

積雪寒冷地におけるPC橋の通年施工

日本高圧コンクリート(株) 正会員 ○吉岡 憲一
 日本高圧コンクリート(株) 堀井 克繁
 日本高圧コンクリート(株) 西村 力也
 東日本高速道路(株) 千歳工事事務所 田中 明

1. はじめに

北海道横断自動車道 楓橋 (PC上部工) 工事は、北海道夕張市楓地区に位置するPC7径間連続ラーメン箱桁橋 (楓橋) とPC4径間連続箱桁橋 (久留喜橋) の架橋工事である。楓橋のP2柱頭部は、桁高5.0m、幅員10.9m、部材長12.0mであり、コンクリートの硬化熱に起因する体積変化により有害なひび割れの発生が懸念された。また、施工時期が-20℃を下回る厳冬期であったため、マスコンクリート対策として有効な水冷式パイプクーリングの採用は困難な状況であった。本稿では、楓橋におけるひび割れ抑制対策と幹線交通交差部の安全対策などについて報告する。

2. 橋梁概要

本橋は、JR石勝線、国道274号線、夕張市道及び一級河川夕張川へ合流するホルカルクキ川を横架する。JR石勝線は、札幌と帯広・釧路を結ぶ幹線鉄道であり、昼間の作業中に通過する列車は計14本、1本当たり最大で約300人の乗客を輸送している。国道274号線は、JR石勝線同様に札幌と帯広・釧路を結ぶ主要幹線国道であり、最大日交通量は3万台を超える。また、架橋地点は北海道内でも有数の多雪・厳寒地域である。

橋梁概要を表-1、全体一般図を図-1に示す。

表-1 橋梁概要

路線名	北海道横断自動車道 黒松内鋼路線
構造形式	PC7径間連続ラーメン箱桁橋
道路規格	第1種第2級B規格
橋長	399.000m
最大支間長	75.500m
幅員	全幅員:11.150m、有効幅員:10.260m
平面線形	R=-3000m ~ ∞ ~ +8000m
縦断勾配	VCL ~ +0.804%
横断勾配	-2.500% ~ +2.500%
鋼材仕様	内ケーブル 12S15.2mm、外ケーブル 19S15.2mm 横締めケーブル 1S21.8mm (プレグラウト鋼材)

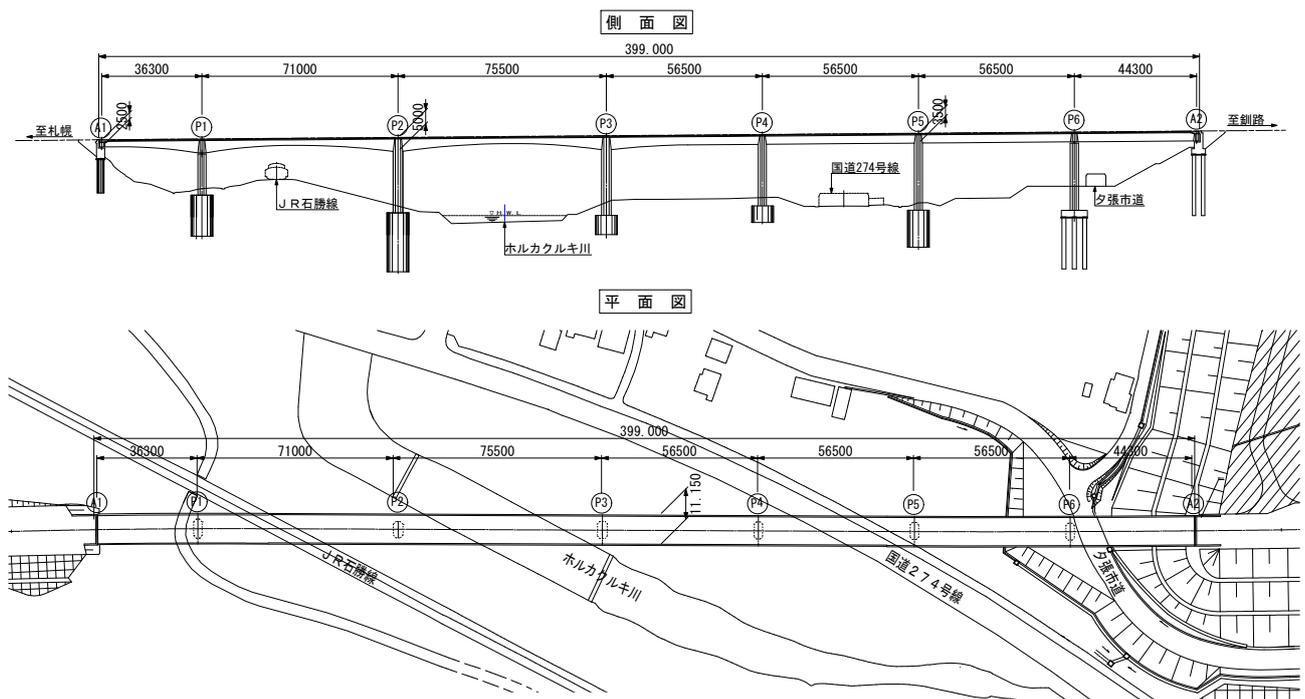


図-1 全体一般図

3. コンクリート温度の制御

架橋地点は、例年、最深積雪量が100cmを超え、最低気温も-20℃を下回る積雪寒冷地域である。こうした過酷な気象条件の中で良好な品質を有するコンクリート構造物を構築するためには、施工のみならず設計と一体となった対策が必要である。特に冬季施工となったP2柱頭部は、給熱によるコンクリートの保温養生、他方ではマスコンクリートとなるため硬化熱による体積変化に起因するひび割れを抑制する対策が必要となった。寒中コンクリート対策としてコンクリートを温め、マスコンクリート対策としてコンクリートを冷却するといった対策は一見相反すると思われる。しかし、このようなコンクリート温度の制御対策はひび割れを抑制する観点からは極めて重要である。図-2にP2柱頭部構造図を示す。

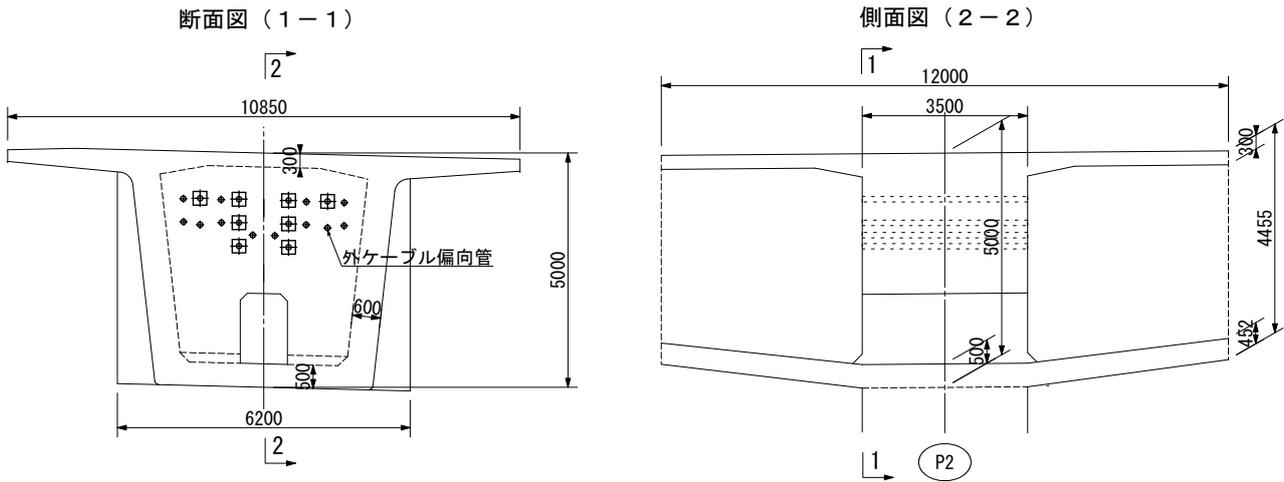


図-2 P2柱頭部構造図

3. 1 マスコンクリート対策

(1) 発熱抑制対策

マスコンクリート対策として3次元温度応力解析を実施して最大経験温度と最大主応力を算出した。結果、何の対策も講じなかった場合、最大経験温度72℃、最大引張応力6.6 N/mm²となる値を示した。コンクリートに発生する水和熱を抑制して、発生する最大引張応力を低減するために下記の対策を講じた。

1) 空冷式ポストクーリングの実施

マスコンクリートの水和熱低減に有効な方法として、水冷式ポストクーリングがある。しかし、水冷式ポストクーリングは、一般に給排水設備を屋外に設けるため、寒冷地では、凍結の問題が生じる。また、通常期に施工した柱頭部においてもJR、国道といった交差物件に柱頭部が近接していることから、水冷循環水の漏水により交通や環境に支障を及ぼす恐れがあり、水冷式ポストクーリングの採用は困難な状況であった。そこで、空冷式ポストクーリングの採用を検討した。図-3にクーリング要領図を示す。空冷式ポストクーリングは、水冷式に比

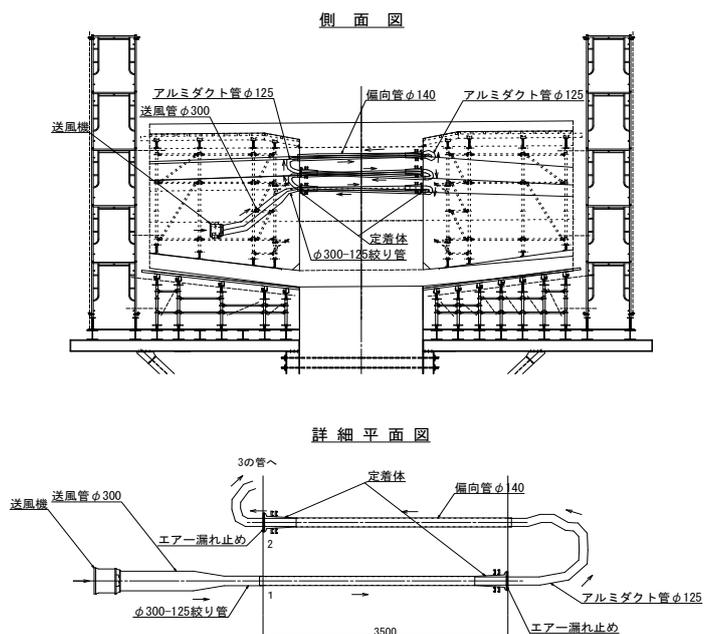


図-3 クーリング要領図

べて温度低減効果は低いと考えられるが、特別な設備を必要とせず、凍結・漏水の問題も発生しないことから、本橋の施工条件に合致した方法であると考えられた。また、設備が軽量簡易であることが工程管理の面においても有効な手段であった。クーリング用のダクトは外ケーブル偏向管を利用した。写真-1にクーリング機材の配置状況を示す。また、温度低減効果をさらに高めるために、2)、3)の対策も併せて実施した。



写真-1 クーリング機材配置状況

2) 早強セメントから普通セメントへの変更

柱頭部の施工を分割施工として、下層ロットのコンクリートに使用するセメントを早強セメントから普通セメントに変更する。普通セメントは下層ロットのみに使用することで、後続する緊張作業に工程上支障をきたさない。

3) 高性能A E減水剤の使用

高性能A E減水剤を使用することで、コンクリートの単位セメント量を低減する。また、単位水量も低減されることでコンクリートの収縮低減効果も期待できる。

これら1)から3)の対策を実施した後の3次元温度応力解析の結果を図-4に示す。

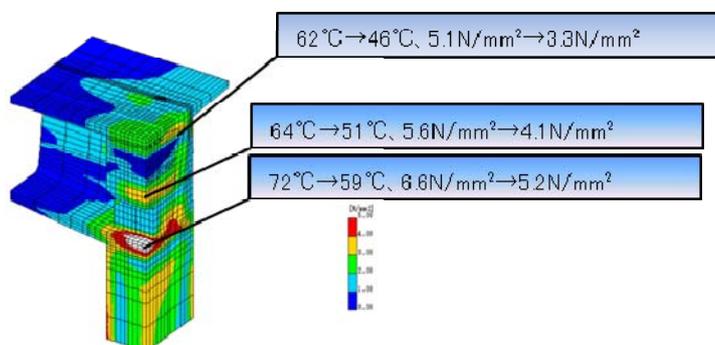


図-4 解析結果

(2) 弾性FEM解析の実施と補強筋の配置

柱頭部には主方向の断面力による局部応力も発生するため、3次元温度応力解析により算出された応力度と主方向弾性FEM解析により算出された応力度を重ね合わせた引張応力度から各部位の補強筋を決定し配置した。また、実施工において上記の対策を実施した結果、いずれの柱頭部においても有害なひび割れの発生は認められなかった。

3. 2 寒中コンクリート対策

寒中施工箇所の雪寒囲いは、下面を全面板張りとし、外周面をシート、屋根材には、資機材の搬出入時の着脱が容易なパネル部材を使用した。雪寒囲いの全景を写真-2に示す。給熱に必要な熱量は、コンクリート道路橋施工便覧(社団法人日本道路協会 平成10年1月発行)に示されている必要熱量推定式(以下推定式)により算出した。給熱機械は、温度の自動制御が可能なサーモスタット付コンクリートファーンレス(75,000Kcal/h)を2台配置し、最低気温が-26°Cを記録した平成22年2月4日にもコンクリート表面温度で5°Cを下回ることはなかった。



写真-2 雪寒囲いの全景

4. 幹線交通交差点における安全対策

4. 1 交差点の概要

JR石勝線と国道274号線は、道東圏と道央圏の”人、物、サービス”を運ぶ重要な路線であり、当該

位置での重大災害の発生は社会・経済に対して甚大な被害と重大な影響を及ぼすこととなることから、綿密な計画・施工が求められた。

4. 2 地道な対策の積み重ねで第三者災害を防止

トラベラーからの飛散物・落下物防止については、移動作業車前面に朝顔を設置することや橋面作業車に水平ネットを追加するなどの対策を実施し、安全性向上に配慮した。また、一般作業時の飛散物・落下物防止対策については、橋面の手摺の嵩上げとメッシュシート設置、強風が予想される場合は単管の筋違を追加し、手摺自体の転倒防止対策とした。写真－3に国道交差部の施工状況写真を示す。



写真－3 国道交差部の施工状況

張出施工ブロック端面のレイタンス処理は、通常、高圧水による洗い出しのみで行うが、この方法は効率的に処理できる反面、大量の汚濁水を発生させるため、幹線交通交差部近傍の場合は通過する車両等へ悪影響を与える漏水の危険性が高くなる。このため、水の使用を極力少なくするためにワイヤーブラシ処理を併用することで汚濁水の発生を抑制した。

冬期間は、手摺や橋面に溜まった雪氷が塊となって国道等へ落下することが懸念された。この対策として、手摺の内側には橋面上の積雪が国道等へ落下することを防ぐシート、外側には雪が溜まることなく降雪するシートを設置した。こうした地道な対策の積み重ねにより、特別な高度技術・新技術を採用せずとも第三者災害の発生を防止することができた。

4. まとめ

コンクリート温度の制御に関するまとめを下記に記載する。

4-1. マスコンクリート対策

空冷式パイプクーリング、早強セメントから普通セメントへの変更、高性能AE減水剤使用による単位セメント量の低減により最大で経験温度を16℃、引張応力を1.8N/mm²低減することができた。また、いずれの柱頭部においても有害なひび割れの発生は認められなかった。今回採用した空冷式パイプクーリングでは、工程的なロスはほとんど無く、費用も水冷式パイプクーリングに比べて1/10程度（当社調査比）であることから、コスト・工程を含めた総合的なマスコンクリート対策として有効な手法に成り得ると考えられる。

4-2. 寒中コンクリート対策

前述の推定式により算出した給熱機械を配置することで外気温が-26℃を記録した条件下においてもコンクリート温度・雪寒囲い内の温度が5℃を下回ることはなかった。しかし、機材の不具合や想定を上回る気象条件、推定式の精度を勘案すると積雪寒冷地における寒中コンクリート対策には、予備機材や電源設備の複線化、遠隔地からモニタリング設備などを検討する余地が残されている。

5. おわりに

平成20年の春にスタートした本工事も平成23年2月に無事竣工した。幹線交通交差部を有するPC橋の通年施工は、緊張の連続であったが、地元の方の「どんどん伸びいく」「どんどんつながっていく」という言葉を励みに乗り切ることができた。楓橋、久留喜橋として工事をスタートした2橋も、地元夕張の小学生が名付け親となり、道東圏と道央圏の明るい未来を想像させる”夕張みらい橋（旧 楓橋）”，夕張きぼう橋（旧 久留喜橋）”と改名されたことを本報告書の最後にお伝えしたい。