

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2

ー F E M解析ー

西日本高速道路（株）

正会員 浜崎 智洋

原子燃料工業（株）

正会員 ○松永 嵩，小川 良太，磯部 仁博

（有） マサクリーン

佐山 政幸，佐山 勝一

1. はじめに

筆者らは、ハンマ等により加振されたアンカー頭部の振動特性から、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技術の実験的検討¹⁾を行っているが、客観性・説明性の観点から、その技術に対する理論的な検証は重要である。したがって、これまでに、アンカーの FEM 解析を行い、緊張力に伴うアンカー頭部の固有振動周波数の定性的な傾向を検証²⁾してきた。本報では、特に緊張力とアンカー頭部の振動特性に関して、再現性の高いモデルを構築するため、FEM 解析モデルの高度化について検討した結果を取りまとめた。

2. 実施内容

2. 1 解析モデルの方針

解析モデル（図 1）は、筆者らが実施した室内試験¹⁾で用いた、頭部定着機構がナットによる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 No2、緊張材構成：7×φ9.5、頭部外径：55.4 mm）を対象とした。モデル化する範囲は、PC ケーブル、ナット及びマンション、アンカープレートとした。頭部長さは 300 mm とし、アンカープレート下面および PC ケーブル下面を完全固定とした。

ここで、マンションとナットの接触については、今回のモデルはねじ部形状を簡略化しており、マンションとナットの接触による剛性低下を模擬するため、ナット中央部（図 1 のハイライト部）のヤング率を変化させた。

2. 2 解析条件

F E M解析ソフトは ADVENTUREcluster を用い、緊張力の影響を考慮した時刻歴応答解析を実施した。解析結果から得られるアンカー頭部の横方向の振動を周波数解析することで周波数分布を得た。このうち、アンカー頭部に生じる曲げ振動の 1 次モード及び 2 次モードに対応する固有振動ピークを抽出し、それぞれの周波数（以下、「1 次周波数」、「2 次周波数」という）を指標として、実験結果と比較検証した。

解析に用いた材料定数及び解析条件を表 1、表 2 にまとめた。なお、共通の解析条件として、すべり接触の摩擦係数は 0.1 とし、緊張材－マンション間およびマンション－ナット間の接触条件は結合接触、打撃荷重は 1,000N で継続時間 2.0×10^{-4} 秒の三角パルスを入力した。

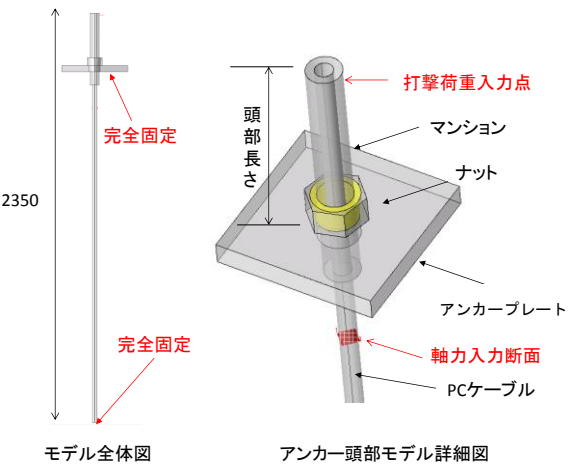


図 1 解析モデルの概要

表 1 解析に用いた材料定数

部材	アンカープレート	ナット、マンション	緊張材
材質	SS400	S45C	PC 鋼より線
ヤング率 [GPa]	206	205	195
ポアソン比	0.3	0.3	0.3
密度 [ton/m ³]	7.9	7.84	6.07

表 2 解析条件

CASE No.	ナット-プレートの境界条件	ナット中央部ヤング率 [GPa]	軸力 [kN]
1-6	結合接触	205/ 102.5/ 20.5/ 8.2/ 4.1/ 2.05	428
7-8	すべり接触	8.2	85/428
9-10	すべり接触	4.1	85/428

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 〒598-0481 大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目 9 5 0 番地 原子燃料工業株式会社 TEL 072-452-7221

3. 解析結果

3. 1 ナット中央部の剛性に関する検討

表 2 の CASE No.1~6 までの解析結果および室内試験で得られた周波数分布を図 2 に示す。まず、ナット中央部のヤング率が材料定数と同じ 205 GPa の場合、FEM 解析の固有振動ピークは実験結果より高周波側の値となる。これは、アンカープレート下部を完全固定としていること、マンションーナット間およびナットープレート間を結合接触としていることで、解析モデル全体の剛性が、室内試験より高くなっているためと考えられる。

一方、ナット中央部のヤング率を低下させた場合、アンカー頭部の振動に寄与する剛性が低下するため、固有振動ピークが低周波側にシフトする。実験結果と良い一致を示すナット中央部のヤング率は、4.1~8.2 GPa(材料定数の 0.02~0.04 倍)であった。

3. 2 緊張力に伴う固有周波数変化の室内試験結果と FEM 解析結果の比較

表 2 のうち、No.7~10 は緊張力に伴う固有振動周波数の変化を評価するための解析条件であり、室内試験結果と FEM 解析結果を比較した結果を図 3 に示す。

FEM 解析では、緊張力の増加に伴い、1 次周波数、2 次周波数ともに高くなる傾向が得られ、室内試験結果の傾向と整合する結果となった。

1 次周波数の緊張力に伴う変化量(室内試験/No7-8 の解析/No9-10 の解析)は、それぞれ 76 Hz/ 1 Hz/ 3 Hz と室内試験より FEM 解析の方が小さい値となったが、2 次周波数の緊張力に伴う変化量室内試験/ No7-8 の解析/ No9-10 の解析)は、それぞれ 283 Hz/ 362 Hz/ 310 Hz となり、緊張力増加に伴う周波数の上昇が FEM 解析に再現可能であった。

4. まとめ

緊張力とアンカー頭部の振動特性に関して、再現性の高いモデルを構築するため、FEM 解析モデルの高度化を検討した結果を取りまとめた。

- ・ アンカー頭部のネジ部の接触による剛性低下を模擬するため、ナット中央部のヤング率を低下させた FEM 解析モデルを構築した結果、FEM 解析結果と実験結果は概ね一致した。
- ・ アンカー頭部の剛性やアンカー頭部の接触条件を最適化することで、緊張力に伴うアンカー頭部の振動特性変化を FEM 解析により再現可能であり、定量的に検証可能な FEM 解析モデルを構築しうる見通しを得た。

参考文献

- 1) 浜崎 智洋ら, "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", 土木学会, 2018 投稿予定
- 2) 浜崎 智洋ら, "グラウンドアンカーの頭部振動特性による緊張力評価システムの開発 (その 3) - FEM 解析による検証 -", 第 52 回地盤工学研究発表会, pp.1299-1300, 2017

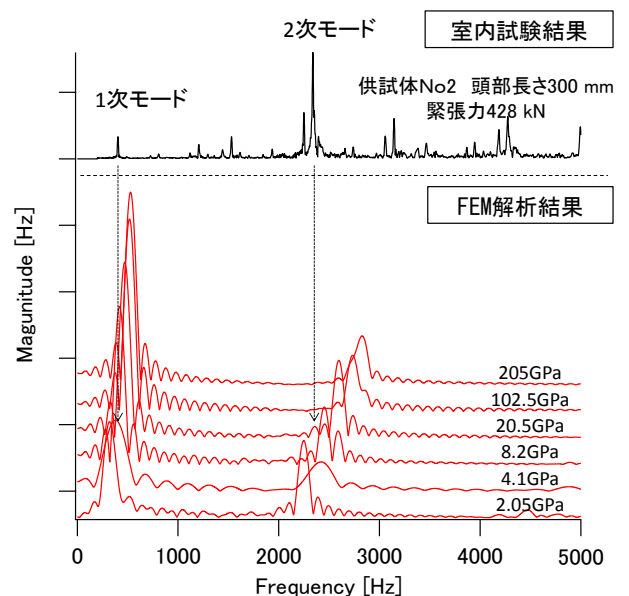


図 2 ナット中央部剛性に伴う周波数分布変化

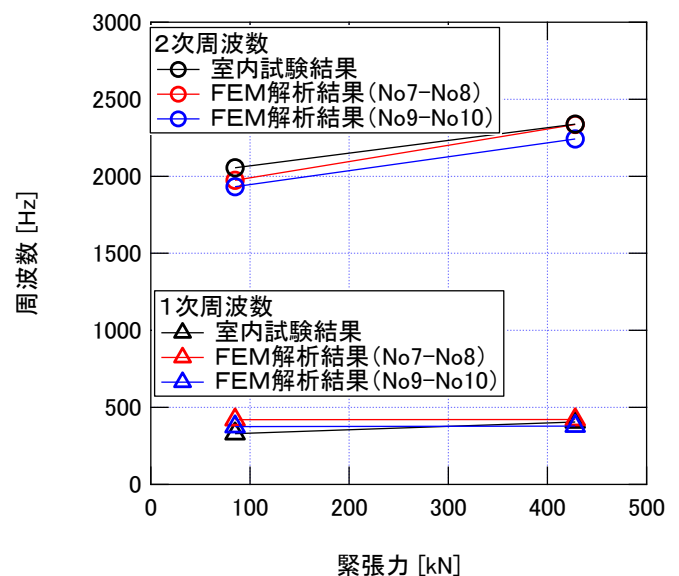


図 3 室内試験結果と FEM 解析結果の対比