

振動を用いたグラウンドアンカー残存引張り力の推定方法

応用地質	正会員	○齋藤	秀樹
応用地質		青池	邦夫
岐阜大学	正会員	八嶋	厚
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋		山崎	充
中日本高速道路株式会社		宮澤	敏孝
名古屋大学	正会員	曾根	好徳

1. はじめに

グラウンドアンカーの残存引張り力を、簡便に非破壊で推定しようとする試みは、多くの既往研究にみられる。とくに、衝撃弾性波などによりアンカー体に振動を与えたり弾性波を伝播させたりする方法は、多数発表されているが、利用されている振動や弾性波の周波数帯域に着目すると、数十 Hz から数十 kHz と、文献によってさまざまである。どのような弾性波伝播あるいは振動モードを利用するかによって、観測すべき周波数帯域が異なるので、まずは着目する物理現象を想定する必要がある。筆者らは、グラウンドアンカーの自由長部の自由振動を表現する物理学的モデルを想定し、振動周波数を予測したうえで、その周波数帯域の振動を励起し検出することのできる方法を考案した。実際のグラウンドアンカー法面において、直近のリフトオフ試験で残存引張り力が異なることが判明している同一規格の複数のアンカーを対象に、本手法を適用した結果、残存引張り力と卓越周波数に明瞭な相関が認められたので報告する。

2. グラウンドアンカー自由長部の振動周波数と残存引張り力の関係

グラウンドアンカーの PC 鋼材は、その長さのわりに細い部材である。そこで自由長部を「弦」と考えることは妥当といえる。弦の振動周波数 f は、弦の線密度 μ 、長さ L 、張力 T によって決まり (1) 式で表される。

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

したがって、PC 鋼材の線密度および自由長部の長さが既知のグラウンドアンカーにおいて、自由長部の自由振動の周波数を測定することができれば、(2) 式から張力（残存引張り力）を求めることができる。

$$T = 4L^2 f^2 \mu \quad (2)$$

3. 現場実験

(1) 実験対象のグラウンドアンカー

実験の対象としたグラウンドアンカーは、VSL E5-4 タイプであり、PC 鋼より線の線密度は 3.096 kg/m、自由長部の長さはすべて 4.0m であった。計測を行った 4 本のアンカーの設計緊張力はすべて 341.9kN であったが、直近のリフトオフ試験による残存引張り力は、それぞれ 255kN, 309kN, 392kN, 517kN となっていた。これらの値から、(1) 式によって予測される振動周波数は、35~50Hz 程度の範囲と考えられた。

(2) 測定方法

PC 鋼より線の自由長部分の自由振動を励起するため、図 1 に示すように、地上に突出した余長部に小型の加振機を取付け、鋼より線と直交する方向に振動を与えた。与えた振動は、10~200Hz の正弦波スイープ信号で、図 2 に示すように、50 秒間で線形的に周波数が増加するように加振した。振動の検出には小型加速度計を用い、加振機の振動方向に感度軸を持つよう鋼より線に接着した。50 秒間の加振時間を含む 60 秒間の振

キーワード グラウンドアンカー、残存引張り力、弦の振動、共振、スイープ、ランニングスペクトル

連絡先 〒331-0812 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 応用地質株式会社 TEL 048-663-8614

動計測を行い、サンプリング間隔 1ms、分解能 16 ビットの A/D 変換を行って、時刻歴波形を収録した。

(3) 解析方法

加振周波数が自由長部の固有周波数と一致したとき、共振によって加速度計の応答振幅が大きくなるはずである。そこで、時刻歴波形のランニングスペクトル解析を行い、スペクトルピークの検出を試みた。図3に解析結果の一例を示す。同図(左)はランニングスペクトル解析結果を示す。時間ウィンドウは 0.512 秒とし、これを 0.512 秒ずつずらしてスペクトル解析を行ったもので、輝度が振幅を表す。同図(右)には各時間ウィンドウのフーリエスペクトルを重ねて図示した。この解析結果から、37Hz 付近と 80Hz 付近に 2 つの明瞭な周波数ピークが読み取れる。前者が自由長部分の共振周波数、後者は余長部分の共振周波数と判断した。

(4) 結果の評価

今回対象とした 4 本のグラウンドアンカーにおける本手法の適用結果を図4に示す。図の横軸はリフトオフ試験による残存引張り力を示し、縦軸は当該アンカーで得られた共振周波数を示している。各アンカーにつき、4本のPC鋼より線を1本ずつ計測したので、それぞれの共振周波数を図示し、その平均値を合わせて示している。図中の白丸(○)は、リフトオフ試験による残存引張り力から(1)式によって算出した周波数の予測値を示している。残存引張り力と本手法で求めた共振周波数の相関は明瞭であるが、残存引張り力が大きくなるほど、予測周波数との乖離が大きくなっていることがわかる。この乖離の原因は検討中であるが、厳密には「弦」で近似できないことに起因するのかもしれない。また、No.3のアンカーでは、1本の鋼より線の共振周波数だけが他よりもかなり低い値を示しており、残存引張り力の低下を示唆しているが、検証はなされていない。

4. おわりに

グラウンドアンカーの残存引張り力を振動によって推定する方法を考案した。現状では、絶対値としての推定には理論値との乖離があるものの、残存引張り力の大小を、周波数の高低から相対的に示すことはできそうである。今後、別のタイプのグラウンドアンカーへの適用も含め、事例を増やして適用性を検討していきたい。

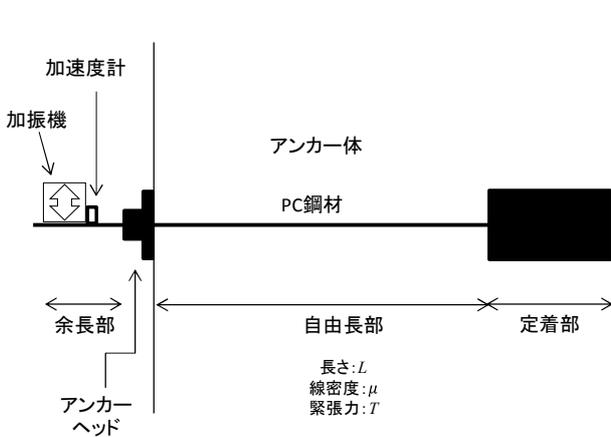


図1 アンカーへの加振機と受振器の設置模式図

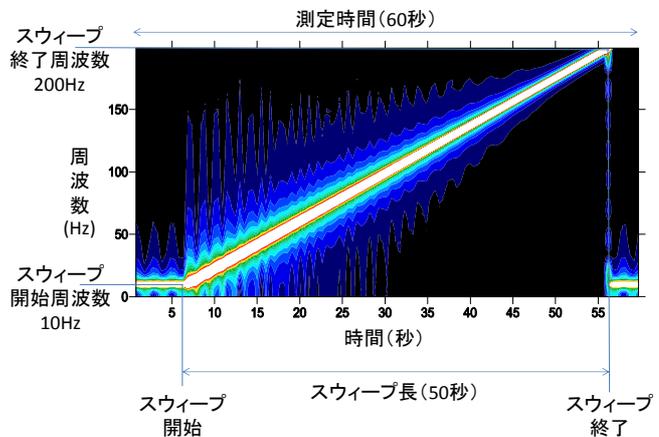


図2 加振機による入力波のランニングスペクトル例

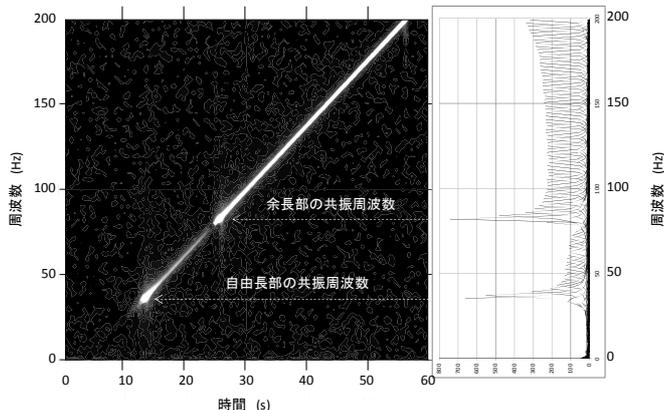


図3 ランニングスペクトル解析結果の一例

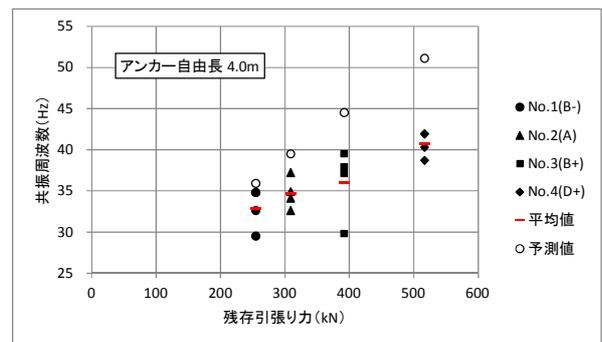


図4 共振周波数と残存引張り力の関係