

中空床版橋の施工目地における温度解析

大阪支店 土木工事統括部技術部 杉浦 一毅

1. はじめに

分割施工を行う中空床版橋では、施工目地付近にひび割れが発生する可能性が高い。ひび割れの発生には多種の要因が複雑に関係しているが、施工目地付近においては温度応力によるひび割れがその多くを占めると考えられる。

本稿では、特に広幅員を有する中空床版橋を対象に行った温度解析と実施工における計測との比較結果を考察する。

また、温度応力に対する事前対策としてはセメント種類の変更やパイプクーリングなどがあるが、ここではひび割れ幅の制御を目的とし、補強鉄筋の効果を検証した。

2. 温度解析

(1) 解析モデル

既設および新設コンクリートの拘束条件を実構造に近いモデルとするために、橋軸方向は2径間の構造寸法をモデル化し、橋軸直角方向は1/2モデルにて解析を行った。図-1に解析モデルと計測ポイントを示す。

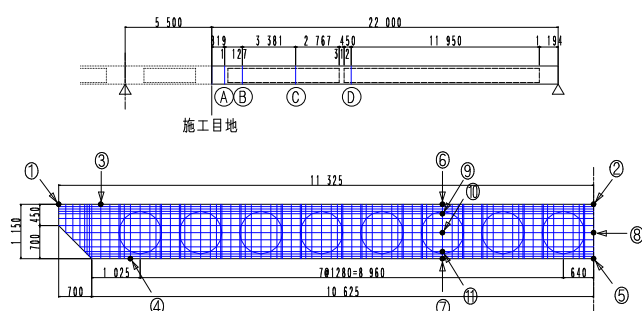


図-1 解析モデルと計測ポイント

(2) 解析結果

図-2 から図-4 に解析結果を示す。なお、応力値は圧縮をプラス、引張をマイナスとしてグラフ化している。

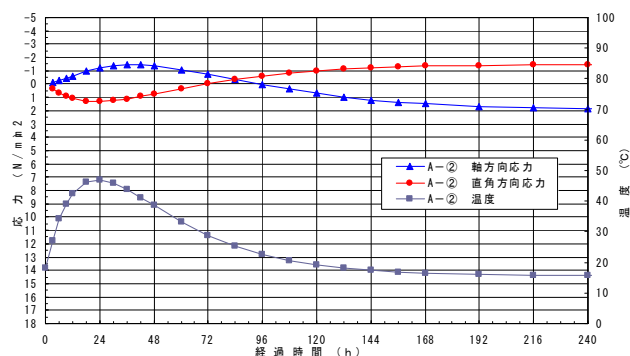


図-2 時刻歴図(応力・温度)

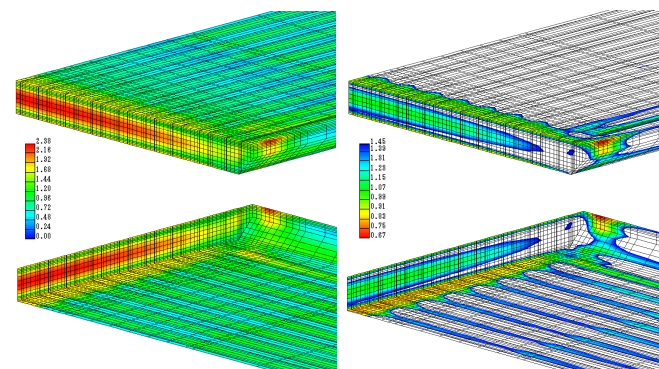


図-3 最大主応力(経験値) 図-4 最小ひび割れ指数(経験値)

(3) 補強鉄筋の検討

ひび割れに対する評価は、コンクリートの引張強度と主引張応力の比より求まる温度ひび割れ指数を用い、ひび割れ幅を0.1mm以内に制御する補強鉄筋量を算出した。実施工において配置した補強鉄筋を図-5に示す。

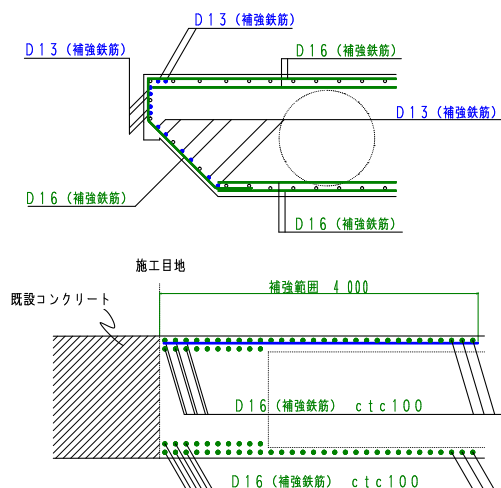


図-5 補強鉄筋の配置

3. 解析結果と実施工との比較

実施工の温度測定については、熱電対を用いて測定した。応力測定については、鉄筋計によりひずみを測定し、コンクリートのヤング係数を乗じることで算出した。なお、コンクリートのヤング係数は、静弾性係数試験により得られた結果を基に、ヤング係数の推定式を用いて算出した。測定結果を図-6に示す。

(1) 温度

実施工と解析結果とでは、最大温度を示す時期はほぼ一致するものの、コンクリートの上面、下面および内部において実コンクリート温度が解析値を上回る結果となった。これは、解析値と比較して外気温が10℃程度高かったためである。

(2) 応力

実施工での橋軸方向応力は、材令1~2日までコンクリート温度の上昇とともに引張応力が作用し、温度の下降に応じて圧縮応力が発生している。この傾向は、解析結果とほぼ一致している。材令3日(72h)から急激に圧縮力が作用しているのは、主ケーブルの緊張によるものであり、設計計算でのプレストレスによる導入直後のコンクリート応力度は4.3N/mm²であるため、その圧縮力が導入されたと判断できる。

橋軸直角方向応力については、コンクリート温度の上昇とともに圧縮応力が作用し、温度が下降始めると応力変化が緩やかになる。材令3~4日頃よりコンクリート温度と対応するように引張応力が発生している。初期の圧縮応力は解析値とは違っているが、応力の変化傾向はほぼ解析通りである。また、橋軸方向とは逆に材令3日の主ケーブル緊張に伴って、ポアソン効果により急激に引張力が発生する。

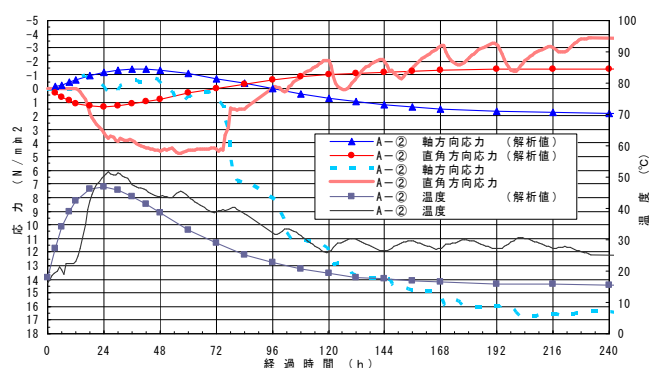


図-6 解析値と測定結果の比較(温度、応力)

(3) ひび割れ発生状況

ひび割れの調査を材令6日に行った結果、下面には目視確認できるひび割れは発生していない。コンクリート上面のひび割れの発生状況を図-7に示す。

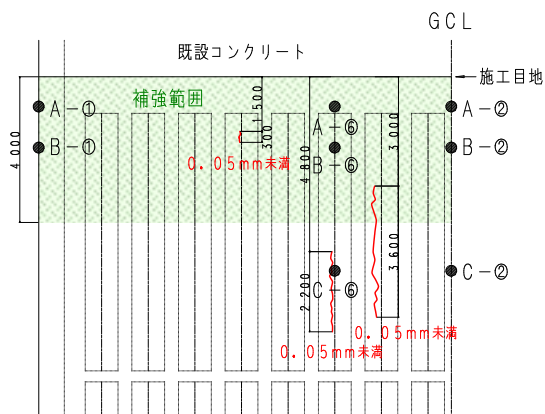


図-7 ひび割れ発生状況(上面)

発生したひび割れは、補強鉄筋を配置した区間には少なく、幅も0.05mm未満の微細なひび割れ程度である。これより、解析を基に補強鉄筋を配置した効果が得られたと判断できる。

しかし、補強範囲を超えて支間中央側に解析では予想できなかったひび割れが発生している。これについて、ひび割れの発生箇所が全て発泡スチロール製ボイド(以下発泡ボイド)の直上であることから、コンクリートと発泡ボイドの温度差によるひび割れと予想する。コンクリート温度および発泡ボイド温度を見てみると、発泡ボイド内部の温度は外周のコンクリートよりも高い温度を保持したまま緩やかに下降していくが、コンクリート温度は材令3日(72h)あたりから外気温の変化と呼応し始め、材令5日になるとほぼ外気と等しい温度変化を示す。そして、直角方向に引張応力が発生し始める時期は、材令3日である。このときには、主ケーブルの緊張による引張応力を確認できるが、それ以降については、発泡ボイド内部とコンクリートとの内外温度差による引張応力が発生している可能性がある。(図-8 参照)

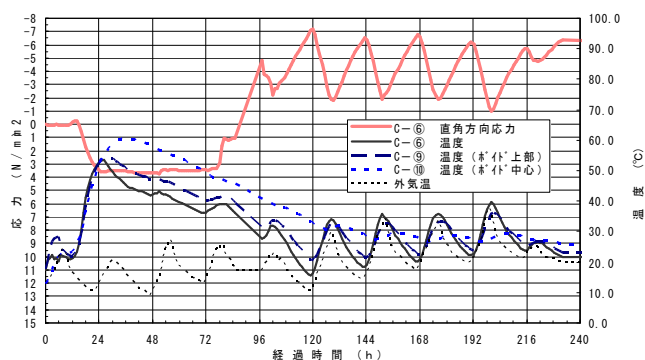


図-8 発泡ボイド温度と直角方向応力の挙動

4. まとめ

解析結果によると、コンクリート温度に応じて内部拘束による橋軸方向の引張応力と外部拘束による橋軸直角方向の引張応力が発生する。実施工による計測結果は、鉄筋計によるひずみにコンクリートのヤング係数を乗じた値であるため、実際に発生したコンクリート応力とは言えず、また、主ケーブルの緊張による応力も作用することから解析結果とは相違点も見られるが、温度応力の発生する挙動についてはほぼ一致すると判断できる。

補強鉄筋については、実施工でのひび割れ発生状況を見ても、配置範囲にはほとんど発生していないことから効果があったと判断でき、算出方法も妥当であったと考えられる。

しかし、補強範囲を超えた箇所でのひび割れについては、温度解析では想定外であり、発生する原因は不明な点が多い。一つの理由として、発泡スチロール製のボイドとコンクリートとの内外温度差による引張応力を挙げたが、部分的にしか発生していない点などから、その他の要因が重なってひび割れ発生につながっていると予想する。

広幅員を有する中空床版橋では、本稿で取り上げたひび割れが発生する可能性が高いことから、今後、さらにひび割れ発生メカニズムについて検証する必要がある。

Key words : 中空床版橋, 施工目地, 温度応力ひび割れ