

柱頭部コンクリートに於けるひび割れ防止対策

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

現場代理人

石口重企[○]

設計担当

狩野哲也

設計担当

吉浦健太

1. はじめに

新名神高速道路は、愛知県名古屋市を起点とし三重、滋賀、京都、大阪の各府県を結び、兵庫県神戸市に至る延長約174kmの高速道路である。このうち高槻第一JCT～神戸JCT間は、名神高速道路および中国自動車道との適切な交通機能分担を確保することにより、名神高速道路等の混雑を解消し、利用者へのサービスの向上を図るとともに、災害や事故等による交通規制時には、名神高速道路等と相互に代替機能を発揮して、的確に交通処理を行う役割を担っている。本工事は、図-1に示す川西IC～神戸JCT間の宝塚北SA付近の鋼上部工3橋の設計と施工を行う工事である。

本橋は、図-2に示す中間支点部が下部構造と剛結される連続ラーメン構造である。本報告では、

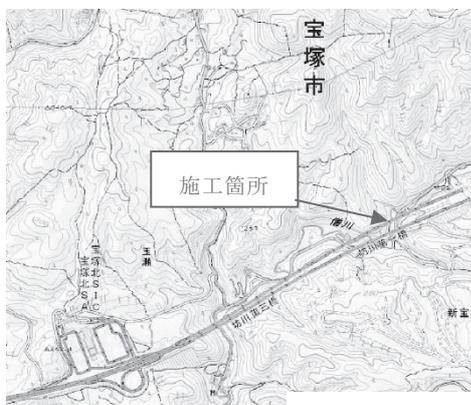
柱頭部コンクリートの品質を確保するための対策について紹介する。

工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路 坊川第一橋
他1橋（鋼上部工）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社
関西支社
- (3) 工事場所：兵庫県宝塚市切畑～玉瀬
- (4) 工期：平成25年11月6日～
平成29年6月27日

2. 現場における問題点

橋脚柱頭部のコンクリートは、設計基準強度30 N/mm²のマスキングコンクリートとなるため、温度応力によるひび割れが生じる懸念があった。これを防止するため、施工過程の温度応力を把握し、適



出展：国土地理院電子地形図

図-1 現場位置図

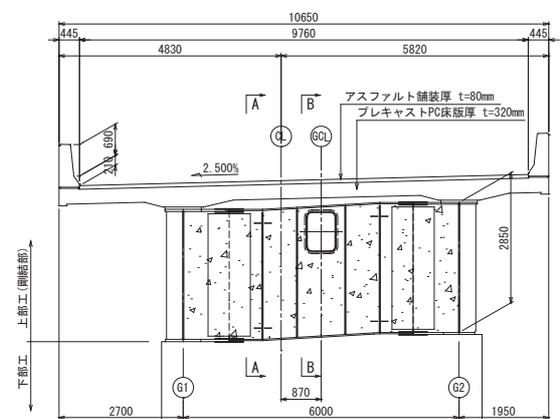


図-2 剛結部構造図(1)

切な対策を施工に反映し品質を確保することが求められた。

3. 工夫・改善点と適用結果

3.1 概要

懸念事項解消のため、温度応力解析および施工試験を実施し、ひび割れ抑制効果の高い対策を検討した。具体的には、剛結部内部のパイプクーリングと断熱養生による温度差の抑制効果を検証した。なお、温度応力解析は、ASTEAMACSを用いた。

パイプクーリングを反映した温度応力解析の実施と、その結果に基づく施工により、柱頭部コンクリートのひび割れ発生を抑制し、品質を確保することができる。

3.2 温度応力解析と施工試験

(1) 解析、施工試験フロー

下記の要領で解析および施工試験を実施した。図-4に解析および施工フローを示す。表-1に解析ケースを示す。

①予備解析

図-3に示す実構造物の1/4をモデル化した温度応力解析により、温度分布と応力分布を算出し、パイプクーリングと断熱養生の効果、および内部拘束と外部拘束を受ける柱頭部コンクリートのひび割れ指数を算出した。

②施工試験

予備解析の結果をもとに、実構造物の1/2をモ

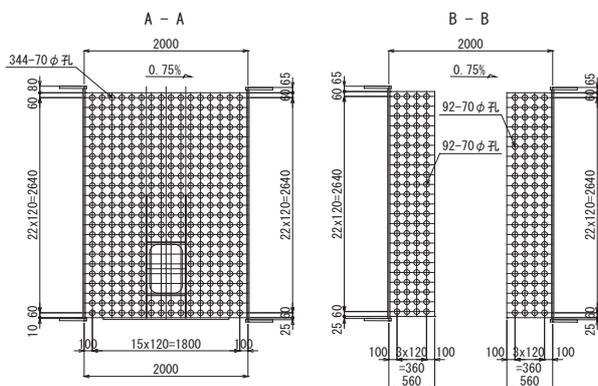


図-3 剛結部構造図(2)

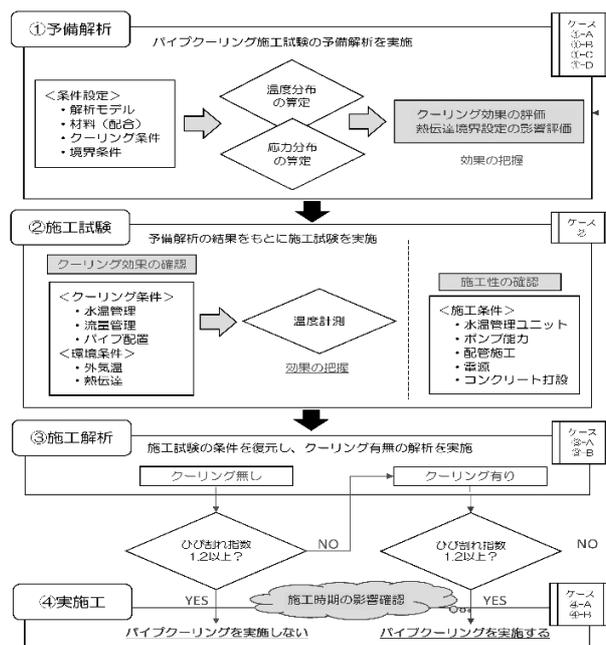


図-4 解析および施工フロー

表-1 解析ケースと施工条件

	ケース名	施工条件		
		外気温	断熱養生 (気泡シート)	パイプ クーリング
①予備解析	①-A	25℃	×	○
	①-B	25℃	×	×
	①-C	25℃	○	○
	①-D	25℃	○	×
②施工試験	②	実温度(変化)	×	○
③施工解析	③-A	実温度(変化)	×	○
	③-B	実温度(変化)	×	×
④実施工	④-A	5℃	×	×
	④-B	5℃	○	×

デル化した供試体(2m×3m×3.85m)を製作し、パイプクーリングの効果を確認した。

コンクリート試験結果はスランプ10.5cm(設計8cm)、空気量4.6%(設計4.5%)であった。打設は3回に分割して最初に高さ1m打ち上げ後、さらに1m打ち上げ、最後に試験体天端まで約2mを打ち上げた。

また、施工性の確認も併せて行った。

③施工解析

施工試験時の条件を反映した温度応力解析を行い、パイプクーリングの結果の再現性を確認した。

④実施工

柱頭部に適するひび割れ対策、施工時期の外気温を解析に反映し、その効果を確認した。

(2) 各検討項目の結果

1) 予備解析

パイプクーリングと断熱養生による温度差抑制の効果を確認するため、予備解析を実施した。その結果、モデル中心部において、ひび割れ指数は1.5程度であり、内部温度上昇を抑制するには、パイプクーリングの効果が大きいことが確認できた。また、既設橋脚による外部拘束の影響を受ける部位の指数が1.0程度となった。最大温度履歴を図-5、ひび割れ指数履歴を図-6に示す。

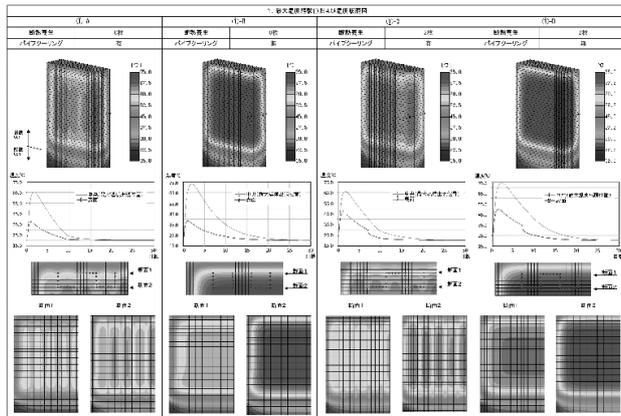


図-5 最大温度経験値および温度履歴図

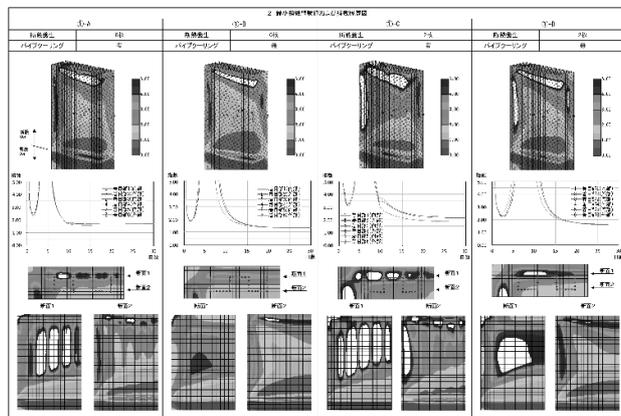


図-6 最小指数経験値および指数履歴図

2) 施工試験

施工試験では、図-7に示す水温管理ユニットを用いて、実構造物の1/2をモデル化した供試体にて、予備解析により算出した水温変化を再現し、パイプクーリングの効果を検証した。パイプクーリング配管要領を図-8、施工試験供試体図-7に示す。施工試験でのコンクリート内部の温度を計測した結果を図-9に示す。パイプクーリング無

しの予備解析結果(①-B)と比較して、最大温度が約16℃低下した。また、パイプクーリング有りの結果(①-A)と比較すると約6℃の温度低下が確認できた。これは解析時の外気温25℃と実外気温20℃の温度差による影響と考察できる。流量および水温の管理は、計画値と整合しているため、施工試験により、パイプクーリングによる温度差抑制効果が立証された。

3) 施工解析

施工試験の結果を温度応力解析に反映させ、コンクリート内部の温度履歴とパイプクーリングの



図-7 水温管理ユニットおよび施工試験供試体

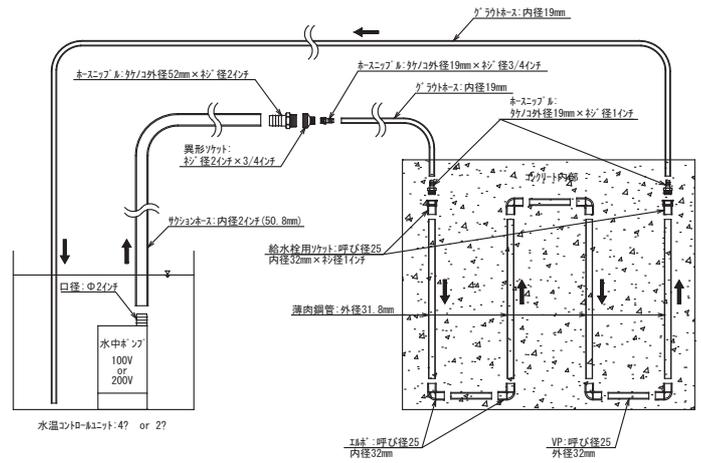
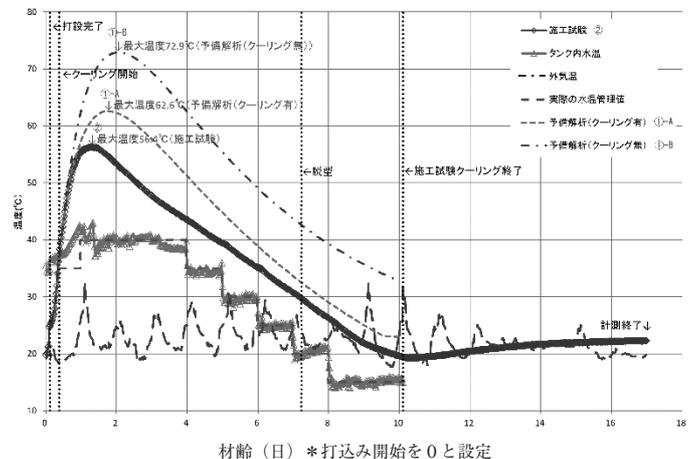


図-8 パイプクーリング配管要領図



材齢(日) * 打込み開始を0と設定

図-9 施工試験結果

有無によるひび割れ指数を比較した。その結果、温度履歴は施工試験とほぼ一致した。

3.3 実施工への反映

施工解析の結果から、パイプクーリングにより内部拘束に対するひび割れ指数は1.6程度、外部拘束に対しては1.0程度確保できることがわかった。ただし、施工が冬季に変更となったため、外部温度を5℃として、パイプクーリングを含めずに温度応力解析を行い、外部温度の低下に対する検討を実施した。その際、断熱養生（気泡シート2重張り）の影響だけを施工条件に加え、ひび割れ指数の検討を行った。その結果、ひび割れ指数は、内部拘束に対して1.5程度、外部拘束に対して1.0程度となり、実際の施工では、パイプクーリングは実施しないこととした。

3.4 柱頭部の施工

中間支点剛結ラーメン構造は一般的に柱頭部を先行架設し、コンクリートを打設して剛結構造とした後に支間部を架設する施工順序となるが、本橋では、送り出し架設の発注であったため、全長の鋼桁架設完了後にコンクリートを打込む施工順序で計画を進めた。実際にはクレーンベント架設工法に変更となったが、工程短縮のため、柱頭部の打設時期の変更は行わずに工事を進めた。

これにより、柱頭部コンクリート打ち込み完了後、鋼桁全体が連結済みの状態となり、1日の最高気温、最低気温の差により、鋼桁が橋軸方向に伸縮するため、強度が発現するまでの柱頭部コンクリートに対して、この影響を抑制することが重要となった。そこで、コンクリートの打ち込みから強度発現まで、図-10に示す鋼桁を支持する固定架台に対し、鋼桁の温度変形（水平変位、回転変位）を抑制する機能を付加した。また、柱頭部の横桁には、温度伸縮の影響により、面外変形が生じる可能性があったため、それを防止するため、図-11に示すトラス形状の補強用仮設材を横桁外側に設置した。

柱頭部のコンクリートは、温度応力解析および施工試験の結果より、パイプクーリングは行わず、図-12に示す気泡シートによる断熱養生を実施した。また、下部工との境界部は、補強鉄筋を加え、配筋を密にし、外部拘束によるひび割れ抑制対策を行った。配筋状況を図-13に示す。

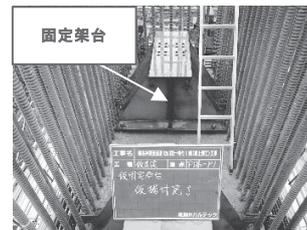


図-10 鋼桁固定架台

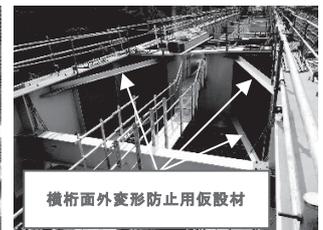


図-11 面外変形防止用仮設材



図-12 気泡シート養生

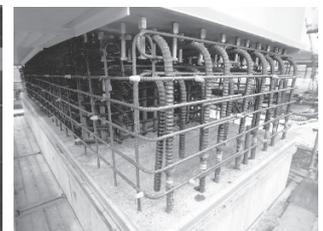


図-13 下部工境界部配筋

4. おわりに

本工事は、中間支点剛結の連続ラーメン構造であり、柱頭部のコンクリートにひび割れ発生の懸念があった。パイプクーリングを適用したマスコンクリートの温度応力解析および施工試験を実施し、実施工に反映した。最終的に冬季にコンクリート打設を行うことになったため、パイプクーリングは不要となった。また、コンクリート強度発現まで温度変形を抑える機能を持たせた固定架台や、横桁の面外変形を防止する仮設材を設置した。これらの対策を講じた結果、施工時および初期点検時にひび割れの発生がなく、柱頭部のコンクリート品質を確保することができた。

最後に、本橋の施工に伴い、ご指導とご協力をいただいた西日本高速道路株式会社をはじめとする関係各位に深く感謝いたします