

神戸大学 学生員 ○志村 常彰
 神戸大学 正会員 芥川 真一
 神戸大学 学生員 大井 健史
 神戸大学 学生員 安原 幸二
 神戸大学 正会員 口池 尚子

1. はじめに

設備保全などの観点から、既設構造物の状態を評価するには、現在その構造物が受けている応力レベルを把握することが重要である。現在、トンネル内に建て込まれる支保工の応力測定にはひずみゲージ計測が多く使われているが、その機能を補間、補強しうる応力計測の方法が望まれている。そこで、磁気を用いて応力を計測する(磁歪式応力測定法(以下、磁歪法))装置が鋼橋などの分野で成果をあげており¹⁾、この装置を用いてトンネル鋼製支保工の応力測定を行うこととした。

磁歪法を用いて冷間曲げ加工された H 型鋼の応力を計測した結果、鋼材の表面に平均で 50~100MPa 程度の残留応力が存在している可能性が認められた²⁾。そこで、この値の妥当性を確認するために、応力開放することにより曲げ加工された鋼材にこのような残留応力が発生しているのかについて検討することとした。

2. 磁歪法の概要¹⁾

磁歪法による応力計測は、図-1 に示すような磁気異方センサーを被測定面に押し付けることで出力電圧を測定し、それを応力に変換することで応力を求める方法である。図-2 に示すような応力状態($\sigma > 0$)にセンサーが置かれている場合を考える。被測定物の透磁率は引張方向にわずかに大きくなり、磁化しやすくなる。コア D の両足先の間に磁位差が発生するので、磁束がこのコア D を通り、電磁誘導によりコア D に巻いたコイルに電圧が発生することになる。センサーを回転すると出力電圧は 180 度周期の $\sin$ カーブとなる。実際に応力を測定する場合は、センサーを回転し、電圧が最大になった方向が主応力の方向を示し、その出力電圧から主応力差に相当する応力の値が求まる。ただし、あらかじめその材料で応力と出力電圧の関係を求めておく必要がある。

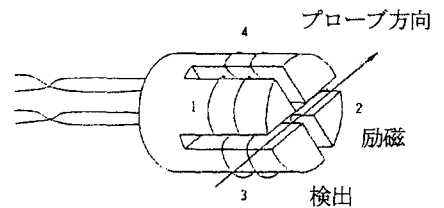


図-1

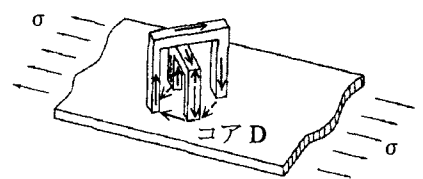


図-2

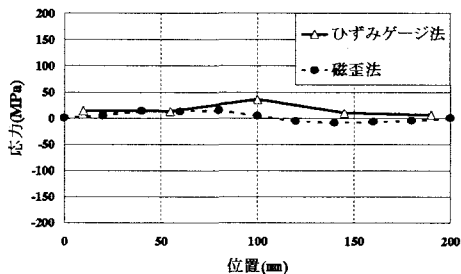
3. 鋼製支保工の応力計測結果

曲率半径 6000mm に冷間曲げ加工した鋼材について磁歪法、ひずみゲージを用いて計測を行った。その結果を x 方向(フランジ幅方向)、y 方向(軸方向)について図-3、4 に示す。ただし、引張を正とする。また、ひずみゲージが検出するひずみの値にヤング率を乗じ符号を反転させたものを切断により開放された応力とした。図-3 より、ひずみゲージでは応力の変化が見られるが磁歪法の結果によると x 方向には残留応力が存在していないということがわかる。図-4 より、ひずみゲージと磁歪法の結果を比較すると、応力の分布形状には類似したものが見られるが、値に関しては中央部において 70~100MPa 程度の誤差が確認できる。また、もし切断によってすべての応力開放がなされたとすると、ひずみゲージによる結果から、フランジ凸面には 52MPa の圧縮応力、フランジ凹面には 160MPa の引張応力、ウェブ面には 80~90 程度の圧縮応力がそれぞれ初期残留応力として鋼材の表面に存在していたということが確認できる。

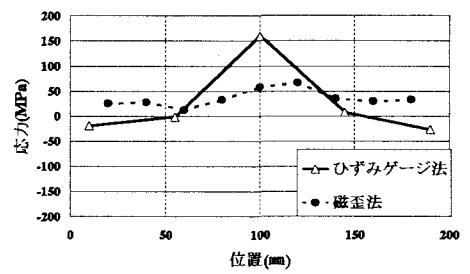
4. 測定結果の考察およびまとめ

ひずみゲージの結果から、切断によって鋼材が x 方向に変形していることが確認できるが、この原因としてポアソン効果による影響が考えられる。つまり、 y 方向に変形することによって、 x 方向にもポアソン比に従って逆の変形が生じるのである。今回はこの x 方向の変形量にヤング率を乗じた値を応力として扱っているが、実際これを応力とみなしてよいかは疑問が生じる。もし、 x 方向に応力の変化がないとするならば、磁歪法の結果が正しいということになる。

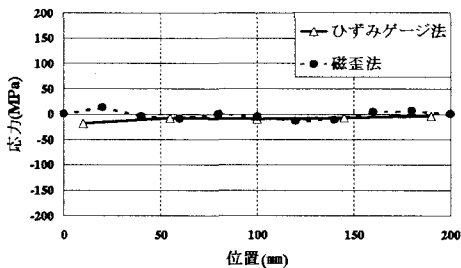
まとめとして、曲げ加工部材の応力計測の結果、磁歪法の精度までは実証することができなかったが大まかな応力分布を捉えることができた。この鋼材(SS400)の降伏応力が 250MPa であることを考慮すると決して無視できない値である。また、応力の測定方法については磁歪法以外にも多くの測定方法があるが、応力を誤差なく正確に測定するというのは非常に難しいと言える。磁歪法は多少の誤差は含まれるが簡便に構造物の大まかな応力状態が把握できるという点で有用である。そこで、今後はこの曲げ加工部材の残留応力をふまえた上で、実際にトンネル現場において計測を行い、磁歪法の現場への適用を考えていきたい。



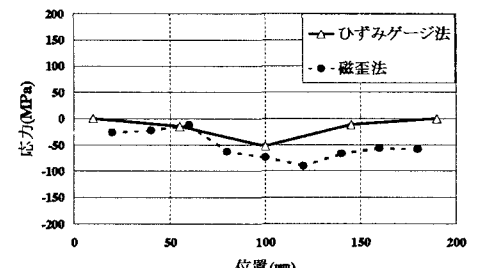
(a) フランジ凸面



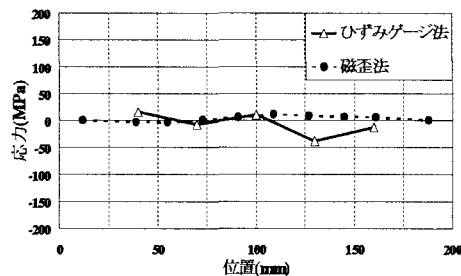
(a) フランジ凸面



(b) フランジ凹面

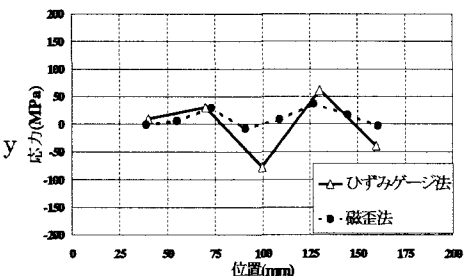


(b) フランジ凹面



(c) ウェブ面

図-3 x 方向応力



(c) ウェブ面

図-3 y 方向応力

参考文献

- 1) 安福精一他：磁気を用いた鋼構造物の応力測定，橋梁と基礎，pp.33-39，2001.
- 2) 芥川真一他：磁歪法によるトンネル支保構造物の応力測定の可能性について，第 12 回トンネル工学研究発表会論文・報告集，2002