土木学会第52回年次学術講演会（平成９年９月）

V－354

衝撃弾性波法による杭の損傷調査手法の実験

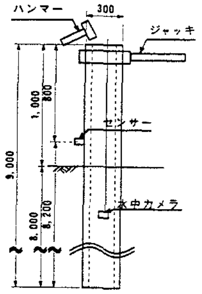
建設省土木研究所　正会員○石田雅博
〃　〃　福井次郎
〃　〃　大越盛幸
東京ソイルリサーチ　〃　阿部秋男

1．はじめに

衝撃弾性波法による杭の非破壊試験（Integrity Test）は、場所打ち杭の施工管理手法として我が国でも普及しつつある。また、平成７年の兵庫県南部地震以降、地震後の杭の損傷調査手法としても注目されている。本文では、実験土槽中での杭の水平載荷試験の際に非破壊試験を実施し、基礎の損傷調査手法としての適用性を検討した結果を報告する。

2．実験の概要

実験の模式図を図-1に示す。測定対象とした杭の水平載荷試験は、土槽内の人工地盤中に杭径30cm、肉厚６cm、杭長９mのＰＨＣ杭を設置して行われたものである。荷重載荷位置における荷重～水平変位曲線を図-2に示す。載荷実験の方法については、参考文献[1]と同じであるので参照されたい。非破壊試験は、載荷前から載荷終了までの載荷、除荷の各段階ごとに行うとともに、杭の中空部に挿入した水中カメラによりひびわれの確認を行った。

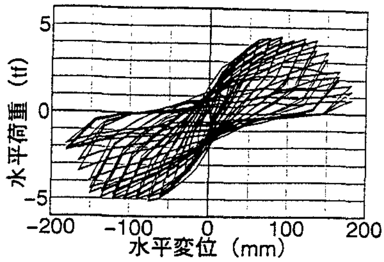


図－１　実験概要

3．実験結果

(1)データ整理方法

図-3に載荷前における非破壊試験の結果を示す。データは同一条件で４回測定し、これをスタッキング（重合加算）したものを用いた。縦軸は相対的な速度レスポンスであり、横軸は時間である。図-3からは、杭先端による速度レスポンスのピークが見られ、位置が明瞭にわかる。Ｌ＝Δｔ×Ｃ／２（Ｌ：長さ、Δｔ：時間、Ｃ：弾性波速度）の関係を用い、杭先端位置から弾性波速度Ｃを逆算すると約4000m/sとなった。

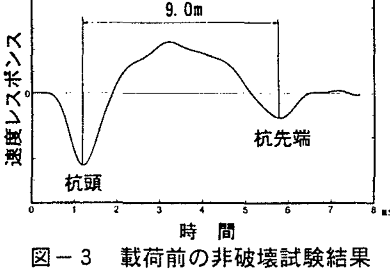


図－２　杭の荷重～変位曲線

また、波形図を基に、境らの方法[2]により杭の形状と地盤の影響の推定を行った。杭を45cm毎の要素に分割して杭の断面積と周面抵抗をパラメータとして応答波形を計算し、実測波形に最も近いものをそのときの杭の状態と考えた。

(2)杭および地盤の損傷状況

図-4は各載荷段階における変位最大時の非破壊試験の波形図である。載荷に伴い、杭先端を示すピークが遅れて現れている。これは、杭体の損傷に伴う弾性波速度の低下のためである。



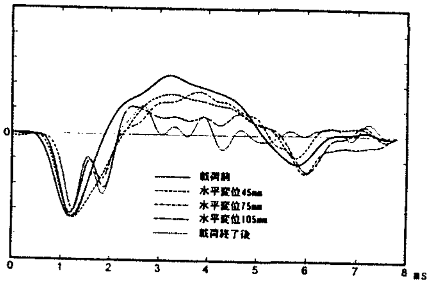
図－３　載荷前の非破壊試験結果

変位が30mmの時までは、波形に変化は現れなかった。変位が45mmの時、入力波の対称性が失われ、損傷が生じていると推定される。

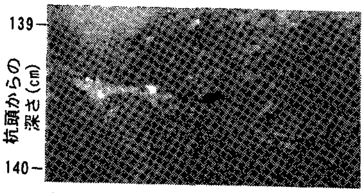
キーワード：非破壊検査、杭、基礎、衝撃弾性波
〒305　茨城県つくば市旭１番地　Tel. 0298-64-4916　Fax. 0298-64-0565
〒305　茨城県つくば市梅園2-1-12　Tel. 0298-51-9501　Fax. 0298-51-9559

しかし、この時、水中カメラではひびわれは発見できなかった。これは、杭体外面に生じたひびわれが杭内面まではまだ達していなかったためと考えられる。

変位が75mmの時に、約２ms付近に速度レスポンスのピークが現れた。弾性波速度を4000m/sとすると、損傷位置は杭頭から1.8mとなる。この時、水中カメラにも写真－１に示すように1.39m付近にひびわれが発見されている。非破壊試験によるひびわれ位置が水中カメラによる位置よりも深くなっているのは、杭の損傷に伴い当初の弾性波速度よりも低下したためであると考えられる。また、水中カメラには離れた位置に複数のひびわれが確認されたが、非破壊試験ではこれらが総合されて現れている。

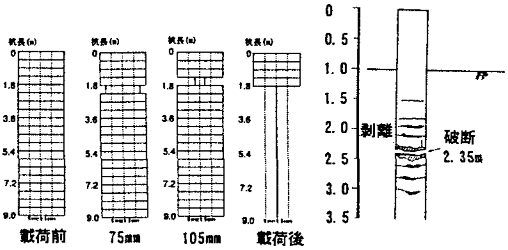


図－４　変位最大時の波形図



写真－１　水中カメラにより撮影したひびわれ（変位75mm）

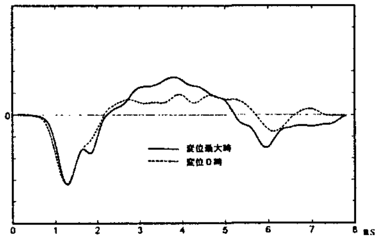
これ以降、水平変位105mmの時はひびわれおよび杭先端からの反射を確認できたが、変位180mmまで載荷した後の測定では杭頭から1.8m位置の損傷による反射波のみをとらえ、杭先端からの反射波は確認できなかった。これは、損傷位置で杭が完全に破断したためである。図-5に非破壊試験を基に杭形状の推定結果と、載荷後に砂を取り除いた後の杭体のスケッチ図を示す。



図－５　杭形状の推定結果と載荷後のスケッチ

(3)載荷時と除荷時の比較

図-6は、水平変位75mmの最大変位時の試験結果と75mm載荷後に変位を０に戻したときの試験結果を比較したものである。水平変位60mmまでは、変位を０に戻すとひびわれが閉じるため損傷位置からの反射波を判別することはできなかったが、75mm以降は変位を０としたときは反射波が小さくはなるが、損傷が生じていることは確認できた。



図－６　変位75mm時の変位最大時と変位０時

４．まとめ

非破壊試験による杭の損傷の推定は、水中カメラによる観測結果と概ね一致した。また、カメラでクラックを観測する以前に非破壊試験により損傷が確認され、変位75mm以降は変位を０に戻しても損傷が生じていることを確認できた。これらのことは、杭の非破壊試験が地震後の杭の損傷調査に十分応用できることを示している。ただし、実際の杭はフーチングで結合されており、フーチングからの反射波の影響を考慮する必要がある。

今後は、非破壊試験による調査結果から杭がどの程度損傷を受けているかを定量的に評価する方法を、さらに検討していきたい。

参考文献

１）大越盛幸他：地盤中の鋼管杭の変形特性に関する交番水平載荷試験，土木学会第５２回年次学術講演概要集，1997年９月
２）境友昭、下坪賢一：波動理論を応用した杭の形状推定方法，土木技術資料 Vol. 32, No. 8, 1990年3月