

コンクリート埋設用合成樹脂可とう電線管を用いたパイプクーリングの実施

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 山根 秀則 和田 一範
 (株)大林組 正会員 ○安 漢儒 光森 章 野島 省吾 上垣 義明

1. はじめに

北陸新幹線福井開発高架橋工事は、福井駅の北側に位置する高崎起点 418km361m から 420km583m の総延長 2,222m 間にラーメン高架橋・橋脚及び橋梁上部工を構築するものである。橋梁基礎は場所打ち杭とオープンケーソンで構成され、このうちオープンケーソン基礎 3 基の頂版コンクリートは直径 7.0m、部材厚 5.0m のマスコンクリートであり、温度ひび割れの発生が懸念された。対策としてパイプクーリングによる最高温度の低減を検討したが、従来の炭素鋼管を用いた通水では、輻輳する鋼材との配置順序の制限、緩衝調整による施工性の低下と、躯体内部に設けざるを得ない接続部からの漏水リスクといった課題があった。コンクリート埋設用の合成樹脂可とう電線管 (Combined Duct: 以下 CD 管) を用いたパイプクーリングを実施することで上記課題を解決した事例を報告する。

2. CD 管の特長

表-1 に CD 管の特長を炭素鋼管と比較して示す。CD 管は軽量かつ人力で自由に配置可能な可とう性を有するため、鋼材との調整が容易であり配置順序の制限も少なく施工性に優れている。また、1 巻 30m または 50m の長さを有するため、コンクリート内部に接続部を設けずに配管することが可能となる。

3. 事前確認試験

CD 管は本来、コンクリート躯体内部に配置されるケーブルの保護を目的として使用されるもので、コンクリートへの埋設実績は十分にある。しかしながら、クーリングへの適用事例はないことから、事前に表-2 に示す試験を実施し、各種性能と品質を確認した。図-1 に示すように CD 管の冷却性能は炭素鋼管と同程度であり、温度応力解析においても従来の鋼管と同じ設定で評価可能であることを確認した。また、図-2 に示すように CD 管特有の凹凸に対し、内外ともに充填性は良好であることと(写真-1)、圧縮強度の低下がないことを実規模試験にて採取したコア供試体で確認した。

表-1 炭素鋼管と CD 管の比較

	炭素鋼管	CD 管
外観		
主材	炭素鋼	合成樹脂 (PE・PP)
1 インチ管重量	2.43kg/m	0.12kg/m
曲げ部	・専門業者による加工 ・L 型継手による接続	・結束線による固定 ・接続部なし
定尺	5.5m/本	30・50m/巻

表-2 CD 管の性能確認試験概要

試験項目	結果概要
冷却性能	・炭素鋼管との比較試験 炭素鋼管と同等の冷却性能 (図-1)
充填性能	・実規模試験 コア供試体の充填確認 モルタル分の充填を確認 (写真-1)
品質	・実規模試験 コア供試体の強度試験 埋設部の強度低下なし (図-2)

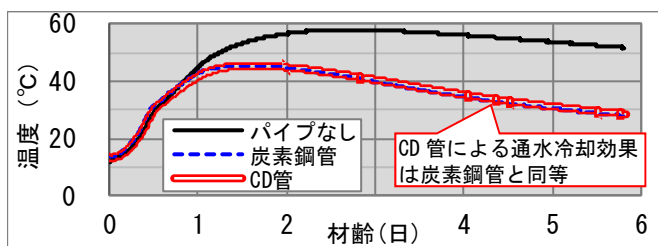


図-1 冷却性能比較試験結果

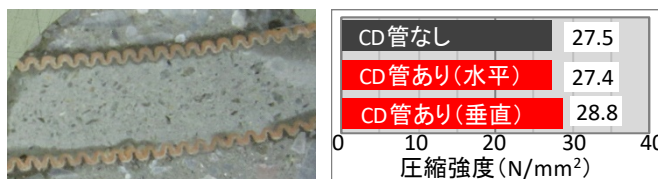


写真-1 CD 管周囲の充填

図-2 コア強度試験結果

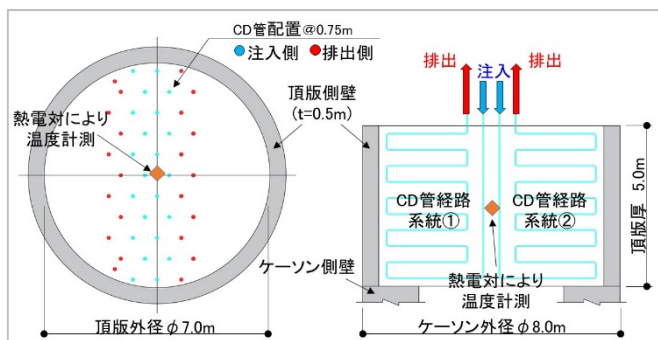


図-3 パイプクーリング概要

キーワード マスコンクリート、パイプクーリング、CD 管

連絡先 〒910-0843 福井県福井市西開発 2 丁目 313

TEL0776-43-6471

4. 施工状況

パイプクーリングの実施に先立ち、パイプ間隔をパラメータとした事前温度応力解析を実施し、ひび割れ指数（コンクリート引張強度と引張応力の比）1.0 以上を確保するために必要なパイプ間隔 0.75m を決定した。CD 管の配置は図-3 に示す通りとし、既往知見¹⁾を参考に CD 管は 1 系統を 150m 以下とした。また、冷却水は 100V 水中ポンプと 30m³ の水槽を用いて水を循環利用する方式とした。コンクリート打設前には通水確認を実施し、配置された CD 管（写真-2）が脈動なく固定されていることと、躯体外部に設けた接続箇所での漏水がないこと、および水圧により CD 管に変形が生じていないことを確認した。また、通水管理と事後検証を目的として、図-3 中に示す位置で熱電対による躯体内部の温度計測を実施した（写真-3）。通水はピーク温度確認後 1 日後までの 3 日間実施し、温度の再上昇が生じないように配慮した。通水後の処理は、従来炭素鋼管と同様にモルタルポンプにて無収縮モルタルを充填した（写真-4, 5）。

5. 事後検証

計測結果と事前解析、および事後解析（当日の打込み温度・水温・外気温を反映）の比較により冷却効果を検証した。図-4 に示すように、躯体中央での温度計測結果は、同じ点の解析結果とほぼ一致した。表-3 に示す事後解析結果はクーリングを実施しない場合の事前解析から温度上昇量を 21℃抑制し、クーリングを実施した場合の事前解析とほぼ同じひび割れ指数（ひび割れ抑制効果）が得られた。また、炭素鋼管を使用した他現場実績との比較により、経済性を検証した。表-4 に示すように材料・加工、管配置における効果が大きく、全体として 40%程度の改善効果があったと試算された。

6. まとめ

オープンケーソン基礎頂版コンクリートのパイプクーリングに CD 管を適用した結果、従来炭素鋼管の課題であった施工性を改善し、接続部を設けないことで漏水リスクを回避することができた。冷却性能に関しても炭素鋼管を使用する場合と同等であることを、事前確認試験および実施工における温度計測と解析結果の比較の両方から確認できた。また、打設後約 2 ヶ月において、オープンケーソン基礎頂版天端の調査を実施し、ひび割れが生じていないことを確認した。

参考文献

1) 日本コンクリート工学会 マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p276

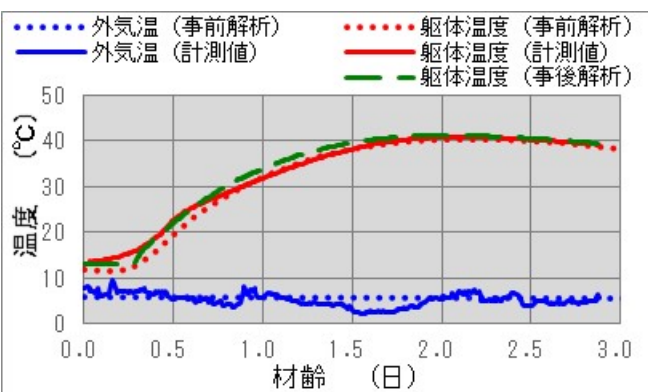
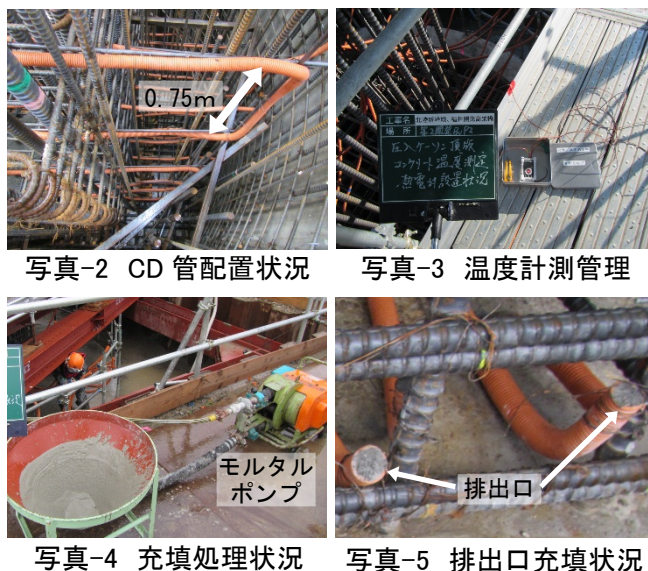


図-4 解析結果比較(温度履歴)

表-3 解析結果一覧

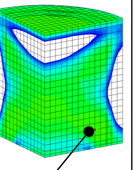
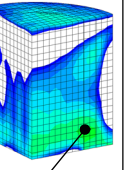
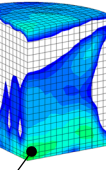
	事前 解析		現場計測	事後解析
	クーリングなし	クーリングあり		クーリングあり
初期温度	11.7	11.7	12.8	12.8
温度上昇	49.0	28.6	28.1	28.5
指数分布				
	最小値 0.87	最小値 1.10		最小値 1.09

表-4 CD 管使用による経済性改善効果

項目	炭素鋼管からの改善効果	パイプクーリング全体に占める改善効果割合
材料・加工	曲げ加工なし	約 -40%
管配置	配管が容易	約 -70%
通水管理	炭素鋼管と同等	±0%
事後処理	炭素鋼管と同等	±0%
全体		約 -40%