

電気抵抗法を用いたコンクリート埋設アンカーボルトの腐食減肉計測技術

琉球大学 正会員 ○淵脇秀晃, 下里哲弘, 田井政行, 首都高技術株式会社 正会員 日和裕介

1. はじめに

道路照明柱や標識柱等のアンカーボルトは図-1 のように鋼材とコンクリートの境界部においてマクロセル腐食の減肉が進行している事例がある。アンカーボルトの腐食部はナットとベースプレートで目視点検ができない部位であり、点検のために照明柱や標識柱の取外しや、設置場所によっては通行止め等が必要となり、時間と労力を費やす。また、その腐食の進行によって、地震時に倒壊する危険性も指摘されており、適切なアンカーボルトの腐食減肉量の点検技術が求められている。本研究では、現場条件で実用可能な腐食減肉量評価法を目的とし、鋼製アンカーボルトの電気抵抗の変化特性に着目し、腐食減肉量に応じて変化する電気抵抗の適用性を実験的に検証した。

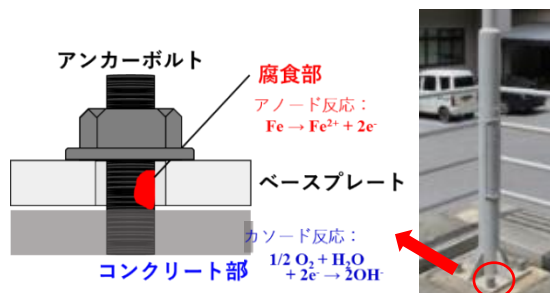


図-1 コンクリート中に埋設されたアンカーボルト

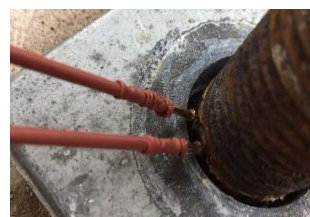


写真-1 端子選定にあたっての測定風景



写真-2 選定した端子形状

2. 現場での電気抵抗法の適用性の検討

本章では壁高欄コンクリートに埋設されたφ24mm アンカーボルトを対象として、腐食減肉量に応じた電気抵抗値の変化測定法の適用性の検討を行った。

2.1. 測定方法及び端子の選定

現場でアンカーボルトの抵抗値測定をする際、ベースプレートを取り外すと大規模な工事となるため、測定端子は写真-1 のようにアンカーボルトとベースプレートの間に挿入することを狙って測定端子の選定と測定方法の妥当性を検討した。実橋で起きているアンカーボルトの腐食部を参考に、アンカーボルトねじ部の上部で抵抗変化を測定できる端子を選定した。写真-2 にその端子を示す。なお、本端子の特徴は、腐食減肉による抵抗変化量が微小であることを考慮し、4 端子抵抗測定法¹⁾による抵抗計測を採用した。

2.2. アンカーボルト減肉方法および試験体パラメータ

実際のアンカーボルトの腐食減肉を参考に、写真-3 に示すアンカーボルトネジ部の全面または片面の腐食モデルを作製した。作製法は定電流電解試験を用いた。ここで、定電流電解試験とは、図-2 に示すアンカーボルトの赤枠部分(腐食範囲)を図-3 で示すように NaCl 水溶液に入れて、ガルバノスタットより電流を流し、腐食範囲以外をシリコンコーティングして溶解防止し、腐食範囲を強制的に溶かす試験である。この実験では、表-1 に示すとおり、腐食範囲 10mm と 20mm をそれぞれ 25%及び 50%減肉させる 4 パターンを試験体パラメータとして用いた。



写真-3 減肉後

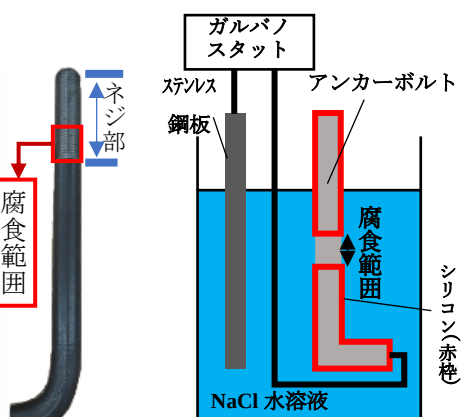


図-3 定電流電解試験図

図-2 アンカーボルト

表-1 試験体パラメータ

試験体パラメータ			
① 腐食範囲10mm:減肉率25%	② 腐食範囲10mm:減肉率50%	③ 腐食範囲20mm:減肉率25%	④ 腐食範囲20mm:減肉率50%

2.3. 人工減肉させたアンカーボルトの測定

現場での電気抵抗法の適用性を検証するために、アンカーボルトの腐食減肉過程における電気抵抗値を測定する必要がある。抵抗計測には、写真-4 のように、測定端子をアンカーボルト上部と腐食範囲中間部にあて、毎秒 1 回の測定頻度で 10 分間抵抗値測定を行った。この測定をアンカーボルトの腐食減肉過程において 3 回程度実施した。また、直接的な腐食減肉量の測定するために腐食範囲のノギス計測を行った。抵抗測定時の注意事項を以下に示す。

- ① 予めボルトの初期抵抗値を測定しておく
- ② ボルト表面の水分や埃、錆などの被膜を除去

キーワード：照明柱、アンカーボルト、腐食、腐食減肉評価、電気抵抗法

連絡先：沖縄県中頭郡西原町字千原一番地。TEL:098-895-8641。FAX:098-895-8677

- ③ 端子は初期抵抗値を測定した箇所と同じ箇所にあてる
- ④ 手振れによる大きな抵抗値変化を生じさせないように、端子を器具で固定する

2.4. 結果と考察

アンカーボルトネジ部における全面及び片面減肉のそれぞれ 4 つの試験体パラメータのうち、データの関係性が最も顕著な一例を図-4、図-5 に示す。推定値は下記の推定式(1)を用いる。

$$C = r_0 - \left(\frac{\rho L}{\pi \left(\frac{\rho L}{A_0} + \Delta R_t \right)} \right)^{\frac{1}{2}} \cdots (1)$$

C は腐食減肉量、 r_0 は初期断面半径、 ρ は電気抵抗率、 L は腐食範囲、 A_0 は初期断面積、 ΔR_t は抵抗変化量を表す。2.3 で測定した抵抗値から初期抵抗値を引いた値の抵抗変化量(ΔR_t)を(1)に代入すると腐食減肉量を評価することができる。図-4 及び図-5 より、電気抵抗法を用いると、ネジ部全面減肉では基準値から誤差-0.75～+0.3mm の精度、ネジ部片面減肉では基準値から誤差範囲-0.3～+0.8mm の精度で腐食減肉量を評価できる。以上より、電気抵抗法を用いた道路照明柱アンカーボルトの腐食減肉量評価は、2.3 に示している注意事項を踏まえれば、現場で微小の誤差範囲で適用できる可能性がある。

3. 電気抵抗法を用いた腐食量評価方法の提案

本章では、現場でのコンクリート埋設アンカーボルトの腐食減肉量の推定可能にするために、針型測定端子、抵抗計、PC を用いて効率的かつ簡易な腐食減肉量評価方法の提案を行う。

3.1. 現場でのアンカーボルトの減肉量評価方法

下記の 5 段階の方法を 2.3 の注意事項を踏まえて遂行すると、コンクリート埋設アンカーボルトの腐食減肉量を概ね評価することができる。

- (1)電流測定端子と電圧測定端子を抵抗測定器に接続し、PC と抵抗測定器も接続する。
- (2)端子の抵抗値キャリブレーションを行う。
- (3)端子は、ボルト頭部およびアンカーボルトとベースプレートの間から腐食減肉部の中間部にあてる。
- (4)写真-5 に示すような状態で毎秒 1 回の測定頻度で 10 分間抵抗測定を行う。
- (5)(4)で得られたデータの平均値を減肉後のボルトの抵抗値とし、その値から初期抵抗値をひく。得られる抵抗変化量を推定式に代入し、腐食減肉量を評価する。

4. まとめ

本研究では、現場において道路照明柱や標識柱等のコンクリート埋設アンカーボルトの腐食減肉量評価方法の構築を目的として、腐食減肉量評価に対し電気抵抗法の適用性を実験検証した。また、アンカーボルトの抵抗値測定実施要領を検討した。以下に本研究で得られた知見を示す。

- 1) アンカーボルトの腐食部とアンカーボルト上部の区間で抵抗変化を測定できる端子として、通常針型と長針型の端子を選定した。
- 2) 現場における効率的なアンカーボルトの腐食減肉量評価方法として、電気抵抗法を用いた腐食減肉量評価方法を検討した結果、電気抵抗法を用いた腐食減肉量評価は抵抗測定時の注意事項などの条件を満たせば適用可能である。
- 3) ボルト頭部と腐食減肉中間に端子をあてて腐食減肉量評価を行った結果、腐食範囲 10mm で、ネジ部全面減肉の場合は基準値から誤差-0.75～+0.3mm の精度、ネジ部片面減肉の場合は基準値から誤差-0.3～+0.8mm の精度で腐食減肉量を評価できることを確認した。

【参考文献】

- 1) 日置電機(HIOKI)HP, FAQ「4 端子抵抗測定法」: <https://www.hioki.co.jp/jp/support/faq/detail/?dbid=1682>



写真-4 抵抗値計測時の様子

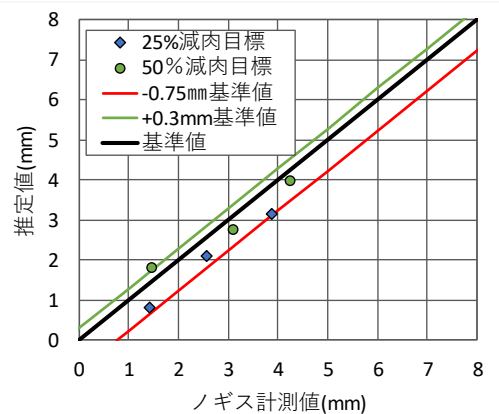


図-4 ネジ部全面減肉量比較 (L=10mm)

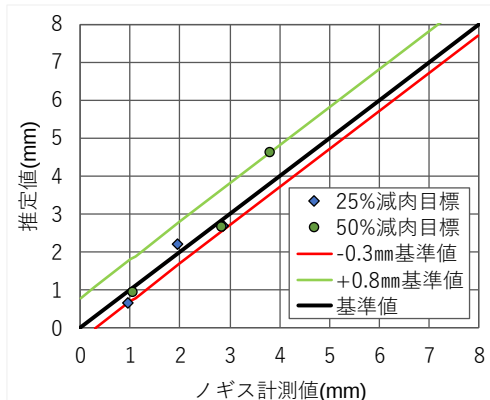


図-5 ネジ部片面減肉量比較 (L=10mm)



写真-5 現場を想定した抵抗計測の様子