

二次覆工コンクリートにおける膨張材のひび割れ低減効果に関する検討

太平洋マテリアル（株） 正会員 ○佐竹 紳也
山梨県峡東地域広域水道企業団 田口 要介
（株）大林組 正会員 関山 健一

1. 目 的

トンネルの覆工コンクリートは、水和熱や気温変化による温度収縮及び乾燥収縮などの体積変化がインバートコンクリートや背面の地盤に拘束され、ひび割れが発生しやすいと報告されている¹⁾。

本報は、峡東地域広域水道用水供給事業袖口導水管路トンネルにおいてひび割れ低減対策として膨張材の有効性に関して事前解析を行い、同一時期に普通コンクリートと膨張コンクリートを用いた覆工コンクリートのひび割れ発生状況をまとめたものである。

2. 温度応力解析概要

対象構造物は、掘削幅が 2.7m、スパン長 6.0、9.0 m、巻き厚 40cm の無筋構造の二次覆工で、インバートコンクリートは後打ちである。解析モデルを図-1 に示す。コンクリートの品質は、普通セメントを使用し、設計基準強度 21N/mm²、スランプ 18cm、空気量 4.5%であり、配合を表-1 に示す。膨張材は低添加型石灰系膨張材を使用した。

解析条件を表-2 に示す。解析には温度応力解析プログラム（ASTEAMACS）を用いた。膨張コンクリートの特性として終局温度上昇量、温度上昇速度係数を普通コンクリートより大きくし、膨張ひずみは、最大膨張量を 100×10^{-6} とした値を用いた。

3. 解析結果

解析ポイントは図-2 に示すスパン中央部の脚 3 箇所、肩、天端の厚さ方向中央とした。各々の

測定箇所の発生応力、ひび割れ指数を図 3～6 に示す。最大引張応力は、普通コンクリートの場合、脚 1、脚 2、脚 3、肩、天端でそれぞれ 2.1、2.5、2.6、2.6、2.6N/mm² となり、肩と天端で応力が大きくなる。膨張コンクリートの場合、脚 1、脚 2、脚 3、肩、天端でそれぞれ 1.4、1.8、1.9、1.9、1.8N/mm² と普通コンクリートと同様に肩と天端で応力が大きくなるが、普通コンクリートに比べて引張応力が、約 0.7N/mm² 低減された。

ひび割れ指数は、普通コンクリートの脚 1、脚 2、脚 3、肩、天端でそれぞれ 1.3、1.1、1.0、1.0、1.0 であるのに対して

表-1 コンクリートの配合 (21-18-20N)

コンクリート種類	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
			水	普通セメント	膨張材	細骨材	粗骨材
普通	59.5	55.6	180	303	0	994	785
膨張				283	20		3.93

表-2 解析条件

	地盤 (風化岩)	インバート コンクリート	覆工コンクリート	
			普通コンクリート	膨張コンクリート
断熱温度上昇式	—	$46.3(1-e^{-1.12t})$	$46.3(1-e^{-1.12t})$	$47.4(1-e^{-1.23t})$
膨張ひずみ	—	—	—	$100(1-e^{-0.79t^{1.5}})$
収縮ひずみ	—	—	土木学会式 RH75% w180 v/s300 乾燥材齢 28 日	
圧縮強度	20	$f_c(t)=t/(a+bt) \times 1.1 \times f_c(28) \times d$ $f_c(28)=21$ a=4.5 b=0.95 d=1.11		
引張強度	3	$f_t(t)=0.44 \times \sqrt{f_c(t)}$		
弾性係数	1720	$E_e(t)=\Phi(t) \times 4.7 \times 10^3 \sqrt{f_c(t)}$		
ポアソン比	0.495	0.18		
熱伝導率	2.2	2.7		
単位容積質量	2600	2300		
比熱	1.88	1.16		
熱伝達率	—	12	材齢 1 日まで 14、以後 12	
熱膨張係数	10			
環境温度	15℃一定			
初期温度	20			

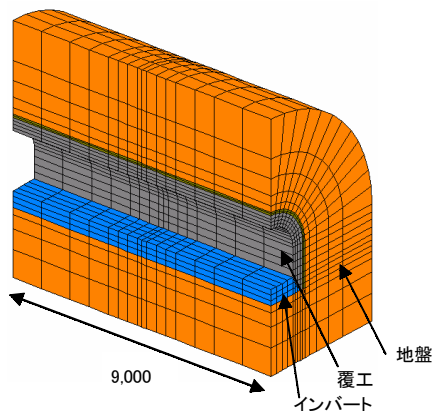


図-1 解析モデル

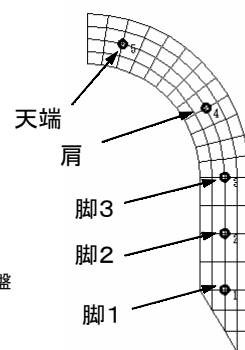


図-2 解析ポイント

キーワード：覆工コンクリート，温度応力解析，ひび割れ，膨張材，膨張コンクリート

連絡先：〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル(株) TEL 043-498-3921 FAX 043-498-3925

膨張コンクリートの脚1, 脚2, 脚3, 肩, 天端でそれぞれ1.9, 1.5, 1.4, 1.4, 1.4 となり、普通コンクリートに比べてひび割れ発生確率が小さくなった。

4. ひび割れ調査

ひび割れ調査は、ほぼ同時期に普通コンクリートと膨張コンクリートを使用した各々2ブロック（スパン長6.0, 9.0m）についてコンクリート打設約1ヶ月後に実施した。ひび割れ発生状況を図-7に示す。普通コンクリートには打設後1ヶ月で天端付近に0.05~0.1mmのひび割れが多数発生しており、ひび割れ密度は307mm/m²であった。これに対して膨張コンクリートではひび割れ発生は大幅に低減され、ひび割れ密度は19mm/m²であった。今回の試験ではコンクリート温度が7.0℃、坑内温度が17.0℃であったためコンクリート内部温度差が小さくなった。このため普通コンクリートでも解析から予想される引張応力より実構造物に発生する引張応力は小さいと推定されるが、冬季以外ではコンクリートの内部温度差が大きくなり、普通コンクリートではさらに多くのひび割れが発生するものと考えられる。

5. まとめ

覆工コンクリートの解析およびひび割れ調査より以下の結果が得られた。

- ① 普通コンクリートではコンクリート打設1ヶ月後で脚部から天端まで全体的にひび割れが発生した。
- ② 膨張コンクリートは、普通コンクリートに比べて事前解析により発生応力を約0.7N/mm²低減が可能と推定された。ひび割れ調査結果からも普通コンクリートに比べて大幅にひび割れが低減した。

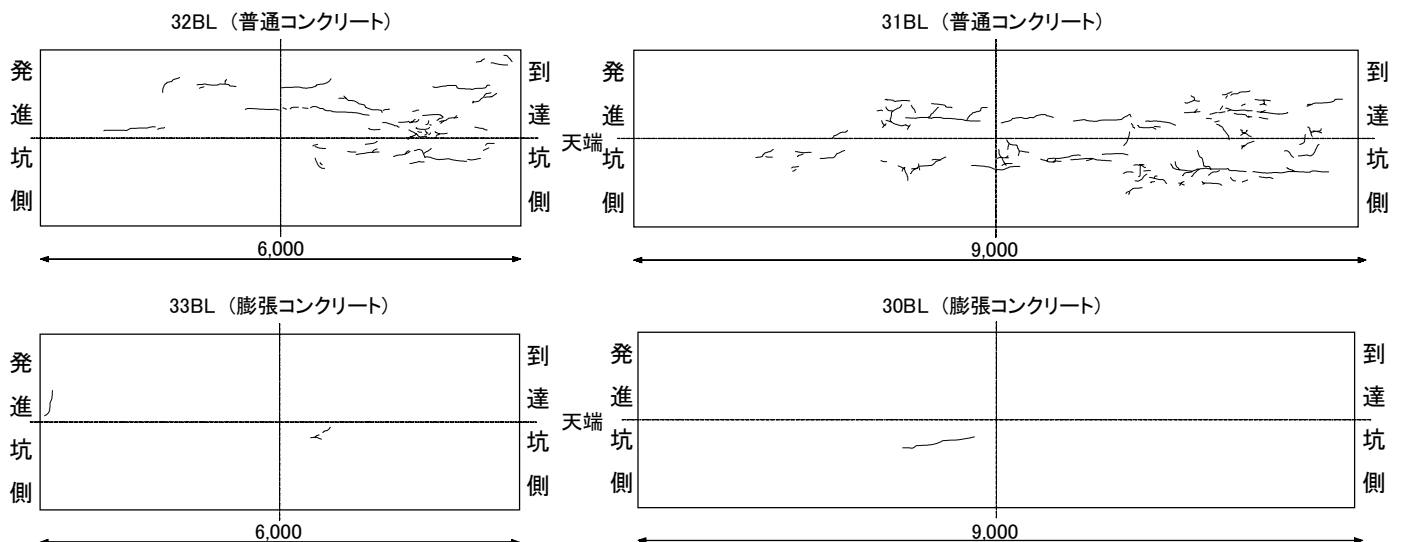


図-7 ひび割れ発生状況

参考文献 1) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針（案）

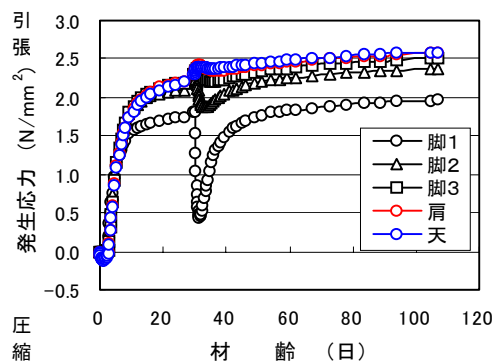


図-3 普通コンクリートの発生応力

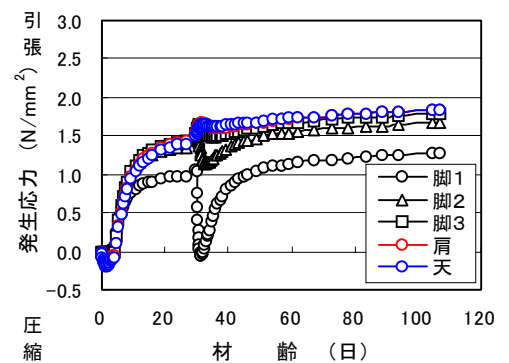


図-4 膨張コンクリートの発生応力

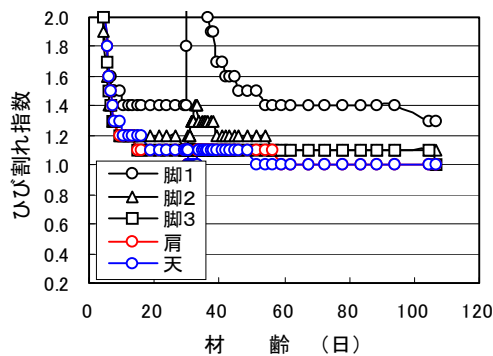


図-5 普通コンクリートのひび割れ指数

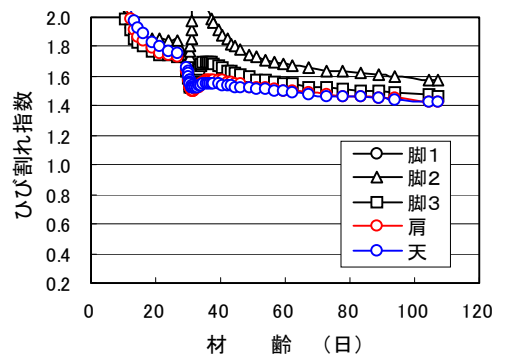


図-6 膨張コンクリートのひび割れ指数