

マスコンクリートの温度応力解析における熱伝達率の設定方法の検討

社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 正会員 ○柴藤勝也
社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 正会員 伊藤文夫
須山建設株式会社 環境ブロック 土木・工事チーム 田中孝典

1. はじめに

マスコンクリートとなるようなコンクリート構造物の施工において、温度応力によるひび割れの発生を抑制するためには、一般的には事前に温度応力解析を実施し所要のひび割れ発生確率以下となるような施工方法を検討することになる。この解析において、コンクリートや地盤等の物性値には、実際に試験を行って求めたデータがなければ、一般的に使用されているような値を入力することになる。

比較的やわらかい地盤上に施工される基礎コンクリート等では、コンクリート内部と表面の温度差による表面ひび割れが生じやすい。この可能性を予測するためには、事前の温度応力解析により、特に初期材齢でのコンクリート内部と表面の温度挙動をできるだけ正確に予測することが必要となる。コンクリート表面の温度挙動には熱伝達率が大きく影響することが知られており、温度応力解析においては熱伝達率をできるだけ現実に近い値で入力することが必要となる。本文は、実際のコンクリートの温度計測結果に基づき、コンクリート表面の熱伝達率の適切な設定方法について検討した内容を報告するものである。

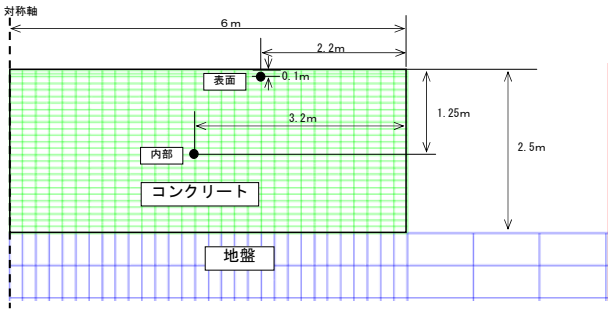
2. コンクリート施工の概要

検討の対象としたコンクリートは、CL級（N値＝293）の地盤の上に構築する、高架橋の橋脚フーチング（12×11×厚さ2.5m）である。このフーチングについて2月下旬にコンクリートを打込み、その時点から3月上旬までのあいだ、コンクリート温度（内部、表面）と外気温の計測を実施している。コンクリート温度計測における温度計設置位置を、図－1に示す。

事前の温度応力解析により、このコンクリートには内部と表面の温度差による表面ひび割れが発生する可能性が予見されたため、実際の施工においてはコンクリート表面において保温養生を実施することとしていた。養生の実施等についての施工の経緯を、表－1に示す。ここで、フーチング上面に使用している養生マット＋気泡付きシートは、同じ現場の他の橋脚フーチング（10月に施工）において使用し、コンクリートの温度計測結果に基づいて熱伝達率として5 W/m²℃程度であると評価できたことから、今回もこれを使用して表面の保温を図ることとした。

3. コンクリートの温度計測結果と熱伝達率の評価

コンクリートの温度計測結果と、コンクリートの熱物性値（断熱温度上昇式、熱伝導率、比熱、熱伝達率）について一般的な値を使用し、打込み温度や外気温等の施工条件や環境条件を実際の値で入力した場合の温



図－1 コンクリート温度計測の温度計設置位置

表－1 コンクリートの施工についての経緯

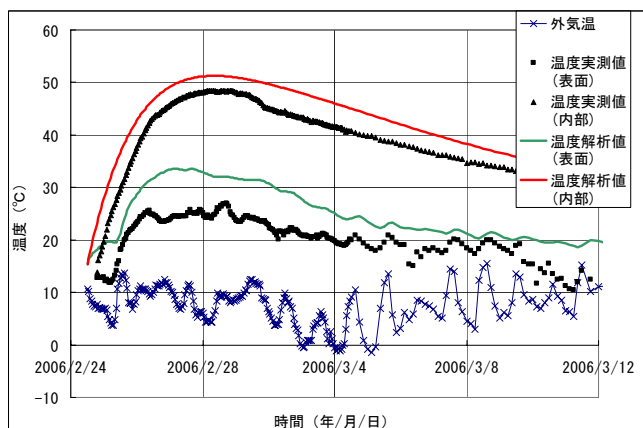
年月日	時刻	内容
2006/2/24	8:20～16:41	コンクリート打込み 上面におけるシート養生
2006/2/24	19:00	温度計測開始
2006/2/25	－	上面における保温養生（養生マット＋気泡付きシート）開始
2006/2/28	－	側面における木製型枠の取外し、気泡付きシートによる保温養生開始
2006/3/11	19:00	温度計測終了
2006/3/16	－	上面および側面における保温養生終了

度解析結果との比較を、図－2に示す。温度実測値と温度解析値の差が大きいことから、①打込み温度を3℃下げる、②断熱温度上昇式に発熱遅れの項を設定する、③熱伝達率を風速の関数とする、という条件に変更した場合の解析を実施した。この場合の両者の比較を、図－3に示す。

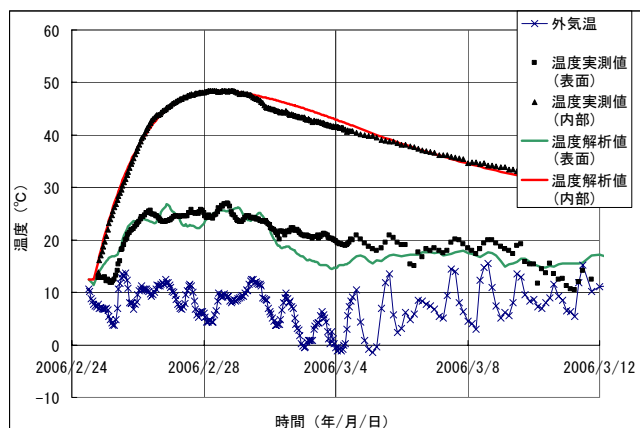
図－2と図－3を比較すると、表面ひび割れの原因となる内部と表面の温度差については、図－2の温度解析値は危険側に評価（実際の温度差よりも小さく評価）しており、このような入力条件で事前解析を行った場合には表面ひび割れの可能性を過小評価することになる。一方、図－3の温度解析値は、温度実測値と比較的よく合致しており、表面ひび割れの可能性を適切に評価し得るものと言える。ここで、熱伝達率を風速の関数として表現する方法は、式－1の通りとした。これは、その養生方法の標準的な熱伝達率に、風速が2 m/s から1 m/s 大きくなる毎に $3.5\text{W/m}^2\text{℃}$ を加えるというものであり、熱伝達率に対する風速の影響についての記述¹⁾を参考にした。式－1によって計算したコンクリート表面の熱伝達率を、図－4に示す。

$$\text{熱伝達率} = \text{標準熱伝達率} + (\text{風速} - 2) \times 3.5 \quad \dots \text{式－1}$$

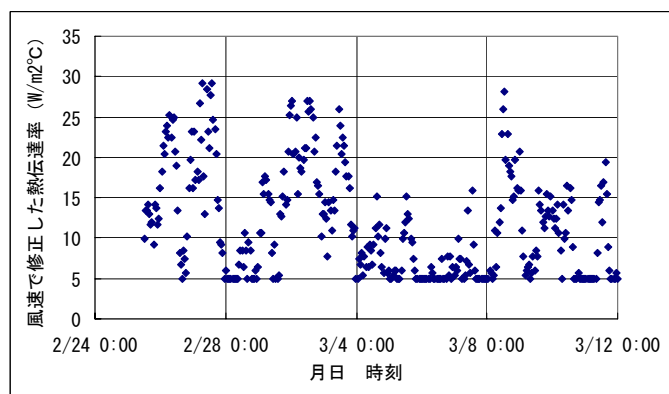
式－1による熱伝達率の設定方法が妥当であるかどうかを検証するため、過去3年間の2月24日から3月12日までの1時間毎の外気温と風速を平均し、その風速から式－1によって1時間毎の熱伝達率を算出し、それらを入力して温度解析を行った。その結果を図－5に示す。温度解析値は温度実測値と比較的よく合致しており、式－1による熱伝達率の設定方法は妥当であると考えられる。



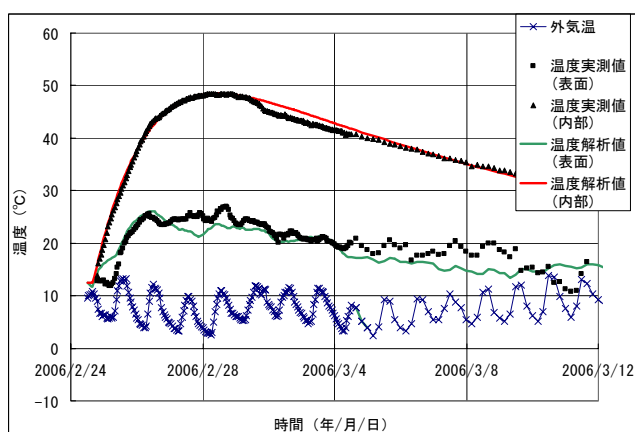
図－2 標準的な入力値による温度解析結果



図－3 熱伝達率等を変更した場合の温度解析結果



図－4 風速の影響を考慮して算出した熱伝達率



図－5 過去3年間の外気温、風速を考慮した解析結果

4. まとめ

マスコンクリートにおいて、コンクリート内部と表面の温度差による表面ひび割れの可能性を判断する場合、熱伝達率が風速に影響されることを考慮して解析を行うと、予測精度が向上すると考えられる。

参考文献

- 1)土木学会：2002年制定 コンクリート標準示方書[施工編]，pp.45