

鉄道用連続合成桁の乾燥収縮・温度変化挙動の詳細解析に関する検討

由井技術士事務所 フェロー ○由井 洋三 鉄道総合技術研究所 正会員 谷口 望
京都大学大学院 正会員 橋本国太郎 鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良憲

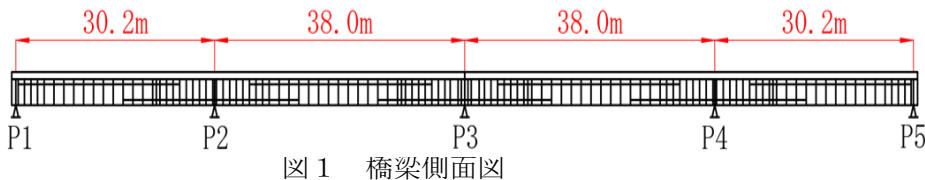
1. まえがき

鉄道橋では、合成桁が多く用いられてきている。合成桁の乾燥収縮や温度変化挙動を精度良く把握することは、維持管理や設計の合理化のために重要である。しかし、実橋梁の各部材を詳細にモデル化し、乾燥収縮や温度変化挙動による内部応力状態を把握することに着目した報告事例はあまり見られない。

そこで、本報告では、実橋梁の各部材を出来るだけ精度良くモデル化し、FEM解析によって乾燥収縮や温度変化挙動を正確に把握し、設計計算値との比較・検討を行い、今後の設計に寄与することを目的とした。

2. 橋梁概要

以下のような支間長 30～40 m の設計基準適用範囲内の連続合成桁を対象とした。



構造形式：4径間連続合成桁
支間：30.2+38.0+38.0+30.2m
主桁：2主開断面（U型断面）桁
支承構造：ゴム支承

3. 解析概要

本橋の全橋のうち、対称性を利用して、全体の1/4を解析モデルとする3次元FEM解析を行った。

使用する要素は、鋼桁及び主鉄筋をシェル要素、コンクリートをソリッド要素、配力鉄筋をビーム要素とし、モデル規模は36万節点、33万要素とした。鋼桁の板厚は、実橋梁の板厚変化に合わせた。境界条件は、以下の通りとした。床版コンクリートと主桁上フランジは、3方向相対変位を拘束、床版コンクリートと鉄筋は、3方向相対変位を拘束、ゴム支承は、ゴム支承弾性ゴムと内部鋼板を層状にモデル化し、下面は3方向相対変位を拘束した。対称条件を橋軸方向のP3中心面と橋軸直角方向の幅員中心面に設定した。

乾燥収縮の荷重ケースの入力方法は、コンクリートの乾燥収縮度を200 μ （設計値）とし、収縮量に相当する温度変化を床版コンクリートに設定した。ここで、設計計算値と合わせるためにヤング係数比 $n=17.5$ とした。

温度変化の荷重ケースの入力方法は、日照により床版コンクリート上面が温められた状態を再現するために床版上面温度を+10℃、床版下面温度を0℃とする床版内部で三角形分布する温度を床版コンクリートに設定した。この温度差は、平均で5度作用することとした。（設計計算における温度荷重の温度差の5度に合わせた。）

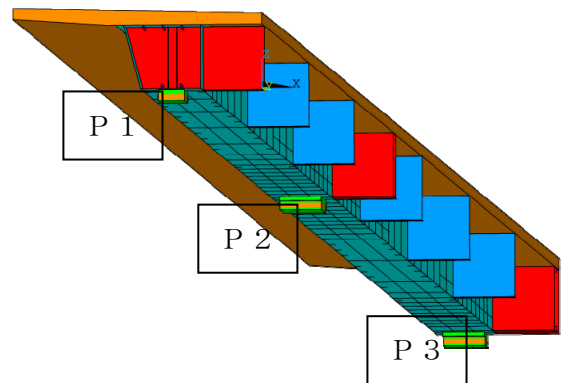


図2 橋梁モデル（パース図）

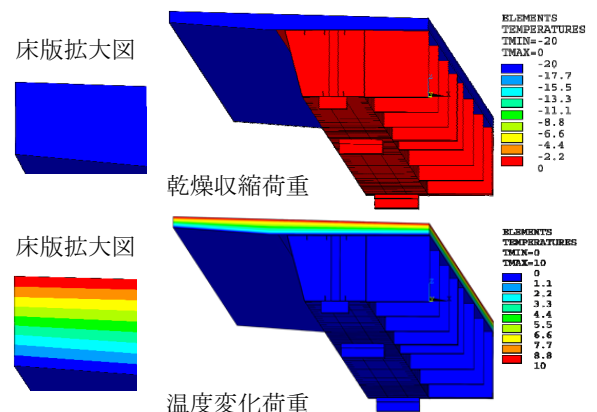


図3 荷重入力図

キーワード：連続合成桁，乾燥収縮，温度変化，FEM解析

連絡先 由井技術士事務所（〒182-0024 東京都調布市布田5-21-4 TEL 042-481-4604）

4. 乾燥収縮挙動に関する検討

乾燥収縮 ひずみ及び応力図

ヤング係数比 $n = 17.5$ の結果

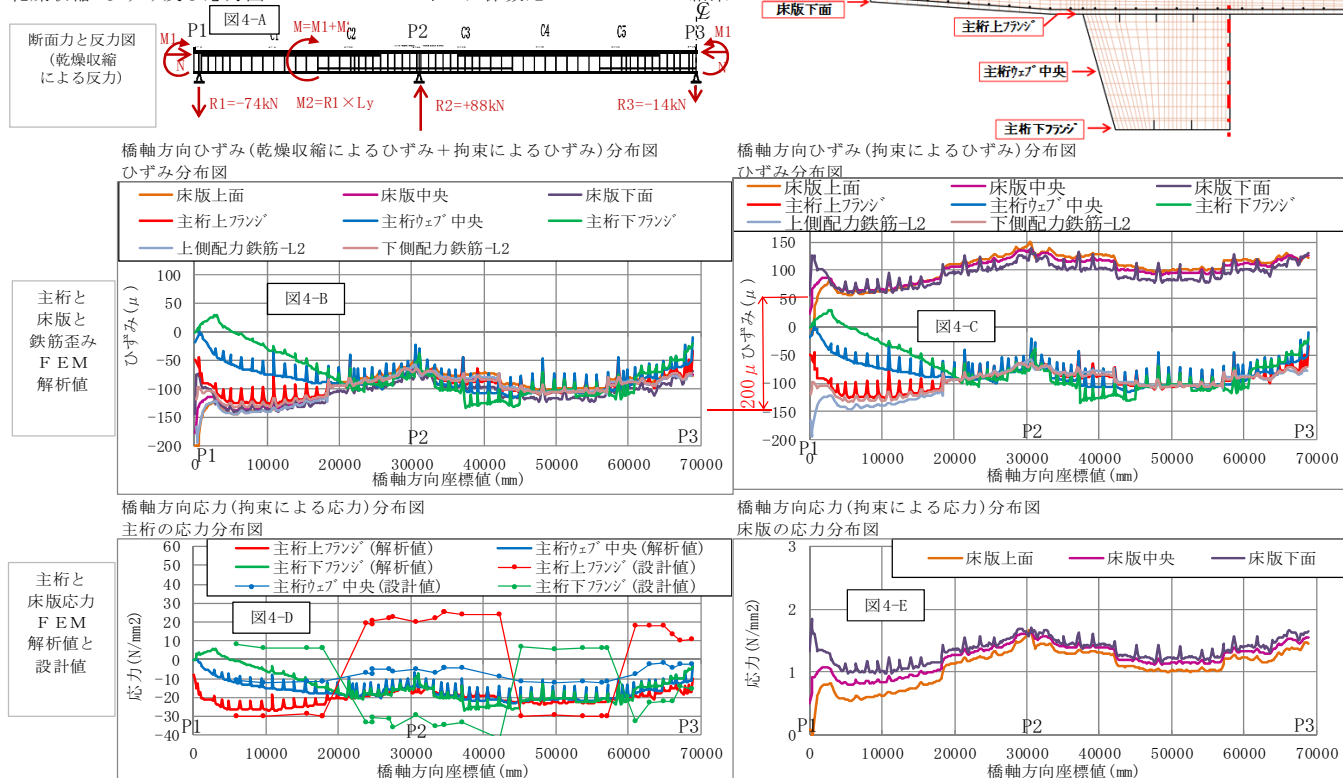


図4 乾燥収縮の解析結果

図4では、主桁の内側ウェブ位置ラインに着目し、乾燥収縮時に実際に生じているひずみと内部応力となる拘束によるひずみの両方の橋軸方向分布図を示す。図4-Aに断面力と反力図を示す。図4-Bに橋軸方向ひずみ(乾燥収縮によるひずみと拘束によるひずみ)を示す。図4-Cに拘束によるひずみを示す。図4-Bから図4-Cでは、床版のひずみが200μ引張側に移行している。内部応力となる拘束によるひずみに対する主桁応力を図4-Dに、床版の応力を図4-Eに示す。図4-Dには、主桁の設計計算値(設計計算では、乾燥収縮による曲げモーメントのみ、考慮。不静定曲げモーメントは、考慮せず、安全側の計算となっている。)も示す。これらの結果から乾燥収縮時には、全体的に収縮が生じ、内部応力として床版に引張ひずみが生じる。このひずみに対する応力(解析値)は、正曲げ箇所設計計算値の範囲内となっており、安全側の設計となっていることが確認できた。(P2及びP3近傍の負曲げ区間は、設計では床版コンクリートの剛性を考慮せず、鋼桁と鉄筋の断面で応力計算をするので、解析値に比較し、大きめの値となっている。)

5. 温度変化挙動に関する検討

図5に温度変化時の主桁の橋軸方向応力分布図を示す。

正曲げ部に関して、解析値と設計計算値を比較すると、解析値は、ほぼ設計計算値の範囲内となっており、安全側の設計となっていることが確認できた。(ここで、設計値は、乾燥収縮と同様に温度変化による曲げモーメントのみ、考慮。不静定曲げモーメントは、考慮せず、安全側の計算となっている。)

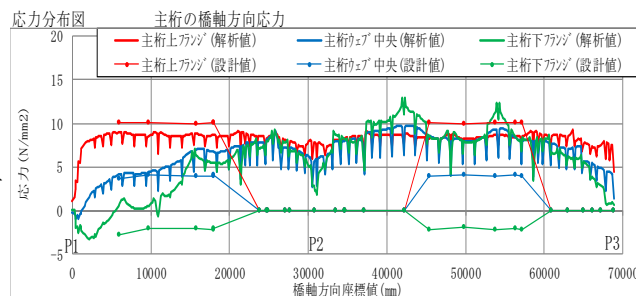


図5 温度変化の解析結果

6. まとめ

実橋梁を精度良くモデル化し、乾燥収縮及び温度変化挙動に関し、設計計算値との比較・検討を行った結果、妥当な結果となっている。本結果から、詳細な解析を用いることで設計を合理化できる可能性があると考えられる。今後は、設計基準適用上において、長スパンの連続合成桁を対象とする解析を行う予定である。