

III-B 15 コンクリート杭破損部から放射された AE 波形の特徴

飛鳥建設技術研究所	正会員	塩谷智基
飛鳥建設技術研究所	正会員	森伸一郎
飛鳥建設技術研究所	正会員	岩城圭介
飛鳥建設技術研究所	正会員	境野典夫

1. はじめに 構造物に地震などの予期せぬ外力が作用した場合、その健全性評価が必要となる。外観から調査可能な上部構造に対し、下部、特に地中深くまで埋設された杭基礎の被害調査は困難である。これまで、杭の健全性調査法として、杭上部からの衝撃弾性波試験（IT試験）、杭自体の削孔によるコア観察、また孔内に CCD カメラを挿入するボアカメラ等が多用されている。しかし、いずれの方法も直接的調査であり、杭自身の一部を露出、破壊しなければならず、被災した当該構造物の関係者心理を考慮すると、最良の調査法とはいえない。著者らは、上述の事項を考慮し、間接的に杭の健全性が評価可能な「AE法によるコンクリート杭破損調査法^{1) 2)}」を検討してきた。本報告では、特に被災したコンクリート杭から発せられる AE 波の特徴について AE センサーを①杭に直接設置（以下、直接 AE 計測とする）、②杭近傍の地盤内に AE センサーを内蔵した導波棒を設置（以下、間接 AE 計測とする）の二つの場合について述べる。

2. AE 計測位置および検出方法 調査場所は、1995 年兵庫県南部地震で被災した神戸市中央区の高層建築物基礎（場所打杭：φ 1,100mm L:10.5m）であり、調査時（1995 年 10 月）には当該建物の上部は解体・撤去され、フーチング以下の基礎を残すのみであった。杭の健全性調査は、図-1 に示す A～E の 5 本の杭について行った。間接 AE 計測は A 杭近傍

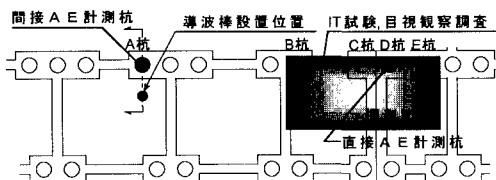


図-1 調査位置平面図

の地盤を削孔し、サスペンション型導波棒を上・下の 2 深度に設置し行った。直接 AE 計測は、D 杭頭部に AE センサーを設置し行った。なお、両方法ともに AE はフーチング上部に重機を載せ変動荷重を与えて励起させた。ここで、B～D 杭には他の調査（IT 試験、杭頭観察）も併せて実施した³⁾。

2.1 コンクリート杭での直接 AE 計測 図-2 は、AE センサーを設置した D 杭のスケッチを示している。D 杭には横断方向に 0.15～0.9mm のクラック、杭頭表面のコンクリートの欠損、腐食の進んだ主筋の露出が認められている。AE センサー（60kHz 共振型）は、D 杭頭より 190mm 下に真空グリースを介しガムテープにより圧着した。検出された AE 信号はリアンプにより 40dB 増幅し、AE 計測 DSP ボード（MISTRAS, PAC 社製）で信号処理しパーソナルコンピュータに取込んだ。

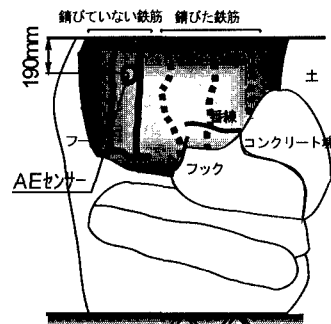


図-2 直接 AE 計測スケッチ

2.2 導波棒による間接 AE 計測 図-3 に調査地盤の性状と間接 AE 計測位置詳細断面図を示す。地盤は、地表から 3m までがシルト質砂の埋立土、6m までが緩い砂、6m～7m（杭頭から 3.5m～4.5m）に N 値 30 以上の密な砂礫層があり、以深はシルト質の砂層である。AE 計測は、同図に示す計測位置で地表から 10m の深度まで削孔された 4 インチケーシング内に清水を充填し、サスペンション型導波棒⁴⁾（L=5m、両端 60kHz 共振型 AE センサ内蔵）を吊り下げて計測した。

3. AE 計測結果 図-4 は、直接 AE 計測により得られた AE 波形であり、図-5 は、地盤を介して導波棒により検出された AE 波形である。なお、ここでは振幅値等の変化による AE 波の伝播減衰については、これらの波形が同じ AE 源での検出結果ではないので言及しない。図-4 より、杭破損部より発せられる AE 波形は立上がりりが鋭く、5kHz～230kHz の広い範囲に周波数成分を持つ特徴を有する。一方、図-5

の導波棒により得られた AE 波形は、40kHz 前後のみに周波数成分が卓越し、波の立上りが鋭く、継続時間が長い特徴を有する。以上の結果は、高周波数成分を含んだ AE 源が地盤、導波棒（金属）等を伝播することで、高周波数成分を失い、かつ継続時間が長くなるという一般論に矛盾しない。直接 AE 計測した AE 波形の中には、図-6 に示すよう P 波と S 波が明確に分離可能な検出例もある。同図の P 波と S 波の初動時間差： Δt は約 $40 \mu s$ であり、場所打コンクリート杭の弾性波速度 V_p を $3800m/s$ 、 V_s を $1/2V_p$ とすると、AE 源の位置 L は式(1)により、 $15.2cm$ となり、実際のクラックまでの位置：約 $10cm$ と比較的良好に一致する結果となった。

$$L = \Delta t (V_s \cdot V_p) / (V_p - V_s) \quad (1)$$

4. 結論 コンクリート杭の破損部から発する AE を直接、間接的に検出し各々の波形の特徴を検討し、以下の結論が得られた。

1) 杭破損部より発せられる AE 波形は立上りが鋭く、5kHz ~ 230kHz の広い範囲に周波数成分を持つ。

2) 導波棒により得られた AE 波形は、40kHz 前後のみの周波数成分が卓越し、波の立上りが鋭く、継続時間が長い。

3) 直接 AE 計測した AE 波形の中には、一部 P 波と S 波が分離できる例もあり、両波の到達時間差より算出される AE 源は実際のクラック位置と比較的良好に一致した。

【参考文献】

1) 森伸一郎、塩谷智基、宇良成泰、藤井清司：地震で被災したコンクリート杭の AE 破損調査法、第 23 回土木学会地震工学研究発表会、pp.655-658、1995。

2) 森伸一郎、塩谷智基：AE を利用したコンクリート杭破損調査法の軟弱地盤状の構造物基礎への適用、第 31 回地盤工学研究発表会投稿中、1996。

3) 森伸一郎、塩谷智基、岩城圭介、境野典夫：誘発させた AE を利用したコンクリート杭破損調査法の実建物への適用、第 31 回地盤工学研究発表会投稿中、1996。

4) 岩城圭介、森伸一郎、塩谷智基、境野典夫：AE を利用したコンクリート杭破損調査法におけるスパンション型導波棒の適用、土木学会第 51 回年次学術講演会投稿中、1996。

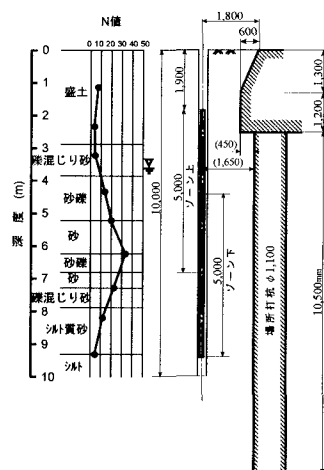


図-3 間接 AE 計測詳細

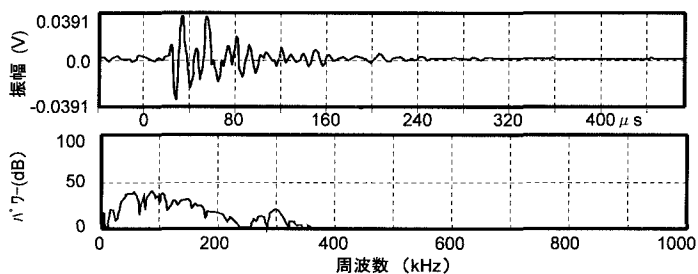


図-4 直接 AE 計測により得られた波形、周波数スペクトラム

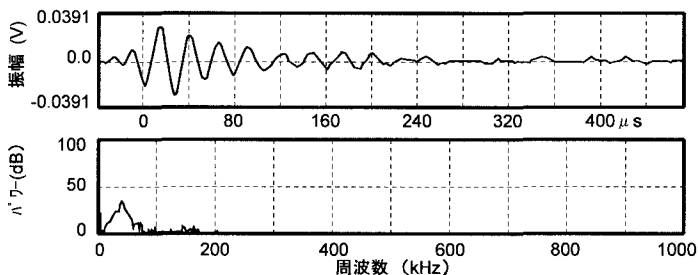


図-5 間接 AE 計測により得られた波形、周波数スペクトラム

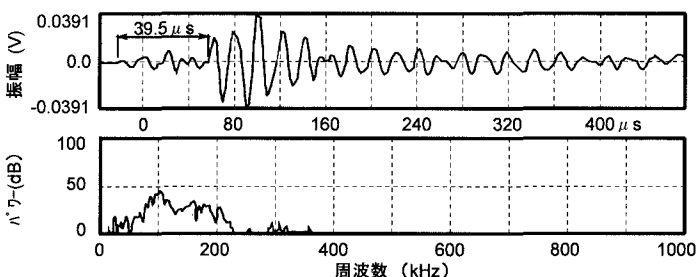


図-6 直接 AE 計測により得られた波形、周波数スペクトラム