

ガードレール支柱の健全性診断技術開発

原子燃料工業株式会社
原子燃料工業株式会社
西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社

正会員　○勾坂　充行，松永　嵩，小川　良太
非会員　藤吉　宏彰，磯部　仁博
正会員　前田　良文

1. 目的

ガードレール等の防護柵が正常にその機能を発揮するためには，工事完成時の確認が困難な部位（根入れ部等）を含めた施工が適切に行われる必要がある．しかしながら施工後の防護柵において根入れ長の不足等，施工不良の事例が報告されており¹⁾，こうした不可視部に対する施工管理を行う上で現場利用に適した非破壊検査技術が重要となる．

筆者らはガードレール支柱に発生する地際腐食等を，短時間で効率的に検出可能な AE（Acoustic Emission）センサを用いた打音検査技術を開発し²⁾，現場適用を進めている．本報ではその適用範囲の更なる拡張として，ガードレール支柱の根入れ長不足の検出に本技術を適用した結果について報告する．

2. 施工不良模擬供試体試験 試験方法

2.1. AE センサを用いた打撃振動測定装置

本測定技術には，現場利用に適するよう開発された打撃振動測定装置を用いる（図 1）．本装置は測定対象物を打撃し，励起された振動を AE センサで捉える．その結果得られた振動は測定対象物の形状、拘束状態により固有振動が変化するため，それらの変化を施工状態や経年変化の検出に利用している．

2.2. 試験対象の諸元及び信号採取方法

土中用ガードレール（A 種，外径約 140mm）を用いて根入れ長が異なる 4 種類の供試体を作製した．



図 1 現場検査装置の構成及び外観

各供試体の仕様を表 1 に示す．各々の供試体に対して，柱上面に取り付けられたキャップ部及び地際部の二カ所より信号を採取した（図 3）．打撃位置はセンサ設置位置の近傍とした．



図 2 施工不良模擬供試体 外観

表 1 施工不良模擬供試体 仕様

支柱番号	根入れ長 [mm]	設計根入れ長さに対する割合	全長 [mm]
支柱 01	450	27%	1,150
支柱 02	850	52%	1,550
支柱 03	1,250	76%	1,950
支柱 04	1,650	100%	2,350

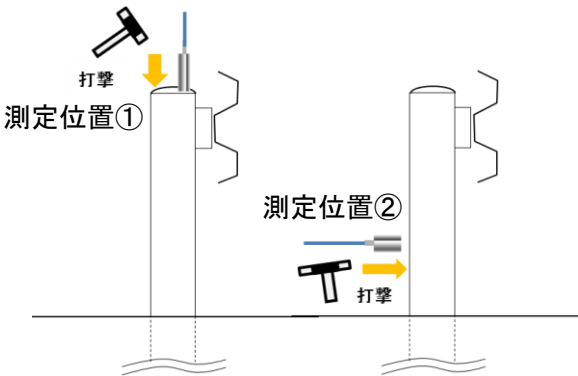


図 3 施工不良模擬供試体 測定位置

2.3. 信号解析方法

AE センサより得られた振動信号を高速フーリエ変換 (FFT) 処理し，信号波形の周波数分布を得た．各供試体から得られた周波数分布の比較から，根入れ長不足を検出するピークを決定した．

3. 施工不良模擬供試体試験 試験結果

各供試体の測定位置①及び②より得られた周波数分布を図 4 に示す．図中に赤く示した周波数領域

キーワード ガードレール，防護柵，根入れ，施工不良，AE センサ， 打音

連絡先 〒590-0481 大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目 950 番地 原子燃料工業株式会社 TEL 072-452-7221

(1,000～2,500Hz) におけるピークに着目すると、測定位置①については根入れ長が短くなるに従い、ピーク周波数が高周波側にシフトしていることがわかる。測定位置②については、根入れ長が短くなるに従い、ピーク周波数が低周波側にシフトする傾向が見られるものの、根入れ長が設計長の27%の供試体ではその傾向と反する結果となった。この理由は、根入れ長50%までは、拘束力の低下により固有振動ピークが低周波側にシフトしたが、根入れ長がさらに短くなるにつれ、全体の質量の低下による固有振動ピークの上昇の効果が支配的になったと推測される。

以上から、ガードレール根入れ長不足検出には測定位置①からのデータ採取が適切と判断した。

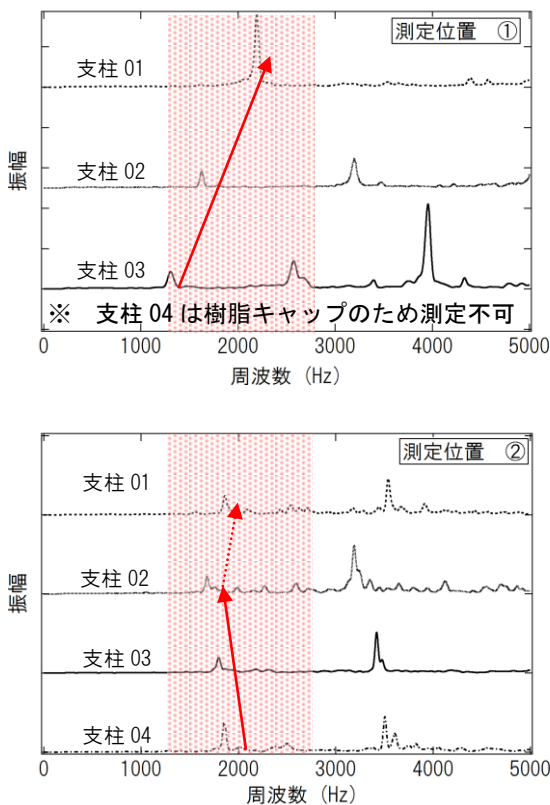


図 4 施工不良模擬供試体 試験結果
(上：柱正面キャップ部 下：地際部)

4. 施工不良模擬供試体試験 理論的検証

模擬供試体試験のうち測定位置①より得られた結果について、理論的な検証を試みた。テストハンマの打撃により供試体にはさまざまな振動が励起されるが、そのうち縦振動が励起されることにより得られる固有振動数 f は、(式 1) により表される。

$$f = \frac{\lambda}{2\pi L} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{式 1})$$

λ : 固有値 L : 振動長さ[m] E : ヤング率 [N/m²]

ρ : 密度 [kg/m³]

実験値と一次の縦振動の理論値との比較を図 5 に示す。この図から、実験値は理論値と概ね一致していることがわかる。また理論式により根入れ長が健全である場合 (2,350mm) の固有振動数を求めると 1,100(Hz) 程度となり、現場検査装置により十分検出可能な周波数領域であることがわかった。

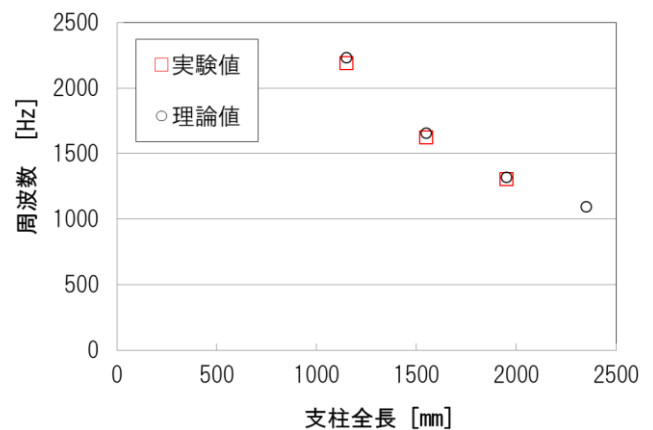


図 5 理論値と実験値との比較

4. まとめ

ガードレール支柱の根入れ長不足の検出に対して、AE センサを用いた打音検査技術の適用を検討した。根入れ長が異なる3種類の供試体を用いた試験により得られた知見は以下の通りである：

- ・ 支柱頭部の振動から根入れ長を定量評価しうる見通しを得た。
- ・ 支柱頭部の振動について縦振動の理論を用いて検証を行い、実験値と理論値が概ね一致することから、結果の理論的根拠を確認した。

今後は、ガードレールの位置情報を活用した経年劣化、施工不良情報のマッピングや、測定情報をガードレール維持管理高度化に活用する手法を検討していく。

参考文献

- 1) 公共事業の品質確保のための監督・検査・成績評価の手引き, 日本建設技術協会。
- 2) ガードレール支柱の経年劣化検査技術の開発 2, 土木学会第 71 回年次学術講演会(2016/9) VI-711。