

橋梁上部工プレキャストセグメントの材料構造連成による乾燥収縮クリープ変形解析

鹿島建設(株) 正会員 ○大家 史 井筒竜宇
 東京大学大学院工学系研究科 正会員 五十嵐豪 フェロー会員 石田哲也

1. はじめに

建設産業における労働人口減少への対応策として、プレキャスト化により生産性を向上させる取組みが行われている。今後、この動きは加速することが予想され、大規模な構造物への適用など、プレキャストセグメント製作後の高精度な出来形管理が求められる事案が増加すると考えられる。本稿では、最大支間長が 130m と非常に長い橋梁の上部工プレキャストセグメントを対象として、材料構造連成解析による乾燥収縮クリープ変形解析を実施し、現場計測値と比較しながら、製造後の変形について検討を実施したので報告する。

2. 検討を実施した構造物

検討を実施した構造物は徳島県吉野川の河口に位置する吉野川サンライズ大橋で、プレキャストセグメント橋としては世界最長クラスである。桁のプレキャストセグメントは張出し架設直前に高精度な形状計測システムで計測し、そのデータをもとに架設線形管理システムで架設線形を予測した。この予測は実際の施工誤差と良く対応したが、その傾向はどの径間の張出しにおいても、次第に上方に向かう下に凸の形状を示した。この現象はこれまでも知られていたが、その原因として、製作後1年ほど保管ヤードに置かれている間に、上床版が直射日光を受けることにより、その他の部位より乾燥収縮クリープ変形が大きくなる可能性があると考えた。今後、更なる高精度な出来形管理を行うため、上床版が収縮する現象について検討を行なった。

3. 解析システム

解析では、コンクリート内部の微視的挙動に関するモデル群を実装した熱力学連成解析システム DuCOM と、鉄筋コンクリート構造の巨視的応答・損傷を評価できる非線形構造解析システム COM3 を統合したマルチスケール統合解析システム DuCOM-COM3 を用いた。なお、DuCOM では水和発熱モデル、空隙構造形成モデルおよび水分保持・移動モデルを構築し、それらを逐次連成させることでコンクリート材料の詳細な解析が行われる。

4. 解析モデル

解析対象としたプレキャストセグメントは、桁高が高中低の 1BL (高), 10BL (中), 20BL (低) の3種類で、主に検討に用いた 1BL のメッシュ図を図-1 に示す。境界条件として設定する環境条件については、保管ヤードにて温湿度、風速を計測した。特に直射日光の影響を検討するために、各床版の表と裏に表面温度を計測できるボタン型温度計を設置した(図-1 赤丸位置)。施工条件については、製作工程から打設、養生、脱枠等を時間単位で設定した。図-1 のアルファベットで区分した面で、それぞれ異なる環境条件および施工条件を設定した。

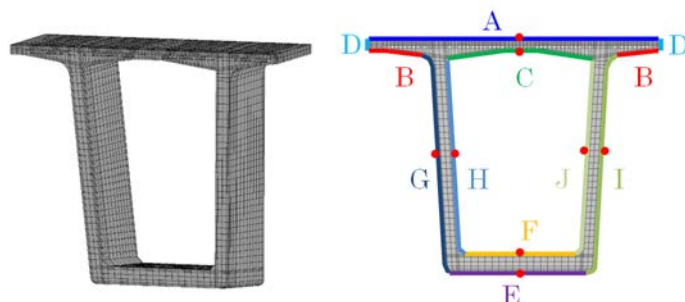


図-1 解析メッシュ(1BL)と境界設定箇所

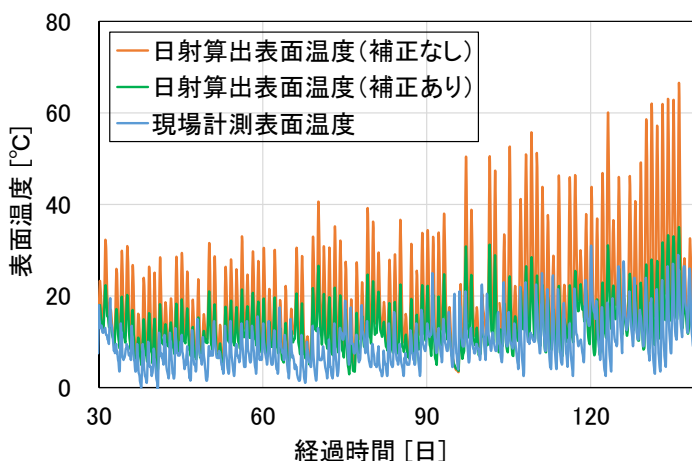


図-2 現場計測表面温度による日射の補正

キーワード FEM, マルチスケール, プレキャストセグメント, 乾燥収縮, 日射
 連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株) 土木設計本部解析技術部 TEL 03-6735-3453

5. 乾燥収縮クリープ変形解析

プレキャストセグメントの上床版における日射の影響は、計測した表面温度を設定する方法もあるが、DuCOM-COM3では、式(1)で表されるコンクリート表面の熱流束を境界条件として設定可能であり、本検討ではこの方法を用いた¹⁾。

$$q_s^T = q_{short} + q_{long} + q_{conv} \quad (1)$$

ここで、 q_s^T :コンクリート表面の熱流束(W/m²)、 q_{short} :短波放射(W/m²)、 q_{long} :長波放射(W/m²)、 q_{conv} :対流による熱伝達(W/m²)

また、日射に対応する短波放射は、コンクリート表面で反射されるものと吸収されるものがあり、式(2)で表される。

$$q_{short} = \gamma_{abs} \cdot Rad_{inc} \quad (2)$$

ここで、 γ_{abs} :コンクリートの太陽光吸収率(-)、 Rad_{inc} :入射する短波放射(W/m²)。

日射データは新エネルギー・産業技術総合研究所(NEDO)にデータベースがあるが、面の向きなどにより有効な日射量は異なる。そこで、各部位においてデータベースの日射量をそのまま与えた場合の表面温度と、現場計測の表面温度を比較して、データベースの日射量を補正した(図-2)。以上の処理により、計測期間の限度や欠損リスクのある現場計測データより、長期間かつ完全なデータで検討を行うことが可能となった。

6. 解析結果

解析結果として、図-3に上床版中央位置での、図-4に上床版端部位置での橋軸方向クリープ乾燥収縮量経時変化をグラフで示す。青線が日射なし、黄線が日射ありの結果であるが、予想に反し日射ありの方が、熱膨張の影響がない夜間も含めて、常に日射なしより膨張傾向にある結果となった。グラフ内の赤点は架設線形管理のための形状計測システムから求めたもので、日射の影響を受けた収縮量計測値となるが、いずれも解析結果の日射ありの範囲内に位置した。

これより解析結果は現場計測に良く対応しており、妥当であると判断した。以上、解析結果から上床版のみが収縮する理由は、ヤード保管中の直射日光による乾燥収縮クリープ変形が原因ではないと考えた。

7. まとめ

橋梁上部工プレキャストセグメントの上床版のみが収縮する現象について、日射の影響を考慮した乾燥収縮クリープ変形解析を行い、検討を実施した。解析結果、現場計測とも上床版のみが収縮する結果は得られず、乾燥収縮クリープ変形は原因ではないことが分かった。今後、別の可能性として自己収縮変形について検討を行う予定である。なお、本検討は東京大学社会連携講座「インフラ材料・構造の次世代性能評価技術の開発」にて実施したものである。

参考文献

- 1) G. Igarashi, M. Ichimiya, F. Ohya and T. Ishida: Numerical Simulation of Dimensional Stability of Precast Segments Exposed to Solar Radiation During Yard Storage, Journal of Advanced Concrete Technology, 20, pp.200-211, 2022.

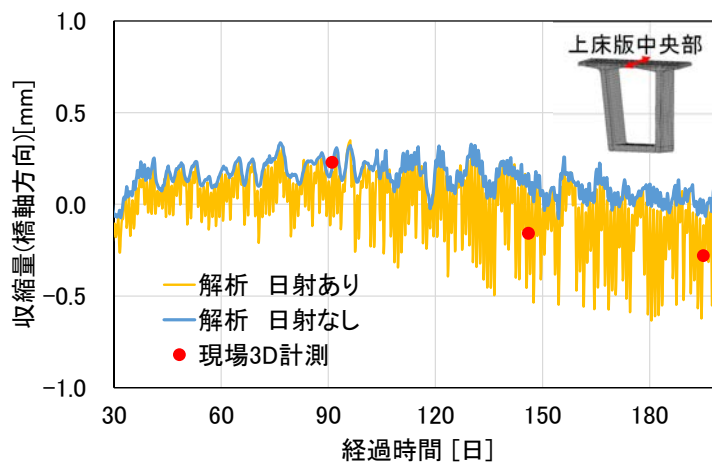


図-3 上床版中央部の乾燥収縮クリープ変形収縮量

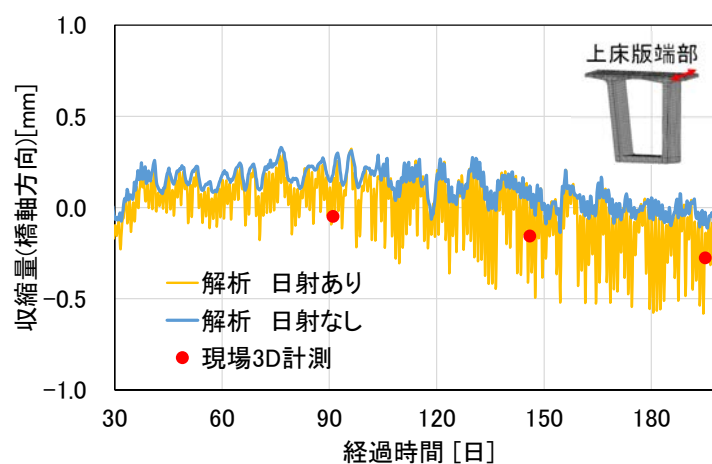


図-4 上床版端部の乾燥収縮クリープ変形収縮量