

杭の非破壊試験（IT試験）を活用した 埋込み杭の支持層到達の確認に関する検討

構造研究グループ 上席研究員 井上 波彦

I はじめに

既製杭のうちセメントミルクを用いて根固め部分を築造する工法（プレボーリング根固め工法（セメントミルク工法）やプレボーリング拡大根固め工法など）については、施工時に支持層の位置を直接確認せず、代わりに電流計又は積算電流計による指示値に基づいて判断することがほとんどである。しかしながら平成 26 年の杭の支持層への未達問題で見られたようにデータそのものの真正性に疑義が生じた場合には、事後の支持層位置の確認や杭先端部の形状把握のための追加の地盤調査等に多大な労力を割くこととなった。

そこで本検討では、これまで杭体の健全性を非破壊で調査するために用いられてきたパイル・インテグリティ・テスト（以下「IT試験」）を活用することで、掘削時のデータに頼らず先端支持層への到達状況を簡易に判定する手法を開発することを目的として実験を実施した。

II 実験的検討

(1) 検討の概要

図 1 に、本検討で想定する手法の概要を示す。

IT試験は、杭頭部を杭先端に向かって打撃して行う試験法である。反射波は通常の健全な杭であれば先端付近で、また損傷等で物性が不連続な部分があればその箇所でも発生するため、観測された反射波を分析して杭体の健全性を把握することができる。逆に、先端が堅固な地盤に打設されている場合には先端からの明瞭な反射波が得られないおそれがあるとされている。本検討では、この適用上の問題点を利用し、杭の施工段階として杭先端の根固め部分が固化する前の状態（①：杭先端の反射が明瞭）、根固め部分が十分に固化し杭先端部が周囲の支持層と一体化した状態（②：杭先端の反射が不明瞭）及び根固め部分が固化した状態で支持層に到達していない状態（②'：杭先端の反射が明瞭）についてそれぞれ IT試験を実施し、結果を比較することで、杭の先端支持層への到達の状況を判断する手法への活用を試みた。

状態	波形	結果
①未固化		先端反射が明瞭
②固化・到達 (OK)		先端反射が不明瞭 (支持層と一体化)
②' 固化・未達 (NG)		①と類似(セメントミルク先端からの反射)

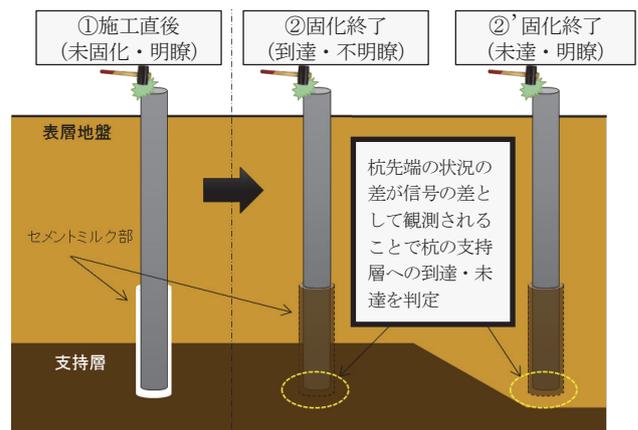


図 1 想定する手法の概要

(2) 地盤及び杭の施工条件

実験は、岐阜県祖父江市内（A現場）及び茨城県猿島市内（B現場）で行った。両現場のN値分布と、想定支持層及び試験杭の位置関係を図 2・図 3 に示す。

A現場は支持層以深も堅固な典型的L型地盤、B現場は中間支持層となる地盤と条件は異なるものの、それぞれ支持層への到達状況に差を生じるように杭長を変えた条件で施工を行った。いずれの杭にも杭先端から上下 1 m にセメントミルクを用いた根固め改良部分が設けられている。なお、B現場の地盤調査位置は杭施工位置より約 30m 離れていたため、参考として杭施工位置の近傍で別途試験杭を施工し積分電流値を取得したところ、おおむね同様のデータが得られている。

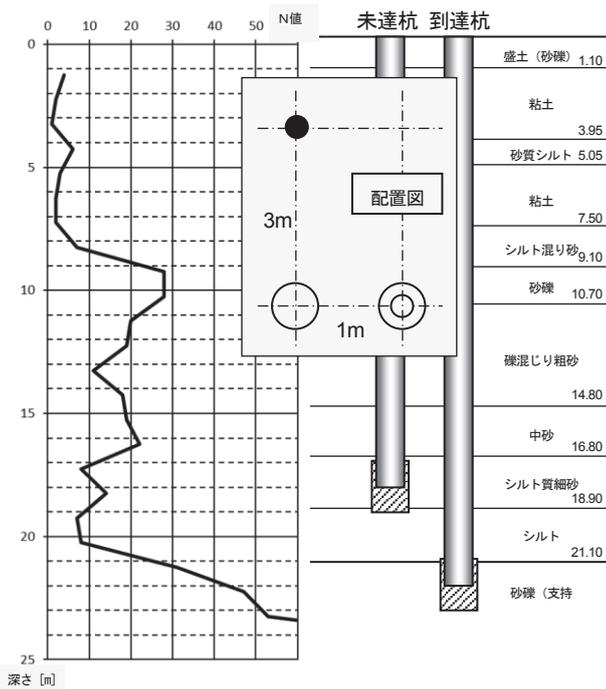


図2 A現場 (○: 未達杭・◎: 到達杭・●: 地盤調査 (ボーリング) 位置)

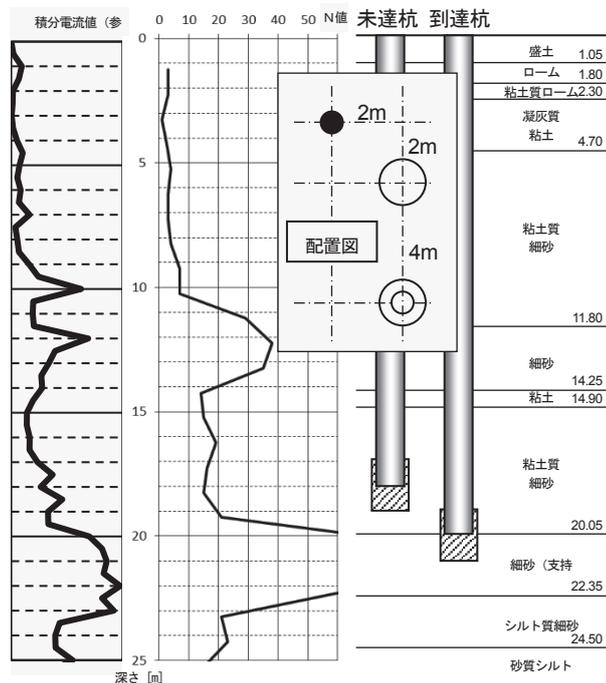


図3 B現場 (○: 未達杭・◎: 到達杭・●: 試験杭 (積算電流値取得) 位置)

(3) 実験結果

本検討においては杭先端部分 (根固め改良体) の条件の差異に応じた反射波の違いを計測することで支持層到達を判断することを目指している。そこで、施工直後から4週までの7段

階 (直後、1h、1日 (24h)、1週 (168h)、2週 (336h)、3週 (504h)、4週 (672h)) においてIT試験を実施し、杭先端からの反射波を観測した。先端反射波の強度 (加速度) を杭頭での入力 (打撃) の最大値で規準化した結果を振幅比とし、その時間変化を図4及び図5に示す。

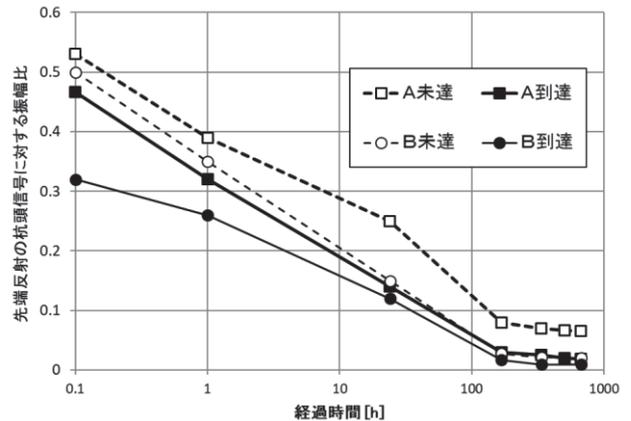


図4 振幅比の時間変化 (施工直後は0.1hとして表示)

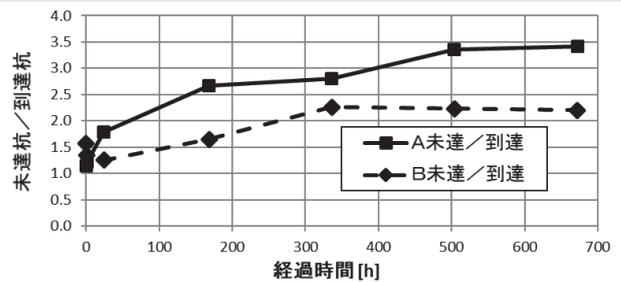


図5 未達杭と到達杭との振幅比の比率

図4に示す通り、振幅比はA・Bいずれの現場においても杭施工後の経過時間が1週 (168h) までは減少し、その後は4週 (672h) まで数値が安定する傾向が見られ、杭先端の条件が到達の場合より未達の場合の振幅比が大きくなった。また図5に示す通り、支持層の条件に関しては、ほとんどの時点でA現場 (L型地盤) における数値がB現場 (中間層支持) よりも大きな数値となった。

III まとめ

杭の非破壊試験法であるIT試験を活用することで、掘削時のデータに頼らず先端支持層への到達状況を簡易に判定する手法を開発することを目的として実験を実施した。反射波の振幅比は杭先端の条件 (未達または到達) や支持層の条件 (L型地盤または中間層支持) に応じ異なる傾向を示し、今後、地盤条件や杭長などをさらに変化させた検討を加えることで、適用範囲の明確化や各種の杭種・杭径に応じた試験法の規格化につなげてゆく予定である。