

橋台移動により拘束された鋼桁内在応力の推定方法について

日本道路公団 和田 信良 (株)コンサルタンツ大地 正員 坂手 道明
三菱重工業(株) 正員 岡 俊蔵 (株)コンサルタンツ大地 正員○金島 也恵子

1. はじめに

本橋は、平成5年度に徳島自動車道として供用開始した橋長46.1m、幅員11.9m、桁高2.5mの単純合成鋼5主鈎桁である。本橋は、用地買収の関係からA1橋台背面盛土工事より先行して橋梁工事を行った。その後、用地買収に伴い盛土を行ったが、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。このため、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た状態にあり、温度変化に対して桁を拘束した状態にあるものと考えられる。この場合、橋台が桁によって支えられており、桁に大きな内部軸力が生じている状態であれば早急な処置が必要であるが、接触しただけの状態であれば少し状況変化を感触し対策を検討する事も可能となる。しかし、桁に生じている内部応力を測定する事は難しく、今まで測定された事例はあまりない。

今回主桁に生じている内部応力を簡便に測定する方法を検討し、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. 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、今回の計測では内在応力測定法として井型法及び磁歪法を適用した。これらの方法の計測原理について以下に説明する。なお、計測位置の一例としてA1橋台G5桁の場合を図-1に示す。

①井型法による測定

測定対象部に2軸ひずみゲージを貼付し、図-2に示すとおりゲージ周囲に深さ2mmの溝を井型に加工する。このときゲージ部近傍は内在応力場から解放されることを利用して、井型に切込む前後のひずみ変化より内在している全応力を求める方法である。本方法は、溶接構造物の残留応力測定法として利用されてきたものである。

②磁歪法による測定

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易くなる。磁歪法では、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

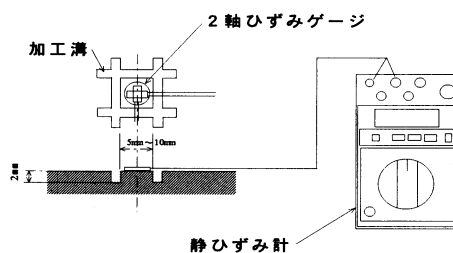


図-2 井型法の概念

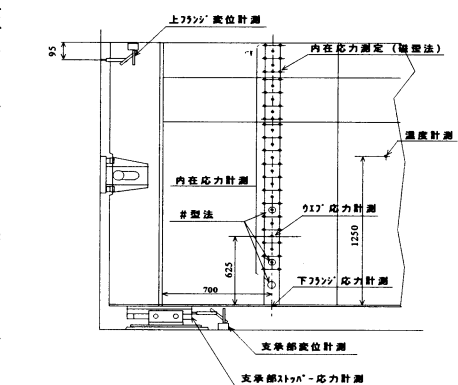


図-1 計測位置

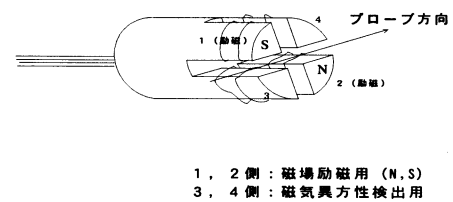


図-3 磁歪法に用いる磁気プローブ

を測定するものである。計測には図-3に示す岡山大学安福教授が開発した磁気プローブを用いた。4本の足のうち対角に向合った2本で励磁すると、他の2本の足に巻いたコイルに応力に対応した電圧が得られる。

3. 計測結果と考察

①温度・変位・ひずみ計測

まず、温度の日変化に伴う支承部近傍の変位、ひずみ挙動を計測した。低温度時と高温度時を比較した結

キーワード：内在応力，井型法，磁歪法，磁気プローブ

連絡先：〒733-0812 広島市西区己斐本町 2-20-16 (株)コンサルタンツ大地(TEL:082-273-1471,FAX:082-273-7644)

果を表-1 に示す。支承ストッパ一部に拘束されていない 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 -6N/mm^2 と低い拘束

表-1 温度の日変化に対する支承部近傍の変位、応力

桁	温度(℃)			支承部 変位(mm)	上フランジ 変位(mm)	(A1 橋台 G5 桁の低温度時と高温度時の差を示す)		ストッパーの 状況
	低	高	差			ストッパー 応力(N/mm ²)	下フランジ 応力(N/mm ²)	
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	23	32	+9	+0.32	+0.61	-190	-33	
G4	22	32	+10	+0.21	計測なし	計測なし	-35	
G5	22	32	+10	+0.14	+2.14	-268	-50	

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殆ど動いていない。従って、下フランジには $-33\sim-50\text{N/mm}^2$ と、G1 桁より 1 オーダー大きな拘束応力が発生していた。次に供用下の計測結果について述べる。桁下フランジの変動応力の最大値は、186kN の試験車が上り(G5 桁側)を走行した際に G5 桁で発生した $11\sim13\text{N/mm}^2$ 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。この結果より、支承部の拘束は活荷重応答に対しては特に影響を及ぼしていないようである。

④桁拘束力の推定

G1 桁はストッパに拘束されていないが、日変化の応力計測時の桁伸び挙動及び下フランジのひずみ変化からは $60\sim120\text{kN}$ 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 120kN 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。ストッパに拘束された G3 桁、G5 桁については、日変化の応力計測結果及び井型法・磁歪法による測定結果より、拘束力の推定をおこなった。なお拘束力は、支承部滑動面の摩擦力とストッパ部の接触力の和からなるものと仮定した。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。

井型法と磁歪法によるウェブ内在応力分布の計測結果は図-4 に示すとおりで、両測定結果がほぼ同様の値を示している。尚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ので、支承部からの拘束力による応力は図-5 に示すように支承から 45° で広がるもの仮定し、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て拘束力を求めた。G3 桁、G5 桁について、拘束力の変動分ならびに拘束力の推定結果をまと

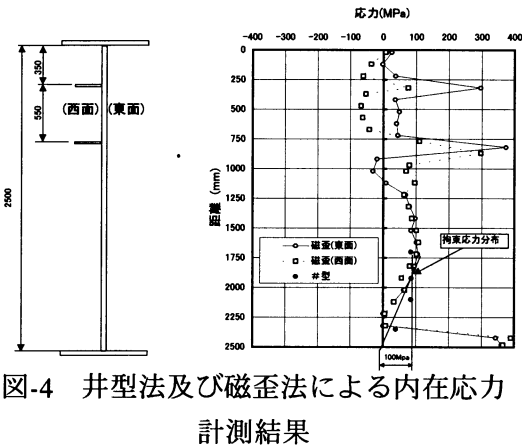


図-4 井型法及び磁歪法による内在応力計測結果

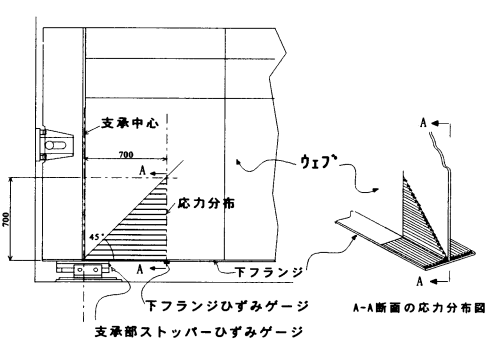


図-5 拘束応力分布の仮定

めて表-2 に示す。

表-2 桁拘束力の変動分と桁拘束力

以上より、桁拘束力は 1 主桁あたり $1,000\text{kN}$ 以下と概略推定できた。なお、これらの値は、支承部ストッパ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。

4. まとめ

以上、桁が延びた夏場の測定及び推定状況を記述した。これらの結果より、現時点で桁に生じている内部応力は $1,000\text{kN}$ 以下と推定されるので、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した。なお、冬期の桁が縮んだ状態(ストッパの拘束のない状態)で磁歪法により再計測を行い、夏場に推定した桁拘束応力が解放されていることを確認した。

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	ストッパひずみ計測より	井型法と磁歪法による計測	ストッパ降伏条件(設計)
G3	240	320	460	550
G5	450	430	980	550