

橋梁下部工事のマスコンクリート対策

佐藤工業株式会社 正会員 ○樋口 僚

1. はじめに

本線下部工 3 基(P10～P12 橋脚)は、柱部平均高さ 11.1m、断面 3.5m×3.0m、梁部高さ 3.0m、橋軸直角方向 29.1m、橋軸方向 3.5m のラーメン橋である(図-1)。

本線下部工 3 基の柱部および梁部(フーチングを除く)は技術提案項目「マスコン対策」の対象であった。そこで、基本条件(無対策)および技術提案として挙げられた①パイプクーリング、②型枠条件(断熱材)、③養生条件(LHT シート)を反映させた 3 次元有限要素法による温度応力解析(以下、3 次元温度応力解析)を実施し、比較検討を行った。その結果、それぞれの効果が確認されたことから、技術提案として採用し、現場で履行した事例を報告する。

2. 3 次元温度応力解析による事前検討

3 次元温度応力解析では、温度ひび割れ指数を用いてその効果を判定する。今回の事前解析では表-1 に示した温度ひび割れ発生確率と温度ひび割れ指数の関係より、目標値を 1.0 以上と設定した。

無対策の解析結果では、ひび割れ指数が 1.0 以下の箇所が多い結果であった(0.76～1.08)。そこで、前述した条件①～③の対策を考慮し、再度解析を行った結果、ひび割れ指数が大きく改善されたことから(1.28～2.05、着目箇所毎に 1.5～1.9 倍改善)、この結果をもって条件①～③を技術提案として採用し、現場での実施内容を 3 次元温度応力解析結果とともに報告する (図-2)。

3. 3 次元温度応力解析に従ったマスコン対策(実施)

3.1 ①鉛直パイプクーリング

鉛直パイプクーリングはコンクリート打設前にシース管(薄肉電縫管 φ60mm)を鉛直に埋設し、コンクリート打設後、シース管内にビニールホースをシース管の下端まで挿入する。水温コントロールユニット(貯水量 4m³ 冷温兼用)および循環槽(貯水量 10m³)を使用してビニールホースに水を送水・循環させ、シース管周囲のコンクリート温度を低下させる方法とした。

打設後の水和反応による温度上昇は、各打設時期により若干時間の差異はあるものの、打設後 48～72 時間で躯体中心部で最高温度に到達した。ここで、P10 橋脚

(柱 1LF)における計測結果(抜粋)を図-3 に示す。躯体内部温度の上昇量は 35.7℃となっており、事前解析では打設温度 28.0℃と仮定した場合に中心部最高温度は 65.2℃、温度上昇量は 37.2℃であったことから、解析結果とほぼ同様の計測結果となった(図-4)。パイプクーリングを実施しない事前解析(無対策)では、最高温度が 77.2℃を示しており、パイプクーリングによる最高温度の抑制効果が明らかとなる結果となった(図-5)。

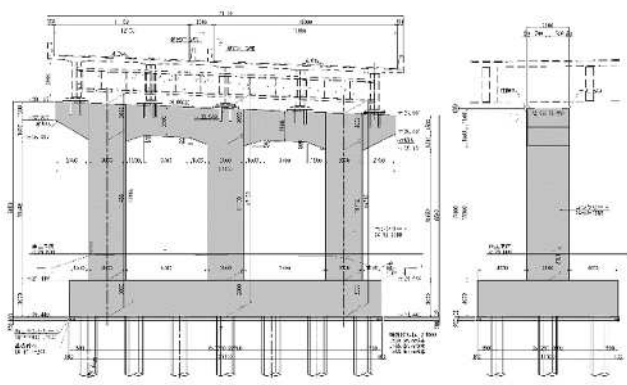


図-1 P10 橋脚一般図

表-1 温度ひび割れ発生確率と温度ひび割れ指数の関係

対策レベル	温度ひび割れ	温度ひび割れ
	発生確率	指数
ひび割れを防止したい場合	5 (%)	1.85 以上
ひび割れの発生をできる限り制限したい場合	15 (%)	1.40 以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50 (%)	1.00 以上

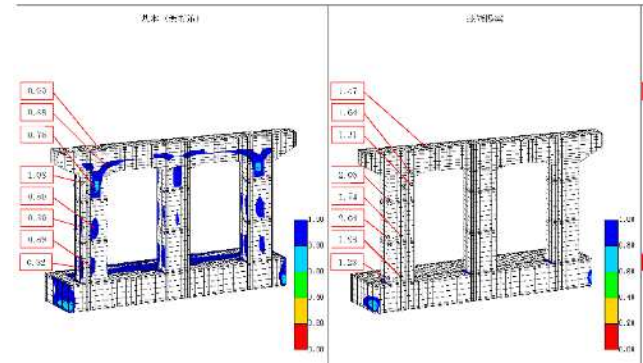


図-2 無対策と技術提案ケースの比較
(温度ひび割れ指数)

3.2 ②断熱材によるコンクリート表面温度低下防止

断熱材によるコンクリート表面温度低下防止対策は、コンクリート内外温度差を無くすため、「スタイロフォーム」の設置を採用した。

P10 橋脚をモデルとした 3 次元温度応力解析結果では、断熱材の設置で内外温度差が 31℃から 15℃へと 16℃低減し(図-6), 最小ひび割れ指数が 0.89 から 1.15 に改善している(図-7)。

断熱材の評価としては、断熱材を実施しない事前解析(無対策)では、内外温度差が 30.7℃を示していることから、表面温度の低下防止に大きな効果があったことが明確となる結果となった。また、クーリングを行ったことによってコンクリートの最高温度を抑えることができたこと、および、断熱材を利用したことによってコンクリート表面温度の低下を軽減することができたことで、総合的な結果として内外温度差を制御することができたと考えられる。

3.3 ③保温・湿潤養生

打設天端部は、打設後に遮光性能を有した水平面用の養生マット「アクアマット SP タイプ」を設置し、次打設まで養生した。また壁面部は、脱型後に鉛直面用の養生マット「うるおんマット R タイプ」を設置し、材齢 28 日まで養生を行い、急激な温度低下と乾燥防止を行うことで収縮ひずみの増加を抑制した。

4. 施工結果および考察

パイプクーリングと断熱型枠の組合せがマスコンクリート対策として非常に効果がある結果であったと考えられる。また、打設後におけるひび割れ調査において、対策を行った柱・梁部は多少表面に乾燥によるひび割れが発生した程度であり、有害と判断されるひび割れ(0.2mm 以上)の発生はなかった。したがって、今回の技術提案は総合的に有効である結果であった。

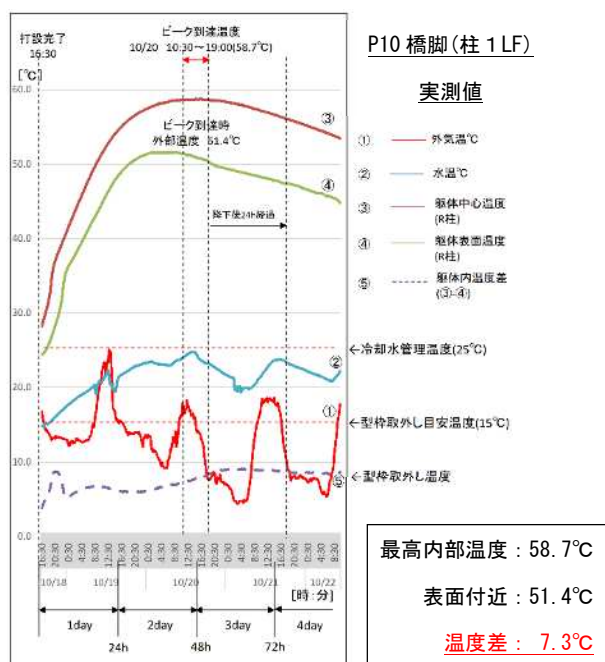


図-3 パイプクーリングの計測結果(抜粋)

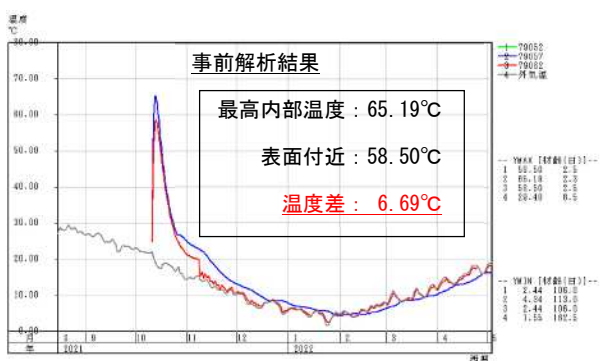


図-4 事前解析結果(対策あり)

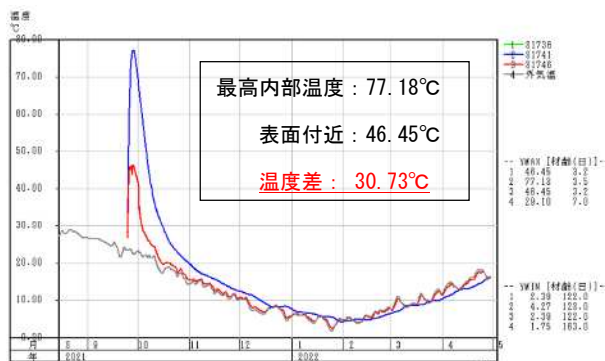


図-5 事前解析結果(無対策)

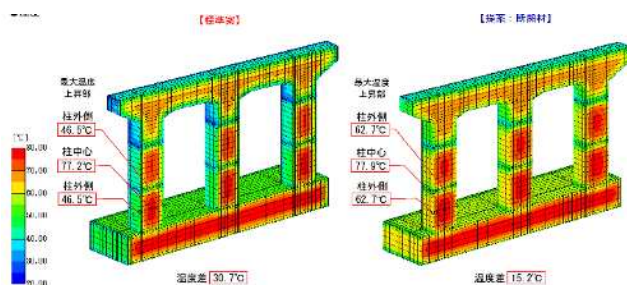


図-6 3次元 FEM 温度解析(温度)

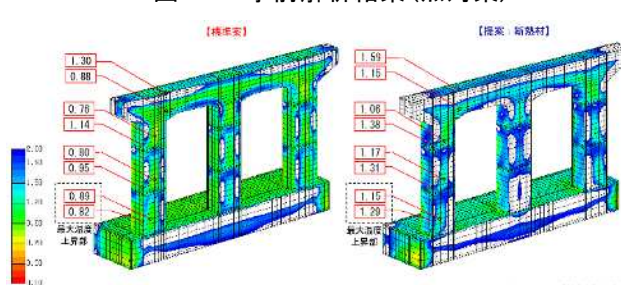


図-7 3次元 FEM 温度解析(ひび割れ指数)