

横浜横須賀道路佐原第二高架橋 温度解析を用いたひび割れ抑制対策

(株)富士ピー・エス 中央ピーエス(株)共同企業体 正会員 ○長岡 寛
 (株)富士ピー・エス 中央ピーエス(株)共同企業体 正会員 辻 健次
 東日本高速道路(株) 関東支社 横浜工事事務所 工事長 佐藤 正和
 東日本高速道路(株) 関東支社 横浜工事事務所 松原 和也

1. はじめに

横浜横須賀道路佐原第二高架橋の構造形式は、PRC連続ラーメン2主版桁橋である。施工方法は、固定支保工を用いて段階的にコンクリート打設する工法を採用した。図-1に断面図、図-2に側面図を示す。PRC構造の特性からコンクリートの引張応力度、ひび割れ幅の制御が必要であるため、通常的设计手法に加え温度解析を実施した。温度解析結果より、コンクリート水和熱および乾燥収縮による応力性状の把握とひび割れ指数によるひび割れ発生の有無、ひび割れ発生時期およびひび割れが残留する可能性等を把握し、補強方法の検討を行い、構造物のひび割れを制御する施工を行った。また、施工時にコンクリート温度を計測し解析結果と比較することで、解析結果およびひび割れ抑制対策の妥当性を確認した。さらに、フレッシュコンクリートの単位水量を連続的に測定し、圧縮強度を推定することで硬化コンクリートの性能を確認した。

本報告では、温度解析結果より得られたひび割れ抑制対策について、実構造物により検証した結果を報告する。

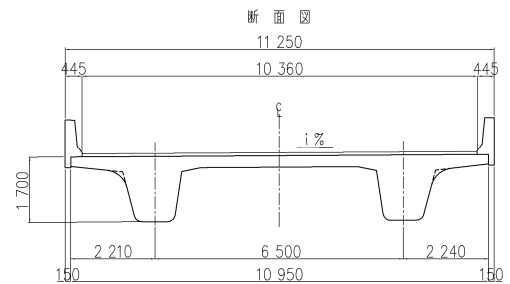


図-1 断面図

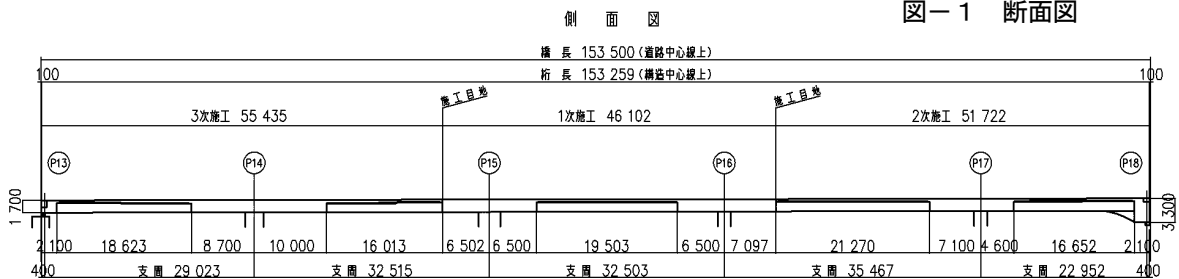


図-2 側面図

2. 温度解析結果

主な温度解析結果を以下に示す。

(1) 充実断面部張出床版橋軸方向応力度

図-3に橋軸方向応力コンター図(経験値最大)、図-4に最大応力位置の応力履歴を示す。張出床版部に引張応力度が発生することが分かる。これは、充実断面部が水和熱により膨張した際に、水和熱の低い張出床版がその膨張により引っ張られ発生する引張応力度である。応力履歴より打設後2、3日で最大応力度を示し、5日目には圧縮に転じることが分かる。補強方針は、一時的な応力度であり、短時間のひび割れは許容することとし、鉄筋による補強を実施した。

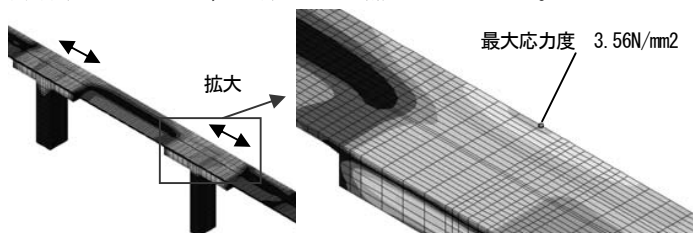


図-3 橋軸方向応力コンター図(経験値最大)

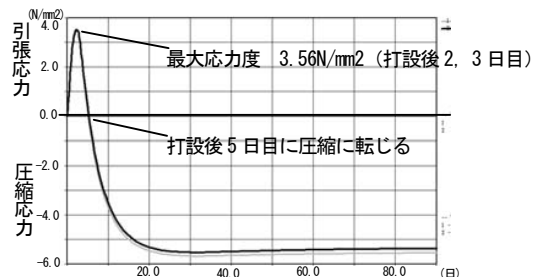


図-4 最大応力位置の応力履歴

(2) 打ち継ぎ目部橋軸直角方向応力度

図-5に橋軸直角方向コンター図、図-6に最大応力位置での応力履歴を示す。図-5より、新コンクリート部に引張応力度が発生することが分かる。これは、新コンクリート部の水和熱による膨張・収縮を旧コンクリートが拘束する際に、膨張は低ヤング係数時に、収縮は高ヤング係数時に起きるため、引張応力度が発生・残留したためである。また、新旧コンクリートの材令差により乾燥収縮度による引張力も発生した。図-6より、応力履歴により打設後2～5日で引張応力度が新コンクリート部に卓越し、その後徐々に増加することが分かる。補強方針は、発生する引張応力度が比較的大きく残留するためプレストレスを導入することにより補強を行った。

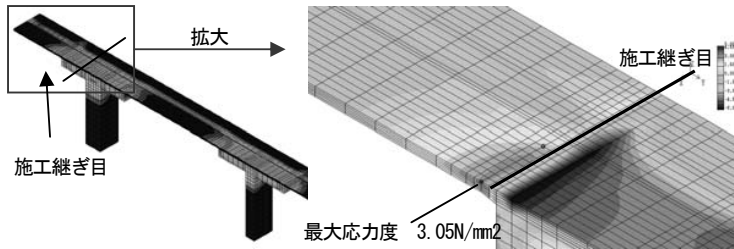


図-5 橋軸直角方向応力コンター図（経験値最大）

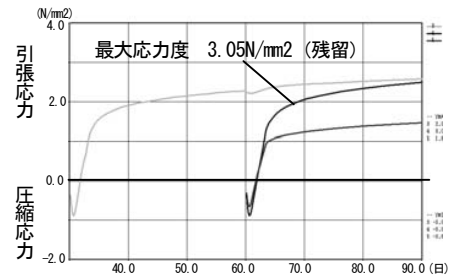


図-6 最大応力位置での応力履歴

(3) 主桁内部橋軸方向応力度

図-7に橋軸方向応力コンター図、図-8に最大応力位置での応力履歴、図-9に最大応力位置のひび割れ指数履歴を示す。図-7より、主桁内部に引張応力度が発生することが分かる。これは、水和熱の部材内外温度差により発生した引張応力度である。温度変化の少ない部材外面は、温度の高い内部の温度降下による収縮を拘束するため、内部に引張応力度が発生・残留した。図-8より、応力履歴により打設後5日目以降に引張応力度が発生し、10日前後でほぼ定常化（残留）することが分かる。応力発生位置が部材図心付近であり、この位置には曲げ応力度が発生せずプレストレスの軸力による圧縮応力のみが作用し、発生応力がコンクリートのひび割れ発生応力より小さいことからこの部位にはひび割れが発生しないと判断し補強は行わないこととした。ただし、実施工においてひび割れ抑制に対する安全性向上のため、送風によるパイプクーリングを実施した。

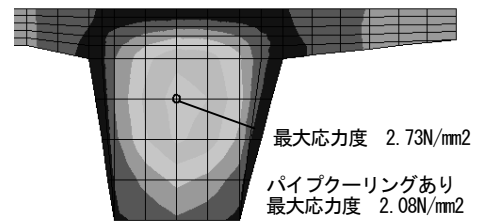


図-7 橋軸方向応力コンター図（経験値最大）

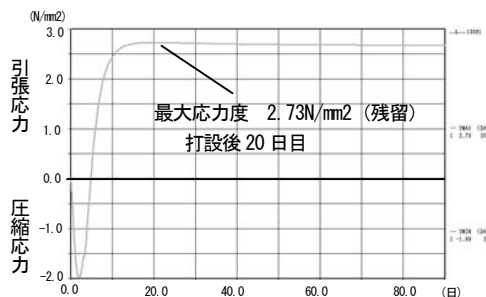


図-8 最大応力位置の応力履歴

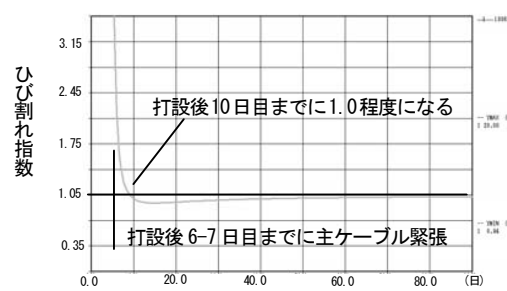


図-9 最大応力位置のひび割れ指数履歴

3. 温度解析結果およびひび割れ抑制対策の妥当性の確認

3.1 温度解析結果を踏まえた施工時ひび割れ抑制対策

実施工において、以下に示す施工時ひび割れ抑制対策を実施した。

- ・内部拘束力対策として、送風によるパイプクーリングを実施した。

鋼製シースφ50mm



- ・初期の乾燥収縮ひび割れ対策として、橋面養生（養生マット+散水）を打設後5日目まで実施した。
- ・若材令時の床版温度差対策として、養生マットを打設後10日目まで存置した。

3. 2 温度解析結果と施工時実測データ（コンクリート温度）の比較検討

施工時のひび割れ発生に対する安全性の確認、温度解析およびひび割れ抑制対策の妥当性をはかる一資料とするため、施工時コンクリート温度を計測した。計測位置を図-10に示す。

(1) 温度履歴について

図-11に各測点におけるコンクリート温度履歴、図-12に最高温度位置での実測値と解析値の比較を示す。最高温度を実測値と解析値で比較した場合、6~8℃程度実測値の方が高く、温度上昇の勾配も急であった。最高温度位置での温度履歴では、温度降下時で実測値と解析値がほぼ一致した。打設後12~16日までの計測点も外気温とほぼ同等となった。

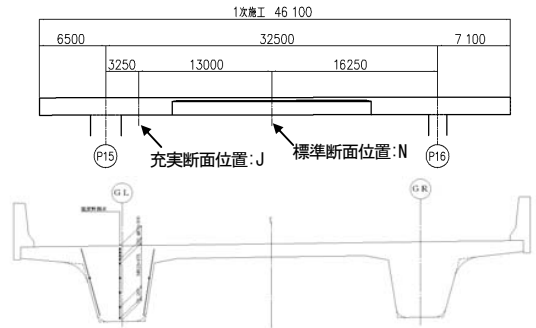


図-10 コンクリート温度計測位置

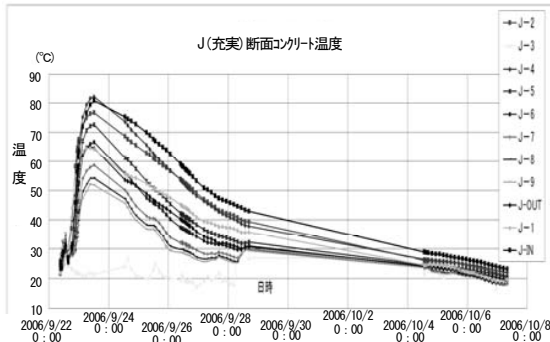


図-11 コンクリート温度履歴

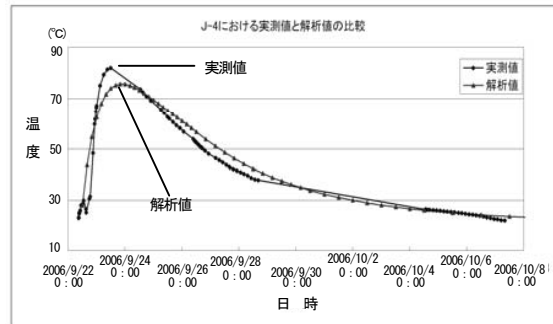


図-12 最高温度位置での実測値と解析値の比較

(2) 温度分布について

図-13に鉛直方向温度分布を示す。温度分布からは、明確なパイプクーリングの影響は見られなかった。この結果を踏まえ、片端からの送風を次施工からは中央から両端へ送風する方法に変更しパイプクーリングの効果を確認した。材令15日まで、床版温度差が作用した形跡は見られないため、養生効果が得られ、若材令時の床版温度差によるひび割れ対策が施されたことが確認された。

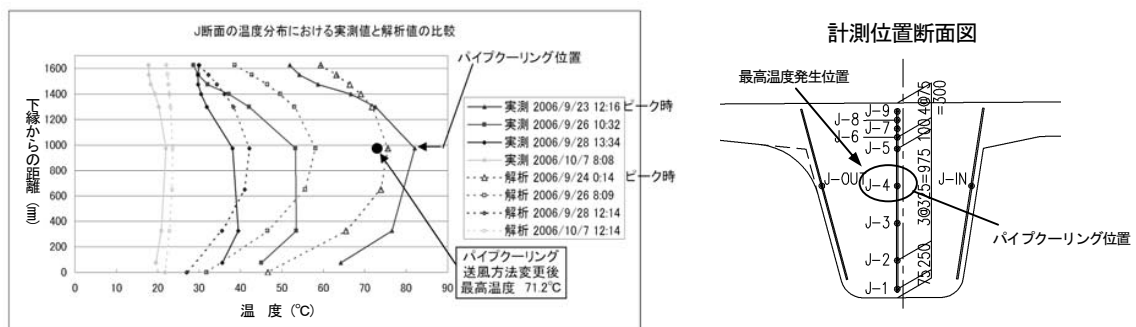


図-13 鉛直方向温度分布

3. 3 施工時実測データを考慮した温度解析結果

計測によって得られたコンクリート温度を温度解析にフィードバックし、その応力性状を確認するとともに補強量の照査を実施した。コンクリート温度が増加したことにより発生する引張応力度が増加するが、現行の補強量で満足することを確認した。

4. コンクリートの単位水量測定および硬化コンクリートの性能確認

主桁のコンクリート打設時に、フレッシュコンクリートの品質管理の向上および硬化コンクリートの品質管理を目的として、コンクリートの単位水量を連続的に測定した。単位水量の測定結果および硬化コンクリートの品質を検討し、主桁コンクリートの性能を確認した。単位水量の測定は、電子レンジ法と連続式R I コンクリート水分測定法の2種類を併用して行った。図-13 に連続R I法の測定状況を示す。



図-13 連続R I法測定状況

4. 1 単位水量測定結果

図-14 に単位水量測定結果を示す。単位水量の平均値を比較した場合、電子レンジ法と連続R I法はほぼ同程度の値であり、設計値（動荷重値）と比較すると若干多い（+4kg/m³）結果となった。これは、電子レンジ法による測定誤差、連続R I法機器の測定誤差が考えられる。また、細骨材の表面水率測定誤差等の練り混ぜ時の誤差も考えられる。

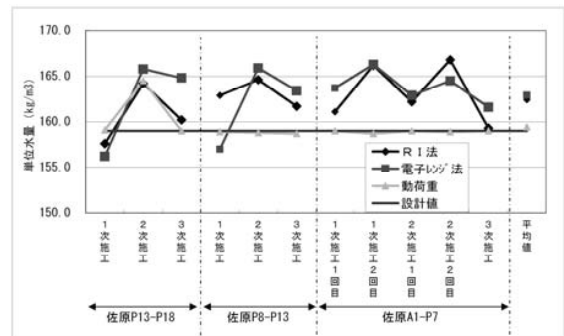


図-14 単位水量測定結果

4. 2 硬化コンクリートの性能確認

連続式R I法より測定したコンクリートの単位水量より硬化コンクリートの圧縮強度を推定した。コンクリートの圧縮強度より引張強度を算出し、設計引張強度と比較検討することで硬化コンクリートの性能を確認した。なお、圧縮強度の推定は、試験練り時に算定した σ 2 8 圧縮強度推定式より算出し、引張強度の推定は、部材の寸法効果および引張軟化の影響を考慮して算出した。

図-15 に、各コンクリート打設区間の単位水量、推定圧縮強度および推定引張強度分布を示す。なお、各物性値はそれぞれの打設区間における平均値である。連続R I法より測定したコンクリートの単位水量から推定した引張強度は設計値よりも大きいため、ひび割れ発生に対する耐力も大きくなり、硬化コンクリートの安全性が確認できた。

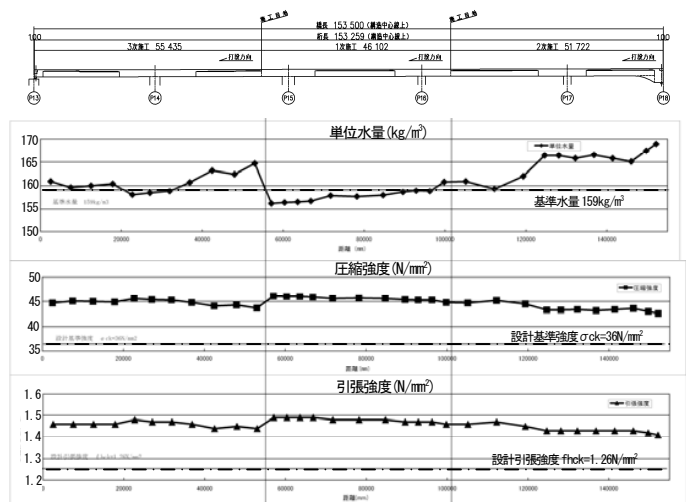


図-15 各物性値

5. まとめ

温度解析結果より得られたひび割れ抑制対策について、実構造物により検証した結果、構造物のひび割れを制御した施工ができ、実構造物の安全性が確認された。現在工事は、平成21年2月の完成を目指して施工中である。最後に、本橋の設計・施工にあたり、ご協力いただきました関係各位に深く感謝する次第である。