

鋼・コンクリート合成床版の打設時温度解析

川田工業 ○正会員 段下 義典 川田工業 正会員 橘 吉宏 川田工業 正会員 清水 良平
 川田工業 正会員 宮森 雅之 川田工業 高桑 正直 川田工業 畑 崇憲

1. はじめに

鋼・コンクリート合成床版は、高い耐荷力と耐久性を兼ね備えた床版であり、近年その採用が増えている。鋼板パネルが型枠として機能するが、一方、その鋼板は木製型枠に対して熱伝導率の高い材料であるため、養生中に外気温の影響を受け易く、養生条件によっては床版内部の温度差に起因するひび割れの発生が懸念される。そこで、本報告では、圏央道のつくば高架橋上部その6工事、牛久高架橋上部その1工事において、鋼・コンクリート合成床版に対して行われた品質管理確認実験の際に計測された温度履歴に対して、温度解析を行い検討した結果を報告する。

2. 計測概要

図-1に試験体平面図、断面図を示す。幅員 5.4m、主桁間隔 3.0m、橋軸方向長さ 3.0m、床版厚は鋼板厚 9mm を含み 240mm、ハンチ高は標準的な 80mm である。試験体は桁高 1.5m の 2 本の主桁で支持され地盤面から試験体までの高さは約 1.8m である。コンクリートはスランプ 14cm と 8cm の 2 種類のコンクリートを 1 次と 2 次の 2 回に分けて打設された。熱電対は床版支間部中央と主桁上に設置され、鉛直方向にはコンクリート上縁から 40mm 下の位置、床版厚中心、コンクリート下縁位置に設置し計測された。

コンクリートの配合としては、普通セメントを使用し、設計基準強度 30N/mm^2 、水セメント比 49.5%、セメント + 膨張材の単位結合材量は 1 次コンクリートにて 330kg/m^3 であった。コンクリートの打込み温度は、1 次コンクリートが 13°C 、2 次コンクリートが 20°C 、計測期間（平成 16 年 12 月 9 日～20 日）における平均気温は 8.6°C であった。養生方法は、床版上面に養生マット + ブルーシートを施し、床版下面側は鋼板を露出した状態である。

本報告では、図-1に示した着目点において計測温度と温度解析を比較し検討する。後述する計測結果からは床版内部に温度差がほとんど生じておらず、上記の養生方法が適当であることが確かめられている。

3. 温度解析と計測温度の比較

温度解析に使用したモデルを図-2に示す。幅員と床版厚は計測を行った試験体と同じとし、橋軸方向長さは 1 次コンクリートの範囲 1350mm とした。温度解析には、ASTEA-MACS Ver. 2 を使用した。表-1に解析に用いた物性値を示す。橋軸直角方向の側面は片側を木製型枠（試験体と同じ）、片側を断熱境界条件としている。

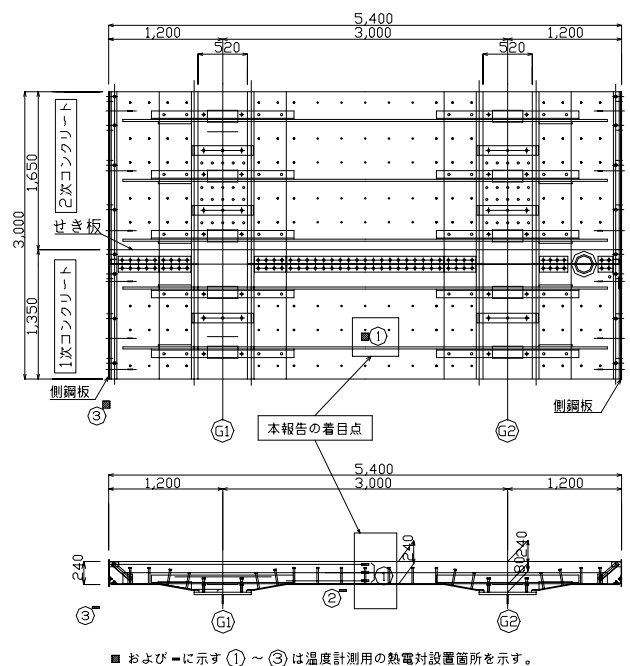


図-1 試験体

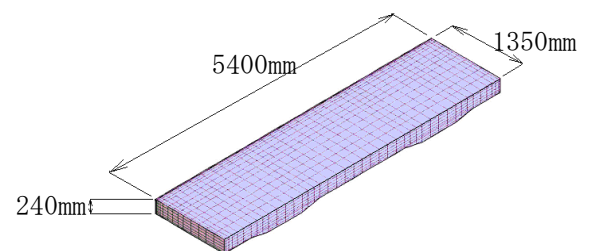


図-2 解析モデル

キーワード 鋼・コンクリート合成床版, 温度計測, 養生方法, 断熱温度上昇特性, 温度解析
 連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業（株） TEL 03-3915-3411

床版下面側の熱伝達率は 14W/m²℃と 6W/m²℃の 2 ケース解析した。
図－3 に解析に用いた断熱温度上昇曲線を示す。断熱温度上昇曲線は、水和熱によってコンクリート温度が上昇し始める時点における S 字カーブを再現した近似式を用い、且つ打込み後にしばらく水和熱がほとんど発生しない時間 t_0 を考慮した。

近似式 $Q(t) = Q_{\infty} \cdot (1 - \exp(-\alpha (t-t_0)^{\beta}))$ に用いた各パラメータは、
 $Q_{\infty}=50.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\alpha=0.59$ 、 $\beta=1.2$ 、 $t_0=0.19$ 日であり、緩やかに温度上昇する曲線とした。

図－4 に床版下面側熱伝達率を 6W/m²℃とした場合の、計測の外気温、コンクリート温度、温度解析の結果を示す。計測温度に着目すると、打込み後のコンクリートは材齢 1 日目で 20℃まで上昇し、材齢 3 日目まで水和熱の影響がうかがえる。温度解析と計測温度は概ね一致している。同様に図－5 に床版下面側熱伝達率を 14W/m²℃とした場合の結果を示す。この場合、コンクリート内での温度差が目立ち、計測温度とは差が生じた結果となった。なお、材齢 1 日目最高温度時でのコンクリート内温度差は 1.5℃であった。

これらのことから、メタルフォームである床版下面に着目してみると、コンクリート標準示方書の熱伝達率参考値 14W/m²℃に対して、6W/m²℃の方が結果として計測温度と一致しており、今回解析に用いた物性値や断熱温度上昇曲線が妥当であると考えられる。試験体においては地盤面に近いこともあり、主桁に囲まれたの床版下面が、風の影響が少なく外気からの影響が低減された環境（熱伝達境界）にあると推測できる。断熱温度上昇特性としては前述の S 字カーブの設定と、打込み後しばらく水和熱がほとんど発生しない時間の設定が重要であると考えられる。なお、水和熱がほとんど発生しない時間の設定は、一般的な凝結始発時間を参考に、 $t_0=0.19$ 日=4.5 時間とした。

4. まとめ

本報告では、鋼・コンクリート合成床版のコンクリートが養生中に外気から受ける影響を物性値等の適切な設定から温度解析で概ね再現できることを確認した。実橋において架橋地点・施工時期等の条件に対して、本解析方法が適用できるものと考えられる。

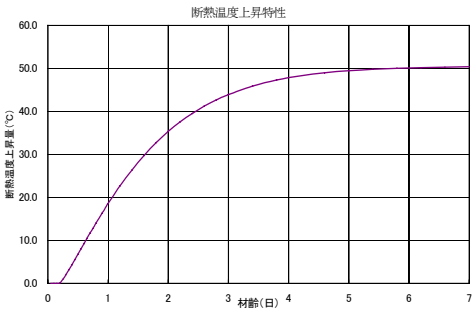
最後に、本報告においてご指導・ご協力をいただいた関係者のみなさまに対し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

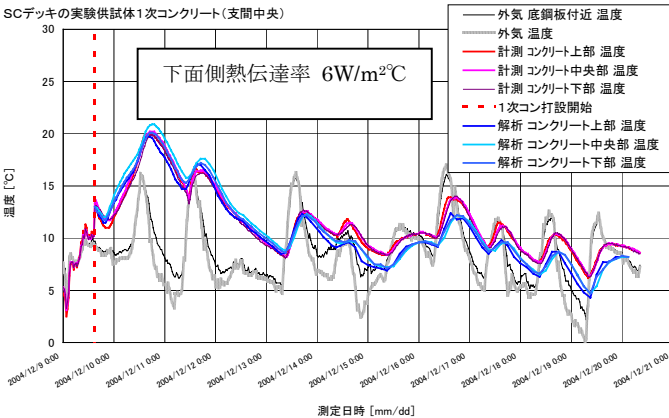
- ・土木学会 鋼構造委員会 道路橋床版の調査研究小委員会：道路橋床版の設計の合理化と耐久性の向上
平成 16 年 11 月

表－1 解析に用いた物性値

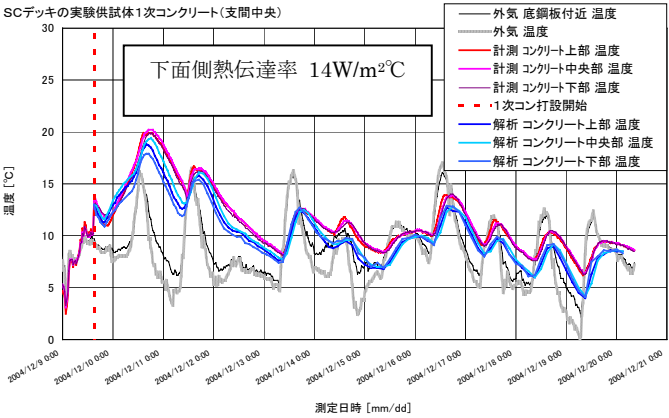
		項目	単位	物性値
コンクリート		熱伝導率	W/m ² ℃	2.7
		密度	kg/m ³	2300
		比熱	kJ/kg℃	1.15
		初期温度	℃	13
鉄筋		熱伝導率	W/m ² ℃	53
		密度	kg/m ³	7850
		比熱	kJ/kg℃	0.461
		初期温度	℃	13
鋼板		熱伝導率	W/m ² ℃	0.105
		密度	kg/m ³	520
		比熱	kJ/kg℃	1.15
		初期温度	℃	13
養生位置	床版上面	養生マット＋ブルーシート	W/m ² ℃	12
	床版側面	鋼板	W/m ² ℃	14
	床版下面	鋼板	W/m ² ℃	14 または 6
	端部面	木製型枠	W/m ² ℃	14



図－3 断熱温度上昇曲線



図－4 計測結果と温度解析の温度履歴①



図－5 計測結果と温度解析の温度履歴②