

曲線を有する2径間連続鋼ポータルラーメン橋の実挙動

西日本高速道路エンジニアリング関西 株式会社 正会員 ○河田 直樹
 西日本高速道路株式会社 関西支社 正会員 高橋 章
 株式会社 東京鐵骨橋梁 正会員 大柳 英之

1. はじめに

近年橋梁の耐久性及び耐震性の向上、コスト縮減、維持管理に配慮した橋梁形式としてポータルラーメン橋が採用される事例が増加しつつある。一般にポータルラーメン橋は単径間かつ直線橋に採用されることが多いが、阪和自動車道南紀田辺IC Aランプ橋では事前に詳細なFEM解析を行い、温度変化時などの3次元挙動や橋台との剛結部の発生応力を検証したうえで、2径間連続の曲線橋に対してポータルラーメン橋を採用している¹⁾。本稿では、建設後約1年間温度変化に対する変位やひずみなどのデータを計測しており、計測結果とFEM解析結果の整合性について報告するものである。

2. 橋梁および計測概要

対象とする橋梁は、橋長121.6m、曲線半径73mの鋼2径間連続1主桁ポータルラーメン橋であり、ランプ橋であることから総幅員は6.95mと比較的狭い。橋梁完成後、設計想定値の検証を目的に、桁や床版に対して熱電対20箇所、下部工および支間中央部に2軸傾斜計5箇所、橋台剛結部下フランジにひずみ計4箇所を設置し、1時間インターバル計測を行った。また、日温度変化に対する桁の変位を把握するため、桁および壁高欄側面に測量ターゲットを合計32箇所設け、3時間おきの定点測量を合わせて行った。

3. 計測結果および検証

3.1 定点測量結果 図-2に、壁高欄側面に設けたターゲットの測量結果、また当日の外気温および桁温度の推移を図-3に示す。第1径間の17時の桁温度が上昇しているのは直射日光の影響である。図-2は午前7時の計測結果を初期値とした橋軸直角方向変化量を示しており、曲線外側への変位を“+”とする。温度上昇に伴い面外方向に変位しており、最大で16時の+12℃時には6.7mm変位している。また、17時計測時の変位は直射日光の影響がある第1径間の変形が大きくなる傾向が見てとれる。このような温度変化にともなう直角方向変位は、設計段階のFEM解析でも図-4に示すように表れており、+25℃におけるP1橋脚の変形量は13.5mmとなる。実測結果と比較すると、これは+12℃の6.5mmに相当し、当初FEM解析とほぼ想定通りの変形が生じていることが確認された。

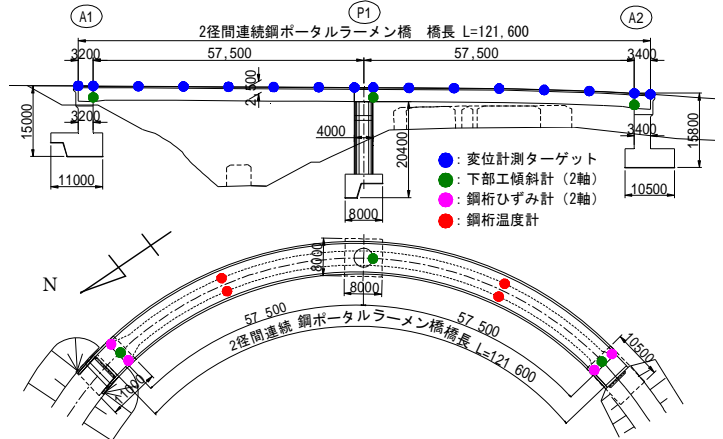


図-1 橋梁一般図

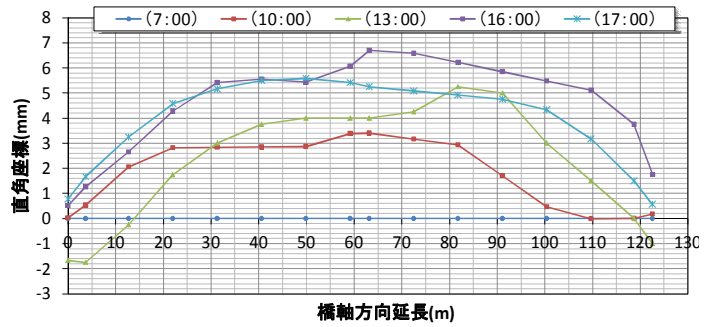


図-2 橋梁変位測量結果

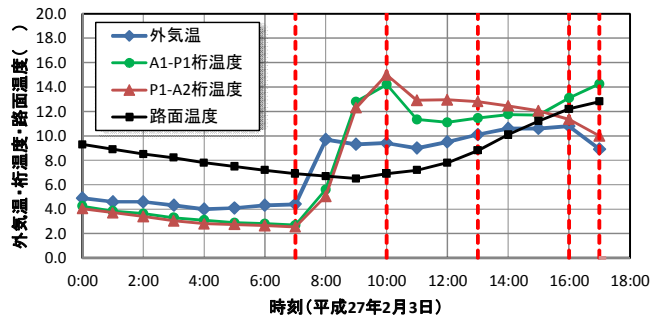


図-3 外気温および桁温度の推移

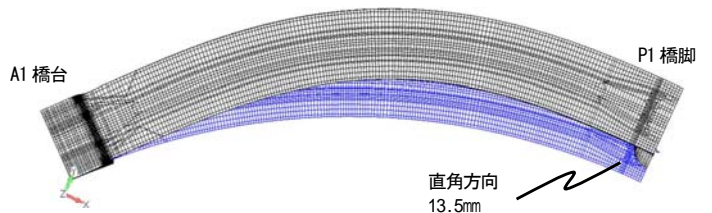


図-4 FEM解析変形図(+25℃時、倍率250%)

キーワード ポータルラーメン橋、曲線橋、モニタリング

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町 5-26 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL 072-658-2420

3.2 下部工の傾斜 各下部工位置の桁内に設置した傾斜計に着目する。図-5にA2橋台の橋軸方向の傾斜角と桁温度との相関を、同様に図-6にはP1橋脚の直角方向傾斜角を示す。符号は終点側方向および曲線外側方向へ“+”値とする。ここで、A2橋台橋軸傾斜はある時期を境に2通りの相関がみられ、図-5では8月1日の前後で色分けしている。気温が上昇し桁が伸びるこの時期に、下部工本体、あるいは基礎地盤、背面土に何らかの構造条件が変化し、それ以降下部工拘束が緩和されたと想像できるが、現在のところ詳細は明らかではない。なお、温度上昇とともに桁の伸びによりA2橋台は終点側へ、またP1橋脚は前項に示した通り曲線外側へ傾斜する相関があることが分かる。事前のFEM解析による温度変化あたりの傾斜角変化を同図に赤線で示す。橋台は剛性変化前後の中間値、P1橋脚では計測結果とほぼ同様の傾斜傾向であることが確認でき、解析・設計の妥当性がうかがえる。なお、設計時のFEM解析の下部工下端は道路橋示方書に基づく地盤ばねにて支持させている。

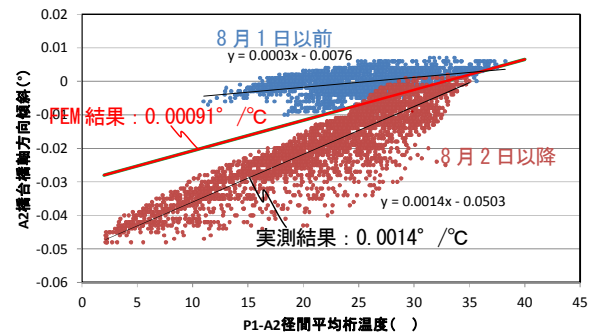


図-5 A2橋台橋軸方向傾斜測定結果

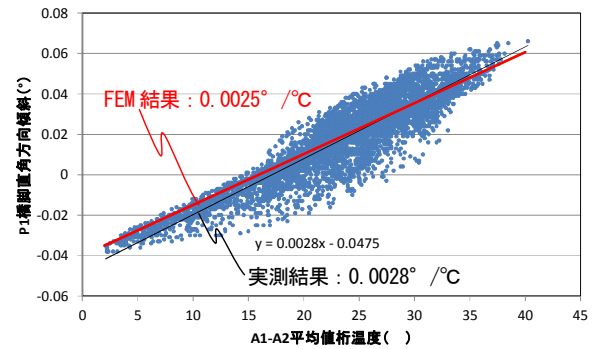


図-6 P1橋脚直角方向傾斜測定結果

3.4 鋼桁ひずみ 既報告¹⁾のとおり、主桁の橋台剛結部の発生応力を緩和させる目的から主桁幅を広げている。今回実応力を把握するため、拡幅部下フランジの左右端部にひずみゲージを設置し、温度変化に対する発生応力度を把握した。橋軸方向の発生ひずみ計測結果を外気温の推移とともに図-7に示す。左側のひずみは気温の上昇とともに桁の伸び、また橋脚の面外方向への変形に伴う圧縮傾向が現れる。一方右側については、桁の伸縮による影響ではなく、橋脚の面外方向への変形の影響が大きく、左側と逆の傾向を示し、曲線橋特有の傾向が見てとれる。

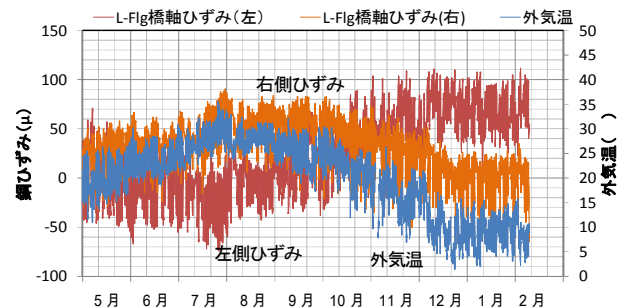


図-7 A1橋台部鋼桁ひずみ測定結果

温度変化との相関分析の結果、左側の発生応力は単位温度変化あたり $-0.87\text{N/mm}^2/\text{°C}$ （相関係数0.93）であるのに対し、図-8に示すFEM解析の結果では $-1.17\text{N/mm}^2/\text{°C}$ であった。前述の下部工変形量が設計想定より大きいことから分かるように、下部工の拘束剛性が設計想定値より小さいことから、主桁応力度が緩和されていることが考えられる。

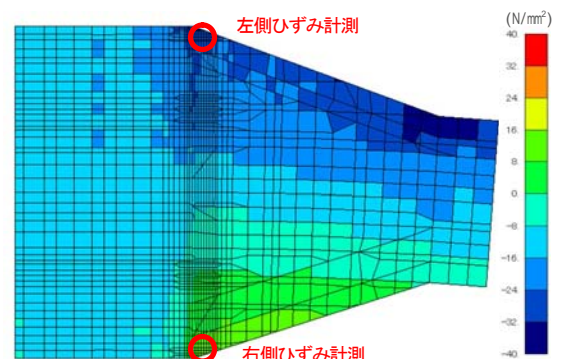


図-8 鋼桁発生応力度FEM解析結果 (下フランジ平面図、橋軸方向応力、+25°C時)

4. まとめ

本橋の計画当初、ラーメン橋特有の挙動に加え、曲線橋ゆえの面外方向の変形挙動も加わり、想定し得ない変形が生じる可能性が懸念された。今回の下部工の傾斜や鋼桁ひずみなどの計測結果から、FEM解析による設計段階で算出した諸数値の検証を行った結果、温度変化に対する橋脚の傾斜角や変形量、剛結部桁応力はほぼ当初想定通りの数値が得られており、実挙動をほぼ表現できる解析であったことが確認できた。しかしながら、橋台の実挙動は設計想定値より大きく傾斜する傾向であり、結果として桁の応力度は低減されているが、剛性が高い橋台は地盤ばねが大きく寄与することから、下部工建設時に確認できる地盤ばねの諸数値で全体解析を検証することも重要と考えられる。今後も本稿に示した計測を継続させ、曲線を有するポータルラーメン橋の設計検証に加え、想定し得ない事象が生じた際の異常検出用データなど、維持管理面での活用を図りたい。

参考文献

1) 高橋ら：曲線を有する2径間連続ポータルラーメン橋の設計，土木学会第69回年次学術講演会 講演概要集，I-176，p.351-352 (2014)