

第VI部門

超音波法によるグラウンドアンカーの緊張力推定手法に関する研究

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○河合 啓介

京都大学大学院工学研究科 正会員 塩谷 智基

京都大学大学院工学研究科 正会員 大津 宏康

日特建設株式会社 田中 尚

株式会社ジャスト 村田 光

1. はじめに

近年、斜面に導入されているグラウンドアンカー（以下、アンカーと称す）に、著しい性能低下を示すものが報告されており¹⁾適切に効率よく点検可能な技術の確立が強く望まれている。これまでに、アンカーの劣化の進行や性能低下を推定・評価する場合、残存緊張力の測定を目的にリフトオフ試験が実施されている。しかし、同手法は測定に長時間、高コストを要するため、一部のアンカーに対してのみ試験的に実施されている現状にある²⁾。

そこで本研究は、ボルトの緊張力測定に実用化され、アンカーにおいても簡便に測定可能であろう超音波を用いた方法（以下、超音波法と称す）に着目し、アンカーの緊張力推定手法としての適用性を検討する。

2. 対象アンカーと超音波の入射方向

アンカーは、高い防食機能の有無で新タイプと旧タイプに分類されている。性能低下が顕在化しているのは旧タイプが中心で、鋼棒より構成されている。本研究は、旧タイプ（鋼棒タイプ）のアンカーを対象とした。通常、超音波の入射方向は軸方向とし、超音波の到達時間、アンカー長さから直接的に緊張力が推定される。しかし、地盤内のアンカーの曲率やアンカー先端の平坦性の問題から、この手法を適用するのは困難であると考えられる。これより、本研究はアンカー頭頂部のアンカーヘッドに軸方向に垂直な方向に超音波を入射させ、緊張力の変動にともなう透過特性の変化から、間接的に緊張力の推定する手法について検討する。

3. 基礎実験

(1) 実験概要

実験に用いたアンカーヘッドは、六角ナットであり、一辺37 mm、高さ95 mmである。鋼棒タイプのアンカーは主にナットと鋼棒から構成されており、鋼棒の一端をナットで固定し、もう一端を油圧ジャッキで緊張力を0 kN、200 kN、400 kN、および600 kNと段階的に与え、各緊張力で超音波試験を実施した。

超音波の測定は、緊張力に有効な周波数が検討できるように、上述の緊張力ごとに、1 MHz、5 MHz、および7.5 MHzの3種類のコンポジット垂直探触子を使用し、ナット側面の中央部分で実施した。

(2) 評価超音波特性パラメータ

緊張力との相関性の検討に用いた超音波パラメータを以下に示す。

最大振幅比：送信波の最大振幅に対する受信波の最大振幅値の比をパーセンテージで表したものを最大振幅比とする。

ウェーブレット変換を用いた特定の周波数の到達時間：ウェーブレット変換による時間一周波数解析結果での、特定の周波数の到達時間（伝播時間）を示す。本研究では、各探触子の共振周波数である1 MHz、5 MHz、および7.5 MHzに着目して、それらの周波数の到達時間を読み取り、緊張力との関係を検討した。

離散フーリエ変換を用いたPartial power：Partial powerとは離散フーリエ変換によるスペクトル解析結果において、全体の面積（周波数と振幅との積）に対する、特定の周波数領域での面積の割合を示し、スペクトル解析結果の全周波数領域 $f_l \sim f_n$ に対応する振幅を $P_l \sim P_n$ とすると、特定の周波数領域 $f_s \sim f_t$ でのPartial power(PP)は以下の式である。

$$PP = \frac{\sum_{k=s}^t P_k}{\sum_{k=1}^n P_k} \quad (1)$$

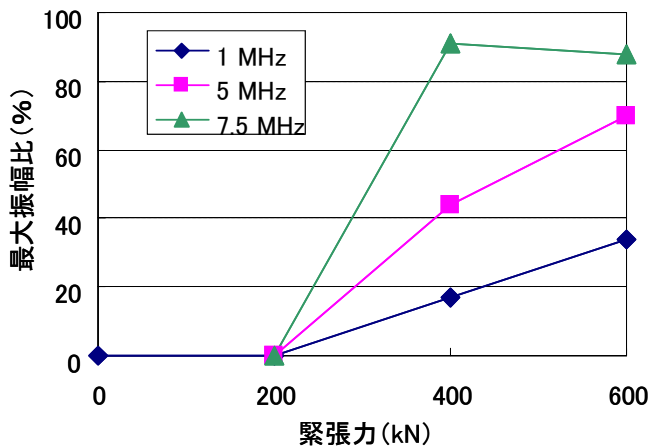


図1 最大振幅比と緊張力の関係

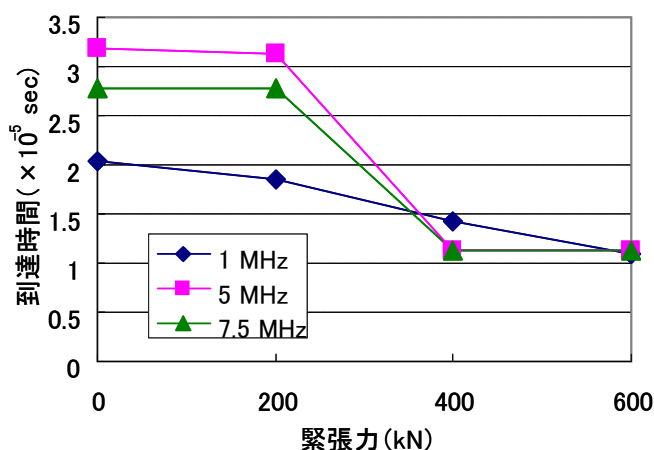


図2 到達時間と緊張力の関係

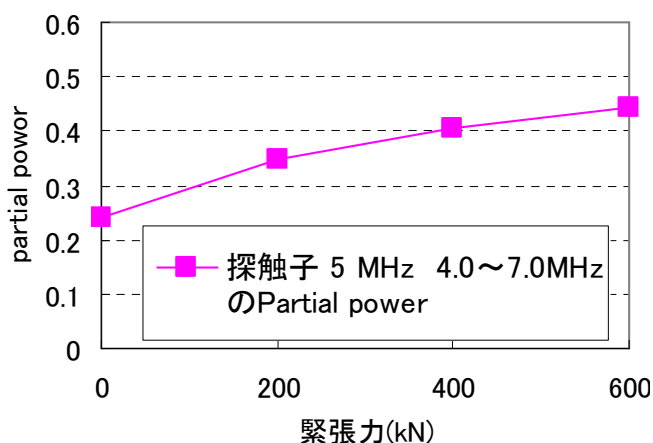


図3 Partial power と緊張力の関係

4. 実験結果と考察

各探触子での最大振幅比，到達時間，および探触子5 MHzでの区間4.0—7.0 MHzのPartial powerと緊張力の関係をそれぞれ図1，図2，および図3に示す。

図1より，緊張力0 kN—200 kNでは，いずれの探触子でも緊張力の増加にともなう有意な受信波形が得られなかった．しかし，緊張力200 kN以上で全ての探触子で有意な受信波形が得られ，特に探触子1 MHzと5 MHzで緊張力の増加にともなう最大振幅比の特徴的な増加傾向が確認できた．

図2より，いずれの探触子においても緊張力の増加にともなう到達時間の減少が確認できた．特に，探触子1 MHzで，付与した緊張力全域で到達時間と緊張力に線形性が確認された．

図3より，4.0—7.0 MHzのPartial powerと緊張力に良い相関が認められた．

図1，3の結果より，緊張力の増加にともなうナットと鋼棒の接触度合いの上昇が，超音波の透過特性向上に大きく寄与したものと推察される．また，図2の結果より，超音波の見かけの伝播速度の上昇が緊張力増加により得られたことが明らかとなった．

5. まとめ

本論文では，緊張力と種々の超音波特性パラメータの関係を検討した．その結果，ほぼ全てのパラメータで緊張力との良い相関が認められた．今後，緊張力間隔を50 kNと細分化し，除荷過程での計測も実施することで，本研究で得られえた知見（各緊張力でのそれぞれのパラメータ値）の再現性を検討するつもりである．

参考文献

- 1) 山田浩：グラウンドアンカー工法の維持管理と補修・補強に関する課題，日本地すべり学会，2008.
- 2) 大窪克己，竹本将：高速道路斜面の維持管理について—特にグラウンドアンカーについて—，地盤と調査2008年第1号，pp.13—18，2008.
- 3) 土木研究所，日本アンカー協会：グラウンドアンカー維持管理マニュアル，鹿島出版会，pp.8，2008.