

東海道新幹線の鉄けた応力測定への摩擦型ひずみゲージの適用性の検証

東海旅客鉄道株式会社 正会員 岡村 幹男
 西澤 弘晃
 木下 貴久治
 正会員 石川 達也

1. はじめに

東海道新幹線では、1993年当時から、国交省が維持管理標準に示している通常の検査(全般検査)に加え、「鉄けた特別検査」を導入し適切な維持管理に努めている。これらの検査は、通常、当社社員が実施している。最近では、検査員の高齢化、業務経験の浅い若手の登用が進む中、一層の作業の安全性向上と測定作業の効率化が求められている。

そこで、道路で使用実績のある摩擦型ひずみゲージ¹⁾を使った測定を試行し、列車の高速走行により発生する高周波振動や、塗替による塗膜厚の増加によらず、一般的な主要部材の応力測定(公称応力測定)に適用できるかを検証する。



図 - 1 応力聴診器

2. 鋼橋の維持管理体制と摩擦型ゲージの概要

(1) 鉄けた特別検査の体制と塗装周期

東海道新幹線の鉄けた特別検査²⁾においては、鋼橋に将来発生が予想される各種の疲労変状を発生するため「目視詳細検査」と主要部材に発生する応力を「実橋測定」により実測し、必要な予防保全対策を講じている。

また、鋼橋に施された塗装の塗替については、およそ8年周期を標準として定期的に替ケレン⁴⁾相当にて実施している。

(2) 摩擦型ひずみゲージ

摩擦型ひずみゲージとは東京大学大井教授により提案され、東京測器研究所が応力聴診器として製品化したひずみゲージの一種である。応力聴診器とは、測定器を構造物にマグネットで吸着させ、受感部を押し当てることでひずみを測定するものである。従来の接着式ひずみゲージと比べた場合の利点は、接着剤が不要、着脱が簡単、繰返し利用が可能なことである。また、小塩ら³⁾の研究によると、塗膜上から直接応力聴診器を押し当てて測定を行っても従来の方法と同等の測定結果が得られることから、グラインダーによる塗膜除去作業の省略による作業の安全性向上や作業準備時間の短縮による測定作業の効率化などの効果が期待できる。さらに、鉄道総研が開発し、鉄道会社の構造物メンテナンス機関に広く普及している「BMC測定診断システム」に直接接続できる仕様となっている。

3. 測定内容

(1) 塗膜厚測定

鋼橋の代表的な構造形式である上路プレートガーダー、下路トラスを対象に塗膜厚の傾向を把握することとした。測定箇所としては、上路プレートガーダーにおいては、主桁の上下フランジ、腹板とし、下路トラスにおいては、下弦材(主構)、主桁の上下フランジ、腹板とする。なお、塗装の種類は、長油性フタル酸樹脂塗料、タールエポキシ樹脂系塗料となっており、測定部位の区分は表-1の通りとなる。

表 - 1 測定部位と塗装種別の区分

橋りょう名	構造形式	測定部位	塗装種別
A橋りょう	上路プレートガーダー	腹板(内側)	タールエポ
		下フランジ(底面)	
B橋りょう	上路プレートガーダー	上フランジ(外側下面)	フタル酸
		下フランジ(上面)	
C橋りょう	下路トラス	下弦材	フタル酸
		腹板	
		下フランジ(上面)	

キーワード：応力聴診器 公称応力 鋼橋

連絡先：〒420-0851 静岡市葵区黒金町 29 番地 東海旅客鉄道(株) 静岡新幹線構造物検査センター Tel:054-282-8116

(2) ひずみ測定

塗膜の有無が摩擦型ひずみゲージによる測定にどのような影響を及ぼすかを検証するため、表 - 2の3ケースについて実施する。比較のため、隣接した箇所に塗膜を除去後に接着式ひずみゲージを貼付し、これを参考測点として同時に測定を行う。さらに、参考のためケース 1では、塗膜上から直接接着式ひずみゲージを貼付した測定も行う。測定位置は、上路プレートガーダーにおいては下フランジ、下路トラスにおいては、下弦材と下フランジにて公称応力を測定する。

表 - 2 塗膜の有無とゲージタイプ

ケース	塗膜の有無	ゲージタイプ
	なし	摩擦型
	有り	接着式

表 - 3 塗膜厚測定結果(単位 : μm)

橋りょう名	最大値	最小値	平均値
A橋りょう	440	260	350
B橋りょう	690	450	540
C橋りょう	630	400	500

4. 測定結果

(1) 塗膜厚測定

A, B, Cの各橋りょうにおける塗膜厚は、表 - 3の通りとなった。全体での最大は690 μm 、最小は260 μm 、平均440 μm となった。

(2) ひずみ測定

A, B, Cの3橋りょうにおいて測定を実施したが、ここでは、A橋りょうでの測定結果について述べる。図 - 2より ケース 1 (塗膜なし、摩擦型)では、列車通過時におけるひずみ波形の形状、振幅範囲はいずれも一致し、ピーク値も1両目通過時は接着式、摩擦型は、80 μm 程度と一致しており、それ以降のピーク値も殆ど同じであることがわかる。また、ケース 2 (塗膜有、摩擦型)、ケース 3 (塗膜有、従来型)においても参考測点のひずみと測定点のひずみの関係はほぼ同様な結果となり、これらの結果から塗膜の有無やゲージタイプによらず、ほぼ同じ測定結果が得られることがわかった。なお、B橋りょう、C橋りょうにおいても、結果は割愛するものの概ね同様の傾向となった。このことから、今回の測定条件下では、以下のことが言える。

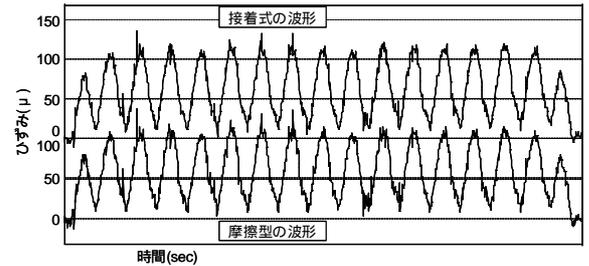
列車の高速走行により発生する高周波振動下において摩擦型ゲージを用いても、接着式ゲージと同等な結果が得られる。定期的な塗替により塗膜厚が360 μm 程度の鋼材であっても摩擦型ゲージは、鋼材に追従して良好なひずみ測定が行える。塗装種類が、長油性フタル酸樹脂塗料、タールエポキシ樹脂系塗料いずれの場合であっても良好なひずみ測定が行える。接着式ひずみゲージを用いる場合であっても、塗膜上から直接ゲージを貼付したとしても、塗膜を除去した場合と概ね同じ測定結果が得られる。

5. まとめ

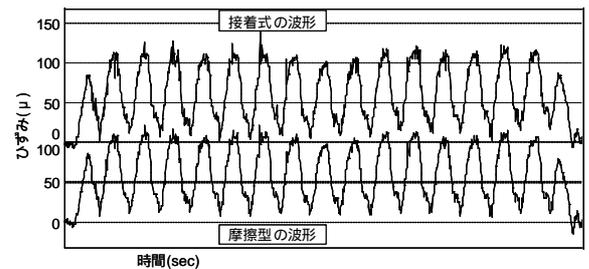
東海道新幹線の鋼橋において、摩擦型ひずみゲージを使った測定を試行した結果、今回の測定条件下では、列車の高速走行により発生する高周波振動や、定期的な塗替による厚めの塗膜の影響を受けずに、一般的な主要部材の応力測定(公称応力測定)に適用できることを実証できた。摩擦型ひずみゲージを活用することで一層の作業員の安全度向上と測定作業の効率化に大きな効果が得られると考えられる。今後は、上路プレートガーダー、下路トラスだけでなく、様々な橋りょう形式における公称応力の測定を試行し、適用範囲を拡大していきたい。

ひずみ測定結果

(ケース 1)



(ケース 2)



(ケース 3)

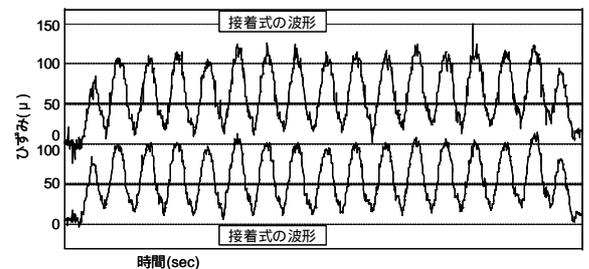


図 - 2 A橋りょうでのひずみ測定結果

参考文献 1)山田健太郎,小塩達也,摩擦型ひずみゲージを応用した応力聴診器の活用,橋梁と基礎,2006-6,pp.34-36
 2)宇野護,神田仁,東海道新幹線における鉄けたの維持管理,橋梁と基礎,2008-8,pp.47-49
 3)小塩達也,山田健太郎,齋藤好康,椎名政三,摩擦型ひずみゲージによる応力聴診器の開発と構造物の健全度診断への応用,第60回土木学会年次学術講演会概要集,第 部門,6-128,pp.255-256,2005