

覆工コンクリートの環境温度変化および乾燥収縮による表面ひび割れについて

安藤ハザマ ○正会員 白岩誠史, 高橋拓真, 正会員 川中政美
国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所 佐藤正

1. はじめに

「国道 115 号馬館山トンネル工事」の境ノ目トンネルにおいて, “部分パイプクーリング(Localized Pipe Cooling, 以下 LP クーリング)” を 2014 年 9~11 月の期間で現場適用した. この LP クーリングは, インバートの拘束を受ける覆工コンクリートのひび割れ指数の低い側壁の一部を部分的にクーリングすることで温度ひび割れの発生を効果的に防ぐ対策である. 現場適用した結果, 外部拘束ひび割れを防ぐことができた^{1), 2)}. しかし, 打設後 2 回目の初冬である 2015 年 11 月に幅 0.1mm 程度の微細な表面ひび割れが, 全 17 ブロック中の 7 ブロックにおいて各ブロック 1 本ずつ発生した. 本報告では, これらのひび割れの発生原因として, 環境温度の変化と乾燥収縮に着目して検討した.

2. トンネル標準断面および配合

図-1 にトンネルの標準断面図を示す. 全線において側壁の厚さは 450mm であり, 一般的な覆工厚さ 300~400mm よりも厚い. また, 覆工コンクリートに使用した配合を表-1 に示す.

表-1 覆工コンクリート配合 (27-18-20BB)

W/C (%)	s/a (%)	セメント kg/m ³	水 kg/m ³	細骨材 kg/m ³		粗骨材 kg/m ³		混和剤 kg/m ³
				①	②	①	②	
50	47.7	350	175	344	515	285	666	5.25

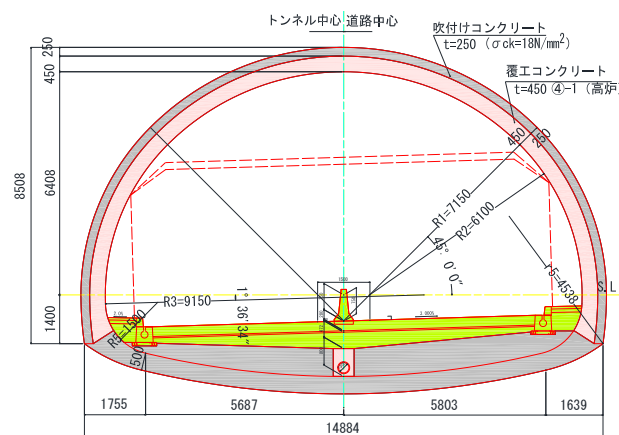


図-1 トンネル標準断面図

3. 温度計測概要

全 17 ブロックの内, 1~4 ブロックにおいて, 温度計測を実施した. 計測箇所は, 図-2 に示すように, インバート天端から 400mm 上方のコンクリート表面部①, かぶり部②, 部材中心部③, 地山側④とした. 各ブロックの打設日や計測期間等の概要は, 表-2 に示す通りである.

表-2 温度計測概要

ブロック No.	打設日	打設日の条件		計測期間		
		外気温 (°C)	打込み温度 (°C)	開始日	終了日	期間 (日)
1	2014年9月12日	19.5	23.5	2014年9月12日	2015年8月1日	323
2	2014年9月26日	19.0	21.0	2014年9月26日	2015年8月1日	309
3	2014年10月6日	15.0	19.5	2014年10月6日	2015年8月1日	299
4	2014年10月8日	12.0	16.5	2014年10月8日	2015年8月1日	297

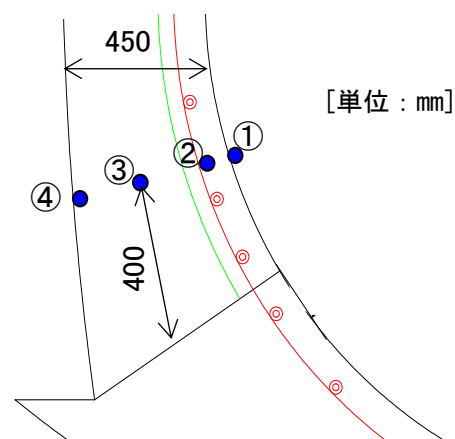


図-2 温度計測位置図

4. 計測結果

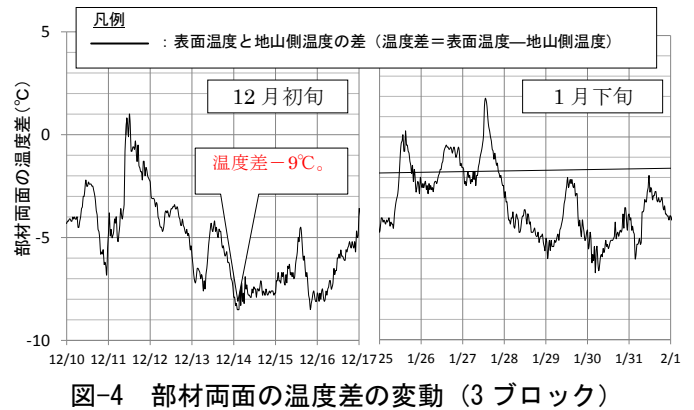
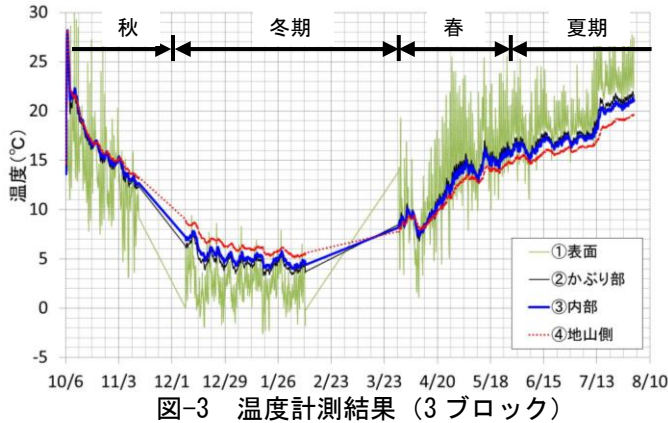
3 ブロックの計測結果を図-3 に示す. 秋から冬に掛けては外気温の低下により地山側よりもコンクリート表面の温度が低く, 春から夏に掛けては外気温によりコンクリート表面の温度が高くなる結果となった. 他のブロックも同じ傾向であった.

キーワード 覆工コンクリート, 温度計測, 表面ひび割れ, 環境温度, 乾燥収縮, リラクセーション
連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 土木事業本部 TEL 03-6234-3670

5 環境温度の変化によるひび割れ発生への影響

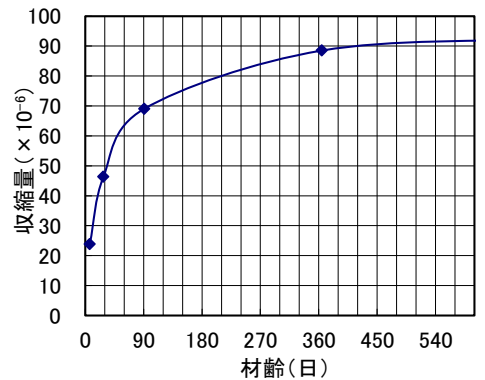
部材両面の温度差（コンクリート表面と地山側の温度差）の大きい12月初旬および部材の温度が最も低下する1月下旬の部材両面の温度差の詳細図を図-4に示す。温度差は、地山側の温度より表面の温度が低い場合をマイナスとしている。コンクリート表面は、温度差がマイナスの場合は引張ひずみ、プラスの場合は圧縮ひずみが作用していると考えられる。

2014年12月14日の深夜に表面温度と地山側の温度差が-9℃に広がっている。線膨張係数を $12\mu/^{\circ}\text{C}$ とすると 108μ の引張ひずみが発生している。このような部材両面の温度差の拡大が発生要因の1つと考えられる。



6 乾燥収縮の進行によるひび割れ発生への影響

環境温度以外のひび割れの要因として、乾燥収縮ひずみについて検討した。計算は、2007年制定コンクリート標準示方書設計編に準拠した。算出条件は、乾燥開始材齢1日、相対湿度は実測値より70%、V/Sは計算上470であるが300として計算した。その結果を図-5に示す。3ブロックの場合、想定される乾燥収縮ひずみは、1回目の冬が材齢30日程度で 45μ 、2回目の冬が材齢390日程度で 90μ である。算出条件で計算される収縮量は大きく変わるため計算方法は今後の課題であるが、乾燥収縮ひずみも表面ひび割れ発生要因の1つと考えられる。



7. まとめ

以上の検討結果から、想定される表面ひずみの値を表-3に示す。表面ひずみの合計は、コンクリートのリラクセーション特性（引張の場合16%）³⁾を考慮すると、1回目の初冬は 129μ 、2回目の初冬は 166μ となる。コンクリートの引張限界ひずみは 139μ という研究成果⁴⁾もあり、今回の表面ひび割れはこれら2つが主要因として発生したと考えられる。

参考文献

- 1) 新居秀一・荒井匠・白岩誠史・表康弘：部分パイプクーリングによる覆工コンクリートの温度ひび割れの解析的検討，土木学会第70回年次学術講演会，VI-652，pp.1303-1304，平成27年9月
- 2) 川中政美・高橋拓真・白岩誠史・表康弘：覆工コンクリートの温度ひび割れに対する部分パイプクーリングの適用，土木学会第70回年次学術講演会，VI-651，pp.1301-1302，平成27年9月
- 3) 森本博昭・平田正成・小柳治：若材令コンクリートのリラクセーション特性とその評価法に関する研究，土木学会論文集，第396号/V，pp.67，1988年8月
- 4) 三村陽一・吉武勇・浜梶方希・七村祐輔：水粉体比の小さい膨張コンクリートのひび割れ抵抗性に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.492，2009年7月

表-3 想定される表面ひずみ温度

引張り リクセーション	時期	想定される表面ひずみ(μ)		
		A:環境 温度変化	B:乾燥 収縮	合計 (A+B)
考慮 せず	1回目の初冬	108	45	153
	2回目の初冬	108	90	198
考慮*	1回目の初冬	91	38	129
	2回目の初冬	91	76	166

*：環境温度変化，乾燥収縮とも引張りリクセーション16%考慮