

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

安藤ハザマ ○正会員 川中政美, 高橋拓真, 正会員 白岩誠史

国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所 表康弘

1. はじめに

NATM工法による山岳トンネル工事である「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、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“部分パイプクーリング(Localized Pipe Cooling, 以下LPクーリング)”を現場適用した。またクーリングの効果を定量的に把握するために、温度およびひびくみを計測した。本論文ではシステムの概要および温度計測結果について報告する。

2. 実施概要

境ノ目トンネルは覆工コンクリート17ブロックの内、2～15ブロックにおいてLPクーリングを実施した。その内、1～4ブロックにおいて計測を実施した。

3. LPクーリングシステム概要

システムのイメージ図を図-1に示す。覆工コンクリート左右の側壁内部に、直径2.5cm、延長5.5mの鋼製の亜鉛メッキパイプを400mmピッチで3段設置する(3次元温度応力解析にて最適な配置を検討済み)。打設開始直後から、セントルに設置したサブライタンクからクーリングパイプに冷水を送水し、躯体内部のコンクリートの熱を吸収し、温度上昇した水は、リターンタンクに戻り、チラーにて所要の温度に冷却したのちに、サブライタンクに戻る。

クーリングパイプの設置状況を写真-1および写真-2に示す。クーリングパイプの流入口および流出口には、鋼製のフレキシブルホースを設置し、既設のインバートを切欠いて型枠の外に取り出した。

給水設備は、写真-3に示すように、セントルに200リットルのサブライタンクおよびリターンタンクを配置した。また坑内には給水設備がないため、クーリング水は冷却装置を使用しての循環システムとした。

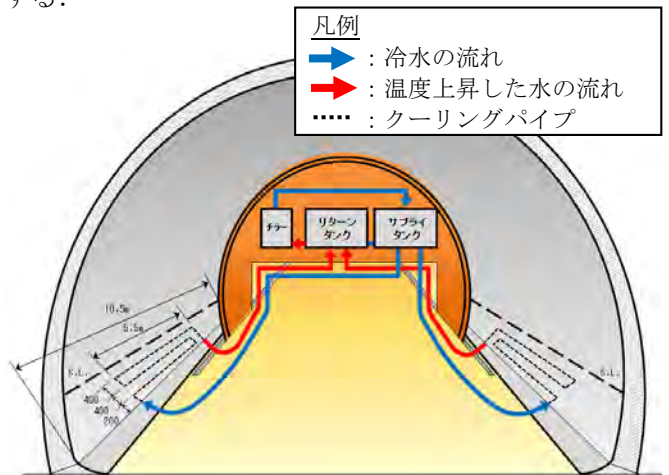


図-1 LPクーリングイメージ図

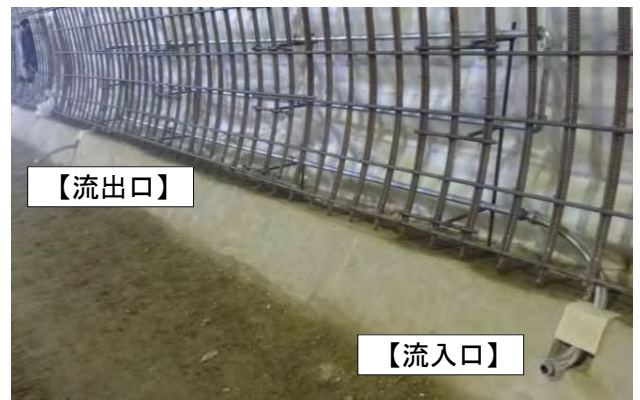


写真-1 クーリングパイプ設置状況

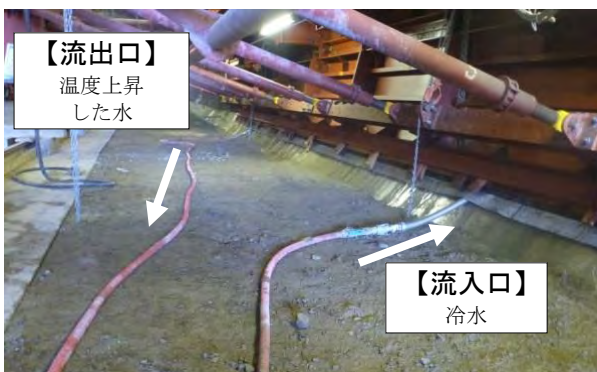


写真-2 クーリングパイプ通水状況

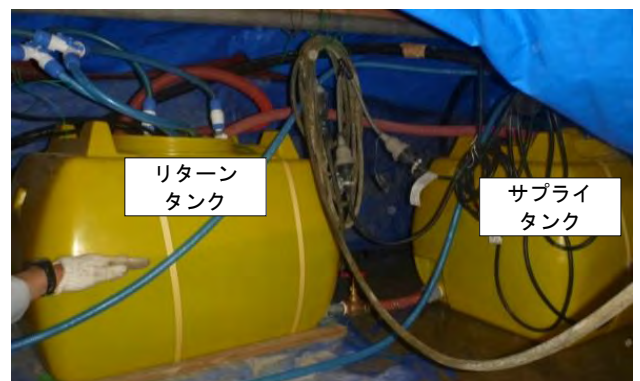


写真-3 サブライタンクおよびリターンタンク

キーワード 覆工コンクリート, インバート, ひび割れ, パイプクーリング, 温度計測

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

4 計測結果

4.1 事前解析と計測値の比較

クーリング実施時の通水温度および流量管理のために、1～4 ブロックにおいて計測を実施し、実際の施工条件を考慮した3次元FEM温度応力解析による事前解析と比較した。比較した一覧表を表-1に示す。また、各ブロックの測定箇所を図-2に示す。クーリング水の温度は、流出時の温度が解析で想定した20℃を超えないように管理でき、クーリングの効果のある箇所③の内部最高温度は、どのブロックも解析値より低く管理できた。そのため、事前解析時と同程度の温度ひび割れ抑制効果があったと考えられる。

表-1 温度の事前解析値と計測値の比較

ブロック No.	打設日	温度(℃)								ひび割れ指数	
		外気温	打込み 温度	クーリング水の温度				箇所⑦ 内部最大	箇所③ 内部最大	初期	冬期
				流入時		流出時					
				平均	最大	平均	最大				
1	9月12日	21.3 [19.5]	24.3 [23.5]	-	-	-	-	43.5 [36.5]	-	1.25	1.40
2	9月26日	19.2 [19.0]	22.2 [21.0]	20 [15.8]	20 [19.0]	20 [18.1]	20 [21.8]	40.5 [41.1]	35.9 [33.2]	1.25	1.35
3	10月6日	17.5 [15.0]	20.5 [19.5]	20 [15.2]	20 [16.2]	20 [16.8]	20 [17.8]	38.3 [34.8]	34.3 [28.2]	1.26	1.37
4	10月8日	17.1 [12.0]	20.1 [16.5]	20 [15.5]	20 [17.4]	20 [17.0]	20 [18.1]	37.8 [32.1]	33.9 [27.0]	1.27	1.38

上段:事前解析時の想定温度および解析結果

[下段]:実際の施工時の計測結果

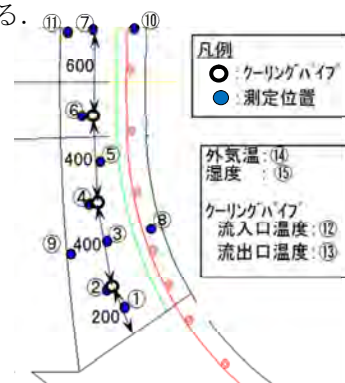


図-2 計測位置図

4.2 事後解析と計測値の比較

打込み時のコンクリート温度および実際の外気温を解析に反映し、事後解析を実施した。その結果(2ブロック)を図-3、図-4に示す。箇所⑦および箇所③ともほぼ一致した温度履歴となり、ひび割れ指数は、1.17であった。また、同じ解析ケースでクーリング未実施の場合の解析をした。その結果を図-5に示す。ひび割れ指数は0.86となり、LPクーリングの効果が大きいことが確認できた。

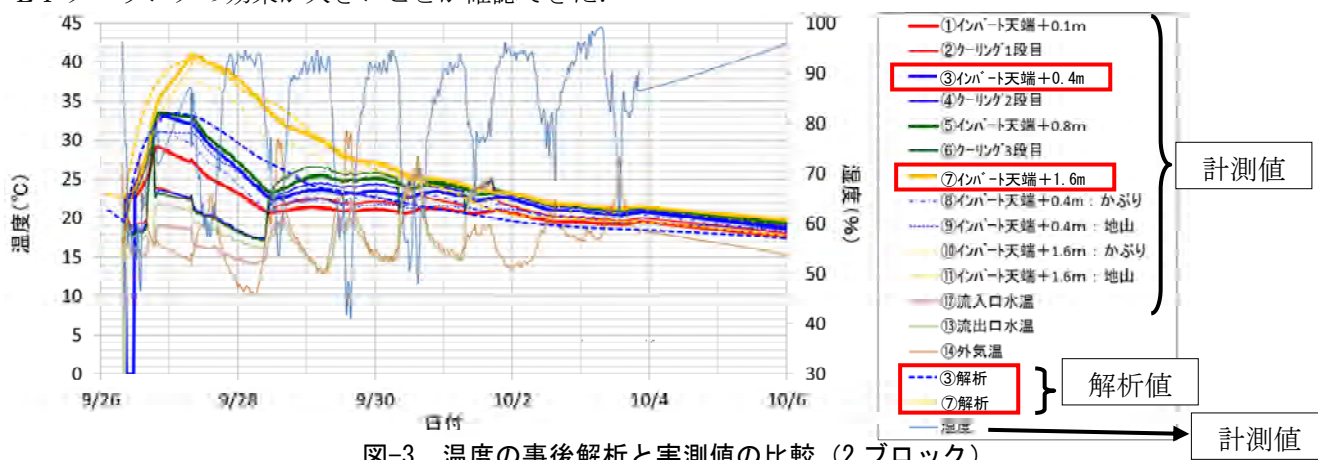


図-3 温度の事後解析と実測値の比較(2ブロック)

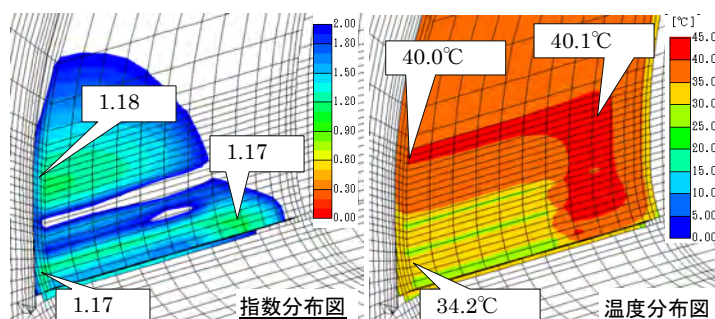


図-4 事後解析の部材中心の分布図

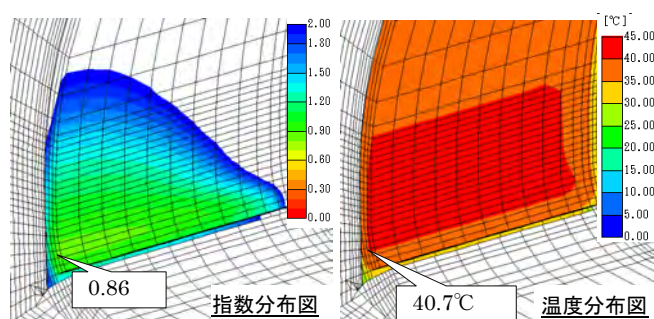


図-5 クーリング未実施の場合の部材中心の分布図

5. 今後の展開

以上の結果から、LPクーリングの実施により、効果的にインバートの拘束による温度ひび割れを防ぐことができることが確認できた。今後は、同時に計測しているひずみ等のデータを整理、分析し、打込み時から養生中までのひび割れの発生をモニタリングできる手法を検討したい。