

橋軸直角方向の温度勾配を考慮した鋼ランガートラス桁橋の3次元FE解析

長崎大学工学部 学生会員○大友湧斗 長崎大学大学院 正会員 奥松俊博
 長崎大学大学院 正会員 中村聖三 長崎大学大学院 正会員 西川貴文

1. はじめに

橋梁は単品架設であるが故、日射の方向により温度分布に偏りが生じる場合がある。しかし、支承設計時においては、特に日射の検討はなされていない。また、日射面の橋体温度が非日射面と比較して高くなることから生じる橋体変形が支承部付近に与える影響は無視できないと考えられる。そこで、本研究では橋軸直角方向に対する勾配をもつ温度変化が発生したと仮定したときの支承およびその周辺に与える影響について検討を行う。

2. 実橋計測

本研究では長崎半島南端に位置する橋長227m、幅員7.5m、最大支間152mの鋼ランガートラス桁橋(直線橋)を検討対象とした。架設方向は北より62度偏角しているため、日射による橋体の温度分布は位置的、時間的に異なり、日射面(SSW側)の橋体温度は、非日射面(NNE側)と比較して高くなると考えられる。また、長崎側の支承部は一本ローラー支承が採用されており、移動方向と回転方向が同一部材で構成されているため、一方の機能損失により支承機能全体の低下が懸念される。

3. 計測概要

サーミスタを用いた温度計測を行った。計測装置の設置位置を図-1および図-2に示す。サーミスタは全部で6個設置した。計測点T1, T2はそれぞれ橋梁のNNE側, SSW側のトラス上弦材、計測点T3, T4はそれぞれ橋梁のNNE側, SSW側のトラス下弦材、T5は横桁の中央部分を計測した。T6は床版下部付近における外気温を測定した。計測期間は2020年11月20日から2021年10月25日までである。

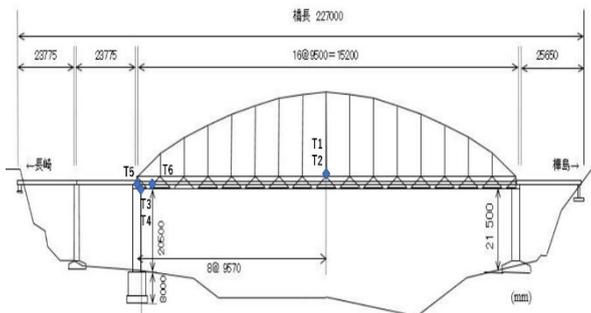


図1 計測器配置図(一般図)

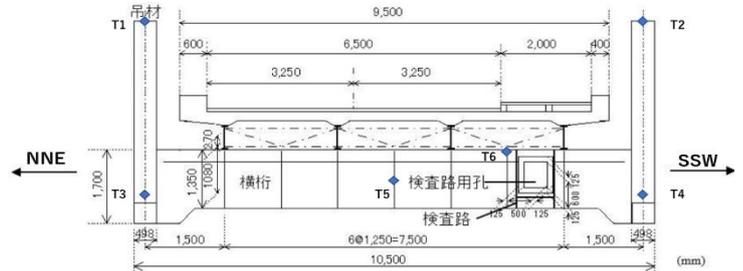


図2 計測器配置図(断面図)

4. 計測結果

表-1は計測期間における橋軸直角方向の温度差の最大値を得るためにT1とT2およびT3とT4のそれぞれの同時刻における温度差の最大値をまとめたものである。計測点T1, T2は上弦材に設置してあるため、日射が一樣に当たることで大きな温度差は出なかった。しかし、計測点T3, T4は下弦材に設置しているため、日射が一樣に当たらず大きな温度差が生じた。

表1 サーミスタ温度データ

	計測日 (年/月/日/時/分/秒)	SSW 計測値 (°C)	NNE 計測値 (°C)	南北間の 温度差	
				T3	T4
T1-T2	2021/06/20 11:34:15	T1 35.9	T2 28.7		7.2
T3-T4	2021/10/03 14:12:08	T3 24.6	T4 44.3		19.7

5. 温度勾配を考慮した3次元FE解析による支承変位の算出

本研究では、対象橋梁の上部工を図-3のように3次元弾性梁要素でモデル化し、3次元FE解析を行った。境界条件は表-2、モデル材料係数は表-3に示す。接点数409、要素数760である。解析ツールはMidas Civilを使用した。

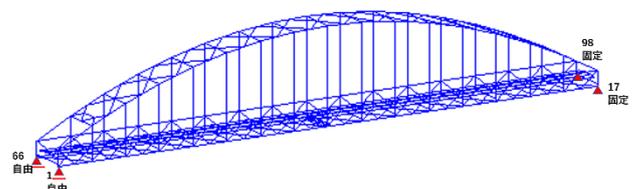


図3 対象橋梁の上部工モデル

モデルに橋軸直角方向の線形的な勾配を持つ温度荷重を

かけた解析を行ったときの支承周辺部の変位を算出した。今回の解析で使用する温度データは表-1 における 2021 年 10 月 3 日 14 時に計測した計測点 T3 の 24.6°C および計測点 T4 の 44.3°C である。表-4 は解析時に使用した各部材温度分布である。横桁および縦桁の数字は、SSW 側から順に番号付けしたものである。各部材温度の設定方法は、アーチおよびトラス上弦材については日射が一樣に当たるため計測点 T4 の 44.3°C で統一した。そのほかの部材に関しては、日射の当たり方が一樣でないため、図-4 のように SSW を 44.3°C、NNE を 24.6°C とし、線形的な温度勾配をかけることで設定した。初期温度は道路橋示方書における設計に用いる基準温度 +20°C とする。また、図-5 は橋軸方向および橋軸直角方向の変形図である。

表 2 境界条件

節点番号	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	66	自由	固定	固定	自由	固定
17	98	固定	固定	固定	自由	固定

表 3 モデル材料係数

	鋼材	コンクリート
弾性係数(kN/m ²)	2E+08	28000000
ポアソン比	0.3	0.2
熱膨張係数	0.000012	0.00001
比重(kN/m ³)	77	32.79

表 4 各部材温度分布

各部材	温度(°C)	各部材	温度(°C)
アーチリブ	44.3	横桁①	42.3
アーチ横構	44.3	横桁②	38.4
吊材	44.3	横桁③	34.5
トラス上弦材	44.3	横桁④	30.5
トラス垂直材(SSW)	44.3	横桁⑤	26.6
トラス垂直材(NNE)	24.6	縦桁①	41.5
トラス斜材(SSW)	44.3	縦桁②	36.8
トラス斜材(NNE)	24.6	縦桁③	32.1
トラス横構(SSW)	39.4	縦桁④	27.4
トラス横構(NNE)	29.5	床版	34.5

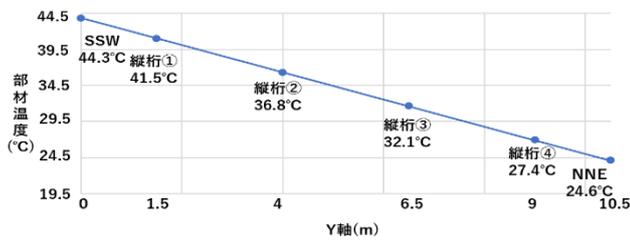


図 4 橋軸方向の温度勾配

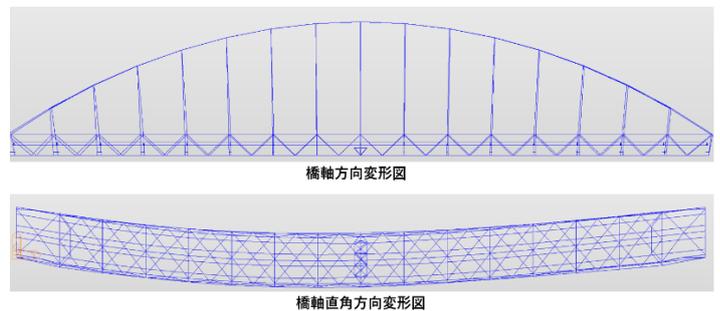


図 5 温度勾配による橋梁変形図

6. 解析結果

図-6 は支承周辺部の節点番号を示したものであり、図-7 は支承周辺部の変位をまとめたものである。与えた温度勾配に基づけば、ローラー支承の橋軸方向の変位は日射側で 29.5 mm、非日射側で 24.2 mm、となり、ローラー支承の橋軸方向の変位差は 5.3 mm となった。また、支間中央における橋軸直角方向の変位は 12.5mm となった。

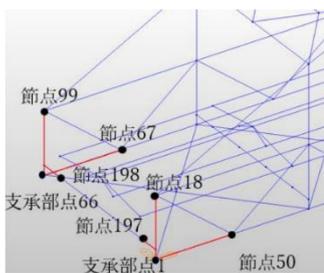


図 6 支承周辺の節点

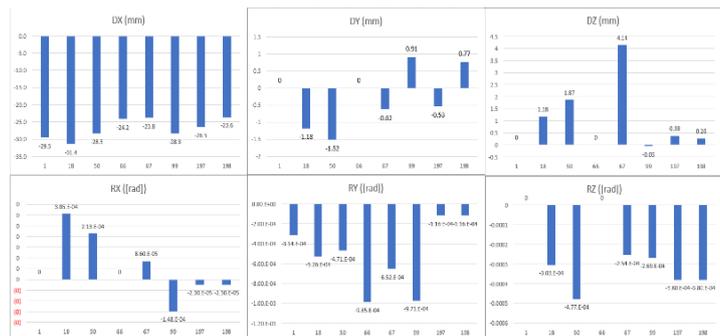


図 7 支承周辺部の変位および回転角

7. まとめ

本研究では、橋軸直角方向に対する勾配をもつ温度変化が発生したと仮定したときの支承およびその周辺に与える影響について検討を行うことを目的に、サーミスタによる橋梁の 1 年間の温度計測および梁要素モデルによる橋軸直角方向の温度勾配が生じたときの解析および支承周辺部の変位の算出を行った。今後は、梁要素では表現できない支承部分の詳細な応力状態をシェル要素モデルによる解析で究明していく。なお、対象橋梁の計測は長崎県土木部の協力を得て実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3