

温度変化が既設鋼合成鉄桁橋の主桁応力分布に与える影響について

東邦技術株式会社 正会員 山村 浩一
 岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明
 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
 同上 平 幸太郎

1. はじめに

既設鋼合成鉄桁橋において実橋載荷試験を行うと支承機能の低下が認められることが多い。支承機能の低下は、ソールプレート溶接部に生じる疲労亀裂の原因になっている他に、上部構造に与える悪影響が懸念される。しかし、具体的にどのような影響を及ぼすかについては、ほとんど検討されていない。本研究では、支承機能が低下した既設鋼合成鉄桁橋に設計活荷重や温度荷重が作用した状態を3次元FEMモデルで解析し、それらの解析結果から支承機能の低下した鋼合成鉄桁橋の主桁、横桁および対傾構の応力分布に温度変化が与える影響を明らかにする。

2. 実橋載荷試験概要¹⁾

対象橋梁は、岩手県内の久慈市に架設されている3本主桁を有する梨の木橋である。目視調査の結果、主要部材はほぼ健全な状態であった。また、舗装の異常や伸縮装置の段差はなく、路面平坦性は保たれていた。BP支承では、防食機能の劣化と軽微な腐食が見られたが、支承の傾斜や遊間異常などの変状はなかった。対象橋梁の諸元を表-1に示す。

表-1 梨の木橋の諸元

梨の木橋	
上部工形式	単純鋼合成I桁橋
支間長	29.2m
幅員	7.0m
主桁	3主桁 高さ1.6m
設計活荷重	TL-20
支承形式	BP-A 支承
支承の死荷重反力	382 kN (G2 桁)
架設後の経過年数	24年

実験は支承機能が低下した橋の挙動を把握するため図-1の示す位置で、ひずみ、変位、加速度を計測したほか、支点近傍に高精度傾斜計を設置して、主桁のたわみ角を測定した。荷重の載荷方法は、総重量20tfと25tfのダンプトラックを一台ずつ用意し、トラックの後方同士を合わせて橋軸方向支間中央に載荷させた。

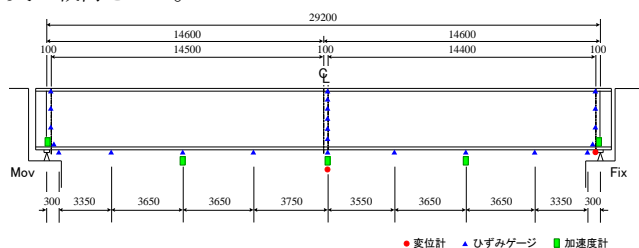


図-1 実験計測位置 (単位:mm)

3. FEM解析モデル概要

本研究では、汎用FEMプログラムAnsysを用いて支承機能低下の影響を検討した。解析モデルは、床版と地覆をSolid要素、主桁と横桁をShell要素、対傾構と横構をBeam要素でモデル化した(図-2)。可動支承は移動機能が低下した状態をピン、正常な状態をローラーでモデル化した。解析モデルの全要素数は9434要素、全節点数は12448点である。

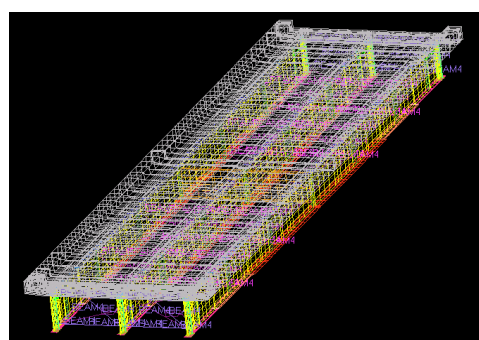


図-2 3次元FEM解析モデル

4. 実験結果と解析結果および考察

図-3は、実験でダンプトラックを中桁の支間中央に載荷した場合の中桁下フランジの応力分布と同じ条件でのFEM解析結果を示したものである。計測値の応力分布は、可動支承をピンでモデル化したFEM解析値とよく一致している。支点から約5mの区間では圧縮応力が生じ、その最大値は支間中央の引張応力の3倍程度になっている。このような応力分布は、両端固定桁に生じる応力分布と同様である。また、可動支承の水平変位が0.08mmと微小であったことから考えると梨の木橋のBP支承は、移動機能が低下し、ほとんど動いていない。すなわち、支点拘束状態にあるといえる。

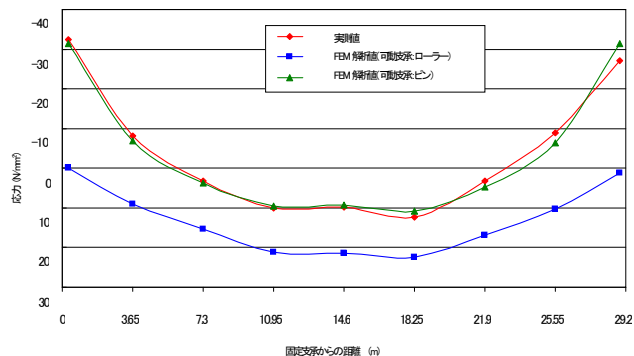


図-3 中桁下フランジの応力分布

キーワード：鋼合成鉄桁橋 支点拘束 温度変化 3次元FEM

連絡先：岩手県盛岡市上田4-3-5 岩手大学工学部 社会環境工学科 TEL,FAX:019-621-6436

これらの実験結果を踏まえ支点機能の低下が上部工に与える影響について主桁、横桁及び対傾構の応力度に着目して検討した。支点機能が低下した橋でも、ある大きさの外力が作用すると支承が動き支点拘束が解放されると考える。この場合、支点の拘束力が最大となるのは、支承が動く直前で「水平支承反力≒支承の摩擦抵抗力」となる状態である。本検討では、支点機能が低下した橋の支点拘束力を無潤滑な状態の鋼と鋼の最大摩擦係数 $\mu = 0.8$ を採用して検討した。また、架設当時は支点機能が正常であったと考えられるため、死荷重による支点拘束力は考慮しなかった。

表-2はFEMモデルで支点条件をピン・ピンとして各荷重を載荷した場合の水平支承反力と支承摩擦抵抗力を示したものである。表-2に示す通り、活荷重のみを載荷した場合は「水平支承反力≒支承摩擦抵抗力」の状態にならないため活荷重に温度荷重を組み合わせた検討ケースを設定した。

表-2 中桁の水平支承反力と支承摩擦抵抗力

単位：kN			
荷重	鉛直反力	水平支承反力	摩擦抵抗力
死荷重	382	-	306
試験車両 (20tf+25tf)	88	257	376
L-20	236	560	494
L-14	165	392	438

表-3は各検討ケースにおける水平支承反力と摩擦抵抗力を示したものである。活荷重を載荷させた場合ではL-14+温度差+1℃、L-20+温度差-8℃において「水平支承反力≒支承摩擦抵抗力」となるので応力度の検討ケースとして採用した。また、死荷重のみを載荷した場合、温度差8度で「水平支承反力≒支承摩擦抵抗力」となるので応力度の検討ケースとした。以上に加え、設計時の状態（支点機能が正常な状態）を検討ケースとした。

表-3 検討ケース

単位：kN		
検討ケース	水平支承反力	摩擦抵抗力
温度差 8℃	305	306
L-14, 温度差+1℃	415	438
L-20, 温度差-8℃	255	494
L-20 (設計時)	-	-

図-4、5は各検討ケースにおいての死荷重は作用させずに解析した時の中桁上フランジ、下フランジの応力分布を示したものである。

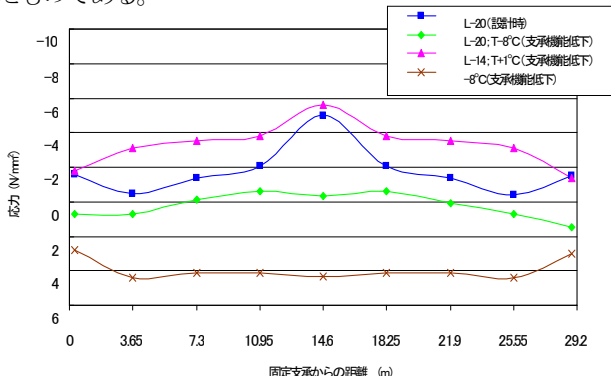


図-4 中桁上フランジの応力分布

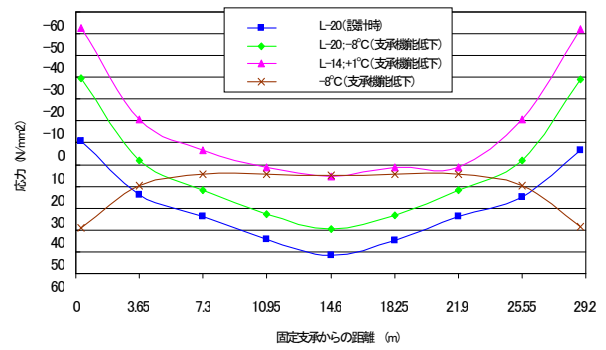


図-5 中桁下フランジの応力分布

さらに、表-4に示すように死荷重応力を加えて比較するとL-20(設計時)の応力値とほぼ同じになる。上フランジと下フランジの許容応力度は、それぞれ241.5N/mm²、210N/mm²なのですべてのケースで許容応力度内に収まる。また、表-5に示すように横桁及び対傾構の応力も主桁と同様の傾向を示す。

表-4 主桁の部材最大応力

単位：N/mm ²					
荷重	支点機能の状態	支点からの距離 部材	0.3m	7.3m (スパン1/4点)	14.6m (スパン1/2点)
			L-20(設計時)	正常	上フランジ -42 下フランジ 22
L-20, -8℃	機能低下	上フランジ -39 下フランジ -21	-159 130	-211 175	
L-14, +1℃	機能低下	上フランジ -42 下フランジ -44	-163 108	-213 188	

表-5 横桁、対傾構の部材最大応力

単位：N/mm ²			
荷重	支点機能の状態	横桁 フランジ応力	対傾構 水平材応力
L-20(設計時)	正常	-79.7	26.7 (下弦材)
L-14, +1℃	機能低下	-75.8	27.0 (下弦材)
L-20, -8℃	機能低下	-77.9	24.8 (下弦材)

5. まとめ

以上、本論文の検討結果から支点機能が低下し、支点拘束状態が無潤滑な状態の鋼と鋼の摩擦抵抗レベルまで達しても、上部構造の安全性は確保できるものと判断してよい。しかし、実際の既設橋梁では架設誤差や下部工の移動などにより上脊が移動制限装置に衝突し、温度の伸縮が拘束されている橋もみられる。このような橋では、安全性を確保できない場合もあり得るため、今後の課題として橋のさまざまな状態を考慮した検討が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 社団法人 岩手県土木技術センター：道路橋設計荷重の変更による既設橋梁上部工に及ぼす影響 第5回共同研究報告書, 2001.6