

エアパイプクーリングによる PC 上部工の温度ひび割れ抑制技術

国土交通省 中部地方整備局 飯田国道事務所 市川英敏
 鹿島建設株式会社 技術研究所 土木材料グループ 正会員 渡邊賢三 温品達也 柳井修司
 鹿島建設株式会社 土木設計本部 構造設計部橋梁グループ 正会員 伊藤康輔
 鹿島建設株式会社 関東支店 土木部技術グループ フェロー会員 ○大岡 隆

1. 背景および目的

PC 箱桁橋には、一般に設計基準強度 36~50N/mm² のコンクリートが使用されるため、他のコンクリート構造物に比べて単位セメント量が多くなる。その柱頭部横桁は部材断面の大きいマスコンクリートであり、温度ひび割れの発生確率が必然的に高くなる。温度ひび割れ抑制には、低発熱型セメント、石灰石骨材、膨張材の使用など材料面からの対策が考えられるが、脱型の遅延、生コンプラントの制約、コストの増加を伴うため、材料面からの対策のみでは困難な場合もある。そこで、比較的簡易な温度ひび割れ抑制対策として、柱頭部横桁に配置される外ケーブル偏向管、PC シース等(以下、ダクト類)を利用して横桁内を通風し、コンクリート温度の上昇を抑えて温度ひび割れを抑制する「エアパイプクーリング」を、伊南バイパス 1 号橋 PC 上部工事に適用した。以下に適用実績を報告する。

表-1 伊南バイパス 1 号橋工事概要

工事名	平成 22 年度 153 号 伊南バイパス1号橋PC上部工事	状況
工期	2010(H.22).9.25~2012(H.24).9.28	
工事場所	長野県上伊那郡飯島町本郷	
構造形式	7 径間連続PCラーメン箱桁橋 (支保工架設)	
橋長/幅員	358m/12.0m	
最大支間長	52m	
クーリング対象	柱頭部横桁 ダクト 4.0m×16 本	

2. 工事の概要

表-1に本工事の概要を示す。

3. 実施内容

エアパイプクーリングは送風機と接続管を用いて横桁に配置

されたダクト類に通風し、コンクリートの温度上昇を抑制する手法である。水を用いるパイプクーリングに比べ表面熱伝達率(解析に反映させる熱交換効率の指標)が劣るものの、設備が軽微なうえ、排水の処理が不要となる。本橋梁では出力などの能力、資機材の入手しやすさ、およびコストを考慮し、写真-1に示す汎用機器を使用した。

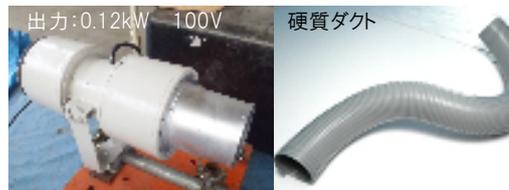


写真-1 送風機と接続管

本橋梁工事では、図-1に示すフローで詳細に検討した。

- ① 材料・配合, 施工条件, 環境条件, クーリングの効果を考慮した温度応力解析(事前解析)を実施
- ② 実施工で供する送風機, 接続管を用いての風速確認実験
- ③ 外ケーブル偏向管, PC シースを配置したブロック供試体を打設・送風し, 温度計測により表面熱伝達率およびコンクリートの発熱特性を算定
- ④ 柱頭部コンクリートの打設, クーリング(空気の温度調整は行わずに使用), 温度計測と温度管理(写真-2)
- ⑤ 温度計測結果を基に送風を停止
- ⑥ ③④で得られたデータを基に温度応力解析(事後解析)を実施し,

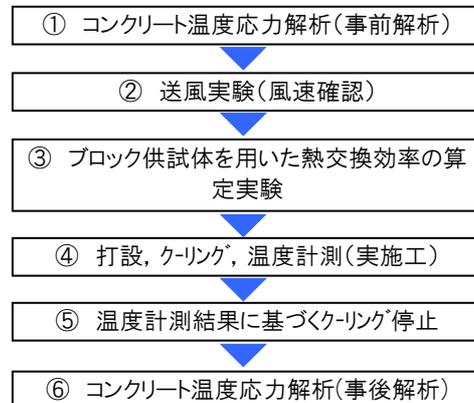


図-1 適用に関する検討フロー

キーワード ひび割れ制御, エアパイプクーリング, 温度ひび割れ, 橋梁, 柱頭部

連絡先 〒330-0844 さいたま市大宮区下町 2-1-1 鹿島建設(株) 関東支店 TEL 048-658-7800

表-2 コンクリート配合

部位	配合	配合名	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)				
					W	C	EXP	S	G
柱頭部	No.1	40-12-25N	37.5	40.8	155	394	20	713	1057
	No.2	40-12-25H	38.5	40.8	161	420	—	728	1020

温度抑制効果やひび割れ抑制効果を検証

4. 結果

表-2にコンクリートの配合を示す。本橋梁の柱頭部は 2 リフトに分割して施工し、脚頭部による外部拘束応力が大きくなる下リフトでは膨張材を用いた配合 No.1, 上リフトでは早強ポルトランドセメントを用いた配合 No.2 を適用した。

図-2にクーリングの風速と表面熱伝達率の関係を示す。風速は、ダクト類から噴き出す空気の実測値を示し、外ケーブル偏向管 (SGP 管) および PC シース (亜鉛めっき管) の表面熱伝達率は、ブロック供試体の温度測定値を逆解析することで算出した。図中には既往のデータ²⁾を合わせて示す。外ケーブル偏向管については既往の結果とほぼ同等であり、PC シースについては取得した値から線形補完して、風速との関係式を構築し、これらの関係式を温度応力解析に使用することとした。

図-3に解析から算定したコンクリート温度の最高到達位置に着目し、クーリングなしの場合の解析結果およびクーリングありの場合の解析値および実測値を示す。なお、実施工では打込み完了から 32 時間でクーリングの送風を停止した。クーリングなしの場合、最高到達温度は約 94℃と予想された一方で、クーリングによって約 82℃まで温度上昇を抑制できる結果となった。また、実測値を解析によって精度良く再現できることを確認し、この解析条件をもとに柱頭部中心断面の最高到達温度および最小ひび割れ指数を評価した。その結果を表-3に示す。コンクリートの中心の最高到達温度を低減することで、上床版の最小ひび割れ指数を 1.13 から 1.99 へ、約 0.8 改善することができた。また、打設後の柱

頭部床版には温度ひび割れは確認されておらず、エアパイプクーリングによるひび割れ抑制効果が実証された。

5. まとめ

橋梁柱頭部にエアパイプクーリングを適用し、3次元温度応力解析によってその効果を定量的に評価した。解析では、外ケーブル偏向管および PC シースの表面熱伝達率と風速の関係、コンクリート発熱特性を取得し、解析精度を向上させた。その結果、比較的簡単な設備・機器を用い、打設開始からダクト類に送風することで、コンクリートの最高到達温度を約 12℃低減でき、ひび割れ指数を約 0.8 改善できたことを定量的に示した。

参考文献

- 1) 笹倉伸晃ら；空冷および水冷による PC 橋はり部のマスコンクリート対策，前田技術研究所報 vol.46. pp.3-1～3-6, 2005
- 2) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書[設計編]，p.332

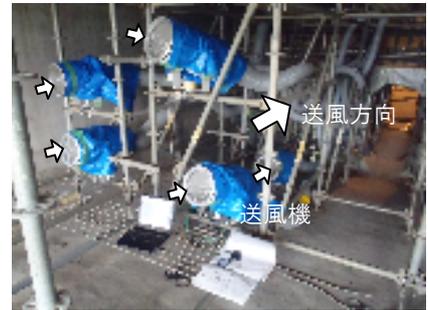


写真-2 クーリング状況と温度管理状況

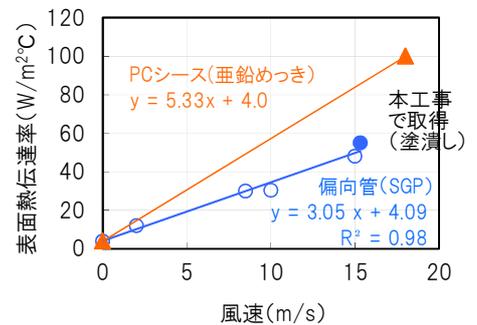


図-2 ダクト内の風速と表面熱伝達率の関係

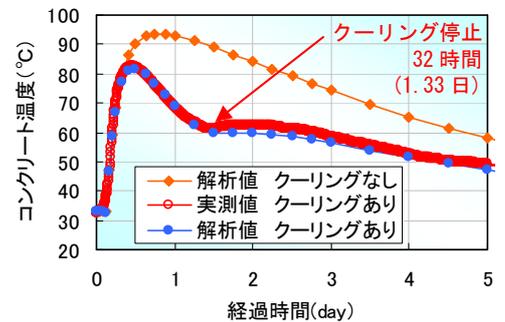


図-3 温度計測結果と逆解析結果

表-3 温度応力解析の結果

着目断面		クーリングなし	クーリングあり	温度 指数
柱頭部中心	温度	93.5	81.7	
	指数	1.13	1.99	