

杭施工における品質管理のための自動計測管理装置の開発の必要性

山下 啓明

現状の中掘り工法の支持力に代表される杭の品質は、施工段階の管理項目を仕様に基づいて管理し、その精度で判断している。しかし、これからの杭の品質管理方法では、設計で要求されるレベルの性能や品質の杭を、確実に施工できたことを保証しうる管理手法や装置が求められてくると考えられる。本報文では現状の中掘り工法の、特に支持力に及ぼす影響が大きいと考えられる管理項目の管理手法の問題点、そして、その中の一つの管理項目の問題点を解決するために試作した管理手法・装置の一例を紹介することによって、今後の品質管理方法として、施工時に品質評価しうる自動計測管理装置の開発の必要性について提案する。

キーワード：杭基礎、中掘り工法、品質管理、自動計測管理装置

1. はじめに

杭の施工法には、振動・騒音等の環境問題の兼ね合いから、低振動・低騒音の埋込み工法（プレボーリング工法、中掘り工法等）がある。その中の中掘り工法では、杭を地中深い強固な支持地盤まで中掘り沈設し、杭先端部（支持層地盤）にセメントミルクを噴出攪拌して拡大根固め球根を作成する方式が主流をなしている。図-1には、一例として鋼管杭の中掘り先端拡大根固め杭の概念図を示す。

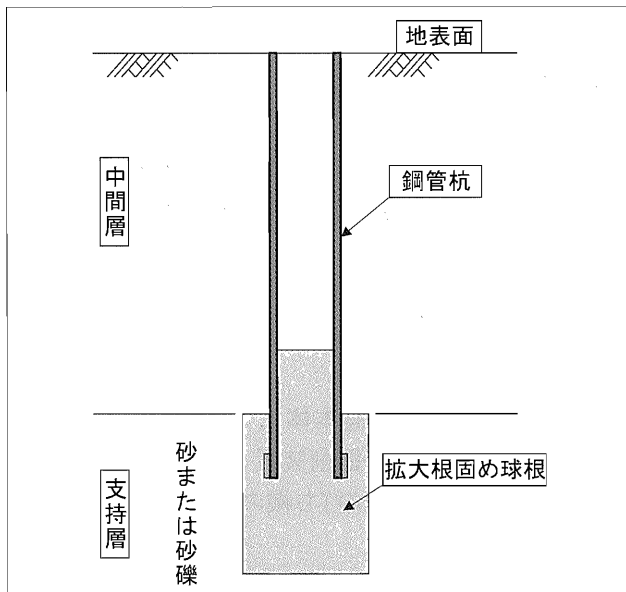


図-1 鋼管杭の中掘り先端拡大根固め杭の概念図

施工した杭の品質で最も重要視されるのは支持力である。中掘り工法では、杭の支持力を確認するのは施工完了後数日（28日程度以上）養生してからの載荷試験に依らねばならず、打撃工法のように施工時に支持力を直接確認することは事実上不可能である。したがって、中掘り工法での支持力に代表される杭の品質は、施工段階での品質管理の精度で判断されている。

現状の杭の品質は、仕様書等に記載された標準的な施工手順を確実に行ったかどうかという、いわゆる仕様に基づく管理の精度で判断している。しかし、これからの杭の品質管理方法では、設計で要求されるレベルの性能や品質の杭を、確実に施工できたことを保証しうる管理手法や装置が求められてくると考えられる。

そこで、本報文では、まず現状の中掘り工法の品質管理項目の中で、特に支持力に及ぼす影響が大きいと考えられる管理項目の管理手法の問題点を述べ、そして、その中の一つの管理項目の問題点を解決するために試作した管理手法・装置の一例を紹介することによって、今後の品質管理方法の方向性について整理した。

2. 中掘り工法の品質管理の現状と問題点

図-2には、機械式で拡大根固め球根を作成する中掘り工法の標準的な施工フローと管理項目を示す。

品質管理項目としては大きく分けて、

- ・搬入時検査、
- ・杭芯確認、
- ・建込み精度、

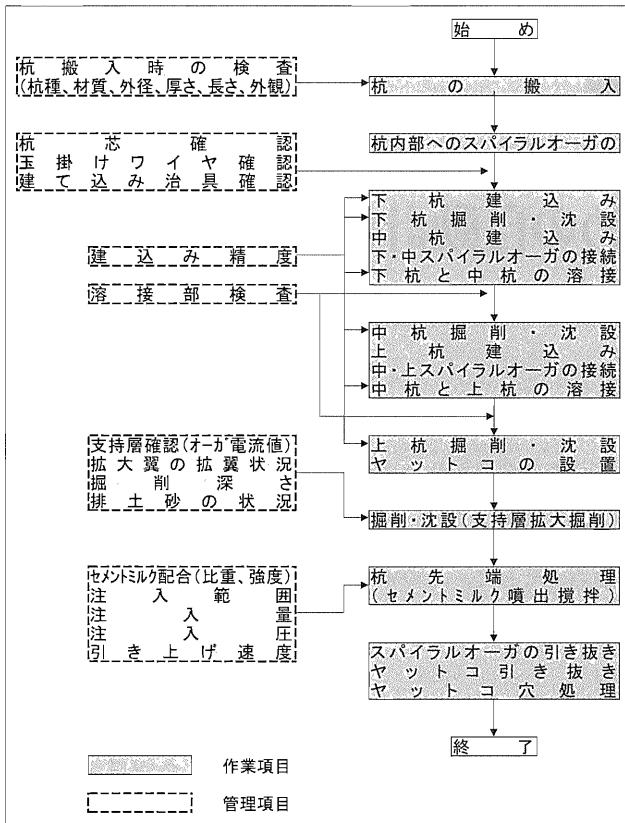


図-2 中掘り工法の標準的な施工フローと管理項目

・溶接部検査,
 ・先端部の定着管理,
 ・先端処理管理,
 等がある。

その内、特に支持力の問題への影響が大きいのは、先端部の定着管理、先端処理管理であり、その中でも杭先端を支持層に確実に定着させるための支持層の確認、杭先端下方に作成する拡大根固め球根の形状・寸法および強度管理に関するものであると考える。

現状では

「支持層の確認」,

「拡大根固め球根の形状・寸法」,

「強度」,

の3つの管理手法について、次のような問題点があると考えられる。

(1) 支持層の確認手法

現状での管理手法は、オーガの電流を測定し、その負荷電流と土質柱状図、さらには掘削土砂の性状等より総合的に判断して支持層を確認している。しかし、負荷電流は、

- ・地盤
- ・掘削速度
- ・杭径

- ・杭長
- ・施工機械（駆動装置）

等によりばらつきがあるため、例えば電流値がどの程度であれば支持層であるといったような定量的な判断は出来ない。

(2) 拡大根固め球根の形状・寸法の管理手法

現状の管理手法は、拡大ヘッドに取付けている拡大翼の拡大状況で確認している。具体的には、拡大根固め球根を作成する拡大ヘッドは、いずれの工法も拡大翼が水平または上下に開閉するものであり、その機構は土の抵抗で開閉する仕組みになっている。

そこで、現状での拡大翼の拡大状況の確認手法は、一旦回転を止めて引上げ、拡大翼が杭先端に接触する際の抵抗で確認している。

しかし、この機構のものは、実際どの程度拡大しているのか、完全に拡大しているのか確認出来ない。

(3) 拡大根固め球根の強度管理手法

現状の管理手法は、モルタルプラントから採取した試料で、注入するセメントミルクの比重および強度を管理している。これは、実際施工した拡大根固め球根の強度管理をしているわけではない。

現状のままだと、設計で要求される性能の杭を、施工において確実に構築しうるとは言い難い。そこで、中掘り工法においては、上記3つの管理項目を確実に精度よく管理することができる品質管理手法・装置を確立する必要があると考える。

そこで、3章では上記3つの管理項目の中で、現状の拡大根固め球根の形状・寸法の管理手法の問題点を解決する一つの試みとして試作した、拡大翼の開閉を油圧で強制的に行う装置とパソコンを利用した管理手法を組合わせた装置の一例を紹介する。

3. パソコンを利用した拡大根固め球根の形状・寸法の管理手法の一例の紹介

図-3は、現状の拡大根固め球根の形状・寸法の管理手法の問題点を解決するために試作した装置全体の構成概念図を示す。

この装置は、掘削装置本体1、二重管ロッド2、拡大翼開閉装置付き先端掘削装置3および管理装置19から構成され、全体を杭打ち機のリーダー4に取付けて作動させる。

掘削装置本体1は、回転駆動装置5、油圧シリンダー6およびスイベル8より構成されている。

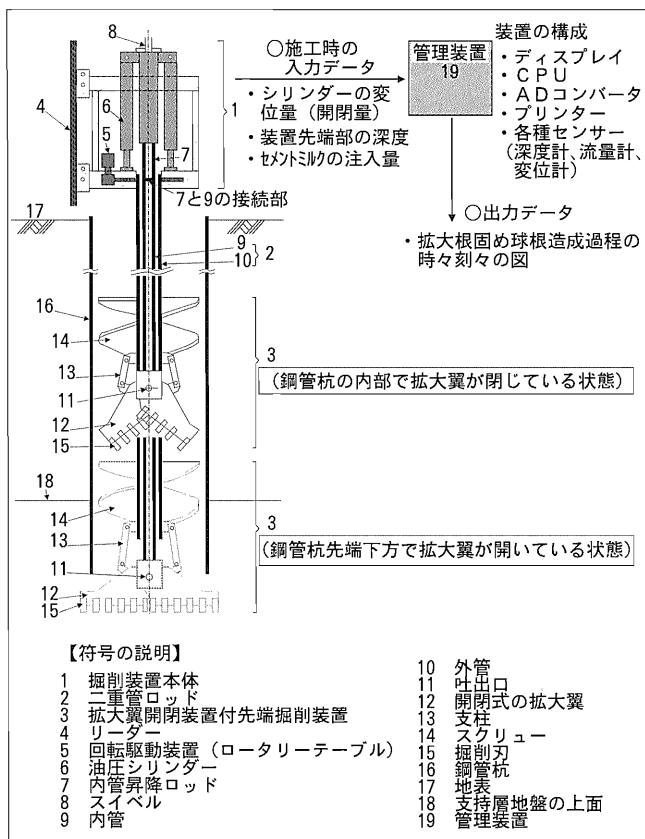


図-3 試作装置の全体構成概念図

二重管ロッド2は、内管9と外管10より構成されている。外管10は回転駆動装置5に接続され、正逆回転させることが出来る。内管9は内管昇降ロッド7に接続され、外管10と共に回転するが、内管昇降ロッド7と一体となっている油圧シリンダー6により、外管10の中で上下動することが出来る。

拡大翼開閉装置付き先端掘削装置3は、スクリュー14、支柱13および開閉式の拡大翼12等から構成されている。

拡大翼12は、内管9と接続されており、内管9が上下動することによって開閉する。内管9を下げると拡大翼が開き、上げると拡大翼が閉じる機構になっている。拡大根固め作成のためのセメントミルクは、スィベル8を介して、内管昇降ロッド7と内管9の中を通過して、拡大翼開閉装置付き先端掘削装置3の吐出口11から孔内へ注入される。

管理装置19は、ディスプレイ、CPU、ADコンバータ、プリンターおよび各種センサー（深度計、流量計、変位計）から構成されている。

深度計は、拡大翼開閉装置付き先端掘削装置3の深さ方向の位置を測定する。流量計は、拡大根固め球根を作成する際に注入するセメントミルクの注入量を測定する。

変位計は、拡大翼の開閉状態を確認するために、掘

削装置本体1にある油圧シリンダー6の上下方向の変位量を測定する。具体的に地中深いところで、拡大翼の開閉状態を確認する手段としては次の手法で行っている。

まず空中で、拡大翼が完全に開いた時と閉じた時の油圧シリンダーの変位量を事前に測定しておく。そして、地中深い鋼管杭の先端部における拡大翼の開閉状態の確認は、油圧シリンダーの変位量を検出することによって確認できる仕組みになっている。

実際の施工時における管理装置の管理手法は、事前に現場データ、杭データ、施工データおよび球根部データ等を入力する。そして、施工時に油圧シリンダーの変位量と、深度およびセメントミルクの注入量のデータをリアルタイムで取込むことによって、図-4に示すように、パソコンのディスプレイに球根作成時の状態をモニタリングするようにしている。

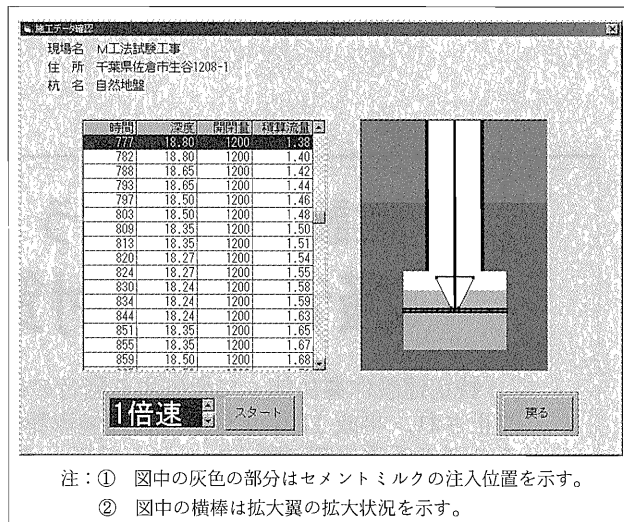


図-4 拡大根固め球根作成時のディスプレイへのモニタリングの一例

ここで、ディスプレイに拡大翼が開いた状態を作図するには、事前に調べたシリンダーの変位量が完全に開いた時の値が入力されない限り作図出来ないようになっている。つまり、本装置は、ディスプレイに拡大翼が開いた状態が作図されたら、拡大翼は完全に開いたと判断でき、地中深い所での拡大翼の開閉状態、位置およびセメントミルクの注入状況を、地上にある管理装置のディスプレイで確実に管理できる仕組みである。

以上のことから、パソコンを利用した管理装置は、施工時の各段階で要求される管理項目を、管理目的に応じて各種センサーを用いた管理手法で計測したデータをリアルタイムで取込んで分析・処理して、施工時の様子を地上のディスプレイに数値または図形等で表

現することによって、確実にそして瞬時に品質を評価しうる管理装置になりうる事がわかる。

4. おわりに

これからの中掘り工法の品質管理方法としては、仕様管理から性能管理へと移行していく必要がある。

そのためには、

- ① まず、2章で述べた、特に支持力への影響が大きいと考えられる管理項目について、管理目的に応じた手法を用いて、より実状に合った精度のよい管理手法を開発する必要がある。
- ② そして、その他の管理項目も含めて、3章で紹介した管理装置のように、施工段階で必要な管理項目を目的に応じた各種センサーを駆使してリアルタイムで取込んで分析・処理し、施工時の様子を地上で観察することによって、杭1本ごと施工

時に瞬時に品質評価しうる自動計測管理装置を開発する必要がある。

最後に、当連合会では、今年度から、まず取りかかりとして、中掘り工法に限定して、設計で要求する性能の杭を、確実に施工したということを保証しうる自動計測管理装置の開発を予定している。

さらには、将来的な視野も入れて、中掘り工法も含めた埋込み工法全般およびその他の工法への適用拡大を図ることも計画しているところである。 JICMA

【筆者紹介】

山下 啓明 (やました ひろあき)
全国基礎工業協同組合連合会
技術担当



建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」(環境庁告示)が平成8年度に改正され、平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については、その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等、騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに、建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく、建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と、円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

■掲載内容：

- 総論 (建設工事と公害, 現行法令, 調査・予測と対策の基本, 現地調査)
- 各論 (土木, コンクリート工, シールド・推進工, 運搬工, 塗装工, 地盤処理工, 岩石掘削工, 鋼構造物工, 仮設工, 基礎工, 構造物とりこわし工, 定置機械(空気圧縮機, 動発電機), 土留工, トンネル工)
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程, 建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法, 建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説, 環境騒音の表示・測定方法 (JIS Z 8731), 振動レベル測定方法 (JIS Z 8735)

■体 裁：B5判, 340頁, 表紙上製

■定 価：会 員 5,880円 (本体 5,600円) 送料 600円

非会員 6,300円 (本体 6,000円) 送料 600円

・「会員」本協会の本部, 支部全員及び官公庁, 学校等公的機関

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289