

1 はじめに

徳島自動車道唐ノロ谷川橋は、平成5年度に供用開始した5主桁単純合成鋼鉄桁橋である(図-1)。本橋 A1 橋台部においては、軟弱地盤層の側方流動が発生して基礎杭が押し出され、橋台が中央径間側に移動しつつあるため、可動柵の一部は可動範囲を越えて橋軸方向のストッパーが接触しており、温度変化に対して桁を拘束した状態にあると考えられる(写真-1)。橋台が桁に支えられ、桁に大きな内部軸力が生じているのであれば早急な処置を要するため、桁の内在応力を把握することは対策を検討する上で重要な意義を持つ。しかし桁に生じる内部応力を測定することは難しく、過去の事例も少ない。

今回主桁に生じる内部応力の簡便な測定方法を検討し、実際に推定し、本橋の対策を検討する上で有用な結果が得られたので、その概要を報告する。

2 計測項目および計測箇所

桁が伸びる夏期において、次の項目について計測を行った。

1) 桁・支承部ストッパーの温度・変位・ひずみ計測

① 15分ピッチ静的測定による日変化の計測(全桁)

② 試験車(重量 186kN)走行時の動的測定による供用下の計測(全桁)

③ 磁歪法による内在応力調査(G1, G3, G5 桁)

A1 橋台 G5 桁における計測位置を図-2 に示す。

3 内在応力計測法の原理

支承部に作用している拘束力を推定するため、内在応力測定法として磁歪法¹⁾を適用した。鋼板などの強磁性体に磁場を加えると、長さが変化する(磁気ひずみ現象)。この現象の逆の効果として、鋼板に応力(ひずみ)が作用するとその方向に磁化しやすくなる。磁歪法は、この磁性の変化量を電圧として検出し、内在している全応力を測定するものである。計測には岡山大学安福教授が開発した磁気プローブ²⁾を用いた。

4 計測結果と考察

4-1 温度・変位・ひずみ計測

温度の日変化に伴う支承部近傍の変位、ひずみ挙動の計測結果を図-3 に

示す。また、低温度時と高温度時を比較した結果を表-1 に示す。G1 桁は温度の日変化に対して自由に伸縮しており、下フランジには支承部からの摩擦力に起因すると思われる低い拘束応力が発生していた。一方、G2～G5 桁は接触した支承ストッパー部に拘束されているため、上フランジ部は伸縮しているものの支承部はほとんど動いていない。従って、下フランジには G1 桁より 1 オーダー大きな拘束応力が発生していた。

供用下の計測結果については、桁下フランジの変動応力の最大値が、試験車が上り(G5 桁側)を走行した際に G5 桁で発生した $11 \sim 13 \text{ N/mm}^2$ 程度であり、いずれの主桁にも極端に過大な応力や変位は生じていなかったことから、支承部の拘束は活荷重応答に対して特に影響を及ぼしていないと思われる。

4-2 拘束力の推定

① G1 桁

応力日変化計測時の桁伸び挙動及び下フランジのひずみ変化から、 $60 \sim 120 \text{ kN}$ の拘束力が作用していると推定される。摩擦係数と死荷重反力から求めた設計値が 120 kN であることから、この拘束力は摩擦力によるものと考えられる。

② G3, G5 桁

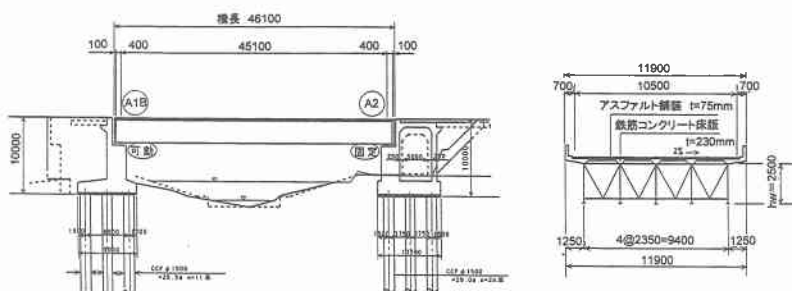


図-1 橋梁一般図

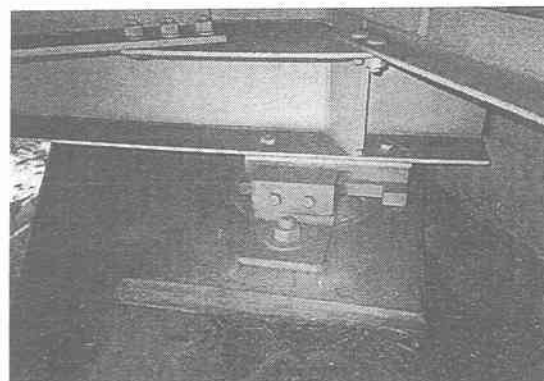


写真-1 可動支承部ストッパー接触状況

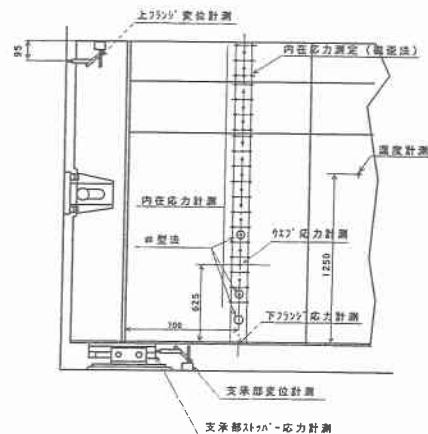


図-2 計測位置 (A1橋台G5桁橋)

拘束力が、支承部滑動面の摩擦力とストッパー部の接触力の和からなるものと仮定し、応力日変化計測結果及び磁歪法による内在応力計測結果より桁拘束力の推定を行った。

まず、応力の日変化より拘束力の変動分を推定すると、G3 桁で 300kN、G5 桁で 450kN 程度と考えられる。測定チャートには夜間の低温度時にも拘束力が開放された形跡が見られないため、拘束力はこれらの値より大きいものと考えられる。

次に、磁歪法によるウェブ内在応力分布の計測結果を図-4 に示す。この応力はフランジに近い部分で溶接の残留応力を含んだ値となっているため、支承部からの拘束力による応力は支承から 45°で広がるものと仮定し、溶接残留応力に起因すると考えられる高応力部を除いて下フランジ及びウェブの応力分布と作用範囲を推定し拘束力を求めた。G3 桁、G5 桁における拘束力の変動分ならびに拘束力の推定結果を表-2 に示す。

以上より、桁拘束力は 1 主桁あたり 1,000kN 以下と概略推定できた。これらの値は、支承部ストッパーの付け根が全断面降伏する力と支承部の摩擦力の和にほぼ一致するオーダーである。

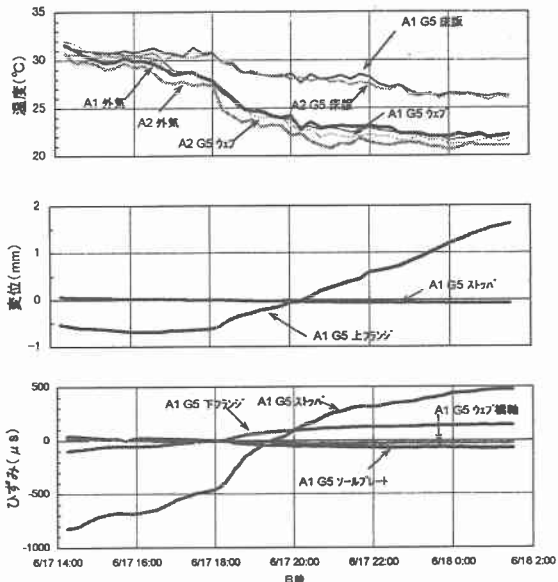


図-3 温度の日変化に対する支承部近傍の変位、ひずみ計測結果 (G5桁)

表-1 温度の日変化に対する支承近傍の変位・応力 (A1橋台G5桁の低温度時と高温時の差)

	温 度			支承部 変位(mm)	上フランジ 変位(mm)	ストッパー 応力(mm)	下フランジ 応力(N/mm ²)	ストッパー の状況
	低	高	差					
G1	22	33	+11	+1.15	+1.57	計測なし	-6	可動
G2	22	33	+11	+0.32	計測なし	計測なし	-40	接触
G3	22	33	+11	+0.32	+0.61	-190	-33	接触
G4	22	33	+11	+0.21	計測なし	計測なし	-35	接触
G5	22	33	+11	+0.14	+2.14	-268	-50	接触

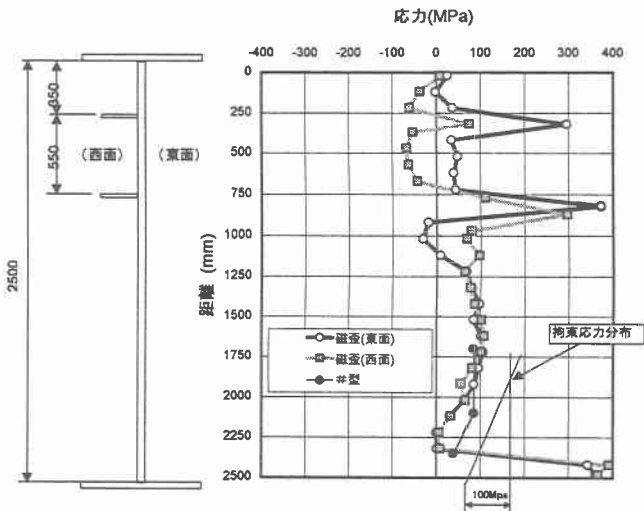


図-4 磁歪法による内在応力測定結果

5 まとめ

桁が伸びた夏期における鋼桁内在応力の測定及び桁拘束力の推定状況から、次のことが確認された。

- (1) 支承が接触していない G1 桁には大きな拘束応力は発生していないが、支承が接触している G2～G5 桁のウェブならびに下フランジには拘束応力が生じている。
- (2) 応力日変化計測結果より、支承部からの拘束力の変動分は G3 桁で 300kN、G5 桁で 450kN 程度であった。
- (3) 磁歪法による計測結果から拘束力は 1 主桁あたり 1,000kN 以下と推定され、早急に内部応力を軽減する対策をとる必要はないと判断できる。

今後は、冬期の桁が縮んだ状態で再計測し、上記拘束力レベルを確認するとともに対策工法を検討する計画である。

表-2 桁拘束力の変動分と桁拘束力 (単位: kN)

桁	拘束力変動分の推定		拘束力の推定	
	下フランジ ひずみ計測より	ストッパー ひずみ計測より	井型法・磁歪法 による計測より	ストッパー降伏 条件 (設計値)
G3	240	320	460	550
G5	450	430	980	550

参考文献

1)村井他;磁歪式応力測定法の鋼橋への適用に関する研究(第 1 報, 第 2 報), 土木学会第 54 回年次学術講演会, VI, pp.306-309, 1999
2)安福, 磯野;磁気プローブによる溶接残留応力分布の測定, 非破壊検査, Vol.35, No.11, pp.805-810, 1986