

JASPP Technical Library - 施工 - ①

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】

平成26年9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）
施工要領〈標準版〉

【Edition 1. 0】

平成26年9月

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会

「JASPP Technical Library ー施工ー」 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ー施工ー」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 前 田 良 刀

委員 青 木 一 二 三
岡 原 美 知 夫
高 橋 邦 夫
中 谷 昌 一
七 澤 利 明
吉 田 映

(平成 26 年 9 月 30 日現在)

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1本ごとに施工時に確認できる、材料管理が容易であるなどの長所があります。しかし、反面、杭打ち時に発生する騒音・振動の問題から、市街地等での打込み杭工法による杭打ち工事は困難になっています。

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、その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、たとえば道路橋の下部工について見ると「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」(平成2年2月)以来、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ます。

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、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」を作成し、必要に応じて改定を行って参りましたが、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おいた資料を作成するものとなりました。

本技術資料では、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。

施工法、施工管理や出来形管理あるいは適用範囲等について、「道路橋示方書」等分野ごとの仕様書や基準類において個々に定められた事項がある場合は、それらに従うことが原則となります。

本資料が工事品質向上、施工の信頼性向上の一助となり、鋼管杭の中掘り工法がますます発展・普及することを願う次第です。

初版発行 平成26年9月

目次

1. 総則	- 1 -
1. 1 目的	- 1 -
1. 2 適用範囲	- 1 -
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	- 3 -
2. 1 鋼管杭の中掘り杭工法の概要と代表 5 工法	- 3 -
2. 2 施工手順	- 6 -
2. 3 施工機械及び設備機器	- 10 -
2. 4 鋼管杭，鋼管矢板及び附属品	- 12 -
2. 5 鋼管先端部の仕様	- 13 -
2. 6 根固め液（セメントミルク）	- 14 -
3. 施工計画	- 15 -
3. 1 施工計画の基本	- 15 -
3. 2 施工要領書（施工計画書）	- 15 -
3. 2. 1 工事概要・一般事項	- 16 -
3. 2. 2 計画工程表の作成	- 16 -
3. 2. 3 工事組織・体制の記述	- 16 -
3. 2. 4 現場確認・設計図書照査に関する注記事項など	- 16 -
3. 2. 5 施工機械・器具，仮設備	- 17 -
3. 2. 6 施工管理計画	- 17 -
3. 2. 7 試験杭の実施計画	- 17 -
3. 2. 8 施工記録	- 17 -
3. 2. 9 品質管理計画	- 18 -
3. 2. 10 安全衛生管理	- 18 -
4. 施工	- 19 -
4. 1 事前準備	- 19 -
4. 2 準備工	- 19 -
4. 2. 1 作業ヤード	- 19 -
4. 2. 2 障害物の撤去・防護	- 20 -
4. 2. 3 作業基盤の整備	- 20 -
4. 2. 4 施工機器の運搬・組立設置・点検	- 21 -
4. 2. 5 発生土の処理計画	- 21 -
4. 3 使用材料の受入れと保管	- 21 -
4. 3. 1 鋼管杭・鋼管矢板	- 21 -
4. 3. 2 セメント類	- 22 -

4. 4	鋼管杭の建込み・沈設	- 22 -
4. 4. 1	鋼管杭の建込み	- 22 -
4. 4. 2	中掘り沈設	- 24 -
4. 5	杭先端根固め処理	- 25 -
4. 6	現場縦継ぎ溶接	- 25 -
5.	施工管理	- 26 -
5. 1	施工管理者	- 26 -
5. 2	一般	- 26 -
5. 3	試験杭の実施	- 26 -
5. 3. 1	試験杭の目的	- 26 -
5. 3. 2	試験杭の計画	- 27 -
5. 3. 3	試験杭での評価と報告	- 27 -
5. 4	施工管理項目と記録	- 29 -
5. 5	施工管理装置	- 29 -
5. 6	施工管理の留意点	- 32 -
5. 6. 1	杭の建込み（傾斜）の管理	- 32 -
5. 6. 2	掘削・沈設時の施工管理	- 32 -
5. 6. 3	支持層の確認	- 33 -
5. 6. 4	セメントミルク（根固め液）の品質管理	- 34 -
5. 6. 5	根固め部の施工管理	- 37 -
5. 6. 6	杭の自沈防止のための保持	- 38 -
5. 6. 7	地下水流，被圧水，逸水層への対処	- 39 -
5. 6. 8	現場縦継ぎ溶接の留意点	- 40 -
5. 6. 9	鋼管矢板基礎の施工手順	- 41 -
5. 7	施工記録	- 42 -
6.	施工上の問題点と処置・対策	- 52 -
6. 1	鋼管杭基礎	- 52 -
6. 2	鋼管矢板基礎	- 55 -
	【付録A】鋼管杭・鋼管矢板の規格値	- 58 -
	【付録B】代表5工法の先端部詳細仕様	- 62 -
	【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	- 65 -
参考資料1	オーガ駆動電流値，積分電流値の評価例	- 69 -
参考資料2	拡大径掘削のビット拡翼確認方法	- 71 -

1. 総則

1. 1 目的

本施工要領(案)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。本施工要領(案)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より詳細に記載した。

本施工要領(案)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) (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
- 2) (社) 日本道路協会：杭基礎施工便覧，平成19年1月
- 3) (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) (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
- 13) (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，平成23年1月
- 14) (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，平成23年5月

1. 2 適用範囲

(1) 適用工法

本施工要領(案)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。

本施工要領(案)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 までを本施工要領(案)の対象範囲とする。

また，施工要領(案)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。杭先端地盤が粘性土や岩等の場合には最終打撃方式かコンクリート打設方式による杭先端処理を検討するのが良い。

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。

事業者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。

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

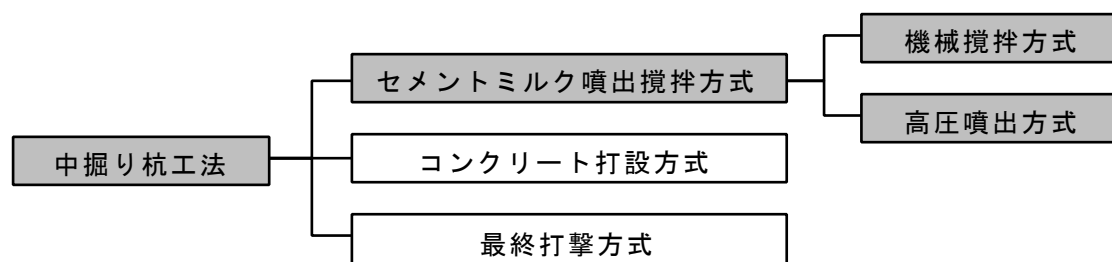
2. 1 鋼管杭の中掘り杭工法の概要と代表5工法

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。

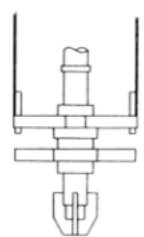
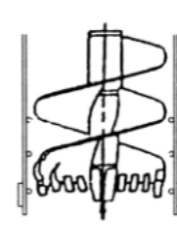
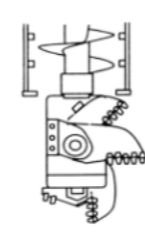
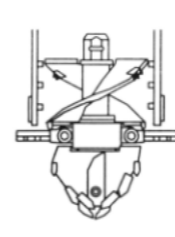
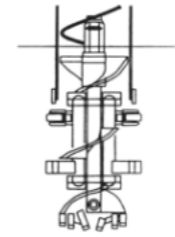
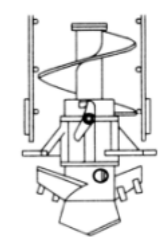
また、杭先端の処理方法であるセメントミルクを噴出して根固め球根を築造する方法には、低圧（1MPa程度）でセメントミルクを噴出しビットを使用して機械的に攪拌する方式（機械攪拌方式）と、高圧力（15MPa程度以上）でセメントミルクを噴出し攪拌混合する方式（高圧噴出方式）に分けられる。いずれの方式も根固め球根が地盤とよく密着し、大きな支持力を得ることが確認されている工法である。



各種中掘り杭工法の個別の適用性の判断は各事業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を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		TAIP工法	TN工法	TBS工法		FB9工法	KING工法	
工法の概要		(1工程方式)杭先端部に先端刃シャフトを仮固定し、杭本体と共に回転させ、所定深度まで掘削・沈設。先端刃を鋼管から分離させて杭先端を掘削し、セメントミルクを低圧噴出・攪拌して根固め球根を築造する。 (2工程方式)1工程目は杭内径より小さいヘッドのスパイラルオーガで中掘り沈設。2工程目で先端刃シャフトを管内に挿入し、杭先端部で拡翼掘削し、低圧噴出・攪拌して根固め球根を築造する。	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、先端根固め部に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拡大根固め球根を築造する。 2工程方式ではオーガ併用機の代わりに根固め専用機を使用することもできる。	RP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セメントミルクを低圧噴出し、攪拌混合して拡大根固め球根を築造する。 球根築造後、球根内に鋼管を所定長さ圧入定着する。	RB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、攪拌混合して拡大根固め球根を築造する。 球根築造後、球根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、攪拌混合して拡大根固め球根を築造する。 球根築造後、球根内に鋼管を所定長さ圧入定着する。	
施工方法	掘削方法	1工程式：先端刃付きシャフト+水 2工程式：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	1工程式:回転圧入/2工程式:圧入	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、土砂と混合攪拌。	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混合攪拌。	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、土砂と混合攪拌。		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、土砂と混合攪拌。	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、土砂と混合攪拌。	
	排土量	少	少	少		少	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	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	1工程式：100~200kN（装置重量） 2工程式：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 掘削刃の突出長は鋼管杭表面から杭径が 800mm 未満が 9mm 以下、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~-60mm 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	
オーガヘッド及び杭先端仕様（概略図）								
杭先端仕様の特徴	杭先端内部に鋼板又は鉄筋溶接。	杭先端内部に鉄筋又は平鋼を溶接。	杭先端に端板リング溶接。 杭先端内部に鋼板溶接。	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。	杭先端内部に鉄筋溶接		
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	φ300~φ1016	φ400~φ1219.2	φ400~φ812.8mm(RPタイプ)		φ400~φ1200	
		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基本2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			RP：φ400~800 RB：φ400~1000		φ400~φ800	φ400~φ1000
		長さ			φ800以下 80mかつ110D以下 φ800超え 51m以下		75mかつ110D以下	φ800以下 84.5mかつ110D以下 φ800超え 79m以下
支持層			砂質土又は砂礫土		砂質土又は砂礫土	砂質土又は砂礫土		
技術資料	TAIP工法技術資料（TAIP工法協会） 杭径：φ400~φ1200 長さ：80m以下 支持層：砂層・砂礫層							

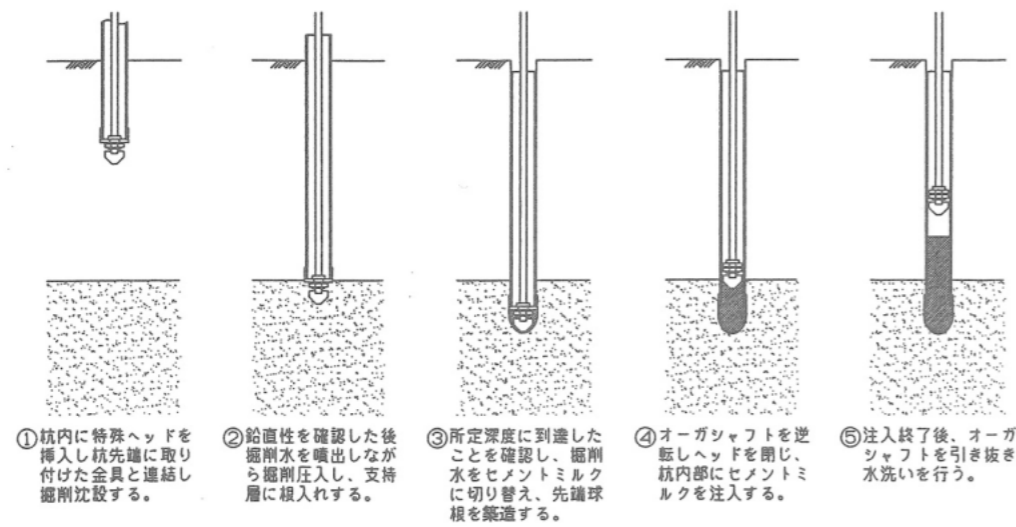


図-2.1 TAIPI工法(1工程方式)の施工手順

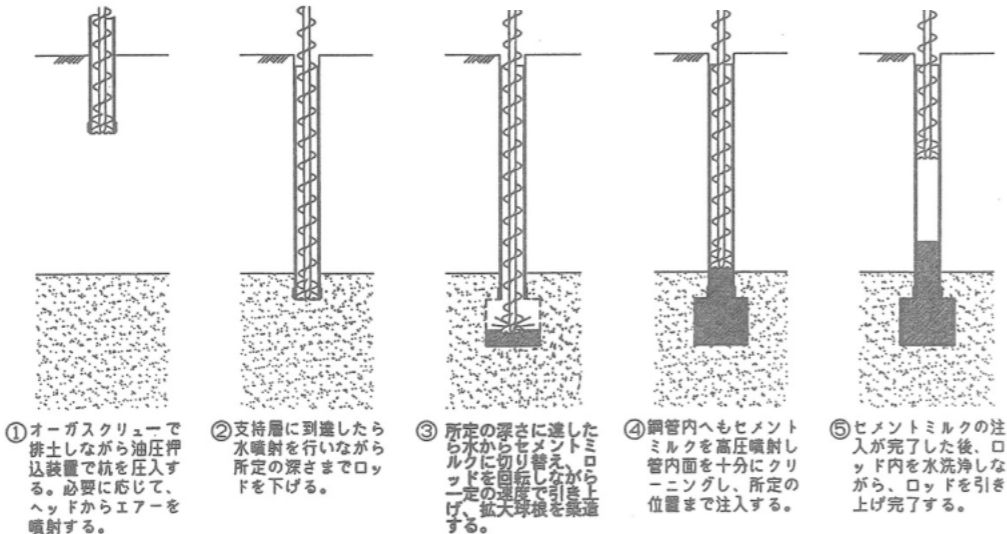


図-2.2 TN工法の施工手順

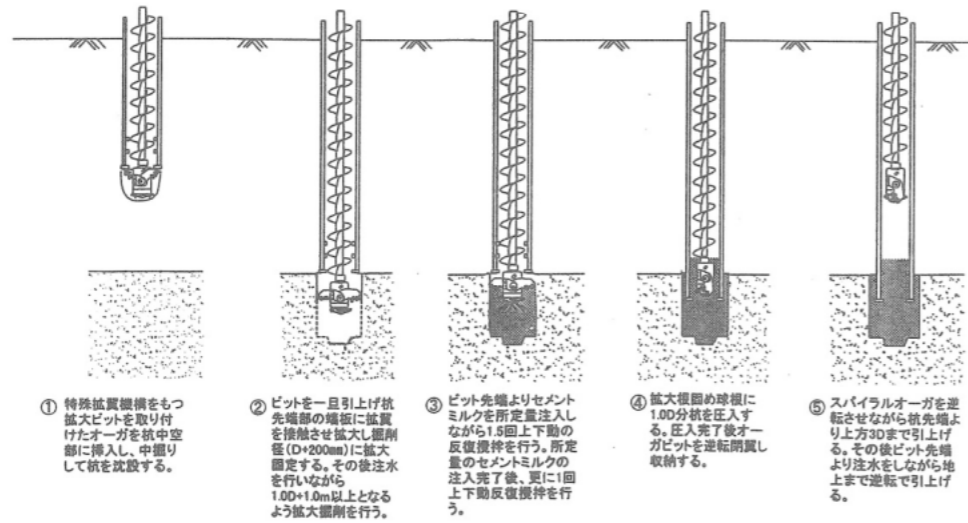


図-2.3(a) TBS工法(RPタイプ)の施工手順

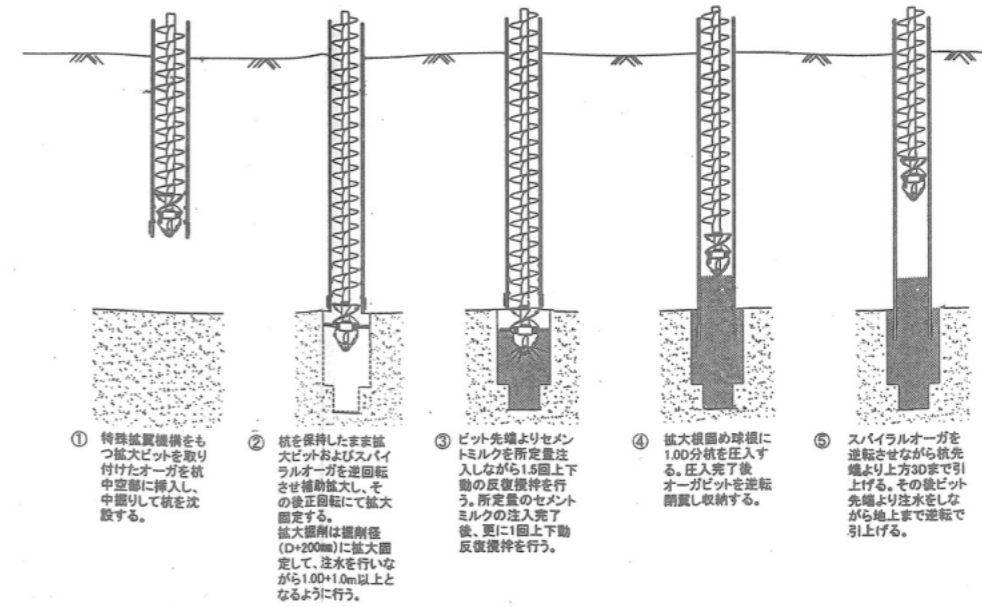


図-2.3(b) TBS工法(RBタイプ)の施工手順

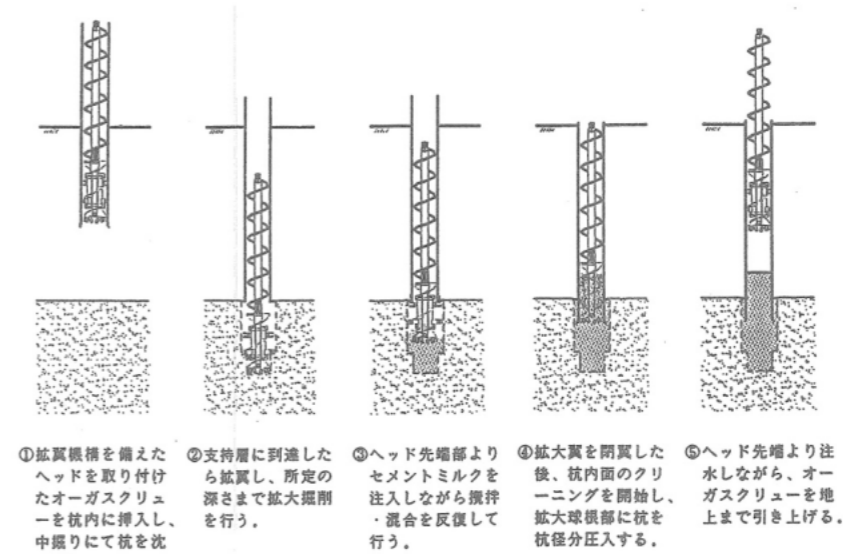


図-2.4 FB9工法の施工手順

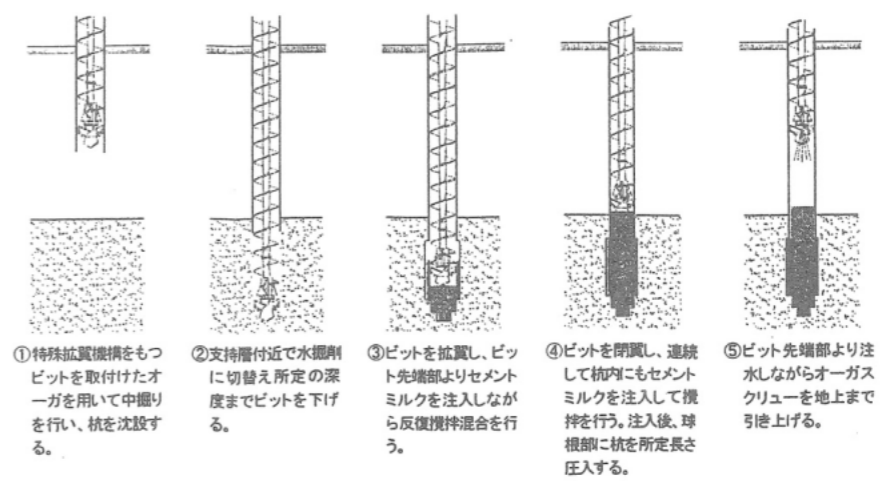


図-2.5 KING工法の施工手順

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の築造、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、基礎としての支持力特性等について別途載荷試験等による確認を行うことが望ましい。

図-2.6(a)に鋼管杭基礎の中掘り杭工法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杭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。

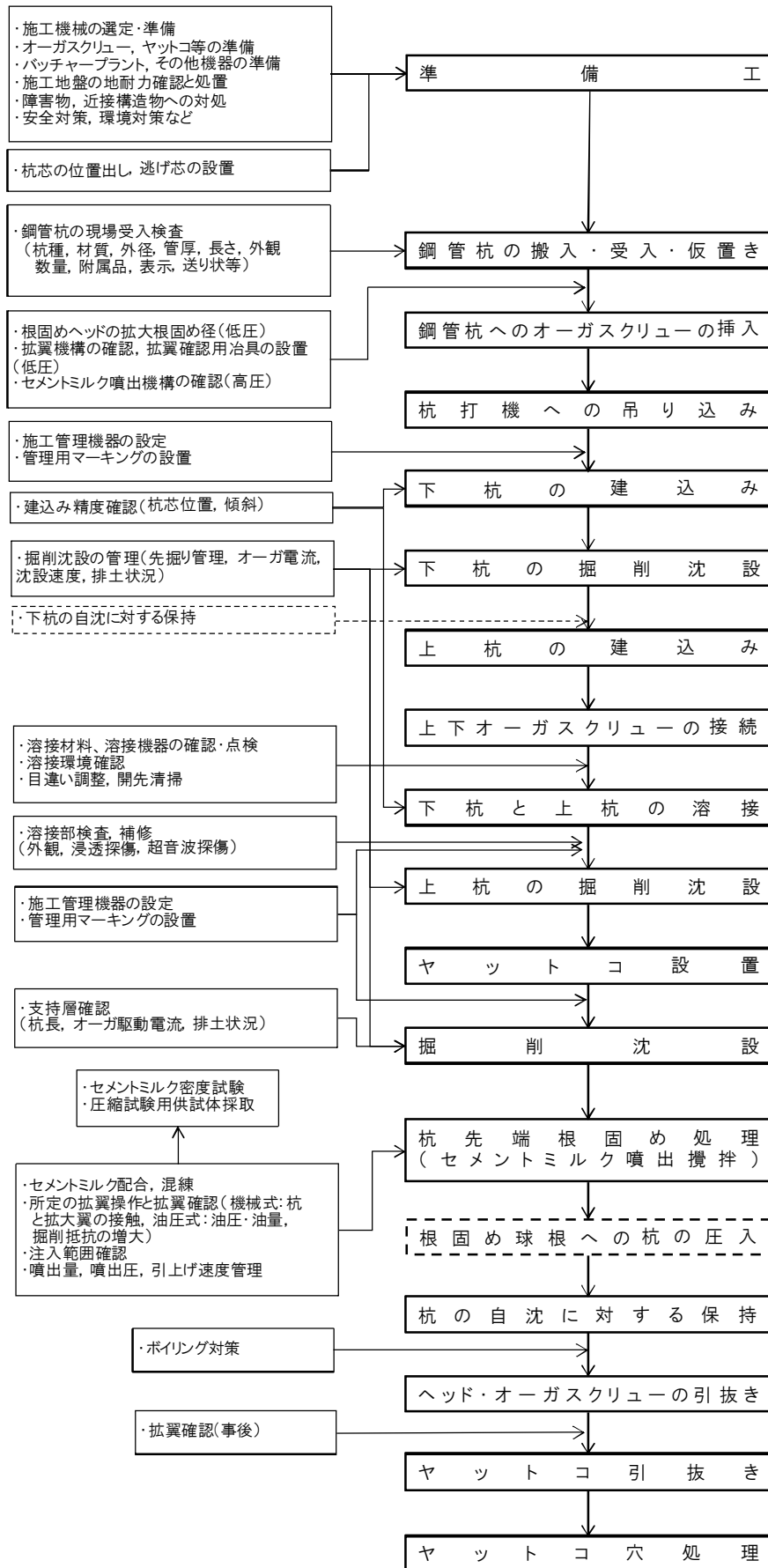


図-2.6(a) 鋼管杭基礎の中掘り杭工法(セメントミルク噴出攪拌方式)標準施工フロー

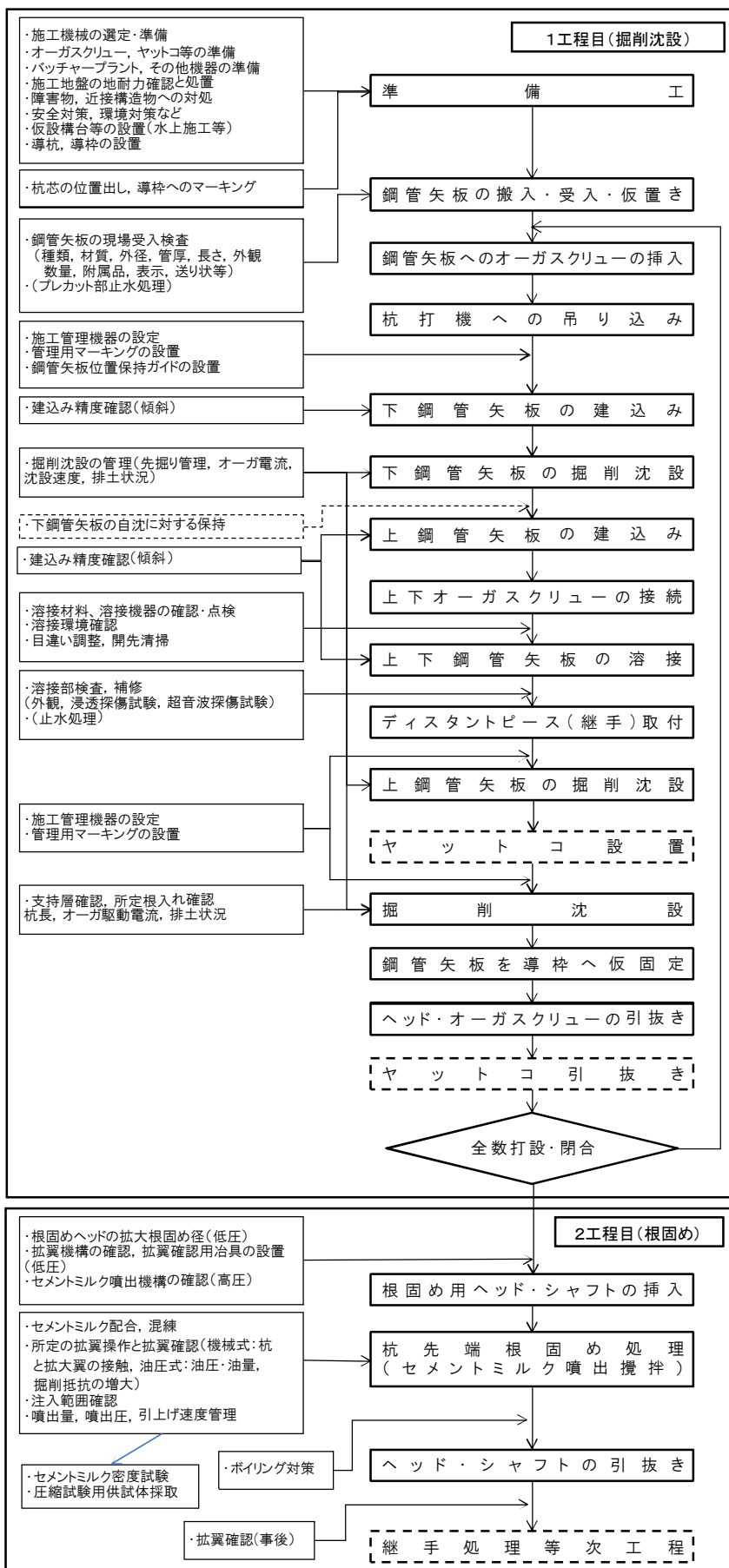


図-2.6(b) 鋼管矢板基礎の中掘り杭工法(セメントミルク噴出攪拌方式)標準施工フロー(2工程方式)

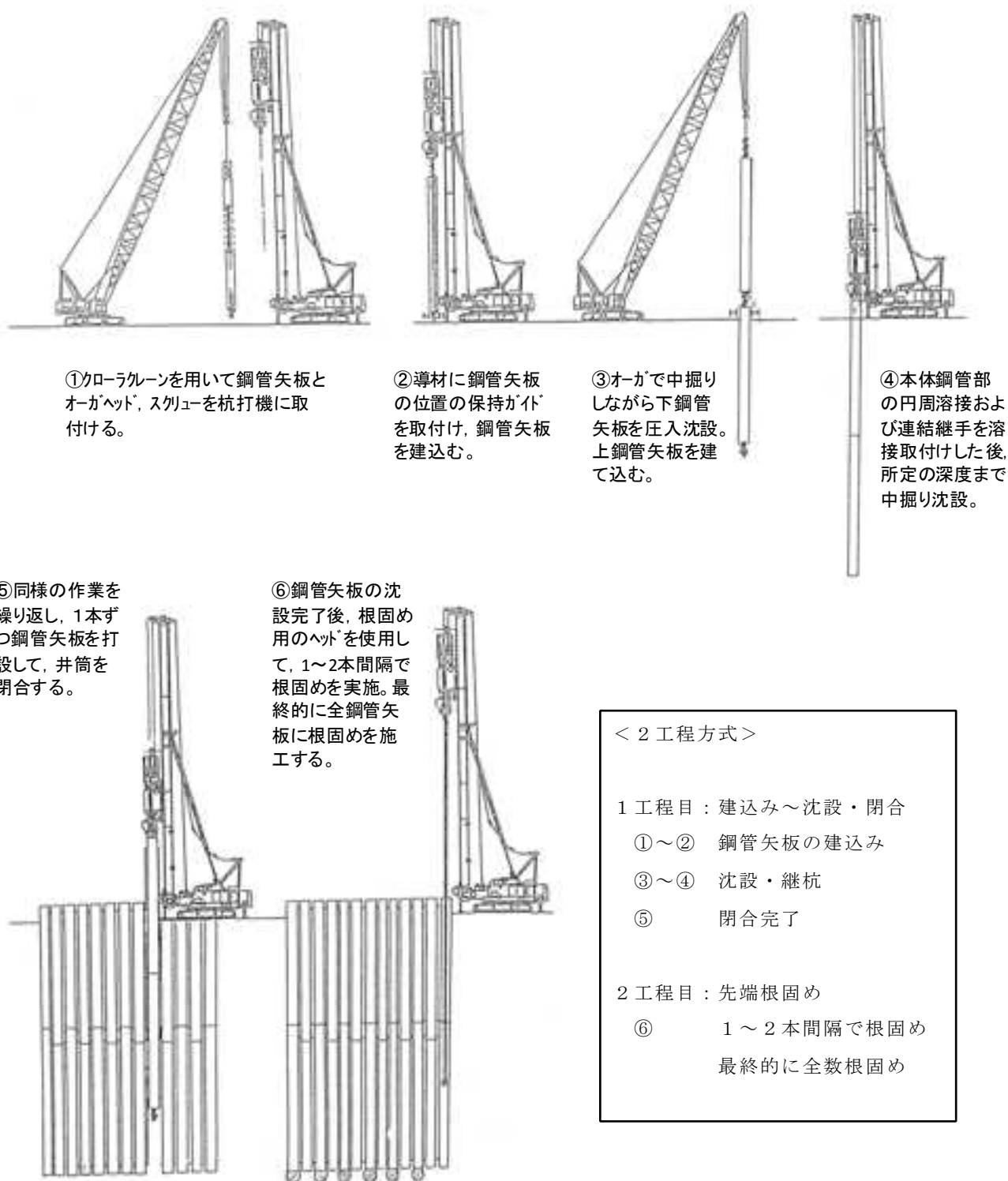


図-2.7 中掘り杭工法による鋼管矢板基礎の一般的な施工手順<2工程方式>

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、杭打機、補助クレーン及び杭先端の根固め球根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)	直結三点支持式	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)	可搬式スクルーエンジン掛け	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 200 ℓ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） など	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ボーム浮ひよ 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（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， 22～25t×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 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（平成23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) フリクシオンカッター

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オンカッターを取付けることが一般的である。フリクシオ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オンカッター厚さは、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オンカッター厚さが採用されている。

表-2.5 フリクシオンカッター厚さ t の標準値

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

(2) 現場円周溶接継手（JASPP ジョイント）

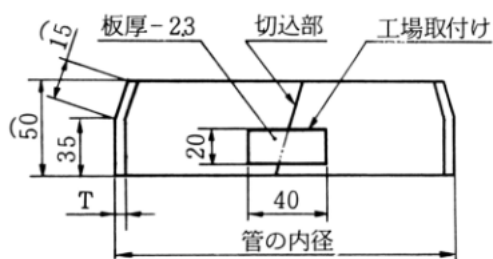
現場縦継ぎ溶接部の構造は、JIS A 5525（鋼管ぐい）にも示されている図-2.8に示したもの（JASPP ジョイント）に標準化されており、特殊な杭を除いてこの継手を用いる。

(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



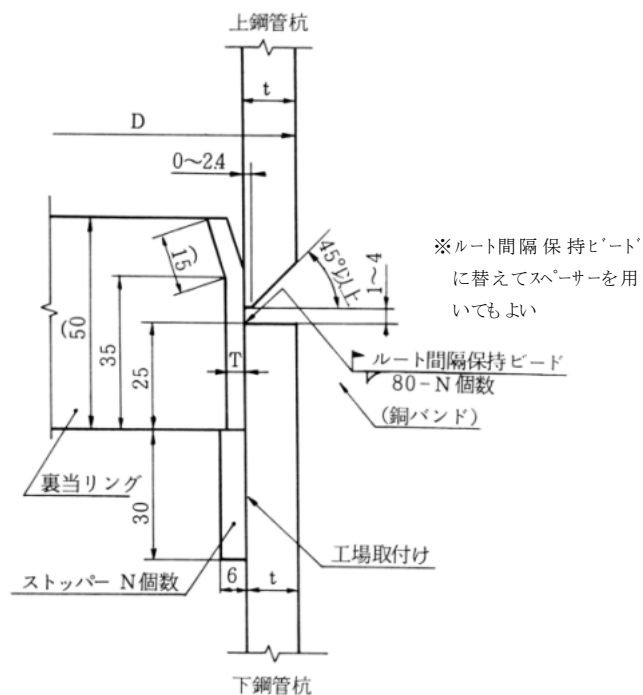
裏当リングの厚さ 単位 mm

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（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）を用いても良い。

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，凝固性や施工性など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。

- ・ 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法

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様以上の安全度等を有するように載荷試験等により別途検討することが必要である。

(1) 一般

施工計画のための調査，仮設計画，運搬計画，工程計画，品質管理計画，安全管理計画，環境対策計画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，これらを参照するのがよい。なお，法令等については常に最新情報を確認するように心がける必要がある。

(2) 試験杭

施工に先立って「試験杭」を実施し，施工計画通りの施工が可能かどうか，計画した施工及び施工管理に問題がないかどうかを確認する。施工可否の確認，施工管理・品質管理項目の確認ということのみならず，「試験杭」の結果を本杭施工の施工管理，品質管理に反映させることで，より合理的かつ信頼性の高い施工が行えるので，試験杭の実施と結果の活用を念頭において施工計画を立案する必要がある。

3. 2 施工要領書（施工計画書）

下部構造の施工では，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を行わなければならない。この要件を満たす施工が行われることが確認できるような内容の施工要領書（施工計画書）を事前に作成しなければならない。

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
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，様式等
13. 品質管理計画，出来形管理計画
14. 安全管理
15. 環境対策

施工要領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などは，その内容や処置等について記載しておくことが望ましい。

3. 2. 2 計画工程表の作成

工程表の作成においては，仮設備を含めた工事全体の工程も踏まえて，個々の基礎工事の施工工程を立案する必要がある。また，数基の基礎を施工する場合にはその着手順序等を記入した平面図等も添付する。

3. 2. 3 工事組織・体制の記述

建設業法に規定されているように，工事の実施に際しては組織・体制の書類（施工体制台帳，施工体系図）を作成する。

また，工事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ことが望ましい。

特に，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など

工事の受注者は，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，施工基点（仮 BM・多角点・幅杭・中心線測量点等），施工ヤード，搬入路，施工支障物件・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。必要に応じて地盤調査を追加する。

「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）等を受注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などして、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することが望ましい。

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ことが望ましい。

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ことが望ましい。

中掘り杭工法での具体的な施工及び施工管理の要点については4章以降に記述する。

鋼管杭基礎、鋼管矢板基礎の中掘り杭工法の施工管理項目とその状況記録についての標準的な例を表-5.2に示しているので参照されたい。

3. 2. 7 試験杭の実施計画

施工要領書（施工計画書）においても、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、結果の本施工への活用等を明確にしておくことが必要である。

3. 2. 8 施工記録

施工記録は作業日毎の記録のほかに、個々の基礎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、提出すべき記録等について、施工要領書で明確しておく。

また、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。

3. 2. 9 品質管理計画

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しておくことが望ましい。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化するのが良い。

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、確認者等も明確化しておくことよい。抜き取り検査等では、抜き取り率だけでなく予定される実検査数量に換算して記載すれば記録等の照合・確認等が行いやすい。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良い。

3. 2. 10 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。

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、施工に着手する前に以下のような準備作業を行う必要がある。

- ・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
- ・土質条件、現場作業条件、周辺環境条件等を十分に確認して、設計図書における想定との相違や追加の配慮事項等を検討する
- ・施工要領書（施工計画書）を作成し、発注者等と確認・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。

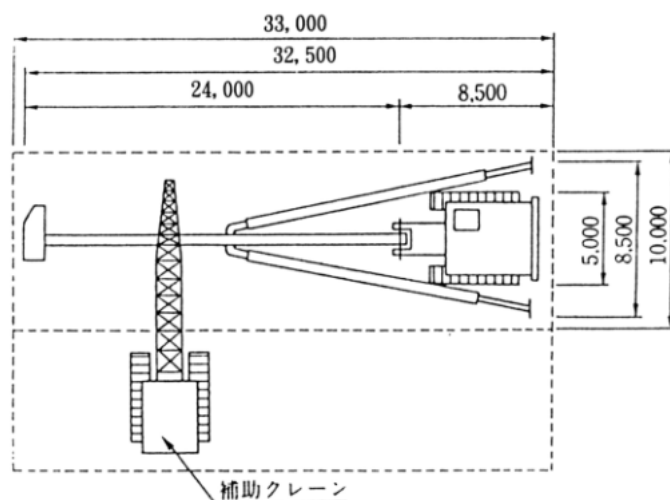
施工に先立つ準備工としての注意事項を以下に示す。

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機の分解・組立、杭打作業にともなう杭打機の移動・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) 杭打機の分解・組立に必要なヤード

杭打機の分解・組立に必要な作業ヤードは、杭打機のリーダが24mの場合、以下の広さが必要である。



図－4.1 3点支持式杭打機の分解・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。

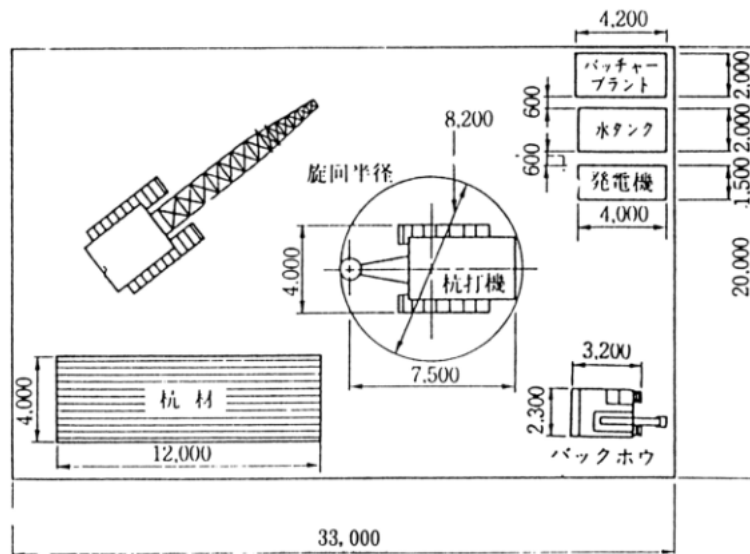


図-4.2 標準的作業ヤードの例

4. 2. 2 障害物の撤去・防護

鋼管杭の施工が安全かつ円滑に行われるためには、送電線や電話線等の地上障害物、及び旧建築物の基礎や配管等の地中障害物の有無の調査を十分に行い、障害物がある場合には、これを撤去もしくは必要な対策を講じておく。

特に、地中障害物は杭心ずれや杭の傾斜等の原因となるだけでなく、施工能率にも影響するので注意しなければならない。必要に応じて試掘調査等も実施する。

なお、地上構築物の撤去が困難で、一般の杭打機による施工が不可能な場合には、杭打機のリーダ長さを短くするなどの改造を行って施工することもある。

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十分留意し、施工機械の機種、重量、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。

地盤（表層、浅層）が軟弱な場合は、重機の安定性及び杭の施工精度（鉛直精度、水平精度）の確保のために、敷鉄板の使用、地盤改良等の対策を取る必要がある。

一般的な3点支持式杭打機の重量からは平均接地圧 $100\sim 200\text{kN}/\text{m}^2$ 程度であるが、施工荷重の偏心等を考慮すると $400\text{kN}/\text{m}^2$ 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良い。

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必要がある。

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、搬入ルート、道路幅員、高さ制限、曲がり角等事前に道路や交通の状況を十分調査する。

特に杭打機の運搬はトレーラーで行われることから、道路状況を把握した上で、綿密な運搬計画を立てる。また、鋼管杭・鋼管矢板の運搬可能長さについても留意が必要である。

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。

また、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、記録を保管することが望ましい。

掘削装置、セメントミルクのプラント（バッチャープラント）、施工管理機器等についても、施工開始前に所定の機能を有することを点検・確認しておく。

4. 2. 5 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. 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、数量を確認することも重要である。

鋼管杭・鋼管矢板の製品検査結果については、品質証明書（ミルシート）での別途確認も行う。

受入れ検査の実施状況は記録に残すとともに、品質証明書類と併せて整理保管することが望ましい。

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。

枕木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良い。

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、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1つの目安となる。

鋼管のハンドリングにおいて、クランプあるいはハッカ等の吊り治具を使用して管端部を変形させる事例が見受けられる。やむを得ず管端部に治具を使用する場合にも、吊り重量や治具のあたり面を広くする、ゴム等の緩衝材を使用するなど、疵や変形に対して十分配慮する。

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・管理することが望ましい。

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) 遣り方、杭心だし

遣り方は杭心の位置出しや杭の高さを管理するために重要である。

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芯を堅固に設置する。

また、近接杭の施工によって杭心や逃げ芯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棒を設置し、これを基準にして施工する。鋼管矢板の継ぎ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ぎ手のガイド部材を微調整しながら建込みを行う。導棒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) 杭打機リーダの鉛直性の確認

杭の建込みに先立ち、杭打機のリーダが鉛直であることを杭打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) 鋼管杭の吊込み

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-4.3に示すように、鋼管杭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。

鋼管杭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しなければならない。

施工時の安全性や施工性を考慮して、鋼管杭の各単管に吊り金具を取付けることが望ましい。

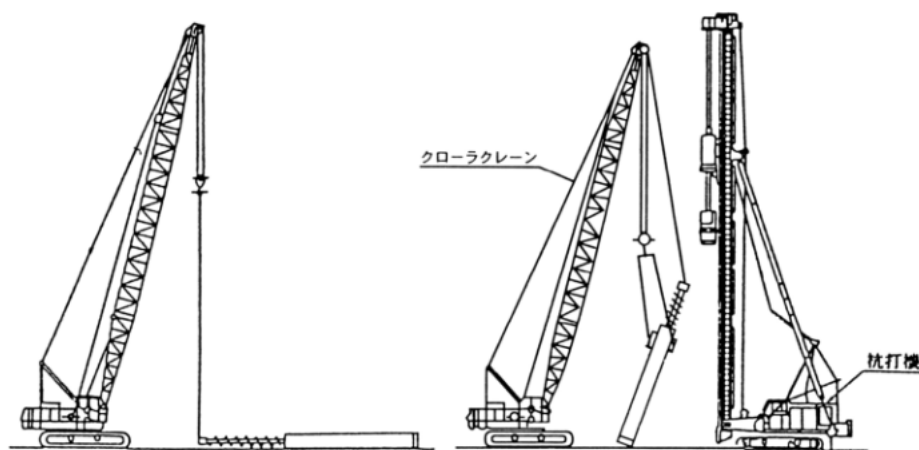


図-4.3 スパイラルオーガ挿入建込み状況

(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を行う。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) 鋼管杭の建込み

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方向に逃げ芯を設置し、逃げ芯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杭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枠で本管位置及び継ぎ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モータ駆動電流、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) 中掘り沈設

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、地盤によってはバイブ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

杭の中掘り圧入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必要がある。

4. 5 杭先端根固め処理

杭先端根固め処理は、鋼管杭のセメントミルク噴出攪拌方式による中掘り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、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。

規定値以内の目違い量，ルート間隔となるよう調整するとともに，上部の杭の鉛直性を確保し，適切な資機材を用い，適切な溶接条件で資格保有者が溶接作業を行なう。

溶接部は，外部キズ・内部キズについて所定の検査を実施し，不具合が認められた場合は必要な補修を行う。

現場縦継ぎ溶接に関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 鋼管杭・鋼矢板技術協会（H24.3）」を参照されたい。

なお，溶接継手に替えて建設技術審査証明を取得している機械式継手が用いられる場合もある。詳細については各工法の技術審査証明資料を参考にするのが良い。

5. 施工管理

5. 1 施工管理者

セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法は、施工機械の選定、施工方法、施工管理等に専門知識を必要とするので、工法に精通した技術者を配置する必要がある。

5. 2 一般

鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の中掘り杭工法においては、施工完了後の出来形等の測定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。

次項以下に述べる留意点を参考にして、適切な施工管理、品質管理を実施することが必要である。

5. 3 試験杭の実施

施工に先立って「試験杭」を実施することを標準とする。

ただし、本杭と別に試験用の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. 3. 1 試験杭の目的

施工に先立って設計図書の照査と施工現場の状況の確認を行ったうえで施工計画を策定する。基礎の設計はボーリング等の土質調査結果や近隣や過去の類似工事での実績等の情報を用いて実施されるが、こうした事前調査は本体構造物の計画・設計の資料を得ることに重点が置かれており、基礎の施工に必要な情報が必ずしも十分には取得できていない場合も多い。また、現場確認でも地盤の特性等について事前に把握できる情報はそれほど多くはない。

このため、計画した施工法・施工管理手法の妥当性、設計条件と実現場と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。

試験杭の結果を本施工に反映させることが重要である。試験杭の結果によっては、施工機械や施工工程の変更、試験杭の計画時点で考慮できなかった別途の対策や処置、場合によっては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、慎重な検討と協議が必要である。

5. 3. 2 試験杭の計画

試験杭の実施に際しては、その実施計画（施工要領書での記載あるいは単独の試験杭計画書）を作成し、施工関係者の了解を得るものとする。

また、試験杭は、本杭の施工に先立ち実施するものとし、原則として発注者（施設管理者）、設計者、施工者（現場代理人、監理技術者等）が立会うものとする。

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。

試験杭は支持層の状態がわかるような位置を選ぶ必要がある。既存情報との対比の意味で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施工計画の許す中で選定する。

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。

通常、橋脚や橋台等の基礎毎に試験杭を計画する。試験杭の施工結果で、施工品質確保や施工管理方法等の懸念が発見された場合などには、試験杭を追加する。複数の基礎の施工を行う場合や、地盤条件や構造条件等に配慮すべき事項がある場合は、複数の試験杭を行う。

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。

5. 3. 3 試験杭での評価と報告

試験杭では、支持層の状態等の設計で考慮した諸条件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とする。

- ・計画した施工機械での施工可否
- ・施工機械、管理用計器類のキャリブレーション
- ・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の妥当性
- ・地盤性状、地中埋設物等の把握

- ・施工能率の把握，計画工程の妥当性
- ・施工管理指標
 - 地盤に応じた掘削沈設速度，支持層到達の管理指標（オーガ駆動積分電流値特性等），杭の自沈防止の保持時間
- ・溶接技量の確認

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。

杭基礎施工便覧に示された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
(出典：杭基礎施工便覧 H18年度版の表を編集)

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)，ヤットコ
	施工機械	杭打ち機，圧入装置，スパイラルオーガ 根固め機，モルタルプラント，溶接機器
2. 掘削沈設時	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・振動等) 施工時地盤高，地下水位・被圧状況
	作業開始時刻 および 作業時間	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 杭の自沈に対する保持
	施工記録	掘削時間，掘削深度 オーガ駆動電流値または積分電流値 排出土の状況 支持層の深度 支持層到達の管理指標
3. 先端根固め工程	一般事項	杭頭標高，杭先端標高，根入れ長さ 拡翼確認
	施工記録	セメントミルクの配合，密度，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

5. 4 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、所定のプロセスにて施工が実施・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「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における主要な施工プロセス管理項目を表-5.2に示す。工事分野ごとの技術基準や設計図書・仕様書等に記載がある場合は、それに従う必要がある。

施工プロセスの記録は、数値等で表現できない項目も多いため、こうした場合にはチェックリストでの実施チェック記入や写真やビデオ等での実施記録も活用するのがよい。

5. 5 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-5.3 施工管理装置による管理・記録項目

	低圧噴出方式の場合	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） オーガ回転速度 オーガ引上げ速度

なお、施工深度とオーガ駆動電流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管理装置が開発されており、より合理的な管理が可能となることから、こうした管理装置を用いることが推奨される。施工管理機器の利用に際しては、機器の設定やキャリブレーションに留意しなければならない。

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。

表-5.2 鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の中掘り杭工法の施工管理項目（標準例）

施工工程		達成すべき項目	施工管理項目		管理方法	管理値	概要・備考	記録		試験杭による判断項目と本杭への反映
								記録方法	頻度	
事前準備	設計図書の照査	設計図書の要求事項を満足できる施工計画	施工内容、数量、土質条件等の不足、図面相違がないことを確認			不明点、過不足があれば協議	-	-	-	
	施工要領書の作成		施工現場にて施工基点、敷地条件、施工障害物、搬入道路、近隣施工状況等を確認した上で施工要領書を作成							
準備工	現場環境整備	要領書通り施工可能な環境	施工障害物の対処、ヤードレイアウト・区分、および安全対策、施工基面の強度確保	実地点検・措置、地耐力検定など	-	-	-	-	使用機材・方法・環境の決定	<ul style="list-style-type: none"> 現場環境、機材・装置が適切か？ 計画通りの施工が可能か？
	中掘り掘削装置	要領書記載の機材	施工要領書との整合確認 機種・規格、寸法・仕様、性能、作動確認	法定検査証明、検査済みシール、自主検査、排ガス対策指定シール、実機写真など	法定検査機器、排ガス対策機指定	検査証明書、自主検査記録、実機写真	施工前に1回			
			スパイラルスクリュー径、ヘッド径、拡翼機構	スケール等により計測	計画所定径、所定拡翼径-0mm、+20mm	記録簿等、写真	1回/日以上			
			高圧噴出用チップの形式、取付位置、所定の噴出能力・目詰まり等の異常	地上での試噴出による目視確認	所定の噴出チップ使用 目詰まり等異常がないこと	-	適宜			
施工管理機器のキャリブレーション	計測データの信頼性	所要の機能、適切な設置・調整	作動確認、設置確認、キャリブレーション	-	校正記録等	適宜				
受入れ・管理	鋼管杭・鋼管矢板	設計図書記載の適切な材料と数量	規格・寸法、外観、付属品など	ミルシート、寸法検査成績表、納品書などの確認 現品の目視確認・チェック測定	設計図書の記載内容による	メーカーの寸法検査成績表で確認	ミルシート、寸法検査成績表 写真、受入れ検査記録	材料受入れ毎		
	セメント副資材		品名・数量・保管状況	納品書等の確認、保管状況の確認	所定のセメント、防湿対策がとられていること	納品書・伝票 セメント使用記録など	適宜			
建込み・沈設	建て込み	所定の位置、精度での建て込み	杭芯位置	2方向に逃げ芯を設置、杭位置をマーキング	杭芯ずれ50mm以内 逃げ杭は移動、誤認がないように処置	※杭芯出来形測定	写真	適宜	標準施工方法・条件の設定	<ul style="list-style-type: none"> 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？
			杭の傾斜、杭打ち機の傾斜	トランシット又は傾斜計等で 直交2方向からの傾斜確認	傾斜1/200以内	傾斜確認チェック記録等	全数			
	中掘り沈設	杭の鉛直性	支持力発揮の前提となる 施工条件の確保	沈設速度	施工管理装置、(又は標尺物での目視確認)	掘削速度の目安値、試験杭施工結果を参考	軟弱地盤で過度な沈設を行わない	★杭の施工記録 ●施工管理装置データ		
		先掘り長さ	マーキングなどによる先掘り長管理	先掘りは1m以内						
		現場縦継ぎ溶接	接合部の品質	溶接仕様・作業要領	「道路橋における鋼管杭の現場縦継ぎ要領 鋼管杭・鋼管矢板技術協会(H24.3)」に準拠	溶接部検査は発注仕様書等に従う 必要に応じ事前の溶接試験を実施	☆溶接施工記録 検査(外観・非破壊)記録 補修記録	全数 (設計図書等による)所定 頻度		
	支持層の確認	支持層への到達	オーガ駆動積分電流値、排土の性状	施工管理装置でのデータ、排土の目視確認 土質柱状図との対比			試験杭の施工結果、管理方法を参考	★施工記録(●施工管理装置) ●オーガ駆動積分電流記録 (状況に応じ電流値記録)		
根固めの築造	寸法形状	形状・寸法の確保	オーガヘッド拡翼の確認	施工管理装置によるオーガ駆動電流値 拡翼痕跡(ピンの切断等)の事後確認	試験杭施工結果を参考 拡翼確認機構に応じた確認法(ピン切断等)	記録写真	全数	標準的な施工方法・条件の設定	<ul style="list-style-type: none"> 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が可能か？ 	
			掘削開始深度、最終掘削深さ	施工管理装置による掘削深度管理 マーキング等によるオーガヘッド位置管理	所定位置±100mm	★杭の施工記録 ●施工管理装置データ				
	根固め材料・品質	材料品質・注入量の確保 所定の手法・手順による 原位置攪拌混合	セメントミルク(根固め液)の品質	密度	マッドバランス、ボーム浮ひょう等 測定装置による計測	所定の密度(許容差-2%~+3%)	試験結果表	毎日1回、及び 圧縮試験供試体採取時	標準的な施工方法・条件の設定	<ul style="list-style-type: none"> 所定の品質が確保されているか？ 所定量の注入とその確認は可能か？ 所定の攪拌混合作業が実施可能か？
				強度	供試体採取による圧縮強度(3体1セット)	3体の圧縮強度平均値≧規定値 (標準的な値)≧28≧20N/mm ² 3体の個々の値≧規定値の85%	試験成績表	継ぎ杭:20本及び端数に1回 一本杭:30本及び端数に1回		
			セメントミルク注入量	流量・積算流量または製造注入量	所定の全注入量、所定の時間当たり注入量	セメントミルク注入記録 (●施工管理装置データ)	全数			
	セメントミルクの注入・攪拌混合の範囲	施工管理装置(圧力・流量等、オーガ深度)及びマーキングの目視管理	所定の範囲、攪拌混合作業の速度、上下反復回数							
	杭体の定着	根固め内への圧入量	施工管理装置、及びマーキング目視管理	所定の圧入量±50mm	★杭の施工記録 ●施工管理装置データ					
オーガ引抜き速度、注水量	状況により注水や土砂を戻しながら引抜き等	ポイリング、セメントミルク吸引の発生を防ぐ								
施工後養生	杭の自沈に対する保持	所定位置での杭の保持	保持処置と保持時間の確保		試験杭の施工結果を参考に決定	鋼管矢板は2工程方式、導棒への仮固定を行うため保持は通常不要	●杭の施工記録 (保持時間)	全数	方法・保持時間の設定	<ul style="list-style-type: none"> 杭の沈下・拔上りが生じていないか？
	ヤットコの引抜き		ヤットコ引抜き時の杭の沈下や供上りの防止 強引な作業・過負荷の防止、引抜き力が過大でないことの確認など		-	※杭頭レベル出来形測定	-	-		

5. 6 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などが重要であり、特に留意が必要な点について以下に記述する。

5. 6. 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（例：規格値の半分、傾斜1/200、杭心ずれ50mm）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、傾斜が規定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良い。また、沈設初期には角度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角度を再チェックすることが大切である。角度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. 6. 2 掘削・沈設時の施工管理

(1) 先掘りの抑制

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。

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、駆動装置と杭の間の離間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必要がある。オーガヘッドの偏心を抑制するために適切な径のスクリーを用いる。

(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拡げて近接する構造物や他の杭に悪影響を及ぼす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などの対策をとる場合もある。

5. 6. 3 支持層の確認

(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、個々の杭で試験杭とは異なる状況が見られた場合や事前の土質調査結果との相違が大きい場合には、発注者・管理者と協議して対応を決定する必要がある。状況に応じて追加ボーリングを行うなど慎重な検討判断が望まれる。

中掘り杭工法ではオーガモータの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算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積分電流値による方法を支持層判断の標準とする。(参考資料1にオーガ駆動電流、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ことが必要である。

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適切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など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なども行い、総合的に判断する必要がある。

また、例えば、鋼管矢板基礎の場合は継手抵抗等によって沈設時間が影響され積算電流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などもあり、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など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、発注者と十分な協議を行わなければならない。

5. 6. 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%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、施工計画書に明記して協議確認することが望ましい。

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ボーム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、規定値、合否について取りまとめるのが良い。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、これに基づいて規定値（許容範囲）を定めておく必要がある。

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などして、監視を強化することが望ましい。

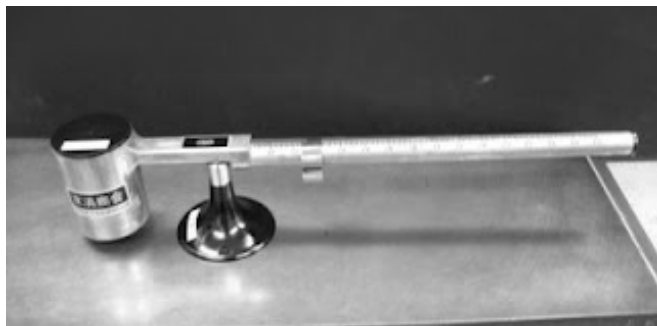


写真-4.1 マッドバランス（例）

<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。

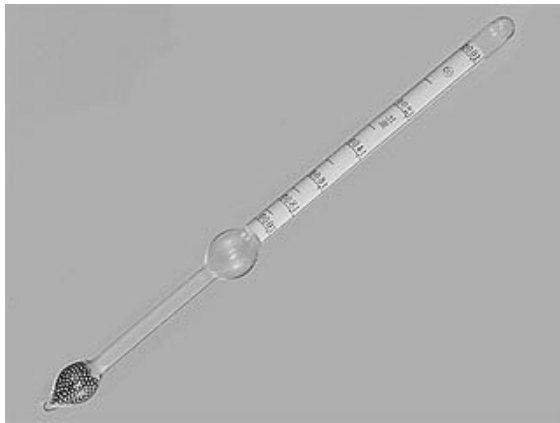


写真-4.2 ボーメ浮ひょう (例)

<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 $20\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を標準とする。

グラウトミキサの吐出口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**に基づく圧縮試験を行う。

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，合否を整理する。合否判定は，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（ $20\text{N}/\text{mm}^2$ ）以上，個々の値はその**85%**（ $17\text{N}/\text{mm}^2$ ）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。

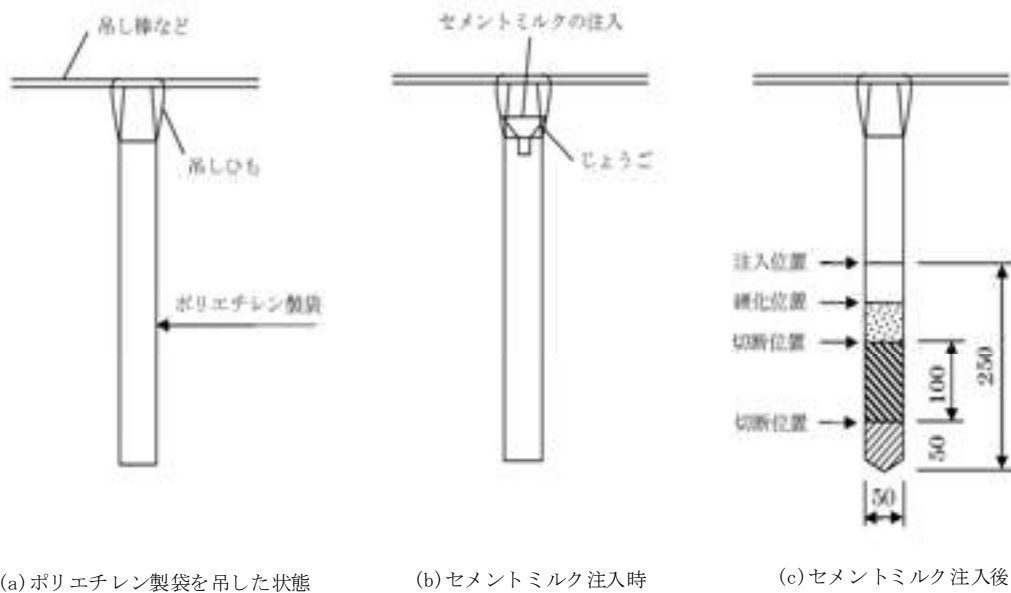


図-5.1 セメントミルクの圧縮供試体の作成方法(例)

出典：杭基礎施工便覧（H18改訂版）

5.6.5 根固め部の施工管理

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（ $W/C=60\sim70\%$ 程度），噴出攪拌位置，噴出圧力及び噴出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。

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，根固め用ロ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，杭を所定の深度に定着する。

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は**参考資料2**に示したとおりである。

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1日1回測定，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。**参考資料 2**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、拡翼深度、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、掘削オーガの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、施工深度、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、噴出深度、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、地上において装置の噴出孔径の確認、水による噴出状況の確認を実施し写真等で記録する。試噴出確認（必ずしもセメントミルクの高圧噴射時の規定圧力での噴出は要求しない）に際しては、作業の安全性や周辺への噴霧の飛散等に注意する必要がある。施工時には所定深度において所定の噴出操作を実施する。

(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、注入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、事前に注入液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. 6. 6 杭の自沈防止のための保持

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。杭の自沈が生じやすい急所の作業の1つである。

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が杭の沈下を引起こす要因となる場合もある。

このような自沈現象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、目安を示せる状況ではない。施工工程上はその現場で準備されているヤットコやスパイラルオーガの数量によって、次の杭の施工のためにヤットコやオーガを抜上げて転用したいタイミングがあり、保持判断を行う1つの基準となる場合がある。こうした状況も踏まえて、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るので、これに適した構造とする必要がある。また、施工工程と自沈防止の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連れ込み沈下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揚げてしまうおそれがあるので注意が必要である。

5. 6. 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部の確実な施工は困難である。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

に増粘剤を加えるなど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、ボイ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1つである。

5.6.8 現場縦継ぎ溶接の留意点

(1) 溶接施工

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を標準とする。

セルフシールドアーク溶接は、チューブ状の溶接ワイヤに脱酸材とフラックスを装填したものをを用いて、外部からのフラックスやシールドガスの供給無しに半自動溶接するもので、屋外施工に適したものである。

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、乾燥を行う。
- ② 溶接作業にあたっては、適切な溶接電流、溶接電圧及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、又は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責任技術者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。

(2) 溶接部の検査、補修

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接部は、一般に外部キズの検査として外観検査と JIS Z2343 による浸透探傷試験を、内部キズの検査として JIS Z 3104 の放射線透過試験又は JIS Z 3060 の超音波探傷試験による内質検査が実施される。実施頻度等については工事の仕様書等に従う。

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。

内部キズの検査について、中掘り杭工法の場合は、管内にスパイラルオーガが存在するため放射線透過試験の実施が困難で、超音波探傷試験で代替することが多い。

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などの手直しをする。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。

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ことが望ましい。

5. 6. 9 鋼管矢板基礎の施工手順

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

中掘り杭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圧入により施工し、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工程目の根固め工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。

先端根固めの施工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だが、施工振動等不慮の状況も踏まえて根固め施工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行っておく。

(4) 試験杭

鋼管矢板基礎の施工に際しても、あらかじめ試験杭の施工を行わなければならない。

鋼管矢板基礎設計施工便覧では「隔壁鋼管矢板や中打ち単独杭が計画されている場合には、それによって実施するのがよい」との記述がみられる。根入れ長が同じ場合は地盤、支持層

確認の意味では良いが、施工性や施工時間、鋼管矢板の傾斜、根固め施工等種々の項目で本杭施工とは異なる点があることに注意する必要がある。試験杭において一連の施工プロセスの確認を目的とする場合、本体部鋼管矢板を試験杭とすることが望ましい。また、鋼管矢板基礎の施工は2工程方式を標準としており、試験杭も同じ2工程方式での施工で実施するのが良い。

5. 7 施工記録

施工記録は施工管理の基本となるもので、施工を確実かつ円滑に実施していくうえで重要な事項である。中掘り杭の施工自体は杭施工専門業者が下請けとして実施することが一般的であるが、建設業法等が規定する施工体制・技術者の配置の中で適切に監理されなければならない。施工記録も同様に当該工事の主任技術者、選任されている場合は監理技術者が最終的な責任を有するものであり、工事の責任者は職員・作業員の中から適切な経験や資格を有するものに実際の施工データの調査・測定・記録を行わせる場合でも、その内容の照査・承認を行う必要がある。

施工記録は、工事終了後においては全体的な記録になるとともに、将来においては貴重な参考資料と位置付けられる。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。

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。

鋼管杭の施工に関する記録は、工事件名、工事場所、施工方法、使用機械器具、工程表、杭の位置、杭の構造や地盤条件等の全般的な記録の他、個々の杭の施工記録として、以下の事項について記載する必要がある。

- 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例を以下に示す。

・試験杭の施工記録の書式例	表－5.4
・本杭の施工記録の書式例	表－5.5
・根固め施工記録表の書式例	表－5.6
・セメントミルクの材料管理の書式例	表－5.7
・現場縦継ぎ溶接の施工記録の書式例	表－5.8
・オーガ駆動電流の積算電流値記録（施工管理装置データ）の例	図－5.2
・掘削沈設速度・積算電流のチャート記録の例	図－5.3
・掘削深度とオーガ駆動単体電流のチャート記録の例	図－5.4
・セメントミルクの吐出圧と流量のチャート記録の例	図－5.5

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はある。

施工の記録は、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データとなる。したがって、確認、参照、比較・分析やデータ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。

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きている。座標軸目盛の設定やチャート送り速度等が明確である必要があるが、人手による設定・書込み等に頼ることになり、記録が不明確にもなりやすい。近年では、同時に多項目のデータを測定・演算・記録する統合型の施工管理装置の使用も増えてきており、施工管理の信頼性の向上・効率化の観点からは、こうした施工管理機器の使用が推奨される。

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。

表一5.4 鋼管杭の中掘り杭工法の試験杭施工記録の書式例

中掘り杭工法施工記録(セメントミルク噴出攪拌方式)

工事名	サンジブル工事(その2)		①下杭建設	10:00 ~	0時35分
工事場所	××県××市×××× 旭光		②上杭建設	10:35 ~	0時55分
発注者	〇〇地方整備局××国道事務所		④掘削・検査	12:00 ~	0時20分
総合施工	株式会社 ××組		⑤上杭建設	13:15 ~	0時25分
杭施工	〇〇〇 株式会社			14:10 ~	1時00分
施工日	平成××年××月××日～〇日				
天候	晴れ、気温18℃、風速2.4m(作業開始時)				
杭番号	P3-1				
下杭	φ600×φ.0-1=14.5m				
中1杭	-				
中2杭	-				
上杭	φ600×φ.0-1=12.0m				
実杭長	L=14520+12020=26540		⑥ヤマトコ建設	15:40 ~	16:00
杭打機	DH-55S 日本建機		⑦ヤマトコ建設	16:00 ~	16:20
オーガ駆動装置	SND-1201P 三和機材		⑧支持層掘削	16:20 ~	16:35
フローラクレール	神戸製鋼 7055(35t)		⑨掘削機	16:35 ~	16:50
コンプレッサ	DS-685SS 北盛工業		⑩オーガ付機	8:15 ~	9:00
クラフトポンプ	PN2-15 三和機材				
オーガ径	φ540mm				
スクリュー径	φ500mm				
ヤマトコ	φ600 長さ2.5m				

材料仕様	セメントC	
支持層判別	セメントC	
支持層土質	W/C、密度	
杭内清掃・洗浄	水 W 650 リットル	
杭設置深度等	W/C、密度 1:0.65%、密度支脚=1.71	
	使用量 0.97 m	
	供試体採取 有り/P3-1-1~3 σ _{ave} =35N/mm ²	
	杭の傾斜 トランスミットでの管理	
	オーガ駆動電流 施工管理装置 ○	
	掘削深度 施工管理装置 ○	
	杭沈没深度 レベラ測量 ○	
	オーガ回転数 施工管理装置 モニター	
	掘削速度 施工管理装置 モニター	
	掘削開始位置 施工管理装置 ○	
	掘削終了位置 施工管理装置 ○	
	振動確認 補正、オーガ駆動電流変化○	
	振動事後確認 掘削機の沈み確認 ○	
	セメントミルク吐出量 圧力計、モニター	
	セメントミルク量 重量計 ○	
	管内ミルク量 検尺 ○	

10hr

★杭の保持

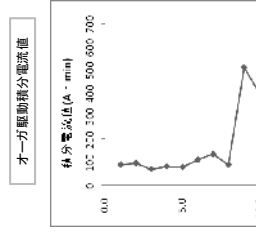
注記:

工 事 名	サンジブル工事(その2)		①下杭建設	10:00 ~	0時35分
工事場所	××県××市×××× 旭光		②上杭建設	10:35 ~	0時55分
発注者	〇〇地方整備局××国道事務所		④掘削・検査	12:00 ~	0時20分
総合施工	株式会社 ××組		⑤上杭建設	13:15 ~	0時25分
杭施工	〇〇〇 株式会社			14:10 ~	1時00分
施工日	平成××年××月××日～〇日				
天候	晴れ、気温18℃、風速2.4m(作業開始時)				
杭番号	P3-1				
下杭	φ600×φ.0-1=14.5m				
中1杭	-				
中2杭	-				
上杭	φ600×φ.0-1=12.0m				
実杭長	L=14520+12020=26540		⑥ヤマトコ建設	15:40 ~	16:00
杭打機	DH-55S 日本建機		⑦ヤマトコ建設	16:00 ~	16:20
オーガ駆動装置	SND-1201P 三和機材		⑧支持層掘削	16:20 ~	16:35
フローラクレール	神戸製鋼 7055(35t)		⑨掘削機	16:35 ~	16:50
コンプレッサ	DS-685SS 北盛工業		⑩オーガ付機	8:15 ~	9:00
クラフトポンプ	PN2-15 三和機材				
オーガ径	φ540mm				
スクリュー径	φ500mm				
ヤマトコ	φ600 長さ2.5m				

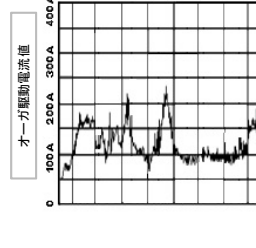
10hr

★杭の保持

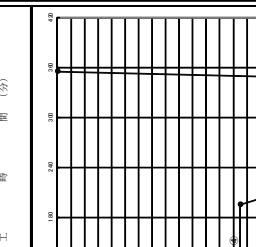
注記:



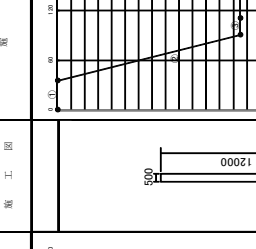
オーガ駆動時電流値



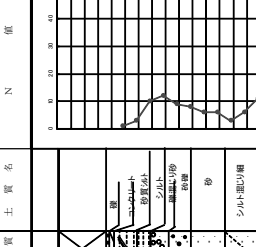
オーガ駆動電流値



断面図



土質強度



工 事 時 間 (分)

表一5.5 本杭の施工記録表の書式例

工事名 ××幹線道路工事 その3 (A1橋台基礎工)

杭施工記録 (杭工法：中掘り杭セメントミルク噴出攪拌方式)

監理	主任	記録

施 工 月 日	杭 番 号	杭 呼 び 径 (mm)	杭 長 (m)	施 工 時 間 (min)										先 端 処 理					備 考						
				開 始	終 了	下 杭 セ ッ ト	下 杭 沈 設	上 杭 セ ッ ト	溶 接	上 杭 沈 設	セ ッ ト コ	セ ッ ト コ	沈 ヤ ツ ト 設 コ	根 固 め 処 理	杭 体 圧 入	深 支 持 度 層 度 (m)	下 根 端 固 深 度 め (m)	下 杭 端 体 深 沈 度 設 (m)		注 セ メ ン ト ミ ル ク 入 量 (m ³)	密 セ メ ン ト ミ ル ク 又 は W / C 度	杭 自 沈 の 対 する 保 持 率 (min)			
3月1日	A-1-4	700.0	24.56	8:45	11:10	15	25	10	25	25	10	10	10	10	15	10	GL -24.0	GL -26.8	GL -25.06	1.52	65%	90	試験杭として 施工		

表-5.6 根固め施工記録表の書式例

根固め施工記録

杭No.	杭径・杭長		施工月日		杭体先端 深度(m)	セメント 注入量 (m^3)	配合			ヘッド引上げ速度 (cm/分)	
	杭径 (mm)	杭長 (m)	中掘沈設	根固め			セメント量 (kg)	水 (l)	添加剤 (kg)	比重試験	球根部

表-5.7 セメントミルクの材料管理の書式例

セメントミルク材料管理表

【セメント】 品名：

【添加剤】 品名：

(単位：kg)

月 日	搬入量		使用量		残量	保管状態
	納入量	累計	使用量	累計		

(単位：kg)

月 日	搬入量		使用量		残量	保管状態
	納入量	累計	使用量	累計		

表-5.8 現場縦継ぎ溶接の施工記録の書式例

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	開先の日違い	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					

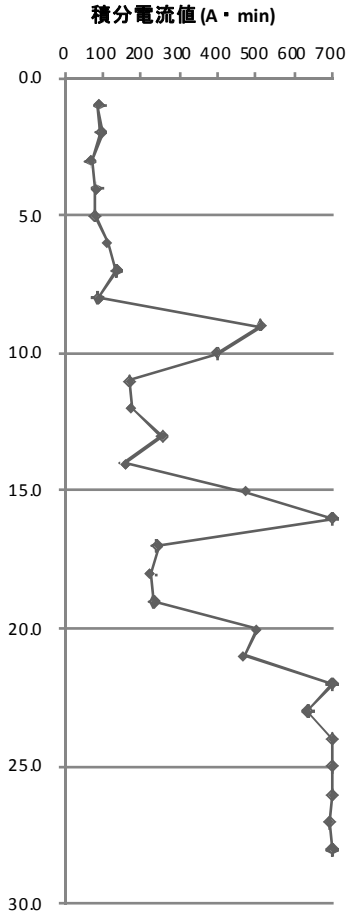
試験掘削 No. 1
 実施日 : 平成××年×月×日

掘削長 GL-28.00m
 杭先端深さ GL-27.00m

積分電流値

ボーリングデータ

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



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

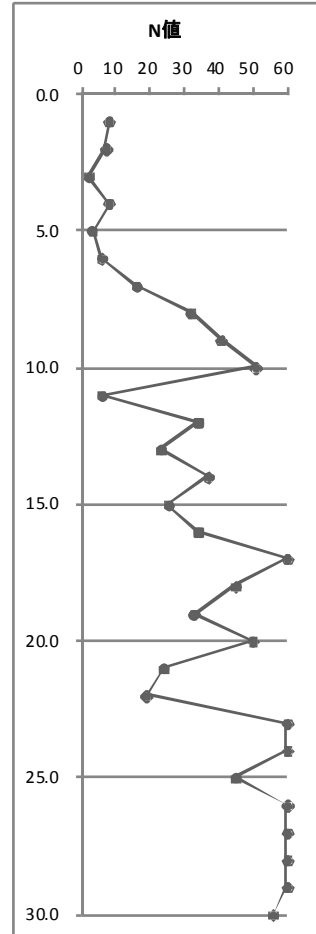


図-5.2 オーガ駆動電流の積算電流値記録（施工管理装置データ）の例



記録計



深度測定用の
ロータリー・エンコーダ

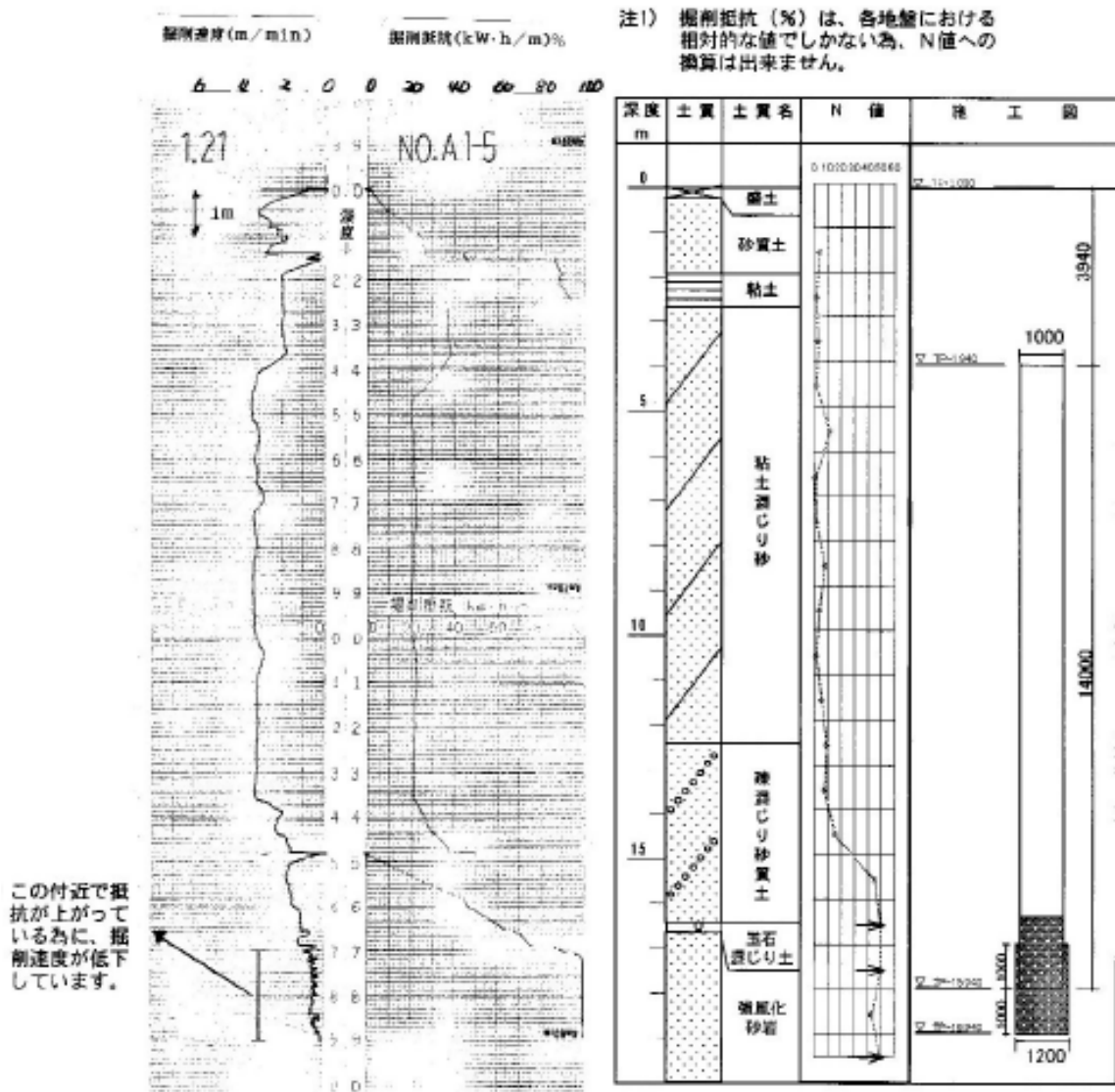


図-5.3 掘削沈設速度・積算電流のチャート記録の例

深度、電流値の計測装置の一例

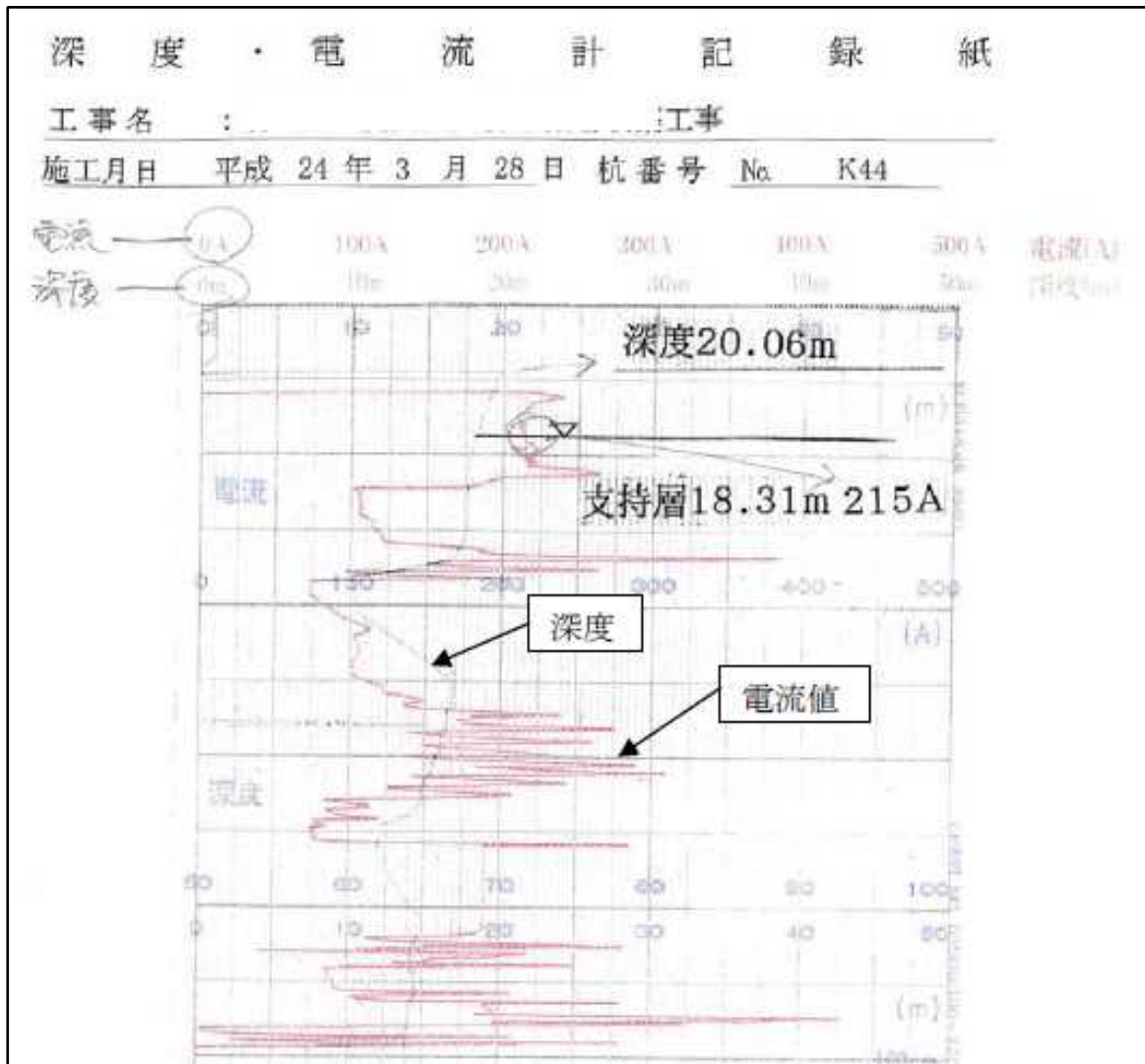
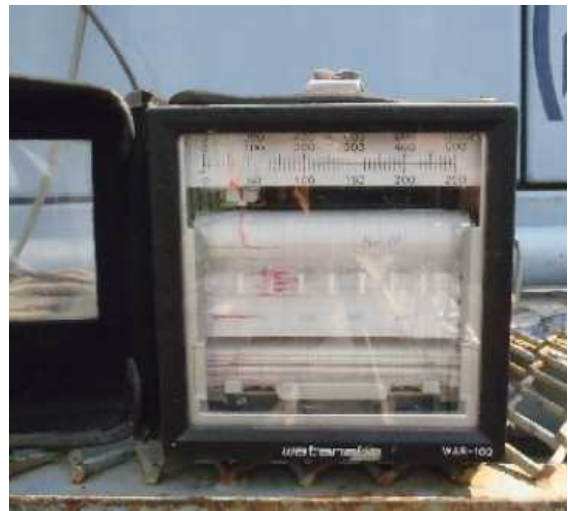


図-5.4 掘削深度とオーガ駆動単体電流のチャート記録の例

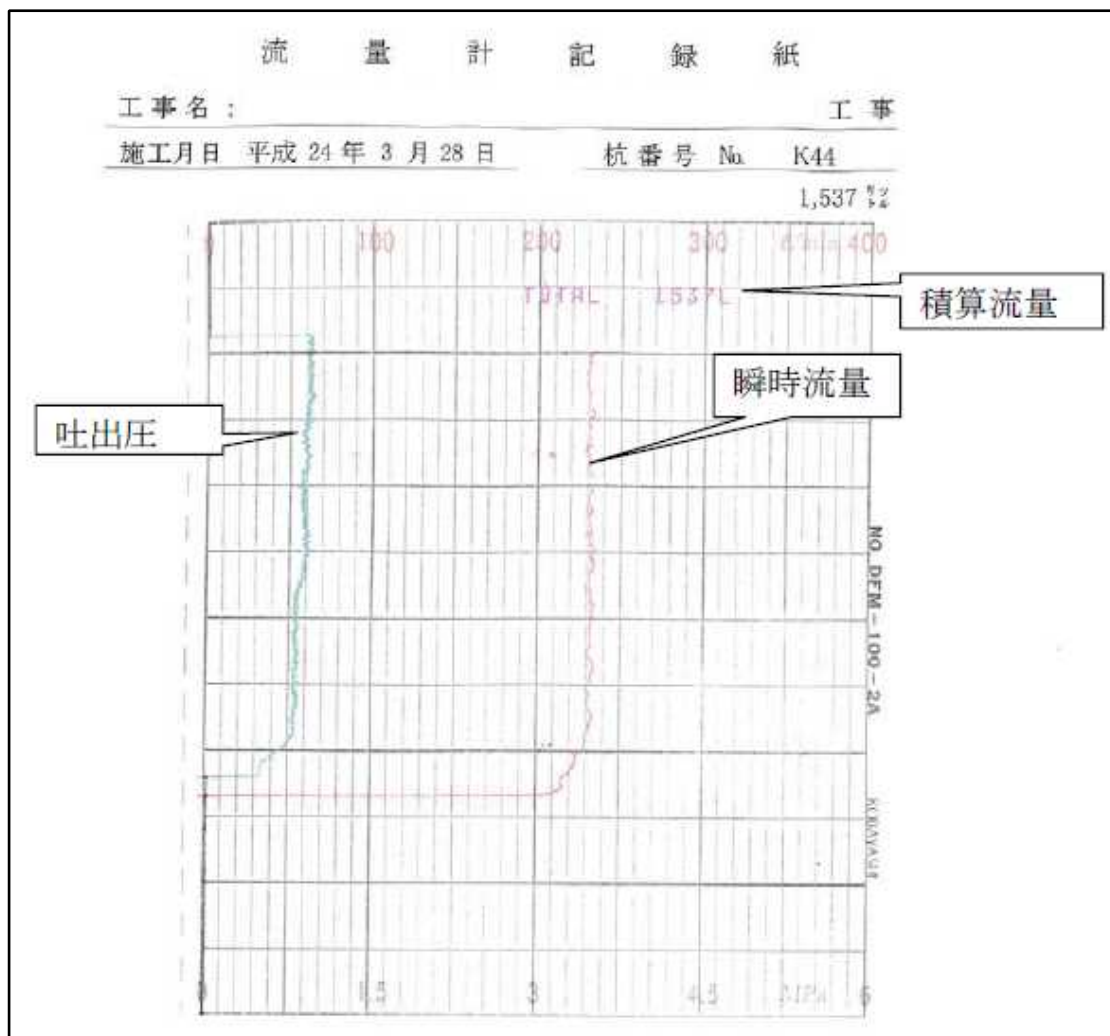
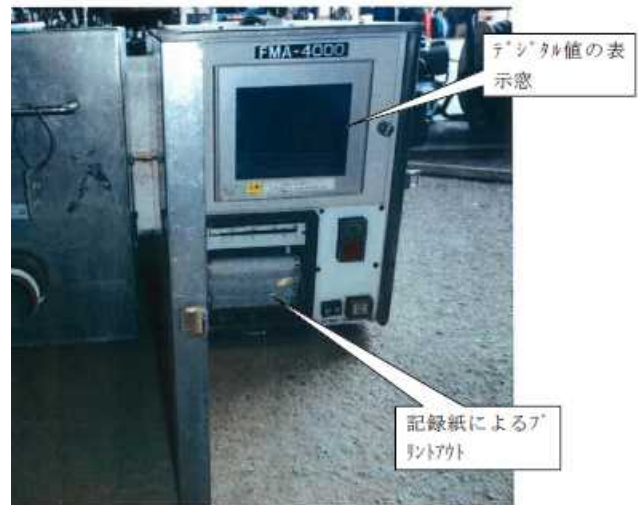


図-5.5 セメントミルクの吐出圧と流量のチャート記録の例

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 鋼管杭の中掘り工法での施工上の問題点と対策(1)

(出典：杭基礎施工便覧 平成 18 年度改訂版に加筆修正)

現象	原因	対策
1. クレーンの転倒	<ul style="list-style-type: none"> ・就業規則の不徹底によるオペレータの不注意 ・過労によるオペレータの不注意 ・精神的ストレスによるオペレータの不注意 	<ul style="list-style-type: none"> ・就業規則の徹底と、工事前及び適宜安全管理項目の教育を実施する。 ・就業時間の管理、休日を確保する。 ・健康チェックと管理を徹底する。
	・ブーム角度と負荷荷重の把握ミス	・ブーム角度と吊上げ容量の管理を徹底するとともに見える位置に表示する。
	・容量以上の吊上げ	・安全管理項目の教育を徹底する。
	・地盤の支持力不足	・軟弱地盤上での施工では、事前に地盤の支持力を調査し、必要に応じて敷鉄板の施工や地盤改良等を行う。
2. 杭打ち機の転倒	<ul style="list-style-type: none"> ・就業規則の不徹底によるオペレータの不注意 ・過労によるオペレータの不注意 ・精神的ストレスによるオペレータの不注意 ・アウトリガーの張出し忘れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・就業規則の徹底と、工事前及び適宜安全管理項目の教育を実施する。 ・就業時間の管理、休日を確保する。 ・健康チェックと管理を徹底する。 ・作業ルール、安全管理項目の順守を徹底する。
	・杭打ち機の選定ミス	・使用機械（オーガ、スクリー）、杭材料等の最大吊荷重から適正な杭打ち機を選定する。
	・杭吊上げ時の自走	・作業ルール、安全管理項目の順守を徹底する。
	・地盤の支持力不足	・軟弱地盤上での施工では、事前に地盤の支持力を調査し、必要に応じて敷鉄板の施工や地盤改良等を行う。
3. スパイラルオーガの転倒	・接合ピンの打込み不足で接続部が離脱	・接合ピンを根元まで確実に打込む。ピンを2本使用するとより確実である。
	・クレーンオペレータの操作ミス	・オーガを転倒させる方向にブームを合せてから、横倒し作業を行う。
4. 杭心位置のずれ	・杭心位置出しが不正確	・施工基点（仮ベンチマーク等）から杭心位置、逃げ杭設置位置を正確に割り出す。
	・施工に伴う杭心、逃げ杭心の移動	・重機荷重や杭施工による影響を少なくするように、杭心標点物（木杭、鉄筋等）は長めのものを使用する。逃げ杭は杭心からなるべく離して設置する。

表-6.1 鋼管杭の中掘り工法での施工上の問題点と対策 (2)

現象	原因	対策
5. 杭の傾斜	・杭の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。杭沈設の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。
	・継ぎ杭による杭の折曲り	・現場縦継ぎの際には、開先の突合せ、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. 下杭の自沈	・過度の先掘り (杭の先掘りは1m以内に留める) ・軟弱地盤のために杭の鉛直抵抗力が不足	・スパイラルオーガの先掘り長さが確認できるマーキングをする。 ・杭継ぎを行う深度付近では、先掘りを行わない、掘削水を絞るなどの対処をする。 ・上杭の溶接完了まで杭をワイヤ等で保持する。
7. 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・清掃を確実にを行う。
	・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。
8. 杭の沈設が困難	・スパイラルオーガにれきが噛み込み、排土が困難	・オーガ駆動装置を大容量のものに変更する。 ・スパイラルのピッチを確認する。 ・浅い位置にれきが介在している場合は、プレボーリング等を行って排除した後に杭を施工する。 ・杭径を大きくする。
	・強制的な圧入沈設によって硬質粘土が杭体内に詰り、排土が困難	・オーガ駆動装置を大容量のものに変更する。 ・圧縮空気の吐出量を大きなものに変更する。ただし、周辺地盤を乱さないように注意。 ・水を注入しながら掘削をする。 ・沈設をゆっくりとする。

表-6.1 鋼管杭の中掘り工法での施工上の問題点と対策 (3)

現象	原因	対策
9. 掘削土砂の飛散	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮空気の使用 ・排出口及びスパイラルオーガからの土砂の落下・飛散 	<ul style="list-style-type: none"> ・排土処理用ホッパーを使用する。 ・民家等が隣接していない場合はベッセル等を使用する。
10. 根固め液注入時の圧力異常	<ul style="list-style-type: none"> ・ノズル及び注入ホースの目詰り 	<ul style="list-style-type: none"> ・ミキサの清掃 ・ミキサからの吐出し口にスクリーンを設置する。 ・根固め液注入完了後のプラント及びホース内の洗浄を入念に行う。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ジョイント及びホースからの漏れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・パッキンの取替え ・破損ホースの取替え
11. 杭の施工完了後の自沈	<ul style="list-style-type: none"> ・杭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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。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必要がある。 ・根固め部以外では拡大掘りは実施してはならない。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。
11. 杭の施工完了後の自沈	<ul style="list-style-type: none"> ・伏流水による根固め液の流出 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。
	<ul style="list-style-type: none"> ・スパイラルオーガの引上げに伴うボイリングの発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・スパイラルオーガをゆっくり引上げる。 ・杭内中空部の水位を地下水位より低下させない。
	<ul style="list-style-type: none"> ・スパイラルオーガ抜上げ解体作業時の杭への荷預けによる負荷 	<ul style="list-style-type: none"> ・根固めの強度発現、周面摩擦の回復まで杭の保持を行うとともに、慎重に沈下性状を確認しながら作業を行う。
12. 杭の変形・損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・杭の仮置きで端面が変形 	<ul style="list-style-type: none"> ・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30cm～50cmは離すようにする。
	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・杭の吊上げでは管端にハッカやクランプ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など変形に注意する。 ・杭の吊上げ時、杭打ち機への吊り込み時などに、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杭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（中掘り杭工法）の施工での問題点と対策(1)

(出典：鋼管矢板基礎設計施工便覧，平成9年12月に一部加筆修正)

現象	原因	対策
1. クレーンの転倒 2. 杭打ち機の転倒 3. スパイラルオーガの転倒	「鋼管杭の中掘り杭工法での施工上の問題点と対策」参照	
4. 鋼管矢板施工位置のずれ	・打伸び・打縮み・回転	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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. 下杭の自沈	<ul style="list-style-type: none"> ・過度の先掘り（杭の先掘りは1m以内に留める） ・軟弱地盤のために杭の鉛直抵抗力が不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・スパイラルオーガの先掘り長さが確認できるマーキングをする。 ・杭継ぎを行う深度付近では，先掘りを行わない，掘削水を絞るなどの対処をする。 ・上杭の溶接完了まで杭をワイヤ等で保持する。
7. 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	
8. 杭の沈設が困難	・スパイラルオーガにれきが噛み込み，排土が困難	<ul style="list-style-type: none"> ・オーガ駆動装置を大容量に変更する。 ・スパイラルのピッチを確認する。 ・浅い位置にれきが介在している場合は，プレボーリング等を行って排除した後に杭を施工する。
	・強制的な圧入沈設によって硬質粘土が杭体内に詰り，排土が困難	<ul style="list-style-type: none"> ・オーガ駆動装置を大容量に変更する。 ・圧縮空気の吐出量を大きくする。ただし，周辺地盤を乱さないように注意。 ・水を注入しながら掘削をする。 ・沈設をゆっくりとする。

表-6.2 鋼管矢板基礎（中掘り杭工法）の施工での問題点と対策（2）

現象	原因	対策
8. 杭の沈設が困難	・圧縮空気の空気弁の詰り	・空気弁の点検整備 ・吐出圧力の調整 ・サイド弁への変更
	・溶接時間等の沈設休止中の杭周面地盤の変化（摩擦回復）	・地層から判断し、継手位置を変更する。 ・モンケンによる軽打か、重機類の自重等を利用して杭に押し込み力を負荷する。
9. 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。
10. 掘削土砂の飛散	・圧縮空気の使用 ・排出口及びスパイラルオーガからの土砂の落下・飛散	・排土処理用ホッパーを使用する。 ・民家等が隣接していない場合はベッセル等を使用する。
11. 根固め液注入時の圧力異常	・ノズル及び注入ホースの目詰り	・ミキサの清掃 ・ミキサからの吐出し口にスクリーンを設置する。 ・根固め液注入完了後のプラント及びホース内の洗浄を入念に行う。
	・ジョイント及びホースからの漏れ	・パッキンの取替え ・破損ホースの取替え
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杭工法での施工は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。
13. 鋼管矢板の施工完了後の自沈 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などを行うことで自沈も防止できる。	・杭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。
	・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。
	・スパイラルオーガ抜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、隣接鋼管矢板に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。

表-6.2 鋼管矢板基礎（中掘り杭工法）の施工での問題点と対策（3）

現象	原因	対策
14. 鋼管矢板の変形・損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼管矢板の仮置きで端面が変形 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼管矢板の保管時には、管端部を枕木等で受けない。少なくとも管端から 30cm～50cm は離すようにする。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼管矢板上げ作業で管端部が変形 ・ 鋼管矢板の建て起こし、移動時に端面を変形させる ・ 吊り冶具を当てて現場溶接の開先部を傷つける 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼管矢板の吊上げでは管端にハッカやクランプ等の冶具を使用しない。やむを得ず使用する場合は、把持面積の広い冶具を用いるなど変形に注意する。 ・ 鋼管矢板の吊上げ時、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・ハッカ等の吊り冶具を管端に当てないように注意する。

【付録A】鋼管杭・鋼管矢板の規格値

鋼管杭・鋼管矢板は JIS A5525及び JIS A5530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・鋼管矢板技術協会が整理したもの（「鋼管杭・鋼管矢板標準製作仕様書 H23.1」）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	Si	Mn	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、表記以外の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*1 横方向	引張強さ N/mm ²	へん平性 平板間の距離(H) (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

*1 板巻鋼管等管厚が大きい場合は、試験機能力の限界から4号、12号試験片等を使用する場合がある。

*2 JIS では7D/8の規定であるが、鋼管杭・鋼管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）

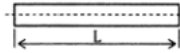
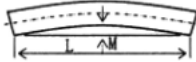
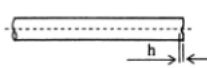
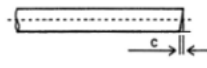

区 分		許 容 差	摘 要	記 録	
外径 (D)	管端部	±0.5%	外径の測定は周長を用い、周長実測値又はその換算外径のいずれによってもよい。ただし、外径(D)と周長(ℓ)の換算は次の式によって計算する。 外径(D)=周長(ℓ)÷π ここに、π=3.1416とする。 デイメータテープ又は鋼製巻尺	実測値 (外径)	
厚さ (t)	厚さ 16mm 未満	外径 500mm未満	+規定せず -0.6mm	マイクロメータ	実測値
		外径 500mm以上 800mm未満	+規定せず -0.7mm		
		外径 800mm以上 2000mm以下	+規定せず -0.8mm		
	厚さ 16mm 以上	外径 800mm未満	+規定せず -0.8mm		
		外径 800mm以上 2000mm以下	+規定せず -1.0mm		
長さ (L)		+規定せず 0 ※	 ※協定で・50mmを許容差とできる	実測値	
横曲がり (M)		長さ(L)の0.1%以下 ただし、長さ(L)が6m未満は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)		2 mm 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 × D _{45°} - D _{135°} / D _{nom}  (D _{nom} は公称外径)	合 否 (Good表示)	
現場円周溶接部の目違い ※現場円周溶接を行う2本の単管の管端における外径（周長換算値）の差をいう)		外径区分(mm)	許容値(mm)	合 否 (Good表示)	
		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)

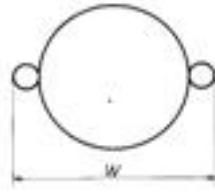
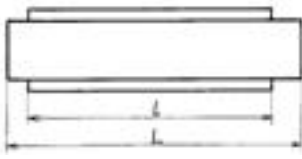
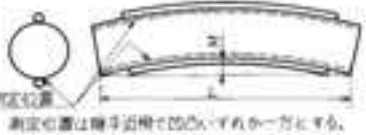


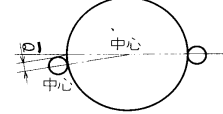
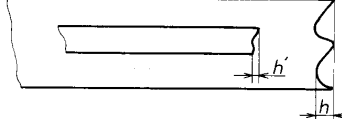
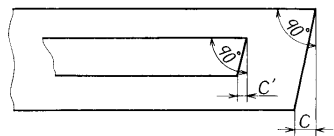
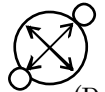
区 分		許 容 差	摘 要	記 録	
外 径 (D)	管端部	±0.5%	<p>外径の許容差は周長測定による。</p> <p>ただし、外径(D)と周長(l)の換算は次の式によって計算する。 外径(D)=周長(l)÷π ここに、π=3.1416 とする。</p> <p>ダイヤメータテープ又は鋼製巻尺</p>	実 測 値 (外径)	
幅 (W)	管端部	±1.0%		合 否 (Good 表示)	
	t — D	1.1%以上 1.5%未満			±2.0%
		1.5%以上			±1.5%
厚 さ (t)	厚さ 16mm 未満	外径 500mm 以上 800mm 未満	+規定せず -0.7mm	マイクロメータ	実 測 値
		外径 800mm 以上 2000 mm 以下	+規定せず -0.8mm		
	厚さ 16mm 以上	外径 500mm 以上 800mm 未満	+規定せず -0.8mm		
		外径 800 mm 以上 2000 mm 以下	+規定せず -1.0 mm		
長さ ^{a)} (L)	鋼管本体 (L)	+規定せず 0*		本体 L 実測値 継手 l 合 否 (Good 表示)	
	継手 (l)				<p>※受渡当事者間の協定によって、 +規定せず、-50mmを適用しても良い</p>
曲がり (M)	<p>※JIS では 1/1000, 6mm が規定値</p>	長さ (L) の 1/1500 以下 ただし、長さ (L) が 6m 未満は 4mm 以下	 <p>測定位置は継手近傍で凹凸いずれか一方とする。</p>	合 否 (Good 表示)	
反り (S)	<p>※JIS では 1/1000, 6mm が規定値</p>	長さ (L) の 1/1500 以下 ただし、長さ (L) が 6m 未満は 4mm 以下	 <p>測定位置は凹凸いずれか一方とする。</p>	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	摘 要	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		合 否 (Good 表示)		
	継手長さ (L) 15 m を超えるもの	継 手 長 さ (L) の $\frac{1}{1500}$ 以下				
継手の 取付位置 (Q)	管端部	5 mm 以下		合 否 (Good 表示)		
現場円周 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')					
現場円周 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		合 否 (Good 表示)
		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	$OR=100 \times D_{45^\circ} - D_{135^\circ} / D_{nom}$  (D _{nom} は公称外径)		
現場円周溶接部の目違い ※現場円周溶接を行う 2 本の鋼管矢板の管端における外径 (周長換算値) の差をいう)	外径区分 (mm)	許容値 (mm)		合 否 (Good 表示)		
	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。

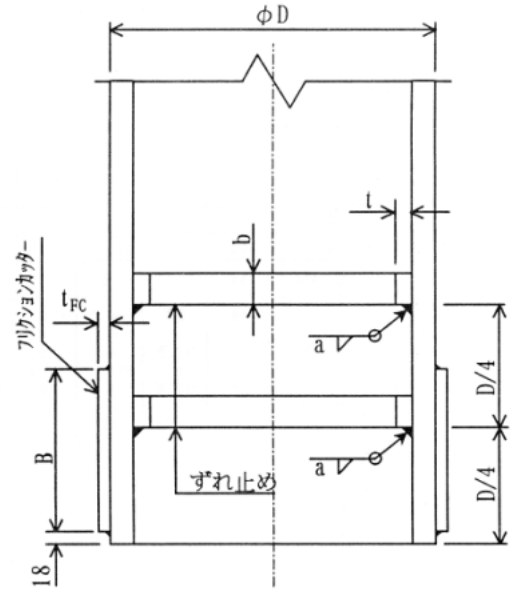


図-B (a) TAIP工法の杭先端加工図(例)

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	D 10	6	2	200	9
500	D 13	9	2	〃	〃
600	〃	〃	3	〃	〃
700	〃	〃	3	300	〃
800	〃	〃	3	〃	12
900	D 16	11	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。

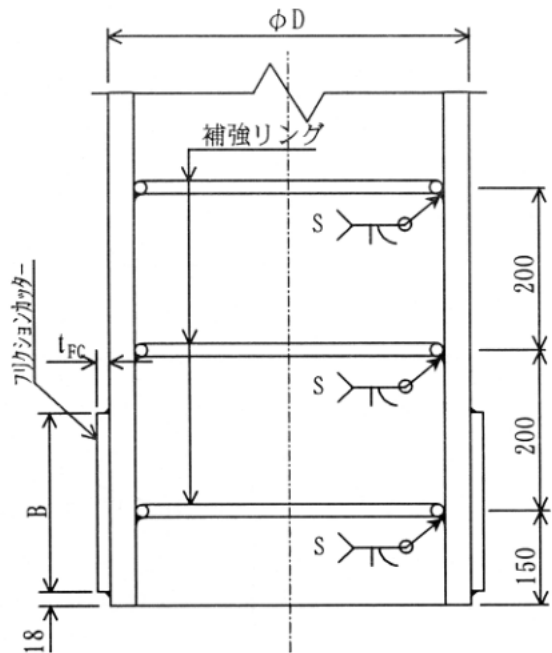


図-B (b) TN工法の杭先端加工図(例)

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。

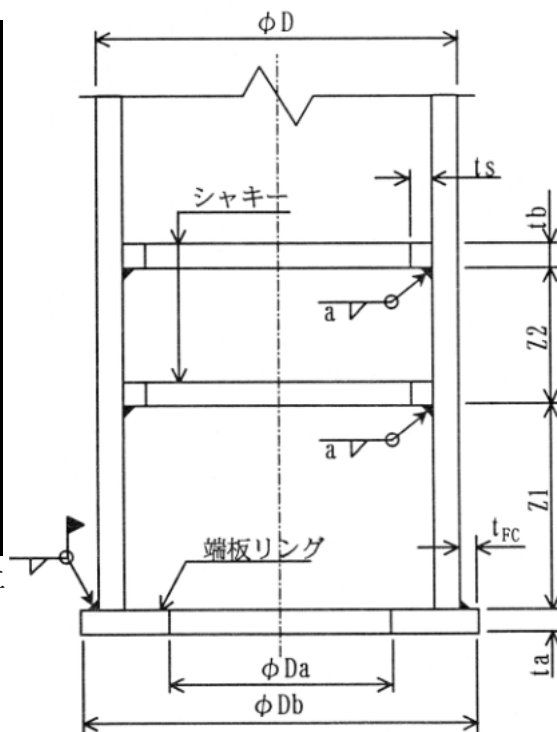


図-B (c) TBS工法 (RPタイプ) の杭先端加工図 (例)

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)		
400	12	9	12 以上	2	200	200
450	12	9	12 以上	2	230	230
500	12	9	12 以上	2	250	250
550	12	9	12 以上	2	280	280
600	12	9	12 以上	2	300	300
700	12	9	12 以上	2	350	350
800	12	9	12 以上	3	250	250
900	12	9	12 以上	3	300	300
1000	12	9	12 以上	3	350	350
1100	12	9	12 以上	3	370	370
1200	12	9	12 以上	3	400	400

(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。

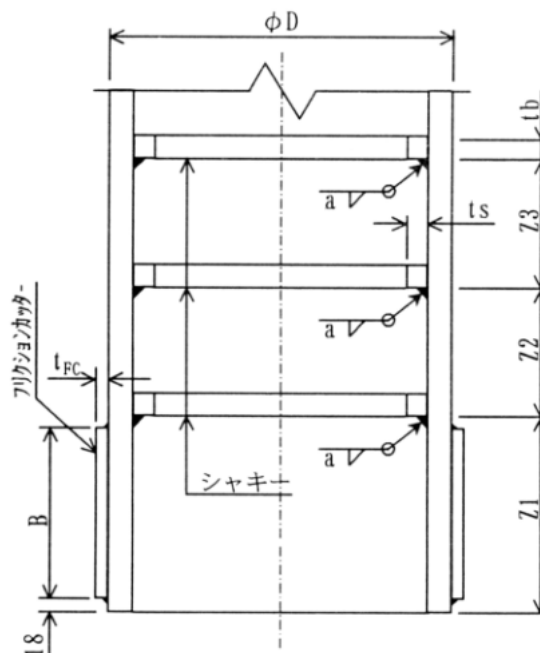


図-B (d) TBS工法 (RBタイプ) の杭先端加工図 (例)

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。

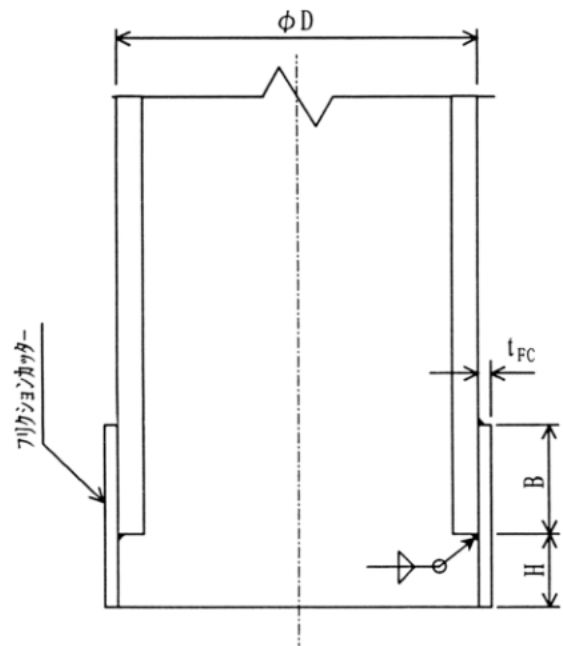


図-B (e) FB9工法の杭先端加工図(例)

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。

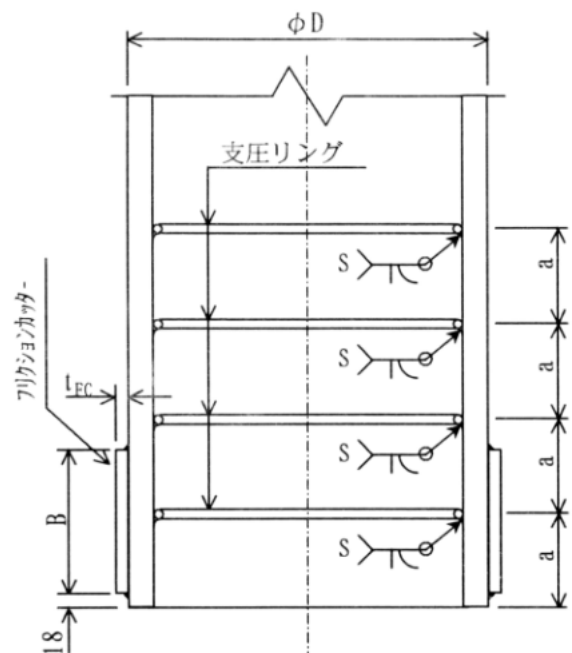


図-B (f) KING工法の杭先端加工図(例)

【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	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	—

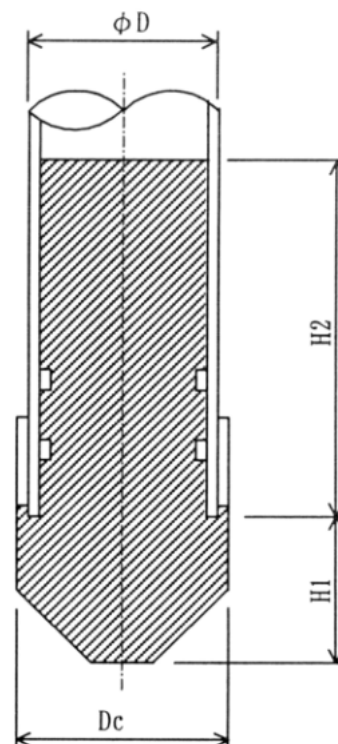


図-C(a) TAIP工法の杭先端根固め球根標準図

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	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

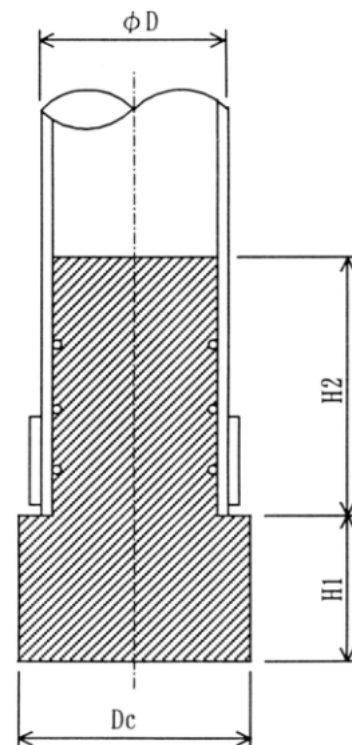


図-C(b) TN工法の杭先端根固め球根標準図

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 D _c (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	—

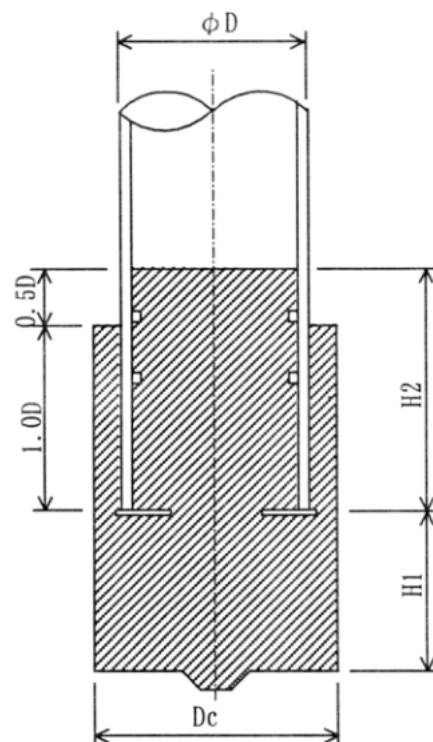


図-C(c) TBS工法(RPタイプ)の
杭先端根固め球根標準図

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 D _c (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

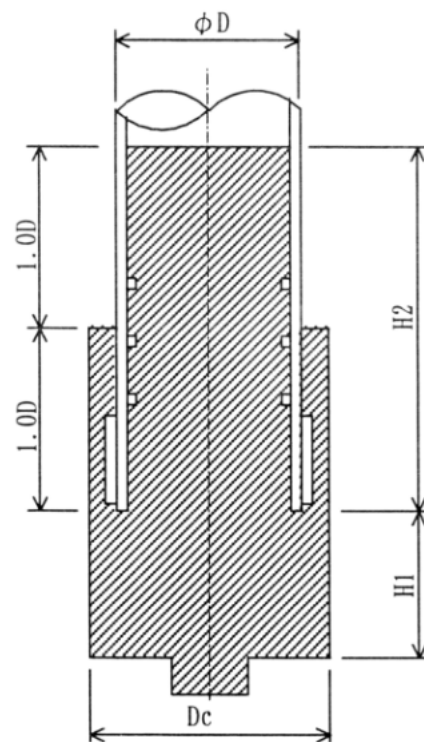


図-C(d) TBS工法(RBタイプ)の
杭先端根固め球根標準図

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	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	—

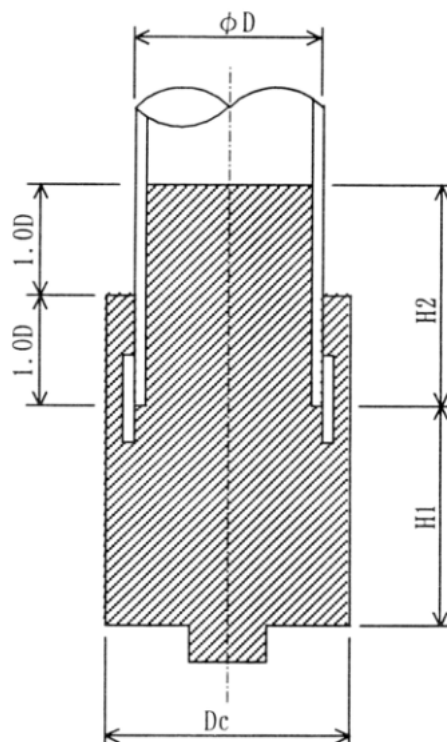


図-C(e) FB9工法の杭先端根固め球根標準図

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)	杭内充填長 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	—

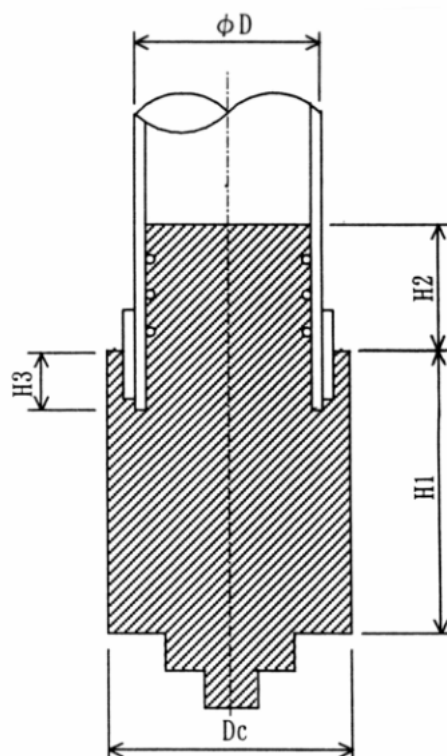


図-C(f) KING工法の杭先端根固め球根標準図

<< 参考資料 >>

参考資料 1 オーガ駆動電流値，積分電流値の評価例

参考資料 2 拡大径掘削のビット拡翼確認方法

参考資料 1 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電流記録は，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積分電流値（積算電流値）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。

土質柱状図と電流記録，積算電流との相関例を図-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150A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算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，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，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，電流値は小さい。また施工時間も短く積算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。電流値は，前半の5mは100A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，電流値は250A程度を示し，積算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。電流値は200A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，電流値は300Aを超え，掘削沈設時間も長くなり積算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。

参考資料 2 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つ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つ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、中間層の通常の開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り、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-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-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-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。

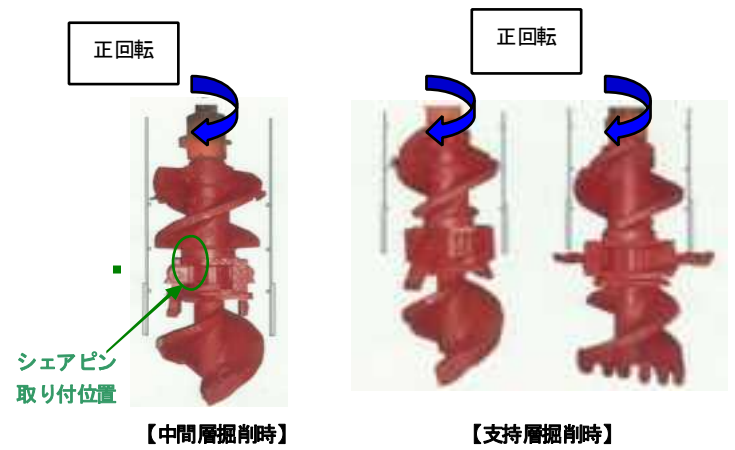


写真-3.1 拡大翼位置

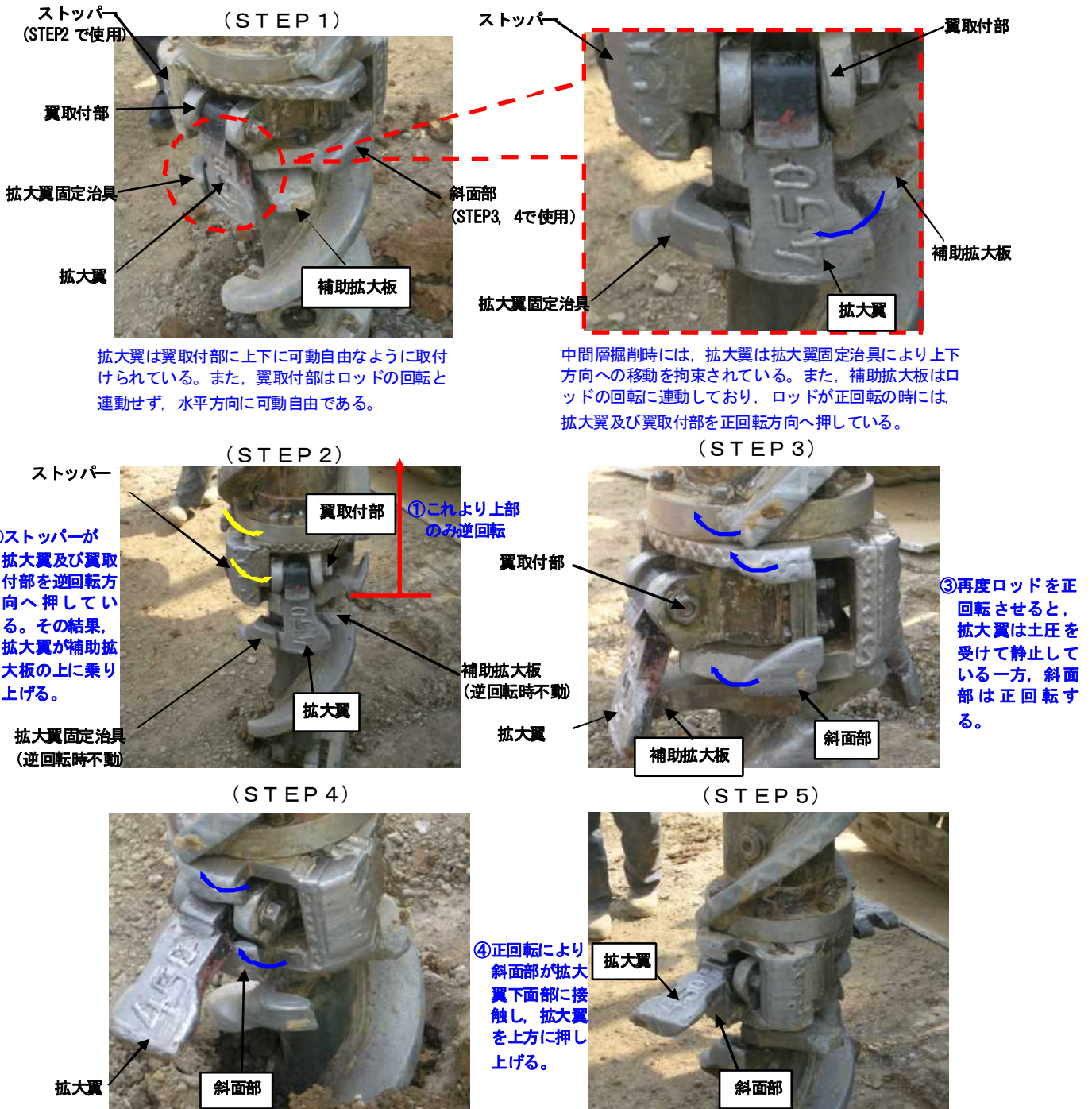


写真-3.2 拡翼機構の概念図

3. 2 拡翼確認方法

3. 2. 1 確認方法

写真-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。

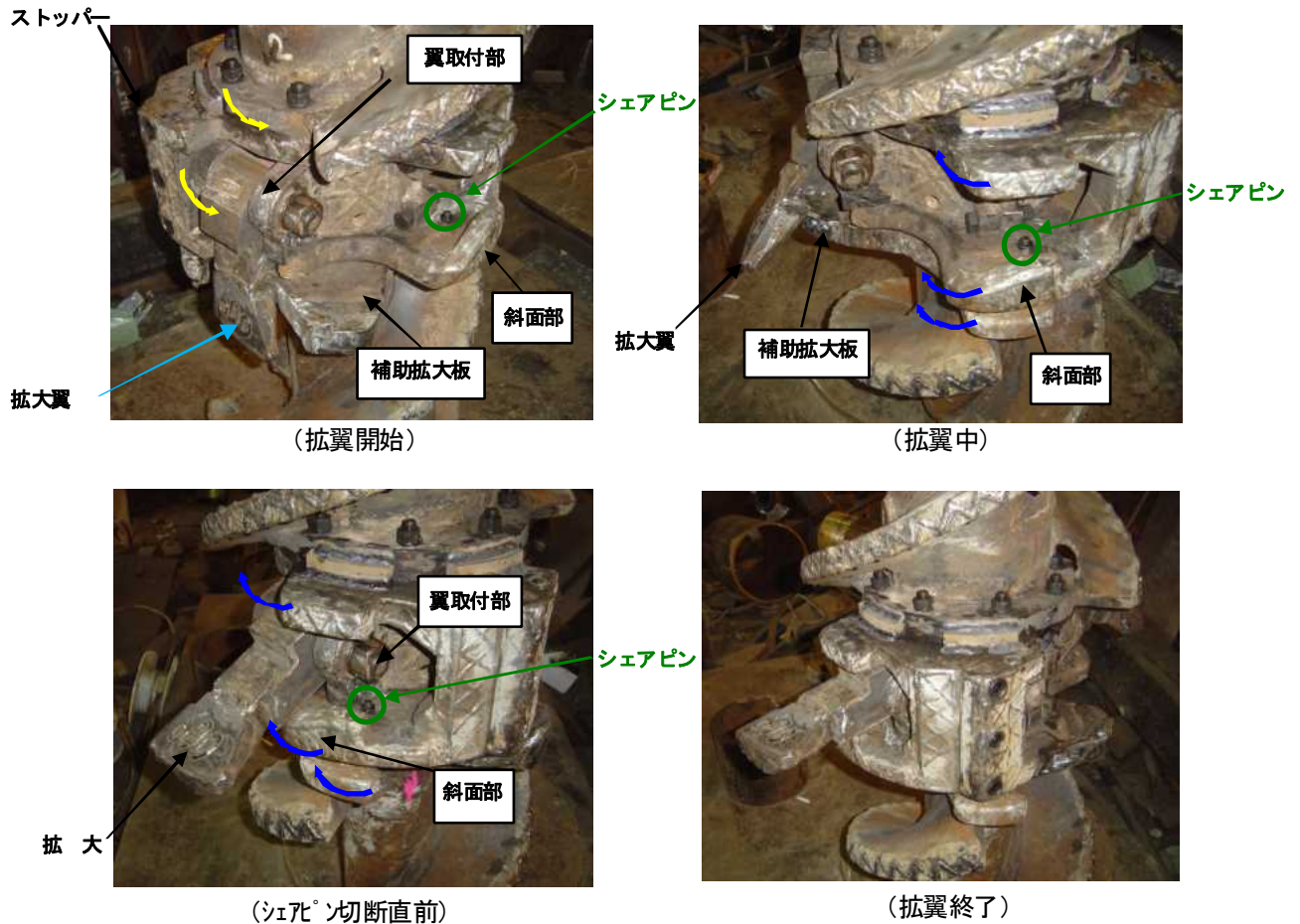


写真-3.3 シェアピンの切断状況



(シェアピン構造)
Φ9mmのボルト
せん断部1~3mm

写真-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

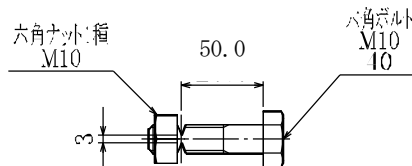


図-3.1 シェアピン仕様

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-3.5 ピン接触時の拡翼径の事前確認

表-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-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-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-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-3.2に試験杭仕様を示す。

表-3.2 試験杭仕様

杭仕様	φ 600× L 20, 500 (杭長) + φ 600× L 2, 110 (ヤットコ長)
根固め径	φ 800
掘削深度	GL-23.61m

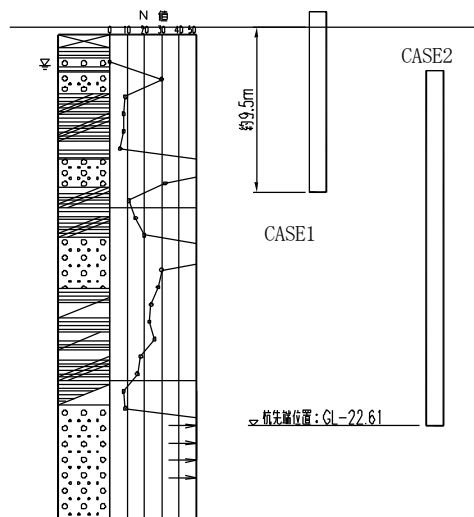


図-3.2 ボーリング柱状図

(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-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-3.3 試験結果一覧

CASE1 (拡翼なし)	CASE2 (拡翼あり)
<p>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。</p>	<p>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。</p>

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。

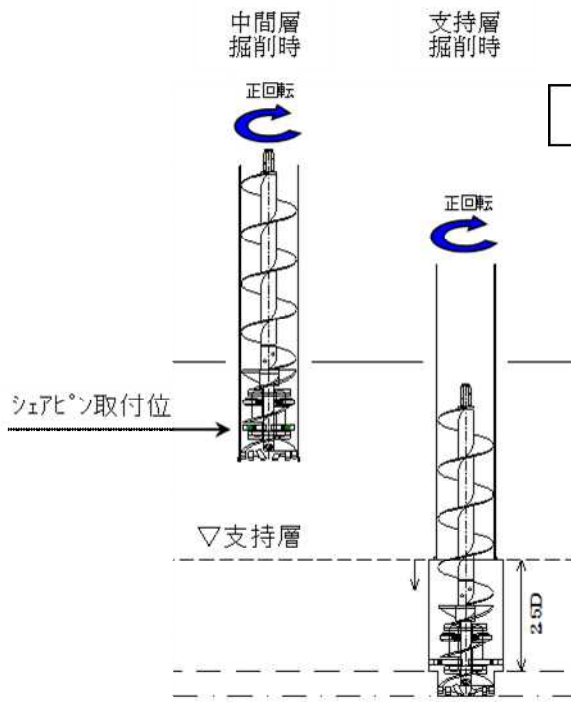


図-4.1 掘削模式図

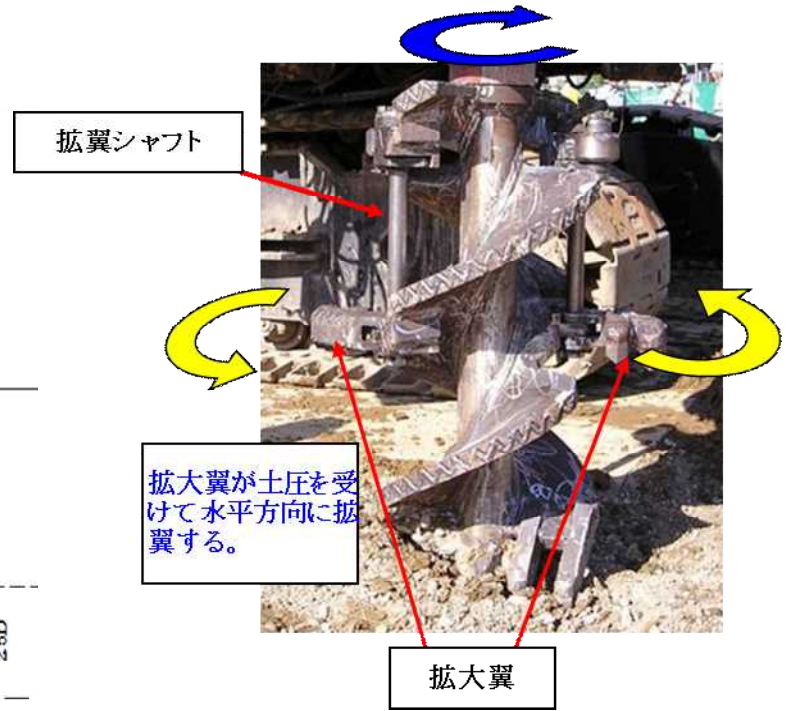
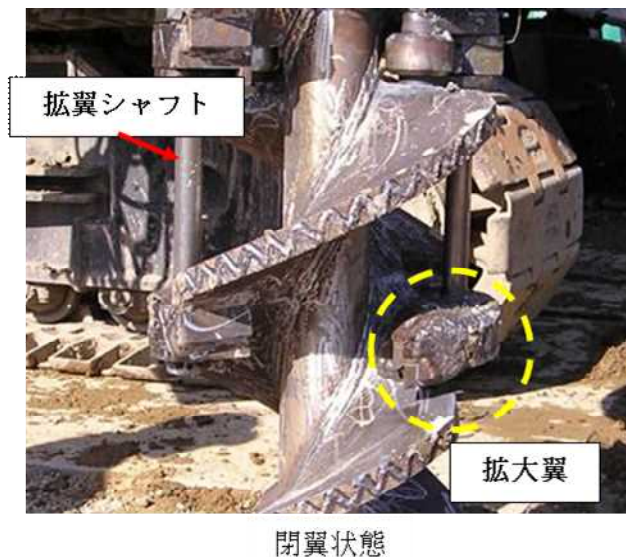
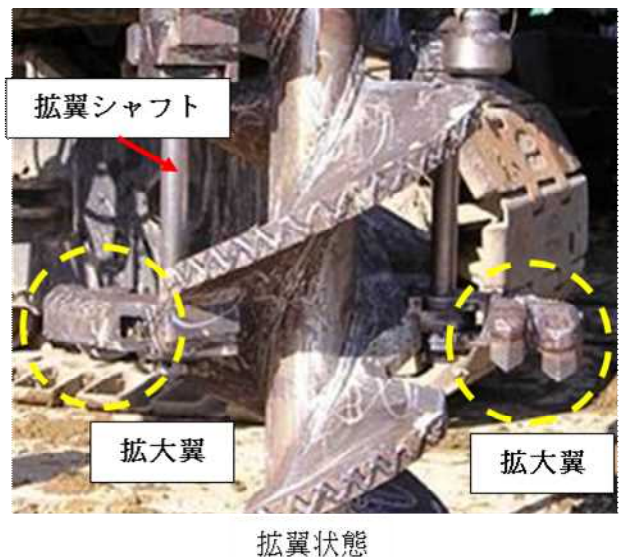


写真-4.1 掘削ヘッド構造



閉翼状態



拡翼状態

※拡翼シャフトに取り付けられた拡大翼は、拡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-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S K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。

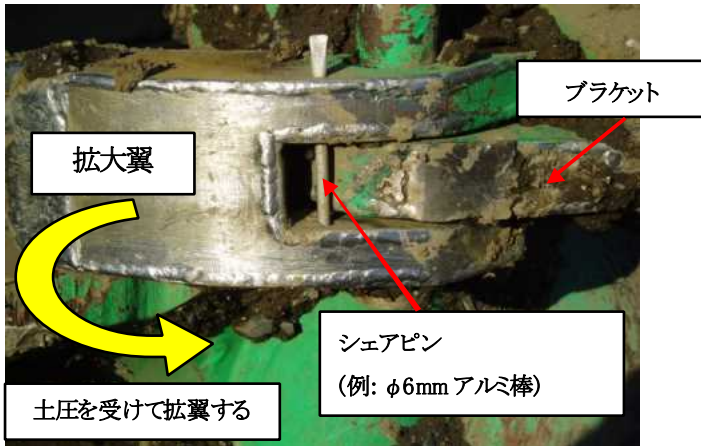


写真-4.3 シェアピンの設置状況

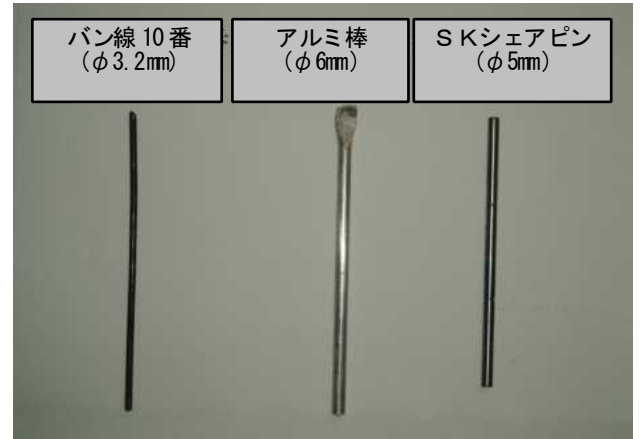


写真-4.4 シェアピン3種

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

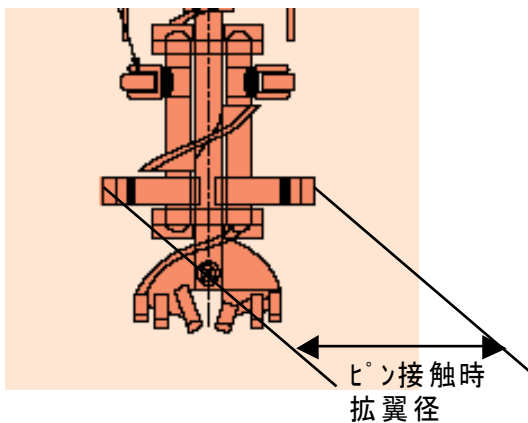
表-4.1 シェアピンの固定方法

	シェアピンの種類	シェアピンの固定方法
①	バン線10番(φ3.2mm)	両端部を40mm以上折り曲げて拡大翼に固定する。
②	アルミ棒(φ6mm)	両端部を押し潰して拡大翼に固定する。
③	S Kシェアピン(φ5mm)	

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-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
700	900	855
800	1000	950

図-4.2 拡翼状態模式図

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

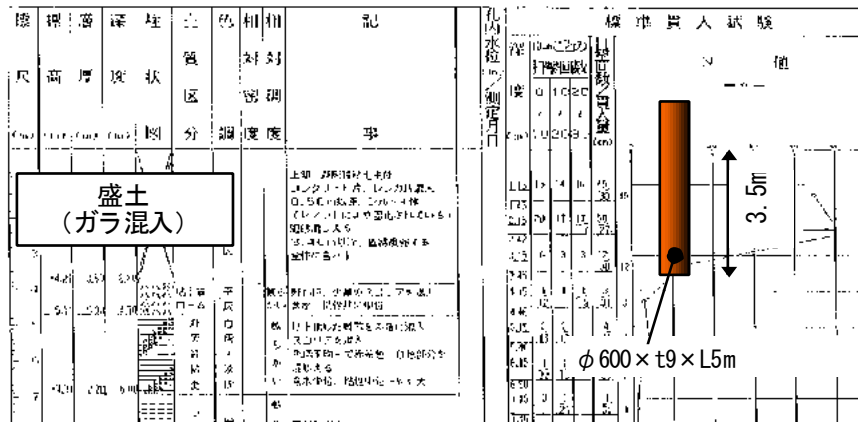


図-4.3 試験地盤の土質

(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。

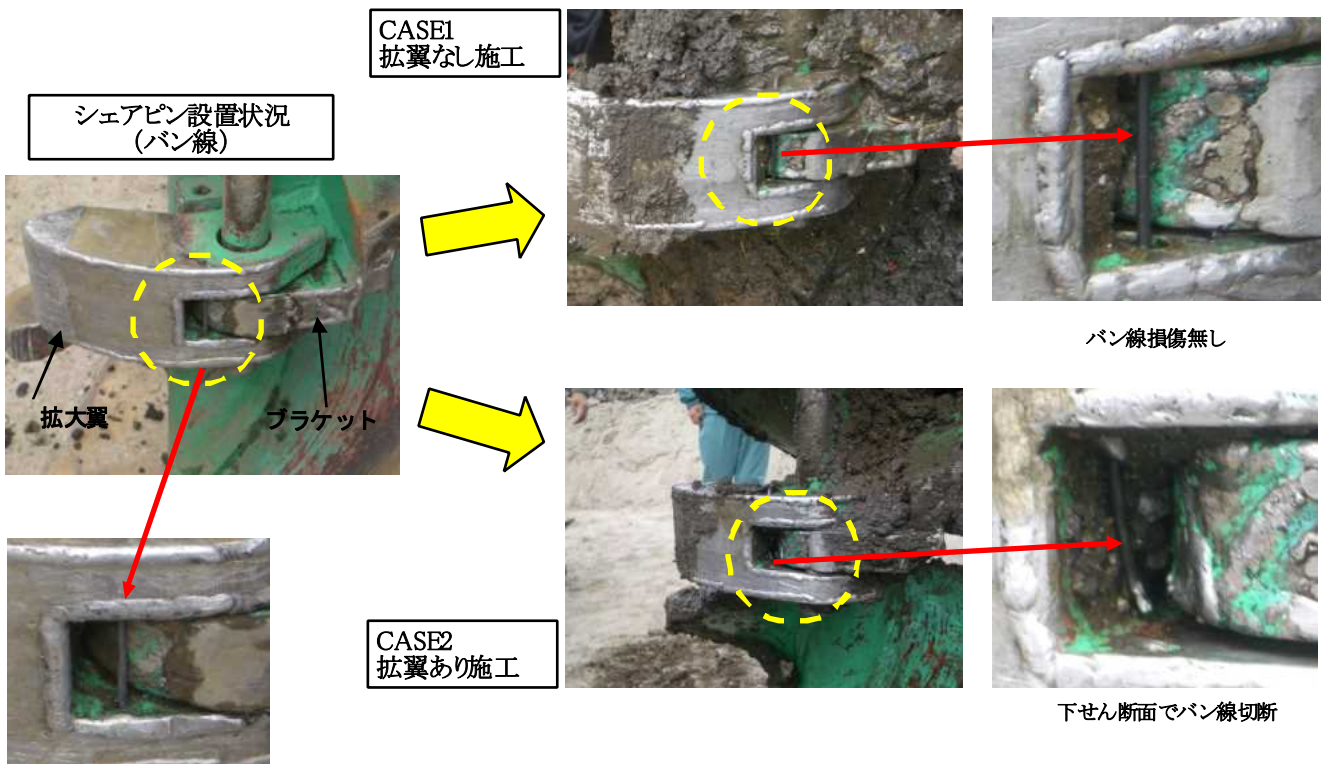


写真-4.5 試験結果

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-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、拡大翼を地山にくい込ませる（図-5.1, 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-5.1, 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。

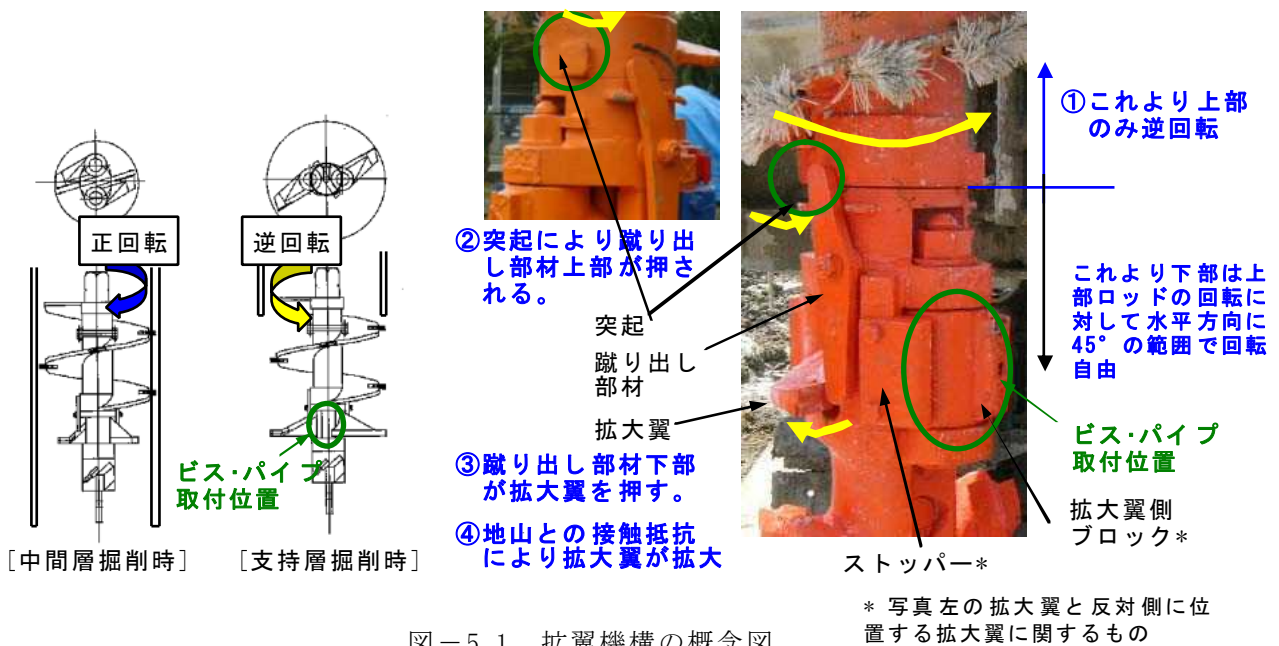


図-5.1 拡翼機構の概念図

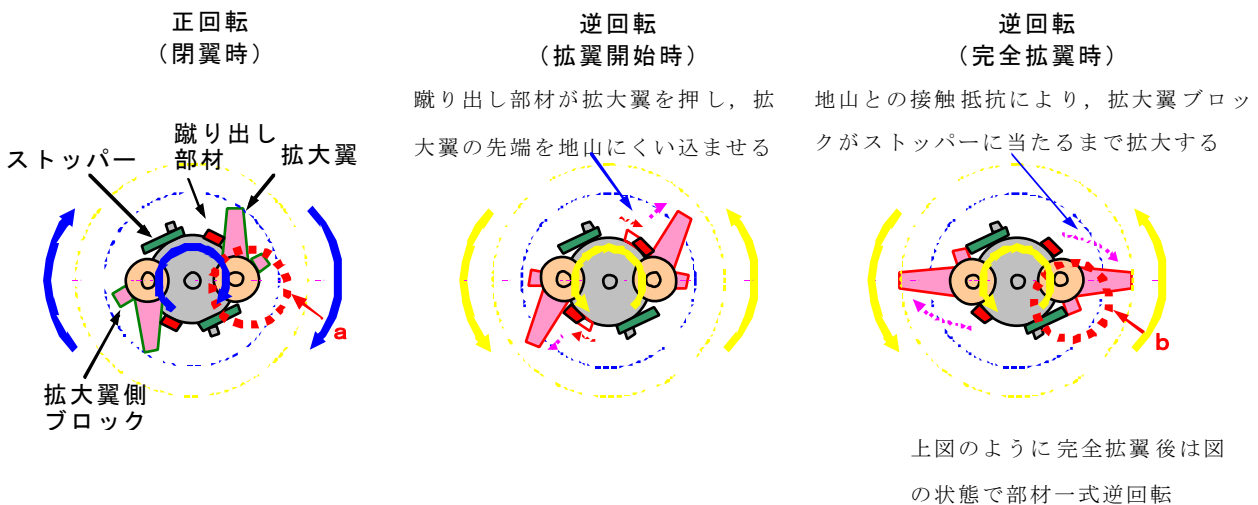


図-5.2 拡翼機構の概念図 (平断面図)

5. 2 拡翼確認方法

5. 2. 1 確認方法

拡翼確認方法を表-5.1 に示す。「ビス方式」と「パイプ方式」の2方式がある。

表-5.1 拡翼確認方法

	閉翼時	拡翼中
方法 A (ビス方式)		
	<p>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)</p> <p>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</p>	
<p>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。</p>		
方法 B (パイプ方式)		
	<p>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)</p> <p>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</p>	
<p>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。</p>		

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。

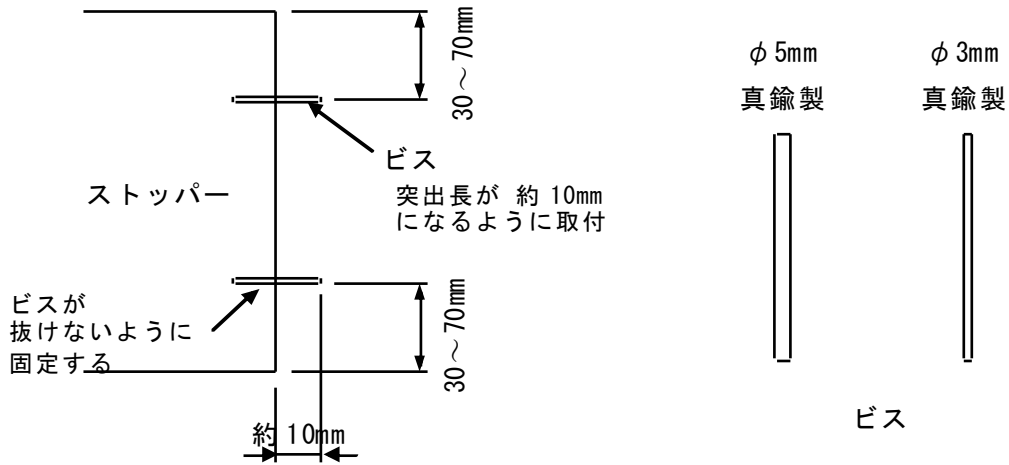


図-5.3 ビスの仕様と取付位置

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。

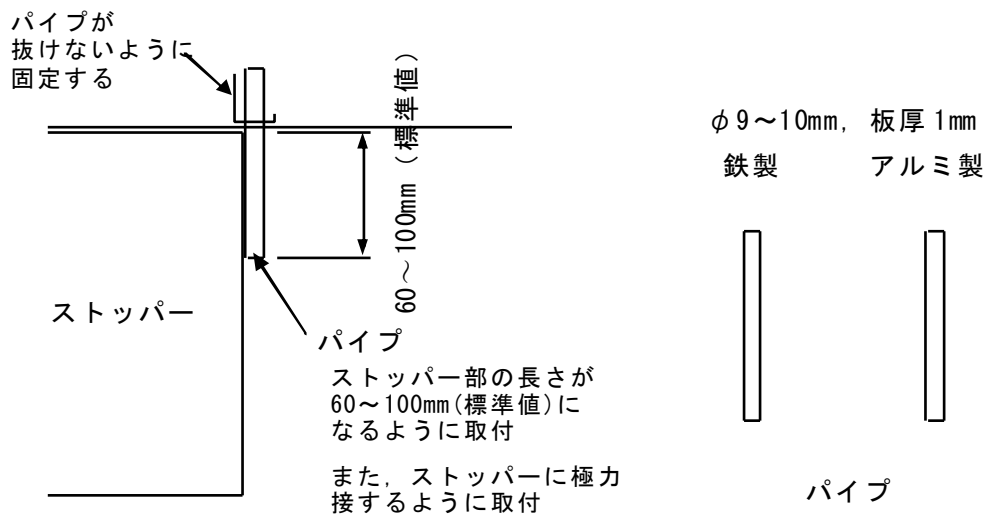


図-5.4 パイプの仕様と取付位置

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-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ーナーのみで施工した。使用したヘッドはφ600mm 鋼管杭用である。

(4) 試験方法

図-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-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」の何れの方式も有効であった。

- 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、ビスの変形やパイプの潰れがあり、拡翼が確認できた。

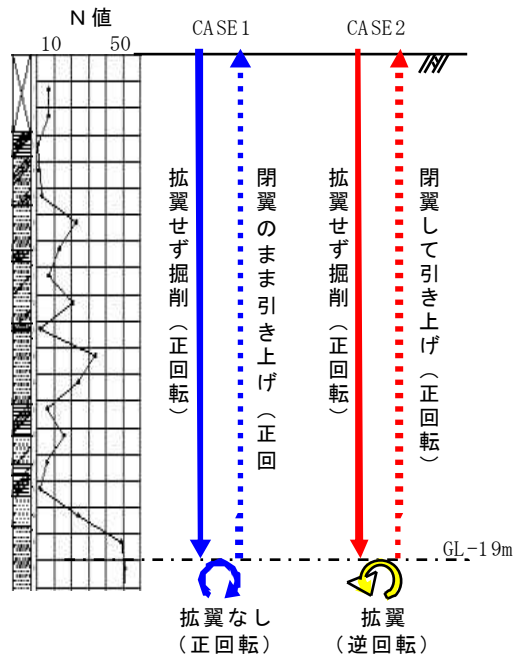






図-5.5 土質条件と実験ケース

表-5.2 実験結果一覧

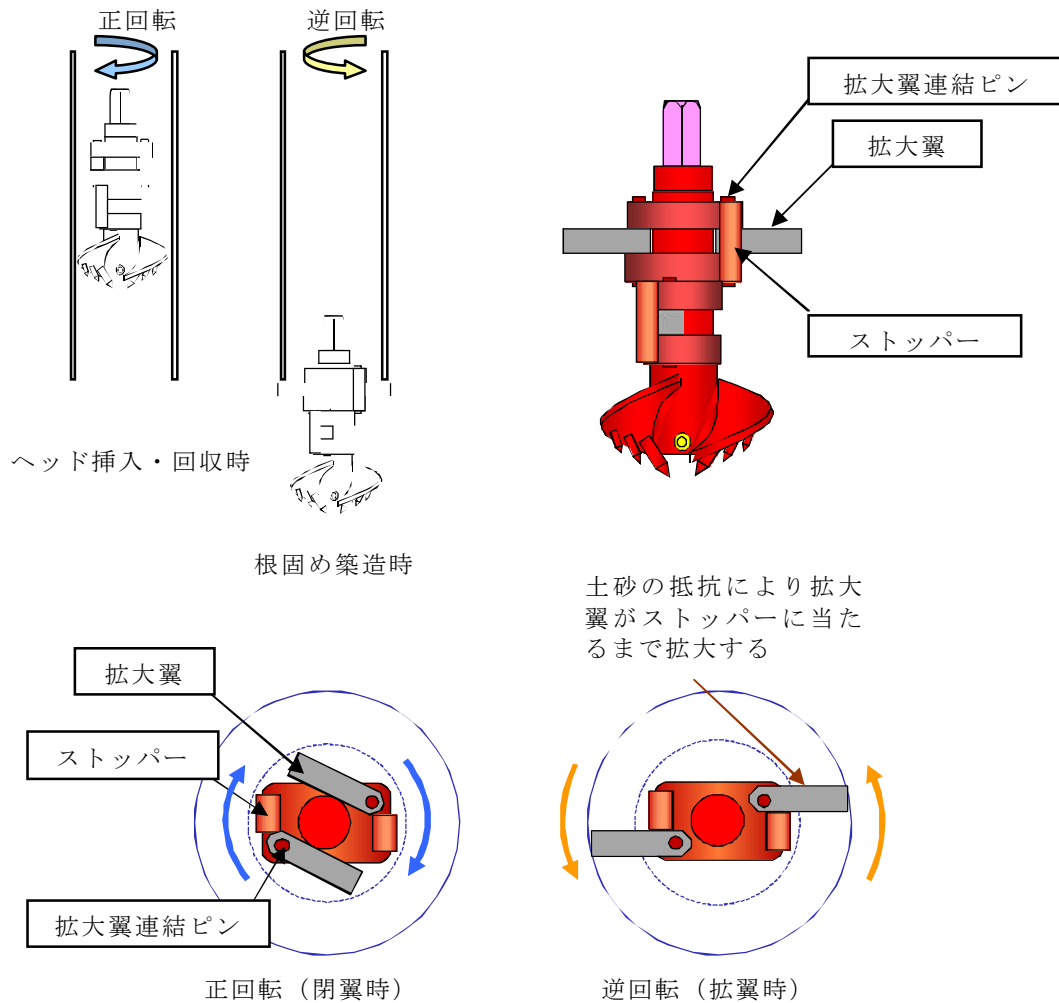
方法A (ビス方式)		方法B (パイプ方式)	
CASE1 (拡翼なし)	CASE2 (拡翼あり)	CASE1 (拡翼なし)	CASE2 (拡翼あり)
施工後 φ5mm 	施工後 φ3mm 	施工後 φ5mm 	施工後 アルミ製 
実験結果 ビスの変形・破断等の 損傷なし	実験結果 ビスの変形・破断等の 損傷あり		実験結果 パイプの圧潰あり

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-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-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-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-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 $\phi 9.5\text{mm} \times$ 板厚 $t1\text{mm}$ 程度)を標準とする。

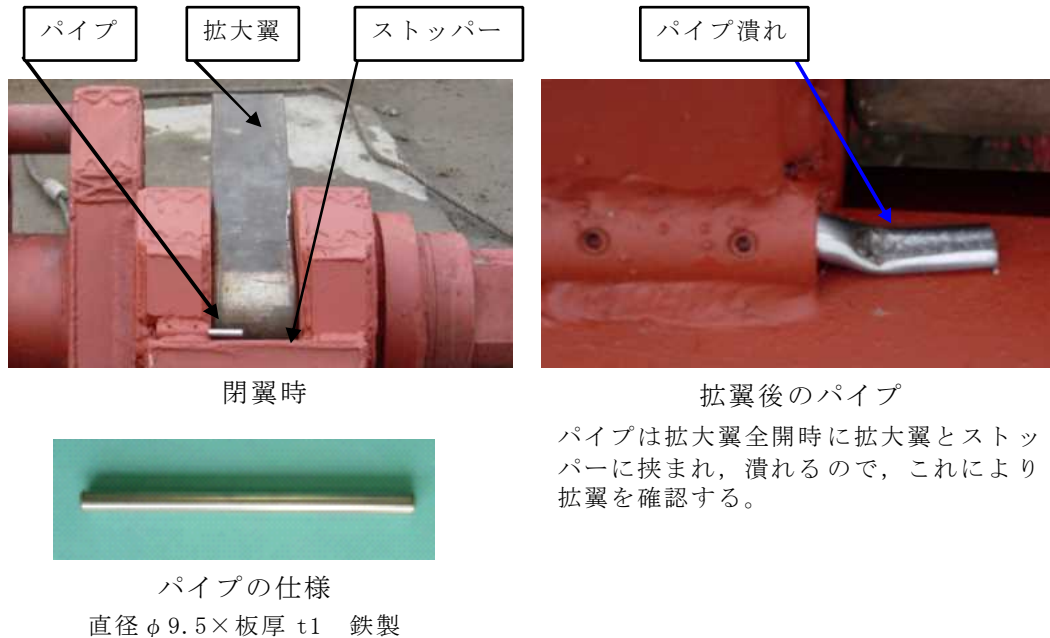


図-6.2 拡翼確認方法

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。

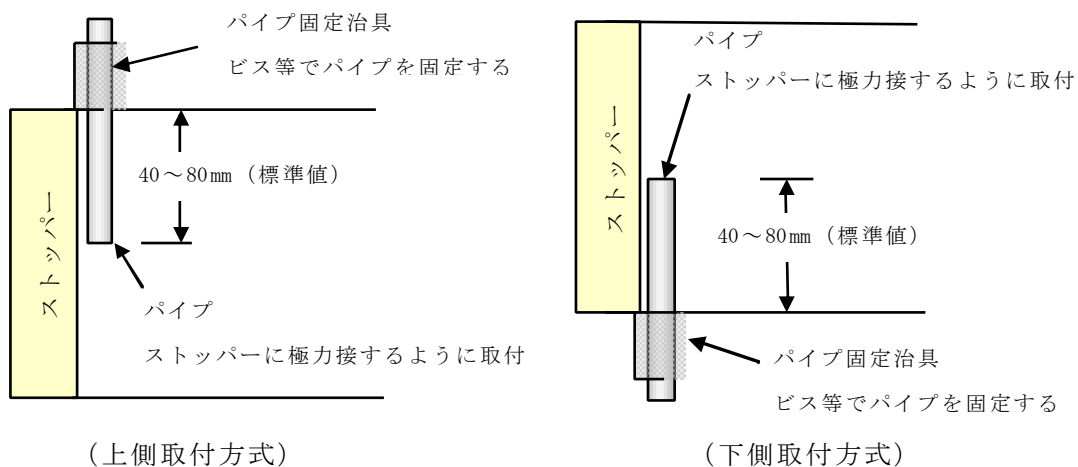


図-6.3 パイプ取付位置

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-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-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翼型ヘッド（拡翼径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

拡翼確認方法として、パイプ方式は有効と判断できる。

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

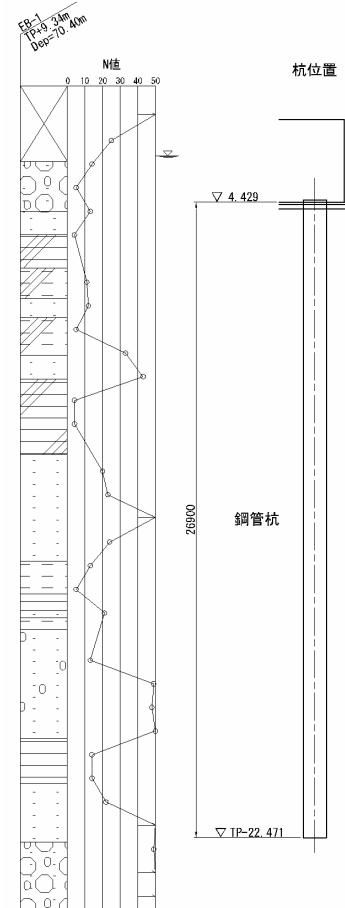


図-6.4 土質柱状図と杭位置関係



拡翼確認（全景）写真記録



拡翼確認（接写）写真記録

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＞

中掘り施工ワーキンググループ

ワーキング長 水谷 太作
委員 菊池 俊介
委員 田中 宏征
委員 平田 尚
委員 松井 良典
委員 吉澤 幸仁

<改訂履歴>

【Edition 1.0】 : 平成 26 年 9 月 新版発行

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 コーエスト
〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-3-5 広栄ビル
