

第 部門

磁歪法を用いた応力測定における鋼材の塑性ひずみ履歴の影響

神戸大学工学部建設学科 正会員 ○口池 尚子
 神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 志村 常彰
 神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 有村 有紀
 神戸大学工学部建設学科 学生員 中森 絵美
 神戸大学工学部建設学科 正会員 芥川 真一

1. はじめに

鋼材の非破壊応力測定法の一つとして、磁歪式応力測定法(以下、磁歪法)がある。これは、被測定物が力を受けた際、生じる磁気ひずみの変化を電氣的に検出し、予め求めておいた応力感度曲線(図1)を用いて、被測定物に存在する応力を求めるものである^{1), 2), 3)}。

この測定法は非常に簡便であるが、いくつか問題点がある。まず被測定物が塑性化を伴うと磁歪法により検出される出力電圧が減少し、その応力を唯一に定めることが出来なくなることである。そのため、塑性変形を経験すると、同一の部材であっても塑性変形の量に依存する形で複数の応力感度曲線を用意しなければならない。

ここで、塑性変形の量(もしくは残留ひずみの大きさ)に依存する形で複数の感度曲線を求めるために、制御された形式で塑性変形を生むような载荷試験等を行い、応力と出力電圧の関係を求めることとした。

2. 载荷試験

磁歪計測で得られる出力電圧から唯一の応力を推定するには使用する感度曲線が一つであることが必要だが、既往の研究¹⁾により、塑性変形を経験した鋼材の応力感度曲線が初期感度曲線とほぼ平行になることが分かっていることから(図2参照)、初期曲線からの水平シフト量と残留ひずみの関係を室内実験(図3参照)により求めることとした。この実験では、供試体(SS400: 800×44×12mm)を3体用意し、以下の载荷パターンで計測を行った。磁歪計測は、試験体中央で行ったが、パターン毎に計測面が異なる。カッコ内は磁歪法による計測箇所を示す。

反転曲げ繰り返し試験(同一箇所)

1 方向曲げ繰り返し試験(凸側)

1 方向曲げ繰り返し試験(凹側)

なお繰り返し载荷を塑性域に入るまで(中央部での変形が最大で70mm程度)、行うことから、ひずみは歪ゲージではなく、供試体のたわみから幾何学的に計算して算出した。

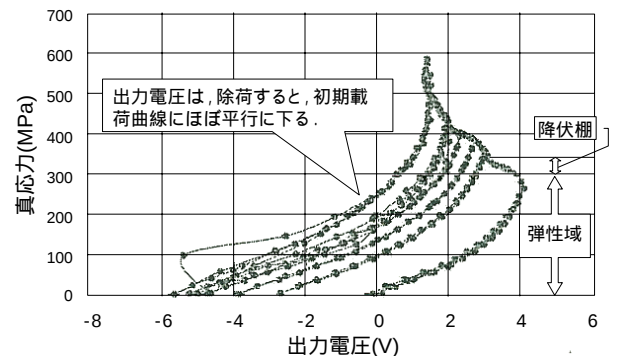


図1 SS400の真応力 - 出力電圧関係 1)に部分加筆

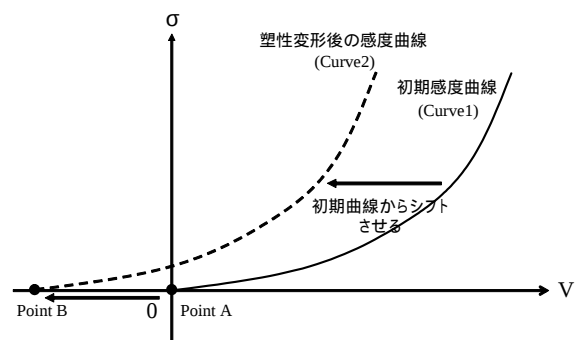


図2 シフトのイメージ

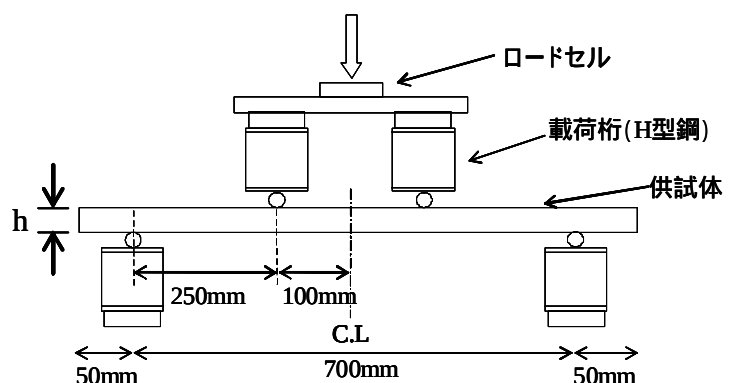


図3 载荷試験概略図

3. 試験結果

載荷試験により得られた、ひずみと出力電圧の関係を図 4 に示す。この図においては、電圧が正の場合は引張り、負の場合は圧縮の応力が生じている。

今回の載荷試験は、同時に計測した荷重 - ひずみ関係より、載荷初期段階において降伏を経験した後、ほぼ一定の荷重で推移しており、ひずみ硬化の現象は確認できなかった。塑性化の進展域は供試体表面から、ごく僅かな距離であると考えられる。

さらに幾何学的に得たひずみデータから供試体表面の応力を算出し、引張域と圧縮域における、残留ひずみ毎の応力と出力電圧の関係を求めた。図 5 に圧縮域における、応力と出力電圧の関係を示す。なお応力の計算は、繰り返し載荷時の最大荷重がほぼ一定であることから、下記のように仮定した。

線形領域(載荷時)・・・ $\sigma = E\varepsilon$

塑性域 ・・・ $\sigma = \sigma_Y$

線形領域(除荷時)・・・ $\sigma = \frac{M}{I} \left(\frac{h}{2} \right)$ (h は桁高)

さらに、図 5 に示される残留ひずみ毎の感度曲線に対し、それぞれ近似式を求めた。下記に、残留ひずみが

-0.000008(%)の時の近似式を示す。

$$y = -154.67x^2 + 135.47x - 48.659$$

同様に、引張域で 14 式、圧縮域で 14 式求めた。次に、図 6 に示すように残留ひずみと出力電圧シフト量の関係を求めた。ここで、シフト量は、上述の近似式が応力 0 のラインを横切る点 (X 切片) とした。

4. まとめ

今回検討した手法では、残留ひずみが、あるいはひずみ履歴が明らかな被測定物であれば、図 6 に示される関係から電圧シフト量を求め、磁歪法による出力電圧値を適切な感度曲線に入れることで、応力を求めることができることを示した。

参考文献

- 1) 鈴木舞：磁歪応力測定法の非破壊検査への適用性，修士論文，広島大学工学部第四類，1999.2.
- 2) 安福，藤井，末宗，境，村井，池田，黒瀬：磁気を用いた鋼構造物の応力測定，橋梁と基礎，6月号，p33-38，2001．
- 3) 芥川，太田，安原，大井，志村，松岡：磁歪法を用いたトンネル用鋼製支保工の応力状態の計測，土木学会論文集 No.805.VI-69,117-130, 2005.12.

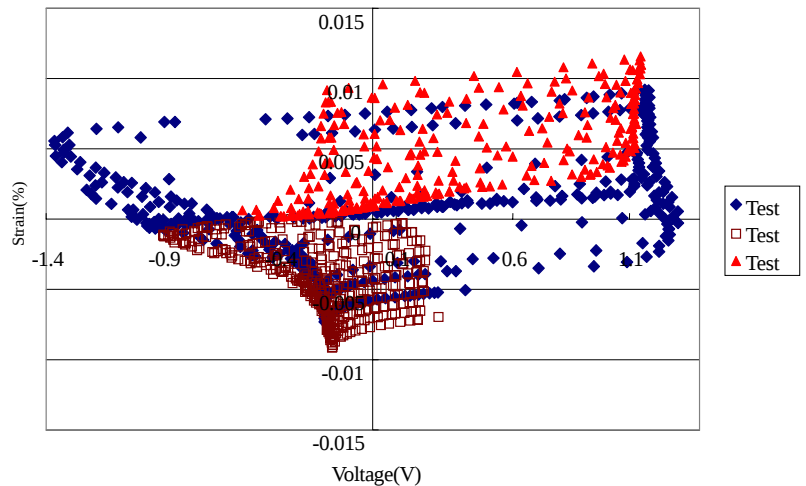


図 4 ひずみ - 出力電圧関係

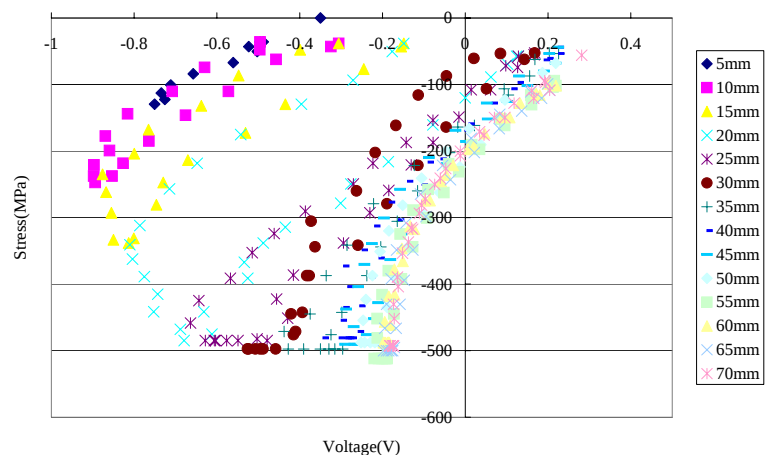


図 5 圧縮域における 応力 - 出力電圧関係

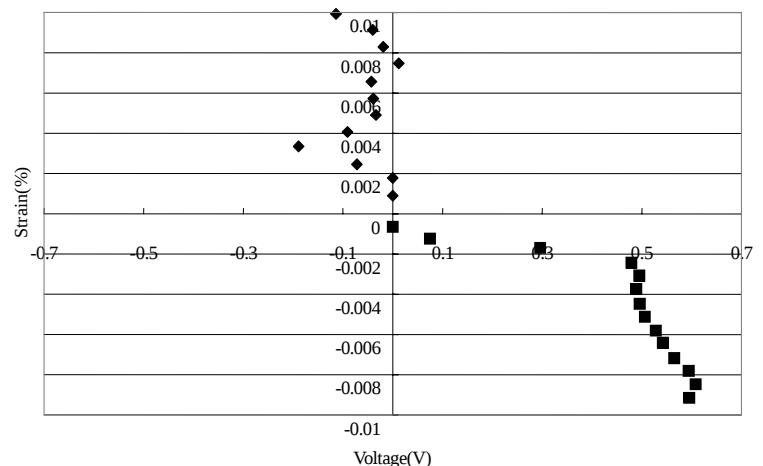


図 6 ひずみと電圧シフト量の関係