

地中工作物の健全度調査手法の研究

東北電力株式会社 正会員 ○鈴木 健
東北電力株式会社 正会員 佐々木 牧夫

1. はじめに

地中工作物である既製コンクリート杭については施工前の工場での製品検査、施工中の動的支持力公式による支持力確認などにより杭の健全性を確認している。しかし、基礎構築後は、杭が基礎コンクリートの直下に埋設されているため健全性を確認できないのが実状である。近年、当社管内でも度々、大規模な地震が発生している中で地震発生後に杭の健全性を把握することは非常に重要であると考えられる。そこで、施工段階において基礎コンクリートに加工を施すことで、施工後の健全度調査を可能にできないか検討を行った。

2. 調査方法

(1) インティグリティ試験

調査方法は各種方法の中から測定の容易性を考慮して、非破壊検査であるインティグリティ試験（以下「IT試験」という）を採用することとした。IT試験は、杭頭を鉛直に軽打し、杭体軸方向に弾性波を伝播させる。杭先端やクラック、形状変化により発生する反射波の伝播時間・反射振幅を測定することで変化点の有無やその位置を把握することができる。

(2) 測定部構造および測定方法

IT試験では基礎コンクリートの影響を除くための方法としてコア抜きにより杭頭を露出する方法が提案されている¹⁾が、基礎コンクリートの鉄筋切断の回避や地震後の調査の迅速性を考慮して建設時に予め測定孔を設けることにより測定精度の向上を図ることとした。実際には図-1に示すように調査対象のφ450PHC杭頭へφ65鋼管2本（打撃用と測定用）を溶接しておくことで、コンクリート打設後に測定孔を確保する構造とした。調査は、プレボーリング拡大根固め工法で埋設したPHC杭14本を対象とした。

3. 調査結果

基礎構築前の測定波形とその波形から想定される杭の状況を図-2上部に、基礎構築後の波形と想定される杭の状況を図-2下部に示す。基礎構築前は杭内

部の充填面と杭先端部で反射が見られ、杭体の弾性波速度を $V_p=3,900\text{m/s}$ とすると球根部を含めた杭長は 5.7m となる。杭頭で打撃を加えた場合、弾性波の応答振幅は通常打撃方向（正の振幅）に伝わるが、基礎構築後のように打撃点よりも上位に基礎コンクリートがある場合は、打撃した方向と逆（負の振幅）に伝わる。このため、伝わる弾性波は正・負両方の振幅を持つ波が重った複雑な波形となる。

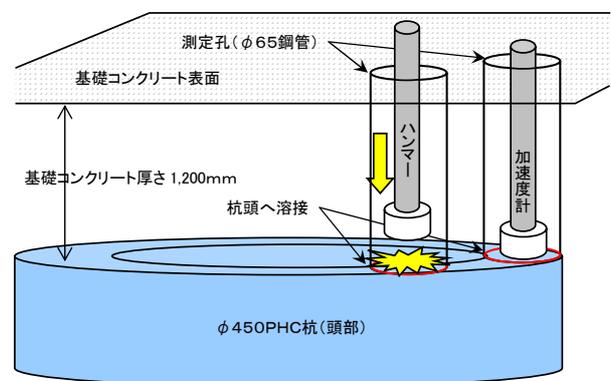


図-1 測定孔構造の概要

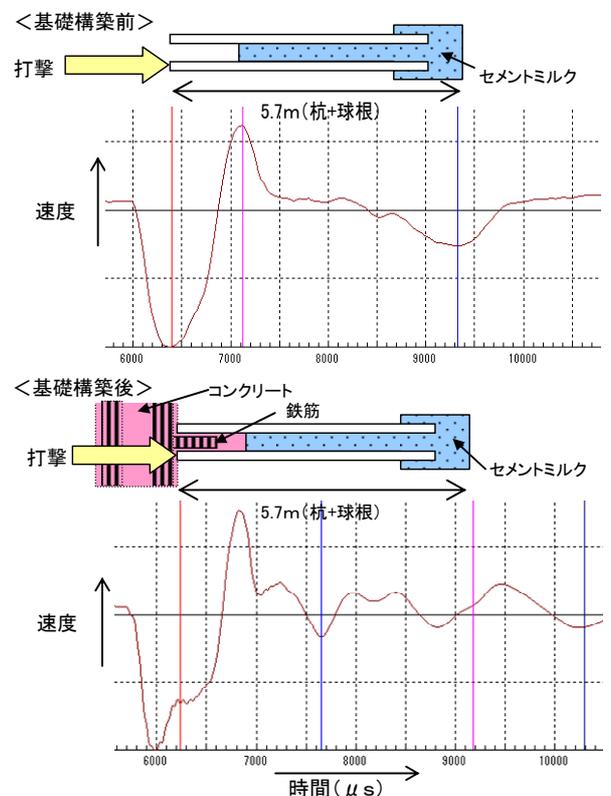


図-2 測定波形と想定杭

キーワード：非破壊検査、インティグリティ試験、既製コンクリート杭

連絡先：仙台市青葉区本町1丁目7-1 東北電力（株）送変電建設センター、tel:022-799-6182、fax:022-222-0453

4. 考察

(1) 理論波形

基礎および杭の形状からみた理論波形は、以下の状況で伝播する波形が複合したものと想定される。

- A：打撃点から下方に伝播し、杭先端で反射する波
- B：打撃点から下方に伝播し、鉄筋の下端で反射し基礎コンクリート上端で反射する波
- C：打撃点から上部へ負の振幅で伝播し、基礎コンクリート上端で反射して再び杭体に伝播し、杭先端で反射する波
- D：打撃点から上部へ負の振幅で伝播し、基礎コンクリート上端で反射して再び杭体に伝播し、鉄筋下端で繰り返して反射する波

理論波形の反射のイメージを図-3に示す。

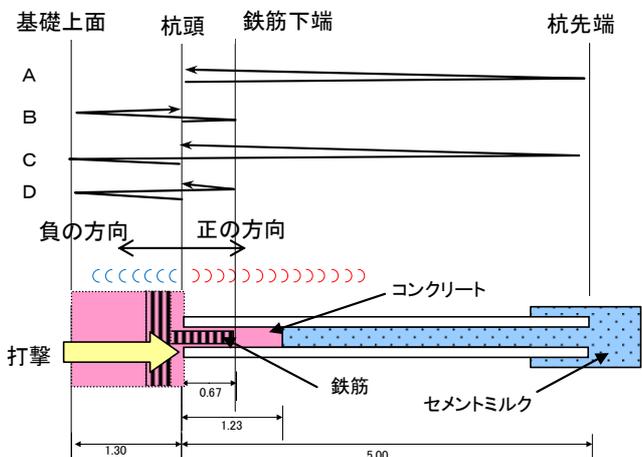


図-3 杭形状から想定される反射のイメージ

図-4はA～Dを重ね合わせた理論波形と測定波形(図-2下部)を比較したものである。測定波形と理論波形を比較すると凹凸ピークが良く一致している。

今回の実証試験結果から、以下のことが確認でき、基礎構築後の杭の健全性調査手法としてIT試験を用いることは有効であると判断できる。

- ・基礎構築後でも、予め杭頭部打撃のために測定管を設置することにより測定が可能である。
- ・測定波形では、杭先端からの反射波が確認でき、杭全長を調査できる。
- ・測定波形に見られる反射波は、杭基礎の形状変化に合った位置に発生している。
- ・測定したすべての杭について、測定波形がほぼ同じ波形である。

(2) 健全性の把握

これら測定結果から、杭体の健全性を把握するためには、以下のようなポイントが挙げられる。

a. 杭の施工状況や諸元情報の把握

測定された反射波は、基礎や杭の形状・状態によるものであったため、杭形状・床版厚さ・帯鉄筋の長さなど施工状況や諸元情報が記録されている杭であれば、変状(例えばひび割れ)発生を把握することが可能と考えられる。

b. 測定波形の相互比較

今回の調査では測定波形が測定対象杭のすべてにおいてほぼ同じであったことから、健全であると判断される。測定した多くの杭の波形を相互に比較することで、損傷による有意な反射かどうかを判断することが可能である。

c. 初期波形の記録との比較

基礎構築直後など健全な状態において測定した初期波形を記録し、後年の健全度調査の際に初期波形と比較することで、初期波形と異なるイレギュラーな反射波を特定し変状を推定することが可能である。

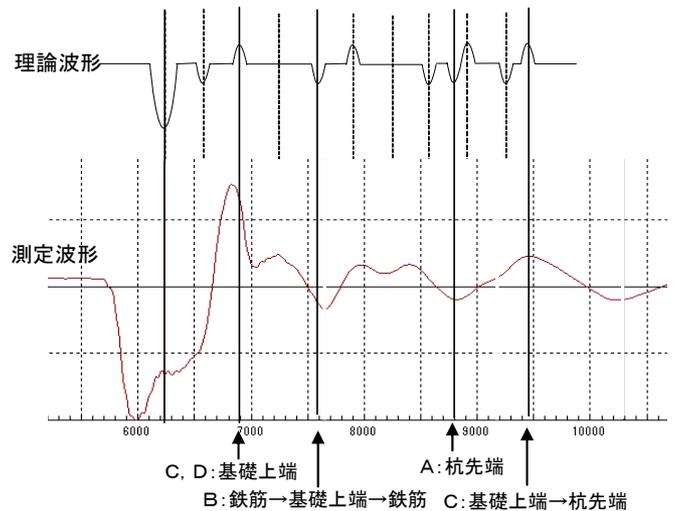


図-4 測定波形と理論波形の比較

5. おわりに

本研究では、基礎構築後に杭の健全性を調査するため、建設時に測定孔を設置してIT試験を実施することを検討した。その結果、基礎構築後の測定波形には基礎諸元に関わるさまざまな波形が含まれることが判明し、それらの影響を考慮することで健全性が調査できることを確認した。このことから、杭および基礎諸元を把握しておくことが健全度調査に重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所他. 橋梁基礎構造の形状および損傷試験マニュアル, インテグリティ試験を用いた橋梁基礎の損傷試験法マニュアル. 1999.