

合成桁における部材温度差の影響評価に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○佐々木 蓮香 トーニチコンサルタント 正会員 久保 武明
 前橋工科大学 正会員 谷口 望 鉄道運輸機構 正会員 藤原 良憲

1. 背景と目的

鉄道橋は軌道の歪みに弱く、歪みが大きくなりすぎると、乗客が感じる揺れが大きくなったり、最悪の場合脱線してしまったりする可能性がある。そのため、鉄道の軌道管理基準は一般の道路橋の管理基準より厳しく、軌道の変形量を小さくする必要がある。近年、合成桁の部材温度差により桁に変形が生じるケースが多く報告されている。そこで今回は新幹線用の橋梁で多く使用されている連続合成桁の中からJR九州新幹線八千代橋を対象に、橋梁の安全性・使用性を評価することを目的として研究を行う。

2. 研究方法

既往の研究ではコンクリート床版と上下のフランジを一本の棒として簡易的なビームモデルを組むことが一般的であったが、本研究ではシェルおよびソリッド要素モデルを用いてFEM解析を行う。合成桁に生じる部材温度差による鉛直たわみを算出し、鉄道軌道管理基準と比較しながら評価を行っていく。この時、解析には解析ソフト FINAL を用いる。図1は研究対象となる3径間連続合成桁の概略図である。図2、図3はそれぞれ第1径間の最小の断面と第2、第3径間の断面で図4は解析モデルで灰色の方がコンクリート、黒色の方が鋼材である。用いられているコンクリートの線膨張係数 1.0×10^{-5} 、鋼材の線膨張係数 1.0×10^{-5} で同じ値とした。

解析は、case1:コンクリート床版全体の温度を $+10^{\circ}\text{C}$ 、case2:コンクリート床版全体の温度を -10°C 、case3:鋼材全体の温度を $+10^{\circ}\text{C}$ 、case4:鋼材全体の温度を -10°C の4つのケースについて解析を行い、既往の研究で得られた変形量とどの程度差が生まれるのか、鉄道橋の軌道管理基準と比較して、基準を満たしているのか評価する。さらに、既存の文献より朝日が当たるなど日光の当たり方の影響で片側ウェブのみ 60°C 程度まで温度が上昇し、他の部材の温度が

20°C 程度となっていることが想定されることから、case5として片側ウェブにのみ $+40^{\circ}\text{C}$ の温度荷重をかける解析を行う。解析モデルに温度荷重をかけるとき、生じる変形量は気温ではなく、部材の温度差に依存するため、初期温度は日本の標準的な平均気温である 20°C と設定して解析を進めた。



図1 3径間連続合成桁概略図

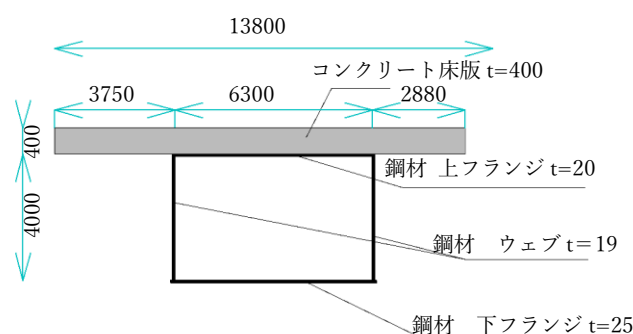


図2 第1径間の最小断面 (単位 mm)

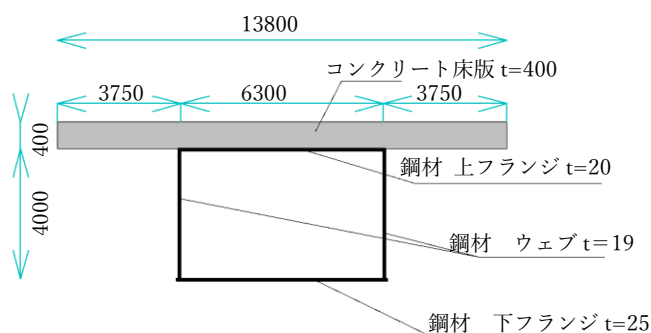


図3 第2, 第3径間の断面 (単位 mm)

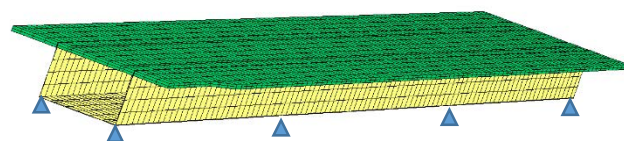


図4 JR九州新幹線八千代橋モデル図

キーワード 合成桁 部材温度差 FEM 解析 鋼材 コンクリート床版

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐島 460-1 前橋工科大学 社会環境工学科

表 1 ビームモデルと FEM 解析における径間中央付近の鉛直たわみ最大値 (単位 mm)

	第1径間中央		第2径間中央		第3径間中央	
	ビームモデル	FEM解析	ビームモデル	FEM解析	ビームモデル	FEM解析
case1:床版部材に+10℃						
床版部材	5.873	6.310	-1.705	-2.016	4.597	5.022
下フランジ部材	5.947	6.424	-1.595	-1.871	4.670	5.138
case2:床版部材に-10℃						
床版部材	-5.873	-6.310	1.705	2.016	-4.597	-5.022
下フランジ部材	-5.947	-6.424	1.595	1.871	-4.670	-5.138
case3:鋼部材に+10℃						
床版部材	-5.731	-5.875	2.466	2.482	-4.440	-4.616
下フランジ部材	-6.296	-6.389	1.858	1.938	-5.004	-5.132
case4:鋼部材に-10℃						
床版部材	5.731	5.875	-2.466	-2.482	4.440	4.616
下フランジ部材	6.296	6.389	-1.858	-1.938	5.004	5.132

3. 解析結果

表 1 は簡易モデル(ビームモデル)を解析した際に得られた各径間の中心付近の最大鉛直たわみと本研究で作成したシェルおよびソリッド要素の FEM 解析に温度荷重をかけて得られた各径間の中央付近の最大鉛直たわみを case1～case4 について示している。この結果を比較すると最大鉛直たわみの値にそれほど差は生じなかった。case5 の片側ウェブのみ温度を +40℃ した解析結果の第 1 径間中央の変形断面を示したものが図 5 である。この図から +40℃ したウェブ側だけ大きく変形していることが分かった。これは、温度荷重をかけたウェブが大きく膨張したために、ほかの部材の変形量と大きく差が生じたことが原因と考えられる。ここで、図 5 示した点 a～h について最大たわみを 3 径間分測定した結果、第 1 径間中央付近の点 h で最大たわみ -4.505mm が得られた。

4. まとめ

本研究では、シェルおよびソリッド要素の FEM 解析を用いて要素の詳細な情報を元に解析を行った。解析結果から、コンクリート部材のみ、鋼材のみにそれぞれ ±10℃ の温度荷重をかけた case1～case4 を比較すると、最大たわみ量に大きな差はなかった。さらにこの結果を鉄道の軌道管理値 (40m 弦に対して 7mm) と比較した場合、鉛直たわみの最大値は case1, case2 の第 1 径間 ±6.424mm であり、管理値以下である。また、40m 弦の値を照査した結果、値は約 3.2mm とこれも管理値以下であった。

さらに、変形断面の形が特徴的だった case5 についても、鉛直たわみの最大値は第 1 径間の図 5 の h の位置で、-4.505mm であった。この結果も case1～case4

と同様に軌道管理値と比較しても管理値以下であった。同様に 40m 弦の照査の結果も、値は約 2.8mm と管理値以下であった。以上のことから、鉛直たわみについては軌道管理値を満たすということが分かった。しかし、図 5 より、軌道は鉛直方向だけでなく水平方向にもたわみが生じていることが分かる。そこで、図 5 で示した点 d 付近と点 h 付近の水平たわみの変形を表したグラフが図 6 である。現状、軌道管理基準では水平方向のたわみについては考慮されていない。そのため、今後は水平方向のたわみについても管理基準を考慮する必要があると考えられる。また、本研究では、部材間に実際に生じている温度差のデータが 1 つしかなかったため、今後は実際に生じている温度差のほかのデータについても測定をし、解析を行っていく予定である。

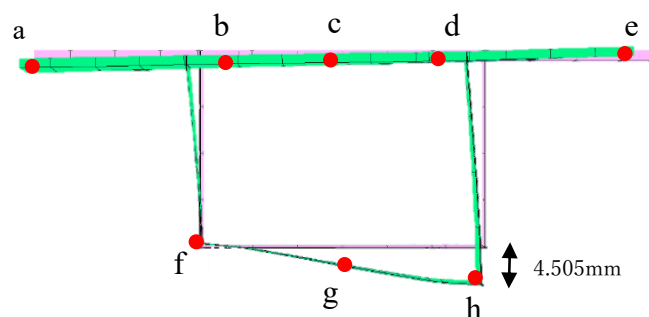


図 5 FEM 解析結果 case5 の第 1 径間変形図 (変形倍率 500 倍)

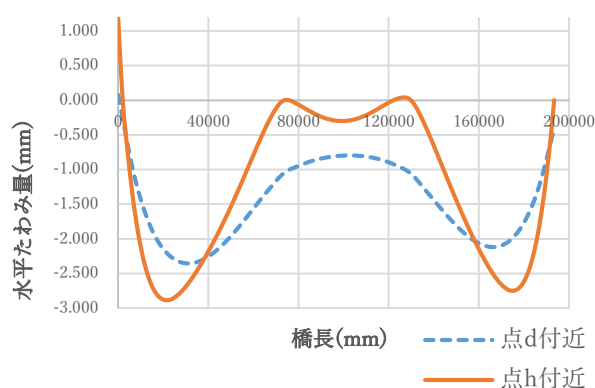


図 6 case5 の点 h における水平たわみの変形図

参考文献

- 1) 橋本国太郎, 奥村駿, 杉浦邦征, 谷口望, 藤原良憲: SRC 構造を有する合成トラスドロゼ橋の温度変化挙動, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.816-828, 2015.3.