

Ⅲ-A465

橋梁基礎構造の調査に関する研究（その6） ＜フーチングに接合された場所打コンクリート杭のAE損傷調査＞

飛島建設技術研究所 正会員 塩谷智基
飛島建設技術研究所 正会員 三輪 滋
建設省土木研究所 正会員 市村靖光

はじめに フーチングに接合された場所打コンクリート杭の損傷調査¹⁾に AE（アコースティック・エミッション）²⁾³⁾を適用した。計測対象杭は既に水平載荷試験が実施され、杭頭部を中心に損傷が認められていた⁴⁾。AE 計測は、「杭内」、「杭外」で行い、その結果を杭内のボアホールカメラ観察や杭削孔で得られた採取コア観察の結果と検討し、杭以外のフーチング損傷の可能性を指摘した⁵⁾。ここでは、杭内 AE 試験に併せて実施した「杭の弾性波試験」の結果を加え、AE 試験結果の妥当性を検証する。

試験対象杭 図-1 に試験対象杭と AE 計測孔位置を示す。対象杭はフーチング（9.0×9.0×2.3 m）に接合された9本の場所打ちコンクリート杭（φ 1.2 m, l: 28.9 m）のうち、その隅角に位置する No.9 杭であり、杭内 AE 計測は P9 孔で、杭外 AE 計測は B1 孔で実施した。ここで、杭外 AE 計測孔中心から試験杭中心までは 1.9 m（側壁間 1.25 m）である。

AE 計測 AE 計測対象深度は、フーチング表面より 11.5 m で、「杭内 AE 計測」は、1つの計測範囲が 2 m となるように、5 個の AE センサ（60 kHz 共振型）を 50 cm 間隔で取付けたセンサ群を、基本的に 50 cm の重複を設けながら杭頭より挿入・固定して実施した。所定深度へのセンサ群の移動/圧着は、写真-1 に示すように、この原理による治具を用いた。各センサ近傍に設置したラバーボールは、空気圧により膨張し、同時にバネが伸張し圧着部が下がり、移動可能となる。反対に、ボール収縮時には、バネも収縮し、圧着部が上昇、孔壁に定圧で固定される。杭外の AE 計測⁶⁾は、グラスファイバー棒に杭内計測と同種・同間隔の AE センサを取付けたセンサ群を所定の深度に吊下げるように設置し、間隙を水で充填して行った。杭損傷箇所からの AE 放射を励起させる目的で油圧ショベル（バケット容量 0.59 m³, 重量 11.8 tons）を用い、フーチングに小規模の静的荷重や動的荷重を与えた。詳細な載荷方法および AE 計測方法は、参考文献⁵⁾を参照されたい。杭の弾性波試験は、杭内 AE 試験に用いた AE センサを併用し、杭上部のフーチング表面を金属ハンマーにより打撃し、弾性波を励起させを行った。

AE 計測結果 図-2 に AE 位置標定結果の深度に対するヒストグラムを示す。図-2(a)は、杭内累積 AE ヒット、(b)は杭内累積 AE カウント（リングダウンカウント）、(c)は各深度における平均カウント数（(b)を(a)で除したもの）、(d)は杭外の AE 位置標定結果の(c)と同種の図を示している。(a)、(b)より、フーチング内に多数の AE イベントがあり、AE 集中深度は 1.0-1.5 m, 2.0 m に見られる他、値は小さいが 3.0-3.5 m, 5.0 m 付近に認められる。(c)の AE ヒットの平均カウント数より、4.2-5.0 m, 6.3-7.0 m の AE 集中が明瞭になる。(d)の杭外 AE 計測において 1.8 m, 3.2 m, 4.8 m に AE 集中が認められる。これらは、杭内計

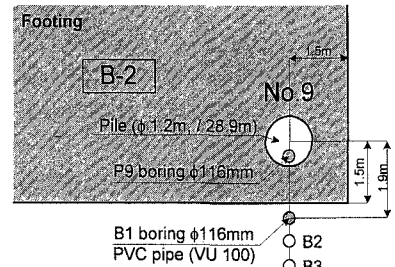


図-1 試験杭とAE計測孔位

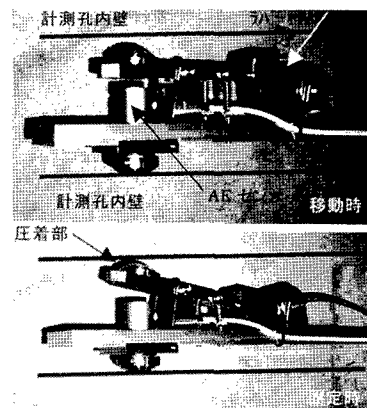


写真-1 AEセンサ移動/圧着装置

キーワード：アコースティック・エミッション、弾性波速度、場所打コンクリート杭、フーチング
連絡先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472, 電話 0471(98)7551, Fax 0471(98)7586

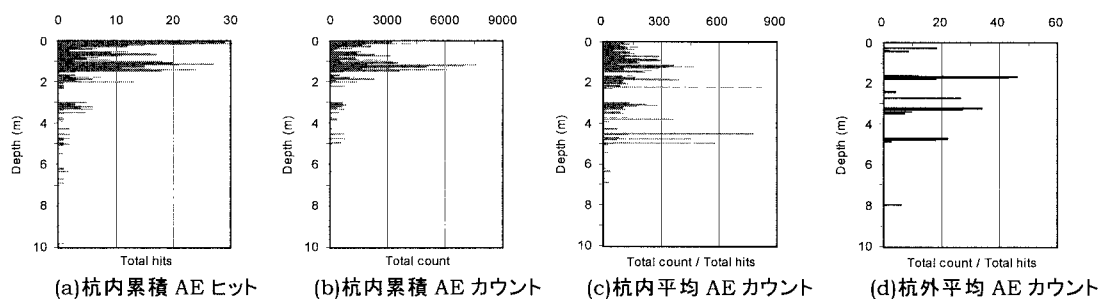


図-2 AE 位置標定の深度に対するヒストグラム

測より判断された、杭の損傷箇所から放射された AE 波と時間的に同期していないが、AE 集中深度は一致していた。

弾性波試験結果 図-3 に一例として、各 AE センサで得られた弾性波の到達時刻より求めた杭内の弾性波速度を示す。ここで、各プロットは、伝播速度算出に用いたセンサ間中心、つまり、深さ 1.0 m-1.5 m 間の伝播速度は、深さ 1.25 m の伝播速度として示している。一般に、場所打コンクリートの杭軸方向強度は、上部のコンクリートに比べ、下部の密度や強度が高いこと⁷⁾、また強度と弾性波速度にはある範囲で正の相関があること⁸⁾が知られているが、ここでは極端に速度が低い深度のみに着目する。その場合、1.5-2.0 m, 3.0-4.0 m, 4.5-5.5 m, 6.0-6.5 m に低い速度領域が認められ、これらの深度は杭内 AE 計測より推定された損傷位置、および杭外 AE 計測より推定された損傷位置に合致していた。

各方法による杭の推定損傷位置を図-4 にまとめる。この結果、次の事項が明らかとなった。油圧ショベルにより若干の外力変動を「上部構造がなくフーチングに接合された場所打コンクリート杭」に与え、AE を計測することにより、杭の損傷は検討可能であった。また、AE 計測により推定された損傷位置は、弾性波試験より得られた杭長方向の低速度領域に合致するが、カメラ観察されたクラック位置とは、必ずしも一致しなかった。

まとめ 今回の実験結果から、特に AE センサが杭内に設置できる場合、AE 法は効果的で、ボアホールカメラでは得ることが困難な潜在微小クラックの有無や程度を判断できる可能性が確認できた。

【謝辞】 本研究は、建設省土木研究所と阪神高速道路公団、(財)土木研究センターおよび民間 12 社による「橋梁基礎構造物の調査手法の開発」の共同研究の一環として行われたものであり、今回の実験を実施するにあたり、ご協力いただきました関係各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】1)秋田・石田・市村・福井・藤井：橋梁基礎構造物の調査に関する研究(その1)＜形状・損傷調査の実験＞、2)森・塩谷：AE を利用したコンクリート杭破損調査法の軟弱地盤基礎への適用、第 31 回地盤工学会発表会平成 8 年度発表講演集、pp. 1699-1700, 1996. 7., 3) Shiotani, T. et al., "Damage Diagnosis of Concrete-Piles After Earthquakes by Acoustic Emission," KSNT-Proc. Fourth Far East Conf. on Nondestructive Testing, pp. 579-588, 1997. 10., 4)坂本・林・森田・竜尾：実杭を用いた 9 本群杭の大型水平載荷試験、第 29 回土質工学会発表会講演集、1994.6., 5)塩谷・三輪・市村：油圧ショベルにより誘発した AE によるコンクリート杭の損傷調査、第 34 回地盤工学会発表会講演集、投稿中、6)塩谷・境野・大津・重石：AE の地盤伝播特性とウェブガイドによる検出方法、日本非破壊検査協会、第 11 回 AE 総合コンファレンス論文集、pp. 5-10, 1997. 11., 7)塚田・難波・山辺・中澤・篠藤・木村：兵庫県南部地震による場所打コンクリート杭の被害調査(その 3:杭コンクリートの材料試験)、第 32 回地盤工学会発表会講演集、1997.7., 8)十和田・野崎・小林：実大モデルによる超音波法、反発法および複合法の検討、日本建築学会構造系論文報告集、第 428 号、pp.25-33, 1991. 10.

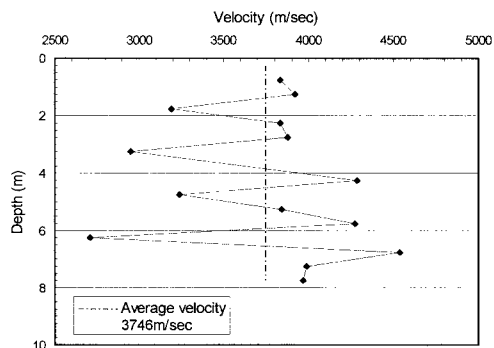


図-3 杭体中の弾性波速度

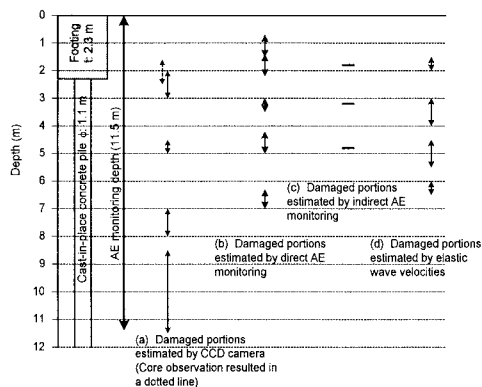


図-4 損傷位置推定結果のまとめ