

打音診断技術を用いたアンカーの緊張力評価システムの開発 その1
ー室内試験ー

西日本高速道路（株）
原子燃料工業（株）
（有）マサクリン

正会員 〇浜崎 智洋
正会員 松永 嵩、小川 良太、磯部 仁博
佐山 政幸、佐山 勝一

1. 目的

グラウンドアンカー(以下、「アンカー」という)の緊張力を簡易的に評価するシステムの開発を目的として、筆者らはこれまでに、ハンマーによる打撃によって励起されたアンカー頭部の振動特性に着目した緊張力評価技術を考案し、室内試験、FEM解析及び現場試験を実施してきた^[1]。本報では、実寸大のアンカーを用い、各種条件（頭部長さ、頭部外径等、図1参照）を系統的に変化させた室内試験を行い、アンカー頭部の緊張力と振動特性の関係性を定量的に把握するとともに、緊張力評価の分解能の向上に関する検討を行った。

2. 実寸大アンカーを用いた室内試験

2-1. 振動測定方法および評価方法

図1に示すように、アンカーの頭部にセンサを押し当て、アンカー側面を打撃すると、信号波形が得られ（図2左図）、この信号波形を高速フーリエ変換（FFT）処理することにより、複数の固有振動ピークを含んだ周波数分布を得る（図2右図）。

緊張力評価に用いる振動特性パラメータとしては、片持ち梁の曲げ振動のうち、1次及び2次の固有振動周波数近傍に生じる固有振動ピークの周波数（以下、「1次周波数」「2次周波数」という）に着目した。

ここで、曲げ振動の固有振動数 f は、以下に示す片持ち梁の曲げ振動の理論解から算出した。また、軸力を受ける場合の固有振動数は、式(2)となる。但し、 λ ；固有値、 L ；振動長さ、 E ；縦弾性係数、 I ；断面定数、 ρ ；密度、 A ；断面積である。

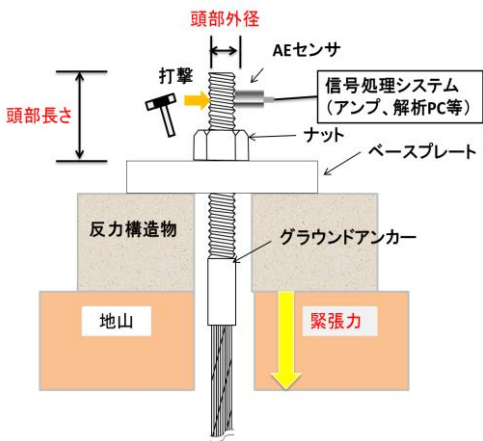


図1 AEセンサを用いた打音診断 概要

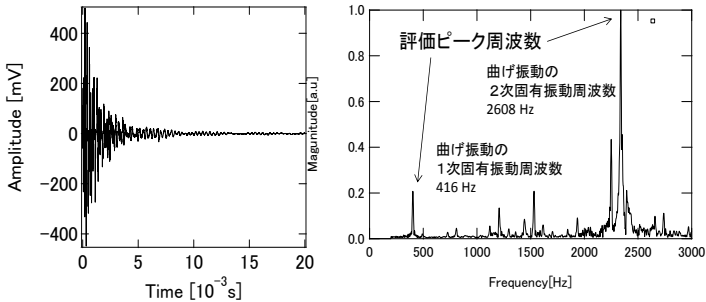


図2 振動波形および周波数分布

表1 室内試験における各種条件

試験体系				T _{us} [kN]	T _{ys} [kN]
供試体 No	緊張材 構成	頭部外径 [mm]	頭部長さ [mm]		
No1	1×φ17.8	42	100/200/280	387	330
No2	7×φ9.5	55.4	100/200/300	714	608
No3	7×φ11.1	62	100/200/300	966	826
No4	7×φ12.7	68	100/200/300	1281	1092

2-2. 試験条件

頭部定着機構がネジ式定着である多重PC鋼より線タイプのアンカー供試体を用い、引張試験機で所定の緊張力を導入したアンカー供試体の頭部振動を測定した。アンカーの仕様、頭部長さの条件は表1に示す。試験緊張力は、各供試体の降伏点荷重（T_{ys}）、引張荷重（T_{us}）、許容緊張力（T_a = 0.6・T_{us}）として、0.2 T_a/0.5T_a/0.8T_a/T_a/T_a～0.9T_{ys} の中間/0.9T_{ys} の6段階とした。

キーワード グラウンドアンカー、AEセンサ、打音、緊張力、固有振動数

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3-13-15 西日本高速道路株式会社 TEL：092-260-6157

3. 解析結果

図3に頭部長さ別に緊張力と1次周波数と2次周波数の関係を示した。なお、仕様ごとに試験荷重が異なるため、横軸は緊張度（各試験荷重/ T_a ）とした。

まず、1次周波数については、すべての試験条件で緊張度の増加に伴い高周波側にシフトする傾向が確認できた。また、緊張力が低い領域（ $0.2T_a \sim T_a$ ）では、評価ピーク周波数が大きく変化する傾向があるが、緊張力が高い領域（ $T_a \sim 0.9T_{ys}$ ）では、上記のシフト傾向は若干飽和傾向を示した。これは、式（2）より固有振動数が緊張力の平方根に比例することと符合する。また、最小試験荷重（ $0.2T_a$ ）から最大試験荷重（ $0.9T_{ys}$ ）までの1次周波数の変化量は、頭部長さの減少に伴い増加する傾向であり、頭部長さが300 mmは100 Hz程度であるが、頭部長さが100 mmの場合は、1000 Hz程度となる。

2次周波数の評価結果については、すべての試験条件において、1次周波数より2次周波数の方が、緊張力に伴う周波数変化量が増加する傾向となった。したがって、緊張力に対して、1次より2次の曲げ振動モードの方が緊張力に対する感度が高いことが示された。特に頭部長さが200 mm～300 mmの場合、1次周波数では100 Hz程度の変化量であったのが、2次周波数では300 Hz程度と改善し、2次周波数を用いることにより、緊張力評価の分解能を向上しうる見通しを得た。

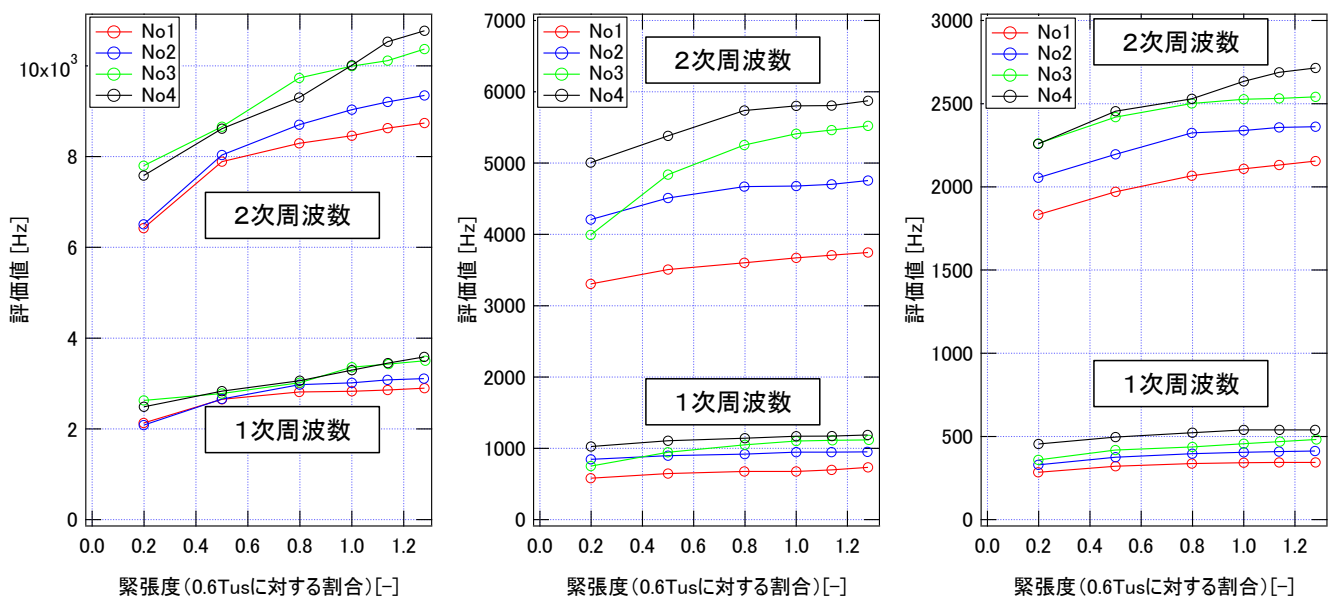


図3 緊張度に伴う評価ピーク周波数（1次周波数、2次周波数）の変化

4. まとめ

本調査では、打音診断技術を用いた、アンカーの緊張力評価の分解能の向上を目的として、実寸大のアンカーを用いた室内試験により得られたアンカー頭部の振動特性を詳細解析した。その結果得られた知見を以下に取りまとめた。

- ・ アンカーの頭部長さ、仕様（緊張材構成、頭部外径）の異なる条件で緊張力を変化させた室内試験を行った結果、すべての条件で、1次周波数は緊張力の増加に伴い高周波側にシフトする傾向が得られた。
- ・ 緊張力増加に伴う1次周波数の変化は、緊張力が高い領域において飽和傾向を示すが、1次周波数より2次周波数の方が、緊張力に伴う周波数変化量が増加する傾向となり、2次周波数を用いることにより、緊張力評価の分解能を向上しうる見通しを得た。

参考文献

1)例えば、松永 嵩ら、グラウンドアンカーの緊張力非破壊評価システムの開発、平成29年度土木学会西部支部技術発表会、pp.31-34、2017