

マルチスケールモデルによる実物大高架橋内部の温度変化と凍害評価の試み

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○阿部 翼, 栗林 健一

株式会社コムスエンジニアリング 土屋 智史

国立大学法人東京大学 石田 哲也, 高橋 佑弥, 大野 元寛

1. はじめに

JR 東日本では、将来にわたる安定輸送確保のため、2031 年度から 10 年間で新幹線大規模改修を行う計画である。新幹線大規模改修には、図 1 に示すとおり高架橋表面改修工計画があり、東北・上越新幹線を再現した実物大高架橋において、改修材料の効果確認を実施している。一方で、改修材料の施工区間・施工部位の選定については、解析による将来予測を用いて計画する予定である。本稿では、写真 1 に示す実物大高架橋内部に設置したセンサの計測データ¹⁾等を活用して、マルチスケール統合解析システム DuCOM-COM3²⁾による凍害解析を行った結果を報告する。

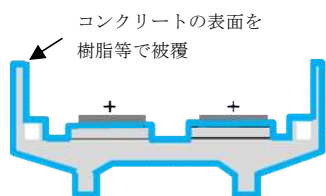


図 1 高架橋表面改修工計画(案)



写真 1 実物大高架橋 埋設センサ設置状況



熱電対

2. 実物大高架橋における実測温度と解析温度の比較

表 1 記載の条件で解析を行い、図 2 記載の位置に着目して実測温度と解析温度の比較を行った。図 3,4 に示すとおり、温度の変化傾向は通年で一致しているものの、解析温度が高くなることが確認された。数日間の温度変化に着目すると、図 5,6 に示すとおり、◆昼間の温度について解析温度が高くなる傾向、◆夜間の温度と日射が当たらない床板下面については温度が概ね一致する傾向、◆日射が当たらない箇所において温度の位相がズレる傾向の 3 点が確認された。

表 1 解析条件

項目	解析入力条件【解析モデル：東北新幹線】
外気温	実物大高架橋直下の実測値
相対湿度	実物大高架橋直下の実測値
日射条件	気象台(福島市)の全天日射量 なお、下面を除き日陰部は 50%低減
解析刻み	コンクリート硬化中：1 時間 コンクリート硬化後：6 時間
風速	0m/s

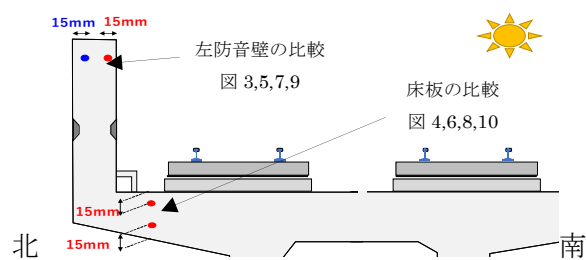


図 2 温度比較箇所

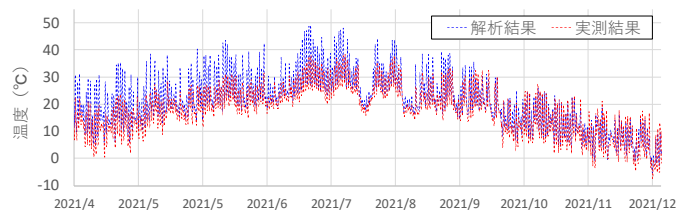


図 3 2021/4～2021/12 での左防音壁(南側)の温度比較

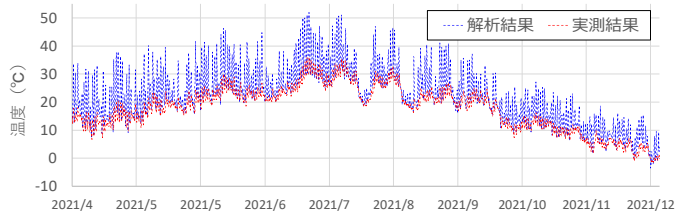


図 4 2021/4～2021/12 での床板上面の温度比較

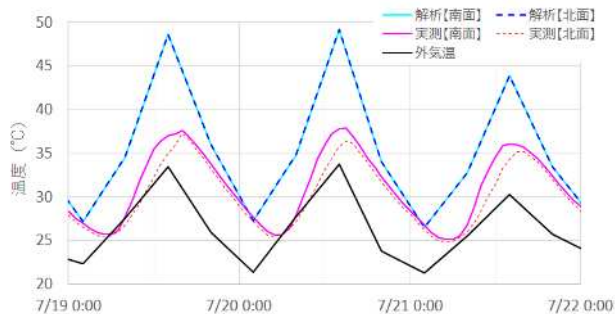


図 5 7/19～7/22 での左防音壁の温度比較

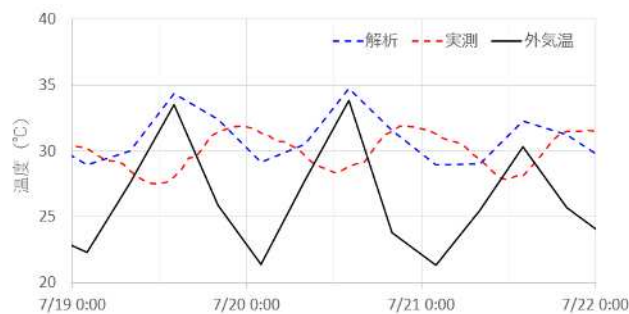


図 6 7/19～7/22 での床板下面の温度比較

キーワード コンクリート橋, 温度, 計測, 新幹線大規模改修工事, 東北新幹線, 凍害, マルチスケール解析
連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 479 JR 東日本研究開発センター TEL048-651-2349

3. 実物大高架橋における紫外線測定の実映

前章の結果から、日照条件設定が温度乖離の主たる要因と推定した。そこで、実物大高架橋で実施している紫外線強度測定を確認したところ、部材面の向きに応じて、紫外線強度が異なることが確認された（表 2 記載）。これより、解析条件（表 3 記載）を修正して再度解析を実施した。結果、図 7,8,9 に示すとおり、解析温度が低下し、昼間の温度の乖離が解消される結果となった。図 10 に示すとおり、時間刻みを 1 時間と細かくすることにより温度の位相のズレも低減される結果となった。

表 2 紫外線強度測定結果

部材面の向き	紫外線強度[μ W/cm ²]			
太陽正対【基準】	快晴	2577	晴	2422
右防音壁(南面)	快晴	1474	晴	1396
右防音壁(北面)	快晴	311	晴	311
床板下面	快晴	58	晴	66

表 3 再解析条件

項目	解析入力条件
外気温	実物大高架橋直下の計測値
相対湿度	実物大高架橋直下の実測値
日射条件	気象台(福島市)の全天日射量×表 2 記載の比率
解析刻み	コンクリート硬化中：1 時間、コンクリート硬化後：1 時間
風速	0m/s

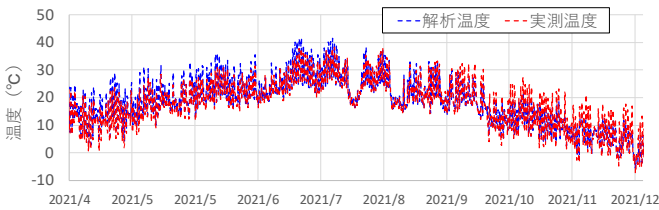


図 7 2021/4～2021/12 での左防音壁(内側)の温度比較

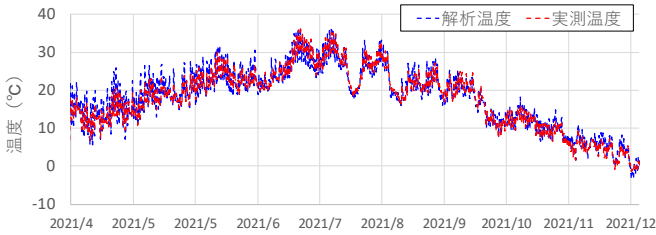


図 8 2021/4～2021/12 での床板上面の温度比較

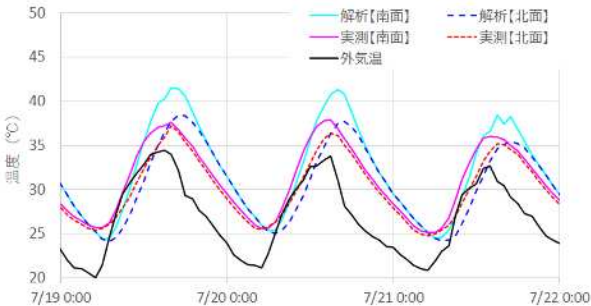


図 9 7/19～7/22 での左防音壁の温度比較

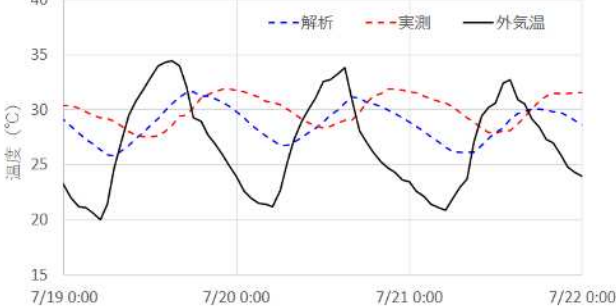


図 10 7/19～7/22 での床板下面の温度比較

4. 凍害解析

以上より、適切な日射条件の設定が出来たものと判断し、盛岡市の気象条件における凍害解析を実施した。凍害解析条件を表 4、解析結果例の図 9 に示す。図 9 が示すように、凍害変状が予測される防音壁上部、路盤コンクリート角部においてひずみが進行することが確認できた。

表 4 凍害解析条件

項目	解析入力条件
解析地点	盛岡市
外気温	気象台(盛岡市)の計測値
相対湿度	気象台(盛岡市)の年間平均値
日射条件	気象台(盛岡市)の全天日射量×表 2 記載の比率
解析刻み	コンクリート硬化中：1 時間 コンクリート硬化後：1 時間
風速	0m/s
解析期間	コンクリート打設から 100 年

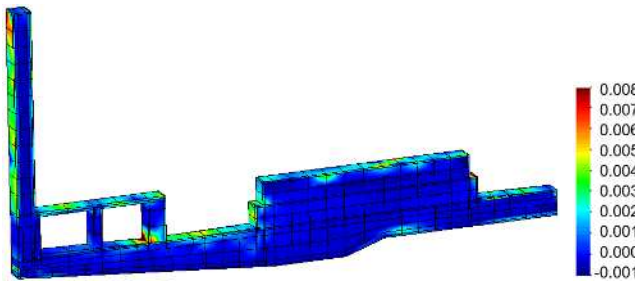


図 11 打設から 100 年後のひずみコンター図

5. おわりに

本研究では、実物大高架橋において計測したデータを活用した結果、高架橋内部温度を解析でも概ね再現することができた。一方、凍害により発生する変状の発生部位・変状程度については、更なる検討が必要と思われる。また、今後は改修材料を設置した場合の劣化速度を検討するとともに、解析地点、水の供給条件等の複数条件の解析を進めることで、改修計画の合理化検討を行う予定である。

6. 謝辞

上記解析については国立大学法人東京大学 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」において実施した研究の一部であり、関係者の皆様に御指導頂きました。この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

1) 実物大高架橋を活用した内部温度等の挙動に関する研究, 土屋 和弘, 栗林 健一, 秋山 保行, 2022
2) Maekawa, K., Ishida, T. and Kishi, T.: Multi-Scale Modeling of Structural, Taylor and Francis, 2008