

鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の 中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式） 施工管理要領＜標準版＞

[Edition 3.0]

令和3年3月

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会

鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の
中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）
施工管理要領＜標準版＞
付．中掘り杭工法（コンクリート打設方式）
施工管理要領

【Edition 3.0】

2021 年 3 月

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会

「JASPP Technical Library－施工－」の発行にあたって

日本において構造物基礎として鋼管杭が広く用いられるようになって半世紀以上が経過したが、この間、社会環境の変化、構造物の大規模化、自然災害への対応などの世の中のニーズに応える形で新しい工法や設計・施工技術が開発され、大径・長尺化や高性能化への対応、多様な地盤条件・施工条件への対応、騒音・振動・排土等の環境負荷低減への対応等により、その使用範囲は格段に広がってきた。

現在では、多くの鋼管杭工法が出現し、設計法も整備され、より安心で安全な構造物の整備、建設コスト縮減、困難な施工条件の克服に多大な貢献を果たしていると考えられるが、それらの工法成熟の過程では施工上のトラブルの発生や基礎としての性能が不足する事態の発生なども少なからず経験し、関係者のたゆまぬ努力によって課題を1つ1つクリアしてきたものと考えられる。また、実績を積み重ねる中で多くの知見・ノウハウが加わり工法としての完成度も日々高まっている。

その一方で、新たな条件・環境への挑戦的な取り組みが繰り返される中で、設計や施工面でこれまでに経験の無い新たな課題やトラブルも発生しており、また、建設分野を取り巻く環境の変化も相まって、現場をよく知る技術者や熟練工が豊富な時代には当たり前であった基本的な事項においてもミスやそれに伴うトラブルが散見されるようになってきている。

昨今では、構造物の性能や耐久性について信頼性をベースとした計画・設計が行われるようになり、各種の設計基準類もそれに対応した形へと改訂が進められている。その中で、基礎構造物においては、施工の良否がその性能を大きく左右することから、特に施工信頼性の評価、確保が重要な課題として注目されるようになってきている。

以上のような状況から、鋼管杭・鋼矢板技術協会では、鋼管杭工法の技術伝承・普及、信頼性確保・向上を目的に、「施工」に焦点をあてた技術整備を実施してゆくことを企画した。

これまでに蓄積した技術、知見、ノウハウを取りまとめた施工要領等の技術資料を作成し、専門家・学識経験者等を委員に迎えて設置した施工専門委員会において審議いただき、その成果を「JASPP Technical-Library－施工－」シリーズとして発行してゆくことを計画している。

こうした活動が関係各位の一助となることを祈念する次第である。

2014年9月30日

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会
代表理事 岡原 美知夫

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会 施工専門委員会

委員長 中 谷 昌 一

委員 青 木 一 二 三
岡 原 美 知 夫
片 山 猛
佐 名 川 太 亮
高 橋 邦 夫
七 澤 利 明
西 田 秀 明

(2021 年 3 月現在)

はじめに

鋼管杭の代表的工法である打込み杭工法は、施工が早い、工費が安い、杭の支持力が施工時において1本ごとに確認できる等の長所があります。しかし、杭打ち時に発生する騒音・振動の問題から、市街地等での杭打ち工事は困難になってきています。

こうしたことから、低騒音・低振動の杭の施工法として、鋼管杭の中掘り杭工法が数多く開発され、時代の要請もあって使用実績も大きく増加してきました。

杭先端処理方法がセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法については、平成2年以来「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」に掲載されてきました。鋼管杭・鋼矢板技術協会では、鋼管杭の中掘り杭工法の普及・発展に資するべく、平成6年に技術資料「鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）施工要領」の初版を作成し、以後必要に応じて改定を行ってまいりましたが、品質確保のためには施工プロセスの管理が重要であることから、従来以上に施工管理により重点を置いた資料として、平成26年9月に「鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）施工要領〈標準版〉[EDITION 1.0]」を作成しました。

昨今、さらに施工された後の杭としての性能や品質を左右する施工の信頼性や透明性の向上を望む要請が強まったことを受け、協会内に杭工事会社を交えた施工管理普及委員会を新たに設置し、本要領の改訂版[EDITION2.0]を作成することとしました。

本施工管理要領では、セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法の標準的な施工法や施工管理法について記述しています。平成24年3月の「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」の改定主旨や、平成27年3月「杭基礎施工便覧」の記載内容を踏まえ、これらを補完するものとしてより具体的に詳述しています。さらに、横浜での案件に端を発した基礎ぐい工事問題を受けて発令された、「国土交通省告示第468号」を反映させています。

本施工管理要領は、主に、杭工事を行う杭工事会社の現場管理者を対象者として作成していますが、基礎ぐい工事問題でも指摘されているように、杭工事の適正な施工管理や品質管理を行うためには杭工事会社だけではなく、発注者（工事監理者）や元請もそれぞれの役割や責任を果たす必要があります。そのため、本施工管理要領では、発注者（工事監理者）や元請が実施すべき事項についても言及し、施工専門委員会の有識者の方々にご審議いただいた上で完成させています。

今後、本施工管理要領が中掘り杭工法による杭打ち工事の計画・実施において「道路橋示方書」、「杭基礎設計・施工便覧」と併せて利用され、施工の信頼性向上、工事品質向上の一助となり、中掘り杭工法がますます発展・普及することを願う次第であります。

初版発行 平成29年3月

改訂にあたって

近年、施工機械・施工機材の能力向上や山間部などの施工条件がより厳しい場所での案件数の増加等により、岩盤を支持層とする杭の設計・施工事例が増加しつつあります。しかし、岩盤を支持層とした杭基礎の地盤調査方法や設計方法（杭先端極限支持力度の推定式）、施工法（施工管理方法）などについては、明確に示されていないことから、実務では設計者の判断により、砂れき層の支持力推定式を準用したり、杭工法の選定が限定的になったりしているのが現状であります。そこで、国立研究開発法人土木研究所を中心に、一般社団法人鋼管杭・鋼矢板技術協会、一般社団法人コンクリートパイル建設技術協会、一般社団法人日本基礎建設協会および一般社団法人全国地質調査業協会連合会の 5 団体で、岩盤の力学特性や杭工法などの条件の違いを考慮し、それぞれの条件において岩盤を支持層とする杭基礎の地盤調査法、杭先端の極限支持力度の推定式、施工管理方法を明らかにすることを目的に、平成 27 年度から平成 29 年度の 3 年間に渡って共同研究を実施されました。

今回の施工管理要領改訂では、主にこの岩盤を支持層とする杭基礎の共同研究の枠組みの中で新たに得られた知見をもとに、岩盤を支持層とする施工上のポイントと留意点について追記反映させることとしました。

【Edition 3.0】発行 2021 年 3 月

目次

1. 総則	- 1 -
1. 1 目的	- 1 -
1. 2 適用範囲	- 2 -
1. 3 用語の解説	- 2 -
2. 鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の概要	- 6 -
2. 1 鋼管杭の中掘り杭工法の概要と代表 5 工法	- 6 -
2. 2 施工手順	- 9 -
2. 3 施工機械及び設備機器	- 13 -
2. 4 鋼管杭，鋼管矢板及び附属品	- 15 -
2. 5 鋼管先端部の仕様	- 16 -
2. 6 根固め液（セメントミルク）	- 17 -
3. 施工計画	- 18 -
3. 1 施工計画の基本	- 18 -
3. 2 施工要領書（施工計画書）	- 18 -
3. 2. 1 工事概要・一般事項	- 19 -
3. 2. 2 計画工程表	- 19 -
3. 2. 3 工事組織・体制，現場組織表，役割分担	- 19 -
3. 2. 4 現場確認・設計図書照査に関する注記事項等	- 20 -
3. 2. 5 施工機械・器具，仮設備	- 20 -
3. 2. 6 施工管理計画	- 20 -
3. 2. 7 試験杭の実施計画	- 21 -
3. 2. 8 施工記録項目，様式，提出時期等	- 21 -
3. 2. 9 不具合発生時の対処方法	- 21 -
3. 2. 10 品質管理計画，出来形管理計画	- 21 -
3. 2. 11 安全衛生管理	- 21 -
3. 2. 12 発生土の処理計画	- 22 -
4. 施工	- 23 -
4. 1 事前準備	- 23 -
4. 2 準備工	- 23 -
4. 2. 1 作業ヤード	- 23 -
4. 2. 2 障害物の撤去・防護	- 24 -
4. 2. 3 作業基盤の整備	- 25 -

4. 2. 4	施工機器の運搬・組立設置・点検	- 25 -
4. 2. 5	施工機械キャリブレーション	- 25 -
4. 3	使用材料の受入れと保管	- 26 -
4. 3. 1	鋼管杭・鋼管矢板	- 26 -
4. 3. 2	セメント類	- 27 -
4. 4	鋼管杭の建込み・沈設	- 27 -
4. 4. 1	鋼管杭の建込み	- 27 -
4. 4. 2	中掘り沈設	- 29 -
4. 5	杭先端根固め処理	- 30 -
4. 6	現場縦継ぎ溶接	- 30 -
4. 7	鋼管矢板基礎の施工	- 32 -
5.	施工管理	- 34 -
5. 1	一般	- 34 -
5. 2	試験杭の実施	- 34 -
5. 2. 1	試験杭の目的と計画	- 34 -
5. 2. 2	試験杭での評価と報告	- 35 -
5. 3	施工管理項目と記録	- 36 -
5. 4	施工管理装置	- 39 -
5. 5	施工管理の留意点	- 39 -
5. 5. 1	杭の建込み（傾斜）の管理	- 40 -
5. 5. 2	掘削・沈設時の施工管理	- 40 -
5. 5. 3	支持層の確認・打ち止め	- 41 -
5. 5. 4	セメントミルク（根固め液）の品質管理	- 42 -
5. 5. 5	根固め部の施工管理	- 45 -
5. 5. 6	鋼管杭の保持	- 46 -
5. 5. 7	地下水流，被圧水，逸水層への対処	- 47 -
5. 6	施工記録	- 47 -
6.	施工上の問題点と処置・対策	- 62 -
6. 1	鋼管杭基礎	- 62 -
6. 2	鋼管矢板基礎	- 65 -
【付録A】	鋼管杭・鋼管矢板の規格値	- 67 -
【付録B】	代表5工法の先端部詳細仕様	- 71 -
【付録C】	代表5工法の根固め部形状とセメントミルク配合例	- 74 -

【付録 D】セメントミルク噴出攪拌方式における岩盤を支持層とする場合 の施工方法・施工管理方法	- 77 -
【付録 E】オーガ駆動電流値，積分電流値の評価例	- 79 -
【付録 F】拡大径掘削のビット拡翼確認方法	- 81 -
【付録 G】中掘り杭工法（コンクリート打設方式） 施工管理要領	- 97 -

1. 総則

1. 1 目的

本施工管理要領は、鋼管杭基礎、鋼管矢板基礎のセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法の標準的な施工方法及び施工管理方法を示し、安全、確実な基礎を築造することを目的として定めたものである。

セメントミルク噴出攪拌方式の中掘り杭工法は、施工の良否による支持力への影響が大きい工法であるため、たとえば「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」では、その支持力の規定は適切な施工管理手法が確立されている工法に限定されている。設計上の支持力を確保し、信頼性の高い基礎を構築するためには、各工法の施工方法を十分熟知した上で、適切な施工とその管理を行う必要がある。

鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎は地盤内に構築されるものであることから、施工後にその出来形や品質を直接確認することは一般に困難である。このため、施工プロセスを適切に管理し、これらを正しく記録することにより基礎の品質を担保する「プロセス保証」の色合いが強くなる。本施工管理要領では、品質を確保するために守るべき規定、留意すべき事項、実際の現場施工において適切な品質を実現するための要点等について施工の実態等を踏まえて詳細に記載した。

本施工管理要領を作成するにあたり参考にした主要な資料を以下に示す。

- 1) (公社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編，平成29年11月
- 2) (公社) 日本道路協会：杭基礎施工便覧，令和2年9月
- 3) (公社) 日本道路協会：鋼管矢板基礎設計施工便覧，平成9年12月
- 4) 国土交通省：工事における IS09001認証取得を活用した監督業務等マニュアル（案），平成17年2月
- 5) 国土交通省 大臣官房 技術調査課：施工プロセス検査業務運用ガイドライン案，施工プロセス検査（実施状況）（品質）（出来形）チェックシート，平成22年9月
- 6) 国土交通省 各地方整備局：設計図書の照査ガイドライン（案）
- 7) 国土交通省 大臣官房 技術調査課：土木工事安全施工技術指針，平成21年3月
- 8) 国土交通省総合政策局建設企画課：施工技術の動向② 鋼管・既製コンクリート杭打工（中掘工），建設マネジメント技術2009年9月号
- 9) (社) コンクリートパイル建設技術協会：既製コンクリート杭の施工管理，2008年6月
- 10) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 その設計と施工 2009，平成21年4月
- 11) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管矢板基礎 その設計と施工，平成21年12月
- 12) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭－施工と施工管理－，令和元年6月
- 13) (社) 鋼管杭協会：鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）施工要領，平成20年7月
- 14) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭・鋼管矢板標準製作仕様書，2019年7月
- 15) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭・鋼管矢板の附属品の標準化 改訂第10版第3刷，2018年5月
- 16) (国研) 土木研究所，(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会，(一社) コンクリートパイル建設技術協会，(一社) 日本基礎建設協会，(一社) 全国地質調査業協会連合会：共同

研究報告書 第503号 岩盤を支持層とする杭基礎の設計法・施工法に関する共同研究報告書，平成31年4月

- 17) 基礎ぐい工事問題に関する対策委員会：基礎ぐい工事問題に関する対策委員会 中間とりまとめ報告書，平成27年12月25日
- 18) (一社) 日本建設業連合会：既製コンクリート杭施工管理指針，平成28年3月
- 19) (一社) コンクリートパイル建設技術協会：既製コンクリート杭工法の施工管理要領（プレボーリング工法編），平成28年3月
- 20) (一社) コンクリートパイル建設技術協会：C O P I T A型プレボーリング杭工法の施工ガイドライン（土木），平成28年3月

1. 2 適用範囲

(1) 適用工法

本施工管理要領は，中掘り杭工法のうち，杭先端処理方法がセメントミルク噴出攪拌方式による鋼管杭基礎，鋼管矢板基礎の施工法，施工管理法について示したものである。

本施工管理要領の規定のみでは不十分な場合もあり，また，これらに従う施工が必ずしも適切でない場合もあり得る。このような場合には，設計の前提となっている事項との整合性に留意し，分野ごとに制定された基準類に準拠して設計・施工される下部構造と同等以上の安全度等を有するように検討を行う必要がある。

(2) 適用条件

従来の実績や知見を勘案して，鋼管径400mm から1200mm までを本施工管理要領の対象範囲とする。

また，本施工管理要領でのセメントミルク噴出攪拌方式の鋼管杭中掘り杭工法は，杭先端地盤が砂又は砂礫を対象としている。

なお，より具体的な適用条件については，工法及び適用対象分野によって異なるので注意が必要である。

発注者や各工法の審査証明等によって個別に定められた遵守すべき技術基準類がある場合については，その基準等に準拠するものとする。

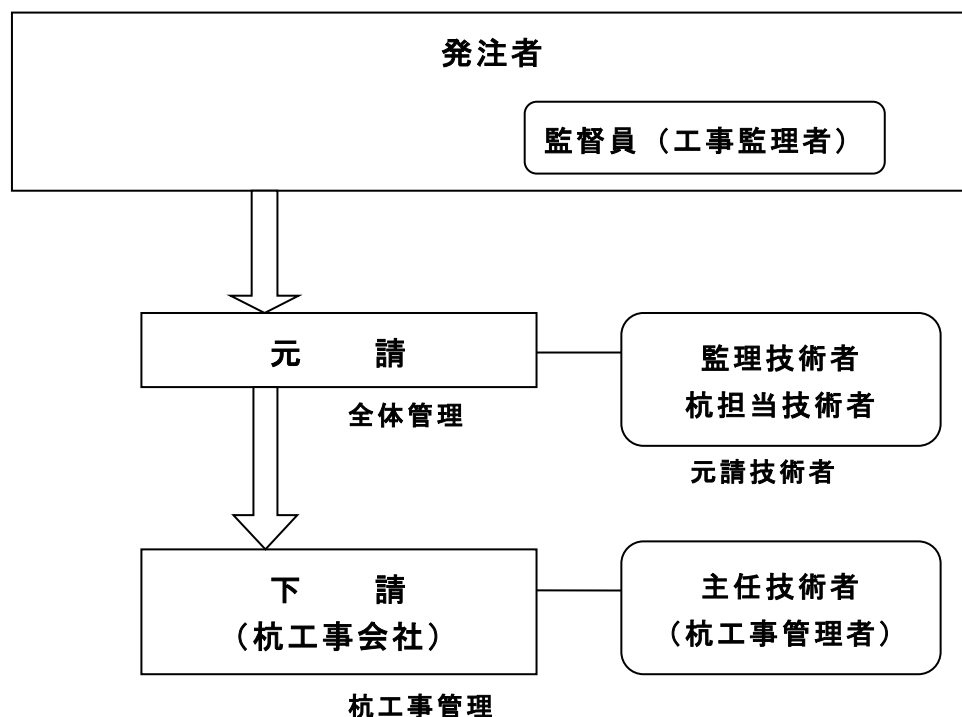
1. 3 用語の解説

本施工管理要領に記載する杭の施工管理に関わる関係者は，平成28年3月国土交通省告示「基礎ぐい工事の適正な施工を確保するために講ずべき措置について」および（一社）日本建設業連合会の「既製コンクリート杭施工管理指針 平成28年3月」を参考に以下の通りとする。

1. 監督員（工事監理者） 工事を設計図書と照合し，設計図書通りに施工されているかを確認する工事監理を行う者。
2. 監理技術者 元請の建設業法における監理技術者をいう。また，工事において技術上の管理をつかさどり，施工に従事する者の技術上の指導監督を行う者。
3. 杭担当技術者 監理技術者が指名した元請の杭工事の施工管理を行う者。

4. 元請技術者 元請の監理技術者と杭担当技術者。
5. 杭工事管理者 杭工事会社の建設業法における主任技術者であって、杭工事の施工管理に精通した技術者。建設業法上、主任技術者が非専任となる場合は、現場作業中に常駐する現場代理人を杭工事管理者とすることができる。この場合、施工要領書（施工計画書）に明記する。
6. 杭工事会社 中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の代表5工法いずれかの工法の実施を認められて（公的認証や工法協会での認定等）杭工事を行う会社。

中掘り杭工法の一般的な施工体制をもとに、上記用語の補足説明を図－1.1に示す。一般的に中掘り杭工法の施工は、工事を受注した元請から中掘り杭工法を熟知した杭工事会社の下請けとして外注される。下請は、十分な知識と経験を有し杭工事の施工管理に精通した技術者を杭工事管理者として配置させなければならない。下請が複数となる場合は、それぞれに杭工事管理者を配置し、各杭工事管理者の役割を明確にする。1次下請の杭工事管理者は、元請への報告の責務を負う。



図－1.1 一般的な施工体制にもとづく用語解説図

本施工管理要領に記載する主な施工機械等の用語については、以下の通りである。

- ・オーガ駆動装置 オーガヘッドおよびスパイラルオーガを回転駆動させる装置。電動式および油圧式がある。
- ・オーガ駆動電流値 電動式のオーガ駆動装置によってオーガヘッドおよびスパイラルオーガを回転させる際に要する電流値。

・オーガヘッド	スパイラルオーガの先端部。工法によって種々ある。拡大掘削時の拡翼確認機構や高圧噴射に耐えられる機構のものを工法や杭径に合わせて選定する。
・管理杭	施工要領書（施工計画書）作成時に，工事の規模や重要度に応じて試験杭とは別に，重点的に管理，測定等を行うことを定めた杭。
・機械攪拌方式	根固め部の築造方法において，低圧力で噴出したセメントミルクを拡翼したオーガヘッドを使用して機械的に攪拌混合する方式。
・高圧噴出方式	根固め部の築造方法において，セメントミルクを20MPa 程度以上の高圧力で噴出し，噴流で攪拌混合する方式。
・試験杭	施工要領書で計画した施工法や施工管理手法の妥当性確認や本杭での施工管理に必要な資料を得ることを目的に施工される杭。通常は，現場で最初に施工される杭を試験杭とする場合が多いが，支持層に不陸が想定される等，1本だけでは十分な情報が得られない場合は，試験杭が複数本となることもある。
・スパイラルオーガ	鋼管内に挿入して使用するもので，オーガ駆動装置からの回転力を先端まで伝えるとともに，管内土の排出を補助するため，スパイラル状に羽根が取り付けられているシャフト。また，軸部は中空で注入孔が設けられ，掘削液，圧縮空気，及び根固め液等を吐出できる構造のもの。オーガスクリューともいう。
・積分電流値	掘削に要した時間を加味したオーガ駆動電流値と掘削時間の積。ある区間を掘削するのに要したエネルギーを単位深さ当りで評価するため，深度毎にプロットすることで地盤の硬軟の変化を示すことができ得る。管理装置の機種や工法によって積算電流，積分電力，掘削抵抗値等とも呼ばれる。本施工管理要領では積分電流値で呼称を統一する。
・施工管理装置	時間，掘削深度，掘削速度，オーガ駆動電流値，積分電流値，セメントミルク注入量等がリアルタイムに計測・表示・記録できる装置の総称。掘削深度や掘削抵抗値（オーガ駆動電流値，積分電流値）とセメントミルクの注入量を分離して計測するタイプ（分離型）と上記項目を一つの装置でまとめて計測するタイプ（統合型）のものがある。
・セメントミルク	JIS に規定されたセメントと水を混練りしたもので，杭先端根固め部に使用される。
・保持装置	根固め部が固化する前に鋼管が自重で沈下しないように鋼管を所定の高さで保持しておくための装置。ヤットコで吊りしておく方法や鋼棒で吊りしておく方法等がある。

・ヤットコ

最終杭天端高が施工基面より低い場合に、鋼管の杭頭部を所定の地中深さまで沈設させるための施工器具。

2. 鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の概要

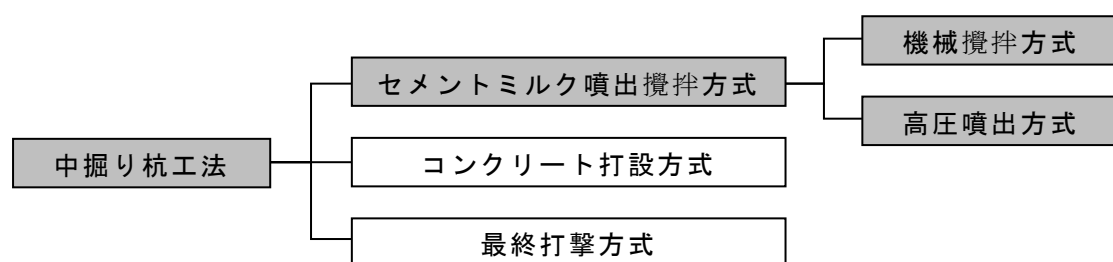
2. 1 鋼管杭の中掘り杭工法の概要と代表5工法

鋼管杭・鋼管矢板のセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法とは，先端開放の鋼管杭の内部にスパイラルオーガ等を挿入し，これにより地盤を掘削しながら杭を所定深度まで沈設したのち，所定の支持力を得るために杭先端にセメントミルクを噴出し，地盤と攪拌混合して根固め球根を築造する工法をいう。

中掘り杭工法には多くの施工機械や施工方法が開発されているが，掘削方法，沈設方法，先端処理方法の違いによって大別される。

鋼管杭のセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法の場合，地盤の掘削方法としては，スパイラル状のオーガを使用する工法とシャフト先端に特殊ヘッドを用いた工法とがある。杭の沈設方法としては，杭を下方に押し込んで圧入させる方法と，掘削と同時に杭を回転させながら圧入させる方法がある。

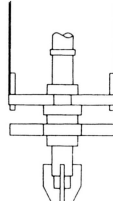
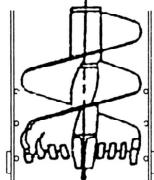
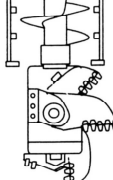
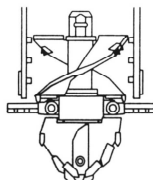
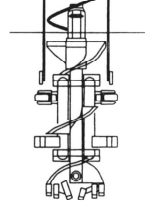
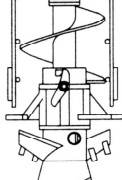
また，杭先端の処理方法であるセメントミルクを噴出して根固め球根を築造する方法には，低圧（1MPa 程度）でセメントミルクを噴出しビットを使用して機械的に攪拌する方式（機械攪拌方式）と，高圧力（20MPa 程度以上）でセメントミルクを噴出し攪拌混合する方式（高圧噴出方式）に分けられる。いずれの方式も根固め球根が地盤とよく密着し，大きな支持力を得ることが確認されている工法である。

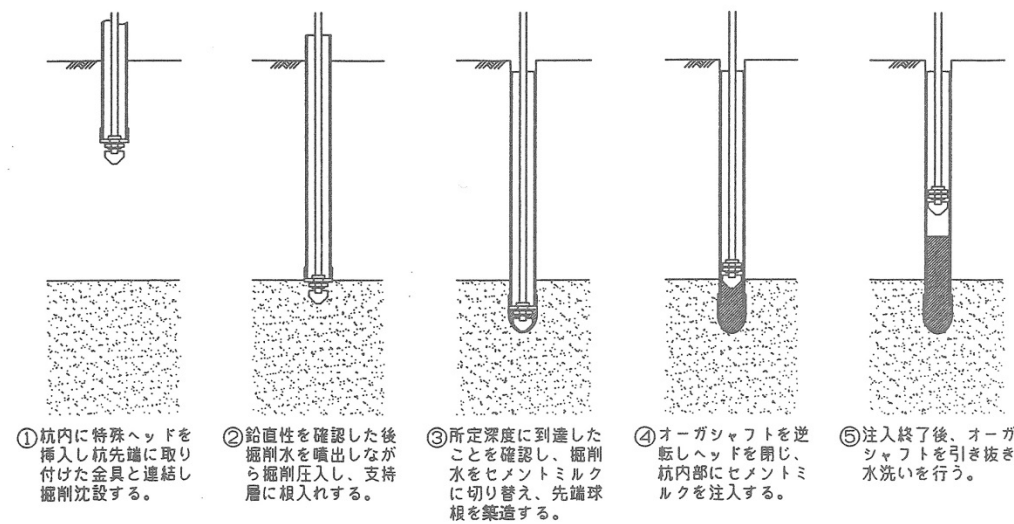


各種中掘り杭工法の個別の適用性の判断は各発注者が行うことが基本であるが，施工法，施工管理手法が確立していると一般に認知されている鋼管杭の中掘り杭工法としては，5つの工法（T A I P工法，T N工法，T B S工法，F B 9工法，K I N G工法）がある。その概要及び鋼管杭の場合の施工手順を表－2.1及び図－2.1～2.5に示す。

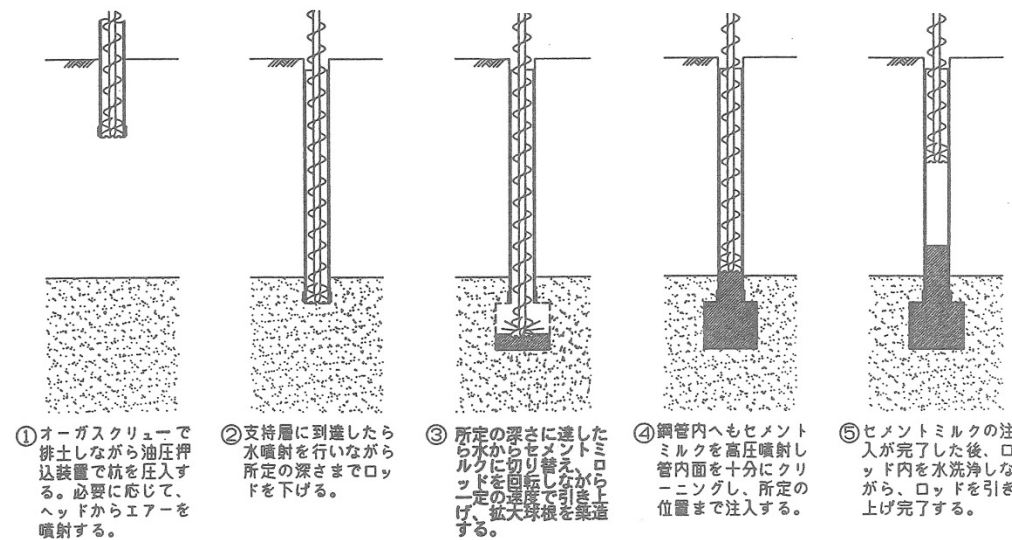
なお，使用する工法の認証等の取得は適用分野によっては必ずしも要求されていないが，施工法や施工管理手法の信頼性の裏付けとなるものであり，一般に，公的認証等で評価された施工法・施工管理法・適用条件等が，その工法の標準条件となるので，参考にするのがよい。

表－2. 1 鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式） 代表 5 工法の概要

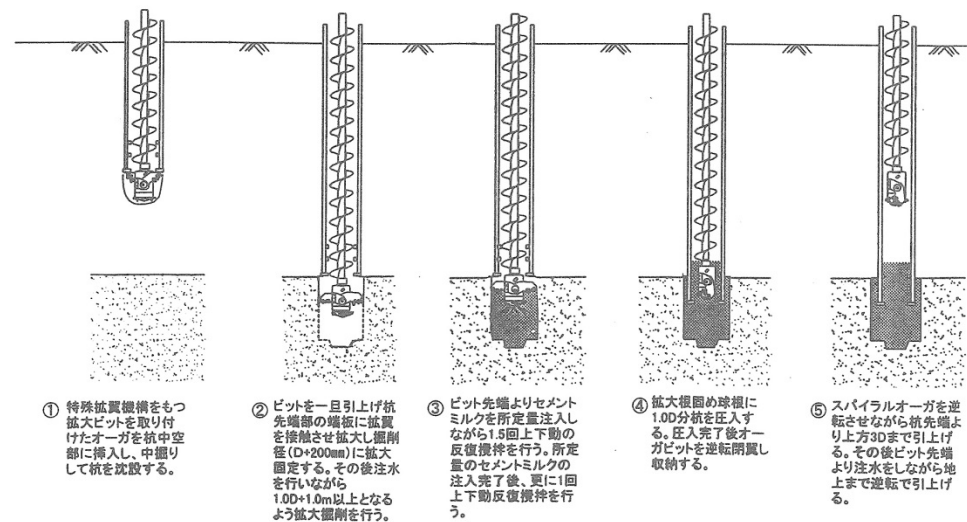
項 目			T A I P工法	T N工法	T B S工法		F B 9工法	K I N G工法	
工 法 の 概 要			(回転圧入方式)杭先端部に先端刃シャフトを仮固定し、杭本体と共に回転しながら杭を所定深度まで掘削・沈設。 (圧入方式)掘削ヘッドを付けたスパイラルオーガを用いて中掘りを行いながら杭を圧入し、所定深度まで沈設。 沈設後、セメントミルクを低圧噴出し、攪拌混合して根固め部を築造する。 二工程方式ではオーガ併用機の代わりに根固め専用機を用いることもある。	杭内径よりも小さいヘッドを付けたスパイラルオーガを用いて中掘りを行い、杭を所定深度まで沈設した後、支持層においてセメントミルクを高圧噴出しながら回転混合することにより根固め部を築造する。 2 工程方式ではオーガ併用機の代わりに根固め専用機（ボーリングマシーン利用）を使用することもできる。	RP タイプ		管内付着泥土を除去するクリーニング装置と拡翼機構をもつ拡大ヘッドを取付けたスパイラルオーガにより中掘りで杭を所定深度まで沈設した後、支持層を拡大掘削して、セメントミルクを低圧噴出し、攪拌混合して根固め部を築造する。 根固め築造後、根固め内に鋼管を所定長さ圧入定着する。	特殊拡翼機構をもつビットを取付けたスパイラルオーガにより中掘りで杭を所定深度まで沈設した後、支持層を拡大掘削して、セメントミルクを低圧噴出し、攪拌混合して根固め部を築造する。 根固め築造後、根固め内に鋼管を所定長さ圧入定着する。	
			RB タイプ						
			特殊拡大機構をもつビットを取付けたスパイラルオーガにより中掘りで杭を支持層まで沈設したのち、支持層を拡大掘削して、セメントミルクを低圧噴出し、攪拌混合して根固め部を築造する。 根固め築造後、根固め内に鋼管を所定長さ圧入定着する。						
施 工 方 法	掘 削 方 法	回転圧入方式：先端刃付きシャフト＋水 圧入方式：スパイラルオーガ＋エア	スパイラルオーガ＋エア	スパイラルオーガ＋エア		スパイラルオーガ＋エア	スパイラルオーガ＋エア		
	沈 設 方 法	回転圧入方式 または 圧入方式	圧 入	圧 入		圧 入	圧 入		
	杭 先 端 処 理 方 法	セメントミルクを低圧噴出し、土砂と攪拌混合。	杭先端部の高圧水を噴出して予備掘削。セメントミルクを高圧噴出し土砂と攪拌混合。	杭先端部で掘削ビットを拡翼し、拡大掘削。セメントミルクを低圧噴出し、土砂と攪拌混合。		杭先端部で拡大ヘッドを拡翼し、拡大掘削。セメントミルクを低圧噴出し、土砂と攪拌混合。	杭先端部で掘削ビットを拡翼し、拡大掘削。セメントミルクを低圧噴出し、土砂と攪拌混合。		
	排 土 量	少							
設 備	重 機	3 点式杭打機（全装備重量 60t～135tf）＋補助クレーン（30～120tf 吊り）							
	駆 動 装 置	オーガモータ 45kW～180kW× 1 台							
	根 固 め 機 械	根固め専用機，オーガ併用機	根固め専用機，オーガ併用機	オーガ併用機		オーガ併用機	オーガ併用機		
	圧 入 力	回転圧入方式：100～200kN（装置重量） 圧入方式：1,000kN（油圧装置）	1,000kN （油圧装置）	1,000kN （油圧装置）		1,000kN （油圧装置）	1,000kN （油圧装置）		
	ス パ イ ラ ル オ ー ガ 径	オーガシャフト 150～220mm 掘削刃の鋼管外径からの突出長は 杭径 800mm 未満が 9 mm以下 杭径 800mm 以上が 12mm 以下	スパイラルオーガ径 杭内径 -70mm 程度	スパイラルオーガ径 杭内径 -70mm 程度 先端ビット径 掘削時：D-50～-100mm 拡大時：D+200mm		スパイラルオーガ径 杭内径 -20mm 程度 先端ヘッド径 掘削時：D-50mm 程度 拡大時：D+200mm	スパイラルオーガ径 杭内径 -70mm 程度 先端ビット径 掘削時：D-70～130mm 拡大時：D+100～200mm		
オ ー ガ ヘ ッ ド お よ び 杭 先 端 仕 様 (概略図)									
杭 先 端 仕 様 の 特 徴		杭先端内部に 鋼板または鉄筋を溶接。	杭先端内部に 鉄筋または平鋼を溶接。	杭先端に端板 リングを溶接。 杭先端内部に 鋼板を溶接。	杭先端内部に 鋼板溶接。 杭先端部に 補強バンド溶接。	フリクションカッターを 杭先端から 200mm 突出。	杭先端内部に 鉄筋を溶接。		
根固め球根形状 根固め球根径：Dc(mm) 鋼管径：D (mm)		$Dc=D+2\times\text{フリクションカッター厚}$ (杭径により D+18 又は D+24)	$Dc= D+150$	$Dc= D+200$		$Dc= D+200$	$Dc= D+ （100\sim200）$		
支持層管理方法		中掘り掘進に際しては、施工管理装置等の計器を用いて掘削時のオーガ駆動電流の単位掘進深さ当たりの積算電流（積分電流値）を連続的に測定する。 想定される支持層に近づいたら掘削ヘッドの回転数、押込み力、掘進速度などの掘削条件を一定にして掘削し、積分電流値の大きさや変化状況から支持層境界位置を判断する。 積分電流値の変化が不明瞭な場合などには、単体電流値の評価、土質柱状図との照合や、掘削排土された土砂や掘削ヘッドに付着した土砂の性状の確認なども行い総合的に判断する。							
工 法 認 証 範 囲 な ど	建 築	認 証	建設省阪住指発第 6 号 H11 年 1 月 20 日	建設省東住指発第 35 号 H12. 3. 21 技術指導 平成 16 年 4 月 13 日	建設省玉住指発第 1 号 平成 6 年 1 月 10 日			建設省阪住指発 第 179 号 H11. 9. 28 CBL FP020-06 号 H24. 3. 30	
		杭 径	φ 300～φ 1016	φ 400～φ 1219. 2	φ 400～φ 812. 8			φ 400～φ 1200	
		長 さ	80mかつ 110D 以下	80mかつ 110D 以下	70mかつ 110D 以下			80mかつ 110D 以下	
		支 持 層	砂質土層，礫質土層	砂質土層，礫質土層	砂質土層，礫質土層			砂質土層，礫質土層	
	土 木	認 証	審査証明制度の確立前の「S55 道示」の頃から 採用されている工法である。			技術審査証明 技審証 第 3 号 平成 14 年 5 月 31 日 適用拡大		技術審査証明 技審証 第 7 号 平成 16 年 9 月 2 日	技術審査証明 技審証 第 1201 号 平成 12 年 10 月 31 日
		杭 径				φ 400～800	φ 400～1000	φ 400～φ 800	φ 400～φ 1000
		長 さ				80m 以下かつ 110D 以下	φ 800 以下 80m 以下 かつ 110D 以下 φ 800 超え 51m 以下	75mかつ 110D 以下	φ 800 以下 84. 5m かつ 110D 以下 φ 800 超え 79m 以下
		支 持 層				砂質土または砂礫土		砂質土または砂礫土	砂質土または砂礫土
	技 術 資 料		TAIP 工法技術資料（TAIP 工法協会） 杭径：φ 400～φ 1200 長さ：80m 以下 支持層：砂層・砂礫層						



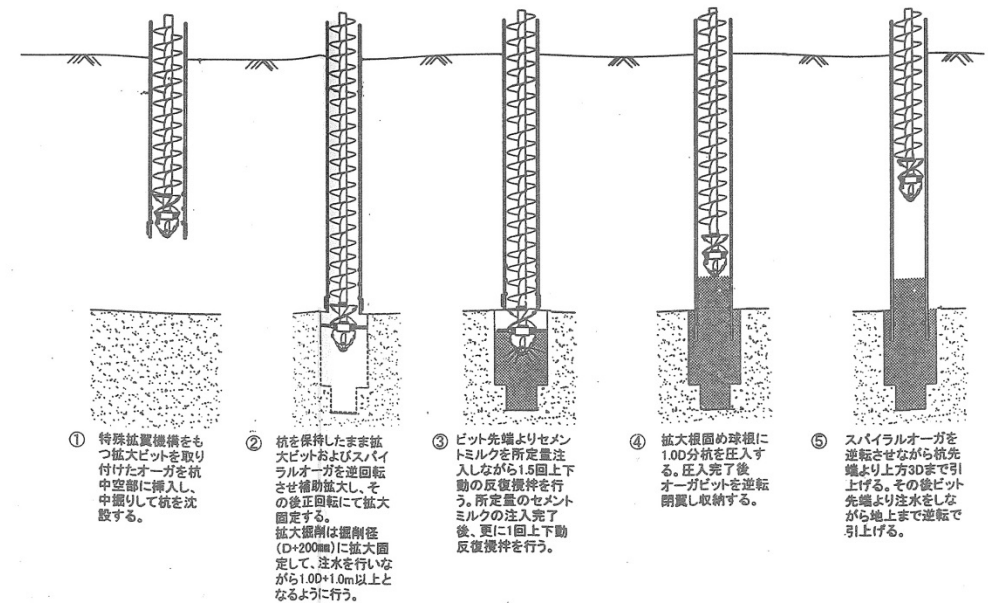
図—2.1 T A I P 工法 (1 工程方式) の施工手順



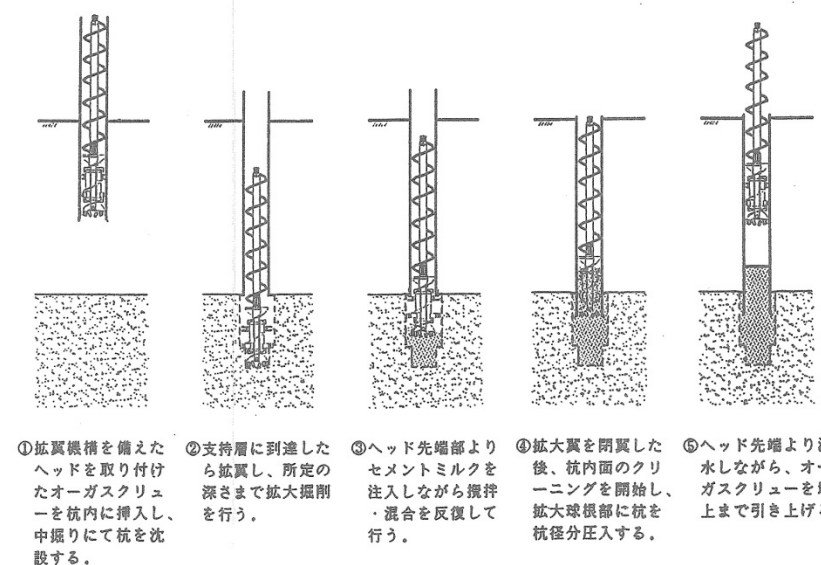
図—2.2 T N 工法の施工手順



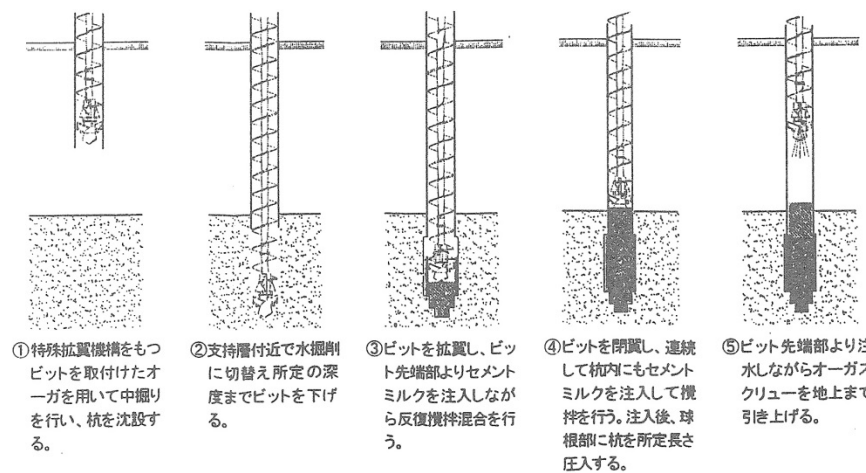
図—2.3(a) T B S 工法 (R P タイプ) の施工手順



図—2.3(b) T B S 工法 (R B タイプ) の施工手順



図—2.4 F B 9 工法の施工手順



図—2.5 K I N G 工法の施工手順

2. 2 施工手順

セメントミルク噴出攪拌方式の中掘り鋼管杭の施工は、鋼管杭の建込み、中掘り沈設、支持層到達後の先端根固め処理、掘削・根固め機具等の回収の4つの主要工程から成り立つ。

実際の施工手順には、鋼管の中掘り沈設から先端根固めまでを一連の施工工程で実施する「1工程方式」と、中掘り沈設と先端根固めを別なタイミングに分離して行う「2工程方式」がある。

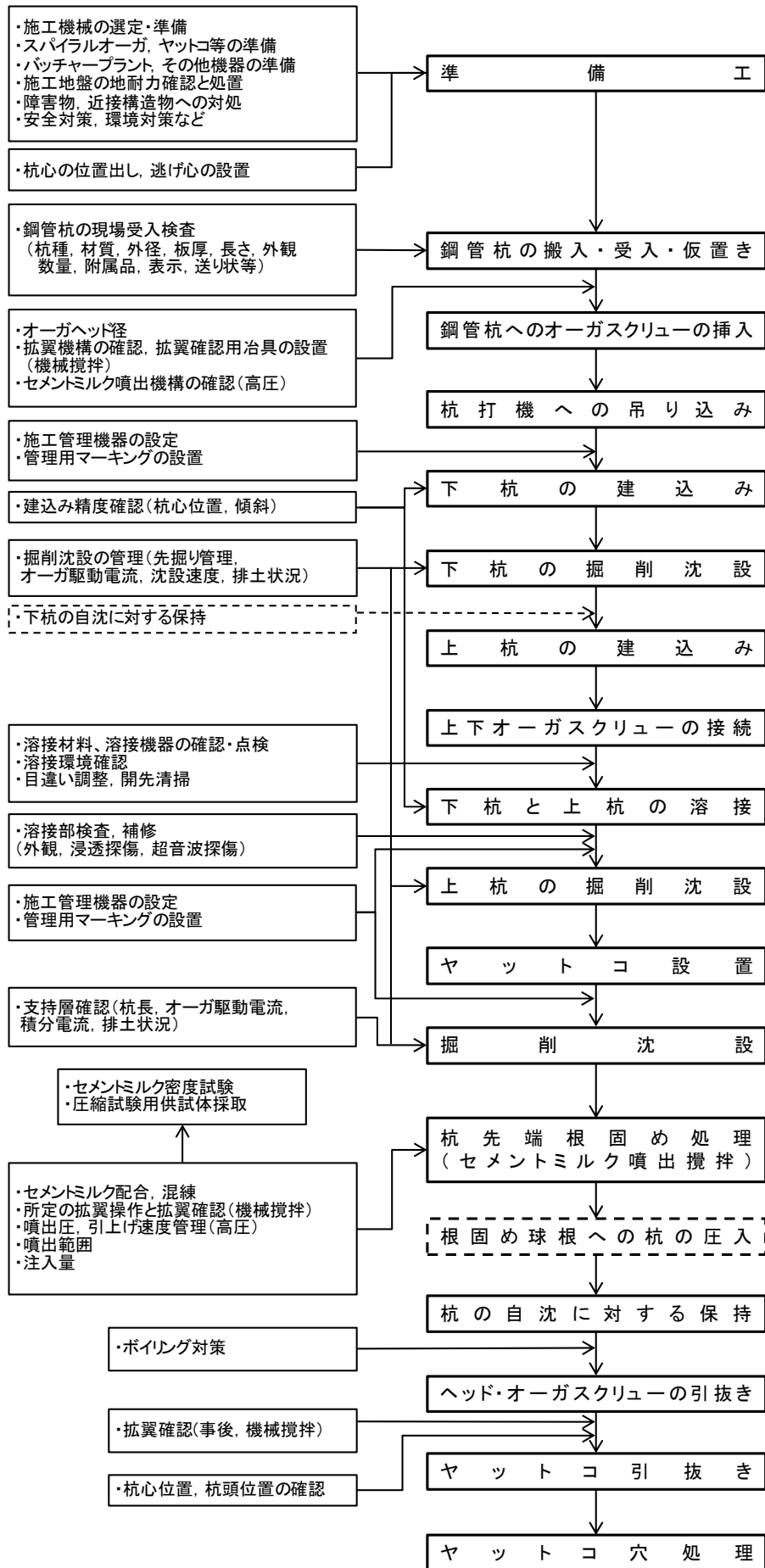
鋼管杭基礎の施工では1工程方式、2工程方式いずれも適用性があるが、鋼管矢板基礎の場合は1工程方式での施工は品質上の問題、工程上の問題からほとんど使用されておらず、「鋼管矢板基礎設計施工便覧」に示された2工程方式での施工を標準とする。

なお、標準的な施工手順以外の方法を用いる場合、ならびに所定の構造条件や後述する所定の施工管理を満たせない場合については、施工試験などを実施して所定の支持力性能が得られることを確認する必要がある。

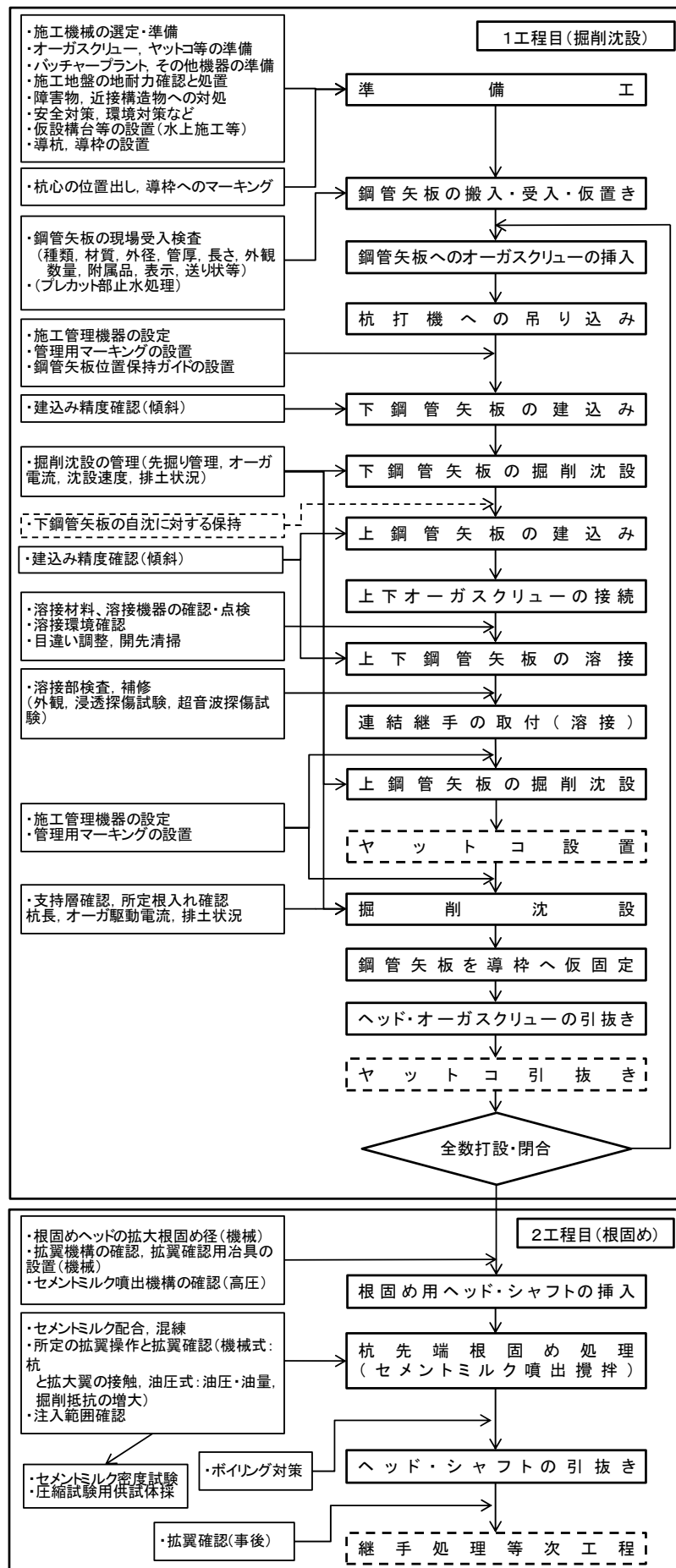
図－2.6(a)に鋼管杭基礎の中掘り杭工法での標準的な施工フローを示す。

図－2.6(b)に鋼管矢板基礎の中掘り工法での標準的な施工フローを示す

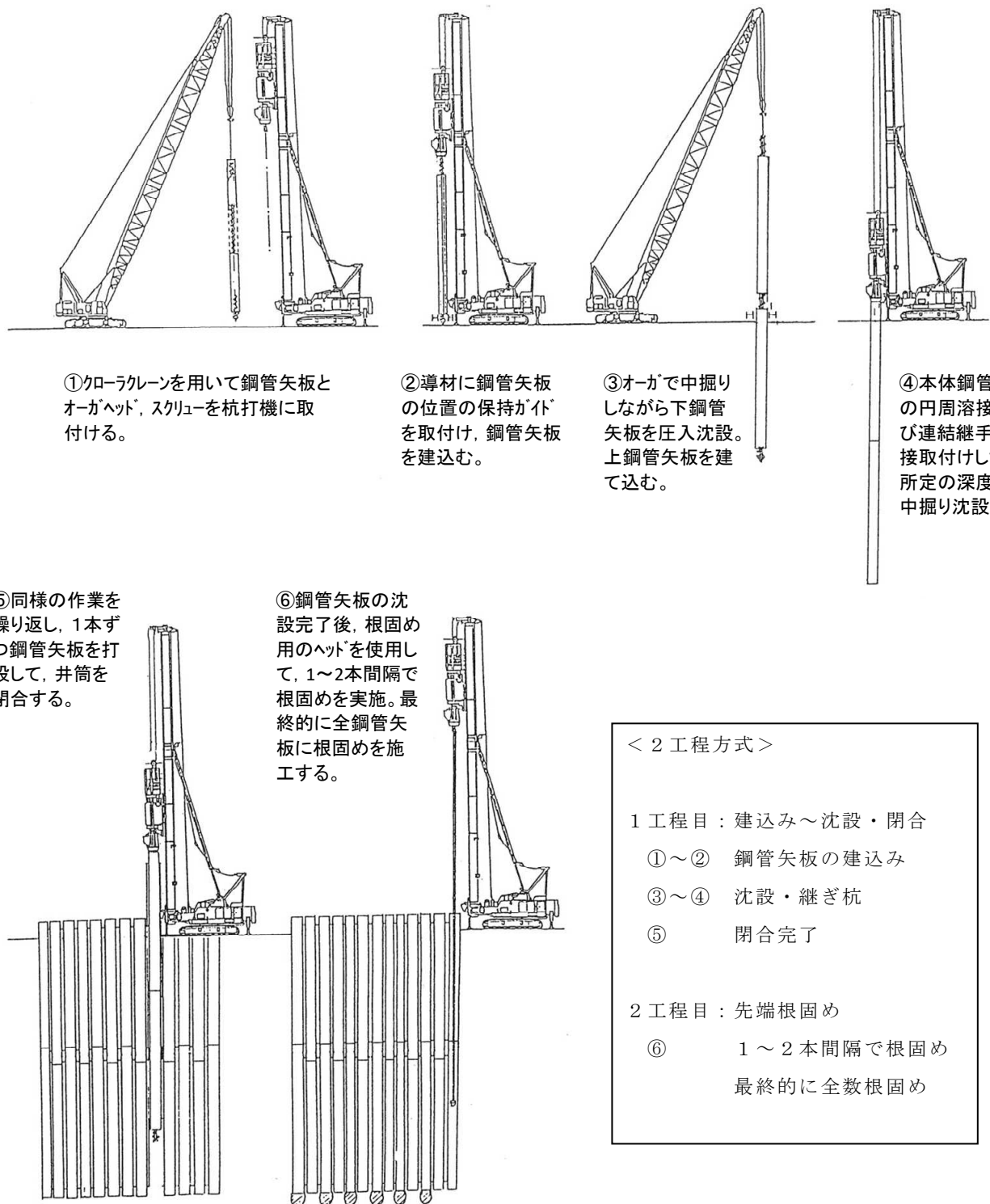
また、図－2.7には2工程方式の中掘り杭工法での鋼管矢板基礎の一般的な施工手順を例示する。



図－2.6(a) 鋼管杭基礎の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）標準施工フロー



図－2.6(b) 鋼管矢板基礎の中掘り工法（セメントミルク噴出攪拌方式）
標準施工フロー（2工程方式）



図－2.7 中掘り工法による鋼管矢板基礎の一般的な施工手順<2工程方式>

2. 3 施工機械及び設備機器

(1) 主な施工機械

セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法に使用する主要な施工機械は、杭打ち機、補助クレーン及び杭先端の根固め処理用のセメントミルクプラント等である。

施工機械の選定にあたっては、施工する杭の形状、長さ、数量や地盤の硬さ、中間層の有無、地下水位等の地盤条件を考慮する。また、作業ヤードの広さ（組立・分解ヤードを含む）、運搬道路の幅員等も同時に考慮する必要がある。最適な施工機械の選定において考慮する要因が多く、かつ地盤の複雑さから一律に選定図表等で規定できないため、できる限り現地調査を行うとともに、条件が類似している施工例等を参考にして施工機械の能力・仕様を決めなければならない。

表－2.2に中掘り杭工法の施工で使用する主要な施工機械・設備の例を示す。

表－2.2 主要な施工機械器具の例

※車両系建設機械は道路運送車両法及びオフロード法の規制に適合したものを用いる。規制対象外の機種、可搬式建設機械は排出ガス対策第2次基準値、第3次基準値適合のものの使用が望ましい。

No.	名 称	種 類	仕様・規格等
1	アースオーガ中掘機 (杭打ち機本体)	直結3点支持式	60～135 トン クラス
2	オーガ駆動装置	電動、(油圧式)	オーガ出力 45～180 kW ※表－2.3参照
3	補助クレーン	クローラクレーン 又は ラフテレーンクレーン	30～120 トン吊り 排出ガス対策型
4	掘削及び積込機	バックホウ	クローラ型 山積 0.45～0.7 m ³ (平積0.35～0.4 m ³) 排出ガス対策型
5	電力設備	発動式発電機	125, 150, 260, 350, 450, 600, 800 kVA 等 ※表－2.4参照 560kVA 以下は排出ガス対策型
6	交流アーク溶接機	半自動アーク溶接機	300～500 A クラス
7	空気圧縮機 (コンプレッサー)	可搬式スクリーエエンジン掛け	排土促進補助用 圧力0.5～1.5 MPa 排出ガス対策型
8	セメントミルク プラント関係	グラウトミキサ グラウトポンプ 水槽	容量 500 ℓ以上 吐出量 75 ℓ/min 以上 容量 5m ³ 以上
9	スパイラルオーガ 関係	スパイラルオーガ オーガシャフト オーガヘッド	杭径別に選定 同 上 同 上
10	ヤットコ	杭頭を施工基面以下に沈設する 場合に使用	個別設計 ※杭を吊り下げ保持できる接合構造

No.	名 称	種 類	仕様・規格等
11	杭沈設補助装置	牽引圧入装置，モンケン等	杭打ち杭打ち機機に併設
12	排土補助 残土処理設備	排土飛散防止ホッパー 残土処理機械（バックホウ， 油圧ショベル等） 泥水処理設備	排出ガス対策型
13	施工管理計器類	電流計，油圧計，圧力計，流 量計，深度計，傾斜計，回転 計，自記記録装置， データロガー，パソコン，モニター類， （単体計器あるいは統合型の 施工管理装置）等	管理システム，装置により異なる機器・構 成となる
14	試験関係	密度試験機器 非破壊検査機器	密度：①マッドバランス，②ボーメ浮ひよ う，③メスシリンダ及び秤等 非破壊検査：浸透探傷液，放射線透過試験 装置または超音波探傷試験装置，寸法検査 器具等
15	その他	敷鉄板	例えば， 22～32t×1.5×6.0m 10～20枚

表－2.3 杭打ち機と駆動装置の組合せ例

	杭 径（mm）		
	φ 400以上 φ 800未満	φ 800以上 φ 1000以下	φ 1000超 φ 1200まで
杭打ち機	100t クラス	120t クラス	135t クラス
駆 動 装 置 （オーガ出力）	45～90kW	60～150kW	110～180kW

表－2.4 機器電気容量と発動発電機の仕様例

用 途		仕 様（kVA）	質 量（t）	機関出力（kW）
オーガモータ	55kW	200	3.54	195
	90kW	300	4.40	248
	110kW	450	7.80	385
セメントミルクプラント		75	1.72	69
交流アーク溶接機	1 台	100	1.88	92
	2 台	125	2.13	117

注）機器の最大容量で発動発電機の容量を決定する。

排出ガス対策型を用いる。第2次基準値，第3次基準値適合のものを用いることが望ましい。

(2) 用水設備

用水設備は、1日の施工数量及び施工速度によって決定されるが、一般には1日あたり20～80m³程度の給水が必要である。

給水栓がφ25～40mm程度の場合は、一時貯水のための水槽として5～10m³程度の水槽を確保しておけばよいが、給水栓がφ25mm未満の場合には、20m³以上の水槽を用意し、施工に支障を来さないよう十分な用水を確保する。

2. 4 鋼管杭、鋼管矢板及び附属品

鋼管杭は JIS A 5525（鋼管ぐい）の SKK400又は SKK490 を、鋼管矢板は JIS A 5530（鋼管矢板）の SKY400又は SKY490を用いることを原則とする。

その主な内容については【付録 A】に採録したので参照されたい。

また、鋼管杭・鋼管矢板の附属品に関しては、「鋼管杭・鋼管矢板の附属品の標準化 改訂第10版 第3刷（2018年5月 鋼管杭・鋼管矢板技術協会）」に準拠するものとする。

鋼管杭の中掘り杭工法に関連の深い附属品を以下に示す。

(1) フリクションカッター

鋼管杭を沈設する際の摩擦抵抗を緩和するために、杭先端部にフリクションカッターを取付けることが一般的である。フリクションカッターの厚さは、周面摩擦や水平抵抗等の基礎の抵抗特性に悪影響を及ぼさないように最小限に留める必要があるが、試験調査結果に基づき表-2.5の厚さを標準とする。

以前は中掘り杭のフリクションカッター厚さは、鋼管杭の打撃工法に用いる先端補強バンドを準用して厚さ9mm 以下としていたが、中掘り杭の載荷試験結果の蓄積に伴い、設計の基本事項を満たすことが確認されたことより、打撃工法に用いる鋼管杭の先端補強バンドとは異なるフリクションカッター厚さが採用されている。

表-2.5 フリクションカッター厚さ t の標準値

杭 径 D	フリクションカッター厚さ t (mm)
800mm 未満	9以下
800mm ～ 1,200mm	12以下

(2) 現場円周溶接継手（JASPP ジョイント）

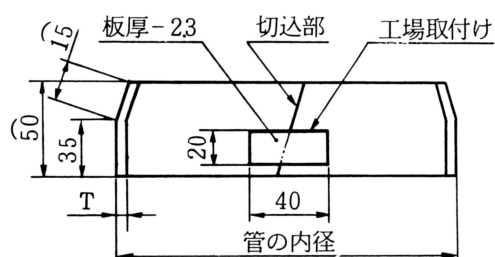
現場縦継ぎ溶接部の構造は、JIS A 5525（鋼管ぐい）にも示されている図-2.8に示したもの（JASPP ジョイント）に標準化されており、特殊な杭を除いてこの継手を用いる。

(3) 吊金具

中掘り杭工法の場合、単管毎にその頭部付近に吊金具（2個取り付けが標準）を取り付けることが多い。その形状寸法については前掲の技術資料「附属品の標準化」を参照されたい。なお、特殊な吊り方や標準外の吊金具を使用する場合は、安全性について別途検討が必要である。

(1) 裏当リング

単位 mm



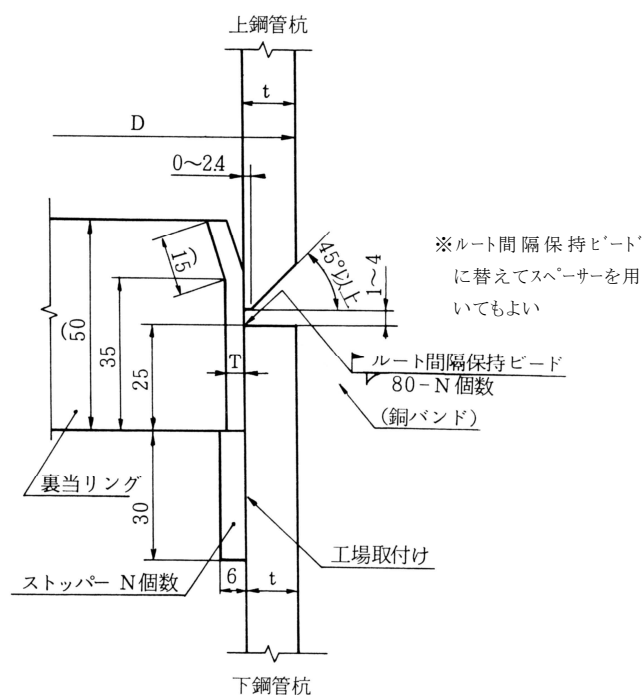
裏当リングの厚さ 単位 mm

外 経 D	T
1016以下	4.5
1016を超えるもの	6.0

※中掘り杭工法を適用する場合の措置として、オーガと干渉することを防止する意味で裏当てリングの高さは鋼管のサイズによらず50mmに抑制している

(2) 裏当リング及びストッパー

単位 mm



ストッパーの個数

外 経 D mm	N 個数
609.6以下	4
609.6を超え 1016以下	6
1016を超えるもの	8

図－2.8 現場縦継ぎ溶接部の継手構造

2.5 鋼管先端部の仕様

セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法では、杭先端に形成される根固め球根と鋼管杭との荷重伝達を円滑に行う目的で、平鋼、鉄筋や端板リングを杭先端支圧材として鋼管杭内面あるいは先端に、フリクションカッターを杭先端に取付けている。

この先端部仕様は個別工法で異なる形状となっており、各工法の規定に従う必要がある。鋼管先端部へ取り付ける材料は、工法、地盤、杭径によっては取付けない場合もあり、取付ける場合であってもその形状、数量等の仕様が工法によって異なるので注意を要する。

各工法における鋼管先端部の標準仕様と加工図(例)を【付録B】に集録したので参照されたい。

2. 6 根固め液（セメントミルク）

(1)セメント

根固め球根（鋼管内への打設部も含め）は、杭先端部と支持地盤を一体化させるとともに、杭先端部での力の伝達を受け持つ重要な構造部材であり、根固め液（セメントミルク）には、JIS R 5120 に規定されるポルトランドセメント（普通，早強）又は JIS R 5211 に規定される高炉セメントを使用することを標準とし，その取扱いならびに配合・練混ぜ等の管理は確実に行う必要がある。

なお，セメントミルクの配合改質のために，JIS R 5212（シリカセメント）や JIS R 5213（フライアッシュセメント）を用いてもよい。

また，地下水や逸水層の存在が問題となる場合には，セメントミルクの分離性・粘性を改善するために増粘剤等の薬剤を添加する場合もあるが，混練条件，圧送・噴出性，強度，硬化特性等について事前の確認が必要である。

(2)練混ぜ水

練混ぜに用いる水は，水道水又はセメントミルクの品質に悪影響を及ぼさない水を使用することを原則とする。河川水，地下水，海水等を使用する場合は，油分，pH，有機物等セメントミルクの品質に悪影響を及ぼす物質を含んでいないか，強度，耐久性，凝固性や施工性等に問題が生じないかを確認する必要がある。

3. 施工計画

3. 1 施工計画の基本

鋼管杭基礎、鋼管矢板基礎の施工は、工事における安全・衛生の確保、環境への配慮、法令順守の基本条件のもとで、設計において前提とされた以下のような諸条件等が満たされるように留意して計画する必要がある。

- ・設計で想定された構造条件・地盤条件に施工で変化を及ぼさないこと
- ・支持力推定式を裏付ける適正な施工（規定された施工）を行うこと
- ・適正な材料の使用、基礎の信頼性を裏付ける施工管理がなされていること

これらが満足できない場合には設計に立ち戻って検討が必要となる。また、規定された以外の施工法や材料の使用に関しては、規定されたものと同等以上の安全度等を有するように載荷試験等により別途確認することが必要である。

施工計画のための調査、工程計画（仮設計画、輸送計画等）、品質管理計画、安全衛生計画、環境対策等の施工計画の内容や留意点については、たとえば「杭基礎施工便覧」に詳しく記載されているので、参照するのがよい。なお、法令等については常に最新情報を確認する。

3. 2 施工要領書（施工計画書）

建設業法第26条の3では、「主任技術者及び監理技術者は、工事現場における建設工事を適正に実施するため、当該建設工事の施工計画の作成、工程管理、品質管理その他の技術上の管理及び当該建設工事の施工に従事する者の技術上の指導監督の職務を誠実に行わなければならない。」とされている。元請技術者は、設計段階で要求されている所定の品質と機能を満足するような施工が行われることを確認できる施工要領書（施工計画書）を事前に作成しなければならない。杭工事管理者は、元請技術者が作成する施工要領書（施工計画書）が

3.1 施工計画の基本の基本条件や諸条件を満足するように、専門的観点から助言・協力を行わなければならない。

鋼管杭のセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法においては、一般的に以下の内容の施工要領書（施工計画書）を作成する。

＜施工要領書（施工計画書）に記載する主な事項＞

1. 工事概要・一般事項
2. 計画工程表
3. 工事組織・体制、現場組織表、役割分担
4. 現場位置、地盤条件、杭心位置、現場確認・設計図書照査による注記事項等
5. 主要資材
6. 施工機械・器具（指定機械、主要機械）
7. 仮設備配置図
8. 鋼管杭、施工機械の搬入計画

9. 施工方法及び施工手順

(掘削・沈設計画, セメントミルク注入計画, 掘削土処理方法等)

10. 施工管理計画

11. 試験杭の実施計画

12. 施工記録項目, 様式, 提出時期等

13. 不具合発生時の対処方法

14. 品質管理計画, 出来形管理計画

15. 安全衛生管理計画

16. 環境保全対策, 排土処理計画

施工要領書(施工計画書)を作成するに際して, 以下のような点に留意する必要がある。

3. 2. 1 工事概要・一般事項

工事概要等の記載においては, 採用する施工法がわかるように表記しなければならない。

適用図書類として設計図書以外に準拠する重要な基準類がある場合, あるいは, 設計図書の内容誤謬や現場との相違等がある場合等は, その内容や処置等について記載しておく。

3. 2. 2 計画工程表

杭工事の工程表は, 仮設備を含めた全体工程の一部として立案されるのが一般的である。このため, 全体工事との関連を考慮し杭工事の施工工程を立案する必要がある。杭工事の施工工程の立案にあたっては, 各作業工程における施工時間の計画を設定し, 杭1本の施工に要す時間を把握した上で1日に施工できる本数を割り出し無理のない計画を立てる。数基の基礎を施工する場合にはその施工順序等を記入した平面図等も添付する。

3. 2. 3 工事組織・体制, 現場組織表, 役割分担

工事の実施に際しては建設業法に従って組織・体制の書類(施工体制台帳, 施工体系図)を作成し, 主任技術者(杭工事管理者)を配置する。中掘り杭工法の施工には, 施工機械の選定, 施工の安全, 品質の確保, 工程管理等の専門知識や現場での経験, 設計で杭に要求されている基本的事項への理解が必要であることから, 杭工事会社が杭工事に必要な教育を行い, 十分な知識と技量を備えていると責任を持って判断した技術者(杭工事会社や工法協会等の定めた資格を有している者, 鋼管杭施工管理士の資格を有している者, 各工法協会で資格等を特に制度化していない場合は, 目安として主要な立場で3現場以上経験した者)を杭工事管理者として選定・配置する。

また, 施工体系図や作業員名簿等の作成に際しては, 管理者, 責任者, 指揮者等の役割分担や, 個々の作業を実施するのに必要な資格要件, 実施権限, 担当等が分かるように記載する。

法令が資格を要求する作業はもとより, 工事の品質を確保する上で重要な作業については, 有資格者や教育訓練を受けた者で当該作業の経験を有し, 作業内容について十分に理解している者に実施させる必要がある。

3. 2. 4 現場確認・設計図書照査に関する注記事項等

工事着手に際して設計図書の照査，ならびに現場の確認を実施して設計図書の内容の妥当性，現場条件との相違等を把握することが必須とされる。

現場確認（踏査）を実施し，現場環境条件，基準点（仮 BM・多角点・幅杭・中心線測量点等），施工ヤード，搬入路，施工支障物・近接構造物，その他の危険箇所等をチェックし，現場確認記録（設計図書との相違があればその内容も記載）を作成し，これらを踏まえた施工要領書（施工計画書）を作成する。

地盤条件の確認においては，予め実施されている土質調査結果等の資料及び近隣の地盤の情報や施工実績等から，地盤の構成（土層・土質・層厚）や地下水の状況等を把握するとともに，施工性について検討する。設計図書で杭に期待している支持力性能や支持層の想定深度分布を確認し，支持層の不陸が大きい等の特殊な地盤の場合は，必要に応じて地盤調査の追加を監督員（工事監理者）等と協議する。既設の基礎や転石等の地中障害の存在が明らかな場合は，事前に監督員（工事監理者）等と協議を行い，障害物を回避して施工することを検討する。障害物を回避しての施工が難しい場合には，障害物の撤去対策について別途検討する。

国土交通省が策定している「設計図書の照査ガイドライン」では，橋梁下部工に関して施工条件（環境対策，搬入路，ヤード確保，近接構造物影響），振動・騒音等への配慮の要否，支障物件，埋設物確認，設計図（座標値，図面間の整合性確認，使用材料等の確認，施工実施数量計算）等を請負者が確認することを求めている。これらについてチェックリストを作る等，設計図書の照査を実施したことを示す記録と必要な情報を記載しておく。

3. 2. 5 施工機械・器具，仮設備

設計図書に記載あるいは前提とされた施工の諸条件等を把握したうえで，使用予定の施工機械・器具や仮設備について，その計画内容や現場における配置を明記する。

この際，検査や点検に合格しているものを使用することが原則であるので，検査表や点検記録等にも配慮する必要がある。

指定建設機械（排出ガス対策型，低騒音型，低振動型）を使用する場合は，その旨を明記するとともに，現場での稼働中の写真等でその使用実態が確認できるようにする。

3. 2. 6 施工管理計画

基礎構造については，地中部の出来形の直接検査が困難であり，また，竣工後の維持・管理・補修等の実施も難しい面がある。したがって，所定の品質と機能を満足することが確認できることとともに，施工精度や材料強度等についてはその品質水準が確認できるような施工管理を心掛ける必要がある。

施工要領書（施工計画書）においては，施工管理の要点となる事項について，項目，管理方法，規格値や目標値等を具体的に記述する。あわせて，施工記録の内容・様式等についてもあらかじめ明確にしておく。監督員（工事監理者）や元請技術者が立会い確認を行う管理項目は明確にし，施工要領書（施工計画書）に反映する。また，施工体制上，杭工事管理者が複数名となる場合は，責任を持って施工管理項目を確認・記録する杭工事管理者を施工要領書（施工計画書）で明確にしておく。

3. 2. 7 試験杭の実施計画

試験杭の実施計画について、対象とする杭、実施時期、確認事項、結果の本杭施工への活用等を明確にしておくことが必要である。

具体的な試験杭の評価項目等については、5.2 試験杭の実施に記載する。

3. 2. 8 施工記録項目、様式、提出時期等

施工記録は作業日毎の記録のほかに、個々の杭の施工状況全体が容易に理解できる内容のものが望ましく、施工記録として管理すべき事項や書式、提出すべき記録、提出・報告時期、施工記録が取得できなかった場合の代替記録方法等について、施工要領書（施工計画書）で明確しておく。

施工中に生じた特殊な状況とその対策や工事において行われた調査、試験の記録についても工事記録として保管する必要がある。

施工記録は、施工品質を担保する重要な資料であるため、工事完了後も一定期間保管する。また、施工記録は施工技術の発展や継承に資するものにもなるため、杭工事会社もデジタルデータ等で保管する。

3. 2. 9 不具合発生時の対処方法

施工要領書（施工計画書）作成段階から、地盤条件や施工環境等から想定される不具合を挙げ、監督員（工事監理者）や設計者とその対策を事前に決めておくことよい。万一施工中に想定から大きく外れる不具合が発生し、施工要領書（施工計画書）を変更する必要がある場合は、速やかに作業を中断し、杭工事管理者→元請の杭担当技術者→元請の監理技術者→監督員（工事監理者）、設計者→発注者と速やかに連絡し、対応方法について協議する。この連絡・協議ルートや協議結果を記録に残しておくことを施工要領書（施工計画書）に記載しておく。

3. 2. 10 品質管理計画、出来形管理計画

品質管理の内容・項目については、施工方法、施工管理方法とは別に整理するのがよい。この際、品質管理項目の一覧表等を作成し、品質記録の確保について明確にしておく。設計図書や特記仕様書に品質管理に関する特記事項が記載されている場合があるので、詳細に確認する。

検査や測定については、その頻度や数量を明確にするとともに、その実施者、確認者なども明確にしておくことよい。検査頻度とともに、予定される検査数を記載すれば記録などの照合・確認などが行いやすい。具体的な規格値や許容範囲の規定があるもの、自主管理値や目標値を設定するものは、その値も明記しておくのがよい。

3. 2. 11 安全衛生管理

安全衛生については、工事における安全確保についての留意事項、安全活動計画等について記載する。

この際、「労働安全衛生法」、「労働安全衛生規則」等の関係法規を遵守するとともに、現

場の実態に即したものとなっていることが重要である。

「土木工事安全施工技術指針」に基礎工事における留意事項等が記載されているので参考にするとよい。

3. 2. 12 発生土の処理計画

鋼管杭の中掘り杭工法では、杭体の沈設にあたり掘削土が地上に排出されるため、この処分方法を事前に検討しておく。

排出された土砂を一時的に釜場等に貯留したり、含水量が多い土砂等について固化材等を添加・攪拌混合してワーカビリティーを改良したりするが、このためには油圧ショベルやバックホウ等の重機を使用することになるため、必要に応じてあらかじめ用意しておく。

また、地下水位等に応じて施工に伴い泥水の発生が予想される場合には、沈殿槽や泥水処理装置等についても準備しておく。

水上での施工では排土や泥水等の取扱いがより難しくなるので、十分な検討・計画が必要である。

4. 施工

4. 1 事前準備

設計において前提とされた諸条件等を満たすよう施工を行うために，元請技術者は施工に着手する前に以下のような準備を行い，杭工事管理者および杭工事に従事する者と共有する。

- ・設計図書ならびに各種適用基準の内容を把握し，設計図書の内容を照査する
- ・特に，設計図書に記載の打止め深度，支持層根入れ長，鋼管の断面変化位置，許容支持力の余裕度等を確認する。
- ・ボーリング柱状図および土質調査報告書により，地層構成，支持層深度，支持層傾斜等を確認する。
- ・作業ヤード，上空支障物，近接構造物，作業時間制約等の現場作業条件，住宅密集地や水源等の周辺環境条件を確認する。
- ・施工要領書（施工計画書）を作成し，監督員（工事監理者）等と確認・協議を行う。

4. 2 準備工

施工を円滑に進めるために，現地の状況を把握し，現場環境の整備（障害物の確認・処置，ヤード及び施工基面の整備等），施工機械・機器の運搬・組立設置・点検等を行う。必要に応じて対策を講じる。

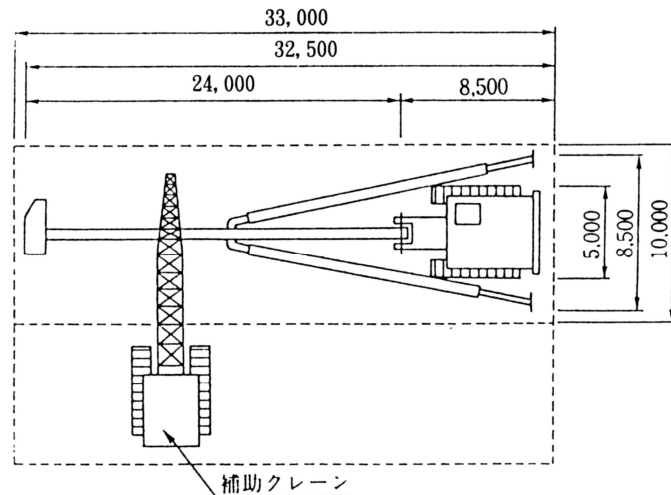
施工に先立つ準備工としての注意事項を以下に示す。

4. 2. 1 作業ヤード

作業ヤードは杭施工を円滑に進めるために杭打ち機の分解・組立，杭打作業にともなう杭打ち機の移動・旋回，さらにはセメントミルクプラント等の各種施工機械の設置や鋼管杭・鋼管矢板の保管場所，残土置場等を考慮した十分な広さが必要である。杭打ち機の組立・分解に要する作業ヤードと杭施工時における標準的な作業ヤードの例を以下に示す。

(1) 杭打ち機の分解・組立に必要なとする作業ヤード

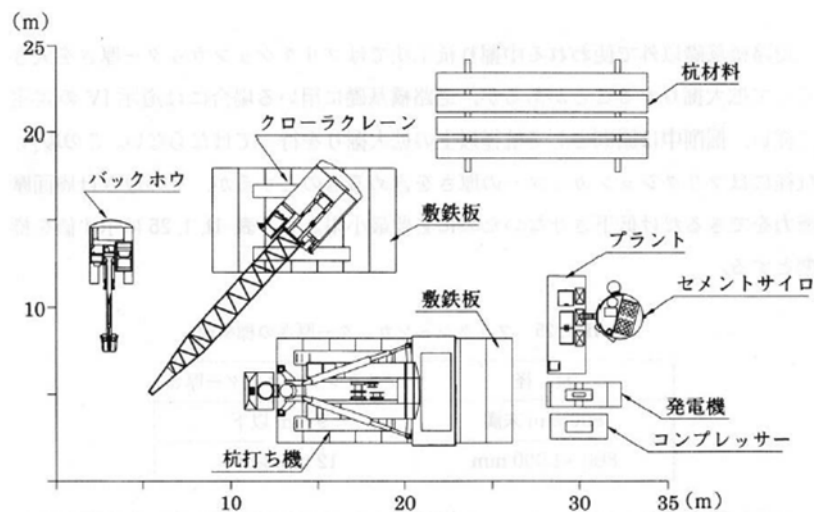
杭打ち機の分解・組立に必要な作業ヤードは，杭打ち機のリーダが24mの場合，図－4.1に示すような広さが必要になる。



図－4.1 3点支持式杭打ち機の分解・組立時の作業ヤードの例

(2)セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法の作業ヤード

図－4.2に標準的作業ヤードの寸法を示す。



図－4.2 標準的作業ヤードの例

4. 2. 2 障害物の撤去・防護

施工が安全かつ円滑に行えるように、送電線や電話線等の地上障害物の有無の調査を十分に行い、必要な対策を講じておく。

また施工の前に既設の基礎や配管、転石・捨石等の地中障害物を撤去する方法としては、バックホウによる掘削、ケーシングとハンマグラブによる掘削やスクリーロードによる掘削等があるが、その実施に際しては掘削の方法や範囲(深度、径)等について監督員(工事監理者)等と十分に協議をする。特に杭径を超えるような大きな地中障害物の処置では、周面摩擦力等の設計上の影響評価が必要となる場合もある。

4. 2. 3 作業基盤の整備

作業基盤の良否は、杭の傾斜等の施工精度のみならず施工性や安全性に重大な影響を与える。また、近接構造物や地中埋設物に与える影響度にも関係する。作業基盤の整備にあたっては施工機械の機種、重量、接地圧、施工姿勢や周辺構造物・地中埋設物等との離隔等を含めて総合的に判断する。

一般的には敷鉄板により重機足元の養生を行うが、地盤（表層、浅層）が非常に軟弱な場合は、重機の安定性および杭の施工精度（鉛直精度、水平精度）の確保のために、敷鉄板を追加することにより荷重を分散させることや、地盤改良や敷採石等により地耐力を大きくする等の対策を取る必要がある。3点支持式杭打ち機の重量からは平均接地圧 $100\sim 200\text{kN/m}^2$ 程度であるが、施工荷重の偏心等を考慮すると 400kN/m^2 を超えるような更に大きな局部最大接地荷重が発生する場合もある。想定する機械・作業姿勢等による接地荷重に対して十分耐えられるように予め作業基盤の整備を行う。地盤及び重機の安定性については、日常の管理として杭打ち機やクレーンの姿勢確認、地盤の沈下や敷鉄板の変形状況等を確認するのがよい。作業基盤の養生については、「移動式クレーン、杭打ち機等の支持地盤養生マニュアル」等を参考にするとよい。

また、重機や杭の搬入路、重機の移動範囲等についても、特に斜面法肩等に注意して転倒事故等が起こらないように堅固に整備しておく。

河川内等水上での鋼管杭・鋼管矢板の施工では、栈橋や構台が仮設されることが一般的であるが、施工機械や設備機器の配置等を考慮して計画する必要がある。また、基礎本体の施工とは別に、仮設栈橋の杭の施工や台船搬入される鋼管杭・鋼管矢板の吊り揚げ等でクレーンの大きさや吊り姿勢、重機の上載位置が決まることもあるので注意を要する。

4. 2. 4 施工機器の運搬・組立設置・点検

運搬にあたっては、種々の制限があり特に道路運搬の場合は運搬経路の交通規制（通行規制区域、橋梁の荷重制限、搬入路の幅員や高さ制限等）をはじめ、交差点や曲がり角の旋回可能幅員等、事前に道路や交通の状況を十分調査して運搬計画を作成する。

特に施工機械の運搬はトレーラーで行われることが多く、一般に特殊車両通行許可が必要となるため、道路状況を把握した上で、綿密な運搬計画を立て、必要な許可を取得する。また鋼管の運搬長さは $6\sim 13\text{m}$ 程度が一般的であるが、施工効率を上げるためにそれ以上の長さを運搬する場合には詳細に計画する必要がある。施工機械や鋼管杭・鋼管矢板の運搬条件等については、「杭基礎施工便覧」等を参考にするとよい。

3点支持式杭打ち機の組立・分解には図-4.1に示したように相当大きなスペースが必要となるので、施工機械の選定や、組立・分解の実施タイミング等に留意する。

施工機械は、その機能を十分発揮し、安全・正確・迅速な作業ができるよう関係法令にもとづく検査を行わなければならない。施工着手時の点検とともに日常の始業点検等の自主検査を適宜行い施工機械の管理に努め、自主点検も含めて施工機械の点検実施の確認記録やチェックリスト等を作成し、記録を保管しておく。

4. 2. 5 施工機械キャリブレーション

施工開始前に杭打ち機、バッチャープラント、施工管理装置等が、所定の機能を有してい

ることを点検・確認する。施工現場における一般的なキャリブレーション項目と確認例を以下に挙げる。

(1) 杭打ち機のリーダ鉛直度

杭打ち機のオペレータ室に備えてあるリーダ傾斜計が正確であることを確認するため、杭打ち機のリーダ傾斜を0点にセットし、杭打ち機正面および直交側面の2方向からトランシットにより鉛直度を確認する。リーダの鉛直が取れていない場合は、トランシットにて確認しながらリーダの傾斜を調整した後、0点リセットを行い較正する。

(2) バッチャープラントの計量器

計量器に検査用ウェイトを乗せ（例えば 200 kg）、計量器表示との誤差を確認する。誤差がある場合は補正を行う。

(3) 施工管理装置における掘削深度

地上付近でオーガ駆動装置を昇降させることで得られる実測値（スタッフ等による検尺値）と施工管理装置の計測値を比較して、施工管理装置の深度表示値が正確であることを確認する。誤差がある場合は補正を行う。

(4) 施工管理装置における掘削速度

オーガ駆動装置の昇降速度を一定値（例えば1m/min）に設定し、単位時間（1分間）のオーガ駆動装置昇降距離をスタッフ等により測定する。その実測値と施工管理装置の計測値を比較して、施工管理装置の掘削速度表示値が正確であることを確認する。誤差がある場合は補正を行う。

(5) 施工管理装置における流量

目盛付きの空計量器に水を吐出させ、単位時間（1分間）における実測流量（空計量器に溜まった水量）と施工管理装置の流量値を比較して、施工管理装置の流量表示値が正確であることを確認する。誤差がある場合は補正を行う。

4. 3 使用材料の受入れと保管

4. 3. 1 鋼管杭・鋼管矢板

搬入された鋼管杭、鋼管矢板は、所要の品質を満たしていることを確認したうえで、損傷や変形が生じない方法で保管する。

(1) 受入れ検査

現場に搬入された鋼管杭・鋼管矢板が、外観、形状・寸法（外径、厚さ、長さ、附属品）が設計図書どおりかどうか、受入れ検査を行う。また、納品書等により杭の種別、数量を確認する。

鋼管杭・鋼管矢板の品質は、検査証明書（ミルシート）での確認も別途行う。

受入れ検査の実施状況は記録に残すとともに、検査証明書類と併せて整理保管する。

受入れた製品の品質上の欠陥や数量の食い違い等の不具合が発見された場合は、その処置も含めて記録に残すとともに監督員（工事監理者）へ報告する。

(2) 製品の保管・取扱い

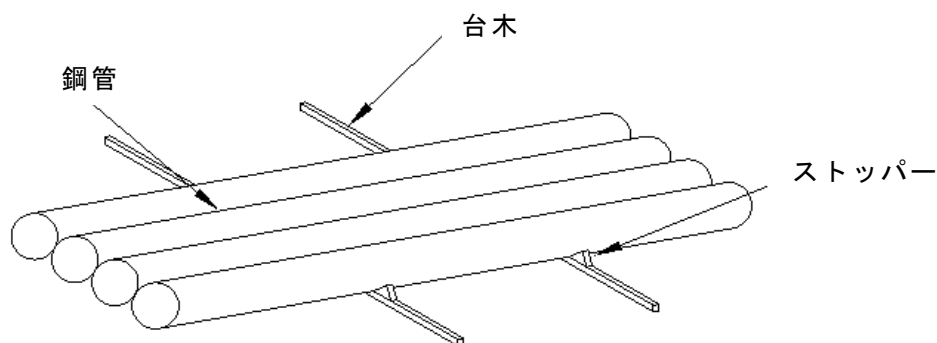
鋼管杭、鋼管矢板は種類別に分類し、損傷や変形が生じない方法で保管する。

台木（角材やH鋼等）を使用する場合は、管端の変形防止の観点から受け位置を管端部から50cm程度は離すよう配慮するのがよい。

鋼管はなるべく平置きすることが望ましいが、やむを得ず段積みする場合は2段以内とし、荷崩れしないよう十分な安全対策を施さなければならない。段積みの高さは玉掛け時に高所作業とならない2m程度以下が目安となる。

鋼管を使用する順序や作業性等を考慮して、適切な位置に仮置きする。鋼管の仮置きの例を図－4.3に示す。

- ① トラックやトレーラーの上で荷崩れがおきない事を確認してから固縛用のワイヤロープを緩める。
- ② 鋼管の荷下ろしはクレーンにて行い、慎重に1本ずつ下ろす。
- ③ 鋼管はできるだけ水平な地盤に台木を支持点として並べる。
- ④ 台木は玉掛けに支障のない高さのものを使用し、転がり防止としてストッパーで完全に固定する。



図－4.3 鋼管の仮置きの例

4. 3. 2 セメント類

セメント類の受入れ時には、納品書等によってその品名と数量を確認する。セメントミルクの配合のチェックの意味から、受入れ量、使用量及び残量を記録・管理する。

セメント類の保管においては、湿気による変質が生じないように防湿に留意する。

4. 4 鋼管杭の建込み・沈設

4. 4. 1 鋼管杭の建込み

鋼管杭の建込みは、杭打ち機の安定性の確保や作業の安全性に十分な注意を払うとともに、所定の杭心位置へ正確に行う。

(1) 杭心だし

鋼管杭の中掘り杭工法では掘削土が発生するため杭心位置から離れた場所に逃げ心を堅固に設置する。また、近接杭の施工によって杭心や逃げ心位置が移動しないよう鉄筋等を地中に十分打込むとともに、誤認がないような措置をとる。

一方、鋼管矢板基礎の場合は、所定の施工位置に導枠を設置し、これを基準にして施工する。鋼管矢板の継手を嵌合させて施工し、最終的に併合させることが必要であるため、鋼管矢板1本毎に発生する施工誤差に応じて鋼管矢板本体及び継手のガイド部材を微調整しながら建込みを行う。導枠及びその支持杭等は施工による変形や水平・鉛直の変位等が生じないように配慮し、適宜管理する。

(2) 杭打ち機リーダの鉛直性の確認

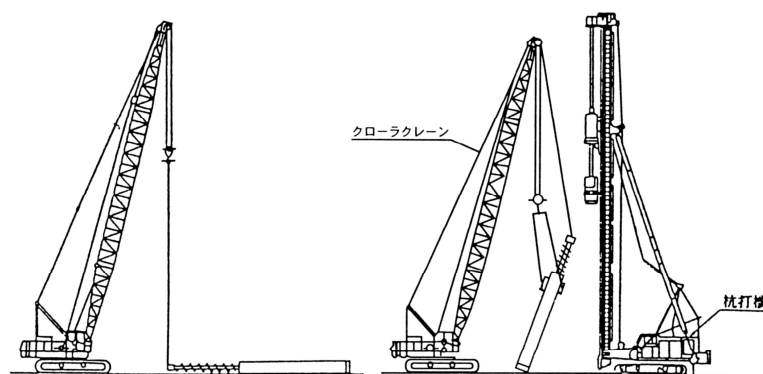
杭の建込みに先立ち、杭打ち機のリーダが鉛直であることを杭打ち機のリーダ角度計やトランシットにより確認する。施工中に杭打ち機リーダの鉛直性の修正が大きくなる場合には、施工基盤の改善等を検討する。

(3) 鋼管の吊込み

セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法では、図－4.4に示すように、鋼管にスパイラルオーガ等を挿入し、補助クレーンを使用して杭とスパイラルオーガ等を同時に吊込むことが一般的である。

鋼管内部にスパイラルオーガ等を挿入する際には、杭体に損傷を与えたり、スパイラルオーガ等に曲がりを生じさせたりしないように注意する。

施工時の安全性や施工性を考慮して、各単管に吊り金具を取付ける。



図－4.4 スパイラルオーガ挿入建込み状況

(4) スパイラルオーガ等の連結

オーガ駆動装置とスパイラルオーガ等との連結は、十分注意して確実に行う。一般に、スパイラルオーガの連結は高所での作業となるので、作業に際しては安全帯を確実に使用するとともに連結治具やハンマ等の物品の落下事故にも注意する。

(5) 鋼管の建込み

鋼管杭は、所定の杭心位置に正確に設置しなければならない。このため、杭心位置には杭外周と同径の円を石灰等を用いて描き、その円周に合わせて鋼管杭を建込む。また、直角2方向に逃げ心を設置し、逃げ心からの距離を計測して杭心位置の確認を行う。

沈設初期には、杭体の鉛直性を維持するために、直交2方向からトランシット等を用いて鋼管の鉛直度を確認しながら作業を進める。また、杭心ずれを少なくするために鋼管杭用の振止めを杭打ち機リーダ下部に取付ける方法もある。

鋼管矢板基礎では導棒で本管位置及び継手の回転等を拘束して建込みを行うが、最初に施工する鋼管矢板（基準鋼管矢板）は特にその位置や傾斜に注意する必要がある。また、施工の進捗に連れて平面位置や傾斜の誤差が蓄積して行かないように逐次施工誤差を修正するように計画的に微調整して建込みを行う。

4. 4. 2 中掘り沈設

中掘り沈設においては、鋼管杭の鉛直性を確保しながら杭周辺地盤を緩めたりしないように注意して掘削沈設を行うとともに、土質柱状図を参考にしながら、施工中に得られるオーガ駆動電流値、貫入速度等の施工管理機器での情報や排土状況等に基づき地盤性状の把握に努める。

(1) 掘削沈設速度

中掘り沈設にあたっては、オーガ駆動電流値や排出される土の性状・排土状況を常に観察し、土質性状の変化に応じた適正な掘削沈設速度で施工する。

適切な掘削沈設速度は杭径や土質条件によっても異なるが、表－4.1の速度が目安となる。これを参考に試験杭において現場に適した掘削沈設速度を判断する。

表－4.1 掘削沈設速度の目安

地質	掘削沈設速度（m／分）
シルト，粘土，ゆるい砂	0.5～4
かたい粘土，中密砂	0.5～3
密な砂，砂礫	0.5～2

軟弱な地盤では、掘削沈設速度を抑制するとともに十分な排土作業を行って、周辺地盤が過度に変形しないようにする。杭の自沈を抑制制御しながら施工することもある。

(2) 掘削沈設

一般に、鋼管杭の先端部にフリクションカッターを取付けて掘削沈設する。

また、スパイラルオーガの目詰まりを防止するために、補助的にオーガヘッドから圧縮空気（0.5～1.5MPa）を噴出して杭内部土の上昇を促す方法や、オーガヘッドより射水しながら掘削する方法もある。

なお、掘削可能なれき径は杭内径の1/5程度以下であるが、実際のれき径がボーリング調

査の結果より大きい可能性もあるので注意が必要である。

(3) ヤットコ施工

杭の計画天端高が地盤面より低い場合には、杭頭部にヤットコを建込んで打ち下げる。

ヤットコ長としては10mを超える事例もある。ヤットコによる施工長が長い場合、地盤によってはパイプロハンマを使用してヤットコを引抜くこともある。

ヤットコを引抜いた後は、地盤に空洞が出来るため、転落防止と杭打ち機足場の養生を兼ねて速やかに埋戻す。

(4) 排土

杭の中掘り沈設に伴って掘削土砂が地上に排出される。スパイラルオーガでの排土に伴う周辺への土砂の飛散を防止するために排土ホッパー等で土砂を受ける場合もある。

排土は埋戻し等に利用するとともに、残土は適切な方法で処理する。

4. 5 杭先端根固め処理

杭先端根固め処理は、セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り鋼管杭の支持力性能に大きく影響を与えるため、その施工に際しては各工法の施工手順にしたがい、確実に実施することが重要である。根固め球根の強度や形状を確実にするため、セメントミルクの配合や噴出量、支持層地盤との攪拌混合等、その施工管理や品質管理には十分注意しなければならない。

根固め球根の築造方法は、低圧でセメントミルクを噴出し、掘削ヘッドを利用して機械的に攪拌する方法（機械式攪拌方式）と、高圧でセメントミルクを噴出し、噴出圧で攪拌混合する方法（高圧噴出方式）に区分することができる。代表5工法における球根形状寸法と杭径別のセメントミルク注入量及びその配合例（普通ポルトランドセメントの場合）を【付録C】に集録するので参照されたい。

4. 6 現場縦継ぎ溶接

鋼管杭・鋼管矢板の現場縦継ぎ溶接（円周溶接）は、杭の諸性能に及ぼす影響が大きく、溶接条件、溶接作業及び検査等に十分な注意を払い、有害な欠陥を生じないように確実に行わなければならない。

現場縦継ぎ溶接はセルフシールドアーク溶接法による半自動溶接によることを標準とする。本項には現場縦継ぎ溶接の概要を記載する。より詳細な情報は「道路橋における鋼管杭の現場縦継ぎ溶接要領（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会（H24.3）」を参照されたい。

なお、溶接継手に替えて機械式継手が用いられる場合もある。機械式継手を用いる場合の施工方法や施工管理方法については、各機械式継手の手順・方法に従うものとする。

(1) 溶接施工管理技術者

道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編においては、現場溶接に際しては、溶接に関する技術的知識・経験や施工管理に関する十分な職務能力を有するものを溶接施工管理者として常

置させることが定められており、溶接施工管理技術者の資格要件の代表例として、（一社）日本溶接協会規格 WES 7601（基礎杭打設時における溶接作業標準）に定められた溶接施工管理技術者（（一社）日本溶接協会が指定する基礎杭溶接管理技術者講習の受講・修了試験の合格者、またはこれと同等以上とみなされる WES8103に基づき認証された特別級、1級または2級の溶接技術者）が該当する。

溶接施工管理技術者は、溶接に関する技術的知識、経験をもとに適切な指導を行うほか、以下のような事項を管理する。

- ① 溶接工の選定
- ② 必要機器諸設備の点検や材料の適正保管方法の指示
- ③ 溶接施工に際しての安全管理
- ④ 溶接作業の開始と終了の指示
- ⑤ 溶接部の検査
- ⑥ 溶接部の欠陥の手直し方法の判断と指示、その後の対策（施工方法の改善等）
- ⑦ 記録の作成と報告

(2) 溶接工

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」においては、溶接工は、JIS Z 3801（手溶接技術検定における試験方法及び判定基準）、及び JIS Z 3841（半自動溶接技術検定における試験方法及び判定基準）に定められた試験の種類のうち、溶接方法、溶接姿勢等が当該現場で使用する条件に適した種類についての試験に合格した者、またはこれと同等以上の検定試験として、既製杭の溶接条件や溶接作業に即した資格認証基準である WES 8106（基礎杭溶接技能者の資格認証基準）に定められた該当する溶接手法に準じた試験に合格したもので、一定の実務経験を有することとして6か月以上溶接工事に従事した者とする規定されている。また、事前にその現場の溶接条件、溶接環境、溶接方法に応じ十分能力があると認められた者が従事しなければならない。

(3) 溶接機及び溶接材料

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接に使用する溶接機や溶接材料は、設計図書に示された仕様や JIS 規格に規定された適切なものを使用し、確実に品質が確保できるものとする。

セルフシールドアーク溶接法による半自動溶接では、一般に、フラックス入りセルフシールド溶接ワイヤを使用する。溶接材料が吸湿すると溶接欠陥が発生しやすくなることから、雨漏り、結露、吸湿等に対する配慮が必要である。溶接ワイヤは通気がよく湿気の少ない場所に保管するようにし、吸湿した場合は廃棄するか、乾燥装置等により乾燥させる。

溶接機は、JIS C 9300（アーク溶接機）の規格に適合したものとし、かつ、半自動溶接用に適した十分な容量をもち、適正な電圧、電流を安定して供給しうるものとする。

(4) 溶接作業

溶接作業は以下のような点に留意して行う。

- ① 溶接部の目違い量とルート間隔を許容値以内に納めるとともに、上下の杭軸線が同一

線上にあるように修正し、開先部の清掃、乾燥を行い、記録を残す。

- ② 溶接作業にあたっては、適切な溶接電流、溶接電圧および溶接速度を選定し、正しい運棒により欠陥のない溶接を行う。
- ③ 降雨、積雪時で母材が濡れている時、または 10m/sec 以上の風が吹いているときは、溶接作業を中止する。ただし、溶接部が天候の影響を受けないよう処置を行う場合は元請技術者等の承諾を受けて溶接を行うことが出来る。
- ④ 気温が+5℃以下の場合には、溶接を行ってはならない。ただし、気温が+5℃から-10℃で溶接部から 100mm 以内の部分すべてが+36℃程度（体温程度）以上に予熱されている場合には差しつかえない。

(5) 検査

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接部は、全箇所、溶接線全長について外観検査と JIS Z 2343（非破壊試験－浸透探傷試験－）による浸透探傷試験（外部キズ検査）を実施し、一定頻度で JIS Z 3104（鋼溶接継手の放射線透過試験方法）の放射線透過試験又は JIS Z 3060（鋼溶接部の超音波探傷試験方法）の超音波探傷試験による内部キズの検査を実施する。特定の検査について規定や指示がある場合には、その指示に従うものとする。

外観検査（外部キズ）の主な検査項目は、溶接部の割れ、ピット、アンダーカット、オーバーラップ、サイズ不足、溶け落ち等である。外観検査や浸透探傷試験は、その方法及びキズの分類や判定に一定の知識と経験を要することから、経験や資格を有する者が行うことが望ましい。

内部キズの検査は当該検査の資格と経験を有する者が行う。中掘り工法の場合は、鋼管内にスパイラルオーガが存在することから、放射線透過試験の実施は困難で、超音波探傷試験を実施することが一般的である。

(6) 補修

溶接終了後に欠陥を発見したときは、不良箇所をグラインダで手入れする、あるいは必要に応じてガウジング等で欠陥部を完全除去し再溶接する等の補修をする。補修部は再検査を行う必要がある。

グラインダ手入れでは、板厚が規格値の許容差以下とならないように注意する。また、肉盛り溶接を行う場合は、ショートビードにならないように配慮し、なめらかに仕上げる。

溶接ビードの整形、スラグやスパッタ等の除去程度の通常の手入れは別として、補修に際しては、その補修内容と補修前後の状況を写真等で記録し、補修状況が確認できるようにする。

なお、溶接欠陥の発生頻度が高い場合は、溶接条件の見直しや溶接工の技量の確認、自主検査の追加等の検討を行うのがよい。

4. 7 鋼管矢板基礎の施工

鋼管矢板基礎のセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り工法での施工は、2工程方式で行うことが標準である。この場合、2工程目で実施する先端部の根固め処理は、隣接する鋼管矢板の根固めが連続して施工されることのないよう、1～2本おきに行うものとする。

(1) 鋼管矢板基礎の施工手順

中掘り工法による鋼管矢板基礎の施工は、1工程目で鋼管矢板を中掘り沈設により施工し、全数の打設が完了した後に2工程目で先端根固め処理を行う「2工程方式」を標準とする。2工程目の根固め処理は隣接する鋼管矢板を連続して施工することのないように施工順序を考える必要がある。

1工程方式で鋼管矢板を1～2本おきに施工する方法は鋼管矢板単体の施工品質に問題が生じる訳ではないが、工程上の制約から非現実的であり、閉合施工等の施工精度管理上からも相当困難が予想されるため、1工程方式の採用は実質的には困難と考えられる。なお、中打ち単独杭は1工程方式での施工が可能である。

(2) 構造・施工法の適用性に関する注意

鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）としてその施工プロセスが確立していると認められている5工法のうち、3工法（KING 工法，FB9工法，TBS 工法）は根固め球根の築造直後に根固め球根内へ鋼管を更に圧入することを標準としている。これらの工法での鋼管矢板基礎の施工は、継手抵抗等の問題から築造した球根内への鋼管の圧入が困難であることが多く、その際の支持力特性は必ずしも明確になっていない。

各工法が標準としている単独杭の場合の条件とは異なる対象地盤への適用，施工法や構造の採用に際しては、構造強度や支持力特性ならびに出来形や施工品質の確保について十分に検討し、所要の安全性，信頼性を有することを確認することが必要である。

(3) 導材の使用と鋼管矢板の仮固定

鋼管矢板基礎の施工では、鋼管矢板の施工位置ずれや回転を防止するために導材を用いることが必須である。

鋼管矢板の建込み・沈設の際に既施工の隣接鋼管矢板と一緒に沈下してしまう共下がり現象を防止するために、施工した鋼管矢板は導材に仮固定しておく。

先端根固め処理時の自沈現象による沈下は、鋼管矢板基礎は継手抵抗があるため、鋼管杭の場合に比べて発生しにくい。施工振動等不慮の状況も踏まえて根固め処理時にも導材への仮固定や隣接鋼管矢板との仮固定等の自沈防止対策を確実にしておく。

5. 施工管理

5. 1 一般

中掘り杭工法においては、施工完了後の出来形等の施工データだけでは基礎の性能を把握・評価しきれないことから、所定の品質を確保するために、施工プロセスの管理が非常に重要である。

すなわち、周到な施工計画の元で、適切な材料ならびに施工機械を用いて、決められた施工方法で鋼管杭・鋼管矢板が所要の出来形と支持性能を発揮できるように施工することである。同時に、施工した基礎が所要の性能を満たすものであると推定判断できるように、重要な施工プロセスにおける施工実態や情報を施工記録として残すことが求められる。このためには、基礎の品質に影響を及ぼす事項について、適切な施工管理を行わなければならない。

5. 2 試験杭の実施

「試験杭」を実施し、施工状況を把握しながら以降の施工管理に必要な施工データを収集する。「試験杭」の施工状況と地盤調査結果を対比して、本杭の施工に関する十分な情報が得られるように原則として地盤調査位置近傍において実施する。

なお、本杭と別に「試験杭」の施工を行うことを要求しているものではなく、一般には対象の基礎において最初に施工する杭を「試験杭」とすることが多い。

「試験杭」は、以下の項で記述する事項を踏まえて実施し、施工全体の中で有効に活用することが重要である。

5. 2. 1 試験杭の目的と計画

計画した施工法・施工管理手法の妥当性、設計条件と実現場の整合性等、設計で考慮した諸条件が満たされることの確認等を行うことを目的に、あらかじめ試験杭の施工を実施する。

試験杭により得られた結果を本杭施工に反映させることが重要であり、結果によって、施工機械や施工工程の変更、計画時点で考慮できなかった対策や処置、杭長や杭工法の変更等が必要となることもある。補助工法の使用、杭工法や杭長等の変更は、基礎の設計とも関係するので、慎重な検討と協議を行い、監督員（工事監理者）や設計者等に確認を取る必要がある。

試験杭は、本杭の施工に関する十分な情報が得られるように、その位置と本数を決定しなければならない。

試験杭は寸法、種別等が本杭と同一のものを使用し、支持層深度等の不確実性を考慮して適切な長さの杭を用いる。別途準備した試験用の杭を試験杭とする特別な事情や特記が無い場合は、一般に本杭の中から試験杭を選定する。また、試験杭の主旨から、通常は当該工事において最初に施工する杭を試験杭とする。

試験杭の位置について「杭基礎設計便覧」では橋脚・橋台ごとに杭の配置、地層構成の状況等を考慮し、支持層の状態がわかるような位置を選ぶこととされている。既存情報と対比することを考慮してボーリング地点に近いものを選ぶことを基本に、杭長の相違、支持層の不陸等配慮すべき事由を踏まえて代表として相応しいものを選定する。また、支持層の傾斜

が大きい場合や施工条件（杭径等）が異なる場合で1本の試験杭だけでは施工管理のための情報が得られない時は、試験杭を追加するとよい。鋼管矢板基礎では、中間層、支持層の状況と中掘沈設及び根固めの施工性の確認が主眼となる場合、地盤条件や根入れ長さ等が本体部と同じであれば中打ち単独杭、隔壁部鋼管矢板を試験杭としてよい。この際、本体部鋼管矢板の施工性、能率等とはおのずから異なることには留意が必要である。

なお、中掘り杭工法には「1 工程方式」と「2 工程方式」があるが、試験杭は本杭と同じ施工工程で実施しなければならない。

試験杭の施工は原則として、監督員（工事監理者）、元請技術者および基礎ぐい工事の施工体制に係る全ての下請の主任技術者（杭工事管理者）の立会いのもと実施し、施工管理項目を確認するものとする。

5. 2. 2 試験杭での評価と報告

試験杭では、設計で考慮した諸条件（支持層の状態等）に関わる事項の評価、ならびに施工法及び施工管理手法の妥当性の評価を慎重に行い、試験杭で得られた情報を本杭の施工法、施工管理手法に反映させることが重要である。

事前には評価・判断が困難で実際に施工してみなければ把握できない事項の評価は、試験杭の重要な目的であり、成果である。試験杭の実施においては、以下のような項目について確認・評価し、本杭での施工方法及び施工管理指標等を地盤状況のばらつき等も踏まえて関係者でよく協議し決定する。

- ・計画した施工機械での施工可否
- ・施工機械、管理用計器類の動作状況
- ・支持層の把握、設計図書との相違の有無
- ・拡大掘削する場合の拡翼確認
- ・杭先端根固めの施工要領書の妥当性
- ・地盤性状、地中埋設物等の把握
- ・施工能率および各作業工程における施工時間の把握、計画工程の妥当性
- ・溶接者の技量
- ・セメントミルクの配合条件の妥当性

また、試験杭は本杭施工の指標となるものであるとともに、その基礎の施工状況を示す代表的な情報を与えるものであるので、試験杭がどのような施工及び施工管理のもとで行われたかがわかるように試験杭施工記録を詳細に整理しておく必要がある。

標準的な測定項目と報告内容を表－5.1に示す。

表－5.1 試験杭での評価項目と報告内容

項 目		報告内容
1. 施工準備	一般事項	施工年月日，天候，地盤条件， 杭仕様（杭種，寸法，形状など）
	施工機器仕様	杭打ち機，ヤットコ（寸法，形状），圧入装置， 掘削ヘッド，スパイラルオーガ，掘削・排土機器， 溶接機器
2. 掘削・沈設	一般事項	施工方法および施工順序， 施工精度（鉛直および平面的位置ずれ）， 施工の際に発生した特殊な事項（周辺地盤の変状，杭 体の異常，騒音や振動，障害物など）， 施工時地盤高，地下水位
	施工記録	施工時間（準備，建込み，溶接，掘削・沈設，根固 め，スパイラルオーガの引上げ）， 掘削深度， 掘削抵抗値（オーガ駆動電流値および積分電流値）， 排出土の状況，支持層深度（設計値および実測値）， 支持層到達の管理指標
3. 先端処理工程	一般事項	鋼管頭部高さ，杭先端深度，根入れ長さ， 拡翼確認
	施工記録	セメントミルクの配合と強度， セメントミルクの注入切り替え時間， 噴出攪拌条件（注入高さ，注入時間，施工速度，噴出 量，噴出圧）， 施工時間， 杭の自沈に対する保持時間
4. その他		作業面積，頭上空間，掘削残土の処理，給排水，騒音，振動， 河川の流速や水位の変動，安全，環境，機器，設備，人員，工程

5. 3 施工管理項目と記録

施工品質を担保するために，必要な施工管理を実施し，検証可能な施工プロセスの記録を残す必要がある。

施工プロセスの記録は，具体的な数値の実測照合等によって直接的に検証しえない品質要因について，所定のプロセスで施工が実施・管理されていることを確認することによって間接的に保証する趣旨のものである。

一般的には，「適切な材料」ならびに「適切な施工機械」を用いて，「決められた施工方法」で，鋼管杭・鋼管矢板が「所要の出来形が得られ，所要の支持性能を発揮できるように施工」することで，適切な品質が確保できたとみなし得ると考えられる。

これらの観点から抽出・整理した中掘り杭工法の主要な施工プロセス管理項目を鋼管杭の場合を表－5.2に，鋼管矢板基礎の場合を表－5.3に示す。工事分野毎の技術基準や設計図書等に記載がある場合は，それに従う必要がある。

表－5.2 鋼管杭基礎の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の標準的な施工管理項目と管理基準

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準	確認時期・頻度	記録		試験杭および管理杭の 立会い推奨項目			試験杭による判断項目と本杭への反映
						手動/自動	書式	工事監理者	元請		
準備工	用地	敷地条件及び搬入道路	仮設計画にて検証	-	着手前	-	-	-	-	環境の決定	・作業に支障のない用地が確保されているか ・施工地盤面の地耐力は適切か
	施工地盤面	地耐力及び傾斜	地耐力の検討	-	着手前	-	-	-	-		
材料	鋼管杭	杭種、材質等	鋼管表示の確認	設計図書、施工計画との照合	受入毎全数	手動※	発注者書式による	-	-	配合の決定	・所定の品質が確保されているか
		外観検査	目視	変形等有害な損傷がないこと	受入毎全数			-	-		
		形状寸法検査（外径・板厚・長さ）	ノギス・検尺テープにより検測	JIS A 5525、設計図書による	受入毎全数			○	○		
	セメント副資材	品質	製造会社の試験成績表	JIS R 5210、JIS R 5211、設計図書による	1ヶ月毎	手動	材料メーカーによる	-	-		
		数量、保管状況	入荷伝票、目視	防湿に配慮した保管方法	受入毎全数	手動	書式例3	-	-		
	セメントミルク	配合（水、セメント）	水量：容積計量又は質量計量	所定の水セメント比W/Cに応じた配合量	全数	手動	書式例2	-	-		
			セメント：質量計量又は袋数					-	-		
		密度	マッドバランス、比重計	所定の密度の範囲内	1回/1日	手動	書式例2	○	○		
施工機械・ 装置	オーガヘッド	スパイラルスクリュー径、 損傷の有無	スケール等による測定、 目視	杭内径-20～-100mm、 使用上問題がないこと	1回/1日 1本につき1箇所以上	-	-	○	○	使用機材の決定	・機材、装置が適正か
		機械攪拌方式：ヘッド径、拡翼機構	スケール等による測定	閉翼時：杭内径未満 拡翼時：所定の径0～+20mm	全数、施工前	手動	書式例9	○	○		
			高圧噴出方式：ヘッド径、噴出機構	ヘッド径：杭内径未満 噴出機構：チップの取付位置、詰り等			書式例10	○	○		
	ヤットコ	構造、長さ、数量	スケール等による測定、構造確認（目視）	所定の長さ、マーキング位置等 杭の保持が可能な構造であること	全数	-	-	-	○	標準施工方法の 設定	（建込み、沈設） ・所定の管理値を満足しているか ・管理方法、機材は適切か ・押込み力、施工速度等は適切か ・施工機械の仕様、性能は適切か ・施工基面の耐力は十分か
建込み・ 沈設	杭の建込	杭心	2方向に逃げ心を設置し、検尺棒等で確認	杭心とのズレ50mm以内	全数	手動	書式例9,10	○	○		
		傾斜	トランシット又は傾斜計	1/100以内	全数	手動	書式例9,10	-	-		
	現場継ぎ溶接	施工及び検査	「道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」準拠		全数	手動	書式例4	○	○		
	掘削・沈設	杭打機の鉛直性、掘削・沈設精度	トランシット又は傾斜計	1/100以内	全数	-	-	-	-		
		掘削速度	施工管理計で測定	地盤等に応じた適切な値 試験杭によって目安を設定	全数	手動	書式例9,10	-	-		
		先掘り長さ	標尺物等を用いた杭とオーガ駆動装置の位置関係等 の目視管理	過度な先掘りは行わない：1m以内	全数	手動	書式例9,10	-	-	溶接工、溶接条 件等の設定	（現場溶接） ・所定の品質が得られているか ・実施、管理体制は適切か ・作業環境は適切か
		排土状況	目視確認	掘削土の付着や杭内閉塞による施工支障や排土に よるボイリングが生じないこと	全数	手動	書式例9,10	-	-		
根固めの築造	支持層の掘削	支持層の確認	掘削抵抗（積分電流値等）の変化と土質柱状図との 対比	試験杭によって定めた管理指標	全数	自動	書式5,7	○	○	判断指標・ 方法の設定	（支持層確認） ・管理指標により支持層判定は可能か ・支持層到達判定方法を設定可能か
		オーガヘッド付着土砂の観察	土質調査結果との対比	採取が可能な場合		手動	写真管理	○	○		
								○	○		
	セメントミルク噴出攪拌	機械攪拌方式：拡翼作業開始深度	施工管理装置で測定 杭、ヤットコのマーキングで目視確認	計画値±100mm以内	全数	手動	書式例9	○	○	標準施工方法の 設定	（根固め部の寸法形状） ・施工時の拡翼判断は可能か ・施工後の拡翼確認機構は正常か ・所定範囲の掘削とその確認は可能か
		機械攪拌方式：拡翼の確認	拡翼操作後、オーガヘッドを引上げて鋼管先端に軽 く接触させる 拡翼に伴う掘削抵抗値の変化を確認 拡翼痕跡の事後確認（ビンの変形等）	所定の拡翼操作を行い、拡翼されたことが確認で きること 施工後に拡翼された事実を確認できること	全数	手動	写真撮影 書式例9	○	○		
		支持層掘削深さ	支持層確認深度と杭体先端深度及び根固め下端深度 から測定	杭の支持層根入れ1D以上 根固め部が所定長さ以上であること	全数	手動	書式例9,10	○	○		
		噴出攪拌範囲	マーキングによるレベル又は施工管理装置	所定噴出攪拌範囲、攪拌混合の上下反復回数、管 内打上げ範囲 ※工法毎に定められた管理方法	全数	手動	書式例9,10	○	○		
		高圧噴出方式：噴出圧力	圧力計で確認	所定の圧力以上	全数	自動	書式例6,8	○	○		
		高圧噴出方式：オーガ回転数	オーガ回転数の測定	所定の回転数以下	全数	手動	書式例9,10	-	○		
		高圧噴出方式：ヘッド引上げ速度	オーガヘッドの引上げ速度の測定	所定の速度以下	全数	手動	書式例9,10	-	○		
杭の定着	根固め部への圧入定着	根固め部内への圧入量 杭頭レベル	圧入後の杭頭レベルの測定	所定以上の圧入量（圧入の有無は工法による） 杭頭レベル：計画値±50mm以内	全数	手動	書式例1,9,10	○	○		・圧入量確保が可能か ・杭の沈下が生じていないか
	保持時間	保持時間	沈設完了から保持装置取り外しまでの時間	試験杭の結果を目安に決定	全数	手動	書式例1	-	-		
	出来形	杭心の偏心量	測量	杭心とのズレD/4かつ100mm以内	※調達元で実施						
		杭頭レベル	測量	±50mm以内							

表ー5.3 鋼管矢板基礎の中掘り工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の標準的な施工管理項目と管理基準

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準	確認時期・頻度	記録		試験杭および管理杭の 立会い推奨項目		試験杭による判断項目と本杭への反映		
						手動/自動	書式				工事監理者	元請
準備工	用地	敷地条件及び搬入道路	仮設計画にて検証	-	着手前	-	-	-	-	環境の決定	・作業に支障のない用地が確保されているか ・施工地盤面の地耐力は適切か	
	施工地盤面	地耐力及び傾斜	地耐力の検討	-	着手前	-	-	-	-			
材料	鋼管杭	杭種、材質等	鋼管表示の確認	設計図書、施工計画との照合	受入毎全数	手動※	発注者書式による	-	-	配合の決定	・所定の品質が確保されているか	
		外観検査	目視	変形等有害な損傷がないこと	受入毎全数			○	○			
		形状寸法検査（外径・板厚・長さ）	ノギス・検尺テープにより検測	JIS A 5525、設計図書による	受入毎全数			-	-			
	セメント副資材	品質	製造会社の試験成績表	JIS R 5210、JIS R 5211、設計図書による	1ヶ月毎	手動	材料メーカーによる	-	-			
		数量、保管状況	入荷伝票、目視	防湿に配慮した保管方法	受入毎全数	手動	書式例3	-	-			
	セメントミルク	配合（水、セメント）	水量：容積計量又は質量計量	所定の水セメント比W/Cに応じた配合量	全数	手動	書式例2	-	-			
			セメント：質量計量又は袋数					-	-			
		密度	マッドバランス、比重計	所定の密度の範囲内	1回/1日	手動	書式例2	○	○			
圧縮強度	採取供試体を採取材令28日で一軸圧縮試験（3体/1セット）	3体平均≧規格値（20N/mm ² ） 個体値≧規格値の85%（17N/mm ² ）	試験杭及び本杭の 20本毎に1回（継杭） 30本毎に1回（単杭）	手動	試験会社による	○	○					
						（供試体の採取時）						
施工機械・ 装置	スパイラルオーガ	スパイラルスクリーウ径、 損傷の有無	スケール等による測定、 目視	杭内径-20～-100mm、 使用上問題がないこと	1回/1日 1本につき1箇所以上	-	-	-	○	使用機材の決定	・機材、装置が適正か	
	オーガヘッド	機械攪拌方式：ヘッド径、拡翼機構	スケール等による測定	閉翼時：杭内径未満 拡翼時：所定の径0～+20mm	全数、施工前	手動	書式例9	○	○			
		高圧噴出方式：ヘッド径、噴出機構	スケール等による測定 目視、地上での試噴出試験	ヘッド径：杭内径未満 噴出機構：チップの取付位置、詰り等			書式例10	○	○			
	ヤットコ	構造、長さ、数量	スケール等による測定、構造確認（目視）	所定の長さ、マーキング位置等 杭の保持が可能な構造であること	全数	-	-	-	○			
建込み・ 沈設	鋼管矢板の建込	既設鋼管矢板の供下り防止	導枠への仮固定を目視確認	供下り防止措置が確実に行われていること	全数	-	-	-	-	標準施工方法の 設定	（建込み、沈設） ・所定の管理値を満足しているか ・管理方法、機材は適切か ・押込み力、施工速度等は適切か ・施工機械の仕様、性能は適切か ・施工基面の耐力は十分か	
		鋼管矢板心	工事基点から参照して鋼管矢板心位置を割出し、導 枠で継手位置の調整管理	鋼管矢板心とのズレ150mm以内	全数	手動	書式例9,10	○	○			
		傾斜	トランシット又は傾斜計	1/100以内	全数	手動	書式例9,10	-	-			
	現場継ぎ溶接	施工及び検査	「道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」準拠	全数	手動	書式例4	○	○				
		杭打機の鉛直性、掘削・沈設精度	トランシット又は傾斜計	1/100以内	全数	-	-	-	-			
		掘削速度	施工管理計で測定	地盤等に応じた適切な値 試験杭によって目安を設定	全数	手動	書式例9,10	-	-			
		先掘り長さ	標尺物等を用いた杭とオーガ駆動装置の位置関係等 の目視管理	過度な先掘りは行わない：1m以内	全数	手動	書式例9,10	-	-			
		排土状況	目視確認	掘削土の付着や杭内閉塞による施工支障や排土 によるボイリングが生じないこと	全数	手動	書式例9,10	-	-			
	支持層の確認	支持層の確認	掘削抵抗（積分電流値等）の変化と土質柱状図との 対比	試験杭によって定めた管理指標	全数	自動	書式5,7	○	○	判断指標・ 方法の設定	（支持層確認） ・管理指標により支持層判定は可能か ・支持層到達判定方法を設定可能か	
			オーガヘッド付着土砂の観察	土質調査結果との対比	採取が可能な場合	手動	写真撮影	○	○			
	根固めの築造	支持層の掘削	機械攪拌方式：拡翼作業開始深度	施工管理装置で測定 杭、ヤットコのマーキングで目視確認	計画値±100mm以内	全数	手動	書式例9	○	○	標準施工方法の 設定	（根固め部の寸法形状） ・施工時の拡翼判断は可能か ・施工後の拡翼確認機構は正常か ・所定範囲の掘削とその確認は可能か
			機械攪拌方式：拡翼の確認	拡翼操作後、オーガヘッドを引上げて鋼管先端に軽 く接触させる 拡翼に伴う掘削抵抗値の変化を確認 拡翼痕跡の事後確認（ビンの変形等）	所定の拡翼操作を行い、拡翼されたことが確認 できること 施工後に拡翼された事実を確認できること	全数	手動	写真撮影 書式例9	○	○		
支持層掘削深さ			支持層確認深度と杭体先端深度及び根固め下端深度 から測定	支持層根入れ1D以上 根固め部が所定長さ以上であること	全数	手動	書式例1,9,10	○	○			
セメントミルク噴出攪拌		噴出攪拌範囲	マーキングによるレベル又は施工管理装置	所定噴出攪拌範囲、攪拌混合の上下反復回数、 管内打上げ範囲 ※工法毎に定められた管理方法	全数	手動	書式例9,10	○	○			
		高圧噴射方式：噴出圧力	圧力計で確認	所定の圧力以上	全数	自動	書式例6,8	○	○			
		高圧噴射方式：オーガ回転数	オーガ回転数の測定	所定の回転数以下	全数	手動	書式例9,10	-	○			
		高圧噴射方式：ヘッド引上げ速度	オーガヘッドの引上げ速度の測定	所定の速度以下	全数	手動	書式例9,10	-	○			
		注入量	流量計又は製造バッチ数	所定の総注入量および時間当り注入量	全数	自動	書式例1,2,6,8	○	○			
								○	○			
鋼管矢板 の定着		根固め部への圧入定着	鋼管矢板天端レベル	鋼管矢板天端レベルの測定	杭頭レベル：計画値±50mm以内	全数	手動	書式例1,9,10	○		・圧入量確保が可能か ・杭の沈下が生じていないか	
	保持時間	保持時間	沈設完了から保持装置取り外しまでの時間	試験杭の結果を目安に決定	全数	手動	書式例1	-	-			
出来形		鋼管矢板基礎の平面中心の偏心量	測量	計画値の偏心量300mm以下	※調達元で実施							
		鋼管矢板天端レベル	測量	±100mm以内								

杭工事管理者は、これらの施工管理項目について管理・記録を行う適切な担当者を配置させ、確実に実行されていることを管理する必要がある。

試験杭の場合は、原則として監督員（工事監理者）、設計者、元請技術者および基礎ぐい工事の施工体制に係る全ての下請の主任技術者（施工管理者）の立会いのもと主要な施工管理項目（支持層深度、支持層の判別方法、注入量、杭の保持時間等）の確認を行う。本杭の場合は、あらかじめ施工要領書（施工計画書）に記載された頻度や管理杭において元請技術者も立会い、確認を行う。

日々の施工管理を抜けなく実施するため「施工管理チェックシート」を用いて、杭一本毎の施工管理記録を作成し、杭工事管理者は当日中（または翌朝）に元請技術者に提出し承認を受ける。

5. 4 施工管理装置

施工管理装置は、中掘り沈設時及び根固め築造時の主要な管理項目について常時表示・記録できるものを用いるものとする。対象とする施工管理項目は以下のとおりである。

表－5.4 施工管理装置による管理・記録項目

	機械攪拌方式の場合	高圧噴出方式の場合
中掘り沈設工程	掘削深度／オーガ位置 掘削沈設速度 拡翼の開始深度 オーガ駆動電流値／積分電流値等	掘削深度／オーガ位置 掘削沈設速度 オーガ駆動電流値／積分電流値等
根固め工程	セメントミルク噴出量／流量 セメントミルク噴出位置（範囲）	セメントミルク噴出圧 セメントミルク噴出量／流量 セメントミルク噴出位置（範囲） オーガ回転数 オーガ引上げ速度

なお、施工深度とオーガ駆動電流値の関係を同時に測定し、リアルタイムに表示するとともに記録する施工管理装置や複数の測定項目を1台の計器で同時に測定収集する統合型の施工管理装置が開発されており、合理的な管理が可能となる。本施工管理要領では、施工管理品質の向上や合理化のため、こうした施工管理装置を用いることを標準とする。アナログ式のチャート紙等を用いる場合は、杭工事管理者とは別に専任の記録係員を配置して、施工データの監視や施工状況の記録、チャート電流値から積分電流値への演算処理等を適切に行い、施工記録を確実に残す体制をとることを必須とする。

施工管理装置、アナログ式のチャート紙記録のいずれを使用する場合も、機器の設定に留意し、掘削深度や掘削速度等が正しく表示されていることを事前に確認（キャリブレーション）する必要がある。

その他、施工管理装置で記録できない施工管理項目については、写真やビデオ等で施工状況・施工管理状況が分かるように記録する。

5. 5 施工管理の留意点

中掘り杭工法の施工においては、掘削・沈設に際して地盤を乱すことを出来る限り抑制すること、支持層を的確に判別すること、及びセメントミルクを用いた根固め処理を適切に行

うこと等が重要であり、特に留意が必要な点について以下に記述する。

5. 5. 1 杭の建込み（傾斜）の管理

鋼管杭の施工精度は杭の建込み精度によって決まると言っても過言ではない。例えば、国土交通省の杭の出来形管理基準では傾斜は1/100以下、杭心ずれは杭径/4かつ100mm 以下となっており、更に厳しい自主管理目標値を設定して施工管理することが一般的である。

杭の傾斜については、地盤内に沈設された杭の傾斜を実測することはほとんどなく、建込みの精度管理でこれを担保するのが通常である。杭の建込み管理を慎重に行い、打ち始め時、現場溶接接合時等に傾斜実測値を記録する、あるいは、傾斜が管理値以内に管理されたことの証となる記録（レ点チェックの記録等）を残す、傾斜確認状況の代表写真を残す等のプロセス管理手法を施工計画の中に取り入れ、これに基づいて施工プロセスの記録を確保することが望まれる。

杭が地盤内に沈設されると、その杭心位置や傾斜を修正することは困難である。したがって、下杭の建込み、特にその杭の打ち初めの精度管理は入念に行うのがよい。また、沈設初期には傾斜が変化しやすいため、杭が地盤によって拘束されないうちに傾斜を再チェックすることが大切である。傾斜の修正を行う場合には、無理な建直しによって杭や地盤を傷めないようにする。

5. 5. 2 掘削・沈設時の施工管理

掘削沈設工程の要点は、杭周辺地盤を過度に乱さないことである。掘削による杭先端部及び杭周辺地盤の緩みは支持力発現上問題となるので、十分な施工管理が必要である。

(1) 先掘りの抑制

掘削中は、過大な先掘りを行ってはならず、施工手順上やむを得ない場合でも1m 以内に留める必要がある。このためには杭先端位置とスパイラルオーガ先端位置の関係を常に観測しておく必要がある。

過度な先掘りとならないようにする管理は、施工管理装置による深度管理や、駆動装置と杭の離隔やそこに設けたチェーン等の標点を目視確認することにより行う。

(2) 拡大掘りの禁止

掘削中は、杭径以上（フリクションカッターの厚さを含む）の拡大掘りを行わないようにする（根固め部の拡大掘削する場合を除く）。オーガヘッドの偏心を抑制するために適切な径のスパイラルオーガを用いる。

(3) ボイリング、地盤の緩みの防止

掘削の際に圧縮空気や圧力水を併用する工法の場合、周辺地盤を乱しボイリング等を生じさせないように、圧力管理に注意しなければならない。

また、被圧層を掘削施工する場合にも、ボイリング発生の懸念があるが、被圧水頭以上に管内水位を保つことによりボイリングの発生は防止できる。

(4) 軟弱地盤での急激な沈設による地盤への悪影響防止

軟弱地盤での過度な速度での沈設は、周辺の地盤を乱したり、杭周辺の地盤を押し上げて近接する構造物や他の杭に悪影響を及ぼしたりする場合もあるので注意を要する。

軟弱な地盤では、沈下速度を抑制するとともに十分な排土作業を行って、周辺地盤が過度に変形しないようにするのがよい。また、極軟弱な地盤においては、吊荷重を加える等して杭の自沈を抑制しながら施工する等の対策をとる場合もある。

5. 5. 3 支持層の確認・打ち止め

(1) 支持層の判別方法

基礎の設計は事前の地盤調査・土質試験等に基づいて実施される。しかしながら、地盤の変化は予想を超えることが少なくないため、地盤調査結果のみを絶対視せず、可能な限り多くの判断材料から支持層の確認をすることが肝要である。支持層確認の具体的な方法や判定指標を試験杭において検証して本杭の施工に用いるが、設計での想定地盤と実際の地盤状況の乖離が大きいと考えられる場合には、地盤調査の追加実施や設計変更について元請技術者と杭工事管理者で協議する。

中掘り杭工法ではオーガ駆動電流値を電流記録計で連続的に測定・記録し、オーガモータの負荷を地盤の掘削抵抗と関連付けて評価することが行われている。

しかしながら、オーガ駆動電流値は、オーガの回転数はもとより、オーガに負荷する押込み力、鋼管自体の押込み状況、転石等の地盤の局所的な変化、管内土砂の動き等の施工状況によって瞬間的な変動が生じやすく、電流値記録では地盤の変化を客観的に判別しがたい場合も多い。このことから、一定掘削深さ当たりの積分電流値を施工管理装置等によって把握し、その値や変化の状況等から地盤の変化を判別する方法を支持層判断の標準とする。（**付録 E** にオーガ駆動電流値、積分電流値の評価例を示した。）

掘削抵抗は掘削沈設速度や掘削水等の使用によっても変化することから、あらかじめ推定した支持層にオーガ先端が近づいたら、オーガ回転数やオーガ推進速度をできるだけ一定に保ち、掘削水や排土補助エアの噴出等も一定に保って施工する。

積分電流値による支持層の判別に際しては、その絶対値よりも変化状況に着目した方が妥当な判断ができる場合も多い。ただし、深度方向の区間（積分単位深度）を大きくとると、支持層近傍でのデータ点数が少なくなるとともに、変化状況が平滑化されてしまい判別のための精度が確保できないことがあるので注意を要する。通常は**0.2～0.5m** 程度を単位深度としている例が多い。また、施工機械の掘削能力の向上等により、地盤の性状や硬さ等の多少の変化では掘削沈設状況や掘削抵抗値の変化が明確に現れない場合があることにも留意が必要である。

一方、地層の変化が緩やかな場合等積分電流値の値やその変化度合いだけでは支持層境界の確認が難しいこともあり、排出土砂やオーガヘッドに付着した土砂と、事前調査により得られた土質標本等の支持層の情報との比較等も行い、総合的に判断する必要がある。

また、鋼管矢板基礎の場合は継手抵抗等によって沈設に時間を要し、積分電流値が地盤の掘削状況と整合しないことがある。このような場合は積分電流値での判断には注意を要する。

更には、掘削抵抗が無い状態でオーガを空回りさせるためにも回転駆動のために一定の電流は必要であり、論理的にはこうした無抵抗状態での電流値を控除して考えるべき、との判別精度向上の視点での指摘等もあり、現場状況によって考慮することが望まれる。

(2)その他の留意事項

試験杭はなるべく土質調査位置に近い場所を設定し、土質調査結果と対比しながら支持層の位置や性状の把握に努めるとともに、本杭施工における支持層判断の指標を定めることが大切である。

積分電流値あるいは単体電流値等のチャートやデジタルデータは重要な施工記録として整備・保管しなければならない。

なお、支持層の掘削に際しては、長時間の掘削によって地盤を乱すことのないように注意しなければならない。

設計で想定した支持層より実際の支持層が浅い場合は、設計深度まで沈設するか杭を高止まりさせて杭頭を切断することになる。この際、周面摩擦抵抗を期待する部分が短くなることや、杭の押し込み力や曲げ変形の変化及び杭の管厚との関係等に特に注意が必要となる。逆に、実際の支持層が深い場合は継ぎ杭をして支持層まで根入れすることが必要となるが、この際にも基礎の変形量や杭の管厚等に注意が必要である。いずれも設計的な照査が必要な事項であるため、**3. 2. 9 不具合発生時の対処方法**で定めた手順に従い対処する。

5. 5. 4 セメントミルク（根固め液）の品質管理

根固め液は、所定のプロセスで配合・練混ぜを行い、プラントから採取したセメントミルクを用いて密度試験ならびに28日材齢での圧縮強度試験を実施することを標準とする。

セメントミルクの配合、練混ぜは各工法が規定する方法で実施してよい。施工要領書（施工計画書）においてその要点について記載し、これに基づいて実施する。

(1)材料の計量

水の計量は計量器による重量又は水管計の目盛で管理する。計量にあたっては、ミキサの回転を止めて行う。なお、自動プラントにおいては、そのプラントの秤量方法により水量を管理するものとする。

セメントの計量は重量管理とするが、袋セメントを使用する場合は、袋数管理となるので数量間違いのないように注意する。また、ばらセメントを使用する場合は、適切な計量装置を設けて計測する。

(2)セメントミルクの配合、練混ぜ

使用するセメントは、湿気による劣化がないよう保管に注意し、水についても有害な不純物が混入していないものを使用する。

セメントミルクは注入時期を適切にとらえ、事前に十分練り混ぜる。

配合ならびに練混ぜの詳細は工法毎に決められた方法によるものとする。

(3)セメントミルクの水セメント比及び密度の管理

セメントミルクの水セメント比は通常60～70％程度の範囲であり、施工時には練混ぜ後のセメントミルクを採取して、その密度を測定することで確認する。密度測定は、配合・計量、セメントミルクプラントの正常な作動を確認する意味から、毎日最初に施工する杭で行うとともに、圧縮試験用供試体の採取時にも行うことを標準とする。密度測定の実施頻度について、「杭30本に1回（継ぎ杭は20本に1回）、1回3試料の測定を実施する」という仕様例もある。

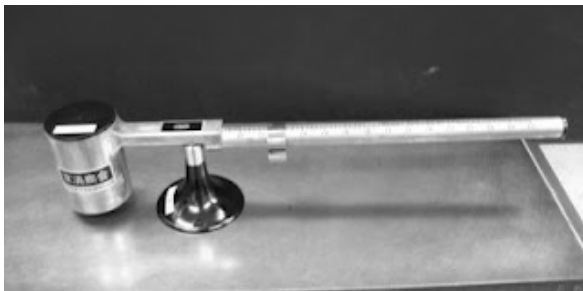
これは、圧縮試験体の採取頻度に合わせて実施することを想定したものと考えられるが、セメントミルクの練混ぜプラントのような設備の運転状況管理という色合いが濃いことを勘案すると、1日の施工の最初に1回密度測定することが合理的であると思われる。密度試験の頻度は、施工要領書（施工計画書）に明記する。

標準的な密度試験法として、①マッドバランスによる測定、②ボーメ浮ひょうによる測定、③メスシリンダを利用した体積・重量測定から算出する方法、等がある。

いずれの試験方法も試験の手際によって結果が影響を受けるので、装置の清掃、測定対象のセメントミルクの採取や容器への移し換え、採取から測定の間でのミルクの状態維持、装置の操作や目盛の読み等、を適切に実施する必要がある。こうした意味から作業方法を標準化するとともに、その内容を理解した試験実施経験者が管理することが望ましい。

密度試験の結果は、実測値、管理値、合否について取りまとめるのがよい。判定に際してはセメントミルクの密度と水セメント比の関係をあらかじめ確認しておき、これに基づいて管理値（許容範囲）を定めておく必要がある。実施配合の管理値は各工法に準じる。各工法により管理値が示されていないものもあるが、この場合において $-2\sim+3\%$ を管理値として定めた事例がある。

密度試験はセメントミルクの製造プロセスが適正かどうかをチェックするための試験であるので、管理値外れが発生した場合には、その原因を究明して対策を講ずるとともに、抜取り検査の頻度を高める等して、監視を強化する。



写真－5.1 マッドバランス（例）

<マッドバランスによる測定法>

- ①試料をカップ内に一杯入れる。
- ②蓋を載せ静かに回しながら完全にカップと密着させる。少量のセメントミルクが蓋の上の小孔から溢れ出る。
- ③蓋の上の小孔を指でおさえておいて、カップやアームに付いたミルクを洗いとる。
- ④ナイフエッジを静かに支持台の支点上に載せ、水準器を見ながらライダーを動かしバランスさせる。
- ⑤ライダーの左側における比部（目盛）を読む。密度は小数点以下2桁で表わす。



写真－5.2 ボーメ浮ひょう（例）

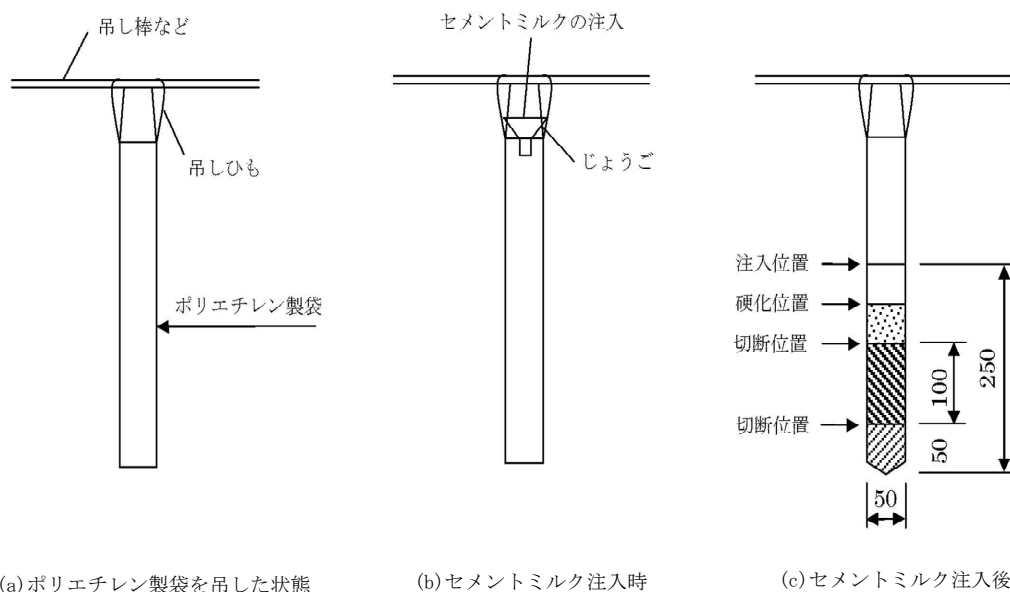
<ボーメ浮ひょうによる測定法>

- ①浮ひょう，容器をきれいに洗浄する。
- ②容器に試料を入れ，十分に攪拌する。
- ③浮ひょうの先端をつまみ試料に浮かべ，静止した後 2,3 目盛沈めてから静かに手を離す。
- ④浮ひょうが静止した後，その示度を 1 目盛の 1/2 もしくは 1/5 まで読みとる。
- ⑤この測定を 2,3 回繰り返し，その平均値を採る。

(4)セメントミルクの圧縮強度確認

セメントミルクは圧縮強度試験を行ない，所定の強度が得られることを確認する。セメントミルクの圧縮強度は材齢28日で 20N/mm^2 以上を標準とする。

プラントから採取したミルクを用いて，例えばポリエチレン袋等に充填して固化させる方式（図－5.1参照）で $\phi 5\times H10\text{cm}$ の供試体を作成・養生し，材齢28日で JIS A 1108（コンクリートの圧縮試験方法）に基づく圧縮試験を行う。



図－5.1 セメントミルクの圧縮供試体の作成方法(例)

試験頻度は，設計図書に従うものとする。試験杭では杭1本毎とし，さらに本杭については単杭では杭30本毎及びその端数に1回，現場継ぎする杭では杭20本毎及びその端数に1回（ただし，1回の試験での供試体数は3個）といった形で行われることが一般的である。

圧縮試験結果は3体の実測値，平均値，規定値，可否を整理する。可否判定は，レディーミクスト・コンクリート（JIS A 5308）の強度試験にならい，3体の試験の平均値が規定値（ 20N/mm^2 ）以上，個々の値はその85%（ 17N/mm^2 ）以上を合格とする。

なお，セメントミルクの強度試験は実際に地盤内に施工された状態が反映されたものでは

ないため、拡大根固めによる高支持力杭等根固め部に大きな力を負担させる工法においてはより上位の品質確認が必要との視点から、地盤内に噴出攪拌混合施工した後、まだ固まらない状態の試料を採取してその品質を確認する「未固結試料採取による試験」等の取組みも始まっている。

5. 5. 5 根固め部の施工管理

セメントミルク噴出攪拌方式では、杭が支持層へ到達したことを確認した後、セメントミルクを所定の圧力で噴出しながら杭先端部周辺地盤の砂れき又は砂と十分攪拌し、所定の形状の根固め部を築造する。

根固め部の築造では、所定の形状となるよう工法毎に決められた施工手順で先掘り、拡大掘りを行う。拡大掘りを行う場合、所定の形状となることが確実に把握できる施工管理方法（拡翼確認方法）を用いる。

根固め部の品質を確保するためには、セメントミルクの水セメント比（ $W/C=60\sim 70\%$ 程度）、噴出攪拌位置、噴出圧力及び注入量等を適切に管理することが必要である。セメントミルク噴出攪拌方式では、各工法で根固め部の築造手順、及び管理手法として決められたものがあり、これに従った施工を行うことが重要である。根固め部の出来形確認はできないため、施工プロセスでの保証となる。したがってプロセスが確立していることが工法採用の要件となっており、試験杭でそのプロセスの妥当性も確認する。

品質保証の観点からは、所定の施工サイクルが行われたことを示す施工サイクルタイム表や管理計器のチャート等の施工記録が必要である。

(1) 機械攪拌方式

機械攪拌方式の場合、セメントミルクの単位時間あたりの噴出量、オーガヘッドの引上げ速度を一定とし、杭径に応じて工法毎に設定される総注入量で管理する。

根固め開始深度で杭の沈設を一旦停止し、支持層の掘削を行い、掘削電流値で支持層掘削状態を確認する。その後、所定の手順で所定深度まで根固めを築造し、杭を所定の深度で定着する。

拡大掘りを行う場合は、掘削ヘッドの拡翼が確実に行われたことを確認し、拡翼状態を保持すること（拡翼確認）が必要である。

各工法の拡翼確認方法を**付録 F**に示す。施工前に拡翼機構の動作確認を入念に行うとともに、所定の拡翼操作で所定の拡翼径となることを測定、確認、記録する。施工時には所定深度で所定の拡翼操作を行い、掘削電流値の変化等で拡翼を確認し、拡翼状態を維持する。**付録 F**の拡翼確認は杭1本の施工ごとに行い、掘削ヘッドの回収後にその結果を確認し、写真等で記録する。

根固め築造工程では、上述の拡翼確認以外に、工法毎の定めに従い、拡翼開始深度、掘削最終深度、オーガの反復攪拌回数、セメントミルクの噴出量及び噴出範囲、杭の定着深度、オーガ駆動電流値等を施工管理計器類にて記録する。

(2) 高圧噴出方式

高圧噴出方式の場合、支持地盤を根固め液の高圧噴出により掘削攪拌混合するための球根築造条件（噴出圧力、噴出量、オーガ回転数、引上げ速度）を設定し、管理する。

高圧噴出方式では所定の噴出チップが所定の位置に取り付けられていることが重要であり、着工時及び杭径や掘削ヘッドの交換時に目視及びスケール等を用いてこれらを確認し、写真等を含めて記録するものとする。また、杭1本施工毎に噴出チップに損傷等がないか目視点検する。

根固め築造工程では、掘削深度、杭の定着深度のほかに、セメントミルクの噴出圧力、噴出量、噴出範囲、オーガ回転数、オーガ引上げ速度等を施工管理計器類に記録する。

噴出チップの損傷や噴出孔、送給ラインの目詰まり等の影響は噴出圧力とセメントミルク送給量に現れるので注視する必要がある。なお、噴出機構の事前チェックとして、地上において水を試噴出させてその噴出状況の確認を行うことも有効であるが、高圧であるため安全面の十分な注意と対策が必要である。

(3) その他の留意事項

杭先端が所定の深さに達した際には、過度の掘削や長時間の攪拌等によって周囲の地盤を乱さないよう注意する必要がある。

セメントミルクはグラウトポンプを介してホースやスパイラルオーガを経て注入・噴出されるため、ポンプから吐き出されてから所定位置に到達するまでに時間がかかる。このため、事前にセメントミルクがポンプ吐出し口からヘッドまで到達する時間を把握しておき、そのタイムラグを考慮した注入管理を行う。

セメントミルクの注入範囲を明確にするため、スパイラルオーガあるいはロッドの所定位置にマーキングしてその噴出位置を管理する。

一方、根固め築造時の操作ならびに掘削ヘッド、スパイラルオーガの抜上げ時には、ボイリングの発生や根固め液の吸引現象防止のため、掘削水又は貧配合の安定液を噴出しながらゆっくりと引上げる。

また、セメントミルク噴出作業終了後は、次の噴出作業に支障が生じないように、スパイラルオーガやホース等の清掃を十分に行う。

5. 5. 6 鋼管杭の保持

杭の設置後すぐには杭の先端抵抗や周面抵抗が期待できないため、所定深さより深く杭が自沈してしまうことが懸念される。このため、試験杭での確認結果に基づき、杭が安定するまで所定の位置に保持する管理が必要である。

複数本接合したスパイラルオーガ等を抜上げながら、接合ピンを外して逐次回収してゆく工程において、スパイラルオーガ等の重量を一旦杭に預けて、ピンを外す作業を行う。この際、杭の自重とともにスパイラルオーガの重量も同時に杭体に作用することになる。また、地盤振動や杭体の振動等による周面摩擦の低下、中間粘性土地盤のクリープ現象、管内水位の変動に伴う重量変動や浮力の低下等もあり、これらが杭の沈下の要因となる場合もある。

このような自沈を起こさせない対策として、杭が安定するまでの期間、確実な方法で所定の位置に杭を保持する処置を取らなければならない。

一般に、杭頭部付近あるいは杭と連結したヤットコ部分等に受け鉄板等の保持具を取り付け、敷き鉄板等に杭を仮固定しておく方法が取られる。解放してよいかどうかの判断のためには、例えば、受け鉄板と敷鉄板の間に数枚の鉄板（板厚 9mm～12mm 程度）を敷いておき、一定時間間隔で鉄板を取り去っていき、杭が沈下しないことの確認を行う方法がある。

杭を保持しておくべき時間は地盤状況等によっても異なり、試験杭において保持時間の目安等を慎重に検討・判断し、本杭の施工に反映させることが必要である。

ヤットコには上述のように杭が自沈しないように保持する機能を持たせる必要があり、これに適した構造とする。また、施工工程と保持時間を考慮して必要な数量を準備しておくことが必要である。

鋼管矢板基礎の場合は継手抵抗等もあって自沈の懸念は少ないが、隣接鋼管矢板の施工に伴う共下がり現象や変位の抑制等の観点から打設後に導棒に固定し、根固め施工時にも不慮の沈下に備えて導棒への仮固定、隣接鋼管矢板同士の仮固定等で自沈防止をしておく。

なお、中間層に軟弱な地盤が存在する場合、杭の縦継ぎ施工の際に、杭やスパイラルオーガの自沈が生じる場合があるので、先行削孔を抑制する、エアや掘削水を止める等の配慮を行うとともに、縦継ぎ施工に支障が出ないように、杭を保持することも必要である。

また、ヤットコの引抜きに際しては、杭頭からのヤットコの離脱不良によって杭本体をヤットコと一緒に引き上げてしまうおそれがあるので注意が必要である。

5. 5. 7 地下水流、被圧水、逸水層への対処

セメントミルク噴出攪拌方式において、地下水は品質に大きく影響を及ぼす因子である。

地下水流、被圧地下水等については、中掘り杭工法での施工可否について調査・設計段階で十分な検討を行うことが原則である。

杭の施工時に地下水流速や被圧の状態を直接確認することは困難であり、調査しながら施工した事例もないのが実情であり、施工前の試験・調査が重要である。

支持層の地下水流速が2～3m/min 程度を超える場合は根固め球根の確実な築造は困難である。

地下水流の流速が0.8m/min を超える場合、逸水層が存在する場合には、セメントミルクに増粘剤を加える等の逸液防止が使用された事例がある。ただし、採用に際してはセメントミルクの圧送・噴出に対する抵抗、攪拌混合性、強度等の十分な検討・確認が必要である。

鋼管杭内の水位が低くなっている場合や急速なスパイラルオーガの引上げは、ボーリングやセメントミルクの吸上げ等の恐れがあるので、管内に注水する、ゆっくりと引上げる等の留意が必要である。スパイラルオーガを逆回転させ土砂の管内残置を助長し、引上げに伴う負圧を抑制することも有効な手立てのひとつである。

5. 6 施工記録

施工記録は施工管理の基本となるもので、施工を確実かつ円滑に実施していくうえで重要な事項である。

また、施工記録は、工事終了後においては施工状況を担保する記録になるとともに、将来においては貴重な参考情報と位置づけられる。このため特殊な条件のもとでの施工時の施工条件や施工管理方法、あるいは、施工中に特別な問題点が発生した場合の原因や対策等についても記録しておくことが必要である。

さらに、施工記録は、単独の工事での品質確認やトラブル発生時の施工状況の確認のみならず、他現場での施工状況の参照、あるいは多数の現場の情報をを用いての施工能率・品質レベル等の統計的な分析評価等にも供する重要な資料となる。したがって、確認、参照、比較・分析や施工データの蓄積がしやすいように、できる限り標準的な書式で取りまとめてお

くことを推奨する。

施工管理の標準化や施工データに基づく施工品質ばらつきの評価，管理指標の明確化によって，信頼性の向上と施工の合理化，更には設計の合理化等につなげてゆくことが望まれており，個々の現場施工での取組みが重視される状況になってきていることを念頭に対応することが必要である。

(1) 標準的な施工記録項目と施工記録の書式例

中掘り杭工法における標準的な施工記録項目は以下のようなものである。

- ① 杭番号，杭打設番号
- ② 杭施工年月日
- ③ 杭径，肉厚，杭長，オーガヘッド径（閉翼時，拡翼時），スクリー径
- ④ 施工時間（開始時刻，終了時刻，作業時間）
- ⑤ 掘削深度と掘削時間の関係
- ⑥ 電流記録
- ⑦ 支持層の管理指標
- ⑧ 根固め部の築造管理
- ⑨ セメントミルクの配合，セメントミルク注入量等
- ⑩ オーガヘッド，スパイラルオーガの引上げ時間
- ⑪ 杭の自沈に対する保持時間
- ⑫ 支持層根入れ深さ
- ⑬ 支持層掘削径，掘削長さ，杭深度，ヤットコ長
- ⑭ 高止まり量，低止まり量
- ⑮ 溶接記録
- ⑯ その他問題点，トラブル等の特記事項

鋼管杭の中掘り杭工法の施工記録の書式例を以下に示す。

・杭の施工記録	書式例－1
・根固め施工記録表	書式例－2
・セメントミルクの材料管理	書式例－3
・現場縦継ぎ溶接の施工記録	書式例－4
・積分電流値記録（施工管理装置データ）	書式例－5
・高圧噴出方式の施工記録（施工管理装置）	書式例－6
・掘削深度とオーガ駆動電流値のチャート記録	書式例－7
・セメントミルクの吐出圧と流量のチャート記録	書式例－8

書式例については，必ずしもこの書式に限定されるものではないが，上記の①～⑯の事項ならびに表－5.2，表－5.3に示した施工管理項目に関する実施状況や結果が記録として残るようにする必要がある。

(2) 施工管理チェックシート

杭工事管理者は、施工要領書（施工計画書）作成時に取り決めた施工管理項目に対し、試験杭で確認・設定した管理基準や管理指標に従って本杭の施工ができたことを杭一本ごとに記録し、逐次、元請技術者に報告する必要がある。一方元請技術者は、杭工事管理者により適切な施工管理や品質管理が行われているかを管理したり、施工記録が適正であるかなどを確認したりしなければならず、元請技術者としてその管理・確認記録を残しておく必要がある。

これらは一般的に、先に示した施工記録を杭工事管理者が作成・提出することにより行われているが、物量的な問題や要員の問題から当日中に作成することが困難な場合が多く、杭工事完了後に杭工事管理者からまとめて報告される形式となりやすい。そこで、元請技術者と杭工事管理者の両者が日々の施工管理状況を確認・記録することを意図した、「施工管理チェックシート」を杭一本ごとに作成するものとする。施工管理チェックシートの例を書式例－9および書式例－10に示す。

施工管理チェックシートによる管理項目は、支持層確認やセメントミルクの注入量など杭の施工管理上、特に重要となるものや速やかに報告すべき事項、数値記録として残しにくい事項などを施工要領書（施工計画書）作成段階で元請技術者らと協議して取り決めておく。実施段階ではそれらを杭工事管理者がチェック・記入しながら施工し、その杭の施工が完了した当日中（または翌朝）に元請技術者に提出し承認を受ける。承認を受けたら原紙のコピーを保管しておく。元請技術者は、現場で立会い確認した管理項目についてはその場でチェックを入れる。また、提出された施工管理チェックシートの内容を確認し、施工プロセスに問題がないことを確認する。

施工管理チェックシートは、このように施工管理の記録を元請技術者と杭工事管理者が相互に確認しあうことで確実な施工管理と品質管理が担保されるので、施工管理装置の施工データが破損した場合の代替記録としても活用できる。

(3) 不具合発生時の記録

i) 施工上の不具合

施工中に不具合が発生した場合は、杭工事管理者は施工要領書（施工計画書）作成時に取り決めた不具合発生時の対処方法に則り速やかに元請技術者に報告し、その処置や再発防止策等を関係者と協議を行い、その内容について記録整備する。協議事項記録例を書式例－11に示す。

ii) 施工データ取得上の不具合

施工管理装置を使用することで確実に施工データを取得することが出来るが、取得した施工データを紛失・破損してしまう可能性もある。万一このような施工記録作成上の不具合が発生した場合は、i) 施工上の不具合と同様に、元請技術者に報告し協議記録を作成したうえで、あらかじめ取り決めた代替手法で記録を残す。

代替の記録方法としては、施工管理チェックシートの活用を基本とする。施工管理チェックシートに加えて、施工管理装置のモニター写真などを記録として残す場合は、のちに杭 No が特定できるように記録を残しておくといふ。写真記録の例を写真－5.3に示す。

代替記録手法やその内容については、施工要領書（施工計画書）作成時に監督員（工事

監理者）や元請技術者，杭工事管理者で十分に協議して取り決めておくことが重要である。

(4) アナログ式記録計の施工記録

電流記録等のチャート類については従来からロール紙方式の記録装置での描画記録が多用されている。この場合，座標軸の目盛幅やチャート送り速度などの設定や深度等の書き込みを人手に頼ることになり，記録が不明確にもなりやすい。本施工管理要領では，同時に多項目のデータを測定・演算・記録する施工管理装置の使用を標準としているが，やむを得ずこうしたアナログ式の記録計を用いる場合には，時系列記録や後々の施工内容のトレースが行えるように記録を残す必要があり，記録方法や体制について施工要領書（施工計画書）で明確にしておく。以下にアナログ式の記録計を用いる場合に求められる記録内容を示す。

i) 電流計（オーガ駆動電流値）

電流計のチャート用紙に，1.0m または0.5m ごとに到達深度をマーキングする。記録区間は，試験杭の場合は掘削全長，本杭の場合は例えば想定される支持層深度の5.0m 手前からとする。記録区間中の積分電流値を算出（手動計算も可）し，チャート用紙の原紙ともに記録として残す。

ii) 流量計（セメントミルク流量）

セメントミルクの注入開始深度と注入開始・終了時間を記録する。

記録紙の破損や紛失による施工データの不足等の不具合が発生していることから，アナログ式の記録計を用いる場合には専属の記録員を配置することを必須とする。また，紛失等に対処するため，記録紙や記録状況を写真撮影しておく。

書式例－４ 現場縦継ぎ溶接の施工記録

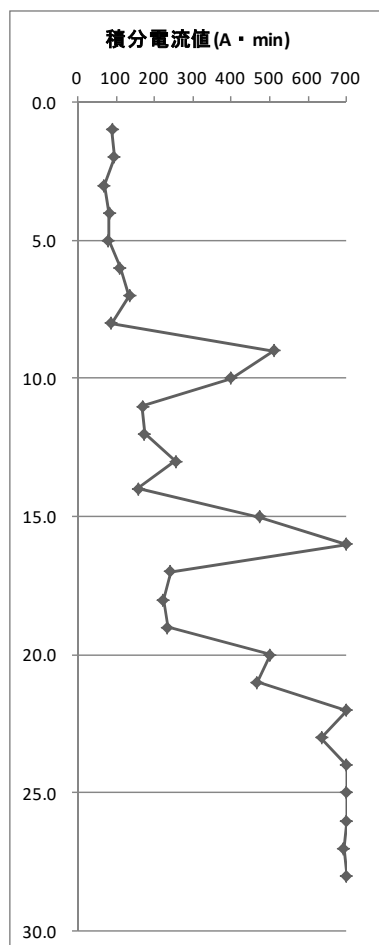
		監督員 (工事監理者)		元請技術者		杭工事管理者	
		記録者氏名：					
工事名							
施工会社名							
鋼管杭(鋼管矢板) 寸法 (規格 外径×厚さ×長さ)		SKK / SKY / 400 / 490 φ × t × L= m、 本継					
番号(基礎、杭、継手)							
施 工 条 件	気 象 条 件	日 時					
		天 候					
		気 温	℃	℃	℃	℃	
		風 速	m/s以下	m/s以下	m/s以下	m/s以下	
	継 手 条 件	開先の目違い	mm	mm	mm	mm	
		ルート間隔	mm	mm	mm	mm	
	溶 接 条 件	溶接方法	セルフシールドアーク溶接、 その他()				
		溶接機					
		溶接棒またはワイヤの 種類・品名・径					
		電流・電圧	A、 V	A、 V	A、 V	A、 V	
		溶接部温度(予熱時)	℃	℃	℃	℃	
		溶接部清掃状況	良好 / 不良	良好 / 不良	良好 / 不良	良好 / 不良	
		溶接パス数	パス	パス	パス	パス	
	溶 接 作 業	溶接技能者氏名					
		資格の種類・記号					
溶接時間		分	分	分	分		
検 査 結 果	外 観 検 査	われ	有 、 無	有 、 無	有 、 無	有 、 無	
		アンダーカット 0.5mm以下は許容	有 、 無	有 、 無	有 、 無	有 、 無	
		オーバーラップ	有 、 無	有 、 無	有 、 無	有 、 無	
		ピット	有 、 無	有 、 無	有 、 無	有 、 無	
		備 考					
	非 破 壊 検 査	浸透探傷検査(PT)	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	
		超音波探傷検査(UT)	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	
		放射線透過検査(RT)	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	
		備 考					
補修記録							

試験掘削 No. 1
実施日 : 平成××年×月×日

掘削長 GL-28.00m
杭先端深さ GL-27.00m

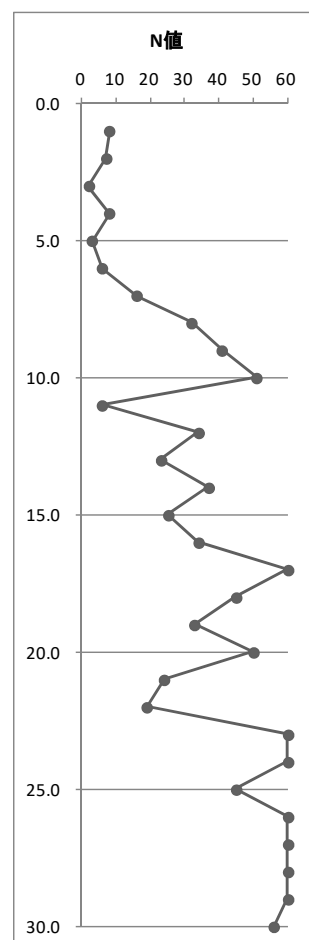
積分電流値

深度 (GL-m)	積分電流値 (A・min)
1.0	88.50
2.0	94.30
3.0	68.25
4.0	80.56
5.0	78.87
6.0	109.34
7.0	134.55
8.0	87.08
9.0	510.25
10.0	398.65
11.0	167.66
12.0	172.45
13.0	253.48
14.0	155.52
15.0	473.21
16.0	755.35
17.0	241.79
18.0	221.57
19.0	234.23
20.0	500.21
21.0	466.96
22.0	1391.21
23.0	634.24
24.0	901.64
25.0	2301.24
26.0	820.49
27.0	692.32
28.0	1242.96



ボーリングデータ

深度 (GL-m)	N値
1.0	8
2.0	7
3.0	2
4.0	8
5.0	3
6.0	6
7.0	16
8.0	32
9.0	41
10.0	51
11.0	6
12.0	34
13.0	23
14.0	37
15.0	25
16.0	34
17.0	60
18.0	45
19.0	33
20.0	50
21.0	24
22.0	19
23.0	60
24.0	60
25.0	45
26.0	60
27.0	60
28.0	60
29.0	60
30.0	56



書式例－5 オーガ駆動電流値の積分電流値記録（施工管理装置データ）

杭施工記録

工 事 名 称

杭No.

施工結果図

根固め施工記録

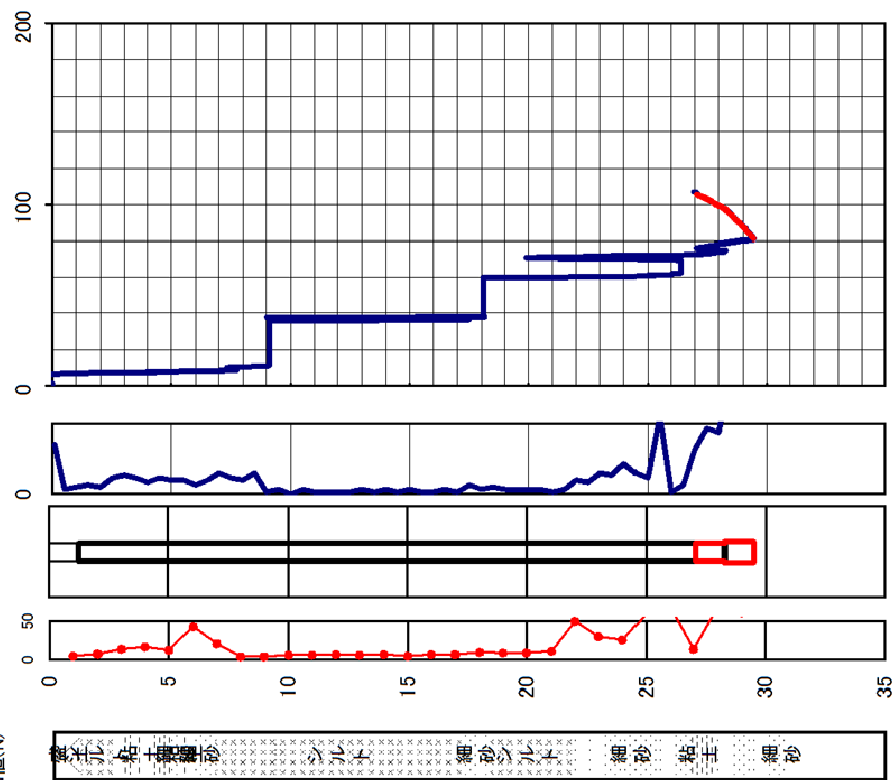
田氏年

ポーリング
柱状図
N値(N)

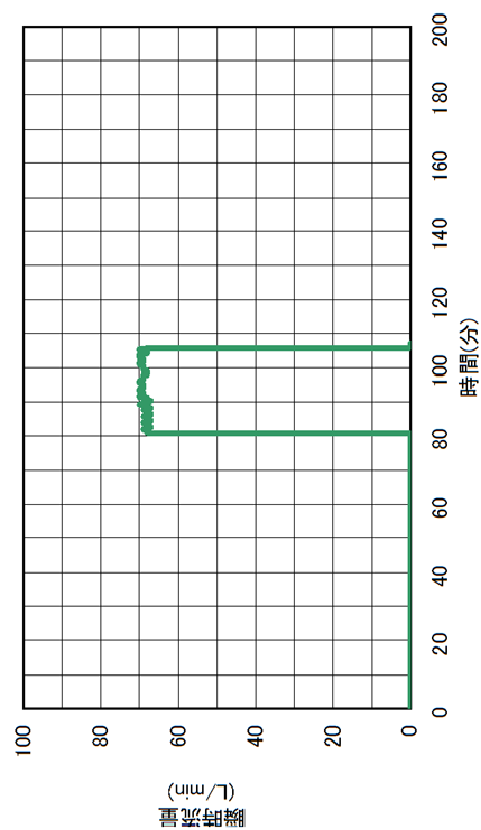
概要
根入れ

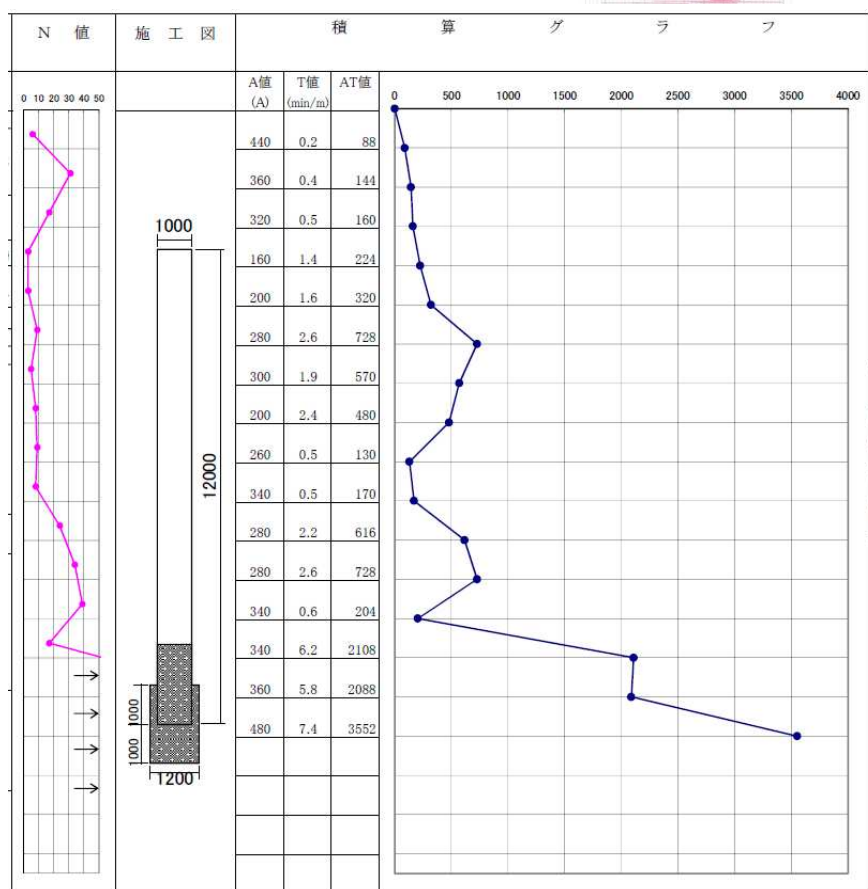
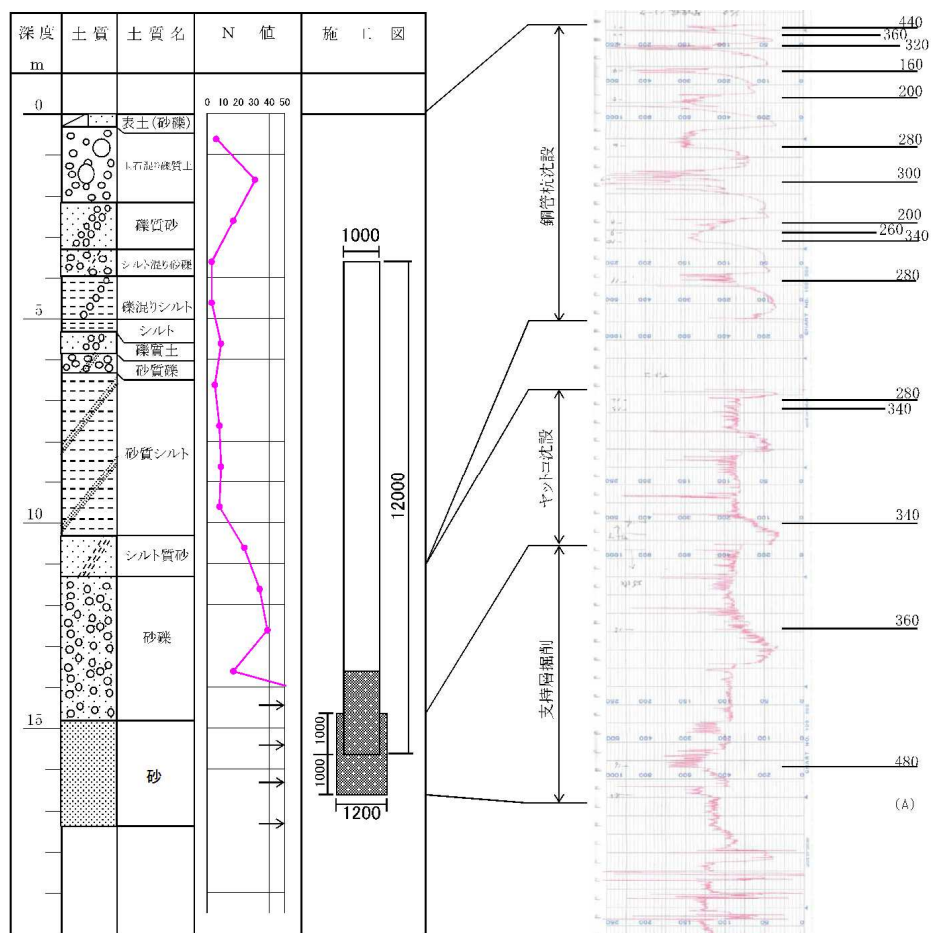
積分電力
(kW·min/m)

サイクルタイム

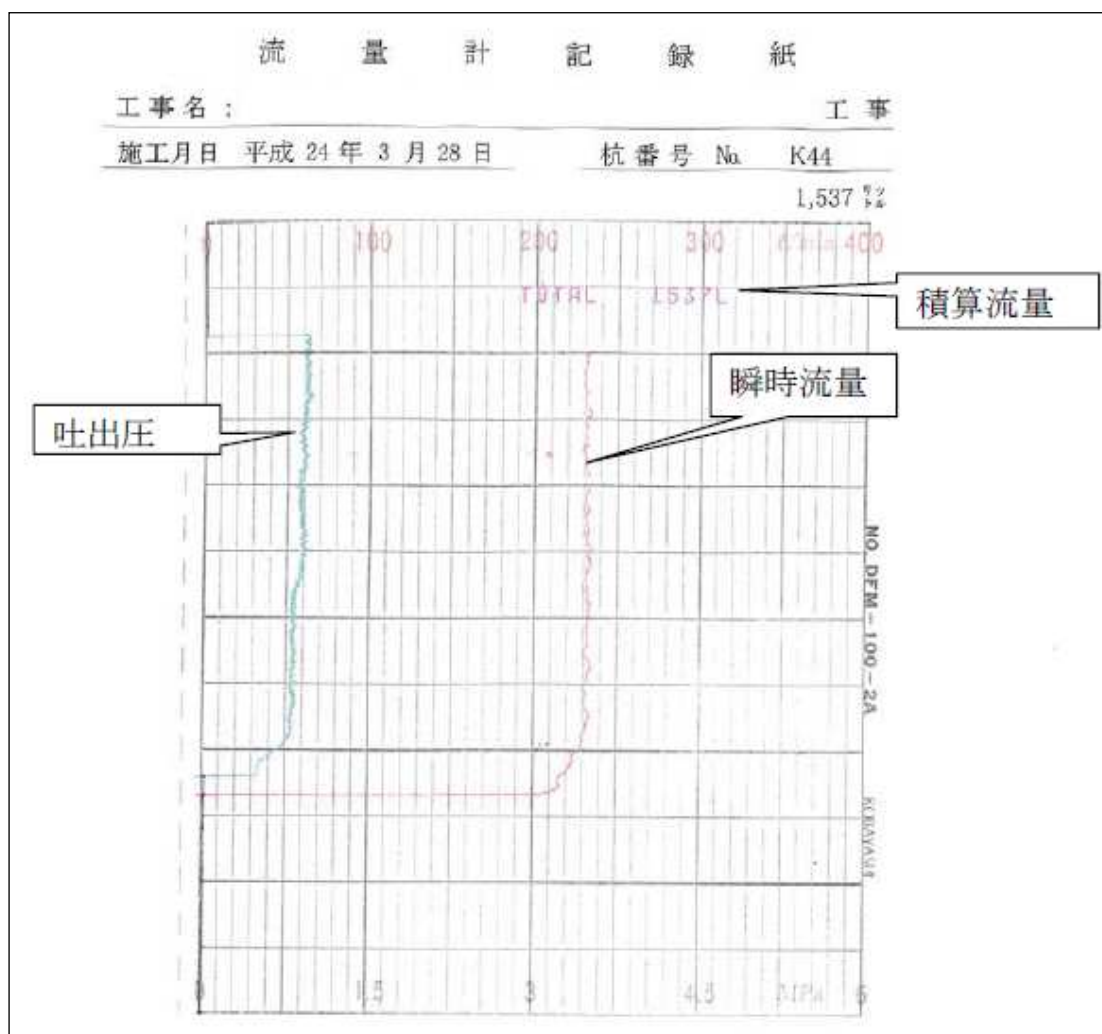
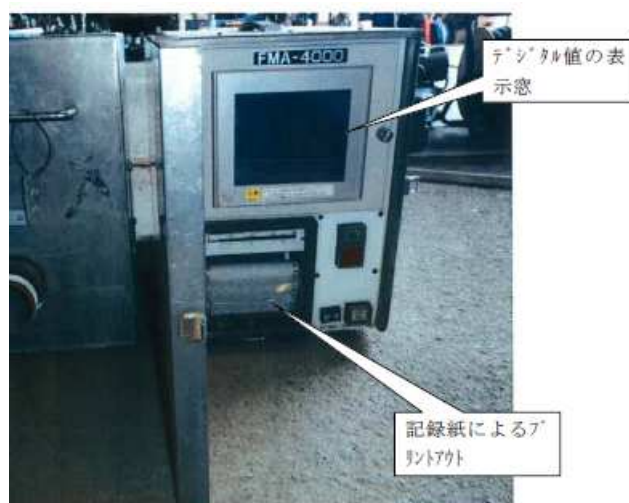


	根固め上端 深度 (m)	根固め下端 深度 (m)	水予備掘削時 噴射圧力 (Mpa)	根固め時 噴射圧力 (Mpa)	根固め 総注入量 (kg)
設計	27.06	29.47	10以上	20以上	1454
実測	27.06	29.47	11.77	24.89	1813





書式例－7 掘削深度とオーガ駆動電流値のチャート記録
(上：生データ，下：積分電流値に変換後の記録)



書式例－8 セメントミルクの吐出圧と流量のチャート記録

書式例－9 施工管理チェックシート（機械攪拌方式）

中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式、機械攪拌方式）

※杭1本毎に杭工事管理者が施工中に記録し、施工後速やかに元請技術者に提出する。

工事名称		監理員 (工事監理者)		元請技術者		杭工事管理者	
杭工事会社／杭工事管理者							
施工日／杭番号							
施工管理チェック項目		管理要点		具体の値等		写真 有無	
				確認		元請 立会 有無	
1	杭材料	対象杭に間違いがないことを確認		☐			
2	施工機器の点検	変形・損傷・外観異常がないことを確認		☐			
		使用機器の始業点検等を実施 プラント、杭打機、スパイラルスクリー オーガヘッド、施工管理装置等		☐			
		・拡翼事前作業（拡翼径等確認、ピン等設置）		☐			
3	セメントミルク製造	配合管理：プラント設定等の確認		☐			
		検査：密度測定の有無		有（ ）・無			
4	杭心管理	圧縮試験体の採取有無			有・無		
		杭心、逃げ杭心位置の確認 杭建込み（管理値：偏心量50mm以内）		☐ ☐			
5	掘削・沈設管理	杭の傾斜管理 管理値：1/100以内		☐			
		先掘り量管理 管理値：1m以下		☐			
6	支持層確認	判断根拠：					
7	セメントミルク注入 (支持層到達時)	オーガ電流(A)・積分電流値(A・min/m)					
		総注入量（計画 m ³ 以上）			m ³		
8	根固め部の築造	拡翼作業開始深度（計画値GL- m）		☐	GL-	m	
		拡翼の確認（鋼管との接触、電流値の変化等）		☐			
		拡翼痕跡の確認		☐			
9	自次に対する保持処置	保持処置実施の確認、保持（予定）時間		☐		hr	
10	現場溶接管理	開先状態、目違い等の確認		☐			
		外部きず確認（外観検査、浸透探傷検査）		☐			
		有資格者による非破壊検査有無（内部きず確認等）			UT・RT・PT		
溶接補修、溶接補修記録の有無					有・無		
<備考・記事>							

The diagram illustrates the pile construction process. It includes a '計画' (Plan) view and an '実績' (Actual) view. The plan view shows a pile with dimensions 'm' for the pile length and 'm' for the pile diameter. The actual view shows the pile with dimensions 'm' for the pile length, 'm' for the pile diameter, and 'm' for the pile head diameter. The diagram also shows the '掘削・沈設・打止め管理' (Excavation, Pile Driving, and Stop Management) process.

式例 10-1 施工管理システム (田嶋 圭)

掘削機、圧入機、高圧噴射方式、ミルク攪拌方式、式（セメント杭工法）

工事名称						監督員 (工事監理者)		元請技術者		杭工事管理者	
杭工事会社／杭工事管理者											
施工日／杭番号											
施工管理チェック項目		管理要点				確認		具体の値等		写真 有無	
						確認		具体的値等		写真 有無	
1	杭材料	対象杭に間違いがないことを確認 変形・損傷・外観異常がないことを確認				☐					
2	施工機器の点検	使用機器の始業点検等を実施 プラント、杭打機、スバイスクリュー オーガヘッド、施工管理装置 等 ・噴出機構（チップの取付位置、詰りがいいか）				☐					
3	セメントミルク製造	配合管理：プラント設定等の確認 検査：密度測定の有無 圧縮試験体の採取有無				☐					
4	杭心管理	杭心、逃げ杭心位置の確認 杭建込み（管理値：偏心量50mm以内）				☐					
5	掘削・沈設管理	杭の傾斜管理 管理値：1/100以内 先掘り量管理 管理値：1m以下				☐					
6	支持層確認	判断根拠：									
7	セメントミルク注入 (支持層到達時)	オーガ電流(A)・積分電流値 (A・min/m) 総注入量 (計画 管理値：m ³ 以上)				☐					
8	根固め部の築造	噴出圧力 (計画 管理値：MPa以上) オーガ回転数 (〇〇回以下) オーガ引上げ速度 (〇〇m/min以下)				☐					
9	自沈に対する保持処置	保持処置実施の確認、保持 (予定) 時間 開先状態、目違い等の確認				☐					
10	現場溶接管理	外部きず確認 (外観検査、浸透探傷検査) 有資格者による非破壊検査有無 (内部きず確認等) 溶接補修、溶接補修記録の有無				☐					

<備考・記事>

書式例－11 不具合発生時の協議事項記録書

工事名		
設計者		
監督員（工事監理者）		
施工者	元請技術者	
	杭工事管理者	

協議日時	
不具合発生事象	
協議内容	
想定原因	
対処方法	
今後の対策 再発防止策	
その他	

確認者印	監理者所属	元請会社名		1次会社名	2次会社名
	監督員 （工事監理者）	監理技術者	杭担当技術者	杭工事管理者	杭工事管理者
確認日					

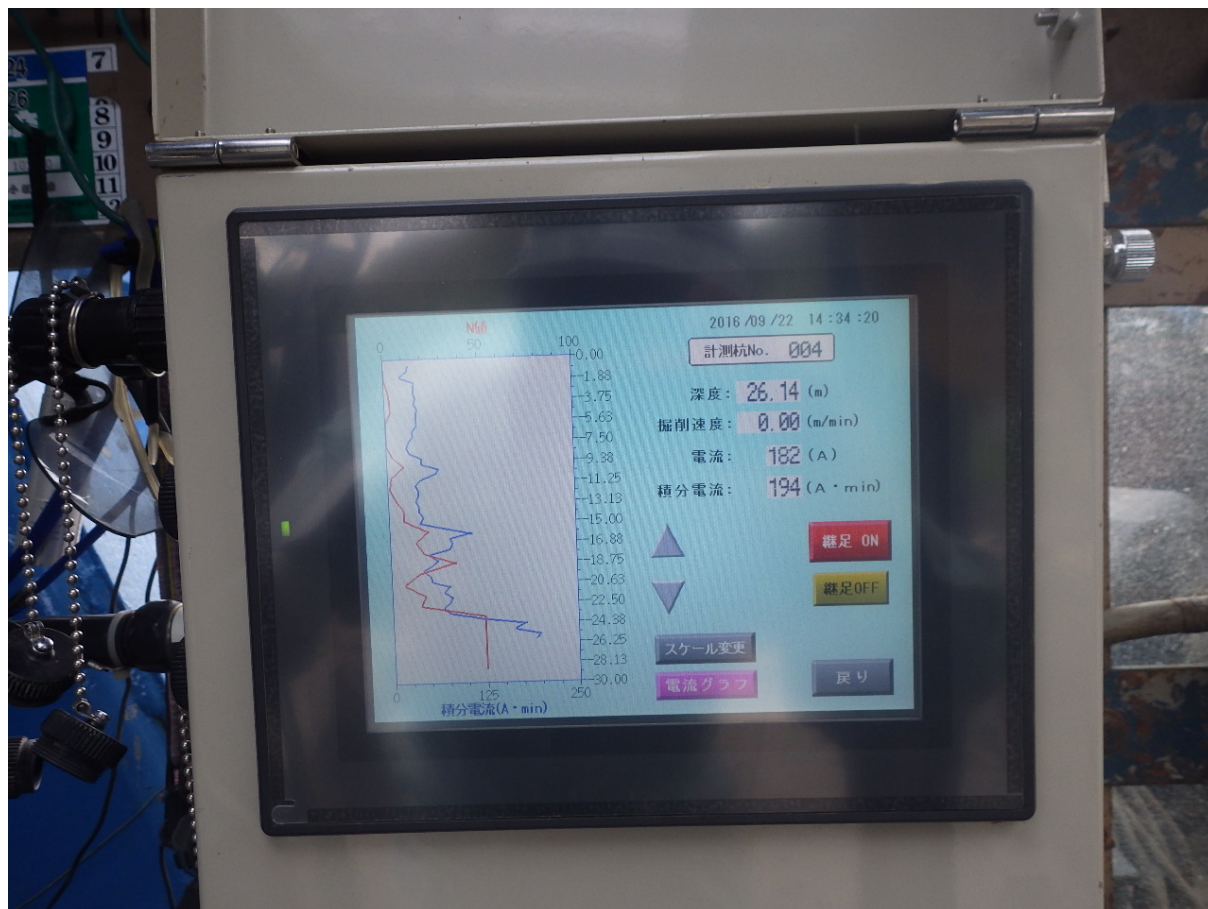


写真-5.3 施工管理装置の写真記録例

6. 施工上の問題点と処置・対策

6. 1 鋼管杭基礎

鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策の一覧を表－6.1 に示す。

表－6.1 鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策(1)

現 象	原 因	対 策
1. 杭打ち機の転倒	・ 杭打ち機の選定ミス	・ 使用機械（スパイラルオーガ、オーガヘッド）、杭材料等の最大吊荷重から適正な杭打ち機を選定する。
	・ 地盤の支持力不足	・ 事前の地盤の支持力調査。必要に応じて敷鉄板の施工や地盤改良の実施。
2. クレーンの転倒	・ ブーム角度と負荷荷重のミス ・ 容量以上の吊上げ	・ ブーム角度と吊上げ容量の管理，表示。 ・ 安全管理項目の教育徹底。
	・ 地盤の支持力不足・傾斜	・ 事前の地盤の支持力調査。必要に応じて敷鉄板の施工や地盤改良の実施。
3. スパイラルオーガの転倒	・ 接合ピンの打込み不良で接続部が離脱	・ 根元まで確実に打込む。
4. 杭の傾斜，杭心ずれの発生	・ 鉛直度の確認不足	・ 杭心位置，杭建込み時の鉛直度の測定頻度の増加。
	・ 地耐力不足による重機自重による側方移動	・ 地耐力を確認した上で作業地盤を整備。 ・ 施工の影響を受けにくい場所への逃げ心の設置。
	・ 施工重機の傾斜	・ 杭心位置，杭建込み時の鉛直度の測定頻度の増加。
5. 周辺構造物や隣接杭の変位・変状の発生	・ 杭の沈設に伴う杭周辺地盤の側方変位	・ 沈設速度の抑制。 ・ 十分な掘削排土の実施。
6. 杭接合作業時の下杭の沈降	・ 過度の先掘りによる先端抵抗不足 (杭の先掘りは1 m以内に留める)	・ 先掘りの抑制。 ・ スパイラルオーガの先掘り長が確認できるマーキングをする。
	・ 軟弱地盤による先端抵抗力不足	・ 溶接終了まで下杭を保持。

表－6.1 鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策（2）

現 象	原 因	対 策
7. 杭の沈設困難	・ スパイラルオーガへのれきのかみこみに伴う排土不良	・ オーガ駆動装置の変更。 ・ スパイラルピッチの変更。 ・ プレボーリングによるれきの事前除去。 （浅い位置にれきが介在している場合） ・ 杭径の拡大。
	・ 杭体内部への硬質な粘土のつまりによる排土不良	・ オーガ駆動装置の変更。 ・ 圧縮空気の吐出量の変更。 ・ 注水しながらの掘削の実施。 ・ 沈設速度の抑制。 ・ 杭継ぎ深度の変更。
	・ 杭接合作業中の杭周面地盤の締まり，崩壊	・ モンケンによる軽打や，圧入力付加等による縁切り。
	・ 空気弁のつまり	・ 空気弁の点検整備。 ・ 吐出圧力の調整。 ・ サイド弁の変更。
	・ 地中障害物の存在	・ 地中障害物の撤去。
	・ 掘削孔の不十分な形成	・ 杭外径までのヘッドの拡翼。 ・ 掘削速度の抑制。
8. 掘削土砂の飛散	・ 圧縮空気の使用	・ 排土処理用ホッパーの使用。
	・ 排出口およびスパイラルオーガからの土砂の落下	・ ベッセル等を使用。（民家等が隣接していない場合）
9. 現場縦継ぎ溶接の欠陥 「鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」を参照	・ 溶接環境が不適切	・ 適切な環境のもとで溶接を行う（気温，降雨，風速等）。必要に応じて風防，雨除け等の対策を行う。
	・ 溶接条件が不適切	・ 適切な溶接条件で施工する（電流，電圧，運棒速度等）。
	・ 溶接ワイヤが吸湿している	・ 溶接ワイヤの管理を適切に行う。吸湿した場合はワイヤの変形に注意して強制乾燥させる。
	・ 開先の清掃・乾燥不足	・ さび，ほこり，水分等の除去・清掃を確実に行う。
	・ 裏当て金の設置，目違いの調整，ルートギャップの調整が不適切	・ 裏当て金の密着，所定の目違い，ルートギャップになるように調整する。
	・ 溶接工の技量が劣る	・ 適切な資格と経験を有することを確認する。必要に応じて溶接技量の確認試験を行う。
10. セメントミルク注入時の圧力の異常	・ ノズルおよび注入ホースの目詰まり	・ ミキサの清掃の実施 ・ ミキサからの吐出口へのスクリーン設置 ・ 根固め液注入後のプラントおよびホース内の入念な洗浄。
	・ 噴出チップの損耗や目詰まり	・ チップの点検，試噴射の実施。
	・ ジョイントおよびホースからの漏れ	・ プラントおよびホース内の入念な洗浄。 ・ パッキンの取替え。 ・ 破損ホースの取替え。

表－6.1 鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策（3）

現 象	原 因	対 策
11. 設置完了後の杭の沈下	・ 小さな杭周面摩擦抵抗	・ 試験杭で確認した杭が安定するまでの保持時間に基づく本杭施工の実施。 ・ 保持装置を徐々に緩める。
	・ 地下水流による根固め液の流出	・ 高濃度の根固め液の使用，増粘剤や逸液防止剤の添加。
	・ スパイラルオーガの急速な引上げによるボイリングの発生	・ スパイラルオーガの引上げ速度の抑制。 ・ 杭中空部の杭孔水位を常に地下水位より高くなるよう流水しながら引上げ。
12. 杭の変形・損傷	・ 杭の仮置きで端面が変形	・ 杭の保管時には，管端部を枕木等で受けない。少なくとも管端から 50cm 程度は離すようにする。
	・ 吊上げ作業で管端部が変形 ・ 杭の建て起こし，移動時に端面を変形させる ・ 吊り治具を当てて現場溶接の開先部を傷つける	・ 杭の吊上げでは管端にハッカ等の治具を使用しない。やむを得ず使用する場合は，把持面積の広い治具を用いる等変形に注意する。 ・ 杭の吊上げ時，杭打ち機への吊り込み時等に，杭管端を引きずらないように注意する。 ・ シャックル・ハッカ等の吊り治具を管端に当てないように注意する。

6. 2 鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎の中掘り工法による施工での問題点と対策の一覧を表－6.2 に示す。

表－6.2 鋼管矢板基礎（中掘り工法）の施工での問題点と対策(1)

現 象	原 因	対 策
1. 杭打ち機の転倒	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	
2. クレーンの転倒		
3. スパイラルオーガの転倒		
4. 鋼管矢板施工位置のずれ	・打伸び・打縮み・回転	・導材の精度管理。施工に伴う導材の変位，ゆるみ等にも注意する。 ・位置保持・回転防止等の治具を使用する。 ・位置ずれが大きくなった場合は位置修正（建込み直し）
5. 鋼管矢板の傾斜	・鉛直性の管理が不十分	・杭打ち機リーダー，及び杭の鉛直性は2方向から確認する。沈設初期に慎重な傾斜確認と修正を行う。 ・自沈するような軟弱な地盤では過度な速度で沈設させず，傾斜を管理しながら沈設する。
	・継ぎ杭による鋼管矢板の折れ曲がり	・現場縦継ぎの際には，開先の突き合せ，目違い矯正，ルートギャップ調整と同時に，杭の鉛直性確保も慎重に行う。
6. 杭接合作業時の下杭の沈降	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	
7. 杭の沈設困難	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	
8. 鋼管矢板の共下り	・継手間のせり合いによる共下り	・導枠あるいは他の鋼管矢板へ仮溶接して共下りを防止する。
9. 掘削土砂の飛散	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	
10. 現場縦継ぎ溶接の欠陥	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照 「鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」を参照	
11. セメントミルク注入時の圧力異常	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	
12. 根固め部の構築不良	・隣接鋼管矢板の根固め施工により根固め部が変状を受ける	・鋼管矢板基礎の中掘り工法での施工は2工程方式で実施する。かつ，根固め部施工は隣接鋼管矢板が連続施工とならないように，1～2本おきに行う。

表－6.2 鋼管矢板基礎（中掘り工法）の施工での問題点と対策（2）

現 象	原 因	対 策
13. 鋼管矢板の施工完了後の沈下 外周鋼管矢板では継手のせりにより自沈が発生することは少ない。共下り防止対策を兼ねて導枠への仮溶接等を行うことで沈下も防止できる。	・ 鋼管矢板自重を保持するための摩擦力がない。 ・ 拡大掘りで周辺地盤を乱し、周面抵抗が不足。	・ 杭先端根固め部の強度発現及び周面摩擦力の回復まで、杭を所定の位置に保持する。中打ち単独杭等でヤットコ使用の場合は、杭頭部と結合し、ヤットコと一体で所定位置に保持する。 ・ 根固め部以外では拡大掘りを行わない。期せずして周辺地盤が乱れた場合は、杭周面に薬液注入等を行うか、又は増し杭の検討をする。
	※2 工程方式の施工では、周面地盤の回復、基礎全体での安定が確保され自沈は生じにくい。 ・ 伏流水による根固め液の流出	・ 逸水調査を行って、逸液防止材の使用の検討を行い、著しい場合は工法の再検討をする。
13. 鋼管矢板の施工完了後の自沈	・ スパイラルオーガの引上げに伴うボイリングの発生	・ スパイラルオーガをゆっくり引上げる。 ・ 鋼管矢板内中空部の水位を地下水位より低下させない。
	・ スパイラルオーガ拔上げ解体作業時の杭への荷預けによる負荷	・ 根固めの強度発現、周面摩擦の回復まで杭の保持を行うか、導枠、隣接鋼管矢板との仮溶接を行うとともに、慎重に沈下性状を確認しながら作業を行う。
14. 鋼管矢板の変形・損傷	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	

【付録 A】鋼管杭・鋼管矢板の規格値

鋼管杭・鋼管矢板は JIS A 5525及び JIS A 5530に規定されている。

ここでは、参考のために表－A.1にその化学成分を、表－A.2に機械的性質を、また表－A.3, A.4には形状及び寸法の許容差の規定について（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会で整理したもの（「鋼管杭・鋼管矢板標準製作仕様書 2019年7月」）を示す。

表－A.3, A.4は工場製作での保証内容について記載したものであり、施工現場での測定項目や測定手法を規定する趣旨のものではない。

なお、JIS は改訂される場合もあるので、注意が必要である。

表－A.1 化学成分

単位 %

種類の記号	C	S i	M n	P	S
SKK400, SKY400	0.25以下	—	—	0.040以下	0.040以下
SKK490, SKY490	0.18以下	0.55以下	1.65以下	0.035以下	0.035以下
備考）必要に応じて、この表に規定のない合金元素を添加することができる。					

表－A.2 機械的性質

種類の記号	母 材 部			アーク溶接部	電気抵抗溶接部
	引張強さ N/mm ²	降 伏 点 又は耐力 N/mm ²	伸 び % 5号試験片 管軸直角方向 ※1	溶接部引張強さ N/mm ²	へん平性 平板間の距離 mm (Dは管の外径)
SKK400, SKY400	400以上	235以上	18以上	400以上	$\frac{2}{3} D$
SKK490, SKY490	490以上	315以上	18以上	490以上	$\frac{2}{3} D$ ※2

注記 1N/mm²=1MPa

※1 鋼帯又は鋼板から引張試験の供試材を採取する場合は、圧延方向又は圧延方向に直角の方向とします。

※2 JIS では7D/8の規定であるが、鋼管杭・鋼矢板技術協会の推奨仕様としてより厳しい2D/3での保証を標準としている。

表－A.3 形状及び寸法の許容差（鋼管杭）

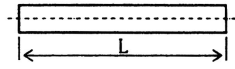
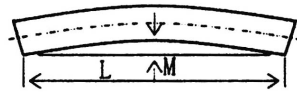
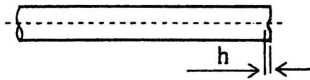
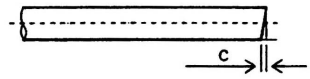
区 分			許 容 差	記号の説明	記 録
外径 (D)	管端部		±0.5%	外径の許容差は、周長測定による。ただし、外径(D)と周長(<i>l</i>)ど相互換算は、次の式による。 $D=l/\pi$ ここに、D：外径(mm) l：周長(mm) $\pi=3.1416$	実測値 (外径)
厚さ (t)	厚さ 16mm 未満	外径 500mm未満	+規定しない －0.6mm	—	実測値
		外径 500mm以上 800mm未満	+規定しない －0.7mm		
		外径 800mm以上 2000mm以下	+規定しない －0.8mm		
	厚さ 16mm 以上	外径 800mm未満	+規定しない －0.8mm		
		外径 800mm以上 2000mm以下	+規定しない －1.0mm		
長さ (L)			+規定しない 0 ※	 ※受渡当事者間の協定によって、 +規定せず、-50mmを適用してもよい	実測値
横曲がり (M)			長さ(L)の0.1% 以下 ただし、長さ (L)が6m未満の 場合、6mm 以下		合 否 (Good表示)
現場円周溶接部となる 端面の平面度 (h)			2mm 以下		合 否 (Good表示)
現場円周溶接部となる 端面の直角度 (c)			外径の0.5%以下 ただし、最大 4mm		合 否 (Good表示)
現場円周溶接部となる 端面の真円度 (OR) ※JIS 規定外の項目			1.0% 以下	$OR=100\times D_{45^{\circ}}-D_{135^{\circ}} /D_{nom}$  (Dnom は公称外径)	合 否 (Good表示)
現場円周溶接部の換算外径差の 許容差			外径(mm)	許容差(mm)	
※現場円周溶接を行う2本の単 管の管端外径（周長換算値） の差であり、単管の外周長を π で除して求めた換算外径の 差として求める。ここに、 π =3.1416とする。			700 未満	2 以下	
			700 以上 1016 以下	3 以下	
			1016 を超え 2000 以下	4 以下	

表-A.4(a) 形状及び寸法の許容差（鋼管矢板）

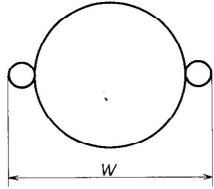
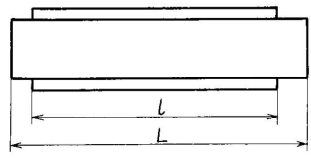
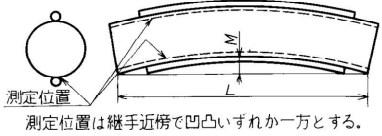
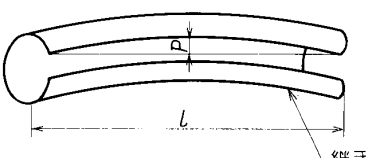
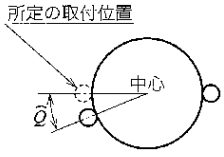
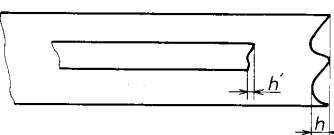
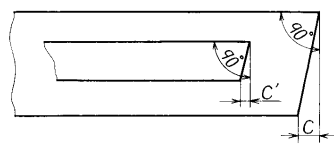
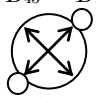
区 分			許 容 差	記号の説明	記 録
外 径 (D)	管端部		±0.5%	外径の許容差は、周長測定による。ただし、外径(D)と周長(l)ど相互換算は、次の式による。 $D=l/\pi$ ここに、D：外径(mm) l：周長(mm) $\pi=3.1416$	実 測 値 (外径)
幅 (W)	管端部		±1.0%		合 否 (Good 表示)
	t — D	1.1%以上 1.5%未満	±2.0%		
		1.5%以上	±1.5%		
厚 さ (t)	厚さ 16mm 未満	外径 500mm 以上 800mm 未満	+規定しない −0.7mm	—	実 測 値
		外径 800mm 以上 2000mm 以下	+規定しない −0.8mm		
	厚さ 16mm 以上	外径 500mm 以上 800mm 未満	+規定しない −0.8mm		
		外径 800mm 以上 2000mm 以下	+規定しない −1.0mm		
長さ (L) (ℓ)	鋼管本体 (L)		+規定しない 0 ※	 ※受渡当事者間の協定によって、 +規定せず、−50mmを適用してもよい	実 測 値
	継手 (ℓ)				合 否 (Good 表示)
曲がり (M) ※JIS では 1/1000, 6mm が規定値			長さ (L) の 1/1500 以下 ただし、 長さ(L)が 6m 未満は 4mm 以下	 測定位置は継手近傍で凹凸いずれか一方とする。	合 否 (Good 表示)
反り (S) ※JIS では 1/1000, 6mm が規定値			長さ (L) の 1/1500 以下 ただし、 長さ(L)が 6m 未満は 4mm 以下	 測定位置は凹凸いずれか一方とする。	合 否 (Good 表示)

表-A.4(b) 形状及び寸法の許容差 (鋼管矢板) (つづき)

区 分			許 容 差	記号の説明	記 録
継手の ひらきの 真直 度 (P)	継手長さ (ℓ) 15 m 以下		10 mm 以下	 測定位置は凹凸いづれか一方とする	合 否 (Good 表示)
	継手長さ (ℓ) 15 m を超えるもの		ℓ/1500 以下		
継手の 取付位置 (Q)	管端部		5 mm 以下		合 否 (Good 表示)
現 場 溶 接 部 となる 端面の 平面度	鋼管本体 (h)		2 mm 以下		合 否 (Good 表示)
	継手 (h)				
現 場 溶 接 部 となる 端面の 直角度	鋼 管 本 体 (C)	外径 1000 mm 以下	鋼管本体 長さ 18 m 以下	外径の 0.5%以下 ただし、最大 3 mm	
		外径 1000 mm を超えるもの	鋼管本体 長さ 18 m を超え るもの	外径の 0.5%以下 ただし、最大 4 mm	
	継手 (C)		2 mm 以下		
現場溶接部となる 端面の真円度 (OR) ※JIS 規定外の項目			1.0%以下	$OR=100\times D_{45^{\circ}}-D_{135^{\circ}} /D_{nom}$  (D _{nom} は公称外径)	合 否 (Good 表示)
現場円周溶接部の換算外径差の許容差 ※現場円周溶接を行う 2 本の鋼管本体の管端外径 (周長換算値) の差であり、鋼管本体の外周長を π で除して求めた換算外径の差として求める。こ こに、π=3.1416 とする。			外径(mm)		許容差(mm)
			500 以上 700 未満		2 以下
			700 以上 1016 以下		3 以下
			1016 を超え 2000 以下		4 以下

【付録B】 代表5工法の先端部詳細仕様

鋼管先端部へ取付ける材料の長さ（周方向の部材長の製作仕様）は、鋼管内面周長に対して鉄筋を用いる場合で ± 0 、平鋼を用いる場合で -35mm を標準としている。

表-B (a) TAIP工法の杭先端支圧材標準仕様

杭 径 D (mm)	ずれ止め		取付段数 n (ヶ)	フリクション カッター幅 B (mm)	フリクション カッター厚さ t _{FC} (mm)
	t×b (mm)	脚長a (mm)			
400	必要なし	—	—	200	9
500	〃	—	—	〃	〃
600	〃	—	—	〃	〃
700	12×24以上	9	2	300	〃
800	〃	〃	2	〃	12
900	〃	〃	2	〃	〃
1000	〃	〃	3	〃	〃
1100	〃	〃	3	〃	〃
1200	〃	〃	3	〃	〃

(注)①本表仕様は、フリクションカッターを有する場合の取付仕様である。フリクションカッターを有しない場合は、その取付け仕様が異なる場合がある。

②ずれ止めは、平鋼SS400相当以上。これに替えて、SD295相当以上のD13鉄筋を用いることができる。

③フリクションカッターはSS400相当以上とする。

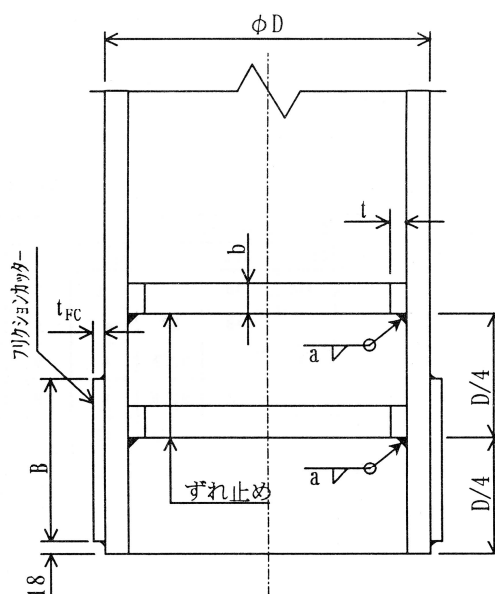


図-B (a)TAIP工法の杭先端加工図(例)

表-B(b) TN工法の杭先端支圧材標準仕様

杭 径 D (mm)	補強リング		取付段数 n (ヶ)	フリクション カッター幅 B (mm)	フリクション カッター厚さ t _{FC} (mm)
	鉄筋径 φ (mm)	ヒート幅 S (mm)			
400	D10	6	2	200	9
500	D13	9	2	〃	〃
600	〃	〃	3	〃	〃
700	〃	〃	3	300	〃
800	〃	〃	3	〃	12
900	〃	〃	4	〃	〃
1000	〃	〃	4	〃	〃
1100	〃	〃	4	〃	〃
1200	〃	〃	4	〃	〃

(注)①補強リングは鉄筋 SD295 相当以上。これに替えて SS400 相当以上の平鋼(φ 400 : 10×10mm 以上, φ 450~800 : 13×13mm 以上, φ 900~1200 : 32×16mm 以上)とすることができる。

②フリクションカッターはSS400相当以上とする。

③建築分野では認証時の仕様に基づくものとする。

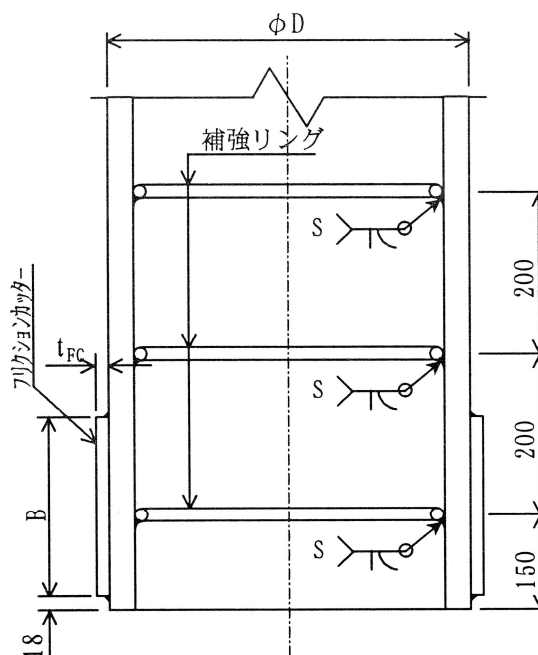


図-B (b) TN工法の杭先端加工図 (例)

表-B(c)TBS工法（RPタイプ）の杭先端支圧材標準仕様

杭径 D(mm)	端板リング				シアキー					
	Da(mm)	Db(mm)	ta(mm)	t _{FC} (mm)	ts(mm)	a(mm)	tb(mm)	n(段)	Z1(mm)	Z2(mm)
400	300	418	16	9以下	9	7	9以上	1	400	—
450	350	468	19	9以下	12	9	12以上	1	450	—
500	400	518	19	9以下	12	9	12以上	1	500	—
550	430	568	22	9以下	12	9	12以上	1	550	—
600	475	618	22	9以下	12	9	12以上	2	400	200
700	550	718	25	9以下	12	9	12以上	2	500	200
800	630	824	30	12以下	12	9	12以上	2	550	250
900	700	924	32	12以下	12	9	12以上	2	600	300
1000	800	1024	32	12以下	12	9	12以上	2	650	350
1100	900	1124	34	12以下	12	9	12以上	2	700	400
1200	1000	1224	34	12以下	12	9	12以上	2	750	450

(注)①フリクションカッターの有無に拘わらず、本表仕様で施工できる。

②端板リング及びシアキーはSS400相当以上の材料とする。

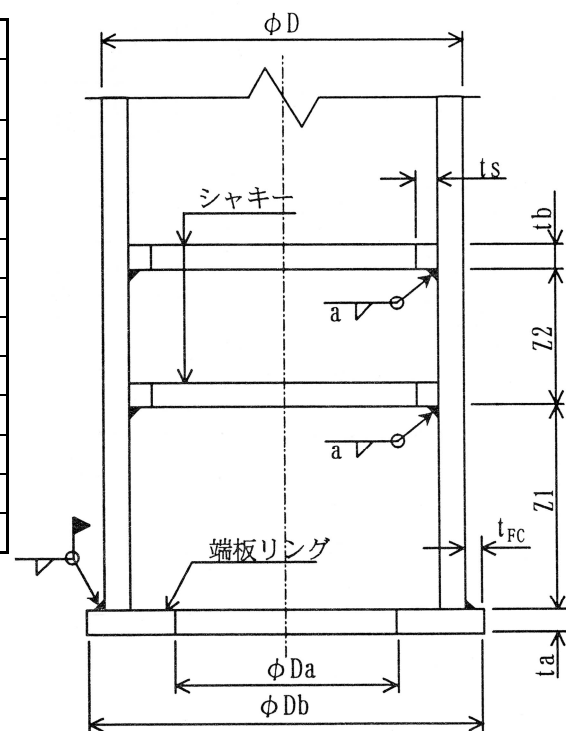


図-B (c) TBS工法 (RPタイプ) の杭先端加工図 (例)

表-B(d)TBS工法（RBタイプ）の杭先端支圧材標準仕様

杭径 D(mm)	シアキー (SS400)							フリクション カッター幅 B (mm)	フリクションカ ッター厚さ t _{FC} (mm)
	ts(mm)	a(mm)	tb(mm)	n(段)	Z1(mm)	Z2(mm)	Z3(mm)		
400	12	9	12以上	2	200	200	—	200	9
450	12	9	12以上	2	230	230	—	200	9
500	12	9	12以上	2	250	250	—	200	9
550	12	9	12以上	2	280	280	—	200	9
600	12	9	12以上	2	300	300	—	200	9
700	12	9	12以上	2	350	350	—	300	9
800	12	9	12以上	3	250	250	250	300	12
900	12	9	12以上	3	300	300	300	300	12
1000	12	9	12以上	3	350	350	350	300	12
1100	12	9	12以上	3	370	370	370	300	12
1200	12	9	12以上	3	400	400	400	300	12

(注)①端板リング及びシアキーはSS400相当以上の材料とする。

②フリクションカッターはSS400相当以上とする。

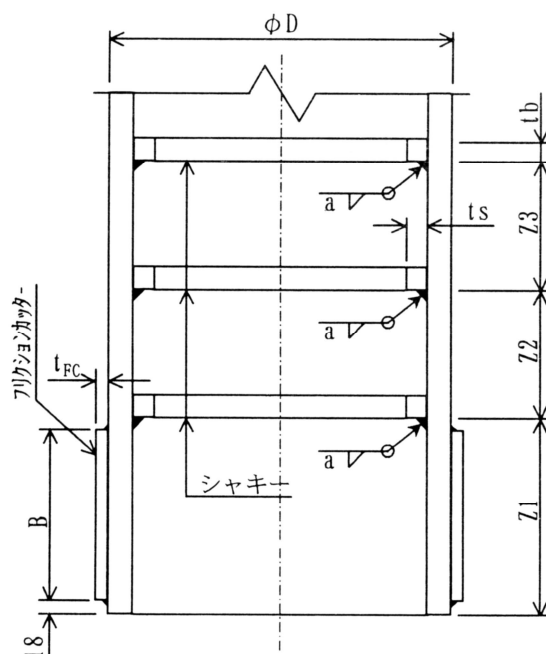


図-B (d) TBS工法 (RBタイプ) の杭先端加工図 (例)

表-B(e) FB9工法の杭先端構造標準仕様

杭 径 D (mm)	フリクションカッター		
	フリクション カッター厚さ t_{FC} (mm)	ラップ部寸法 B (mm)	杭端面からの 突出長 H (mm)
400	9	200	200
500	〃	〃	〃
600	〃	〃	〃
700	〃	300	〃
800	12	〃	〃
900	〃	〃	〃
1000	〃	〃	〃
1100	〃	〃	〃
1200	〃	〃	〃

(注)①フリクションカッターはSS400相当以上とする。

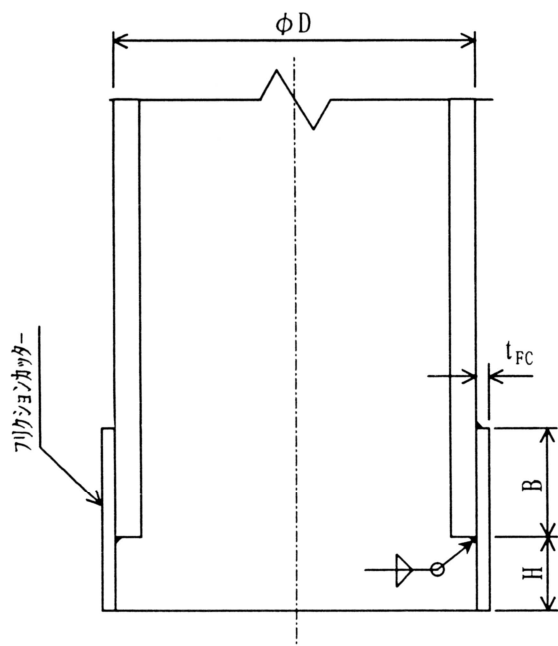


図-B (e) FB9工法の杭先端加工図(例)

表-B(f) KING工法の杭先端支圧材標準仕様

杭 径 D (mm)	支圧リング		取付段数 n (ヶ)	取付寸法 a (mm)	フリクションカ ッター幅 B (mm)	フリクション カッター厚さ t_{FC} (mm)
	鉄筋径 ϕ (mm)	ビード幅 S (mm)				
400	D10	6	2	200	200	9
450	D10	6	2	250	200	〃
500	D13	9	2	250	200	〃
550	D13	9	2	250	200	〃
600	D13	9	2	250	200	〃
700	D13	9	2	300	300	〃
800	D13	9	3	250	300	12
900	D13	9	3	250	300	〃
1000	D13	9	4	250	300	〃
1100	D13	9	4	250	300	〃
1200	D13	9	4	250	300	〃

(注)①支圧リングは鉄筋 SD295 相当以上。

②フリクションカッターはSS400 相当以上とする。

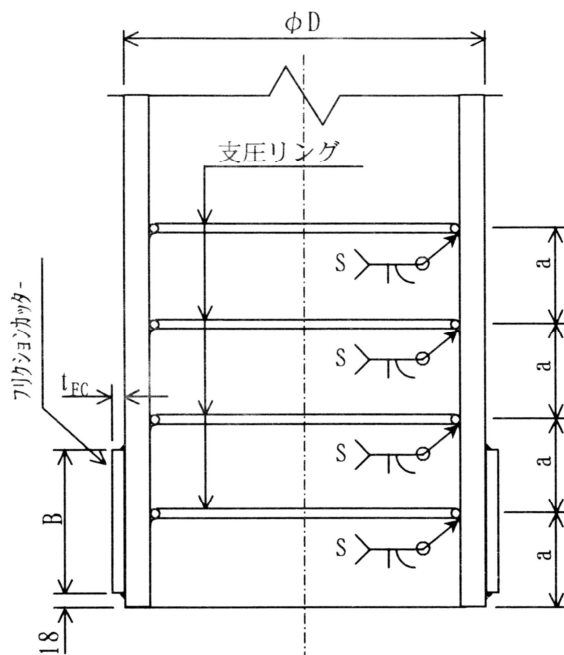


図-B (f) KING工法の杭先端加工図(例)

【付録C】 代表5工法の根固め部形状とセメントミルク配合例

表-C(a) TAIP工法の杭先端根固め球根形状寸法と
セメントミルクの注入量及びその配合

杭 径 D (mm)	球根高さ H ₁ (mm)	球根径 D _c (mm)	杭内球根長 H ₂ (mm)	注入量 (m ³)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水 (m ³)	添加剤 (kg)
400	400	418以上	1600以上	0.441	65	456	0.296	—
500	500	518以上	2000以上	0.687	〃	711	0.461	—
600	600	618以上	2400以上	0.990	〃	1024	0.665	—
700	700	718以上	2800以上	1.347	〃	1393	0.905	—
800	800	824以上	3200以上	2.011	〃	2079	1.351	—
900	900	924以上	3600以上	2.863	〃	2960	1.923	—
1000	1000	1024以上	4000以上	3.927	〃	4059	2.638	—
1100	1100	1124以上	4400以上	5.227	〃	5403	3.512	—
1200	1200	1224以上	4800以上	6.786	〃	7014	4.559	—

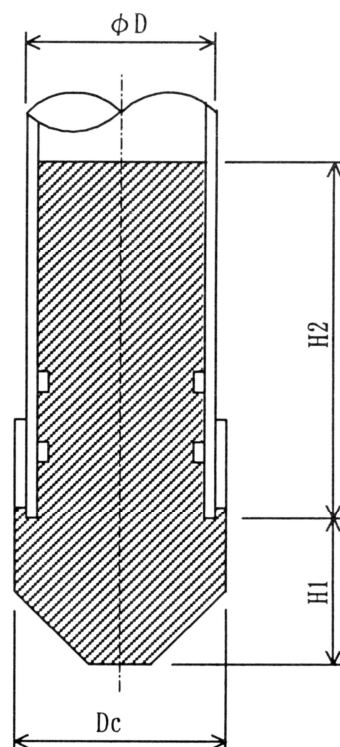


図-C (a) TAIP工法の杭先端根固め球根標準図

表-C(b) TN工法の杭先端根固め球根形状寸法と
セメントミルクの注入量及びその配合

杭 径 D (mm)	球根高さ H ₁ (mm)	球根径 D _c (mm)	杭内球根長 H ₂ (mm)	注入量 (m ³)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水 (m ³)	添加剤 (kg)
400	600	550以上	600	0.780	67	800	0.530	4.0
500	750	650以上	750	0.940	〃	960	0.640	4.8
600	900	750以上	900	1.100	〃	1120	0.750	5.6
700	1050	850以上	1050	1.370	〃	1400	0.930	7.0
800	1200	950以上	1200	1.810	〃	1840	1.230	9.2
900	1350	1050以上	1350	2.600	〃	2640	1.760	13.2
1000	1500	1150以上	1500	3.470	〃	3520	2.350	17.6
				3.670*	〃	3720	2.480	18.6
1100	1650	1250以上	1650	4.020*	〃	4080	2.720	20.4
1200	1800	1350以上	1800	4.370*	〃	4440	2.960	22.2

※φ1000 以上で低圧注入を併用する

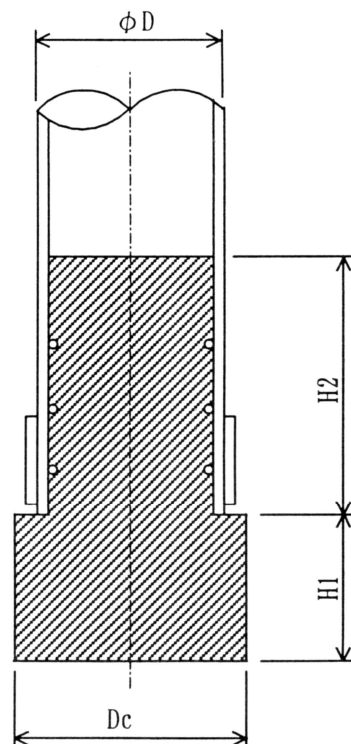


図-C (b) TN工法の杭先端根固め球根標準図

表-C(c) TBS工法(RPタイプ)の杭先端根固め球根形状寸法と
セメントミルクの注入量及びその配合

杭 径 D (mm)	球根高さ H ₁ (mm)	球 根 径 Dc (mm)	杭内充填長 H ₂ (mm)	注 入 量 (m ³)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水 (m ³)	添加剤 (kg)
400	1000	600	600	0.65	65	675	0.440	—
450	1000	650	675	0.77	〃	800	0.520	—
500	1000	700	750	0.89	〃	925	0.600	—
550	1000	750	825	1.00	〃	1025	0.675	—
600	1000	800	900	1.16	〃	1200	0.780	—
700	1000	900	1050	1.48	〃	1525	1.000	—
800	1000	1000	1200	1.90	〃	1950	1.280	—
900	1000	1100	1350	2.39	〃	2475	1.610	—
1000	1000	1200	1500	2.97	〃	3075	2.000	—
1100	1100	1300	1650	3.75	〃	3875	2.520	—
1200	1200	1400	1800	4.69	〃	4850	3.155	—

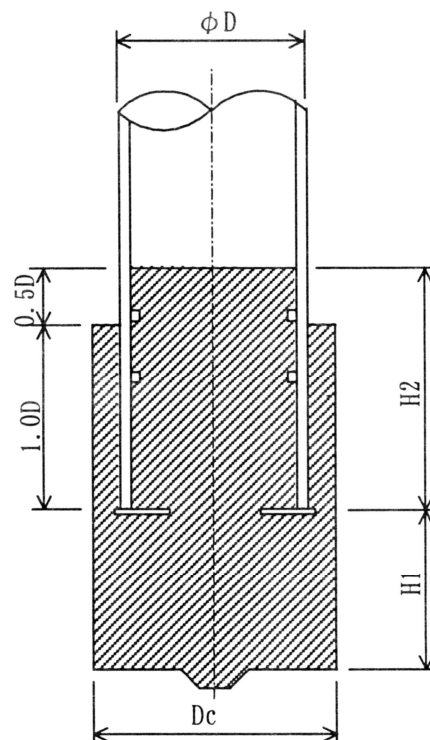


図-C (c) TBS工法(RPタイプ)の
杭先端根固め球根標準図

表-C(d) TBS工法(RBタイプ)の杭先端根固め球根形状寸法と
セメントミルクの注入量及びその配合

杭 径 D (mm)	球根高さ H ₁ (mm)	球 根 径 Dc (mm)	杭内充填長 H ₂ (mm)	注 入 量 (m ³)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水 (m ³)
400	1000	600	800	0.70	65	725	0.470
450	1000	650	900	0.82	〃	850	0.550
500	1000	700	1000	0.97	〃	1000	0.650
550	1000	750	1100	1.11	〃	1150	0.745
600	1000	800	1200	1.30	〃	1350	0.875
700	1000	900	1400	1.76	〃	1825	1.185
800	1000	1000	1600	2.30	〃	2375	1.545
900	1000	1100	1800	2.95	〃	3050	1.985
1000	1000	1200	2000	3.70	〃	3825	2.490
1100	1100	1300	2200	4.72	〃	4875	3.170
1200	1200	1400	2400	5.93	〃	6125	3.985

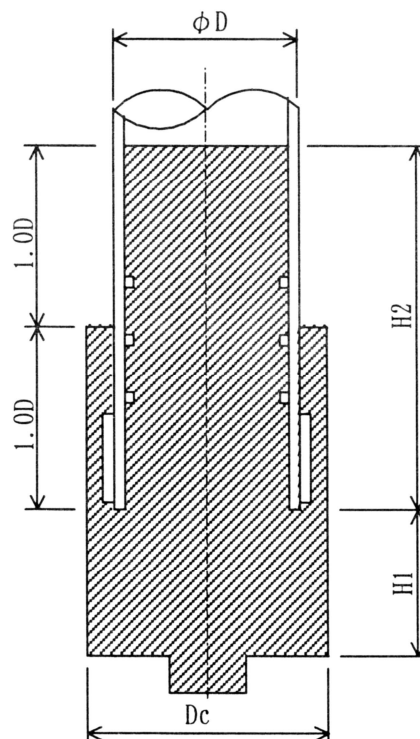


図-C (d) TBS工法(RBタイプ)の
杭先端根固め球根標準図

表-C(e) FB9工法の杭先端根固め球根形状寸法と
セメントミルクの注入量及びその配合

杭 径 D (mm)	球根高さ H ₁ (mm)	球根径 Dc (mm)	杭内冠根長 H ₂ (mm)	注入量 (m ³)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水 (m ³)	添加剤 (kg)
400	600	600	800	0.38	65	400	0.260	—
500	750	700	1000	0.65	〃	675	0.440	—
600	900	800	1200	1.01	〃	1050	0.680	—
700	1050	900	1400	1.52	〃	1575	1.020	—
800	1200	1000	1600	2.15	〃	2225	1.450	—
900	1350	1100	1800	2.93	〃	3030	1.970	—
1000	1500	1200	2000	3.89	〃	4025	2.620	—
1100	1650	1300	2200	5.03	〃	5210	3.390	—
1200	1800	1400	2400	6.38	〃	6600	4.290	—

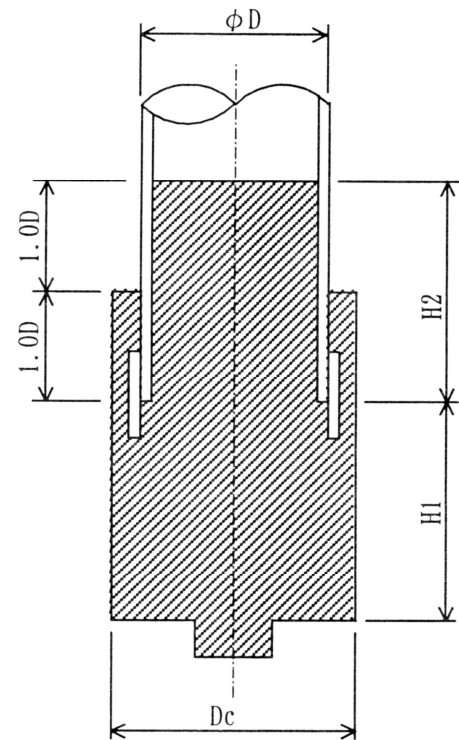


図-C (e) FB9工法の杭先端根固め球根標準図

表-C(f) KING工法の杭先端根固め球根形状寸法と
セメントミルクの注入量及びその配合

杭 径 D (mm)	球根高さ H ₁ (mm)	球根径 Dc (mm)	杭内冠根長 H ₂ (mm)	球根部 根入長 H ₃ (mm)	注入量 (m ³)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水 (m ³)	添加剤 (kg)
400	800	500	400以上	100	0.246	60	270	0.160	—
450	900	550	450以上	110	0.321	〃	350	0.210	—
500	1000	600	500以上	130	0.446	〃	490	0.290	—
550	1100	650	550以上	140	0.567	〃	620	0.370	—
600	1200	750	600以上	150	0.813	〃	890	0.530	—
700	1400	850	700以上	180	1.180	〃	1290	0.770	—
800	1600	1000	800以上	200	1.835	〃	2000	1.200	—
900	1800	1100	900以上	230	2.493	〃	2720	1.630	—
1000	2000	1200	1000以上	250	3.303	〃	3600	2.160	—
1100	2200	1300	1100以上	280	4.292	〃	4700	2.800	—
1200	2400	1400	1200以上	300	5.439	〃	5950	3.550	—

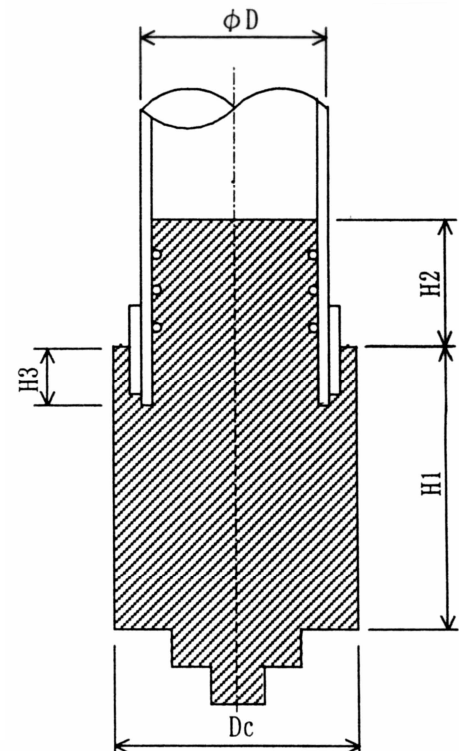


図-C (f) KING工法の杭先端根固め球根標準図

【付録D】セメントミルク噴出攪拌方式における岩盤を支持層とする場合の施

工方法・施工管理方法

近年、施工機械・施工機材の能力向上や山岳部での施工事例の増加等により、岩盤を支持層とする杭の設計・施工事例が増加してきている。中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）においても、軟岩での施工実績が見られ、載荷試験等も行われてきている。

しかしながら、岩盤を支持層とする場合の杭基礎については、これまで調査・設計・施工法が十分に整備されておらず、今後、不具合が生じるおそれが指摘されていた。そこで、国立研究開発法人土木研究所、一般社団法人鋼管杭・鋼矢板技術協会、一般社団法人コンクリートパイル建設技術協会、一般社団法人日本基礎建設協会および一般社団法人全国地質調査業協会連合会は、岩盤の力学特性や杭工法などの条件の違いを考慮し、それぞれの条件において岩盤を支持層とする杭基礎の地盤調査法、設計法（杭先端極限支持力度の推定式）および施工法（施工管理方法）を明らかにすることを目的とした共同研究を実施した。この共同研究の成果は「共同研究報告書 第503号 岩盤を支持層とする杭基礎の設計法・施工法に関する共同研究報告書」として取りまとめられている。以下では、この共同研究において、岩盤を支持層とする場合の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の施工方法および施工管理方法に関して得られた知見を紹介する。

1. 一般

岩盤を支持層とする場合においても、施工については基本的に砂・砂れきを支持層とする場合と同様と考えられることから、本紙「4. 施工」および「5. 施工管理」が参考となる。

2. 適用範囲

共同研究において、載荷試験の実施例および機械攪拌方式・高圧噴出方式の先端処理方法の特徴を踏まえて、機械攪拌方式の場合、「N 値 150 程度まで」かつ「岩級区分 D 級」、高圧噴出方式の場合、「N 値 100 程度まで」かつ「岩級区分 D 級」を適用範囲と考えている。岩級区分 D 級の岩盤は「堆積軟岩」、「風化軟岩（圧縮性の高い軟岩を含む）」が対象となる。

また、中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）は、他の杭工法に比べて杭先端仕様や根固め部形状が工法毎に異なるため、岩盤を支持層とする場合に適用できる工法的前提条件として、「岩盤を支持層とした載荷試験が実施されていること」および「施工管理方法が確立していること」が挙げられる。なお、共同研究において、載荷試験の実施例として取り上げられた工法は、TAIP 工法および TN 工法である。

3. 施工機械設備

堆積軟岩および風化軟岩であれば、砂・砂れきと同様の施工設備で掘削は可能と考えられるが、地盤構成や杭仕様に応じて、オーガ駆動装置の容量を増やす等の検討をするといよい。

4. 施工管理

- ①基本的には砂・砂れきを支持層とする場合と同様の施工管理で対応できると考えられることから、工法ごとに定められた施工管理方法を遵守し、記録を残す。
- ②一方、岩盤を支持層とする場合の根固め部の強度確認データが少ないことから、事前配合試験または未固結試料の採取を行い、強度確認を実施するのがよい。ただし、未固結試料の採取においては杭工法の特性から杭中空部には掘削した土砂がある程度残存することから、課題として、採取作業によって根固め部に土塊を混入させ根固め部の品質をかえって低下させるおそれが考えられる。このため、実施にあたっては未固結部の採取方法含めて十分に検討する必要がある。

5. 施工上の留意点と対策

- ①中掘り杭工法は、先端開放の既製杭の内部にスパイラルオーガなどを通して地盤を掘削しながら杭を所定の深さまで沈設する。既製杭をガイドにしながら掘削できることから、プレボーリング杭工法に比べて、掘削孔の曲がりなどは生じにくいと考えられるが、岩盤の硬さや傾斜によって掘削孔の曲がりや曲がりに伴う掘削装置の損傷等が懸念される場合には、トランシットなどで常時測量し傾斜を補正しながら低速で掘削する。なお、岩盤の傾斜が30度程度を超えるような場合においては、掘削孔の曲がりが発生しやすくなるので、基礎形式や杭工法の選定を含めて検討を行うのが良い。
- ②支持層を掘削する場合や機械攪拌方式での拡大掘削する場合に、岩盤の硬軟によってはオーガヘッドやスパイラルオーガが大きく振動し、杭体や掘削装置を損傷させるおそれがある。オーガ駆動装置の容量を大きくすることや、掘削速度をできるだけ低速にして振動を抑えながら掘削をすることがよいと考えられる。
- ③岩盤における根固め部の築造では、泥岩や土丹などの岩塊の混入を極力抑える必要がある。共同研究で得られた知見に基づくと、対策の一例としては、掘削底からセメントミルクを注入することが有効であると考えられる。なお、工法によっては支持層から根固め液に切替えて掘削する方法の場合について、所定の深度まで掘削完了後に掘削底から所定量の根固め液を注入することがよいと考えられる。
- ④鋼管先端部の支圧材については、各工法に準じる。

【付録E】オーガ駆動電流値、積分電流値の評価例

一般に、オーガ駆動電流値には以下のような特性が認められる。

- ① 支持層をオーガ掘削する場合、粒径の大きい土質と粒径の小さい土質とでは、同じN値をもつ地盤であっても、粒径の大きな方が抵抗として大きく記録される。
- ② オーガ推進速度が増せばオーガへの抵抗が増えるため、オーガモータに流れる電流は多くなる。このため、土質の変化による掘削抵抗の増減を知るためにはオーガ推進速度を一定に保つことが重要である。
- ③ 5. 5. 3 支持層の確認・打ち止めにも示している様にオーガ駆動電流値は、地盤強度やN値と直接結びつけられるものではないが、事前の土質調査結果と比較することで支持層の位置を判断する有力な手段となる。
- ④ 5. 5. 3 支持層の確認・打ち止めにも示している様に積分電流値は、地盤状況と掘削施工状況の両面を表現したものとなり、支持層判断のよりわかりやすい指標となり得る。

土質柱状図とオーガ駆動電流、積分電流との相関例を図－E. 1に示す。

この例では掘削沈設状況の特徴を以下のように把握・解釈できる。

- 深度 0～10m区間 : 盛土部分がほとんどであり、平均150 A程度の値を示している。
沈設初期は杭の鉛直性等に配慮して慎重な掘削・沈設作業となり、掘削抵抗とは別に時間的な要因で積分電流値が大きくなっている。
- 深度10～20m区間 : 深度 0～10m区間に比べて粘性土が多いため、掘削沈設時間は短く、オーガ駆動電流値も小さい。さらに15m以深には中位の砂質土があることから、オーガ駆動電流値は粘性土に比べて大きい値を示している。
- 深度20～30m区間 : 軟弱なシルトが全層にあり、オーガ駆動電流値は小さい。また施工時間も短く積分電流値も小さくなっている。
- 深度30～40m区間 : 粘性土であるが、N値は深度方向に漸増する傾向にある。オーガ駆動電流値は、前半の5 mは100 A程度であるが、後半の5mはN値の増加とともに大きくなる。
- 深度40～50m区間 : 43m以深にN値50以上の中間層があり、この層の打ち抜きに要する時間は長く、また地盤抵抗も大きいことから、オーガ駆動電流値は250 A程度を示し、積分電流値も非常に大きくなっている。この中間層を打ち抜くとオーガ駆動電流値も小さくなり、また掘削に要する時間も短くなる。
- 深度50～60m区間 : 土質は、N値10を超えるシルトや粘性土である。オーガ駆動電流値は200 Aを超えており、深度20～30m区間の軟弱なシルトに比べて大きい。
- 深度60～67.4m区間 : 65m以深になると、オーガ駆動電流値は300 Aを超え、掘削沈設時間も長くなり積分電流値も急激に上昇している。このことから、土質柱状図の状況との対比と合わせて、支持層に到達したことが確認できる。

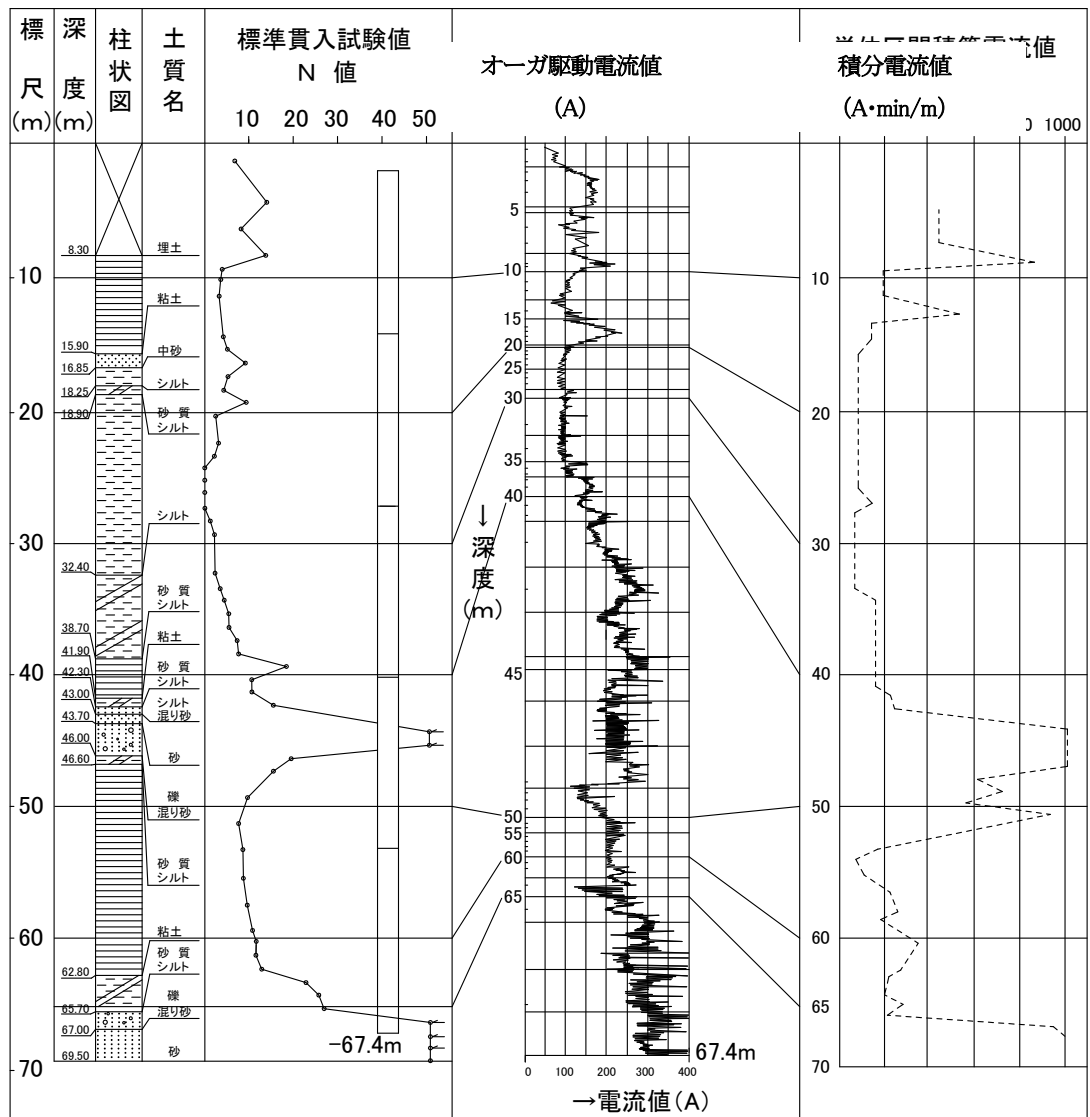


図-E.1 土質柱状図と電流記録の例

【付録F】拡大径掘削のビット拡翼確認方法

鋼管杭中掘り工法（セメントミルク噴出攪拌方式）

杭先端根固め部築造における掘削ビットの拡大確認方法

1. 目的

鋼管杭中掘り工法（セメントミルク噴出攪拌方式）において、杭先端根固め部の築造のために掘削ビットを拡大させる工法（TBS工法、FB9工法、KING工法、及び2工程方式のTAIP工法）にあつては、掘削ビットの拡翼確認は、これまでオーガ駆動装置の電流値の変化や拡大した掘削ビットを鋼管杭の先端に接触させることなどにより判断することを標準としてきた。

しかしながら、地盤条件によっては掘削ビットの拡大を確実に捕捉できないとの指摘もあり、杭先端根固め部の築造において掘削ビットの拡大がより確実に捕捉できる方法が求められている。

そこで、掘削ビットを拡大させる機構が異なる各工法において、各々の機構に応じた掘削ビットの拡大確認方法を下記のように設定した。

2. 掘削ビットの拡翼確認方法

掘削ビットの拡翼確認方法としては、杭先端根固め部を築造した後に掘削ビットがほぼ全開状態となっていたことを視認できることを目標とし、掘削ビットがほぼ全開状態となった時点で確認用治具を破損（切断、破断、変形等）させ、施工完了後にこれを目視確認する方法とした。

また、一方で上記方法が成立するためには、中間層の通常の閉翼状態での施工時や杭先端根固め部築造時に意図に反して拡翼しなかった場合には、確認用治具が健全でなければならない。

すなわち、掘削ビットの拡翼確認方法の確立のためには、

- ① 掘削ビットが拡大しない場合には、確認用治具が健全であること。
- ② 掘削ビットが拡大した場合には、確認用治具が破損していること。

の両者を満足する必要がある、この点に着目した現地での施工試験を実施した。

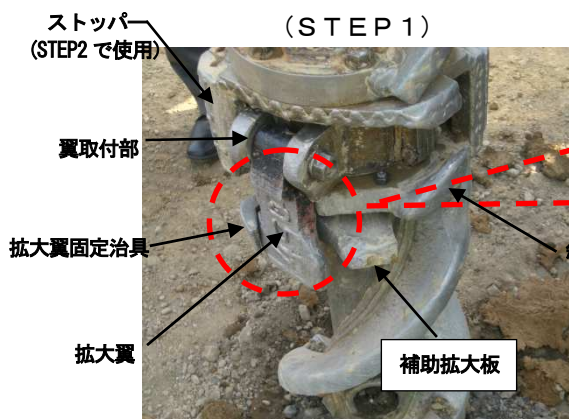
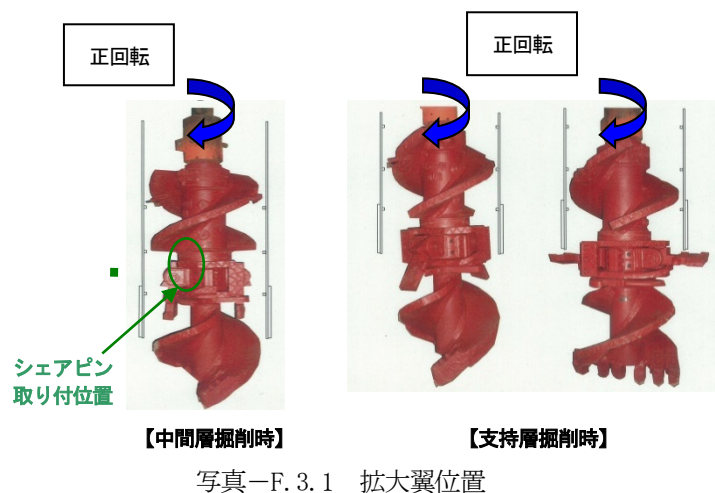
このうち、①の中間層の施工時における確認用治具の健全性については、鋼管杭の中掘り工法の場合、確認用治具が鋼管内に収納されており、掘削ビットが拡大する以前に現地盤との接触等により破損する可能性は低いものと考えられたが、今回の施工試験で確認を実施した。

各工法の掘削ビットの拡翼機構、拡大確認方法、実証実験結果を以降に示す。

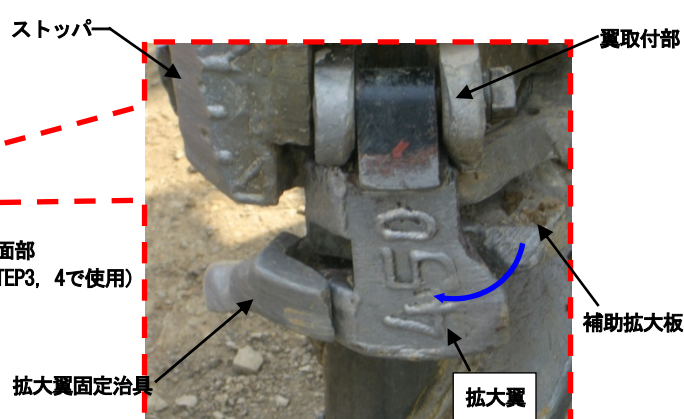
3. TBS工法

3.1 拡翼機構

- (1) 中間層掘削時は、拡大翼は鋼管内に格納されている。(写真-F.3.1)
- (2) 支持層到達後、ロッドを逆回転させて、まず拡大翼を拡大翼固定治具から解放する。
(写真-F.3.2, STEP-2)
- (3) 再度ロッドを正回転させることにより斜面部が拡大翼を押し上げて、拡大翼が拡翼する。
(写真-F.3.2, STEP-3, 4, 5)
- (4) 支持層掘削・根固め築造後、逆回転することにより、拡大翼を閉翼する。



拡大翼は翼取付部に上下に可動自由なように取り付けられている。また、翼取付部はロッドの回転と連動せず、水平方向に可動自由である。



中間層掘削時には、拡大翼は拡大翼固定治具により上下方向への移動を拘束されている。また、補助拡大板はロッドの回転に連動しており、ロッドが正回転の時には、拡大翼及び翼取付部を正回転方向へ押している。

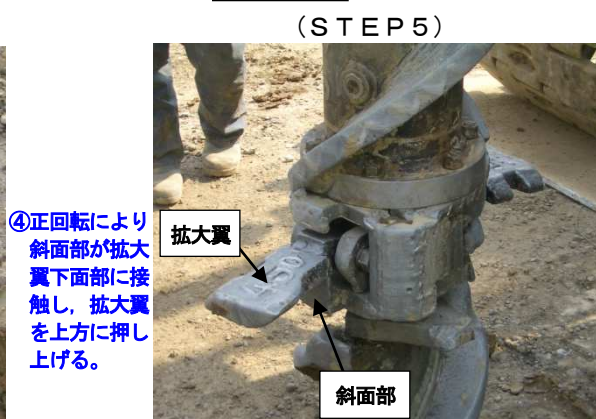
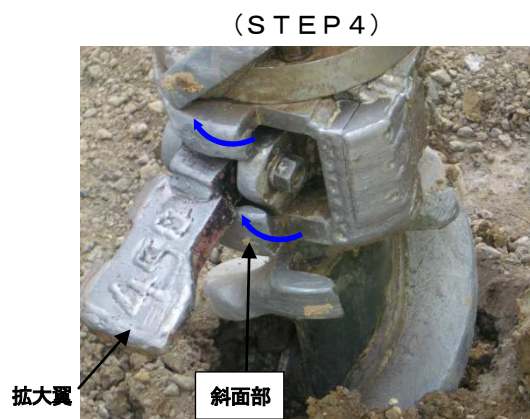
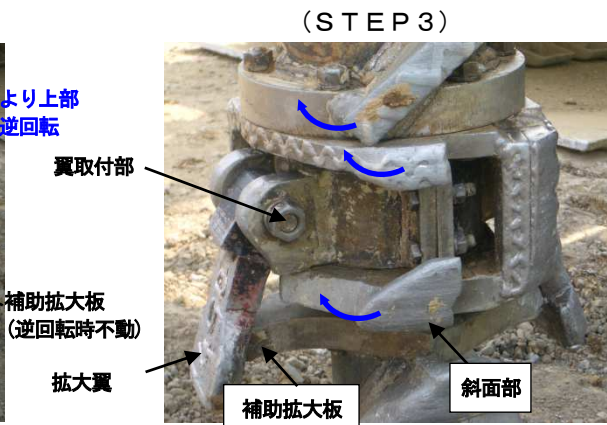
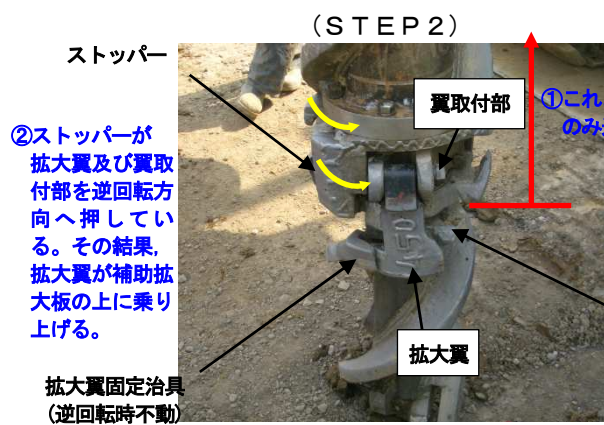


写真-F.3.2 拡翼機構の概念図

3. 2 拡翼確認方法

3. 2. 1 確認方法

写真-F. 3. 3に拡翼確認方法（シェアピンの切断状況）を示す。

ロッドに取り付けられたシェアピンは、拡大翼が斜面部を昇りきる最終段階にて切断されるので、これにより拡翼を確認する。

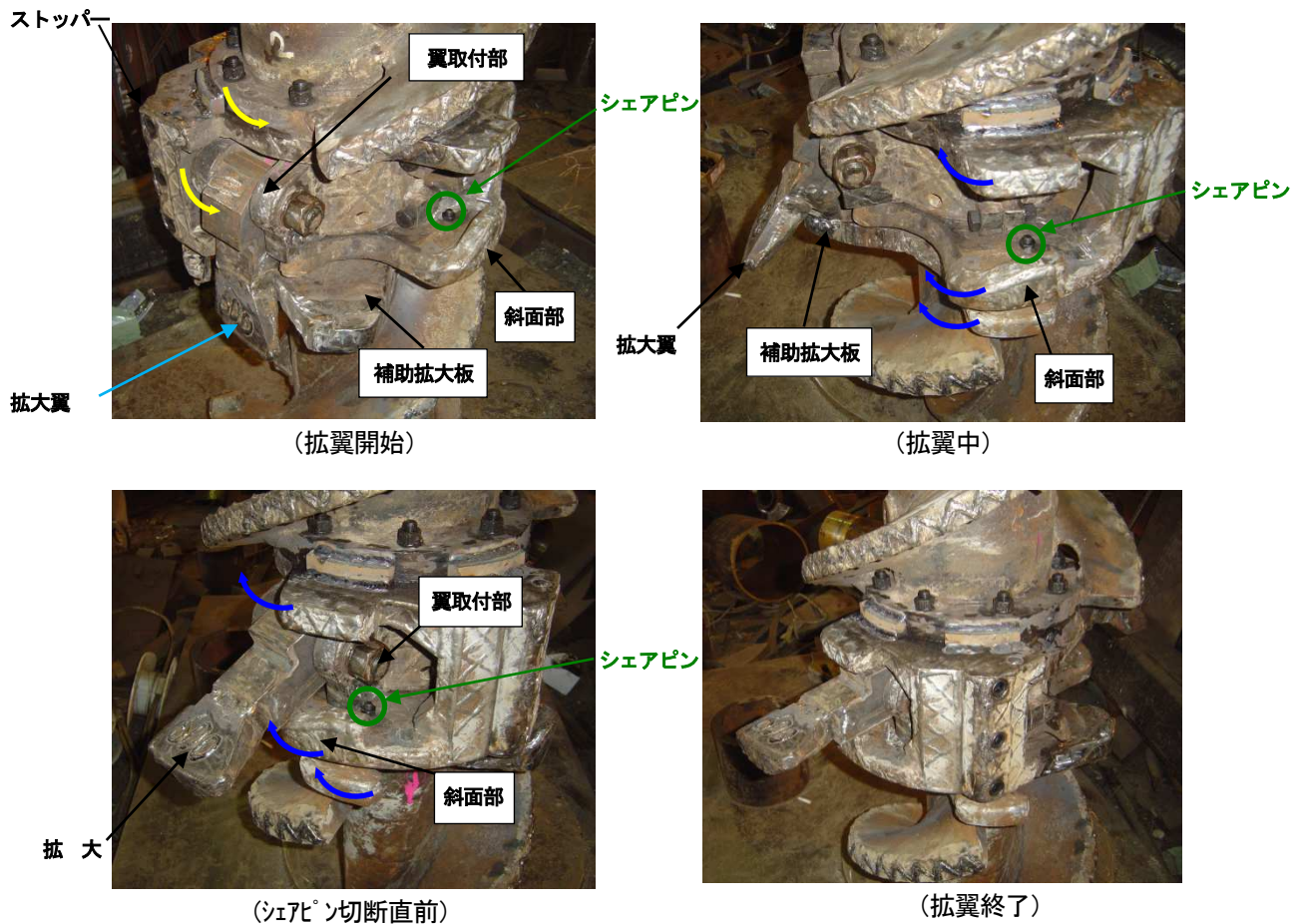


写真-F. 3. 3 シェアピンの切断状況



(シェアピン構造)
Φ9mm のボルト
せん断部 1～3mm

写真-F. 3. 4 シェアピン

3. 2. 2 シェアピンの仕様と取付位置

シェアピンの仕様は、下記の通りとする。

シェアピンはナットを締めることによりロッドに固定される。

シェアピンは、拡翼率95%以上でシェアピンと翼取付部が接触し、切断される位置に取り付ける。

※拡翼率：拡大翼が100%開いた時の拡翼径の大きさに対する現在開いている拡翼径の大きさの割合

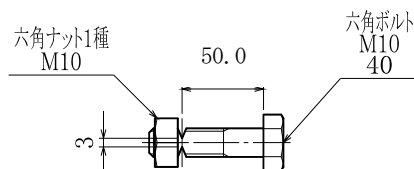


図-F. 3. 1 シェアピン仕様

3. 2. 3 取付位置の確認方法

現場で施工前にシェアピンと翼取付部を接触させた状態で拡翼径を実測し、この時の拡翼率が95%以上であることを確認する。



写真-F. 3. 5 ピン接触時の拡翼径の事前確認

表-F. 3. 1 拡翼径の標準値

鋼管径(mm)	100%拡翼径 (mm)	ピン接触時拡翼径 (mm) 【現場管理値】
400	600	570
500	700	665
600	800	760
700	900	855
800	1000	950
900	1100	1045
1000	1200	1140

3. 2. 4 アルミ棒を用いた拡翼確認

当初は先に示したシェアピンを用いる方法を検討・確立したが、材料の入手性や作業性等の観点から、アルミ棒を用いる方法についても評価を行い実用化している。

その方法ならびに試験状況について写真-F. 3. 6に示す。

①



アルミ棒挿入状況

②



アルミ棒突出部調整

③



拡翼開始

拡翼機構確認手順

- ①TBS専用ヘッドの拡翼確認を行うため、アルミ棒を所定の箇所に挿入する。
- ②アルミ棒が拡翼の軌道にぶつかる様になら調整する。
- ③拡翼を開始する。
- ④拡翼完了後、アルミ棒が切断や変形されていることを確認する。
- ⑤切断されてヘッドに残ったアルミ棒を下から叩き取り出す。
- ⑥切断後のアルミ棒

④



拡翼完了後アルミ棒切断状況

⑤



切断アルミ棒抜き取り状況

⑥



アルミ棒抜き取り後状況



アルミ棒 (φ8×40mm以上)



アルミ棒 (切断後)



アルミ棒 (切断前後)



アルミ棒抜き取り工具

写真-F.3.6 アルミ棒を用いた拡翼確認法検証

3. 3 実証実験

(1) 試験目的

現地施工試験により、拡翼確認方法の有効性を確認する。

(2) 地盤条件

図-F. 3. 2に試験場所のボーリング柱状図を示す。

(3) 試験杭仕様

表-F. 3. 2に試験杭仕様を示す。

表-F. 3. 2 試験杭仕様

杭仕様	φ 600× L20, 500 (杭長) + φ 600× L2, 110 (ヤットコ長)
根固め径	φ 800
掘削深度	GL-23. 61m

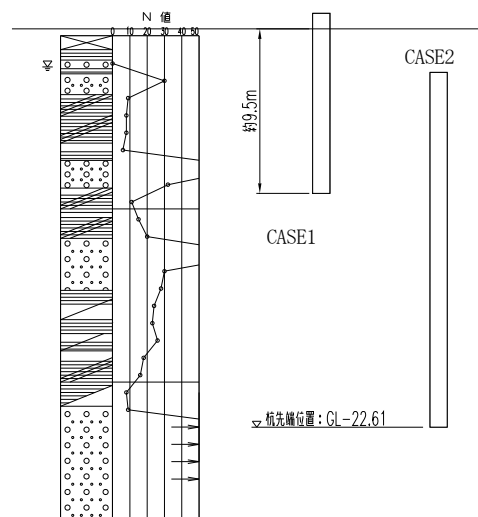


図-F. 3. 2 ボーリング柱状図

(4) 試験方法

CASE 1 杭を約 GL-9.5m まで中掘り掘削し、ロッドを引き上げて、シェアピンに異常がないことを確認する。

CASE 2 杭を全長施工し、拡大翼を拡翼し、拡大根固め球根を築造後閉翼してロッドを引き上げる。

引き上げた状態にて、シェアピンが切断されていることを確認する。

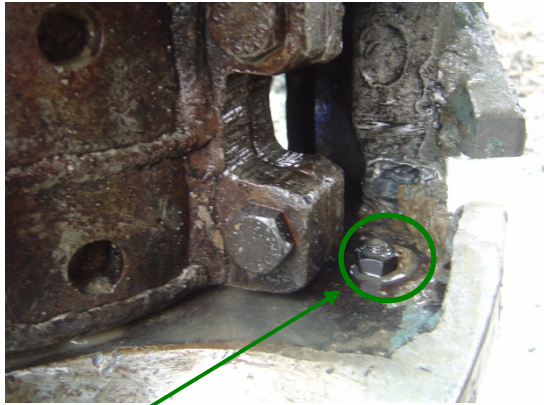
(5) 試験結果

試験結果を表-F. 3. 3に示すように、拡翼確認方法として有効であることを確認した。

① 拡翼なしの施工では、シェアピンの切断はなかった。

② 拡翼ありの施工では、シェアピンの切断があり、拡翼が確認できた。

表-F. 3. 3 試験結果一覧

CASE1 (拡翼なし)	CASE2 (拡翼あり)
	
実験結果 シェアピンが切断されず、頭部のナットが残っている。	実験結果 シェアピンが切断されて、頭部のナットが消失している。

4. FB9工法

4.1 拡翼機構

- (1) 中間層掘削時には拡大翼は鋼管内に閉翼状態で格納されている。(オーガ正回転)
- (2) 支持層到達後、鋼管の沈設を止め、ヘッドを先行掘削させる。このとき、拡大翼が土圧を受け、水平方向に拡翼する。(オーガ正回転)
- (3) 支持層掘削後（根固築造後）、オーガを逆回転させることで閉翼する。

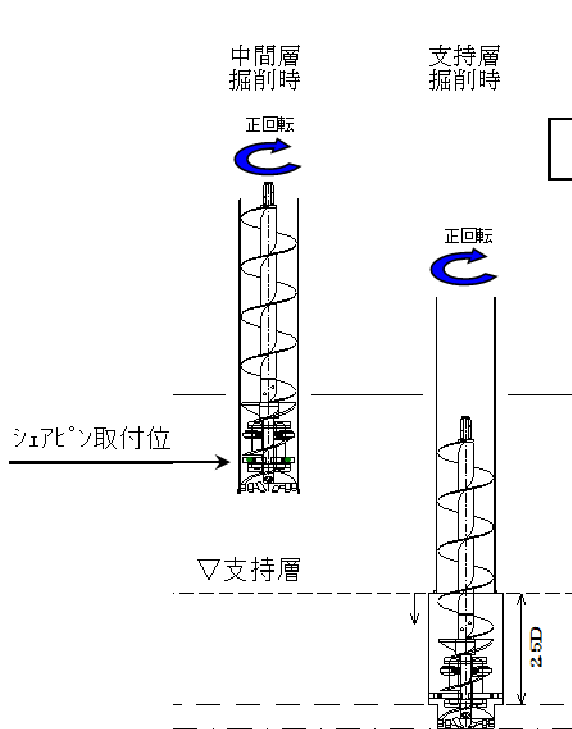


図-F.4.1 掘削模式図

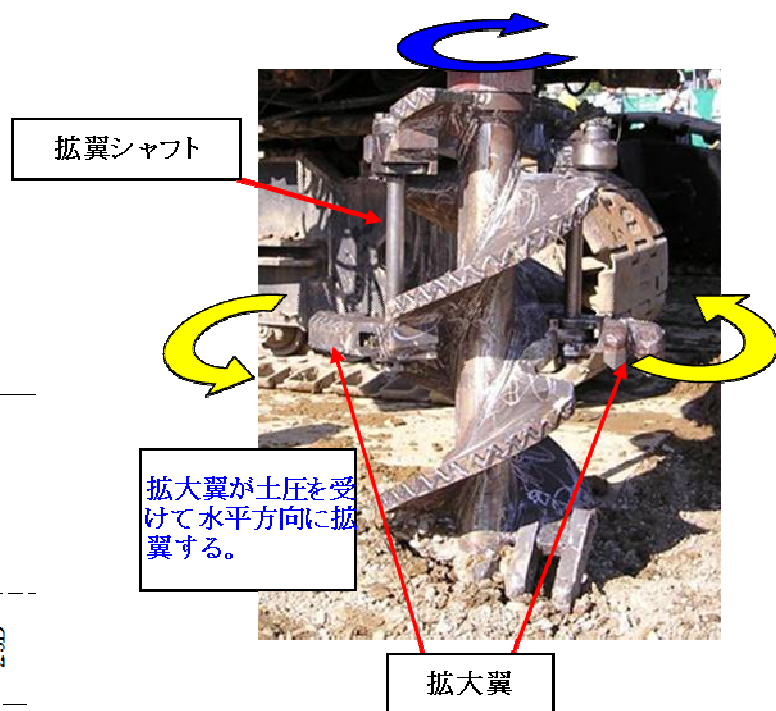
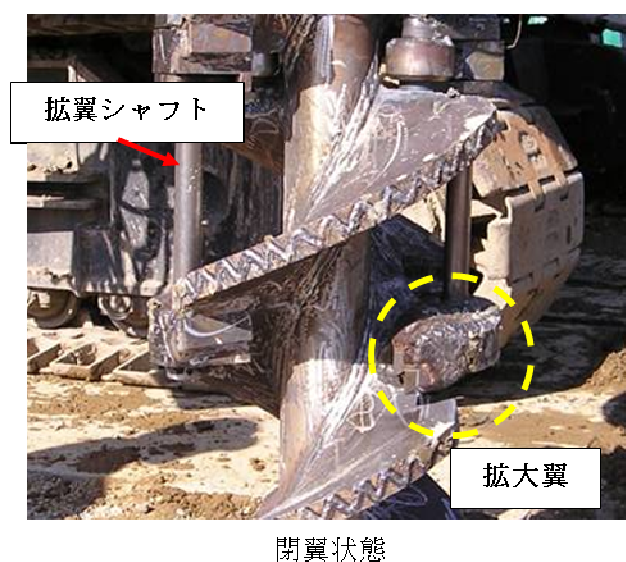
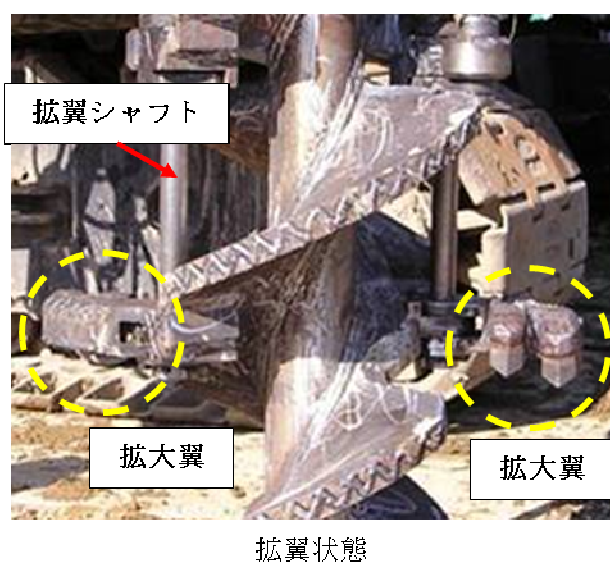


写真-F.4.1 掘削ヘッド構造



閉翼状態



拡翼状態

※拡大翼シャフトに取り付けられた拡大翼は、拡大翼シャフトに対して水平方向に自由に回転できる構造となっている。

写真-F.4.2 ヘッドの閉翼状態と拡翼状態

4. 2 拡翼確認方法

4. 2. 1 確認方法

- (1) 拡大翼に設置したシェアピンの切断^{※1}により拡翼を確認する(シェアピン方式)。
- (2) シェアピンの材料は、バン線、アルミ棒、あるいはSKシェアピンとする。

※1) シェアピンは拡大翼とともに水平方向に回転し、ブラケット(固定)と接触して切断される。

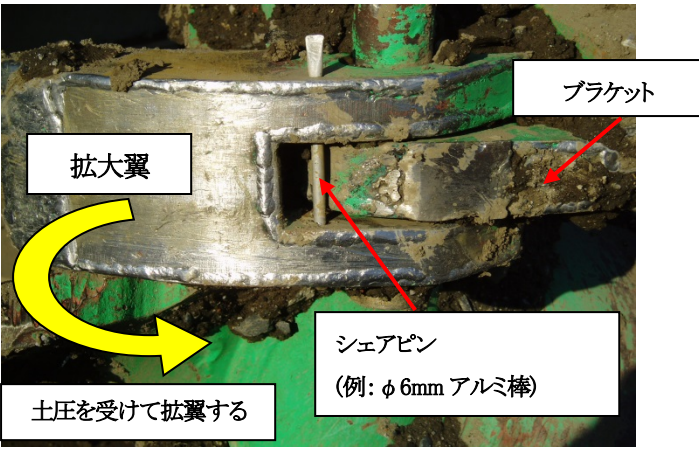


写真-F.4.3 シェアピンの設置状況

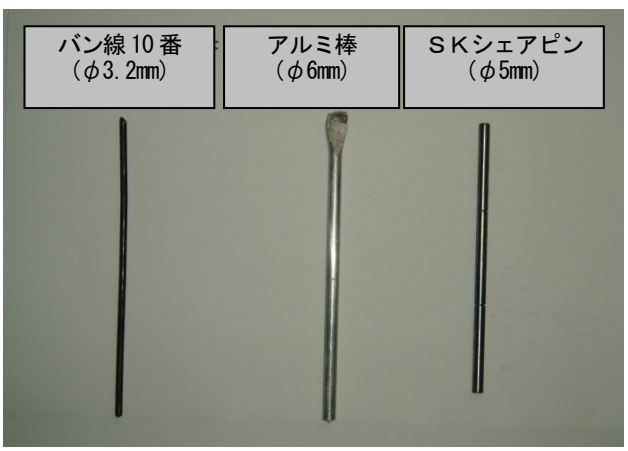


写真-F.4.4 シェアピン3種

4. 2. 2 シェアピンの仕様と取付位置

シェアピンの仕様及び固定方法は下表の通りとする。

シェアピンの取付位置は、拡翼率95%以上でシェアピンがブラケットに接触する位置とする。

※拡翼率：拡大翼が100%開いた時の拡翼径の大きさに対する現在開いている拡翼径の大きさの割合

表-F.4.1 シェアピンの固定方法

	シェアピンの種類	シェアピンの固定方法
①	バン線 10 番 (φ 3.2mm)	両端部を押し潰して拡大翼に固定する。
②	アルミ棒 (φ 6mm)	
③	S K シェアピン (φ 5mm)	

4. 2. 3 取付位置の確認方法

現場で施工前にシェアピンとブラケットを接触させた状態で拡翼径を実測し、この時の拡翼率が95%以上であることを確認する。

表-F.4.2 拡翼径の標準値

鋼管径 (mm)	100%拡翼径 (mm)	ピン接触時拡翼径 (mm) 【現場管理値】
400	600	570
500	700	665
600	800	760

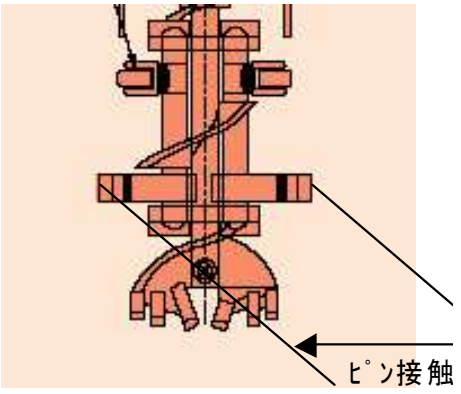
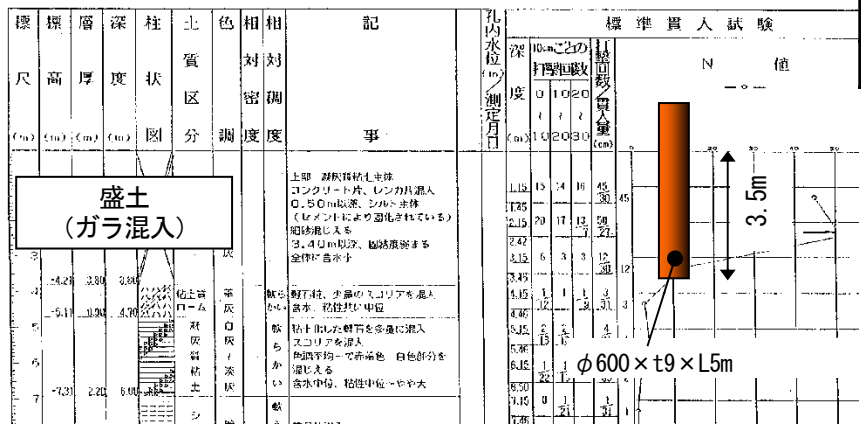


図-F.4.2 拡翼状態模式図

4. 3 実証実験



(1) 試験目的

現地施工試験により、拡翼確認方法の有効性を確認する。

(2) 地盤条件

ボーリング柱状図参照（右図）

(3) 試験杭仕様

- ・鋼管杭 : $\phi 600 \times t9 \times L5m$
- ・拡翼経 : $\phi 800$
- ・根入れ長 : GL-3.5m

図-F.4.3 試験地盤の土質

(4) 試験方法

次の2ケースについて実験を実施した。使用したシェアピンは、CASE1, CASE2ともに、①バン線10番($\phi 3.2mm$)、②アルミ棒($\phi 6mm$)、③S Kシェアピンの3種類である。

CASE1 拡翼せずにGL-3.5mまで施工して、シェアピンに損傷がないことを確認する。

CASE2 GL-3.5mで拡翼し、シェアピンが切断されていることを確認する。

(5) 試験結果

F B 9 工法の拡翼確認方法として、シェアピン方式は有効と判断できる。

- ・拡翼なしの施工では、いずれのシェアピンも切断されていなかった。
- ・拡翼有りの施工では、いずれのシェアピンも完全に切断され、拡翼を確認できた。

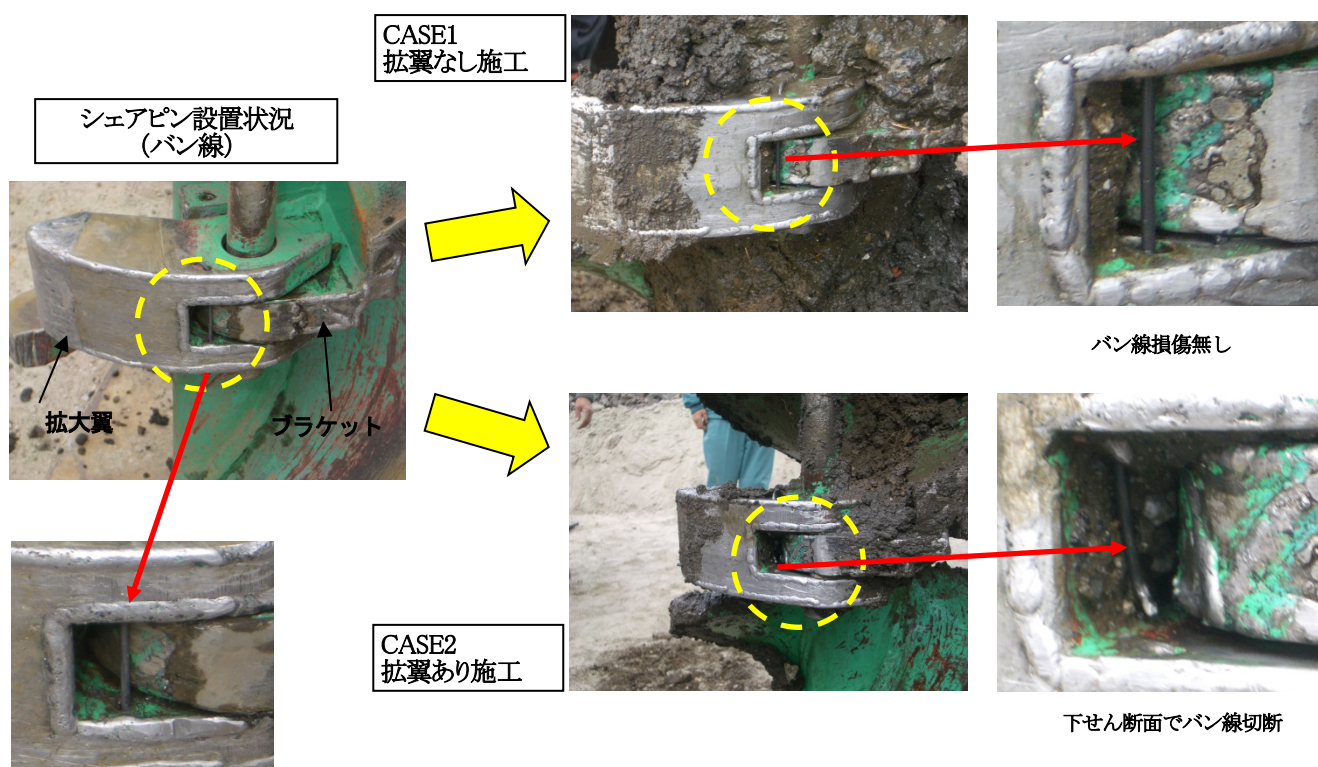


写真-F.4.5 試験結果

5. KING工法

5.1 拡翼機構

- (1) 中間層掘削時には、拡大翼は鋼管内に格納されている（図-F.5.1）。
- (2) 支持層到達後、鋼管の沈設を止め、ヘッドを先行掘削させる。その後、オーガ軸を最大45°の範囲で逆回転させ、ヘッド上部に取り付けられた突起で蹴り出し部材を強制的に動かすことにより、拡大翼を地山に食い込ませる（図-F.5.1, F.5.2）。
- (3) 引き続き逆回転させることで、地山との接触抵抗により拡大翼ブロックがストッパーに当たるまで拡大する（図-F.5.1, F.5.2）。
- (4) 支持層掘削・根固め築造後、オーガを正回転に戻すことで閉翼する。

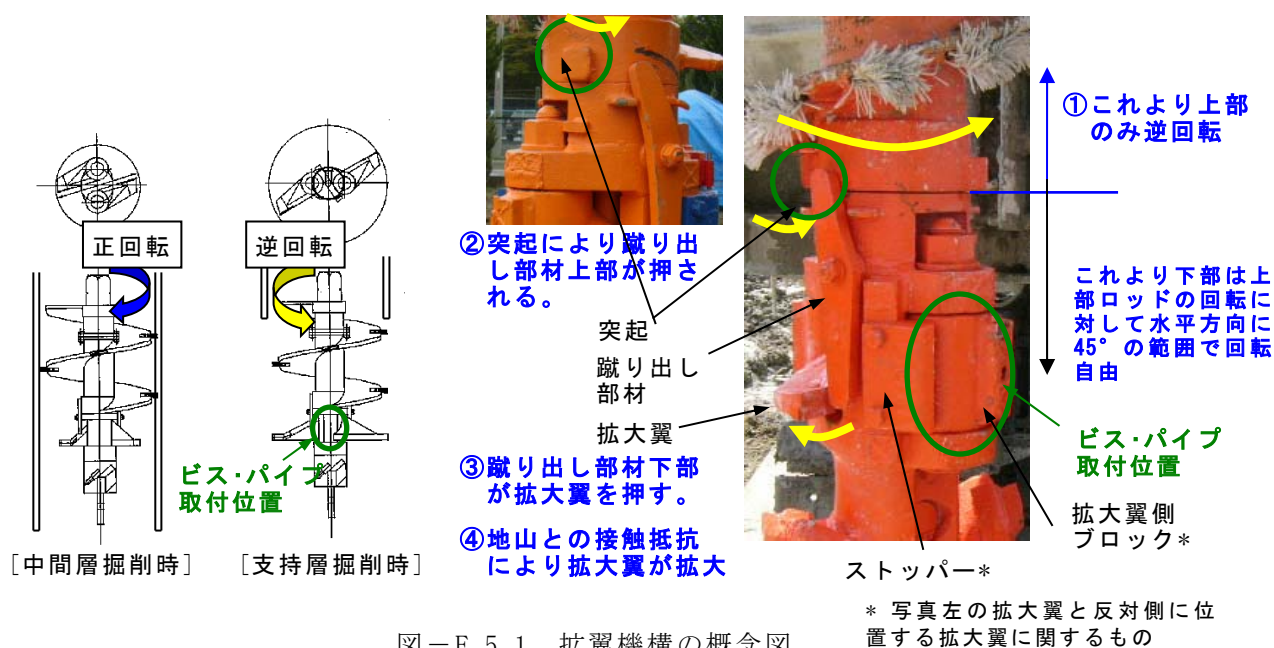


図-F.5.1 拡翼機構の概念図

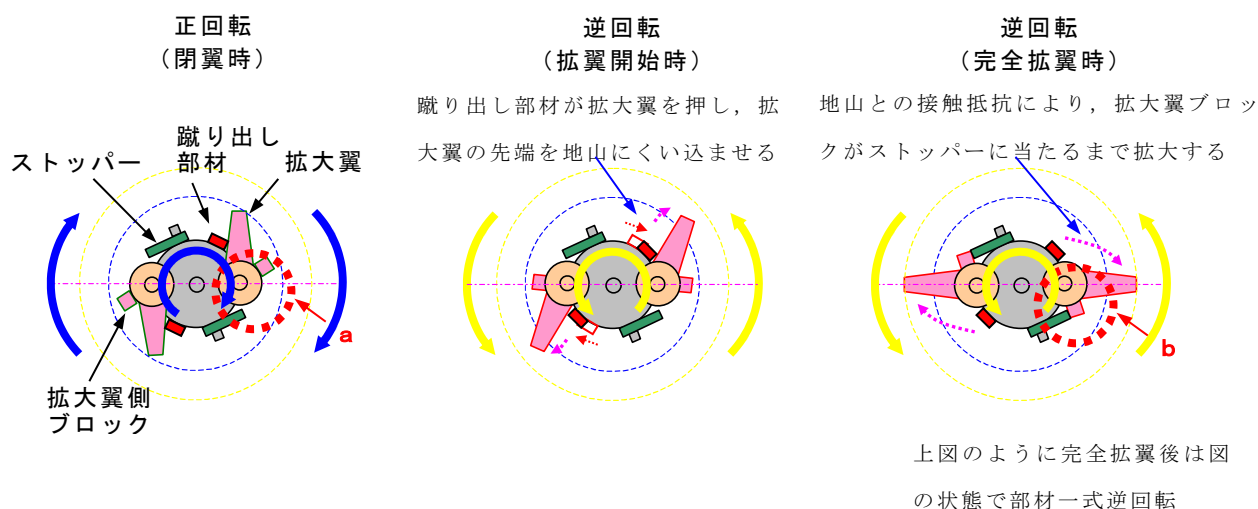


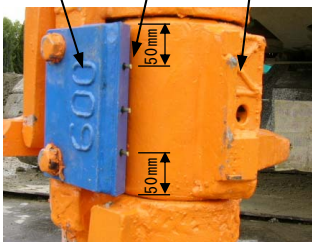
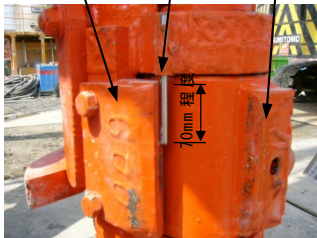
図-F.5.2 拡翼機構の概念図
(平断面図)

5. 2 拡翼確認方法

5. 2. 1 確認方法

拡翼確認方法を表－F. 5. 1に示す。「ビス方式」と「パイプ方式」の2方式がある。

表－F. 5. 1 拡翼確認方法

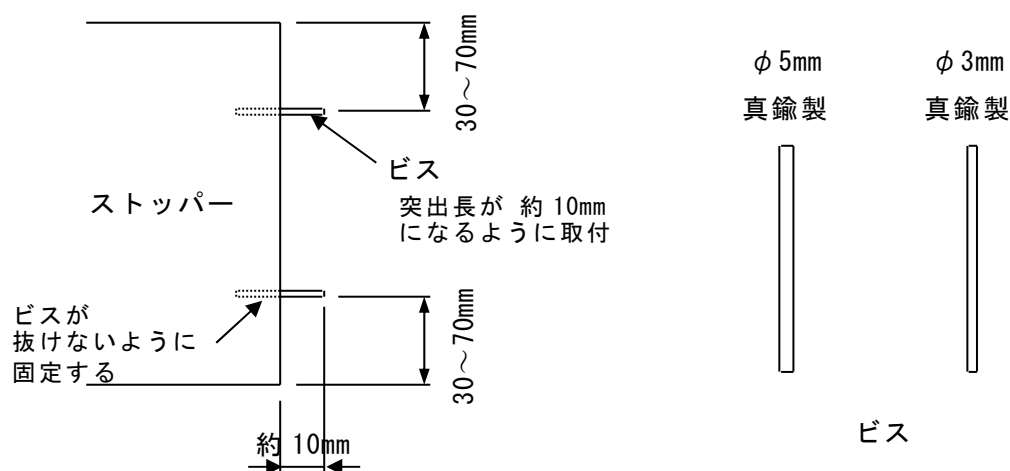
	閉翼時	拡翼中
		
方法 A (ビス方式)	実証実験で用いたビス $\phi 5 \times$ 突出長 約 10 真鍮 製 $\phi 3 \times$ 突出長 約 10 真鍮 製 (2 種類を対象に実験) 実機では ビス 2 個以上/1 面を原則とする 取り付け位置は、上下端から各々 30～70mm の範囲に各 1 個 ビスは $\phi 5\text{mm}$ もしくは $\phi 3\text{mm}$, 突出長 約 10mm, 真鍮製を標準とする	
	全開時にビスが変形あるいは破断するので、これにより拡翼を確認する。	
	閉翼時	拡翼中
		
方法 B (パイプ方式)	実証実験で用いたパイプ 直径 $\phi 9.5 \times$ 板厚 t1 鉄 製 直径 $\phi 9.0 \times$ 板厚 t1 アルミ 製 (2 種類を対象に実験) 実機では パイプ 1 個/1 面 パイプの設置長さは 60～100mm を標準とする パイプは $\phi 9 \sim 10\text{mm}$, 板厚 1mm, 鉄もしくはアルミ製を標準とする	
	全開時にパイプが潰れるので、これにより拡翼を確認する。	

5. 2. 2 ビス・パイプの仕様と取付位置

ビス及びパイプの仕様と取付位置は、拡翼率 95%以上で拡大翼側ブロックがビスあるいはパイプと接触するように設定されたものである。ここで、拡翼率とは、拡大翼が100%開いた時の拡翼径の大きさに対する、現在開いている拡翼径の大きさを表す。

①ビス方式

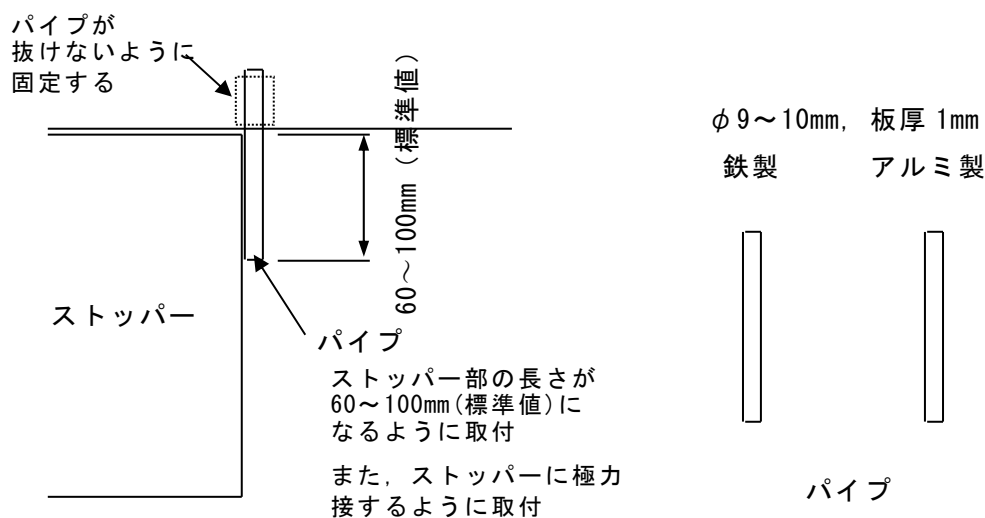
ビスは 2 個以上／ストッパー 1 面を原則とする。



図－F. 5. 3 ビスの仕様と取付位置

②パイプ方式

パイプは 1 個／ストッパー 1 面を原則とする。



図－F. 5. 4 パイプの仕様と取付位置

5. 2. 3 取付位置の確認方法

現場でのビス及びパイプの取付位置の確認は，次の何れかの方法で行う。

- ① ビス及びパイプが上図の通りであることを確認する。
- ② 拡大翼がビス及びパイプに接触するまで拡大した時の拡大径が，拡大翼が全開した時の95%以上になっていることを確認する。

5. 3 実証実験

(1) 試験目的

施工試験により，拡翼確認方法の有効性を確認する。

(2) 地盤条件

図－F. 5. 5に土質柱状図を示す。GL-19m の硬い層で実証実験を行った。

(3) 試験杭仕様

鋼管杭を使用せず，ヘッドとオーガスクリューのみで施工した。使用したヘッドはφ600mm 鋼管杭用である。

(4) 試験方法

図－F. 5. 5に示すように，次の2種類の実験を実施した。

CASE1 拡翼せずに施工して，拡翼確認のための部材に損傷がないことを確認する実験

CASE2 GL-19m で拡翼して，次の現象が認められることを確認

ビス方式：ビスの変形あるいは破断

パイプ方式：パイプの潰れ

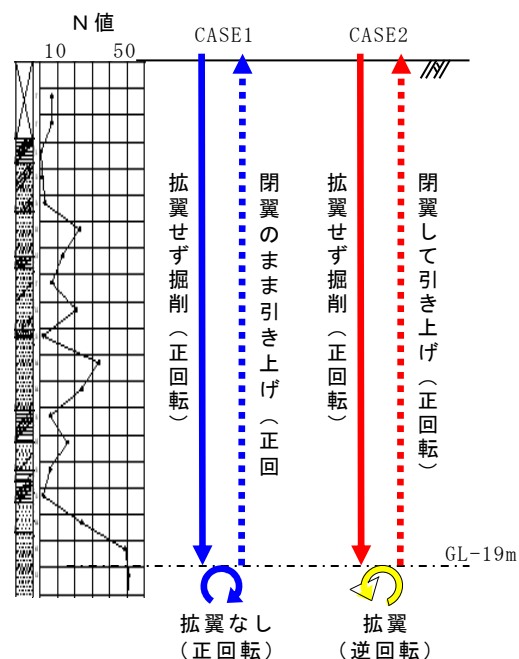
(5) 試験結果

実験結果を以下及び表-F. 5. 2に示すように，拡翼確認方法として「ビス方式」と「パイプ方式」の何れの方法も有効であった。

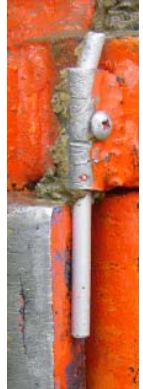
① 拡翼なしの施工では，ビスの損傷やパイプの潰れはなかった。

② 拡翼ありの施工では，ビスの損傷やパイプの圧潰があり，拡翼が確認できた。

表－F. 5. 2 実験結果一覧



図－F. 5. 5 土質条件と実験ケース

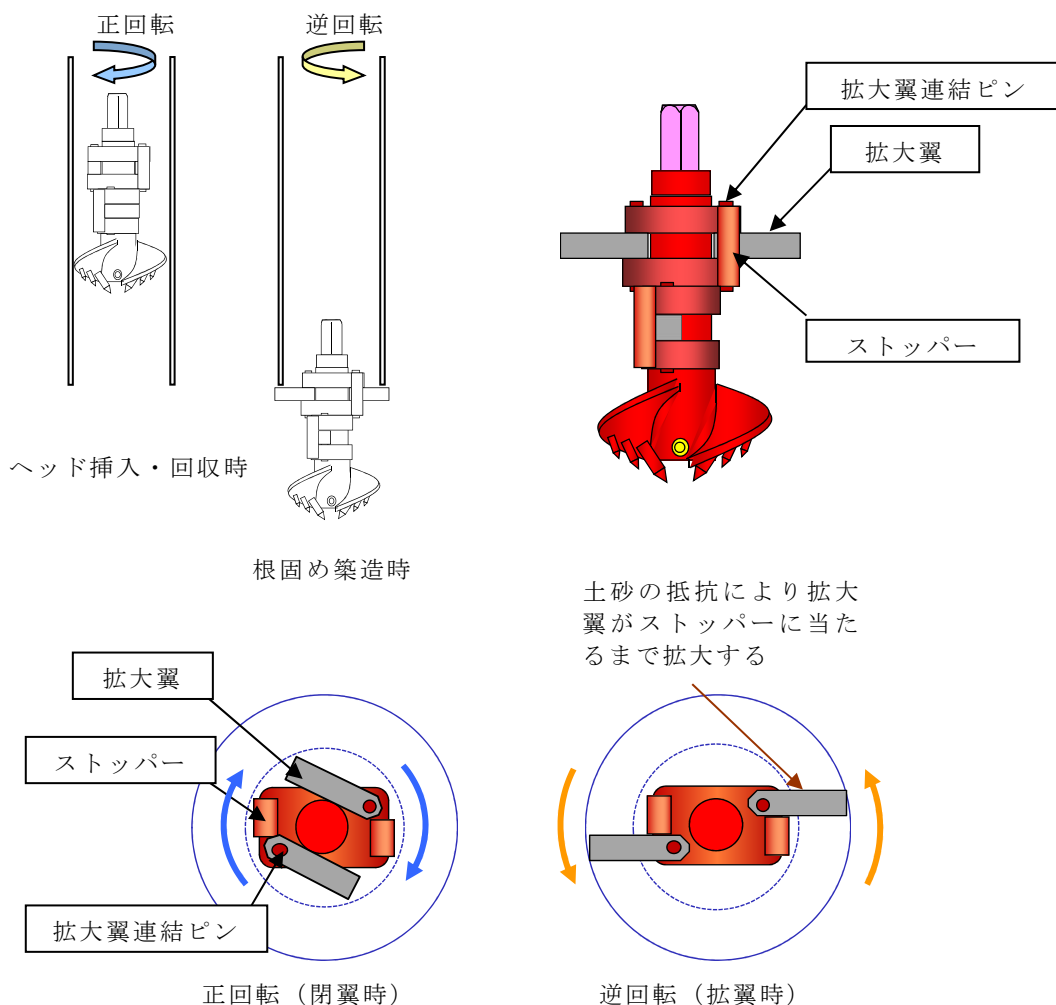
方法 A（ビス方式）				方法 B（パイプ方式）			
CASE1（拡翼なし）		CASE2（拡翼あり）		CASE1（拡翼なし）		CASE2（拡翼あり）	
施工後 φ 5mm	施工後 φ 3mm	施工後 φ 5mm	施工後 φ 3mm	施工後 アルミ製		施工後 アルミ製	
							
実験結果 ビスの変形・破断等の 損傷なし		実験結果 ビスの変形・破断等の 損傷あり				実験結果 パイプの圧潰あり	

6. TAIP工法（2工程方式）

6.1 TAIP工法2工程方式の根固め部築造手順と拡翼機構

TAIP工法2工程方式での2工程目の根固め部築造は、図-F.6.1に示すようにオーガ回転方向を制御することによる機械的拡翼・閉翼の機構を用いた方式で行う。

- (1) 鋼管杭を所定深度まで沈設完了後、別工程にてヘッドを鋼管内に挿入する。挿入時には拡大翼は鋼管内に閉翼状態で格納されている（図-F.6.1）。
- (2) 管内洗浄を行い、鋼管杭先端部到達後、ヘッドを先行させ掘削する。その後、オーガを逆回転させると拡大翼は土砂の抵抗を受け、水平方向に拡翼する（図-F.6.1）。
- (3) セメントミルク噴出攪拌による根固め築造後、オーガを正回転に戻すことで閉翼する。
- (4) 閉翼状態でヘッドを鋼管内へ引き上げながら、杭内部に管内閉塞用セメントミルクを注入する。



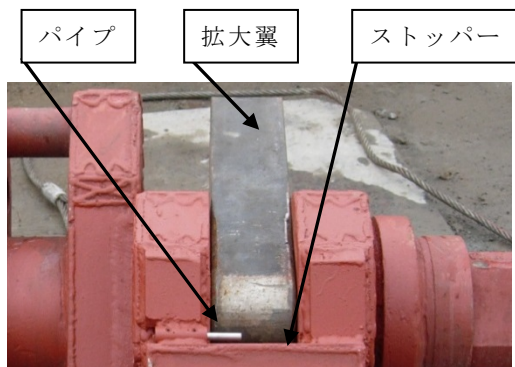
※本概念図のヘッドは逆転拡翼型ヘッドである。（正転拡翼型ヘッドも有り。）

図-F.6.1 TAIP工法2工程方式の根固め築造手順

6. 2 拡翼確認方法

6. 2. 1 確認方法

- (1) 拡大翼受け台に設置したパイプの潰れにより拡翼を確認する。(パイプ方式)
- (2) パイプは鉄製（直径 $\phi 9.5\text{mm}$ × 板厚 $t1\text{mm}$ 程度）を標準とする。

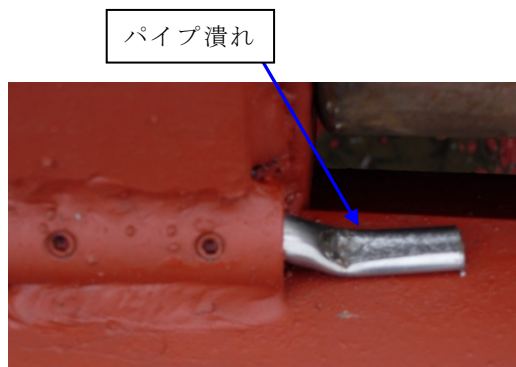


閉翼時



パイプの仕様

直径 $\phi 9.5$ × 板厚 $t1$ 鉄製



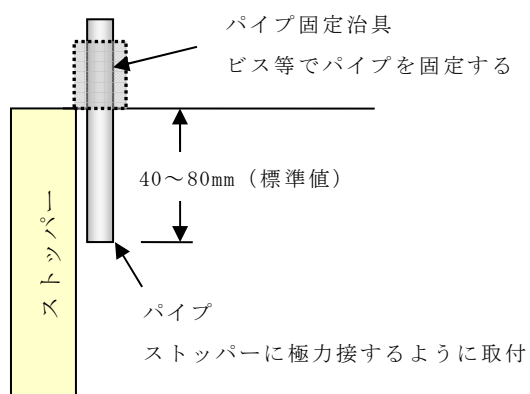
拡翼後のパイプ

パイプは拡大翼全開時に拡大翼とストッパーに挟まれ、潰れるので、これにより拡翼を確認する。

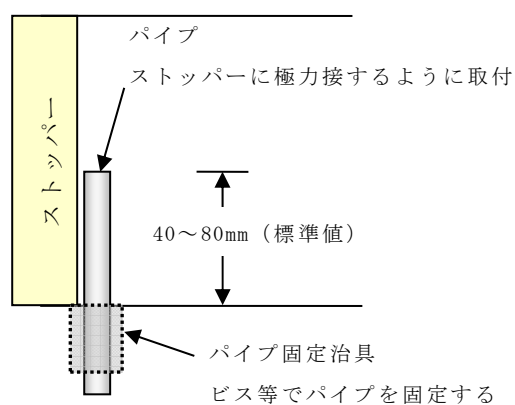
図-F. 6. 2 拡翼確認方法

6. 2. 2 パイプの仕様と取付位置

パイプの仕様と取付位置は、拡翼率 95%以上で拡大翼パイプと接触するように設定されたものである。ここで、拡翼率とは、拡大翼が100%開いた時の拡翼径の大きさに対する、現在開いている拡翼径の大きさを表す。



(上側取付方式)



(下側取付方式)

図-F. 6. 3 パイプ取付位置

6. 2. 3 取付位置の確認方法

現場でのパイプ取付位置の確認は、次の何れかの方法で行う。

- ① パイプが図-F. 6. 3の通りであることを確認する。
- ② 拡大翼がパイプに接触するまで拡大した時の拡大翼径が、拡大翼が全開した時の95%以上になっていることを確認する。

6. 3 実証実験

(1) 試験目的

実工事での試験杭施工により、拡大翼確認方法の有効性を確認した。

(2) 地盤条件と杭設置関係

図-F. 6. 4に土質柱状図と杭位置関係を示す。TP-22m付近の砂礫層で実証実験を行った。

(3) 試験杭仕様

鋼管杭：φ1000×t10×L27,000

使用したヘッドは逆転拡大翼型ヘッド（拡大翼径φ1024）である。

(4) 試験方法

次の2種類の実験を実施した。

CASE1 拡大翼せずにヘッドを所定深度まで沈設し、閉翼のまま引き上げて、拡大翼確認のための部材に損傷がないことを確認する実験

CASE2 ヘッドを所定深度で拡大翼し、パイプが潰れていることを確認する実験

(5) 試験結果

拡大翼確認方法として、パイプ方式は有効と判断できる。

- ① 拡大翼なしの施工では、パイプの潰れはなかった。
- ② 拡大翼ありの施工では、パイプの潰れがあり、拡大翼を確認できた。

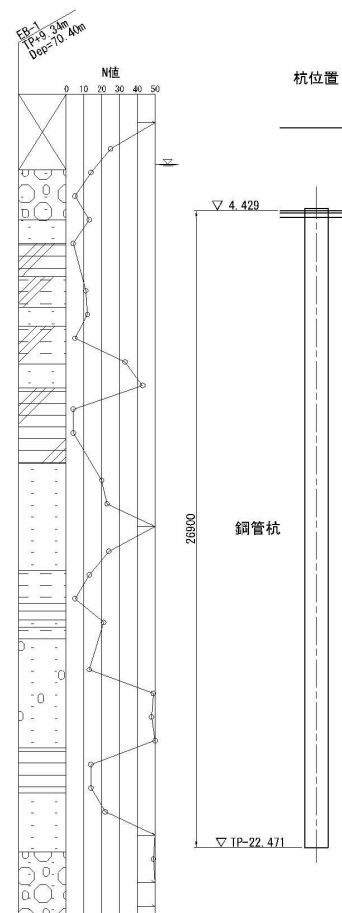


図-F. 6. 4 土質柱状図と杭位置



拡大翼確認（全景）写真記録



拡大翼確認（接写）写真記録

【付録 G】 中掘り杭工法(コンクリート打設方式) 施工管理要領

はじめに

(公社)日本道路協会 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編(平成24年3月)において中掘り杭工法とは「杭先端が所定の深さに達した後、設計で考慮した支持力を確保するために、先端処理方法に応じ、適切な施工管理のもとで確実に杭先端を処理しなければならない。」と規定されており、以下の3方法が示されている。

- (a)最終打撃方式
- (b)セメントミルク噴出攪拌方式
- (c)コンクリート打設方式

コンクリート打設方式は、杭先端処理が最終打撃方式またはセメントミルク噴出攪拌方式では難しい支持地盤の場合に適用されてきたが、(公社)日本道路協会 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編(平成29年11月)において、統計量の分析に必要となる載荷試験数が過少であり、標準的な杭の支持力推定式を示すに至っていないとのことで規定されていない。一方、道路橋示方書改定以降において、土木研究所と鋼管杭・鋼矢板技術協会らが岩盤を支持層とする杭基礎の設計法・施工法に関する共同研究(岩共研)を行い、その中で実施した載荷試験結果や各種検討等を踏まえて、岩盤に対する支持力の推定を場所打ち杭工法に準じて評価できる考え方や適用の前提について(公社)日本道路協会 杭基礎設計便覧、杭基礎施工便覧(令和2年9月)の参考資料に記載されている。

本資料は、鋼管杭の中掘り杭工法の内、ダウンザホールハンマ工法により掘削し、杭先端処理にコンクリート打設方式を適用する場合の標準的な施工管理要領を示したもので、所要の品質が確保される鋼管杭基礎を構築することを目的として取りまとめたものである。

<参考文献>

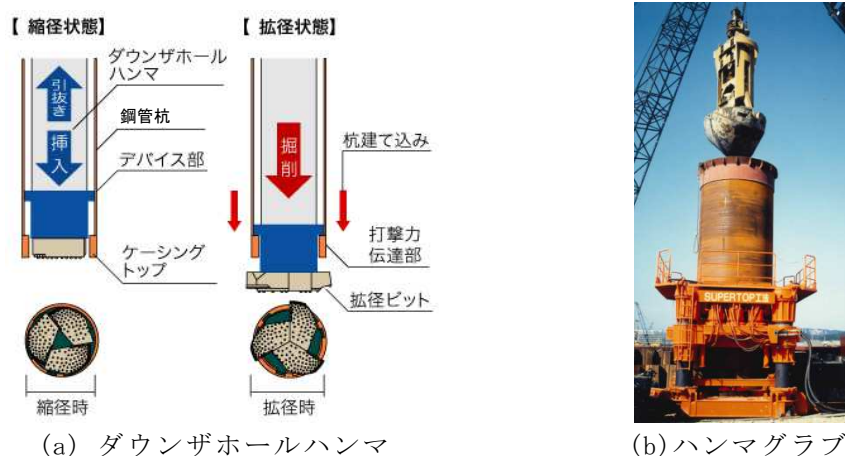
- 1) (公社)日本道路協会 : 杭基礎設計便覧, 令和2年9月
- 2) (公社)日本道路協会 : 杭基礎施工便覧, 令和2年9月
- 3) (国研)土木研究所, (一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会, (一社)コンクリートパイル建設技術協会, (一社)日本基礎建設協会, (一社)全国地質調査業協会連合会: 共同研究報告書 第503号 岩盤を支持層とする杭基礎の設計法・施工法に関する共同研究報告書, 平成31年4月
- 4) (社)鋼管杭協会: 鋼管杭の中掘り杭工法(セメントミルク噴出攪拌方式)施工要領, 平成18年2月
- 5) (一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会: テクニカルノート(岩盤を支持層とする鋼管杭基礎の設計法・施工法に関する共同研究), 2019年4月
- 6) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物, 2016年1月

1. 概要

本資料は道路橋等の土木構造物に用いられる鋼管杭基礎の内、杭先端処理がコンクリート打設方式による中掘り杭工法の標準的な施工管理要領を示したものである。

中掘り杭工法コンクリート打設方式は、あらかじめ鋼管杭の内部にダウンザホールハンマを通して、地盤を掘削しながら杭を所定の深さまで沈設するダウンザホールハンマ施工と、一般的な中掘り杭工法と同様に、オーガスクリーによって所定深度まで掘削後、ハンマグラブやバケットにより管内土を排土するハンマグラブ施工の 2 つに分類される。図－G.1.1 に両者の施工方法のイメージを示す。

以降においては、主として岩共研で検討してきたダウンザホールハンマ施工の施工手順・施工管理方法について示す。



図－G.1.1 施工方法のイメージ

2. 適用範囲

ダウンザホールハンマ施工の標準的な適用範囲を以下に示す。なお、これらの適用範囲は、過去の施工事例をもとに取りまとめたものであり、現場の地盤条件や環境によっては、実際に施工を行う杭施工会社の工夫や施工技術が重要な場合が多く、経験者に意見を求め、過去の類似した施工事例を参考に十分検討することが望ましい。

(1) 杭先端地盤

杭先端地盤は、硬質粘土層や軟岩、硬岩を対象とする。なお、道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編では、一軸圧縮強度 q_u が 1MN/m^2 以上のものを軟岩、 10MN/m^2 以上のものを硬岩と区分している。なお、オーガスクリーを用いる場合は、硬質粘土層や軟岩程度までを対象とし、硬岩については別途慎重に対策を検討する。

(2) 杭径、杭長

杭径は $400\sim1200\text{mm}$ 程度までを標準としている。杭長については 80m 超を施工した実績があり、特に制約はないものの、地盤構成や杭仕様によりコンプレッサの容量を検討する必要がある。なお、オーガスクリーを用いる場合は、杭径 $400\sim1000\text{mm}$ 、杭長は概ね 50m 程度までを標準とする。

3. 施工手順

コンクリート打設方式による鋼管杭の中掘り杭工法とは、あらかじめ杭中空部にダウンザホールハンマやオーガスクリーを挿入し、杭の建込みを行った後、削孔と同時に杭を圧入し、杭打設後は、杭中空部の土砂を排出、支圧材部を含む杭内面の洗浄、スライム処理を行い、杭先端の所定区間にコンクリートを打設する方法である。

図－G. 3. 1 にダウンザホールハンマ施工の標準的な施工フローを示す。



図－G. 3. 1 ダウンザホールハンマ施工の標準的な施工フロー

(1) 建込み

ダウンザホールハンマを鋼管内に挿入し、鋼管杭とハンマを一体で吊り上げて所定の位置に建て込む。

(2) 掘削・沈設

ダウンザホールハンマ先端の拡径ビットで地盤を打撃し、土砂をハンマ先端より噴出する高圧エアと水により管内を通して地上へ排出する。またハンマが鋼管先端に取り付けたケーシングトップの上面を叩くことにより鋼管杭はハンマに連行する形で沈設する。

(3) 管内洗浄

コンクリートを打設する前に、管内洗浄とスライム処理を行う。管内洗浄は鋼管内面に水添加の高圧エアを噴出し、付着物を吹き飛ばす等の方法があり、洗浄範囲は支圧材で確実に付着力を得るために、コンクリートの充填区間以上とする。

スライム処理はエアリフトや管内に水を充填させた後に高圧エアで水を吹き上げる等の方法がある。

(4) 鋼管押込み・先端処理

拡径ビットによる掘削は、鋼管先端から突出した状態で行っており(図-G.3.2 参照)、所定深度まで掘削が完了した時点では、鋼管は孔底から拡径ビットの厚さ分だけ高止まりしている。その状態で上記記載の管内の洗浄と孔底のスライム処理を行った後、杭頭部をハンマで軽打して着底させる。鋼管着底後、トレミー管を用いてコンクリートを打設する。

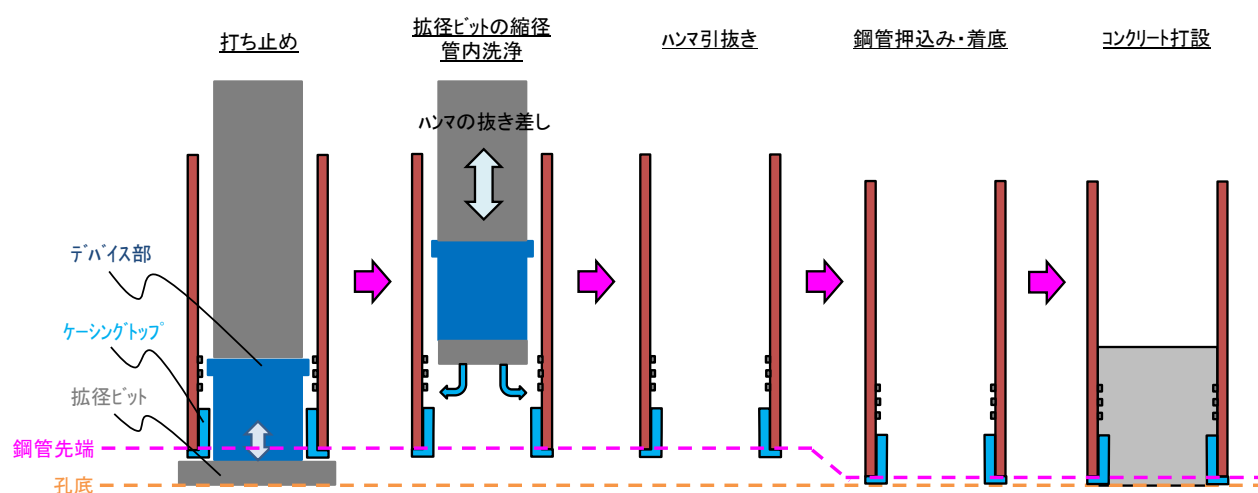


図-G.3.2 打ち止めから先端処理の工程

(5) 現場縦継ぎ溶接

中掘り杭工法のセメントミルク噴出攪拌方式に準拠する。

4. 施工機械および設備機器

ダウンザホールハンマ施工に用いる主要機械設備は、掘削および沈設設備（ダウンザホールハンマ、クローラクレーン、コンプレッサなど）、先端処理設備等である。各施工機械の配置例を図－G.4.1に示す。

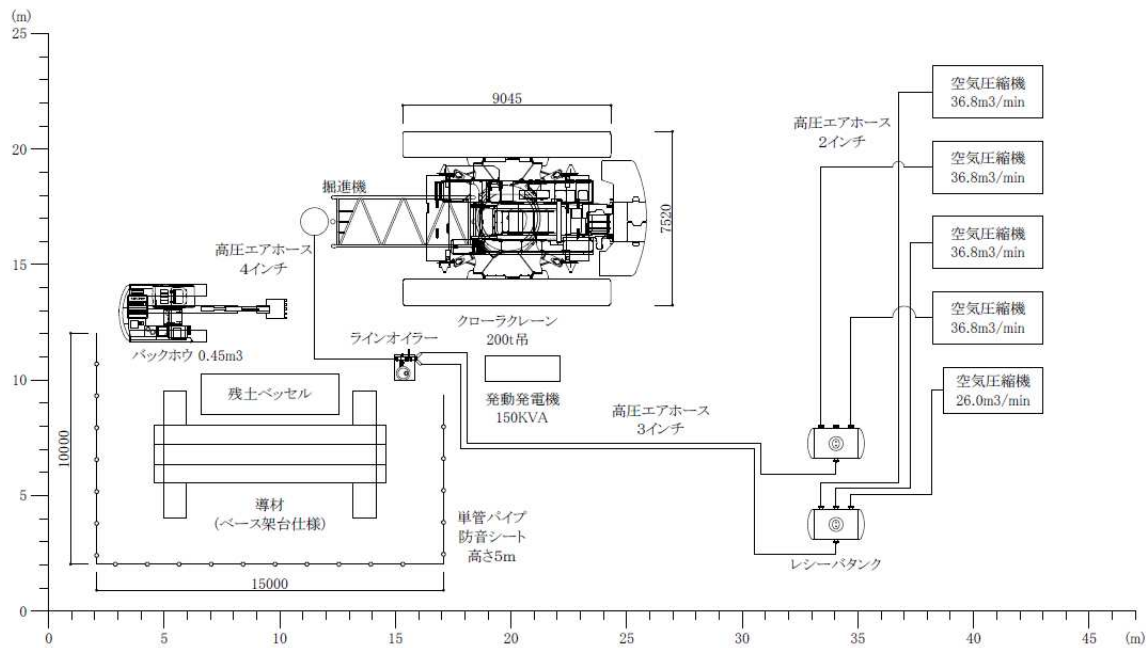


図-G.4.1 ダウンザホールハンマ施工の配置例

(1) 掘削および沈設装置

1) 杭打機

ダウンザホールハンマ施工には、三点支持式杭打ち機で施工する場合と、クレーンによるハンマの吊り下げで施工する場合がある。クレーンによる吊り下げ施工を図-G.4.2 に示す。また、ダウンザホールハンマ施工における各部名称を図-G.4.3 に示す。

拡径ビットの径は、中掘り杭工法(セメントミルク噴出攪拌方式)のフリクションカッターの厚さに準拠し、鋼管径 800mm 未満は鋼管径+18mm 以内、鋼管径 800mm 以上は鋼管径+24mm 以内とする。



図-G.4.2 クレーンによる吊り下げ施工



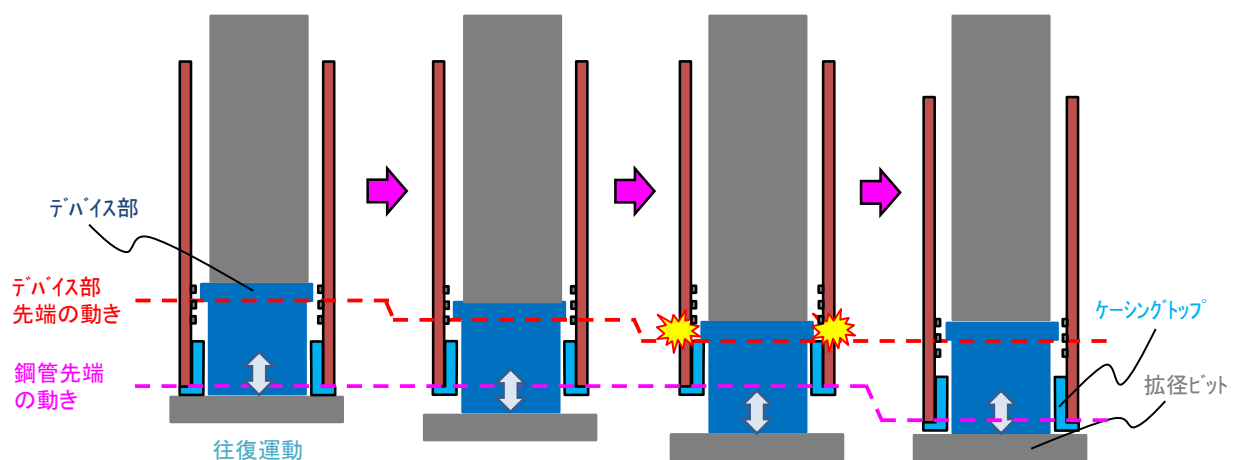
图—G. 4.3 各部名称

2) ダウンザホールハンマ

ダウンザホールハンマによる掘削は、コンプレッサからロッドを通して供給された圧縮空気でハンマを往復運動させ、拡径ビットの打撃により岩盤を破砕することにより行う。掘削ずりはビット先端から噴出されるエアにより地上に吹き上げる。

3) ケーシングトップ

ケーシングトップは、ハンマによる岩盤の掘削とともに、鋼管杭を同時に沈設するために杭先端に取り付ける施工治具である。図－G. 4. 4 に鋼管先端とハンマのデバイス部先端の動きのイメージを示す。鋼管先端に対してハンマ先端が先行して岩盤の掘削を行い、一定以上掘削が進むとハンマのデバイス部がケーシングトップの天端を打撃することで鋼管が沈設される。



図－G. 4. 4 鋼管先端とハンマのデバイス部先端の動き

(2) 空気圧縮機(コンプレッサ)

空気圧縮機の容量は施工条件（杭径，杭長，地盤条件など）に応じて適当な機種を選定する。

(3) 先端処理設備

排土や管内洗浄のために高圧エアや水を噴出する必要があることから，空気圧縮機，レシーバタンクを準備する。またコンクリートの打設にはトレミー管，コンクリートポンプ車等を準備する。

5. 施工管理

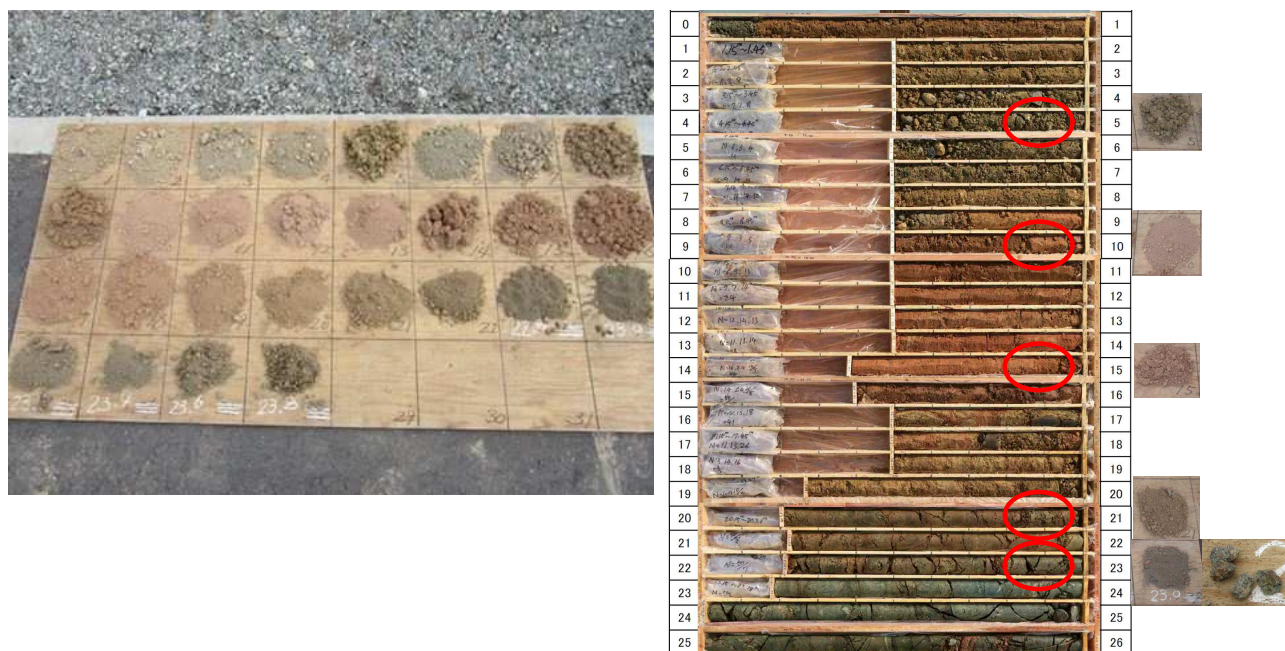
先端コンクリート打設方式による中掘り杭工法の施工にあたっては、所定の性能が発揮できるように十分な施工管理が必要である。表－G. 5. 1 に施工管理項目を示す。

(1) 支持層上端の確認および打ち止め深度の確認

支持層上端の確認は、場所打ち杭と同様に掘削試料(ずり)と土質柱状図や調査ボーリングにおける土質サンプル等の対比を基本とし、機械振動や岩打設時の発生音などの施工時情報も参考とする。掘削試料(ずり)と土質サンプルの対比例を写真－G. 5. 1 に示す。

中間層と支持層で土質の変化が小さい場合やN値・一軸圧縮強度の変化が小さい場合には、上記の方法での支持層上端の確認が困難となるので、事前の地盤調査(ボーリング調査、サウンディング試験など)を増やして支持層を正確に確認しておくことが重要である。

杭の打ち止めは、支持層への必要根入れ長さ(原則 1D 以上)が確保されたことを確認する。



写真－G. 5. 1 掘削試料(ずり)と土質サンプルの比較例

(2) 管内の清掃・洗浄

管内の洗浄は、管内面に付着した土砂を確実に除去できることを確認した方法とする。確認方法としては目視やカメラ撮影等がある。なお、水を添加したエア噴射により清掃・洗浄した事例として、テクニカルノート(岩盤を支持層とする鋼管杭基礎の設計法・施工法に関する共同研究)が参考となる。

(3) 孔底処理および杭先端コンクリート打設

管内洗浄および孔底処理が完了したら検尺により杭先端深さを確認する。

杭先端に打設するコンクリートの圧縮強度は、支圧材の仕様を設定する際に用いた設計基準強度以上とし、 24N/mm^2 以上が望ましい。コンクリート打設の際には、高いところからの落下で材料分離を起こさないように、トレミー管による打設とし、またコンクリートの打設中、トレミー管の先端は常にコンクリート内に挿入した状態を保つ。コンクリートは余盛り部分を含めて、孔底から最上段支圧材位置+500mm 以上上方まで充填する。なお、打設するコンクリート量はロス率を考慮して設定する。

表－G.5.1 施工管理項目

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
準備工	用地	敷地条件及び搬入道路	仮設計画にて検証	-
	施工地盤面	地耐力及び傾斜	地耐力の検討	-
杭材料	鋼管杭	杭種、材質等	鋼管表示の確認	JIS A 5525, 設計図書による
		外観検査	目視	変形等有害な損傷がないこと
		形状寸法検査（外径・板厚・長さ等）	ノギス・検尺テープにより検測	JIS A 5525, 設計図書による
	レディーミクストコンクリート	スランプ	現場試験	JIS A 5308, 設計図書による
		エア量		
		圧縮強度		
	モルタル	圧縮強度	採取供試体を採取材令28日で一軸圧縮試験（3体/1セット）	3体平均 $\geq$ 規格値 個体値 $\geq$ 規格値の85%
施工機械・装置	拡張ビット	ビット径	スケール等により拡張ビット径検測	閉翼時：杭内径未満 拡張時： $\phi 800\text{mm}$ 未満 鋼管径+18mm以下 $\phi 800\text{mm}$ 以上 鋼管径+24mm以下
	トレミー管	径・長さ	スケール等による計測	所定掘削長さ以上
	洗浄装置	高圧洗浄機*1	目視確認，試噴出	目詰まりがないこと
		空気圧縮機	目視確認，試噴出	
		レシーバタンク	目視確認，試吸引	
建込み	杭の建込み	杭心	2方向に逃げ心を設置し，検尺棒等で確認	杭心とのズレ 50mm 以内
		傾斜	トランシット又は傾斜計	1/100 以内
	現場継ぎ溶接	施工及び検査	「道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」準拠	
掘削・沈設	支持層以浅の掘削・沈設	杭打機の鉛直性，掘削・沈設精度	トランシット又は傾斜計	1/100 以内
		掘削速度	ストップウォッチ等で計測	地盤等に応じた適切な値 試験杭によって目安を設定
		排土状況	目視確認，計器確認	エア圧，エア量，排土の上がり方に問題がないこと
	支持層の掘削	支持層の確認	掘削資料と土質柱状図，試料サンプル等との対比	試験杭によって定めた管理指標
		支持層掘削深さ	支持層確認深度からトランシットにより計測	杭の支持層根入れ 1D 以上
先端処理	管内洗浄 孔底処理	管内洗浄*1	エアブロー，高圧水洗浄の圧力・反復回数・時間などを計測	事前に設定した仕様 洗浄範囲は少なくともコンクリート（モルタル）の充填区間以上
		孔底処理の確認	重錘による計測	残留スライムがないこと
	鋼管沈設	傾斜	トランシット又は傾斜計	1/100 以内
		鋼管打込み	目視確認	偏打がないこと
		鋼管深度	計測器により計測	$\pm 50\text{mm}$ 以内
	コンクリート打設	トレミー管先端位置	検尺による計測	初期位置：孔底+200mm 以内 打ち上げ時：コンクリート内
		コンクリート充填区間	検尺による計測	孔底から最上段支圧材位置の+500mm 以上
出来形		位置	測量器	杭心とのズレ D/4 かつ 100mm 以内
		天端高さ	レベルにて視準	$\pm 50\text{mm}$ 以内

*1：拡張ビットから水やエアを噴射させて洗浄させる場合もあり

6. 施工上の留意点と対策

先端コンクリート打設方式の施工上の留意点と対策を示す。

(1) ダウンザホールハンマによる掘削

杭周面地盤の緩みは支持力特性に直接影響を及ぼしやすい。中掘り杭工法(セメントミルク噴出攪拌方式)と同様の周面摩擦力度、水平地盤反力度を確保するため、掘削前に拡張ビットの径が、鋼管径 800mm 未満の場合には鋼管径+18mm 以内、鋼管径 800mm 以上の場合には鋼管径+24mm 以内であることを施工前に確認する。

(2) コンクリート打設

杭体内底部のスライム除去と、杭体内の清掃・洗浄による杭と中詰めコンクリートの一体化が所定の鉛直支持力を確保する前提となることから、コンクリートの打設前には孔底処理を行いスライム所除去することと、杭内面を清掃・洗浄することが必要である。また、コンクリート打設は材料分離を防止するためにトレミー管を用いる。

(3) 膨張性やスレーキング特性を有する岩盤での施工

コンクリートの打設は、杭打ち作業に続けて連続的に行う場合(連続作業方式)と杭打ち作業が終了した後まとめて行う場合(分割作業方式)とがある。

事前の地盤調査において、支持層が膨張性の岩盤である場合や、スレーキング特性を持つ岩盤の場合には、できるだけ応力解放や吸水膨張反応による影響を小さくする観点から、支持層掘削からコンクリート打設までの作業を速やか(同日中)に実施することがよいと考えられる。

一方、中掘り杭工法(コンクリート打設方式)は、杭 1 本当たりに打設するコンクリートが少量のため、生コンの調達や施工工程等から複数本同時のコンクリート打設が必要な場合がある。分割作業方式を行う場合には、基礎底面の岩盤のスレーキング試験や吸水試験を実施した上で、応力解放や吸水膨張反応による影響が小さいことを確認する。

7. 施工記録

施工記録は施工管理の基本となるもので、施工を確実に実施していくうえで重要な事項である。施工管理チェックシートの例を表-G.7.1 に示す。先端処理と支持層確認に関する事項以外は基本的に中掘り杭工法(セメントミルク噴出攪拌方式)と同じである。

表－G. 7. 1 施工管理チェックシート(コンクリート打設方式)

中掘り杭工法（コンクリート打設方式、ダウンザホールハンマ）

※杭1本毎に杭工事管理者が施工中に記録し、施工後速やかに元請技術者に提出する。

工事名称		工事監理者		元請技術者		杭工事管理者	
杭工事会社／杭工事管理者							
施工日／杭番号							
施工管理チェック項目		管理要点		確認	具体の値等	写真有無	元請立会 有無
1	杭材料	対象杭に間違いがないことを確認 変形・損傷・外観異常がないことを確認		☐			
2	施工機器の点検	使用機器の始業点検等を実施 杭打機、コンプレッサ、レシーバタンク、 トレミー管、ダウンザホールハンマ、 ケーシングトップ等		☐			
		拡張ビット拡張時の直径確認 (管理値：鋼管径800mm未満は鋼管径＋18mm 鋼管径800mm以上は鋼管径＋24mm)		☐	mm		
3	杭心管理	杭心、逃げ杭心位置の確認 杭建込み（管理値：偏心量50mm以内）		☐			
4	掘削・沈設管理	杭の傾斜管理 管理値：1/100以内 先掘り量管理 管理値：1m以下		☐			
5	支持層確認	判断根拠：					
6	管内洗浄	洗浄方法(時間、回数等)、洗浄区間		☐			
7	スライム処理	残留スライムがないことを確認 <杭打設後> <コンクリート打設前>		☐			
8	コンクリート打設	コンクリート天端（計画値GL－ m）		☐	GL－ m		
9	現場溶接管理	開先状態、目違い等の確認		☐			
		外部きず確認（外観検査、浸透探傷検査）		☐			
		有資格者による非破壊検査有無（内部きず確認等）			UT・RT・PT		
		溶接補修、溶接補修記録の有無			有・無		
<備考・記事>							

計画

実績

杭頭

m

m

支持層

杭先端

m

孔底

m

8. 鋼管先端部の支圧材

従来、コンクリート打設方式の先端構造は、鋼管先端に支圧材(ずれ止め)を設けず、鋼管内径 d の 4 倍以上のコンクリートを打設していたが、その仕様設定に明確な根拠がなく、岩盤支持層のように大きな支持力が期待できる場合に、鋼管内面とコンクリートとの付着のみでは先端閉塞が十分に確保できないおそれがあった。

そこで、コンクリート打設方式においても、セメントミルク噴出攪拌のように鋼管先端部に支圧材を設けるものとする。支圧材の高さ・ピッチ・段数等の仕様設定は、多数の鋼管内コンクリートの押抜き試験結果から提案された鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物における付着強度の算定式を準用する。算定式を式-8.1 に示す。

$$P_u = \pi \cdot (D - 2t) \cdot L_d \cdot \tau_d = \pi \cdot (D - 2t) \cdot (n \cdot l_z) \cdot \tau_d \quad \dots (\text{式}-8.1)$$

ここに、 D : 鋼管径

t : 鋼管板厚

L_d : 鋼管と中詰めコンクリートとの付着有効範囲 $= n \cdot l_z$

n : 支圧材段数, l_z : 支圧材間隔 (mm)

τ_d : 鋼管内面と中詰めコンクリートの付着強度 (N/mm²)

$$= (3.5 + 190\sigma_c \cdot \frac{h}{l_z} \cdot \frac{t}{D}) / \gamma_c \leq 15$$

σ_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

h : 支圧材の高さ (mm)

γ_c : コンクリートの材料係数 (1.3)

式-8.1 を用いて管内の付着力が杭先端の極限支持力以上となるように設定した支圧材の仕様例を表-G.8.1 に示す。なお、支圧材の仕様は先端支持力度やコンクリートの強度、鋼管仕様等により変化するが、ここでは下記の条件とした。

<条 件>

- ・ 鋼管の板厚 : 9mm かつ杭径 1000mm 以上は杭径の 1%,
- ・ 支圧材の高さ : 6mm と 9mm
- ・ ピッチ : 支圧材高さの 15 倍を確保した 50mm ラウンドとし、支圧材の最少段数は 2 段
- ・ 固化体強度 : 24N/mm² と 30N/mm²
- ・ 先端支持力度 : 12000kN/m²

表－G. 8. 1(a) 支圧材高さ 6mm，固化体強度 24N/mm² の例

鋼管			支圧材		σ_c (N/mm ²)	l_z (mm)	τ_d (N/mm ²)	付着力 P_u (kN)		極限先端 支持力 R_u (kN)
径 D (mm)	板厚 t (mm)	D/t	高さ h (mm)	段数 n						
400	9	44.4	6	2	24	100	7.42	1781	≧	1508
500	9	55.6		3			6.48	2944	≧	2356
600	9	66.7		4			5.84	4271	≧	3393
700	9	77.8		4			5.39	4619	≧	4618
800	9	88.9		5			5.06	6216	≧	6032
900	9	100		6			4.79	7964	≧	7634
1000	10	100		7			4.79	10323	≧	9425
1100	11	100		8			4.79	12978	≧	11404
1200	12	100		8			4.79	14157	≧	13572

表－G. 8. 1(b) 支圧材高さ 9mm，固化体強度 24N/mm² の例

鋼管			支圧材		σ_c (N/mm ²)	l_z (mm)	τ_d (N/mm ²)	付着耐力 P_u (kN)		極限先端 支持力 R_u (kN)
径 D (mm)	板厚 t (mm)	D/t	高さ h (mm)	段数 n						
400	9	44.4	9	2	24	150	7.42	2671	≧	1508
500	9	55.6		2			6.48	2944	≧	2356
600	9	66.7		3			5.84	4805	≧	3393
700	9	77.8		3			5.39	5197	≧	4618
800	9	88.9		4			5.06	7459	≧	6032
900	9	100		4			4.79	7964	≧	7634
1000	10	100		5			4.79	11060	≧	9425
1100	11	100		5			4.79	12166	≧	11404
1200	12	100		6			4.79	15927	≧	13572

表－G. 8. 1(c) 支圧材高さ 6mm，固化体強度 30N/mm² の例

鋼管			支圧材		σ_c (N/mm ²)	l_z (mm)	τ_d (N/mm ²)	付着力 P_u (kN)		極限先端 支持力 R_u (kN)
径 D (mm)	板厚 t (mm)	D/t	高さ h (mm)	段数 n						
400	9	44.4	6	2	30	100	8.61	2067	≧	1508
500	9	55.6		3			7.42	3371	≧	2356
600	9	66.7		3			6.63	3637	≧	3393
700	9	77.8		4			6.07	5202	≧	4618
800	9	88.9		5			5.65	6940	≧	6032
900	9	100		6			5.32	8845	≧	7634
1000	10	100		6			5.32	9827	≧	9425
1100	11	100		7			5.32	12612	≧	11404
1200	12	100		7			5.32	13758	≧	13572

表－G. 8. 1(d) 支圧材高さ 9mm，固化体強度 30N/mm² の例

鋼管			支圧材		σ_c (N/mm ²)	l_z (mm)	τ_d (N/mm ²)	付着耐力 P_u (kN)		極限先端 支持力 R_u (kN)
径 D (mm)	板厚 t (mm)	D/t	高さ h (mm)	段数 n						
400	9	44.4	9	2	30	150	8.61	3100	≧	1508
500	9	55.6		2			7.42	3371	≧	2356
600	9	66.7		2			6.63	3637	≧	3393
700	9	77.8		3			6.07	5852	≧	4618
800	9	88.9		3			5.65	6246	≧	6032
900	9	100		4			5.32	8845	≧	7634
1000	10	100		4			5.32	9827	≧	9425
1100	11	100		5			5.32	13513	≧	11404
1200	12	100		5			5.32	14741	≧	13572

鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の
中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）
施工管理要領＜標準版＞
付．中掘り杭工法（コンクリート打設方式）
施工管理要領
【Edition 3.0】

施工管理普及委員会

委員	辰見 夕一	委員	芥川 博昭
委員	時田 知典	委員	日下 裕貴
委員	東海林 智之	委員	鈴木 友之
委員	南 貴士	委員	宮北 啓伍
委員	水谷 太作	委員	北濱 雅司
委員	細田 光美	委員	三村 哲弘
委員	富永 利博	委員	堀切 節
委員	村山 篤史	委員	糸房 寿志
委員	谷本 静夫		

<改訂履歴>

【Edition 1.0】	：	2014 年 9 月	新版発行
【Edition 2.0】	：	2017 年 3 月	改訂 2 版発行
【Edition 3.0】	：	2021 年 3 月	改定 3 版発行

発 行 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 鉄鋼会館 6 階

☎ 03 (3669) 2437 (代表)

URL <http://www.jaspp.com/>

印 刷 株式会社 ホクシン

〒211-0021 神奈川県川崎市中原区木月住吉町 22-3
