

## 磁歪法を用いたトンネル支保構造部材の応力測定に関する基礎的研究

神戸大学 正会員	芥川 真一
神戸大学 学生会員	安原 幸二
中電技術コンサルタント 正会員	松岡 敬
阪神高速道路公団 正会員	関本 宏
前田建設工業 正会員	小林 正治

## 1. はじめに

現在、負荷応力を求める手法としては、ひずみゲージを用いる方法が一般的であるが、この方法は被測定物に発生する相対的（ゲージを貼り付けて以降の変化分と言う意味）なひずみを求めるものである。したがって既設構造物に作用している絶対値としての応力を求める場合には、応力開放という破壊的な方法をとらなければならない。また、ひずみゲージ法ではゲージ貼り付け、配線などの作業が面倒で、被測定部の塗装を除去することも必要である。そこで本研究では安福らによって研究されている磁歪法<sup>1,2,3)</sup>という方法に注目した。磁歪法とは鋼材のような強磁性体に応力が負荷されると、その磁気的が変化することを利用して対象物の応力を計測するもので、それに用いる装置はポータブルで測定時間が短く、簡便に対象物表面の応力を測定できる方法である。磁性の変化を電気的に捉えるので材料の製作、加工、組み立て、据付の各段階で加わる応力を含めてすべての応力を測定できることになる。そこで本研究では、この磁歪法に基づく応力測定法のト

ンネル分野への適用法としてトンネル支保構造部材に焦点を当て、工場製作直後の直部材における応力測定を行ったのでその結果<sup>4)</sup>の一部を紹介する。

## 2. 磁歪法の原理

磁歪法では、図-1 に示すように磁気異方センサーを、被測定物上において測定する。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っ張り方向にわずかに大きくなり、磁化しやすくなる。すると、被測定物表面の磁位分布は図-3 のようになる。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発生電圧は角度に対して180度を周期とする正弦的な変化をする。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応する応力の値が求まる。この場合、あらかじめその材料で応力と出力の関係性を求めておく必要がある。

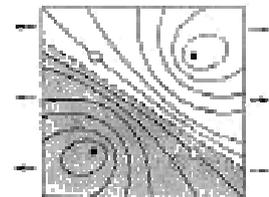
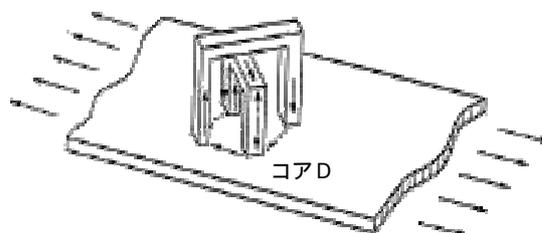
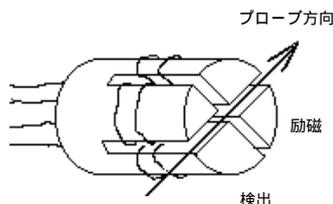


図-1 磁歪式応力測定プローブ

図-2 被測定材上の磁気異方性センサー

図-3 鋼板上の磁気分布

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 TEL(078)803 6015 FAX (078) 803 6069

### 3. 鋼材応力測定

磁歪法を用いて、圧延によって製造された真っ直ぐなH鋼部材(H200)の応力計測を行った。

#### (1) 測定概要

長さが2mのH鋼(SS400)を1本用意した。H鋼の断面図を図-4に示す。このH鋼の中央断面のウェブ2面、フランジ2面の合計4面における表面の応力（深さ0.23mmの範囲の応力の平均値）を磁歪法で測定した。

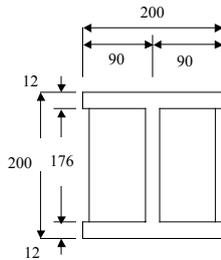


図-4 H鋼の断面図

#### (2) 測定結果

測定結果を図-5に示す。

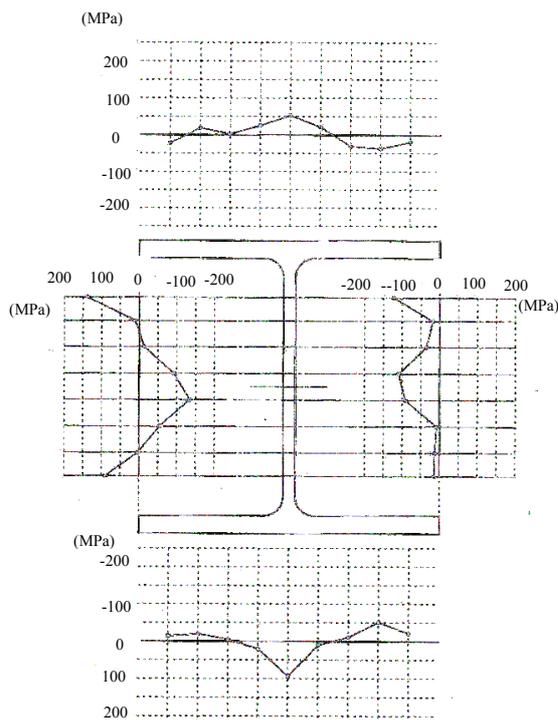


図-5 磁歪法の結果

#### (3) 考察

測定結果である図-5は磁気異方性センサーで捉えた出力電圧をあらかじめ求めておいた代表的な出力電圧-応力差関係を用いて応力に変換した値である。上、下フランジ面中央部にそれぞれ引張り応力が生じている。これはH鋼が製作時、冷却される期

間に於いて、ウェブ部分がフランジ中央部に引っ張り応力を生じさせたためだと思われる。ウェブ左右面のフランジとの結合部では引っ張り応力と圧縮応力が対称的に発生している。これはH鋼製作時の冷却期間にウェブ面のどちらかに偏った応力集中が起き、そのため左右符号が異なる応力状態が生じたものと考えられる。ウェブ中央部では左右両面とも圧縮応力が発生している。

#### 4. 結論

磁歪法を用いてトンネル支保構造部材として現場で用いられているH鋼の応力測定を行った。その結果、H鋼の表面にはある程度の残留応力が発生している傾向がうかがわれた。磁歪法によって求めたデータの処理においては金属の応力履歴を考慮した分析が必要であることから、今後も詳細な検討が必要である。ただ、今回の計測においては磁歪法を用いた鋼製部材の表面応力の測定が簡便に行えることが確認できた点を第一の成果と考えている。今後は、鋼製支保工に曲げ加工を施した状態、あるいは現場において荷重履歴を受けてゆく過程での応力測定が簡便に行えるかどうかについて検討を進めてゆく予定である。

#### 謝辞

本研究を行うにあたりご協力いただいた岡山大学安福教授、ならびに中電技術コンサルタント、阪神高速道路公団長田トンネル（北行き）JV作業所、兵庫ベンダ工業各位、神戸大学口池技官、太田氏に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 壇上賢一：磁気異方性を用いた応力測定技術の開発, プラントエンジニア, pp.42-49, 1991.
- 2) 柏谷賢治：磁気センサーによる残留応力の非破壊測定法, 機械の研究, vol.41, No.5, pp.40-44, 1989.
- 3) 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.
- 4) 安原幸二：磁歪法を用いたトンネル支保構造部材の応力測定に関する基礎的研究, 神戸大学平成13年度卒業論文