

トンネル鋼製支保工の残留応力状態に関する基礎的研究

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. 鋼製支保工の応力計測

曲率半径 6000mm に冷間曲げ加工した鋼材(ss400)についてひずみゲージを用いて計測を行った。H 鋼の断面図を図-1 に示す。

(長さ 2m) まず、この H 鋼の中央断面のフランジ 2 面、ウェブ 2 面にひずみゲージを設置し、切断することにより応力開放を行う。切断によって、ひずみゲージにはゲージ設置時点からのひずみの変化として検出される。H 鋼は始めの長さ 2m の状態から最終的には図-2 に示すような一辺 25mm 四方の状態にまで細断した。尚、切断試験は計三回にわたって行ったがゲージを貼ったのは二回目以降であるため、ひずみゲージには二回目以降(長さが 140mm の状態から)の変化量として検出されることになる。

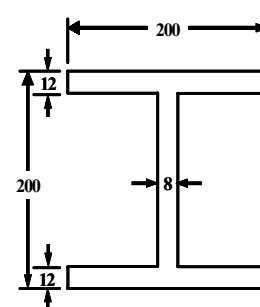


図-1 断面図 (単位:mm)

3. 計測結果

計測結果を 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-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。

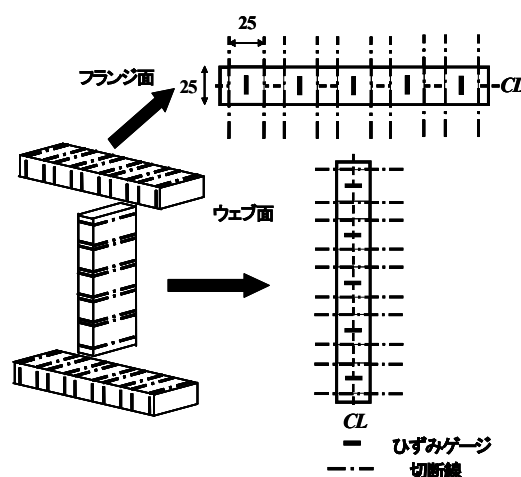


図-2 中央断面切断後の状態

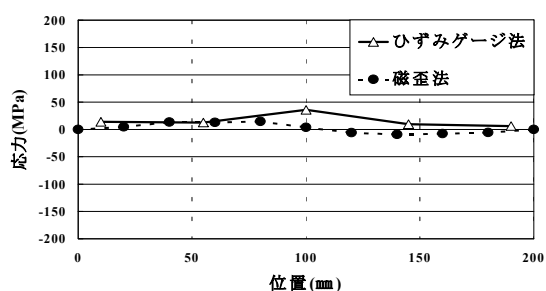
キーワード 非破壊検査, 磁歪法, 応力測定

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台 1-1 神戸大学工学部建設学科 TEL078-803-6015 FAX078-803-6069

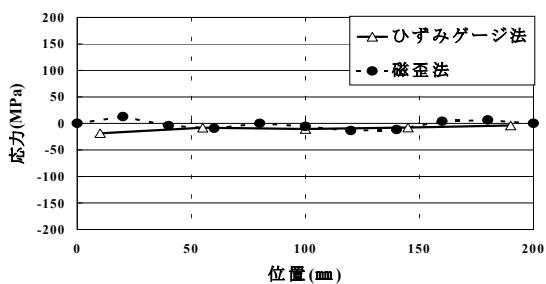
4. 測定結果の考察およびまとめ

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。

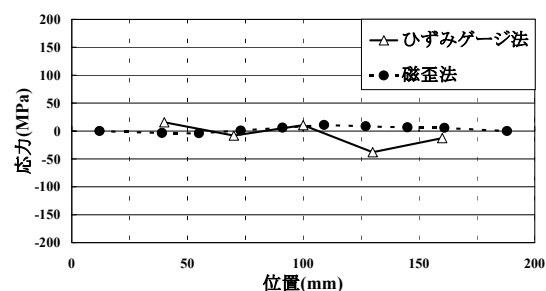
まとめとして、曲げ加工部材の応力計測の結果、磁歪法の精度までは実証することができなかったが大まかな応力分布を捉えることができた。今回の計測によって鋼材表面における残留応力の存在が確認できたが、この鋼材(SS400)の降伏応力が 250MPa であることを考慮すると決して無視できない値である。また、応力の測定方法については磁歪法以外にも多くの測定方法があるが、応力を誤差なく正確に測定するというのは非常に難しいと言える。磁歪法は多少の誤差は含まれるが簡便に構造物の大まかな応力状態が把握できるという点で有用である。そこで、今後はこの曲げ加工部材の残留応力をふまえた上で、実際にトンネル現場において計測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



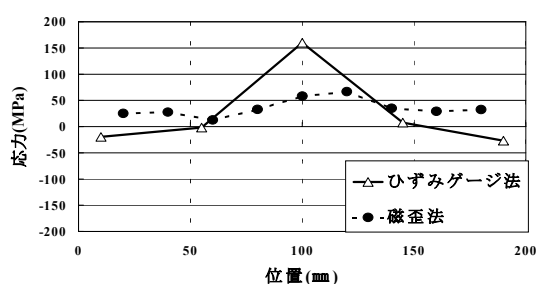
(a) フランジ凸面



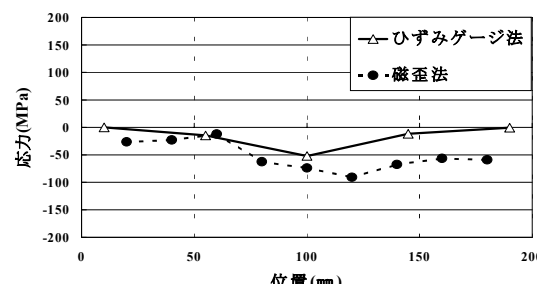
(b) フランジ凹面



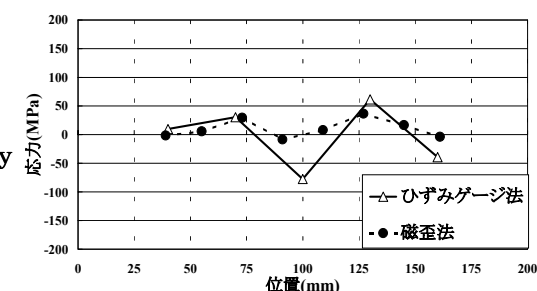
(c) ウェブ面

図-3 x 方向応力

(a) フランジ凸面



(b) フランジ凹面



(c) ウェブ面

図-4 y 方向応力

謝辞

本研究を行うにあたりご協力いただいた中電技術コンサルタント、ならびに神戸工業試験場各位、神戸大学口池技官、太田氏、安原氏、大井氏に謝意を表します。

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，pp.247-252，2002