

四端子法による鋼部材の減肉計測

東北大学大学院 正会員 山田真幸

1. はじめに

土木構造物のメンテナンスの必要が叫ばれて久しい昨今であるが、2007年6月には三重県の国道23号木曽川大橋で鋼製トラスの破断が発見され、全国で緊急点検が行われている。8月にはこの緊急点検作業において、秋田県由利本荘市の国道7号本荘大橋で作業中に点検箇所であるトラス斜材とコンクリート床版との取合い部が破断する事故を生じている。同時期にアメリカ、ミネアポリスで発生したミシシッピ川を渡る高速道路橋の崩落事故が大きく報道され、現在社会的にも橋梁を始めとする社会基盤施設の安全に大きな関心が寄せられている。

前述のトラス破断事故は鉄筋コンクリート製床版を貫く鋼製トラス断面部が雨水等により腐食し、減肉、破断に至ったとされている。ここではこのトラスの減肉を非破壊的かつ直接的に計測することを意図し、金属材料の電気伝導率の計測に使用される4端子法を応用を考える。

2. 四端子法について

本研究における計測量は金属の電気抵抗である。鋼部材の2点の評点間で計測される電気抵抗は、鋼部材は通常均一と仮定できることから素材の有する電気伝導率と断面積に代表される幾何的諸元とによって定まる。

よってこの電気抵抗が測定できれば部材の諸元を推定が可能と考えられるが、金属の電気抵抗率はコンクリート等に比較して非常に小さく、通常のテスター等の計測装置では、この電気抵抗値は計測不可能である。

そこで四端子法を用いて土木構造物の鋼部材の電気抵抗を計測することを試みる。ここで用いる四端子法は金属材料の導電率の計測等で用いられるもので、土木分野ではコンクリート構造物における自然電位法あるいは分極抵抗法において用いられる計測回路がこれに相当する。

これを高精度に計測する回路の構成法がここで用いる四端子法と呼ばれるもので、金属等の微小な電気抵抗率の計測等用いられるものである。四端子法による金属材料の電気抵抗率の計測の概要を図-1に示す。

図中の電源装置では一定電流が供給され、十分に長い角柱状の金属試料に一定の電流が流れる。その際には試料に別途貼付された電極間には微小な電気抵抗に応じた電圧降下が生じることからその電圧降下の値を電圧計で計測し、これから電気抵抗値を求め、試料の断面積とあわせて電気抵抗率を求めるものである。

これを大断面を有する土木構造物の鋼部材に適用することを考えると、被検査対象物に貼付する電極も大きくなり

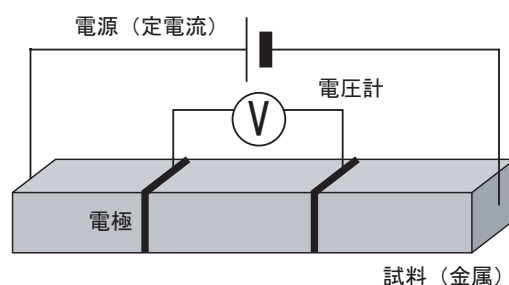


図-1 四端子法

実用的ではないことから、電圧測定においても点とみなせる端子から電圧を計測する。ここでは鋼トラスの部材を意図して200×100mmのH型鋼を供試体として用い、端部から300mmの位置のフランジを切断しながら電気抵抗を測定する。図-2に試験体の概要を示す。

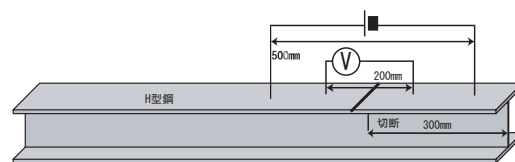


図-2 試験体模式図

3. 数値解析による形状再構成

ここでは実験計測と比較する目的で有限要素法による電場解析を行った。ここでは上記の供試体の諸元を有する3次元有限要素モデルを作製し、図-2中の電流印加端子に1Vの電位差を境界条件として与えた。上フランジに設定した電圧測定端子の間隔は200mm、鋼の電気抵抗率は $1.5 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ とした¹⁾。図-3に用いた有限要素モデルを示す。本解析により得られた電位分布によって実際に四端子法で定電流を印加したときに計測される電圧の傾向が予想可能である。

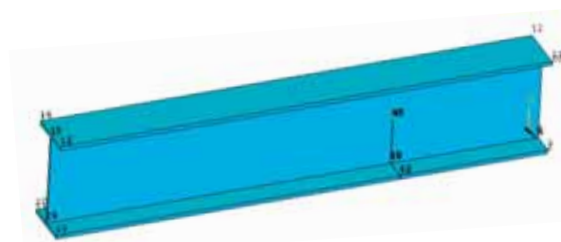


図-3 有限要素モデル

キーワード：四端子法 鋼トラス橋 減肉 非破壊検査

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06, TEL 022-795-7425, FAX 022-795-7423

はじめに上フランジを切断する前の状態の解析結果を図-4に示す．上フランジで計測される電位分布は電流印加端子間でほぼ線形に分布することがわかる．

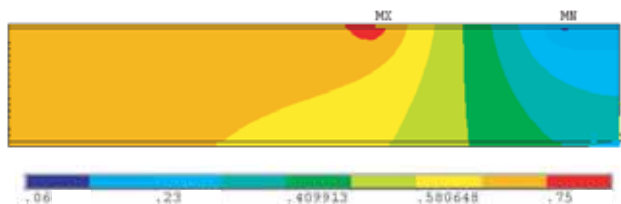


図-4 有限要素解析結果 切断なし

次に上フランジのみを切断した状態の解析結果を図-5に示す．この結果を先に示した図-4と比較しても大きな違いはみられなかった．

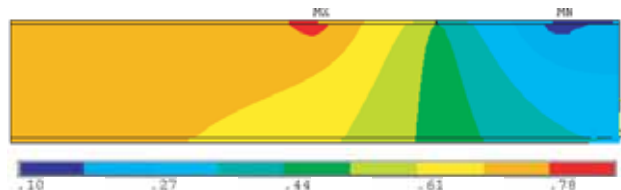


図-5 有限要素解析結果 上フランジのみ切断

上フランジに加えてウェブを中央部まで切断した状態の解析結果を図-6に示す．この結果ではおおよそ0.5Vの電位の分布範囲は切断面先端付近以下のウェブに分布しており，上フランジ面の電位分布の様子は先の図-4に示したものと大きく異なることがわかる．

ただし実際のトラス部材を考えるとき裂付近には床版，舗装等があることからき裂の至近には電圧測定端子を設定することは困難と考えられる為，き裂周辺以外の計測点を選ぶべきである．

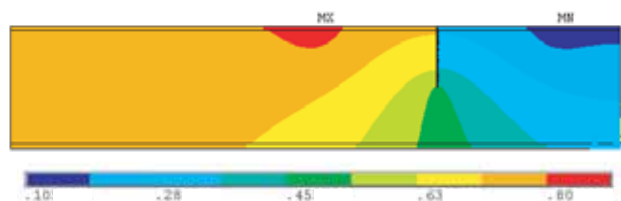


図-6 有限要素解析結果 上フランジとウェブ中央まで切断

4. 実験計測

図-7にここで用いた供試体を示す．図-2に示したものに等しい．上下フランジの板厚は8mm，ウェブの板厚は5.5mmである．

また図-8に用いた計測装置を示す．定電流装置はここで用いた供試体の諸元において3A程度の定電流を作り出すことが可能である．電流の制御にはICとしてパッケージ



図-7 試験体写真

化されたOPアンプを用いた．電圧計には市販のテスターを用いた．



図-8 計測装置写真

これらを用いて四端子法にて電圧計測端子間の電圧降下を計測したが，供試体を切断しない状態では電圧計の測定限界以下であった．供試体の上フランジに加えてウェブを中央まで切断した時点で0.1mAの電圧降下が計測された．2.5Aの定電流下で計測を行ったので，端子間の供試体の電気抵抗値は $4 \times 10^{-5} \Omega$ となった．

5. 結論

有限要素法によって四端子法による鋼部材の減肉計測を意図した電場解析を行った．結果からは電圧計測端子の位置とき裂との関係では減肉を発見できる可能性があることがいえる．H型鋼を用いた実験計測では計測装置の限界から，定量的な結果が得られたとはいえない．今後は計測装置を見直して本手法の可能性を探る予定である．

参考文献

- 1) 国立天文台: 理科年表, 第79冊, 丸善, p.404, 2006.