

磁歪法を用いたトンネル支保構造部材作用荷重の現場計測

神戸大学 正会員	芥川 真一
神戸大学 学生会員	○太田 道宏
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. 本研究の目的

近年、建設現場において安全性の向上、省力化など多くの理由から情報化施工が強く推し進められている。また、現経済状況下では土木構造物の設備保全は不可欠な懸案事項であると言える。これらの問題を考慮する上で構造物に実際作用している応力レベルを詳細に知ることは重要な情報の一つである。

一方、主に現状のトンネルでは、内壁面に建て込まれる支保構造部材にひずみゲージを取り付け、得られたデータや他の情報と共に、逆解析により応力場を求めている。これにより求まる応力状態は必ずしも現実のものとは一致しない。これは実際に得られる少数の変位やひずみデータに全体の結果を合わせていることが原因であり、現状の方法でも測定点数を増やすことで結果の精度を高めることは可能である。しかし、ひずみゲージ設置の煩雑性などから、現実には測定点の増加は難しく、逆にコスト削減の面から省略されることも多い。

このような状況下で応力レベルを直接、かつ簡便に測定できる装置は強く望まれるものであるが、近年磁歪法を用いて応力を測定する装置が開発され、鋼管、鋼橋などの分野で実使用されて成果をあげている^{1), 2)}。この装置は鋼部材などの強磁性体に対してのみ有効なものであるが、これをトンネル鋼製支保構造部材に対して適用し、支保構造部材の応力を直接測ることで情報化施工に役立てることができないかと考えた。そこで、実際のトンネルにおいて計測を行い、磁歪法応力測定の有効性を検討することとした。

2. 磁歪法の特徴

磁歪法は被測定物(強磁性体)の透磁率が応力状態によって変化すること(磁気異方性)を利用し、磁気プローブを被測定物に押し当てて回転させることによって得られた最大出力電圧とその方向を鋼材の応力感度を用いて主応力差と最大主応力の方向に換算する³⁾。測定点列の上下にも同様に測定を行うが、これは上下部で得られた値と被測定物の端部(フランジ両端部)での応力解放条件を考慮し、せん断応力差積分を行うことで、主応力差とその方向として得られた結果を測定点列での x, y 方向応力に分離することが可能となるからである。

またこの装置で測定される応力は周波数などの条件により、表面から約 0.23mm の平均応力として求まる。

3. 計測点の概要

トンネル現場への適用として、兵庫県神戸市道高速道路 2 号線(神戸山手線)長田トンネル北行線において磁歪式による応力測定を行った。ひずみゲージ値との比較を行うため主計測断面 5(No.214+10)に位置する支保工(坑口より 510m)のひずみゲージ設置点の一つ、G1 点を計測点とした。計測は 2 回行われ、1 回目 2001 年 12 月 12 日の切羽位置は上半坑口より 694m、下半 620m であり 2 回目 2002 年 2 月 12 日の切羽位置は上半坑口より 733m、下半 642m であった。図-1 に計測点概略図を示す。



図-1 長田トンネル計測点概略図

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

なお、支保工は H-200×200×8×12 断面で直線状、曲率半径 6350mm，6467mm に加工された鋼部材を各々組み合わせて構成されている。G1 点は直線状に加工されている部分にある。

4. 計測結果と考察

応力計測結果を表-1，図-2 に示す。支保工表面における座標として y は鋼材軸方向を示し，x は y 軸に直行し，坑口から切羽方向に向かって増加するものである。表-1 中の x の値はフランジ端部からの距離(cm 単位)を表している。計測結果は引張り方向応力を正として表した。また，図-2 は支保工に作用する応力を，トンネル軸方向(x 方向)に対して鋼材軸方向(y 方向)が卓越すると考えて，磁歪法による値 σ_y とひずみゲージによる値を比較したものである。

第 1 回と第 2 回の測定が行われた期間にトンネル切羽は進行していたが，それは測定断面から十分に離れたところであったため，基本的に測定部分の応力値はさほど変化していないことを予測していた。ここで得られた結果はその予測を裏付けるものである。また，磁歪法で得られた応力値 σ_y はひずみゲージによる値（圧縮で約 140MPa 程度）の周辺に概ね分布していることがわかる。ただ，ひずみゲージのデータから求めた応力値はフランジ幅全体にわたって均一と仮定しているのに対し，磁歪法によって求めた応力分布ではフランジの各場所において異なる値を示している。2 回の計測における応力値の差はおおよそひずみゲージの値から求めた応力の変化に追随しているが，この分布形状の原因については今後検討する予定である。

5. まとめ

磁歪法に基づく現場での応力測定が十分な精度で行えることを確認できた。今後は応力測定回数を増やし，得られた結果の合理的な評価方法を検討することが必要である。

謝辞

本研究を行うに当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，安原氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 安福精一，藤井 堅，末宗仁吉，境 禎明，村井亮介，池田 誠，黒瀬義幸：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。
- 2) 小川安雄，清水謙司，境 禎明，塩川征夫：磁気異方性を用いた応力測定器の開発，NKK 技報，131号，p46-54，1990。
- 3) 太田道宏：磁歪法を用いたトンネル支保構造部材作用荷重の現場計測，卒業研究，神戸大学工学部建設学科，2002.3。

表-1 磁歪法，ゲージ法 応力計測結果比較 (MPa)

x	1st measurement(2001/12/12)			2nd measurement(2002/2/12)		
	$\sigma_x(1st)$	$\sigma_y(1st)$	strain gage	$\sigma_x(2nd)$	$\sigma_y(2nd)$	strain gage
0	0			0		
20	-17.3	-147.5		-3.5	-139.5	
40	-36.7	-172.7		-20.1	-160.4	
60	-25.9	-153.1		-11.5	-139.5	
80	-27.0	-120.5	-141.9	-10.3	-106.4	-144.0
100	-25.3	-55.6		-8.1	-32.2	
120	-24.0	-128.7		-11.4	-118.3	
140	-25.4	-164.4		-17.5	-167.1	
160	-19.0	-165.4		-7.1	-161.8	
180	-14.3	-105.1		-15.8	-112.5	
200	0			0		

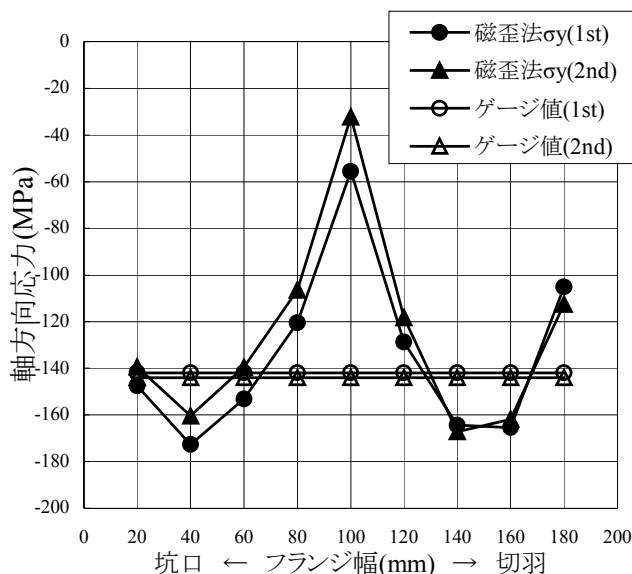


図-2 G1 点応力計測結果比較図