

杭の再利用のための高周波衝撃弾性波法を用いた健全性評価の調査

中部電力(株)工務技術センター主任 正会員 ○川嶋直人
 東海コンクリート工業(株) 正会員 大谷義之
 青木あすなろ建設(株)技術営業本部 正会員 吉川正浩

1. はじめに

近年、高度成長期に建設された発電所や変電所の機器設備は、経年により更新の時期を迎えている。更新に伴い機器設備の杭が健全性や耐久性に問題がない場合には、杭を再利用することで環境、コスト、工期などで大きなメリットがある。一般的に杭のひび割れ有無などの調査は、非破壊試験として IT 試験法があるが、杭頭の露出が試験条件となり、微細なひび割れの調査は困難である。また、杭種が既製コンクリート杭では、フーチングを撤去して杭頭を切断すると、プレストレスが抜けてしまうカットオフの問題も生じる。

そこで、既設の杭基礎を用いて、実際にひび割れを発生させた杭で高周波衝撃弾性波法によるひび割れ調査方法の有効性を評価した。

2. 調査概要

更新の時期を迎えた変電設備機器を撤去したフーチングのある状態から、杭の水平載荷試験方法により PC 杭 ($\phi 300$, $L=7.0\text{m}$) にひび割れを発生させ、その前後でフーチング上部面から高周波弾性波法によるひび割れの調査を行なった。そして調査の後に、ボアホールカメラで杭内部を観察して得られたひび割れ位置と比較した。

3. 技術概要

高周波衝撃弾性波法は、構造物に受振センサを設置して、鋼製ハンマーの打撃により弾性波を発生させ、反射波の伝搬時間を計測することで、構造物の寸法(深度)やひび割れを調査できる非破壊試験法¹⁾である。特定の周波数範囲を選択するフィルター機能²⁾と高い指向性により、フーチングを介在した場合でも杭長や微細なひび割れ位置とひび割れの程度が推定できる。

4. 水平載荷前の調査

杭にひび割れを発生させる前のデータを収集するため、既往図面から測量したフーチング上部面の杭直上位置から、高周波衝撃弾性波法により健全性調査を行なった。図-1 に調査位置を、波形図-1 に調査波形図を示す。波形図には、ひび割れの無い杭先端位置の反射波①を検知している。その結果、健全な杭であることが確認できる。

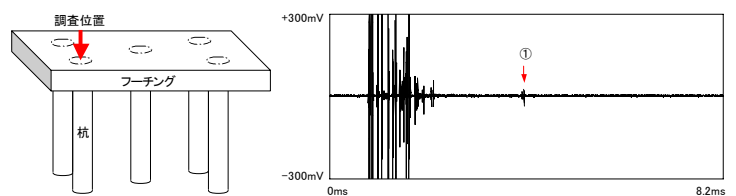


図-1 調査位置 (載荷前)

波形図-1 健全杭の波形図

5. 水平載荷後の調査

対象杭のフーチング外周を切断して、杭にひび割れが発生する荷重まで載荷を行なった。水平荷重 68.6kN 以降の杭頭変位量が増大したため、ひび割れが発生したことを確認した。その後、載荷を開放にした無載荷状態から水平荷重 52.9kN, 73.5kN, 86.2 kN に水平荷重を段階的に載荷しながら、フーチング上部面の杭直上位置から高周波衝撃弾性波法により各載荷状態でのひび割れ調査を行なった。図-2 に調査位置を、図-3 に載荷状況平面図を示す。

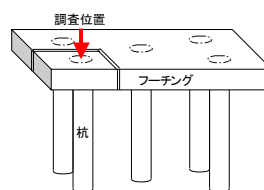


図-2 調査位置 (載荷後)

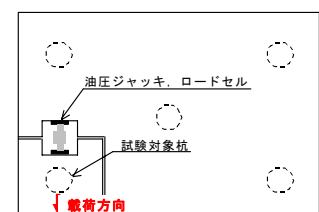
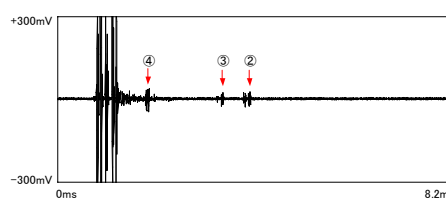


図-3 載荷状況平面図

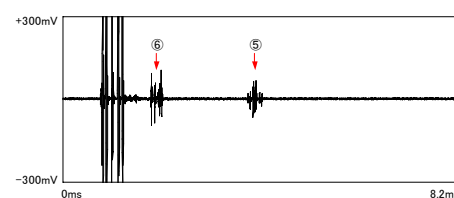
キーワード：PC 杭，再利用，健全性，非破壊試験，IT 試験

連絡先 〒456-0022 名古屋市熱田区横田2-3-24 中部電力(株)工務技術センター土木建築課 TEL052-682-3438

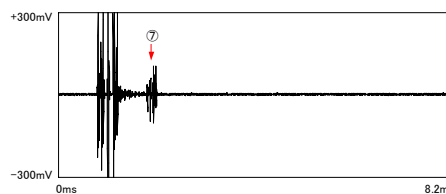
波形図-2～波形図-5 に調査波形図を示す。波形図-2 は所定の載荷後に水平荷重開放状態（無載荷状態）での調査波形図である。杭先端位置の反射波②の他に複数のひび割れの反射波③④を検知している。波形図-3 は載荷 52.9kN 状態での調査波形図である。杭先端位置の反射波⑤の他にひび割れの反射波⑥を検知している。波形図-4 は載荷 73.5kN 状態での調査波形図である。杭先端位置の反射波は検知されず、ひび割れの反射波⑦を検知している。波形図-5 は載荷 86.2kN 状態での調査波形図である。載荷 73.5 kN 状態と同様に杭先端位置の反射波は検知されず、ひび割れの反射波⑧を検知している。



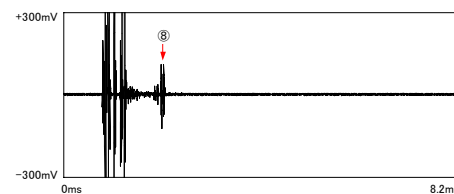
波形図-2 無載荷時の波形図



波形図-3 載荷 52.9kN 時の波形図



波形図-4 載荷 73.5kN 時の波形図



波形図-5 載荷 86.2kN 時の波形図

6. ボアホールによる杭内部観察

高周波衝撃弾性波法の調査後に、杭内部にボアホールカメラを挿入して杭内面のひび割れ有無を観察した。杭内部全周に 1 mm以下のひび割れが杭頭から 1.86～2.14m 位置に複数本を確認できた。図-4 と図-5 に杭頭から 1.96m位置と 2.02m位置のひび割れ写真を示す。尚、杭頭から 3m 以深は杭内部に土砂が充填していたため観察はできなかった。



図-4 カメラによる観察結果



図-5 カメラによる観察結果

7. 調査結果と考察

表-1 に調査結果を示す。高周波衝撃弾性波法による比較的大きなひび割れ位置と、ボアホールカメラの杭内部観察結果は適合している。一方、微細な

表-1 調査結果一覧

項目	載荷状態	高周波衝撃弾性波法による杭頭からの深度位置(m)			BHカメラによる杭頭からのひび割れ深度位置(m)
		推定杭長	比較的大きなひび割れ	微細なひび割れ	
載荷後の調査結果	無載荷	6.38	5.35	—	1.86
	載荷52.9kN	6.33	1.75	—	1.96
	載荷73.5kN	—	2.03	—	2.02
	載荷86.2kN	—	2.03	—	2.08
			1.98	0.93	2.14

ひび割れ位置は、ボアホールカメラでは観察できなかった。微細なひび割れが杭外周部に発生したことが推測できる。表中の下線値は、高周波衝撃弾性波法によるひび割れ位置と、ボアホールカメラによるひび割れ位置が、適合している杭頭からの深度位置である。載荷 73.5kN および 86.2kN 状態での調査では、載荷により杭の全断面にひび割れが発生したため弾性波が全反射して、ひび割れ以深には伝播しなかったために杭先端からの反射波が検知されなかったと推測できる。調査結果から下記の事項を評価することができた。

- 1) フーチング直上から PC 杭長を確認できること。
- 2) フーチング直上から PC 杭のひび割れ位置・程度を確認できること。

8. まとめ

高周波衝撃弾性波法によるフーチングを介した杭のひび割れ調査法の有効性が実証された。今後、現場への成果導入に向けて、複数種の既設杭（長尺杭，RC 杭，PHC 杭等）の検証を補充して、更なるデータ蓄積の充実を図る予定である。

参考文献

- 1) (財)先端建設技術センター:オーリス(非破壊探査システム)先端建設技術審査証明報告書, 1997 年 3 月 17 日。
- 2) 特許庁:特許第 2877759 号, 青木あすなろ建設(株), 杭または構造物の動的診断方法。