

電気抵抗法による鋼構造物の劣化診断

我国の橋梁は、1960年代の高度成長時期を境に急速に増加し、現在、全長15mを超える道路橋が13万橋以上にのぼっている。そのうちの半分が鋼橋と呼ばれる鋼構造物で占められている¹⁾。今後、高度成長期以降に建設された多くの橋梁が40年以上を経過してくることから、老朽化による架け替え需要が急激に増加してくるものと考えられる。

橋梁の劣化要因として、1976年から1985年までの10年間に架け替えられた橋の架け替え理由を第1図に示している。上部構造では腐食に起因するものが半数以上を占めており、橋梁の寿命を大きく支配していることがわかる²⁾。

いっぽう、これらの橋梁を定期的に点検し適正な補修を行うことで、寿命を伸ばしていくことは技術的には十分可能であり、人間と同様に定期検診、早期発見が重要であると考えられる。しかし、現行の定期点検は目視検査が主体であり、この検査法では1) 点検部位に限界がある、2) 点検者の技量に依存する、3) 定性的かつバラツキの大きい診断となる、などの問題を抱えている。本稿では、これらの問題点を解決した電氣的非破壊検査法について、その概要および適用事例を紹介する。

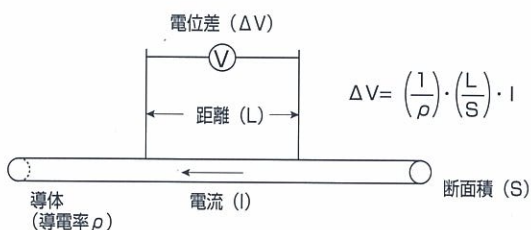


電気抵抗法の原理

構造物の健全性評価に用いられる非破壊検査法としては、超音波探傷法、放射線探傷法、浸透探傷法などがあるが、それぞれ一長一短があり、実構造物への適用には不十分である。いっぽう電気抵抗法については、実績が少ないという問題はあるが、比較的簡便な方法として適用が期待される。以下に、その原理と実際の適用例について述べる。

電気抵抗法は、被検導体に直接に電気を通し、その電流による電位差を利用するもので、導体の抵抗は、その長さLに比例し断面積Sに反比例する式 $R = \rho L / S$ としてよく知られている。

また、第2図に示すように電流の流れている導体の2極間には電位差 ΔV が生ずる。



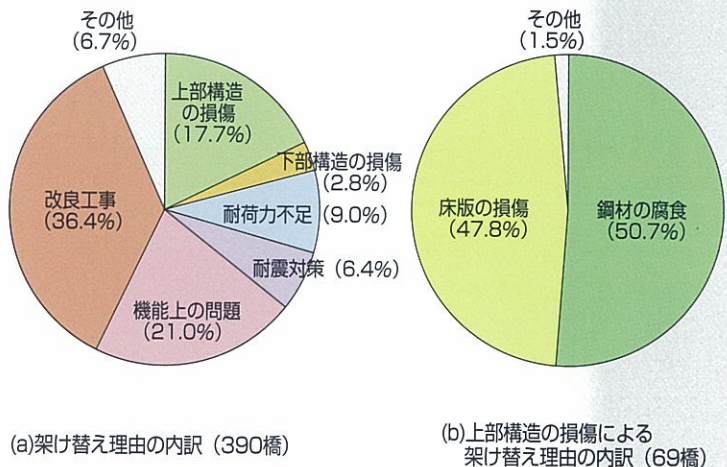
第2図 電位差法の原理

この電位差は、電流の大きさI、2極間の距離L、そして導電率 ρ に依存し、 $\Delta V = (1/\rho) \cdot (L/S) \cdot I$ と表される。

すなわち電位差は、測定間の距離Lに比例すると同時に、材料物性の導電率に反比例する。この単純な依存性が電位差法による欠陥深さ評価、および材質劣化評価の基礎となっている³⁾。

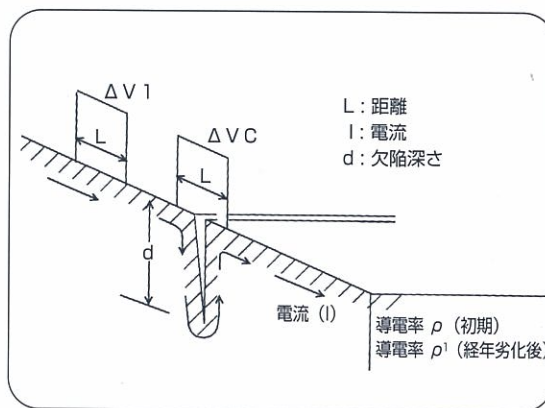
より具体的に第3図に示す平板表面に、割れや局部的板厚減少による欠陥が形成された場合を考えてみる。

この時、電流経路は亀裂に沿って進むため健全



(a) 架け替え理由の内訳 (390橋) (b) 上部構造の損傷による架け替え理由の内訳 (69橋)

第1図 橋梁の架け替え理由



第3図 電位差法による欠陥深さ評価の原理図

な時より増加し、材質劣化は導電率に反映される。これを用いて式で表すと次のようになり、電位差の比が健全性評価の指標として適用できる⁴⁾。

1) 西川和廣；第159回西山記念技術講座（鉄鋼協会）「橋梁分野における材料技術課題」（1996）

2) 西川和廣；「橋梁と基礎」、99-8、64（1997）

3) 庄子哲雄；「電位差入門（その1）」非破壊検査、第48巻、10号、p.709（1999）

4) G.L.Hanna,A.R.Troiano and E.A.Steigerwald；Trans.ASM,vol.57,p.568（1964）

ΔV_1 : 無欠陥部の電位差 $= (1/\rho) \cdot (L/S) \cdot I$
 ΔV_c : 欠陥部の電位差 $= (1/\rho) \cdot L + 2d/S' \cdot I$
 ΔV_{AG} : 経年劣化後の無欠陥部の電位差
 $= (1/\rho) \cdot (L/S) \cdot I$

$\Delta V_c / \Delta V_1 = L + 2d/L = 1 + 2d/L$: 欠陥深さ評価

$\Delta V_{AG} / \Delta V_1 = \rho / \rho'$: 材質劣化の評価となる。

これらをあらかじめ実験室レベルでキャリブレーションしておくことにより、実構造物の評価に適用できることになる。

C-2 電気抵抗法の測定方法

現場測定における電気抵抗法での測定法に必要な機器は、写真1に示す定電流電源、微小電流計および微小電位計の3種類のみで簡単な計器類である。評価する部位を挟んだ2点を選択し、その表面をサンドペーパーで研磨し、測定端子をガムテープで押しつける。これに微小電流を流し、電位差を読みとる。

以上のように、本方法は現場向きの簡便な方法であると考えられる。ただし、本方法の問題は、温度の影響を受けやすいことである。これについては、検査部近傍の健全部で同時測定を行い、それを標準比抵抗値として温度補正に用いればよいことを実験で検証している。

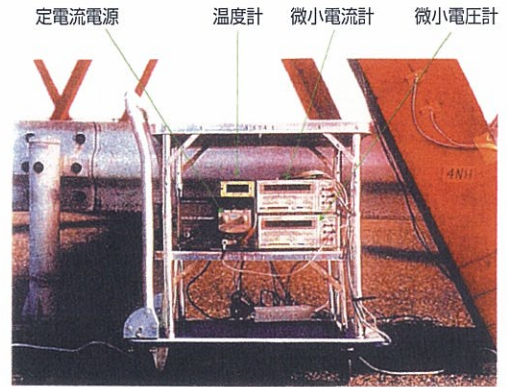
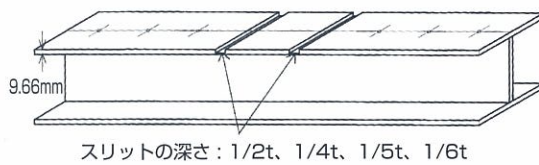


写真1 電気抵抗法板厚測定用計器類の概略

C-3 電気抵抗法による板厚検査例

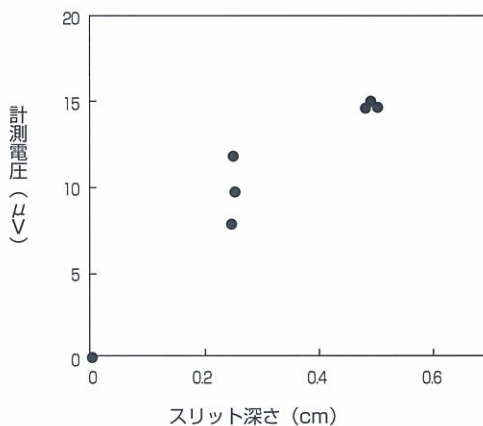
ここでは実際の適用例について紹介する。

実験には板厚9.66mmのH形鋼を用いており、第4図に示すように、上部フランジに板厚の1/2、1/4、1/5および1/6の深さを機械切削し、人工欠陥を与えている。



第4図 試験片形状

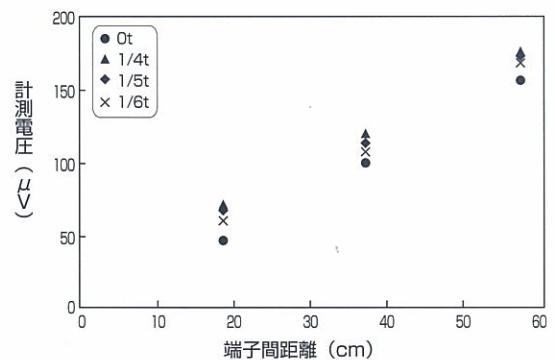
第5図に直流式電気抵抗法による板厚測定結果を示す。電流は最短距離に流れようとする電気的特性により、端子を接触させた測定面における欠



第5図 直流式電気抵抗法によるフランジのスリット深さと計測電圧の関係の事例

陥と計測電圧との相関性が確認された。

また、第6図は電流印可端子間距離と計測電圧との相関性を示すが、端子間距離が短いほど人工欠陥サイズによる計測電圧の差異がやや大きくなり、精度の点からは、有利であることが認められた。



第6図 端子間距離と計測電圧の関係

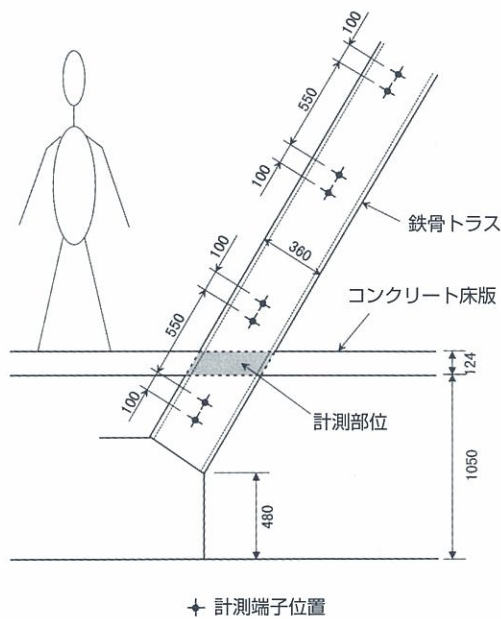
次に実構造物での適用例を紹介する。

第7図には、既設のトラス橋でこのトラス鉄骨の一部がコンクリート床版を貫通する形式の橋梁であり、この貫通した部分の鉄骨の腐食減肉を計測した模式図を示している。

従来の計測法では、このようなコンクリートに埋設した部位の板厚を非破壊で計測することが困難であった。

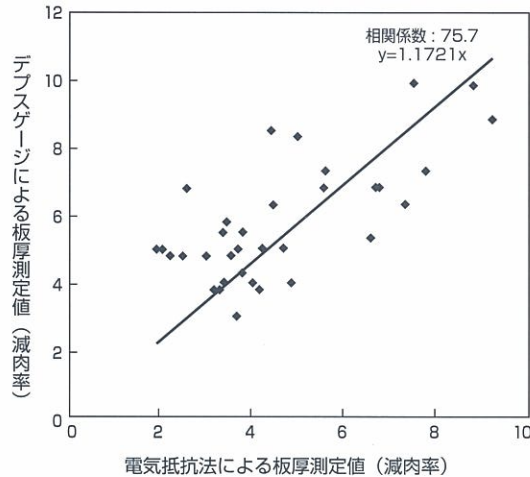
本方法は、図中のようにコンクリート床版をまたいだ2点に端子を取付け、非破壊で計測することができる。

本方法により計測した板厚測定値と、実際にこの部位のコンクリートをはつり、ダイヤルデプスゲージにより測定した値との比較結果を第8図に示す。両者の相関係数は75.7とやや低いものの、明らかな相関が認められた。



第7図 実橋の計測端子位置

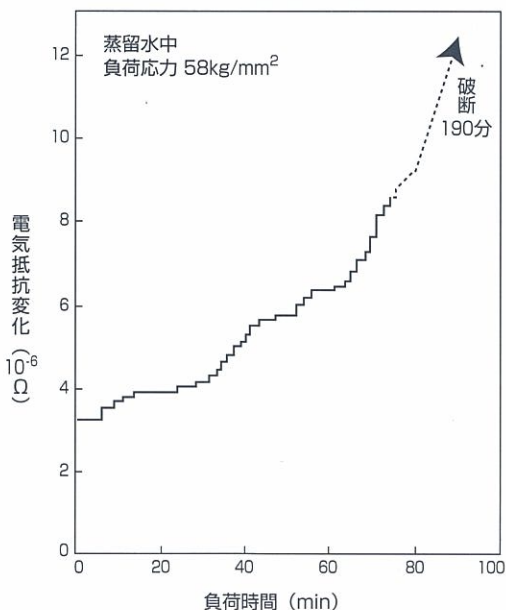
相関が低い原因は、ダイヤルデプスゲージ測定では腐食部位の中の最大減肉量を測定値としているのに対し、電気抵抗法では腐食部位の面積で平均化された減肉量を測定値としているためと考えられる。



第8図 電気抵抗法とデプスゲージによる板厚測定値 (減肉率) の相関性

電気抵抗法による割れ検査例

近年の橋梁では、鉄筋コンクリート (RC) に替わり、高強度のケーブルや鋼棒を用いてあらかじめコンクリートに圧縮を導入して、コンクリートの引張りに弱い欠点を補ったプレストレスコンクリート (PC) が多用されている。



第9図 遅れ破壊クラックの時間的な進展

これらの高強度鋼材は、水素ぜい化による遅れ破壊の心配がある。これらの健全性評価にも電気抵抗法の利用が考えられる。

第9図は高強度鋼材の遅れ破壊におけるクラックの時間的な伸展を電気抵抗法で測定した結果⁴⁾を示す。

本方法は、現在実構造物を対象に適用化を進めている。

電気的非破壊検査法は、腐食による減肉や亀裂の測定に有効な手段として実験室的には古くから利用されているが、実際の鋼構造物への適用実績がほとんどない。

しかし、本稿で紹介したように本検査法は、

- 1) 比較的簡単に計測ができる
- 2) コンクリート埋設中の鋼材の劣化診断を非破壊で行える
- 3) 定量的な計測結果が得られるため、定期的な検査により劣化の進行を予測できる

など多くの利点を有する有効な方法と考えられる。

今後は、実構造物での実績を蓄積するとともに、適用拡大および計測精度の向上を図っていく予定である。

[総合技術事業部 腐食防食技術部 杉江 清]

4) 渡辺憲一ほか3名：高強度複合組織鋼板の衝撃変形特性，97年秋季塑性加工連合講演会，1999年7月，p.27