

X線を用いたグラウンドアンカーの緊張力評価手法の現地適用性検証

西日本高速道路(株)	正会員	○久田 裕史
西日本高速道路(株)	正会員	田山 聡
西日本高速道路(株)	正会員	藤原 優
西日本高速道路エンジニアリング関西(株)	正会員	藤巴 太郎

1. はじめに

グラウンドアンカー（以下、「アンカー」という。）の維持管理において、アンカーの残存緊張力の長期的な計測のために定期的にリフトオフ試験を行う場合がある。しかし、リフトオフ試験は多大な時間・コストを要することから、リフトオフ試験より簡易に残存緊張力を計測する様々な非破壊調査手法の検討がなされている。その手法の一つとして、アンカーの定着具の残留応力をX線で計測することで緊張力を推定する方法がある。今回、室内試験にて有用性が示された本手法¹⁾を用いて、高速道路の切土のり面に設置されたアンカーの緊張力を推定し、本手法の現地適用性を検証した結果を報告する。

2. 現場試験の条件

現場試験は、アンカーが施工された切土のり面において、室内試験にて有用性を検証した「ナット+くさび方式」であるAタイプと「ナット方式」であるBタイプの2種類の定着方式アンカーに対して、写真-1に示すように定着具にX線を照射して残留応力を測定した。測定にあたっては、リフトオフ試験に用いる機器を使用してアンカーの残存緊張力を測定した後、X線を用いて残留応力を測定した。その後は除荷→残留応力測定を繰り返し、所定の緊張力まで除荷した後は、載荷→残留応力測定を繰り返し、当初の緊張力まで載荷し計測を終了した。



写真-1 測定の様子

3. 現場試験結果

図-1 にAタイプの現場試験及び既往の室内試験の残留応力の測定値（以下、「測定値」と）と緊張力の関係を示す。室内試験では相関係数が0.9444と、測定値と緊張力の間はかなり強い相関が得られたが、現場試験では相関係数が0.5505と、室内試験ほどの相関が得られなかった。また、現場試験と室内試験で回帰直線の傾きは同程度であるが、切片が異なる結果となった。

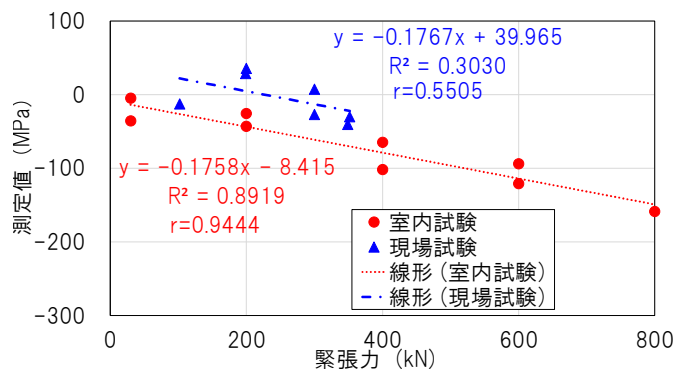


図-1 Aタイプの測定結果

続いて、図-2 にBタイプの今回の現場試験及び既往の室内試験における測定値と緊張力の関係を示す。室内試験では相関係数が0.9969、現場試験でも0.7187と双方ともに測定値と緊張力の間はかなり強い相関が得られたものの、回帰直線の傾きと切片は異なる結果となった。切片が異なるのは、定着具の製造段階で材料毎に異なる初期応力が作用しているためと考えられ、傾きも含めた誤差の原因としては、室内試験では計測する定着部を固定したうえで、反対側でジャッキによる荷重調整をしているが、現場試験では荷重を変化させる度に定着具が回転するため、X線の測定位置が移動する

キーワード グラウンドアンカー, X線, 緊張力, 非破壊調査

連絡先 〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島 1-6-20 西日本高速道路株式会社 TEL 06-6344-7384

ことなどが考えられる。また、定着部と支圧板との設置条件や定着部の偏心など、室内と現場では条件が異なることも原因として考えられる。なお、ジャッキの緊張力を正とした場合、残留応力の回帰直線から換算した緊張力のバラつきが緊張力の大きさに依存しないとすると、緊張力の標準偏差は、Aタイプが130(kN)、Bタイプが85(kN)であった。

4. 現場適用性の検証

前述の緊張力の標準偏差などから、本手法をリフトオフの代替方法として適用することは難しいことがわかったが、測定値と緊張力の間に関係性が見られることから、リフトオフの前段のスクリーニング手法としての適用性の検証を行った。ここでは、当初のアンカーの残存緊張力の判定の目安²⁾がⅠ(健全)の範囲であったアンカーが、次回、前述の回帰直線から換算した緊張力の評価がⅢ(危険な状態になる恐れあり)以上になった場合にリフトオフを実施するとしたスキームの場合を考える。この時、得られた緊張力がⅡ(健全性が低下傾向にある)以下であった場合リフトオフを実施しないこと

となるが、前述のとおり測定値と実際の値にはばらつきがあるため、測定値がⅡ以下でも実際の緊張力がⅣ(破断の恐れがある)の状態になっている可能性もあり、これを見逃すと、スクリーニング手法としての運用上、重大な問題となる。そのため、現場測定で得られたAタイプの結果をもとに、測定値がⅣにも関わらずリフトオフの必要性を見逃してしまう確率=見逃し率を検討した。図-3は、Aタイプの回帰直線の図に、残存緊張力の判定の目安及び、Aタイプの回帰直線に対する各プロットのばらつきから得られた正規分布を、各評価の境界の値の箇所に加筆したものである。これは各評価の境界の測定値に対する実際の残留応力のばらつきを示したものである。見逃し率は、Ⅳ(0.9Tys)の位置の正規分布における、リフトオフ不要と判断される測定値がⅢ(0.65Tus)未満の赤着色部分の確率であり、Aタイプでは見逃し率が16.2%であった。

次に測定値がⅢになりリフトオフが必要と判断した場合に、実際の値はⅠで、健全であるにも関わらずリフトオフを実施してしまう確率=空振り率を検討した。空振り率は、図-3のⅠ(0.6Tus)の位置の正規分布における、リフトオフが必要と判断される測定値がⅢ(0.65Tus)以上の青着色部分の確率であり、空振り率は33.7%であった。

本手法においてAタイプのアンカーの緊張力評価を行う場合、見逃し率16.2%、空振り率33.7%と、いずれもやや高め確率となったが、実運用では複数アンカーでスクリーニングを実施することを考えると、上記確率を考慮しても、スクリーニング手法としての本手法の適用性は十分にあると考えられる。

5. まとめ

室内測定と現場測定の結果から、本手法はリフトオフ試験に代わることはできないもののスクリーニング手法としての適用性に可能性を見出すことができた。現時点ではX線測定にかかる事前準備などに時間を要しているため、今後は、測定機器のコスト面なども含めて、本手法の運用の可否を検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 久田ら：X線を用いたグラウンドアンカーの緊張力非破壊調査手法－室内試験による検証－，第57回地盤工学研究発表会(投稿中)，
- 2) 国立研究開発法人土木研究所他：グラウンドアンカー維持管理マニュアル，p110，2020

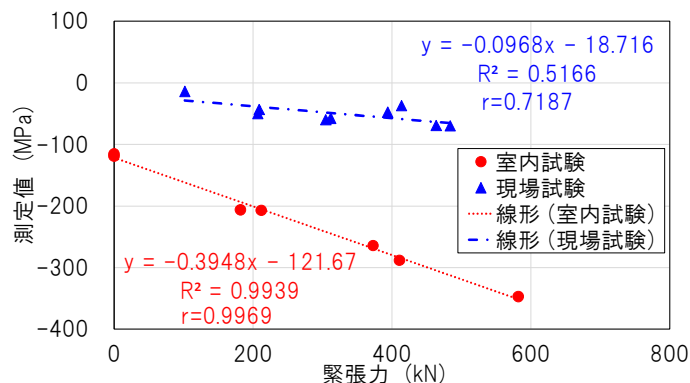


図-2 Bタイプの測定結果

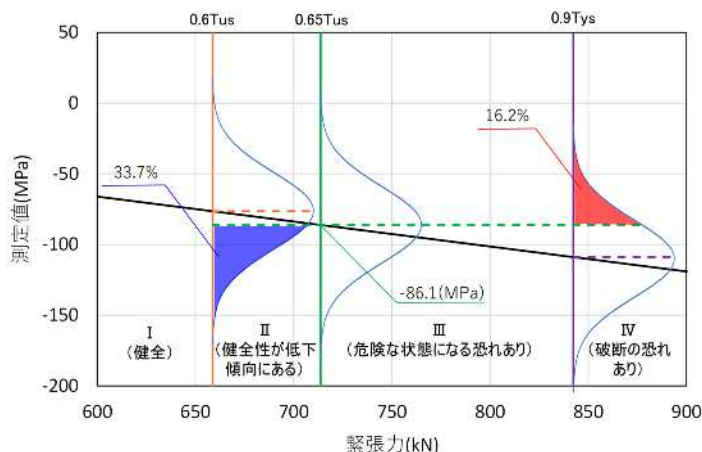


図-3 Bタイプの見逃し率と空振り率