

# 埋込み杭の施工管理手法

吉田 光<sup>1</sup>・石田 昇平<sup>2</sup>・山崎 友也<sup>3</sup>・可児 幸彦<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>非会員 榊大建設 (〒461-0001 名古屋市東区泉2-27-14)

<sup>1</sup>E-mail: hikaru@daiken-sekkei.co.jp

<sup>2</sup>E-mail: shohei.i@daiken-sekkei.co.jp

<sup>3</sup>非会員 日本コンクリート工業株式会社 (〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1-11-5)

E-mail:yamazaki@star.ncic.co.jp

<sup>4</sup>正会員 榊エイトン (〒450-0002 名古屋市中村区名駅5-3-8、森ビル3F)

E-mail:kani@eiton.co.jp

市街地におけるPC杭の施工では埋込み杭工法が多くを占めているが、杭支持力を確認する定量的な手法は、いまだ確立されていない。一方、近年、経済性を追求するため杭支持力を大きく取ることができる工法が開発されている。埋込みPC杭の杭支持力は、杭先端支持力と杭周面摩擦力の和であり、これらを算出するには、各地層を把握する必要があると、とりわけ、杭先端支持層の把握が重要となる。そこで、名古屋市内での埋込みPC杭の施工管理事例を紹介する。杭仕様は杭径：500φ、700φ、800φ 杭長：18mで、杭支持層は海部・弥富累層を想定した。杭工事に先立ち、試験掘削、試験杭を行い、得られたデータに基づいて本杭工事を行った。データとしては、杭打機の電流値や積分電流値、それに、ベントナイト液の注入量などに着目し、ボーリングデータと比較しながら、各地層の把握を行った。

**Key Words** : electrical current value; integrated electrical current value; N value; the bearing capacity of the bored pile

## 1. 杭先端部支持層

表層より盛土(B)、沖積層(A)、鳥居松層(D5)、熱田層上部(D3u)、熱田層下部(D3L) 及び 海部・弥富累層(Dm)の順位に分布する。鳥居松礫層より以深の層が洪積層である。建物の杭先端支持層として、鳥居松礫層(D5)、熱田層上部(D3u-sg)および海部・弥富累層(Dm)などを検討した。D5層やD3u-sg層の下位に粘性土が分布するため、安全性を考慮してDm層を支持層とした。

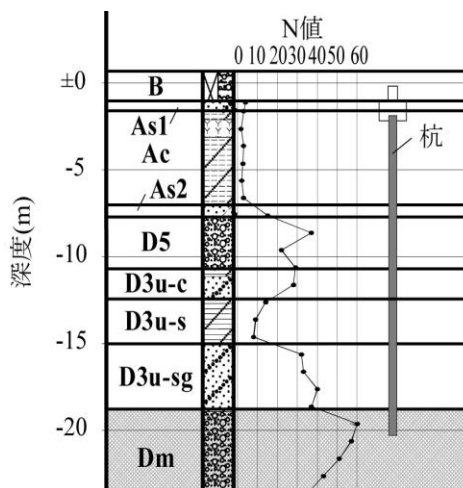


図-1 土質柱状図

## 2. 杭の施工法

杭工法はプレボーリング拡大根固め工法に分類されるHyper-MEGA工法を採用した。この工法の施工手順は、拡大ヘッドの中心を杭芯位置に合わせ、鉛直性を確認しながら掘削を開始する。地盤の状況に応じて適宜拡大ヘッドの先端から掘削液を注入しながら掘削深度下端まで掘削を行う。掘削下端深度まで掘削したら杭周充填液に切替え、吐出しながら上下反復して掘削土砂と攪拌混合する。その後、拡大ヘッドを掘削下端位置まで下げ、杭周充填液から根固め液に切り替える。根固め液を吐出しながら根固め部の範囲を上下反復して攪拌混合する。根固め部築造後、オーガを引き上げる。その後、掘削孔に杭を挿入し、鉛直性を確認しながら所定深度まで沈設して支持層に定着させる。

## 3. 埋込み杭の施工管理

埋込み杭の施工管理手法として、杭工事に先立ち試験掘削、試験杭を行い地盤の状況を地質調査のデータと比較しながら確認した。

**(1) 試験掘り**

杭工事に先立ち、ボーリング調査位置の近傍で試験掘削を行った。試験掘削は、使用予定の機械及び設備を用いて計画掘削深さまで行った。時間、掘削深度、電流値、積分電流値、セメントミルク（根固め液、杭周充填液）の注入量の計測を一元的に統合処理する統合型管理装置を用いて掘削深度を管理しながら行った。

オーガ駆動装置の負荷電流値の変化を読み取り、土質柱状図に記載されている N 値と電流値の相対的な変化を対比して地盤構成の確認を行った。杭先端の支持層の確認は、電流値や積分電流値の変化や杭打機の振動、オーガ駆動装置の音の変化から判断した。なお、掘削ビットの先端部に附着している土砂を採取して先端地盤の確認も行うため、杭支持層付近での掘削液の注入は、行なわなかった。

**(2) 試験杭**

ボーリング調査位置の近傍で試験杭を行った。試験杭は、使用予定の機械及び設備を用いて、計画掘削深さまで掘削した。統合型管理装置を用いて掘削深度を管理しながら掘削を行った。オーガ駆動装置の負荷電流の変化を読み取り、土質柱状図に記載されている N 値と電流値の相対的な変化を対比して地盤構成の手がかりとした。

電流値、積分電流値の変化や杭打機の振動、オーガ駆動装置の音の変化を確認し、先端地盤を確認した。杭周充填液、根固め液を注入し、その後、計画深度まで杭を沈設した。

**(3) 支持層の確認方法**

支持層の確認は下記の方法で行った。

- ・地盤調査による確認
- ・試験掘削時のオーガ駆動装置の電流値、積分電流値の波形と N 値を対比して定性的な変化の確認
- ・採取土による支持層の確認
- ・試験杭時のオーガ駆動装置の電流値、積分電流値の波形と N 値を対比して変化の確認
- ・本杭のオーガ駆動装置の電流値、積分電流値の波形と N 値を対比して変化の確認と試験杭のデータと対比して定性的な変化の確認
- ・杭打機の振動・オーガ駆動装置の音の変化による確認

**(4) 試験掘削から判明したこと**

- ・地層変化の判断は瞬時電流値の波形が参考となる。
- ・電流値には、杭打機の大きさ、オーガモータの大きさ、掘削径、掘削液の有無、掘削液の量、周面地盤の抵抗、回転速度（高速・低速）の影響が考えられる。

- ・掘削速度は土が密であるほど遅くなる。
- ・掘削速度が遅いほど積分電流値が大きくなる。

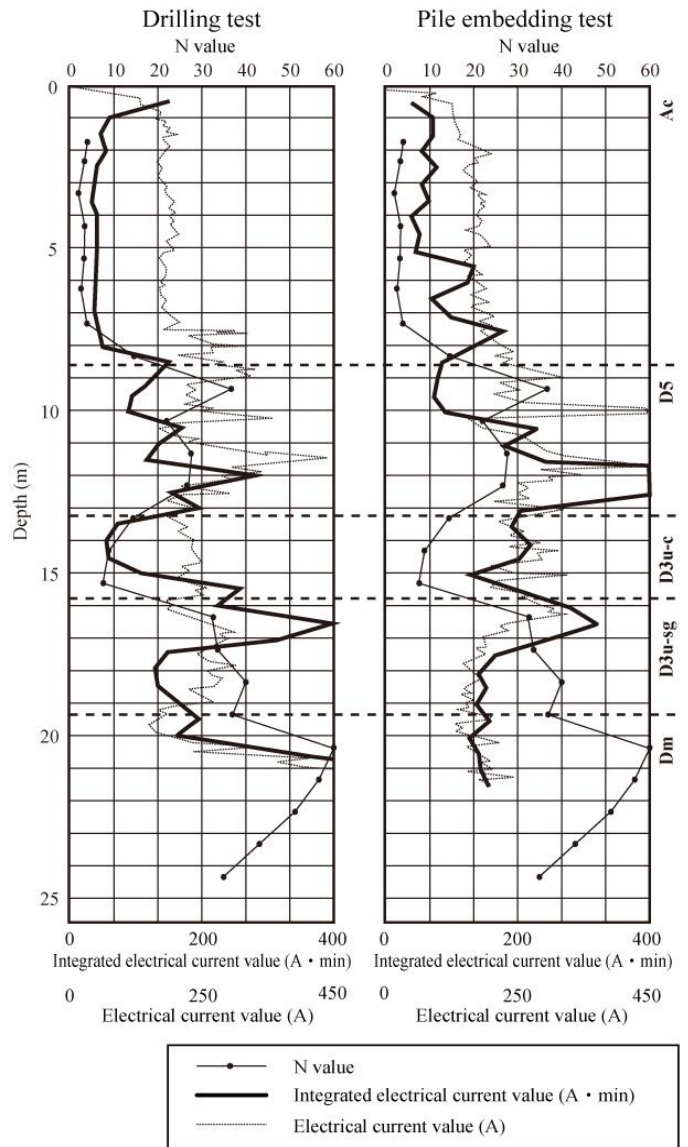


図-2 試験掘りと試験杭の施工結果データ

**(5) 試験杭から判明したこと**

- ・同じ地層でも掘削液の使用の有無により電流値が変化する。
- ・支持層付近の電流値を試験掘削と試験杭とで比較をすると、支持層付近で掘削液の注入を止めている試験掘削の方が電流値が大きくなっている

**(6) 本杭から判明したこと**

- ・φ 500 は支持層付近の積分電流値が大きくなるが、φ 700、φ 800 は支持層付近の積分電流値は大きくならなかった。これはφ 700、φ 800 は計画掘削深度まで掘削液を使用しているため、掘削時の抵抗が上がらず電流値が大きくならなかったことが考えられる。

- ・ボーリング柱状図の地層区間毎の掘削速度では、掘削径が異なっても区間の掘削速度には大きな違いが見られなかった。
- ・試験杭及び本杭の電流値・積分電流値のデータから推定される支持層上端深度は、19.4m～20.5mであった。

**a) 電流値の重ね合せ結果**

シルト層での電流値の波形の特徴は緩やかに蛇行している。シルト層が持つ特有の電流値波形が深度 3m 付近以深から深度 8m 付近までに確認された。深度 8m 付近以深から 13m 付近までは、砂礫層の特徴である鋭い山形の波形が観察された。深度 13m 以深からは、砂礫層の特徴である鋭い山形の波形が見られる場合と、砂礫層の波形より細かい振れの砂層の波形が観察される場合がある。

これらは、地層中の礫の混入量によるものと考えられる。

**b) 積分電流値の重ね合せ結果**

積分電流値とボーリング柱状図の N 値とを対比すると、シルト層では N 値との相関が比較的良好だが、砂層・砂礫層では N 値との相関が悪くなる傾向がある。施工した杭の全てにおいて概ね同じような傾向を示していることが観察された。中間層の砂礫層ではすべての杭において積分電流値が大きくなっていることが確認できた。

なお、支持層付近では杭 500φのみ掘削液の注入を停止しているため、積分電流値が大きくなっていることが確認できる。また、積分電流値は、50cm 区間の平均電流値を積分し、区間の下端位置にプロットしているため N 値と積分電流値のプロットの位置にはずれがある。

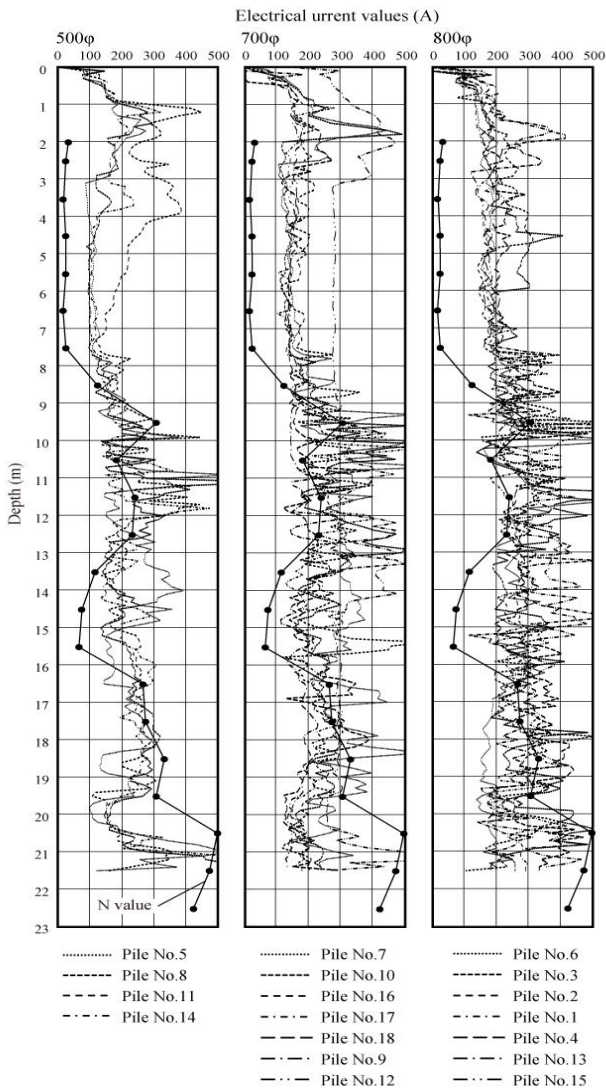


図-3 電流値の重ね合せ結果

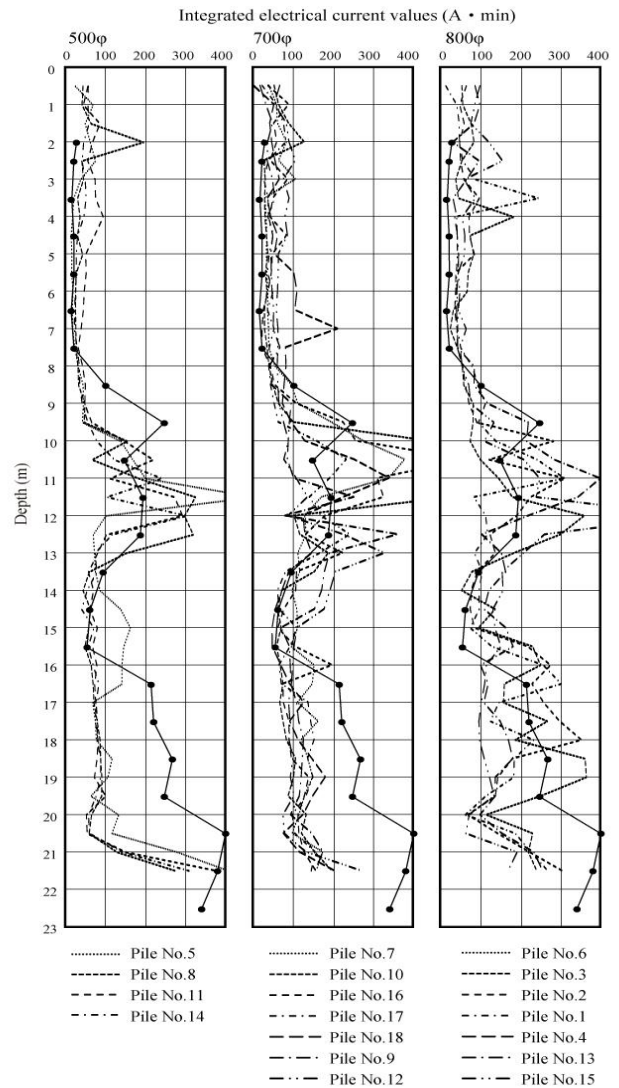


図-4 積分電流値の重ね合せ結果



#### 4. まとめ

電流値の波形は、地層変化を判断する手がかりとなる。土が密であるほど掘削速度は遅くなり、掘削速度が遅くなるほど積分電流値が大きくなる。

電流値は、掘削をスムーズにする目的で注入した掘削液の影響により地盤抵抗が減少するため、同じ地盤であっても掘削液の有無で異なった結果となる。この現場では、 $\phi 500$  では支持層付近で掘削液を止めているのに対し、 $\phi 700$ ,  $\phi 800$  では所定掘削深度まで掘削液を使用しており、掘削液を止めた $\phi 500$  では支持層付近の電流値・積分電流値の増加が明確に見られた。

掘削液の注入量を減らした、又は止めたタイミングで電流値・積分電流値が大きくなるのが確認できることから、支持層を判断する際には、施工に支障をきたさない範囲で支持層に到達する前から掘削液の注入量を一定に又は止めて電流値の変化を観察するのが望ましい。

電流値・積分電流値には、杭打機のサイズ、オーガモータの大きさ、掘削径、掘削液の有無、掘削液の注入量、周辺地盤の抵抗、回転速度（高速・低速）等による要因が含まれる。

今後の課題としては、データを蓄積するに当たり、施工条件毎（杭打機のサイズ、オーガモータの大きさ、掘削径）に分けてデータを蓄積・整理する必要がある。

また、掘削液の注入のタイミング・注入量の判断は、杭打機オペレータによる判断とされているが、ある程度統一された見解のもとに行われるようにすることが重要である。

今回の現場では、杭径が $\phi 500$ 、 $\phi 700$ 、 $\phi 800$ の3種類があり、杭打機の選定は最も杭径が大きい $\phi 800$ を基準に選定をされている。杭径が異なっても同じ杭打機・オーガモータにて施工することになる。杭径が大きいものでは、杭打機の性能目一杯付近で施工することになるため、支持層へ到達した際の電流値・積分電流値の変化が明確になる傾向にあるのに対し、細い杭径では変化が分かりにくいケースが出てくる。さらに掘削下端まで掘削液を使用してしまうとさらに判断が難しくなる。杭径が混在する場合には、今回の現場のように杭径によっては、掘削液の使用をやめるなどの対応が必要である。

#### 参考文献

- 1) 日本建設業連合・コンクリートパイル建設技術協会：杭の施工管理における支持層到達の確認方法（既製コンクリート 埋込み工法）,2016
- 2) 堀内孝英、可児幸彦、早川尚：埋込み杭工法における支持層の確認手法の試み、第2回地盤工学シンポジウム、中部支部、p p 113-116,1990
- 3) Yoshida H,Iahida S,Okuda M,Nacane Y,Kani Y "A construction management mesod of the bored oile fondation" Proceedings of the 28<sup>th</sup> Intenactional Offshore and Polal Engineering conference, Sapporo, pp513-518,2018