

磁歪応力測定法の非破壊検査への適用性

日本技術開発(株) 正会員 鈴木 舞

広島大学 正会員 藤井 堅

中電技術コンサルタント(株) 正会員 池田 誠

1. はじめに

構造物の維持管理において、現状の把握やその後の評価・対処を行うためには、現在の構造物の応力状態を破壊することなく精度良く測定することが不可欠である。非破壊で構造物の応力を直接的に測定する技術はいくつかあるが、その一つに磁歪応力測定法がある¹⁾。本研究では、磁歪法の適用分野の拡張を目的として、鋼材の塑性域における磁歪測定の出力特性を調べる。また、近年注目されている低降伏点鋼や高張力鋼などの高機能鋼に対して、磁歪法による応力測定が可能かどうかを調べるとともに、これらの鋼種ごとの校正曲線を与える。さらに、実構造物への適用例として、鋼製橋脚パネル部の残留応力測定を行い、応力解放によるひずみゲージ測定結果と比較して、適用上の問題点について検討する。

2. 磁歪応力測定法

鉄などの強磁性体に応力が発生すると透磁率が変化することが知られている。磁歪法ではこれを測定することによって、主応力差と主方向が求まる。磁歪法は測定機器が小型で、測定時間が短く、かつ測定時の表面処理を必要としないという利点がある。

3. 実験概要

(I) 引張試験…引張試験片の中央部に自己バランス型磁気プローブを取り付ける。荷重を増加させて得た出力電圧と、歪みゲージと伸び計によって測定した公称応力、真応力、歪みを弾塑性域にわたって調べた。測定回路のブロック図を図.1 に示す。

(II) 鋼製橋脚上部の板パネル部の残留応力測定…鋼製橋脚からガス切断により切り出した板パネル(図.2)を用いて磁歪法によりリブと平行な方向の応力 σ_y を求める。 σ_y はせん断応力差積分法によって求めた。磁歪測定終了後、応力解放を行って、残留応力を求めた。

4. 実験結果

(I) 引張試験

SS400、極軟鋼、高張力鋼の真応力と出力電圧の履歴の一例を示すと図.3 から図.6 のようになる。

SS400(図.3)では、弾性域では荷重の増加とともに出力電圧も増加する。降伏後、出力電圧は急激に減少し、歪み硬化域では、ほぼ直線的に減少する。また、弾性域で除荷すると、初期載荷曲線上を下る。また塑性域で除荷すると、初期載荷曲線とほぼ平行に下り、無応力状態では負の出力電圧を示すことがわかる。また、繰り返し載荷を行って得られた真応力-出力電圧関係の包絡線を図.4 に示す。包絡線は歪み履歴にあまり影響されず、塑性域においても出力電圧の変化量と応力変化はほぼ一定で、その関係は線形であるとみなしてよさそうである。

極軟鋼(図.5)では、降伏応力を超えて 200(MPa)までの塑性域でも出力電圧から応力を推定できることが、SS400 と大きく異なる点である。

一方、高張力鋼(図.6)では、200(MPa)までならば出力電圧から応力を推定できるが、弾性域であっても 200(MPa)を越えると出力電圧から応力を求めるのは困難になることが分かる。また、3 鋼種とも 200(MPa)まで出力電圧-応力関係が直線的であるのは興味深い。

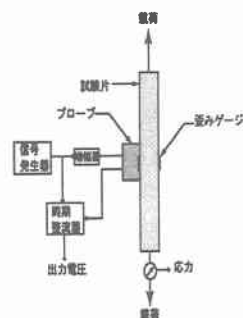


図.1 測定回路のブロック図

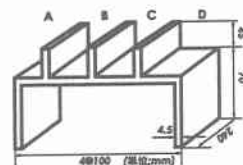


図.2 鋼製橋脚から切り出された板パネル

(II)実構造物への応用

磁歪法と応力解放法で得た残留応力 σ_y の実験結果の一例を図.7 に示す. 図中, 磁歪法は軸方向の釣り合いだけ満足するように補正した. A 区間 B 区間(図.2 参照)において, 磁歪法と応力解放法はよく類似しており, A 区間での両者の差異は溶接部付近を除けばほぼ 5(MPa)である. B 区間で両者の差が大きくなるのは, リブを挟んでせん断応力差積分法を用いているためである. すなわち, リブ付近で残留応力が急変するためにその誤差が現れていると考えられる.

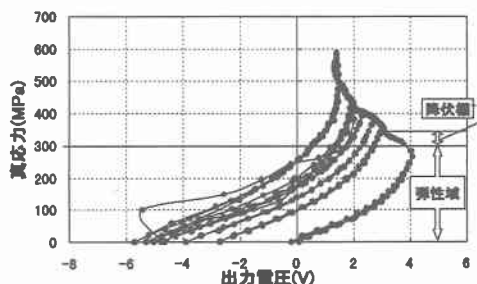


図.3 SS400 の真応力 - 出力電圧関係

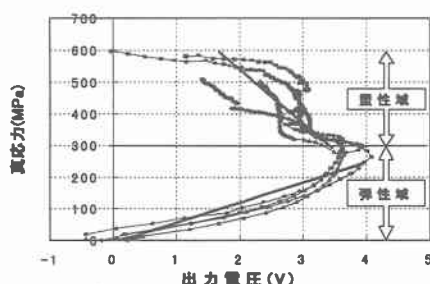


図.4 SS400 の真応力 - 出力電圧の包絡線

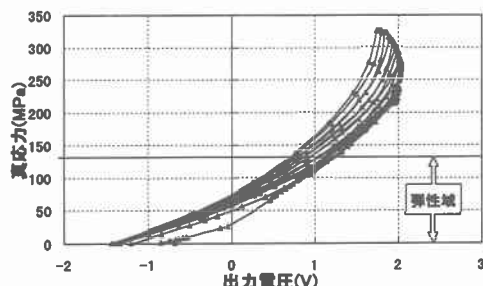


図.5 極軟鋼の真応力 - 出力電圧関係

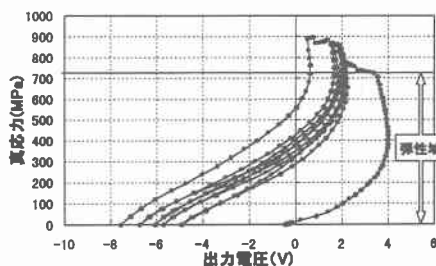


図.6 高張力鋼の真応力 - 出力電圧関係

5. 結論

(I)引張試験

SS400; 単調载荷に限り弾塑性域を通して, 出力電圧から真応力がある程度測定できる.

極軟鋼; 降伏応力を超えて 200(MPa)までの塑性域でも出力電圧から応力を推定できることがわかる.

高張力鋼 (HT); 200(MPa)までの弾性域ならば出力電圧から応力を推定できる. しかし, 弾性域であっても応力が 200(MPa)を越えると出力電圧の変化がほとんどなくなるために測定精度が悪くなる.

(II)実構造物への応用

磁歪法と応力解放法の測定値を比較すると, 溶接部付近を除けば比較的良く一致する.

リブ近傍は, 応力変化が急であり, せん断応力差積分法の適用が難しいため, 誤差を発生する.

6. 参考文献

安福精一: 磁気異方性センサー(II 残留応力センサー), 磁気センサーマニュアル, 1 号, pp. 7-22, 1979

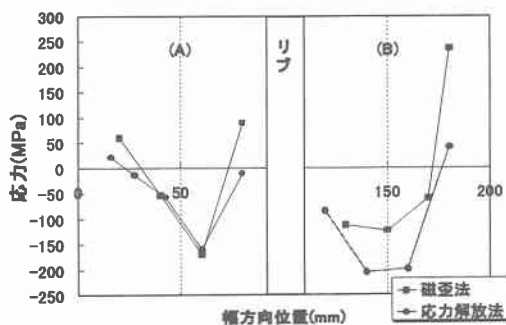


図.7 残留応力 σ_y 分布