

磁歪式応力測定法の鋼橋への適用に関する研究 (第4報：動的応力測定と実橋鋼材の磁歪感度検証法の検討)

三菱重工業広島研究所*	正会員 村井 亮介
三菱重工業広島研究所*	正会員 柳沢 栄一
三菱重工維持補修技術センター**	正会員 中谷 眞二
中電技術コンサルタント***	正会員 池田 誠
岡山大学理学部****	安福 精一

1. まえがき

著者らは、鋼材の全応力を塗装上から測定できる可能性がある磁歪法⁽¹⁾を鋼橋の応力測定に適用する方法を検討している。既報では、実橋の静的応力が測定できることを確認してきたが⁽²⁾⁽³⁾、実橋の応力測定法として活用するためには、動的応力の測定、実橋鋼板の磁歪感度の検証、が出来ることが望まれる。そこで本報では、磁歪法での動的応力測定化とこれを利用した実橋鋼板の磁歪感度キャリブレーション法を検討した。

2. 動的応力測定法の検討

これまで用いていた装置は、鋼材の全応力計測を目的としてきたため、静的応力を対象としていた。まず、この装置を用いて動的応力を測定してみた。実験では図1に示すとおり板厚12mmの鋼板に磁歪法のプローブを当て、疲労試験機にて1Hz及び10Hzのsin波応力を作用させ、ひずみゲージと磁歪法で同時に応力を計測した。その結果、図2(a)に示すとおり1Hzの動的応力はほぼ磁歪法でもひずみゲージに対応した波形が計測できているものの、10Hzの動的応力に対しては磁歪法では出力の減衰、出力の時間遅れ、が大きく、精度良く測定できないことが分かった。これは、従来装置の出力信号フィルタが、カットオフ周波数を出来るだけ低くし出力信号から励磁信号のノイズ成分を十二分に除去するように回路設定されているためである。

そこで、上記フィルタを十数Hzの応力値が正確に出力できかつ励磁信号の周波数成分を減衰させて出力波形の振幅に励磁信号成分が殆ど含まれないようにするため、従来20kΩの抵抗と0.5μFのコンデンサを各2個用いていた部分を、10kΩと0.1μFを各1個用いた回路に変更した。この改良装置での測定結果を図2(b)に示す。磁歪法で1Hz、10Hzの応力を測定したものはひずみゲージに対して時間遅れ、出力減衰もないことが確認され、フィルタ回路の見直しにより精度良く動的応力を測定できるようになった。

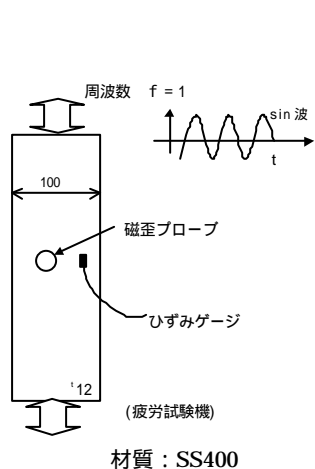


図1 実験方法

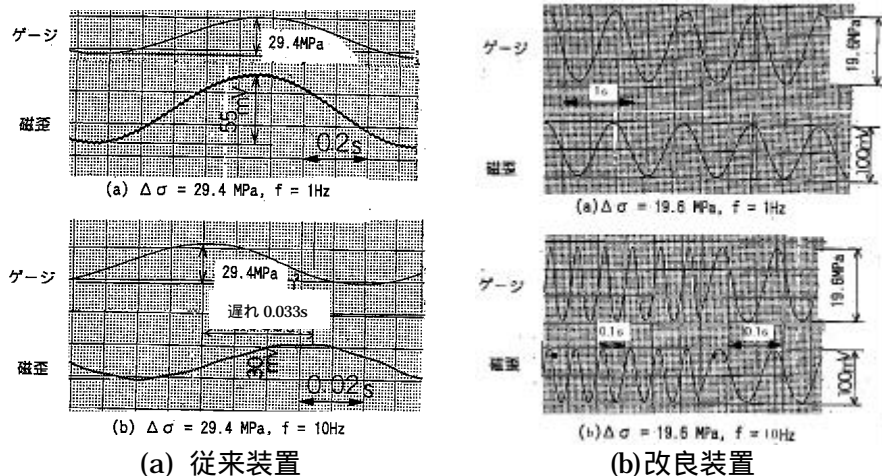


図2 動的応力測定結果

キーワード：橋梁、鋼橋、応力、動的応力、磁歪法、試験

- * 〒733-8553 広島市西区観音新町 4-6-22 TEL 082-294-9825、FAX 082-294-9179
- ** 〒108-0014 東京都港区芝 5-34-6 TEL 03-3451-4980、FAX 03-3451-4239
- *** 〒734-8510 広島市南区出汐 2-3-30 TEL 082-256-3355、FAX 082-251-0486
- **** 〒700-0082 岡山市津島中 2-1-1 TEL 086-251-8484、FAX 086-251-8489

改良装置を実橋に持ち込み、実交通下の動的応力を測定した結果を図3に示す。磁歪法の出力電圧波形はひずみゲージと良く対応している。リフトオフが0.27mmの時にひずみゲージで求めた応力範囲と磁歪法で計測した出力電圧の関係を図4に示す。磁歪法の出力は動的応力と殆ど誤差なく対応しており、磁歪法で実交通の動的応力が測定できることが確認できた。

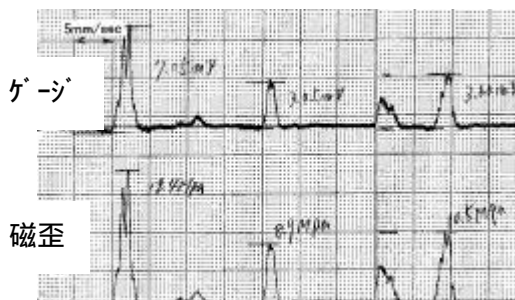


図3 実橋計測結果

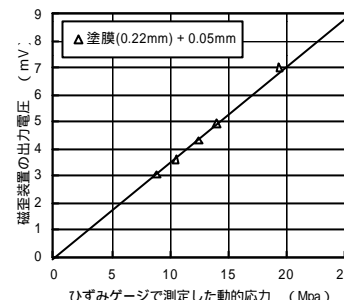


図4 磁歪出力とひずみゲージで求めた応力値の比較

3. 交通荷重による動的応力を利用した実橋磁歪感度キャリブレーション法の検討

磁歪法では、励磁コイルにより誘起される電圧 V と主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ との間には次式の関係がある⁽¹⁾。

$$V = k \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) \cdot \cos 2\theta \tag{1}$$

ここで、 k は応力と出力電圧とを関係づける磁歪感度である。この k は同種材でも少しずつ多少異なっており、磁歪法による応力測定精度を高めるには、キャリブレーションを行うことが望ましい。しかし、供用中の実橋より引張試験片を取り出し試験を実施することは、構造を傷めることになり現実的には不可能である。

そこで、実交通による動的応力をひずみゲージと磁歪法とで同位置で同時に計測し、応力と磁歪法の出力変化を比較することで感度を求める、実橋磁歪感度キャリブレーション法を考案した。この手順は図5に示すとおり、磁歪法でリフトオフを変化させて応力を測定した値と、ひずみゲージで測定した応力値とを比較し、リフトオフの指標であるインピーダンスと磁歪感度の関係を求めるものである。実交通の応力を利用しているため、交通を妨げずかつ実橋も一切傷つけずに磁歪感度を検討できると期待される。リフトオフを0.05~0.78mmで4種類変化させて同様の計測を行い、これらデータを図5に示す手順で整理して磁歪感度キャリブレーションカーブを求めた結果を図6に示す。図の実線は、実験室で得られている実橋と同様の構造用炭素鋼(SM材)でのキャリブレーションカーブで、プロット点が実橋材の磁歪感度を求めたものである。実橋材での磁歪感度は、室内試験に用いた鋼材と比較するとやや高めとなった。本橋の応力測定時のインピーダンスは約5.2であったため、図6の関係より実橋材の磁歪感度は従来の磁歪感度の約1.1倍と判断した。このように、実交通による動的応力を利用することで実橋材の感度をキャリブレートすることが可能であり、磁歪法の実構造物応力測定における精度改善に大いに役立つと考えられる。

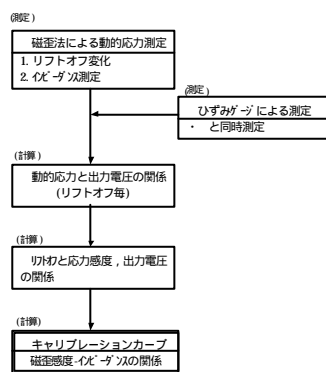


図5 キャリブレーション曲線作成手順

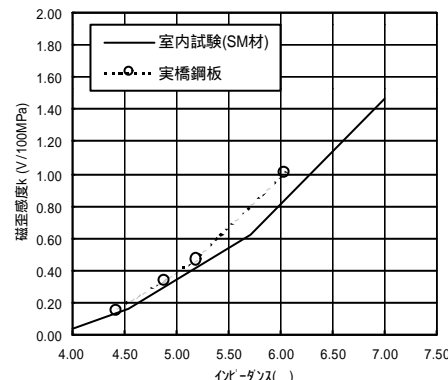


図6 感度キャリブレーション結果

4. まとめ

現有の磁歪式応力測定装置の回路を見直し、動的応力が測定できるように改良した。また、実交通荷重を利用した実橋材の磁歪感度キャリブレーション法を開発した。これらの改良により、実交通下の動的応力測定が可能、交通を妨げずかつ実橋も傷めることなく実橋材の磁歪感度を知ることが可能となり、磁歪法による実構造物応力測定の実用化に向け大いに役立つと考えられる。

【参考文献】

- (1)安福 他; 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)
- (2)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)、土木学会第54回年次学術講演会, pp.306-307(1999)
- (3)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2報)、土木学会第54回年次学術講演会, pp.307-308(1999)