

杭の出来形確認技術 Pile judge®

Technology for Verifying of the Finished Shape of Pile Pile judge®

勝二 理智
萩原 由訓
藤森 健史

Michito Shoji
Yoshinori Hagiwara
Takeshi Fujimori

1. はじめに

場所打ちコンクリート杭は、地盤中に削孔・形成した孔内に鉄筋かごを挿入してコンクリートを打設することにより築造される。打設前に超音波測定により孔の形状を確認するが、打設後は一般に杭の出来形を確認しない。今後より一層の品質管理の高度化を目指すうえで、杭の出来形を可視化する技術は必要であり有用性も高い。そこで、電磁波レーダを用いたボアホール探査形式による杭の出来形確認技術を開発した (Fig. 1)。開発にあたり、電磁波の信号強度を高めた試験装置と、反射波の抽出と伝播速度の直接評価を可能にする試験方法 (杭・地盤・鋼管各方位の測定、測定データの統合処理方法) を新たに考案した。本報では技術概要と事例を示す。

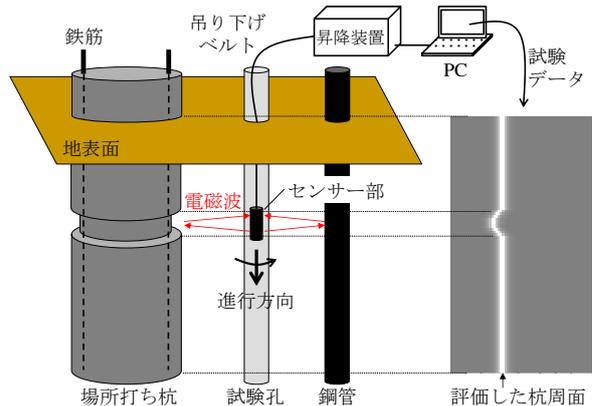


Fig. 1 電磁波レーダによる杭の出来形確認技術
Technology for Verifying of the Finished Shape of Pile
by Electromagnetic Wave Radar

2. 技術概要

試験装置の構成概要図を Fig. 2 に示す。アンテナ等を内蔵するセンサー部、リール等を内蔵する昇降装置で構成され、PC 内のアプリケーションにより操作する。

アプリケーションでは図示される 3 つの測定データを確認する (Fig. 3)。(1) Plan Position Indicator (PPI) ではある深度における全方位のデータを確認でき、円周方向は方位 (角度) を、半径方向は反射波の伝播時間を示す。(2) 垂直面 (YZ) ではある方位における全深度のデータを確認でき、縦軸は深度を、横軸は反射波の伝播時間を示す。(3) 水平面 (XY) は(1)PPI を展開したもので、縦軸は反射波の伝播時間を、横軸は方位 (角度) を示す。

試験は以下の手順で実施する。

- (1) 杭横の地盤に試験孔 (塩ビ管) と鋼管を施工する。
 - (2) 昇降装置を設置したのち、測定する方位を決めて、試験孔内にセンサー部を挿入し深さ方向に進める。
 - (3) 方位を変えて測定を繰り返し、杭や鋼管に正対する方位、それらが無く地盤のみがある方位のデータを取得する (杭正対、鋼管正対、地盤正対と称する)。
- 各方位の測定データを以下の手順で分析する。

- (1) 鋼管正対データから地盤正対データを差し引き、鋼管からの反射波を抽出する。
- (2) (1)の鋼管反射波の伝播時間と、試験孔と鋼管の離隔距離を用いて、電磁波の深さ毎の伝播速度を算出する。地中での伝播速度 c' は、真空中の伝播速度 c と地盤の比誘電率 ϵ_r より $c' = c/\sqrt{\epsilon_r}$ の式で表される。

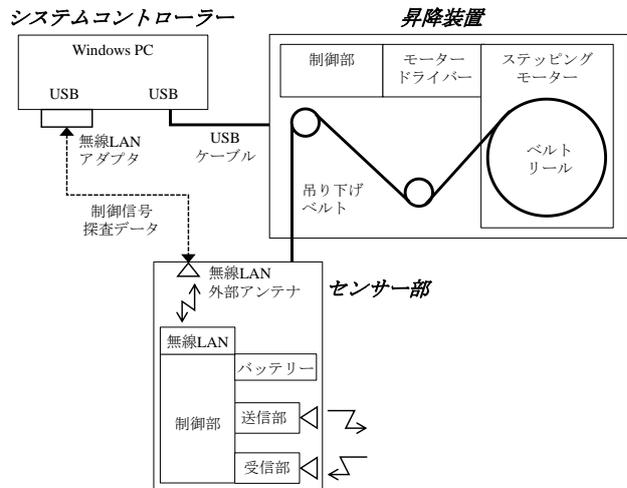


Fig. 2 試験装置の構成概要図
Diagram of Test Equipment

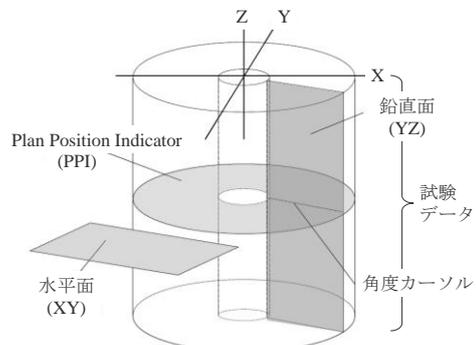


Fig. 3 測定データの表示形式
Display Format of Measurement Data

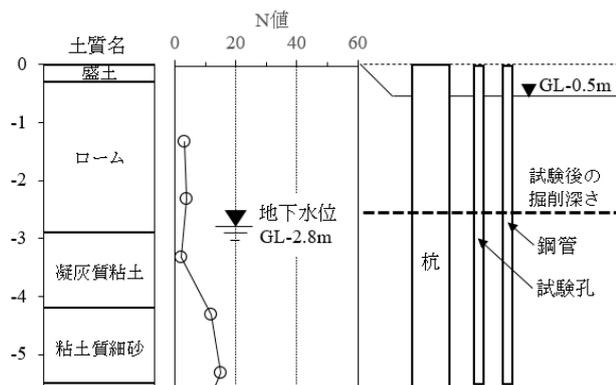


Fig. 4 地盤条件と実験概要
Boring Log and Experiment Outline

- (3) 杭正対データから地盤正対データを差し引き、杭からの反射波を抽出する。
- (4) (3)の杭反射波の伝播時間と(2)の伝播速度を用いて、杭周面と試験孔との離隔距離を求めたのち、試験孔の座標から差し引いて杭周面の出来形を評価する。

3. 実杭の出来形確認事例

試験対象の杭は2本あり、1本はアースドリル工法による場所打ちコンクリート杭(直径1,900mm)、もう1本はプレボーリング工法による既製PHC杭(直径1,200mm)である。地盤条件はFig. 4のとおりであり、杭は同じサイトに打設されている。以降、前者を場所打ち杭、後者を既製杭と略す。試験結果との比較のため、試験後に杭周りを2m掘削して露出させ杭の周面形状を測量した。

場所打ち杭の結果をFig. 5に示す。鋼管正対, 杭正対, それに杭反射の読取線を重ね描いた3つの反射記録断面図(Fig. 3の垂直面YZ)である。図の縦軸は試験孔天端からの深さを、横軸は電磁波の伝播時間より換算した距離を示す。深さ毎の波形の振幅の大きさを白黒で表現し、深さ方向に並べた2次元図である。図より鋼管反射は明瞭であり、それより判別しづらいが杭反射も読み取り可能である。既製杭の結果(杭正対)をFig. 6に示す。既製杭では鋼管の施工精度の問題でそれによる反射を確認できなかったため、同サイトで得た場所打ち杭の伝播速度を適用した。図より明瞭な杭反射を確認できる。

これら試験結果より求めた杭周面の出来形を測量結果と比較しFig. 7に示す。レーダ試験結果については、試験孔の深さ方向に変化する座標を考慮した場合(孔曲がり考慮)と、地表での座標が深さ方向に続くとした場合(孔曲がり無視)の2つを示す。場所打ち杭では深くなるほど杭径が大きくなると評価しており、測量結果の傾向と調和的である。孔曲がり評価精度に影響するため調査可能な深さが制限されること、浅い範囲の杭反射のSN比が小さく読み取りにくい等の課題はあるが、本技術の有効性が認められる。既製杭では当然ながら杭周面はフラットであるが、全深度にわたり概ねその出来形を評価できている。

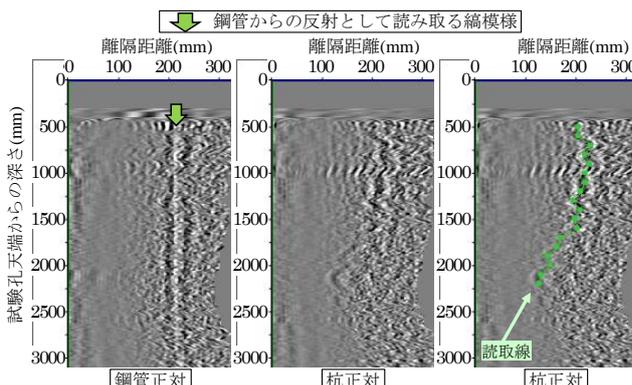


Fig. 5 場所打ち杭のレーダ試験結果
Radar Test Result (Cast-in-place Concrete Pile)

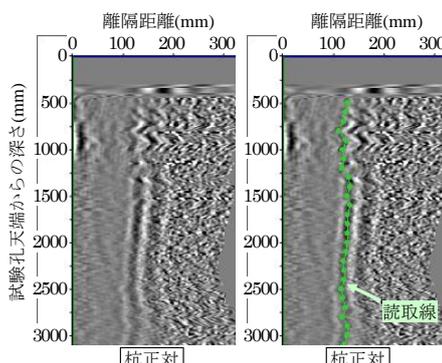


Fig. 6 既製杭のレーダ試験結果
Radar Test Result (Precast Concrete Pile)

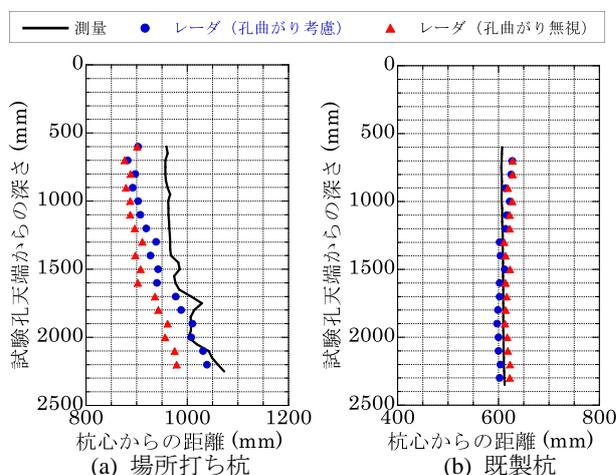


Fig. 7 杭周面の出来形の評価結果
Evaluation of the Finished Shape of Pile

4. おわりに

本報では、電磁波レーダを用いた杭の出来形確認技術について紹介した。新設・既存を問わず、杭の品質確認に対する社会的要請が高まっているものの、地中にある杭の出来形確認は困難との認識は根強い。本技術開発では、評価精度や施工性等課題はあるものの一定の成果が得られた。今後の社会動向も踏まえてブラッシュアップを図り、将来的なニーズに応えられるよう努めたい。