

長大スパンの鉄道合成桁の温度変化による挙動評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○山下 健二 正会員 池田 学
 由井技術士事務所 フェロー 由井 洋三 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 藤原 良憲
 京都大学大学院 正会員 橋本国太郎

1. はじめに

合成桁は、列車荷重等の外力に対しては鋼とコンクリートが一体となって抵抗するが、コンクリートの収縮や鋼とコンクリートの温度差のように、構造物内で鋼とコンクリートがお互いに影響を及ぼす作用もある。これらの影響については、設計で考慮されているものの、長支間の合成桁における挙動については十分に明らかにされていない。そこで本検討では、長支間の合成桁を対象とし、温度変化に対する基本的な挙動として、①鋼桁とコンクリート床版の応力状態、②ずれ止めのせん断力の分布状態を把握することを目的に、三次元 FEM 解析により検討を行った。

2. 対象橋梁

本検討では、単純合成桁 (A 橋) と連続合成桁 (B 橋) を対象とした。表 1 に各橋梁の諸元を示す。

3. 解析概要

図 1 に A 橋の要素分割図を示す。A 橋は、対称性を利用して、全体の 1/2 をモデル化の対象とした。コンクリート床版および支承をソリッド要素、鋼桁部分をシェル要素、主鉄筋をシェル要素、配力鉄筋をビーム要素でモデル化した。A 橋の節点数は約 34 万、要素数は約 31 万である。B 橋は、対称性を利用して、全体の 1/4 をモデル化の対象とした。使用した要素等は A 橋と同じである。B 橋の節点数は約 91 万、要素数は約 84 万である。

荷重ケースは、コンクリート床版のみに温度分布を設定し、設計と同じように床版高さ方向に一樣な温度分布としたケースと、実際の温度分布に近いと考えられる三角形分布としたケースを設定した。

4. 温度分布による影響

一般に合成桁では、鋼桁とコンクリート床版に温度差が生じる。温度分布については、設計では、床版高さ方向に一樣な分布となる状態を仮定している。しかし、実構造物では、コンクリート床版の表面が日照により温められるため、上面の温度が高く、下面が低いと考えられる。そこで本検討では、実際の温度分布を三角形分布と仮定して、一樣な分布で温度を与えた場合との比較検討を行った。なお、考慮した温度差は、設計標準¹⁾に準拠し、5℃とし、三角形分布では、平均 5℃となるように床版上面を 10℃に設定した。

図 2 に A 橋における主桁の橋軸方向応力分布を示す。主桁に生じる橋軸方向応力は一樣分布よりも三角形分布で温度を与えた方が 10%程度圧縮側に移行した応力分布となった。これは、内部力の合力の作用高さが、

表 1 橋梁諸元

	A 橋	B 橋
構造形式	単純合成桁	4 径間連続合成桁
支間	70m	100m×4 径間
主桁	1 主箱桁	1 主箱桁
主桁腹板間隔	6.3m	6.3m
支承構造	BP 支承	ゴム支承

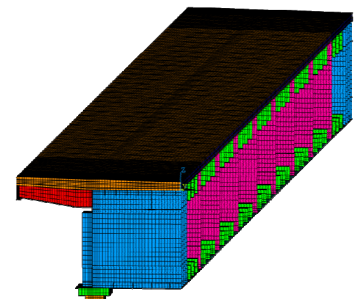


図 1 要素分割図 (A 橋)

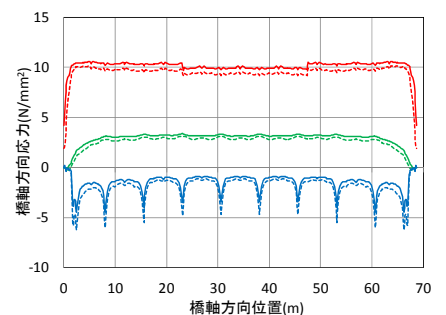


図 2 主桁の橋軸方向応力分布 (A 橋)

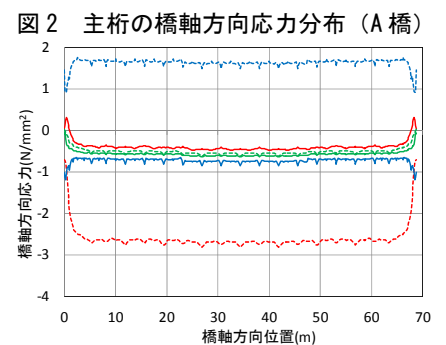


図 3 床版の橋軸方向応力分布 (A 橋)

キーワード 合成桁, 温度変化, ずれ止め, FEM 解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL 042-573-7280

三角形分布では床版高さの 2/3 に対し、一様分布では床版高さの 1/2 となることに起因すると考えられる。また、図 3 に A 橋におけるコンクリート床版の橋軸方向応力分布を示す。コンクリート床版の橋軸方向応力は、一様分布では上面と下面の応力差は小さいが、三角形分布では応力差が生じている。床版下面では、引張応力が生じる。これらは、B 橋においても同様の結果となった。これは、床版が温められたことにより伸びようとするが、床版下面は鋼桁により拘束され、さらに三角形分布では床版上面と下面で温度差が生じているため、応力差が生じたと考えられる。

5. ずれ止めの挙動

合成桁のずれ止めは、コンクリートの収縮や温度変化の影響を大きく受ける部位である。本検討では、ずれ止めのせん断剛性に着目し、床版と鋼桁を剛結したモデルと床版と鋼桁をばね要素で結合したモデルで設計値との比較を行った。解析モデルに使用したばね定数は、文献 2) をもとにずれ止めのせん断剛性を計算し、ばね定数を表 2 に示すように、大・中・小の 3 種類設定した。考慮した温度は、設計標準¹⁾に準拠し、10℃とし、床版高さ方向に一様分布としたケースと、実際の温度分布を想定した三角形分布としたケースで温度を設定した。

図 4、図 5 に A 橋および B 橋の桁端部におけるずれ止めのせん断力分布を示す。設計においては、桁端部から主桁間隔程度までがせん断力が分布すると仮定しており、解析値のせん断力の分布範囲も主桁間隔程度となっている。せん断力は設計値と同様に桁端部が大きくなっており、せん断剛性の違いによる差は、A 橋においては小さいが、B 橋においては差が大きくなっている。これは、ゴム支承の回転剛性によるものと考えられる。また、三角形分布の場合では、一様分布に比べてせん断力は小さくなっており、設計値と比較しても同程度もしくは小さい傾向にある。これは、ずれ止めが床版下面の挙動に影響を受けるため、一様分布の方が床版下面に作用する力が大きくなるためと考えられる。

6. おわりに

長大合成桁を対象に、コンクリートの温度変化による挙動について、三次元 FEM 解析により、設計で考慮している一様分布と実際の温度分布に近いと考えられる三角形分布では同等の挙動であるが、主桁に生じる応力は三角形分布の方が 10%程度圧縮側に移行した応力分布となった。また、床版に生じる応力は、三角形分布の場合に上下面で応力差が生じ、床版下面においては、引張応力が生じる。

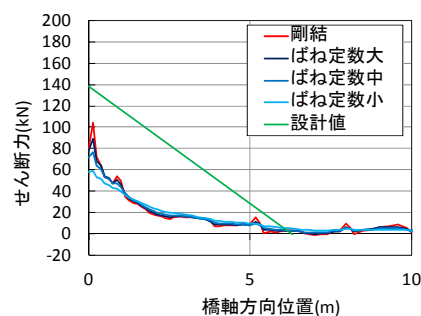
ずれ止めのせん断力は、実状に近い温度分布を設定した場合では、設計計算によるずれ止めのせん断力と同程度もしくは小さい傾向にあり、現行の設計ではやや安全側の評価であるといえる。

参考文献

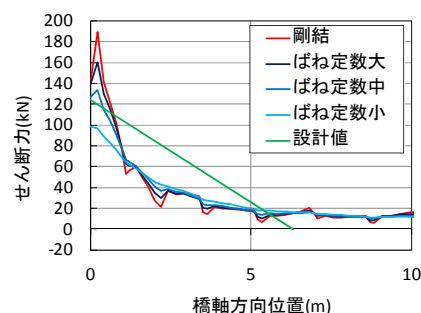
- 1) 国土交通省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，2009.7
- 2) 土木学会：複合構造標準示方書，2009.12

表 2 ばね定数

	ばね1本当りのばね定数 (N/mm)
ばね定数大	1050000
ばね定数中	350000
ばね定数小	100000 (実橋相当)

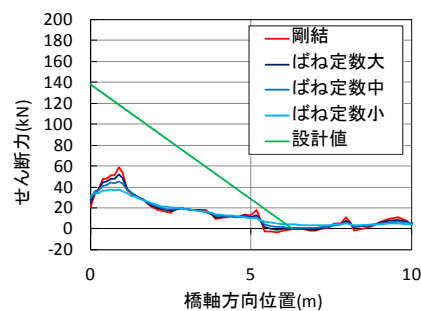


a) A 橋

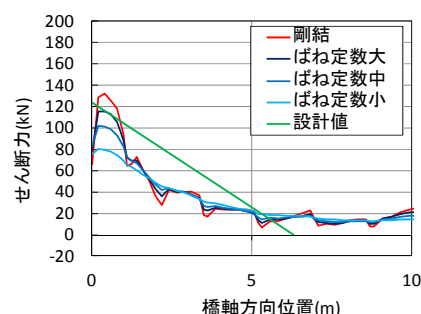


b) B 橋

図 4 ずれ止めのせん断力分布
(一様分布)



a) A 橋



b) B 橋

図 5 ずれ止めのせん断力分布
(三角形分布)