、覆工コンクリート全スパンにわたりひび割れが発生していない。当トンネルにおいて、膨張コンクリートの部分使用はひび割れ低減に有効であったと考える。
- 膨張コンクリートの効果は養生条件に影響を受けることがわかっており、使用にあたっては脱型後の養生方法についての十分な検討が必要である。
- 膨張コンクリートの適切な使用範囲は、施工条件や要求性能に応じて異なる可能性がある。今後、他の施工においても適宜検証が必要である。

【参考文献】

- 馬場弘二, 伊藤哲男 他: 施工中のトンネル坑内環境と覆工コンクリートの湿度変化に関する研究, 土木学会論文集, No.742/IV-60, pp.27-35, 2003.9

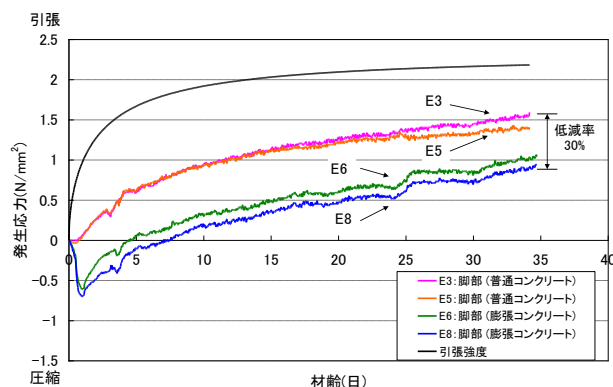


図-3 コンクリートの発生応力

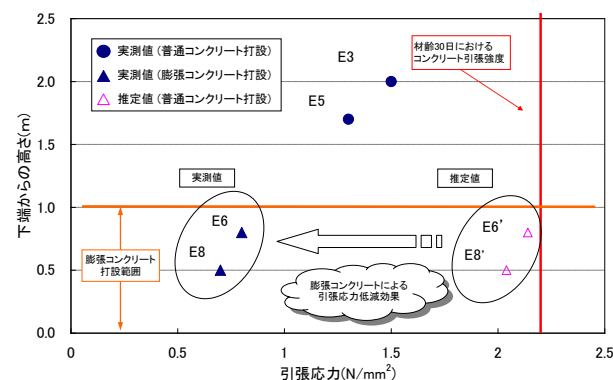


図-4 材齢 30 日における引張応力

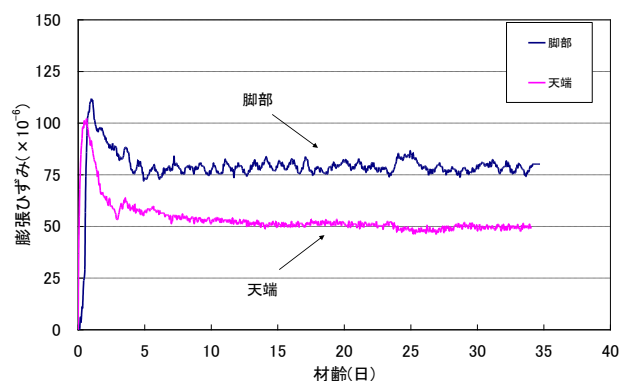


図-5 膨張ひずみ導入量