

# 列車荷重を利用した基礎の損傷探知法に関する基礎的研究

## (その1 模型杭による AE 破壊実験概要)

鉄道総合技術研究所 正会員 ○羅 休, 羽矢 洋, 棚村史郎  
 飛鳥建設技術研究所 正会員 塩谷智基, 三輪 滋, 中西康博

### 1 まえがき

近年、コンクリート構造物の維持管理に必要な非破壊検査法の重要性、必要性が高まっている。従来の研究によれば、基礎構造物に対して、AE（アコースティック・エミッション）法による損傷調査の有効性が既に確認されている（例えば、文献1）。しかし、現在の AE 法による基礎構造物の調査は、構造物に対する大掛りな載荷と地盤中への導波棒設置が必要となることから、ある程度の調査期間と高いコストが見込まれ、供用中の交通施設への実務上の適用には、依然多くの問題点を抱えている。本研究では、これらの問題を解決するために、供用中の列車荷重を利用し、基礎損傷部の AE を誘発させて、基礎天端に設置した AE センサーにより基礎の深度方向の損傷状況を探知することを目的としている。

本文では、この研究の第一段階にあたる基本実験の内容を報告する。まず、「その1、模型杭による AE 破壊実験概要」について紹介し、続編で「その2、AE 破壊実験の結果解析と考察」を行なう。

### 2 実験の背景

本手法の概念を図-1に示す。その流れとしては、フーチングの表面や側面に AE センサーを設置し、通過中の列車荷重により誘発させた杭頭付近損傷箇所の AE 信号を検知して損傷位置の標定や損傷程度の推定を行なう。本手法を確立するためには、表-1に示す三段階の実験的な検討が必要と考えている。今回実施したのはフェーズ I の気中に設置した模型杭による AE 破壊実験である。本実験は次に示す2つのことを目的とした。

杭頭に損傷箇所が存在する杭（鉛直部材）に対して、軸方向荷重により AE の発生状況を把握する。

2次元的に設置した AE センサーにより、杭深さ方向（3次元）の損傷位置特定方法を検討する。

既往の研究では、ラーメン桁（水平部材）に対して、列車荷重により AE を励起させて梁の損傷状況を推定できる可能性が既に実証されている<sup>2)</sup>。そのメカニズムは、列車通過時に発生する除荷や再負荷により梁に曲げ変状が生じ、既存クラック面の開閉で生じる摩擦音などによる AE（二次起因の AE）を検出して、荷重位相と AE 発生挙動との関係を調べ、クラックの進展性を把握する。しかし、杭のような鉛直部材に対して列車

表-1 段階的な検討概要

フェーズ	実施内容	
フェーズ I (今回の実験)	実験	気中のコンクリート模型杭による AE 破壊実験
	検討項目	2次元の AE センサー設置から3次元の位置標定の可能性、鉛直荷重と AE 発生量の関係
フェーズ II	実験	土中に設置した模型杭による AE 破壊実験
	検討項目	杭と地盤の摩擦による AE の影響およびその除去方法
フェーズ III	実験	実杭による AE 破壊実験および鉄道橋梁現場での測定
	検討項目	実基礎に対する適用性の検証

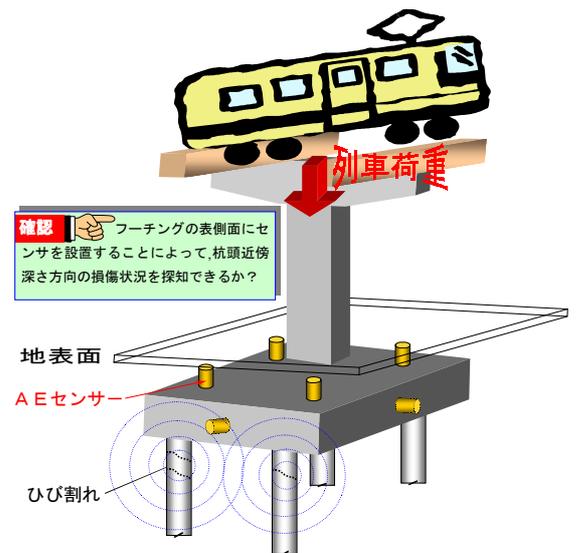


図-1 列車荷重による AE 損傷探知法の概念

キーワード：AE，列車荷重，基礎，損傷探知法，模型実験

連絡先：〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel: 042-573-7262

Fax: 042-573-7248

荷重による曲げ効果が少ない場合には、その AE 特性の変化と検出方法について検討する必要がある。

### 3 実験概要

本実験に用いる供試体は、実杭の性状を反映できるように図-2 のような逆 T 型の形状および寸法とし、D10 の鉄筋を用いて製作した。コンクリート強度は  $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$  とし、供試体数量は 2 体である。反力床に設置するため 4 カ所に塩化ビニル管を設置するとともに、フーチング表面(図-2 中、底面)に AE センサが設置できるように、 $50 \times 50 \times 5 \text{ cm}$  の箱抜きを行いコンクリートを打設した。なお、今回の基本実験では、地盤による杭体周辺摩擦による AE の影響を無視できるように気中における実験とした。基本的な破壊を模擬できるように、水平載荷点を杭辺の 2 倍の 600 mm (杭頭より) とする曲げせん断と、杭辺の 3 倍以上の 1100 mm とする曲げ破壊の 2 種の破壊パターンを再現した。水平載荷は変位制御で行い、AE 発生挙動と杭部材の変形性能との関係を調べた。載荷にあたって、部材角の増分を、 $1/600, 1/400, 1/200, 1/100$ (降伏時:  $1\delta$ 相当),  $2\delta, 3\delta$ と設定した。図-3 に  $1\delta$  時の典型的な荷重および実験パターンを示す。各部材角で 2 サイクルの正負交番繰返しを行うが、図のようにそれぞれの変位ピークでクラックスケッチを実施し、1 サイクル終了後、既存損傷を有する杭の二次的 AE の発生およびその挙動を検討するために、3 回の繰返し鉛直載荷 ( $\sim 200\text{kN}$ ) を行う。さらに、その後、主な AE センサから超音波を発信させ、破壊進展による超音波伝播特性の変化を検討する。

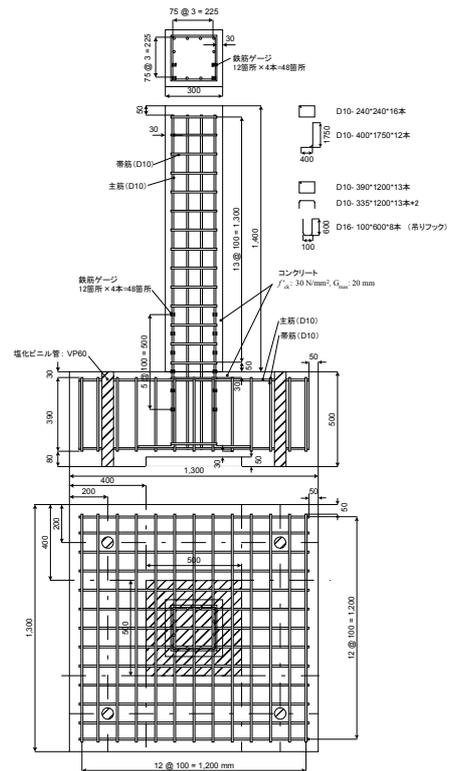


図-2 供試体の概要

AE 計測システムを図-4 に示す。AE はフーチングおよび杭体に設置した 12 個の AE センサー (60kHz 共振型) とフーチング側面に線上に配置した 2 つの AE センサーにより 40dB 増幅後、各 MISTRAS AE システムで 45dB 以上の AE パラメータおよび AE 波形を記録する。杭頭付近の鉄筋ひずみ (48 点) と水平・鉛直変位および、荷重値はデータロガーにより 5 秒ごとに測定する。

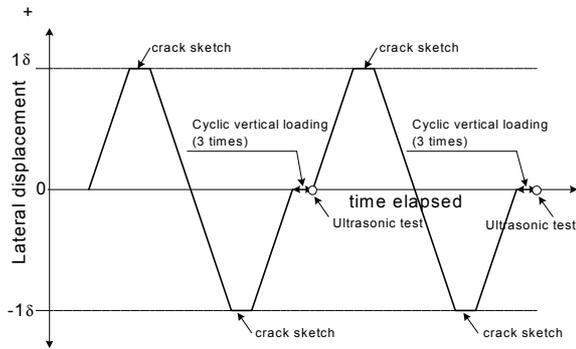


図-3 典型的な荷重/実験パターン

### 4 まとめ

本研究の目的は、供用中の列車荷重により誘発された AE 信号を利用することで、経済的かつ効率的な基礎損傷探知法の開発で、本報では、その基礎実験の背景と概要を紹介した。実験結果と考察については、本報に引続きその 2 で報告する。今後、フェーズ とを引続き検討する予定である。

#### 【参考文献】

- 1) 塩谷智基, 三輪滋, 市村靖光: フーチングを有するコンクリート杭の AE/衝撃弾性波による損傷調査, 土木学会, 第 3 回耐震補強・補修技術及び耐震診断技術に関するシンポジウム講演論文集, pp. 127-134, 1999.
- 2) S. Yuyama and M. Ohtsu: Acoustic Emission Evaluation in Concrete, Proc. of the 15<sup>th</sup> International Acoustic Emission Symposium, Vol. 'Acoustic Emission-beyond the Millennium', pp. 187-213, Tokyo, 2000.

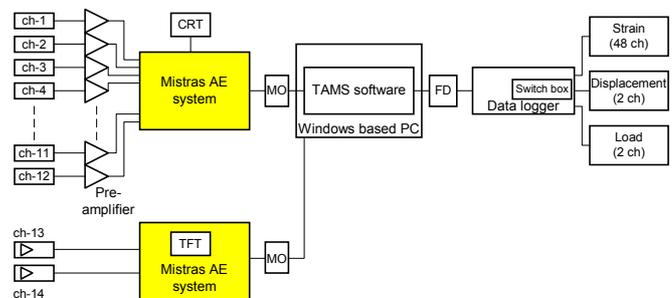


図-4 計測システムブロック