第５編　施　　工

ⓒ2026JASPP

第 5 編　施　工

第５編　施　　工 1

5.1　施工計画 1

5.1.1　施工体制 1

5.1.2　施工計画一般 3

5.1.3　環境対策 5

5.2　施工準備 7

5.2.1　杭の手配 7

5.2.2　杭打ち機械の手配 8

5.2.3　仮設計画 9

5.2.4　要員計画 12

5.2.5　障害物の除去、近接構造物の養生など 13

5.3　試験杭 15

5.3.1　試験杭の目的と計画 15

5.3.2　試験杭の実施 15

5.3.3　試験杭での評価と報告 15

5.4　施工機械 20

5.4.1　主な施工機械設備 20

5.4.2　施工機械の安定度と接地圧 21

5.4.3　ヤットコ 27

5.5　騒音と振動 29

5.5.1　公害問題と法規制 29

5.5.2　騒音 31

5.5.3　振動 34

5.5.4　騒音・振動対策 37

5.5.5　参考資料等 40

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理 42

5.6.1　一般 42

5.6.2　施工方法 50

5.6.3　施工管理 55

ⓒ2026JASPP

5.7 鋼管ソイルセメント杭工法の施工および施工管理 61
5.7.1 一般 61
5.7.2 施工法 69
5.7.3 施工管理 73

5.8 回転杭工法の施工および施工管理 83
5.8.1 一般 83
5.8.2 施工法 88
5.8.3 施工管理 92

5.9 打撃工法の施工および施工管理 99
5.9.1 一般 99
5.9.2 施工手順 107
5.9.3 施工管理 118
5.9.4 施工精度の確保 124

5.10 バイブロハンマ工法の施工および施工管理 128
5.10.1 一般 128
5.10.2 施工手順 140
5.10.3 施工管理 146
5.10.4 施工精度の確保 147
5.10.5 応用施工技術 147

5.11 その他の施工方法 152
5.11.1 高支持力埋込み杭工法 152
5.11.2 圧入工法 154
5.11.3 硬質地盤を対象とした工法 156
5.11.4 SL 杭・重防食杭の施工 162

5.12 補助工法 167
5.12.1 鋼管杭の補助工法 167
5.12.2 補助工法の選定と留意点 171

5.13 現場接合 173
5.13.1 現場円周溶接（現場縦継ぎ溶接） 173
5.13.2 現場横継ぎ溶接 186
5.13.3 機械式継手 188

ⓒ2026JASPP

5.14　杭頭処理 191
5.14.1　杭頭部の処理 192
5.14.2　杭頭部の掘り出し 193
5.14.3　杭頭部への部材取付け 193
5.14.4　中詰め補強鉄筋（定着筋）の配筋 198
5.14.5　充填（中詰め）コンクリートの打設 200

5.15　特殊な現場条件での施工 202
5.15.1　周辺地盤の変状抑制 202
5.15.2　狭い場所での施工 203
5.15.3　頭上空間の低い現場での施工 208
5.15.4　汚染土地盤への杭の施工 210

5.16　回転杭の逆回転による撤去 217
5.16.1　撤去実績 217
5.16.2　撤去事例 218

5.17　杭工事のトラブルと対策 223
5.17.1　トラブルの発生原因 223
5.17.2　杭頭の破損 223
5.17.3　高止まり 227
5.17.4　低止まり 231
5.17.5　打止め条件に達しない場合 233
5.17.6　地中障害物 234
5.17.7　トラブル処置事例 235

5.18　大径・長尺杭の施工 259

ⓒ2026JASPP

第 5 編　施　　工

5.1　施工計画

杭基礎の施工は、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ること

これらの条件が満足できない場合には、設計に立ち戻っての再検討が必要となる。

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に所要の信頼性をもって支持性能が発揮できることを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、輸送計画等も含む）、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（**公社）日本道路協会「杭基礎施工便覧（令和 2 年度改訂版）」（令和 2 年）**（以下、**「杭基礎施工便覧」**という）[5.1-1)] 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ことが望まれる。

5.1.1　施工体制

一般的に、鋼管杭工法の施工は、発注者から工事を受注した元請の全体管理のもとで行われる。施工現場における一般的な施工体制を図 5.1.1 に示す。

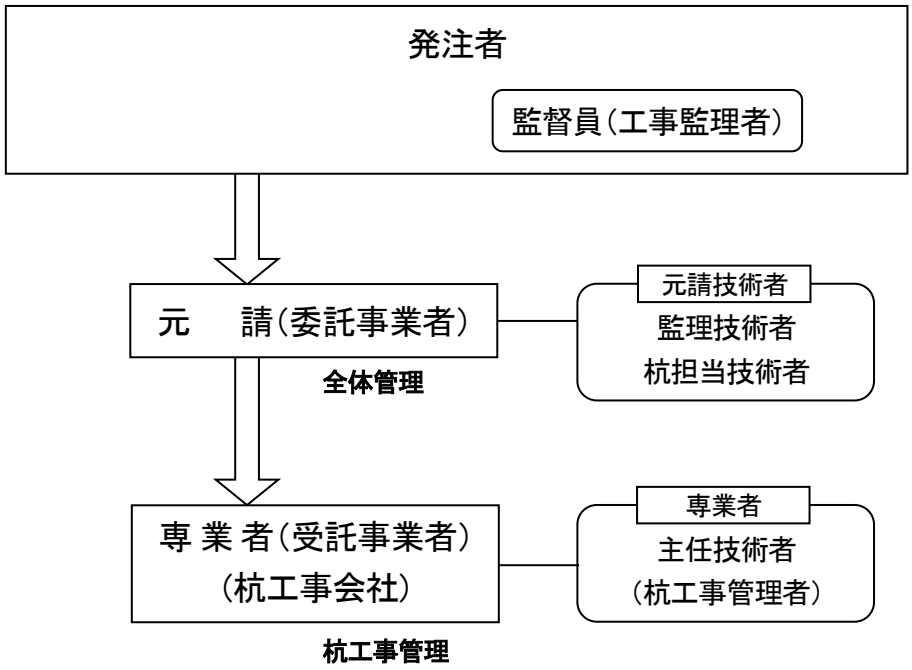


図 5.1.1　鋼管杭工法の一般的な施工体制（出典 5.1-①に加筆・修正）

図 5.1.1 における杭工事に携わる関係者の用語は、以下の通りである。

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をいう。
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をいう。
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をいう。
4. 元請技術者　元請の監理技術者と杭担当技術者をいう。
5. 杭工事管理者（主任技術者）　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。この場合は施工要領書（施工計画書）に明記する。なお、基礎施工士の資格を取得している技術者であることが望ましい。
6. 杭工事会社　鋼管杭工法の杭工事を直接行う会社。公的認証を取得している鋼管杭工法については、公的認証を取得している会社または公的認証取得会社から実施許諾や認定などを受けて杭工事を行う会社をいう。

杭工事会社は、十分な知識と経験を有するとともに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しなければならない。杭工事会社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。

監督員（工事監理者）は、地盤条件・施工上の留意事項・施工要領書（施工計画書）等を事前に把握し、設計図書通りに工事が実施されているかを確認しなければならない。

元請技術者は、現場条件に即した施工要領書（施工計画書）を作成し、監督員（工事監理者）に対し作成した施工要領書（施工計画書）を提出し、その内容について説明しなければならない。

杭工事会社の杭工事管理者は、設計図書や施工要領に適合した杭工事を適切に実施するため、元請技術者の施工要領書（施工計画書）作成への協力、工程管理、品質管理の職務を誠実に行わなければならない。

また、杭工事管理者は、元請技術者から提供される情報（設計図書などに記載された地盤条件、施工方法、工期等、基礎杭工事の施工に関する事項）について確認し、その情報を杭の施工を行う関係者と共有しなければならない。

下記の項目に対する責務については、**（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第 3 版）」（2022 年）**（通称**「青本」**：以下、**「鋼管杭 －施工と施工管理－」**という）[5.1-2)] などを参考にするとよい。

(1) 施工計画
(2) 工程管理
(3) 品質管理
(4) 施工計画の周知徹底
(5) 報告義務（杭工事管理者）と確認の義務（元請技術者）

ⓒ2026JASPP

5.1.2　施工計画一般

1.　一般

施工計画の目的は、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、元請が作成する基本計画の方針に則り、所定の機能を満足する構造物を工期内に経済的、かつ安全に施工することにある。そのためには各種基準・指針等を十分理解したうえで、設計条件の把握、事前調査の実施、およびそれらに基づいた施工要領書（施工計画書）の作成が必要である。施工計画のフローを図 5.1.2 に示す。各種の調査を行うにあたって、その調査項目を表 5.1.1 に示す。

特に計画地点の環境条件（地形、地質、気象、海象など）は、工法、施工順序、施工機械、工期などの計画に密接な関係があるので、これらの要因を十分に検討し、次にその調査結果および工期や設計上の諸条件によって総合的な施工条件を明確にしたうえで、資材、仮設などの個々の計画に移る。

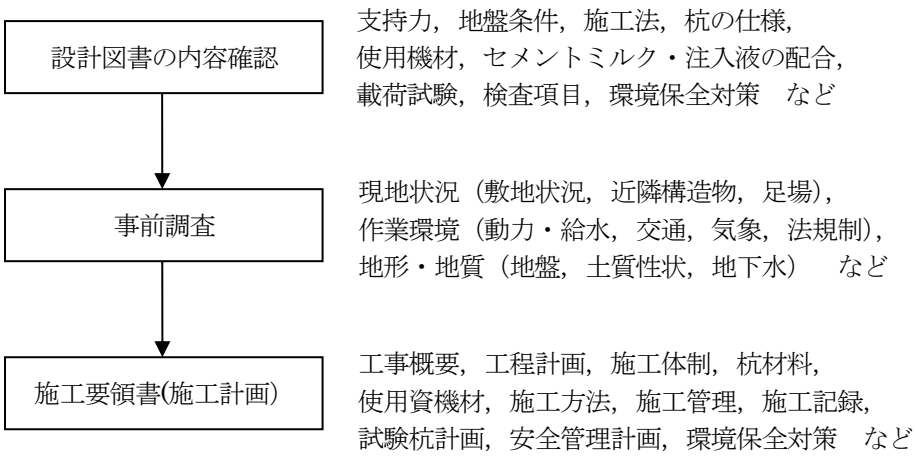


図 5.1.2　施工計画のフロー（出典 5.1-②）

表 5.1.1　調査項目

調査事項	調査項目	調査内容
現地調査	気象・海象	稼働日数　雨、雪、風、台風の影響　波高および波向　潮位差、潮流、流向
	交通	資機材運搬路（ルート、幅員および舗装状況）工事用道路の必要性 道路の規制　船舶の航行、作業船の避難
	市場	資材の現地価格と納入日数
	動力設備	幹支線の電力容量と電柱番号　工事用送電線の距離
	通信	電話引込み回線数とその距離　郵便の配達状況　諸監督官庁（警察署、消防署など）への連絡方法
	給水設備	水道本管の位置と引込み可能位置とその距離
	排水方法	汚水の処理条件　排水施設の状況　自治体の条例など
	工事用地	工事用地の境界と面積　借地の有無
作業環境調査	障害物	地下埋設物の有無と処理条件　上空架線状況
	近接	近接家屋の有無と種類（騒音、振動障害も考慮する）
	施工場所	足場の必要性　地盤改良の必要性
	土質調査	ボーリングによる土質諸定数の調査
既存の資料収集	工事資料	近隣で行われた杭打ち工事の杭長や能率 その他工事に関すること

例えば、工期に制約がある場合には 1 日当たり打込み本数が決まるので、打込み設備、および付帯設備などが初めから決まってしまい、経済性は二次的な問題として扱わざるを得ない場合がある。このように相反する要因のバランスを考慮しながら、設計で要求している支持力、精度、部材性状をもつ杭基礎の実現を図り、施工計画を立てなければならない。

2.　杭施工法の分類

杭の施工法は一般的に既製杭工法、場所打ち杭工法に区分でき、さらにそれは図 5.1.3 のように分類できる。鋼管杭工法の概要については**第 1 編　概要**の 1.2.3　**杭の施工法による分類**に記載されているので併せて参照されたい。

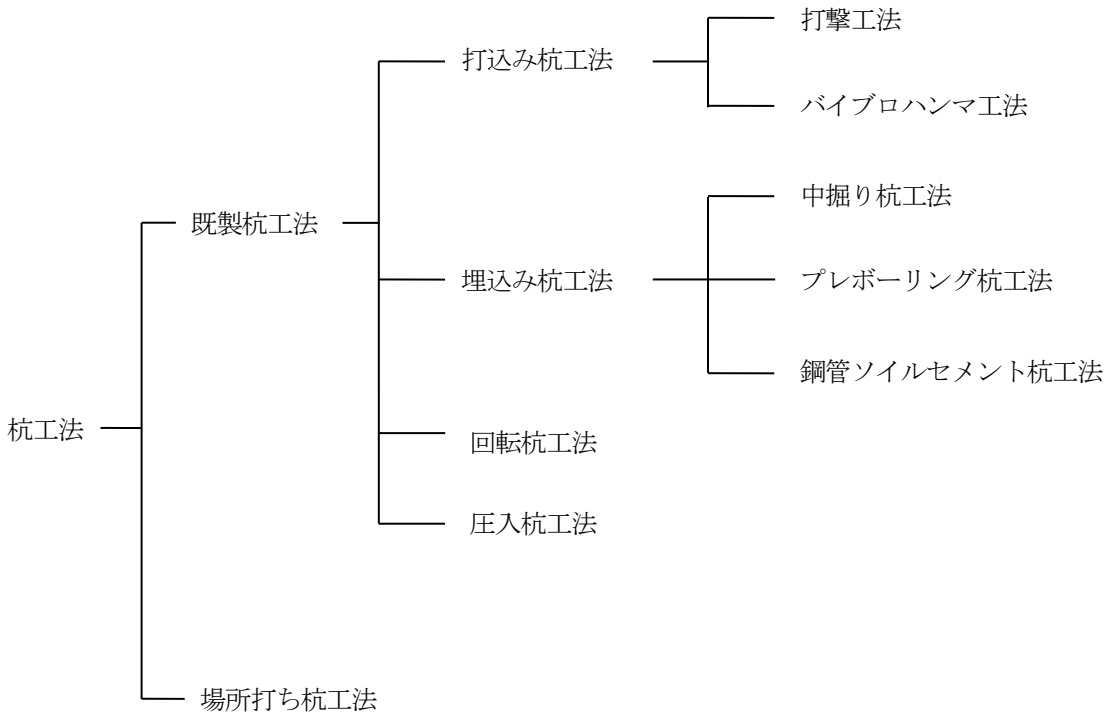


図 5.1.3　杭の施工法による分類

3.　施工方法の選定

杭の施工法の選定については、**4.1.1　設計に関する基本事項**でも示したが、ここでは各工法で一般的に使用されている杭長の範囲の参考値を表 5.1.2 に示す。この表は、実績の中からよく使われている範囲を示しており、実際にはこの範囲を超えるものもある。なお、鋼管杭は比較的硬い中間層を打ち抜くことができると共に、60m を超える長尺杭として使用されることも多い。

杭基礎にも多くの種類があり、それぞれ特長を持っている上に、構造物の種類により異なる設計・施工基準に従っている。工法の選定はこれらの条件と、場所により複雑に変化する敷地、地盤、地下水に関する条件および環境などを考えて行わなければならない。なお一般的な選定方法として**表 4.1.4　基礎形式の選定図表**を示してあるので参照されたい。

表 5.1.2　一般的に使用されている杭長 [5.1-3)]

		杭　長 (m)						
		10	20	30	40	50	60	
打込み杭工法	鋼管杭							
	PHC 杭							
埋込み杭工法	中掘り PHC 杭							
	中掘り鋼管杭							
	鋼管ソイルセメント杭							
回転杭工法	鋼管杭							
場所打ち杭工法	オールケーシング工法							
	リバース工法							
	アースドリル工法							

5.1.3　環境対策

杭基礎工事を実施する際に考慮すべき環境対策には、**（一社）日本建設業連合会他「建設工事公害防止対策の手引き（第 11 回改訂版）」（2021 年）** [5.1-4)] によると、以下のような項目がある。なお騒音対策と振動対策については**5.5　騒音と振動**に詳細に記述した。

① 騒音対策

工事中の騒音が周辺住民に与える影響を考慮して、発生する騒音を最小限に抑えるため、防音設備の設置や作業時間の制限を行う。

② 振動対策

杭打ち工事により発生する振動が周囲の建物やインフラ等に影響を与えないよう、振動を抑える工法や機材を使用する。

③ 排土処理

工事中に発生する排土を適切に処理し、土壌汚染を防ぐための対策を講じる。

④ 水質保護

工事現場からの排水が周辺の地下水や河川の水質に悪影響を与えないよう、排水処理設備を設置する等の適切な管理を行う。

⑤ 大気汚染防止

工事中に発生する粉塵や排気ガスを抑えるため、散水や防塵ネットの設置、低排出ガス機材の使用を心掛ける。

⑥ 廃棄物管理

工事中に発生する廃棄物を適切に分別・処理し、リサイクル可能な資源を最大限活用する。

⑦ 地域住民とのコミュニケーション

工事の進捗状況や環境対策について、必要に応じて地域住民に説明し、意見や要望を反映させることで、地域との良好な関係を築く。

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.1-1）日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和 2 年度改訂版），2020 年 9 月
5.1-2）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭－施工と施工管理－（改訂第 3 版），2022 年 1 月
5.1-3）建設物価調査会：国土交通省土木工事積算基準 令和 7 年度版，2025 年 5 月
5.1-4）日本建設業連合会 公衆災害対策委員会，環境公害対策部会，建設三団体 安全対策協議会：建設工事公害防止対策の手引き（第 11 回改訂版），日本建設業連合会，2021 年 11 月

出典

5.1-① 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＞［Edition 3.0］，p3 図-1.1，2021 年 3 月
5.1-② 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第 3 版），p168 図-3.2.1，2022 年 1 月

ⓒ2026JASPP

5.2　施工準備

5.2.1　杭の手配

1.　杭の発注

杭の発注にあたっては、設計図書、仕様書に基づき、杭の形状・寸法、数量などを鋼管杭製造者（鋼管杭メーカー）に指示する。最低限必要な指示項目を表 5.2.1 に示す。さらに必要に応じて、特別な製作仕様書（図面添付）によって指示することもある。

表 5.2.1　鋼管杭の注文例

項目							
規格		JIS　A　5525（鋼管ぐい）					
材質		SKK400					
寸法・数量		杭種	種別	寸法 (mm)			本数
				外径	厚さ	長さ	
		1	上杭	500	9	6,000	132
			中杭	500	9	12,000	132
			下杭	500	9	12,000	132
		2	上杭	600	12	10,000	240
			中杭	600	12	12,000	240
			下杭	600	12	12,000	240
杭頭部		補強バンドなし					
杭先端部		各杭に補強バンド 1PL－9×200 付					
現場円周溶接部		半自動溶接用（JASPP ジョイント）					
附属品		吊金具、ズレ止め、補強バンド、杭先端支圧材（中掘り杭工法）					
検査		検査は製造工場で行い、検査証明書を提出すること。					
製造法		特に指定しない。					
受渡し条件		現場車上（O/T）渡し、または工場渡し					
用途		橋脚、橋台基礎杭					

2.　運搬

鋼管杭は、工程計画表によって現場入荷時期・数量を定め、これに間に合うようあらかじめ手配しておく必要がある。鋼管杭の納入方法は一般に、①工事現場内の置き場でのトラック車上渡し、②最寄り港着岸本船（台船）乗り渡しの 2 ケースがある。保管場所はなるべく打込み現場に近い場所を選定する方が、杭打機での引込みが可能となり便利である。

鋼管杭はその輸送に際して種々の制限があり、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輸送計画を作成する。また、長尺杭の運搬にあたっては所轄警察に届け出て事前に許可を受ける必要がある。海上輸送の場合は、船舶の航行・係留制限、積卸し場および積卸し設備の状況、海象などを調査しておかなければならない。

SL 杭や重防食鋼管杭などの塗覆装杭については、塗覆装面に損傷を与えやすいので、運搬中に台車の金属部分やロープと直接接触しないように、保護することが必要である。機械式継手付き鋼管についても同様に、継手部が接触しないような配慮が必要である。表 5.2.2 に輸送手段と輸送可能長を示す。

ⓒ2026JASPP

表 5.2.2　輸送手段と輸送可能長さの目安

区分	輸送手段	輸送可能長さの目安	備　考
陸上	10t トラック	10m 程度	全長 12m 超えは「特殊車両通行許可」が必要
	セミトレーラ	13m程度	「特殊車両通行許可」が必要
	ポールトレーラ	18m 程度	「特殊車両通行許可」が必要
	主な台船サイズ		
海上（湾外）	45m×12m，50m×18m，60m×20m 65m×22m，70m×22m，75m×26m など		
海上（湾内）	20m×8m，24m×9m，36m×12m 40m×15m　など		

3.　杭の仮置き

杭を現場内に仮置きする場合は、次の点に注意する必要がある。

① クレーンによる荷卸ろしは、規格に合ったワイヤロープを用いる。また、狭い現場では案内ロープを用いる。

② 杭は杭打機の近くで水平な地盤にできる限り一段に並べて保管する。杭の接触傷防止や玉掛け作業が容易なように角材等を枕材とし、杭間に若干の隙間をとるように並べ、ストッパー等で固定するのがよい。

③ 杭打機への吊込み作業が容易なように、できれば杭頭を引込み方向に向けて仮置きする。

④ 枕材は玉掛けが行い易い高さ（10cm 程度以上）のものを使用する。

⑤ 環境条件や施工までの仮置き期間等も勘案して、必要に応じて管内への雨水や塵埃の浸入防止、飛来塩分対策、継手部分の防錆等の変状防止措置を行う。

⑥ SL 杭、重防食鋼管杭などの塗覆装杭は塗覆装面に損傷を与えないように、杭どうしが直接接触しないようにするとともに、枕材は塗覆箇所を避けたところに置いてその上に杭を並べる。

⑦ SL 杭は被覆材料がアスファルトであるため、長期盛夏の直射日光をうけると軟化して垂れ下がり、アスファルト層が薄くなった箇所では、必要な厚さを満足しないことがある。したがって、打込み作業の工程に合せて、メーカーと納入日時を協議し、仮置き期間をできるだけ短くすることが望ましい。SL 杭の取扱いは（**一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「SL ぐい製品仕様書 改訂第 9 版」**(2026 年)（以下、**「SL ぐい製品仕様書」**という）[5.2-2)]を参照されたい。

5.2.2　杭打ち機械の手配

元請建設業者は杭打ち専業者と交渉・契約し、打込み工事開始の時期に間に合うよう機械の手配、搬入の詳細を決める。

杭打ち工事用機械は工法によって異なる。主な器具は5.4.1　主な施工機械設備に示す通りで、この中から工事に適する容量のものを選定して工事現場に搬入する。

ⓒ2026JASPP

5.2.3　仮設計画

仮設計画は杭打ち工事のみでなく、他の作業との関連性を考慮して検討する。以下に、仮設計画上の運搬路、足場などの仮設設備についての留意点を示す。

1.　機材運搬路

施工機械の運搬にあたっては、搬入ルート、道路幅員、高さ制限、曲がり角など事前に道路や交通の状況を十分調査する。また、使用する道路の各種規制状況や学童の通学路となっているか否かをあわせて調査し、通学路となっている場合は、その時間帯の機材の搬入・搬出は避けるようにしなければならない。

特に施工機械の運搬はトレーラ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うえで綿密な運搬計画を立て、必要な許可を取得する。

現場敷地が狭隘な場合には、一度に多くの機材を搬入せずに、補助クレーンおよび杭打機の組立後に順次各種機材を搬入するなどの計画を立てることが必要である。

搬入路上に橋がある場合は、橋の幅員、高さを調査するとともに通行可能重量も確認しなければならない。

一般道路などが通行不可能な場合はその状況によって、仮設道路を築造する必要がある。仮設道路の築造方法としては、盛土、切土、整地、桟橋、道板、土の置換えなどが考えられるが、重量物の運搬に耐えられるものでなければならない。運搬路の勾配は、杭打機の搬入・組立て、移動、解体、資材の運搬、保管などに支障ないように決める。現場の状況からやむを得ない場合でも、勾配は 15 度を目安とする。また、仮設道路は鋼管杭、打込み機などの長大物を運搬するための十分な幅員、旋回箇所、迂回箇所を必要とする。

運搬路が水上である場合には、以下の諸点に注意を払わねばならない。

⑴　岸壁工事など接岸部が工事現場の場合

係船岸工事（ドルフィン、岸壁）などに直接鋼管杭を使用するか、その付帯工事などの施工をする場合はあらかじめ当該地の水深、バース長、航路幅等を調査し、それに見合う船舶を用意する。一般に、各港湾の岸壁、ドルフィンなどの水深、接岸可能長さは、船会社が調査しているので船会社に相談するとよい。

⑵　岸壁に一時仮置きした後に工事現場まで運搬する場合

港によっては、航路、接岸・係留ルールや岸壁、背後ヤードの利用が非常に錯綜している場合があり、水切り（船から荷物を陸揚げすること）後どの程度（日数あるいは数量）仮置きできるか調査しておく必要がある。特に、鋼管杭のような長尺物はスペースをかなり広く必要とするため、どういう方法で引取るかを事前に打合わせしておくことが大切である。一般に陸上輸送より海上輸送の方が経済的である。しかし、反面輸送時間が長くかかる欠点がある。

2.　作業基盤（地盤）

作業基盤（地盤）は、杭打機およびクローラクレーンなど大型の施工機械が走行や杭打ち作業をするため、必ず水平に仕上げることが重要である。作業基盤の良否は、杭の傾斜などの施工精度や杭心ずれ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・地中埋設物などとの離隔を含めて総合的に判断する。

ⓒ2026JASPP

地盤（表層、浅層）が軟弱な場合は、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、敷鉄板の使用や地盤改良など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 100～200kN/m² 程度であるが、施工荷重の偏心などを考慮すると 400kN/m² を超えるような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・作業姿勢などによる接地荷重に対して十分耐えられるようにあらかじめ作業基盤の整備を行う。3 点支持式杭打機とクレーンの安定と接地圧の計算例を 5.4.2　施工機械の安定度と接地圧に示した。

また、重機や杭の搬入路、重機の移動範囲についても、特に斜面法肩などに注意して転倒事故が起こらないように堅固に整備しておく必要がある。

河川内や港湾など水上での施工では、桟橋や構台、築島を仮設するか台船によって施工することが一般的である。これらの計画にあたっては、施工機械や設備機器の配置、天候や波浪、水流に対する安定性および台船の曳船についても考慮する必要がある。また、基礎本体の施工とは別に、桟橋の杭の施工や台船搬入される鋼管杭や資機材の吊り揚げなど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。

陸上および水上の杭打ち作業における施工基盤をまとめると、次のものが考えられる。

①　陸上…原地盤、地表面の改良（地盤改良、盛土、敷砂利、覆工板、敷鉄板など）、桟橋

②　水上…盛土・築島、桟橋・構台、船舶（起重機船、杭打船、台船等）、自己昇降式作業台（SEP）

⑴　陸上の施工基盤

陸上において次のような場合は、桟橋足場を使用する。

①　河川、湖沼の陸上部分、水田などの軟弱地盤上で施工する場合

②　掘削・床掘・根切りした地盤の上方を施工基面として施工する場合

③　障害物を越えて機材を搬入する場合

⑵　水上の施工基盤

水上における杭打ち作業の足場として、どのような形式を選ぶかを検討するための条件は、次の通りである。

①　自然条件（地形、水深、流速、地質など）

②　施工条件（機械、工期、作業範囲など）

③　外的条件（管理者、利用者の要求、航路、流水断面、漁業権など）

水域での施工においては、仮設桟橋・構台の施工や築島等に関しても、水質汚濁防止や水生生物保護の観点からの検討と対策に十分留意しなければならない。

1)　桟橋・構台

水深の浅い場所での杭打ちは、船打ちとせずに仮設桟橋・構台による場合が多い。桟橋・構台を利用すれば杭打ち作業は陸上と同様になり、工期の短縮、工事費の低減を図ることができる。一般に、仮設桟橋・構台は鋼製がほとんどであり、杭打ち以外の他の工種も考えて最大荷重によって設計する必要がある。また、杭打ち時、揺れないようにブレース、桁などによって補強する。桟橋の幅員は、工事規模によるが、一般に打込み機械の幅に 1m を加えた幅が最低限必要であり、旋回箇所においては十分なスペースをとるべきである。桟橋の天端は工事期間中に予測される最高水位に対し、1m 程度の余裕をみる必要がある。図 5.2.1 に仮設桟橋の例を示す。

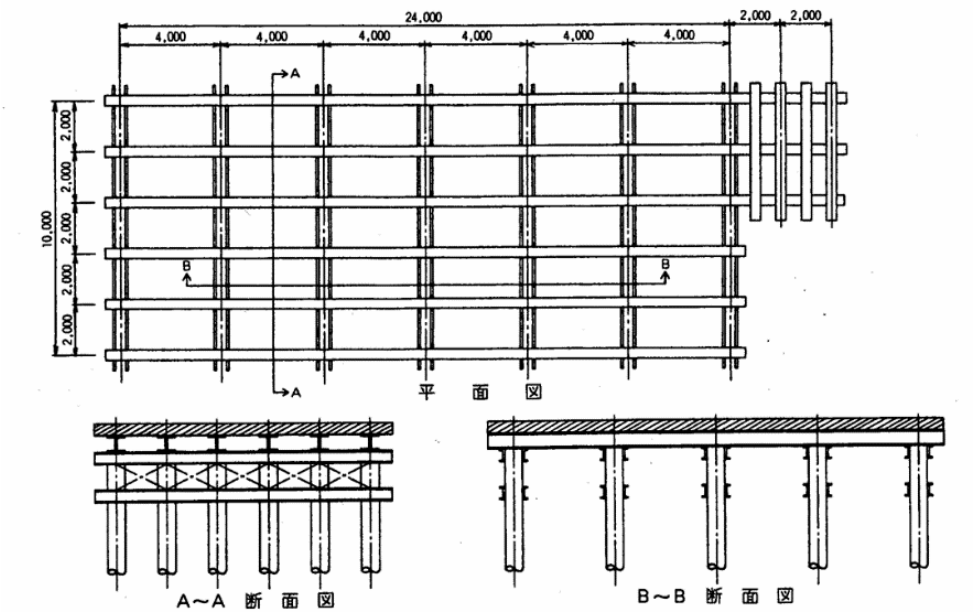


図 5.2.1　仮設桟橋の構造例

2)　築島

築島によって施工基盤を構築する場合は、周辺部が水流などによって崩れないように注意する必要がある。築島は形状によって島式と半島式に分類することができる。

築島の場合の天端高も工事期間中に予想される最高水位に対し、桟橋と同様 1m 程度の余裕をみる必要がある。海上築島の場合は、航路幅および水深の確保、標識の設置など船舶の安全に対して配慮する。

3.　電力・用水

鋼管杭の施工は、電気を動力とする各種機器を使用する。その主なものには、アースオーガ、グラウトポンプ、溶接機などがある。電力は、受電設備によることもあるが、一般には発電機によって得る。何れの場合にも使用する機器に対し十分な容量を有するものでなければならない。一般に用いられているオーガ駆動装置の出力と発電機容量を表 5.2.3 に、現場溶接継手に必要な発動発電機を表 5.2.4 に示す。

表 5.2.3　オーガ駆動装置の出力と発電機容量（出典：5.2-①に加筆）

形式	出力		発電機
D-60	60 HP	45 kW	180 kVA
D-80	80 HP	60 kW	240 kVA
D-100	100 HP	75 kW	300 kVA
D-120	120 HP	90 kW	360 kVA
D-150	150 HP	112 kW	450 kVA
D-200	200 HP	150 kW	600 kVA

ⓒ2026JASPP

表 5.2.4　現場溶接継手に必要な発動発電機

溶接の種別	台数	容量	発動発電機
半自動アーク溶接	電気溶接機 1 台	100/125KVA	1 台
	電気溶接機 2 台	125/150KVA	1 台
手溶接	エンジンウェルダー溶接機 1 台	15/18KVA	－

掘削時の注水および根固め液などに水を使用する場合には、給水設備を設けなければならない。施工に必要な給水量は工事規模（施工機械の数量）、施工法、施工長さなどによって異なるが、施工機械 1 基当たり口径 20mm 以上の水道を用意するのが一般的である。また、給水量が不足する場合や、小口径の水道によって給水する場合は、水槽（容量 10～30m^3 ）を用意して、施工に十分な量を貯水しておく必要がある。

水質は水道水であれば支障ないが、河川、湖、沼などの水を用いる場合や地下水を用いる場合は、事前の水質調査によって、油、pH、塩類、有機物など注入液の品質に悪影響を及ぼす物質を含んでいないかを確認することが重要である。

また、水道の仮配管ができない場合や、河川などの水を利用できない場合には、タンクローリー等で、水を運び現場に保管する。

5.2.4　要員計画

1.　杭打ち作業人員

杭打ち工事を実施するための組織や人員配置については、関連工事（全体工事）とのバランスを考慮して計画する必要がある。杭打ち工事が単独で実施される場合でも、作業の分担とその責任者を明示しなければならない。

特に、法令で規制されている作業（クレーン運転、足場組立、玉掛け、溶接、安全・衛生管理、電気配線など）については、有資格者を配置し、工事の安全と品質確保を図らなければならない。

一般的な杭打ち作業の配置人員例を表 5.2.5 に示す。

表 5.2.5　要員配置表例

世話役	鳶 工	モルタルプラント工	普通工	溶接工	杭打機運転手	クレーン運転手
1	1～2	1～2 注1)	1	1～2 注2)	1	1

注：1)　工法によっては変動する。例えば打込み・回転杭工法ではモルタルプラント工（特殊作業員）は不要となる。
2)　溶接機 2 台とした場合、溶接工 2 名を計上

2.　安全対策

杭施工にあたっては、直接作業に従事する者の他、第三者の安全を守るよう慎重に計画を立てる必要がある。したがって、法令によって規制されている職種には、その資格をもつ作業員を配置し、責任の所在を明らかにすることが大切である。

ⓒ2026JASPP

また、計画の段階では安全に対し次のような配慮が必要である。

① 工事着手前の調査は、十分かつ的確に行う。

② 設計と施工の関連性を十分に把握して施工計画を作成する。

③ 発注者は、適正な工期を算出する。無理な工期は事故の原因となる。

④ 発注者、元請および下請との相互の連絡を緊密にする。

5.2.5 障害物の除去、近接構造物の養生など

杭打ち工事に着手する前に地中障害物を除去しなければならない場合がある。様々な地中障害があるが、ここでは代表的な障害物の除去作業として既設杭の撤去の例を示す。

1. 全周回転掘削機とハンマグラブによる既設杭の撤去

全周回転掘削機により障害物の縁切り（小割）を行い、ハンマグラブにより障害物を撤去する。



写真 5.2.1 RC 構造物の撤去



写真 5.2.2 RC 杭の撤去

2. オーガケーシングと多滑車による既設杭の撤去

オーガによりケーシングを回転圧入して杭周面の摩擦を低減し、杭頭を多滑車により吊り上げる。ケーシングから注水することが多い。





写真 5.2.3 PHC 杭の撤去

3. バイブロハンマとウォータージェットによる既設杭の撤去

鋼矢板の先端に取り付けた短鋼管からジェット水を噴射し、周面摩擦を切ってクレーンで吊上げる。

ⓒ2026JASPP



写真 5.2.4 PC 杭の撤去

参考文献

5.2-1）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭－施工と施工管理－（改訂第 3 版），2022 年 1 月
5.2-2）鋼管杭・鋼矢板技術協会：SL ぐい製品仕様書 改訂第 9 版，2026 年 1 月

出典

5.2-① コンクリートポールパイル協会：既製コンクリート杭の施工管理，p227 表-2.3.11，2019 年 6 月

ⓒ2026JASPP

5.3　試験杭

5.3.1　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ない場合は、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（公社）日本道路協会「杭基礎設計便覧（令和 2 年度改訂版）」（令和 2 年）（以下、**「杭基礎設計便覧」**という）[5.3-1)]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。

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すべ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。

5.3.2　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，施工全体の中で有効に活用することが重要である。

5.3.3　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や施工法・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、本杭での施工方法および施工管理指標等を地盤状況のばらつきなども踏まえて関係者で良く協議して決定する必要がある。

ⓒ2026JASPP

・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確認
・標準的な施工オペレーション（ハンマエネルギー、オーガトルク、押込み力や沈設速度）
・地盤性状、地中埋設物等の把握
・支持層の把握、設計図書との相違の有無
・支持層到達の判断方法、判断指標
・杭打止めの判断方法、判断指標
・排土量、排水量等
・施工能率、各作業工程における施工時間、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、注入量等の妥当性（中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法）
・拡大掘削する場合の拡翼確認（中掘り杭工法）
・杭先端根固めの施工要領書の妥当性（中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法）

【支持層確認について】

中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法および回転杭工法における支持層確認は、支持層付近で掘削速度（あるいは貫入速度）を極力一定に保ち、掘削抵抗値（オーガ駆動電流値、積分電流値または回転抵抗値）の変化を、また、打撃工法では打撃エネルギーを極力一定に保ち、打撃した際の貫入量やリバウンド量等の変化をあらかじめ調査している土質柱状図と対比して行う。その際の施工記録に基づき、本杭施工時の支持層判定に用いる管理指標を定める。ただし、掘削抵抗値の変化の度合いは、土質条件、杭の大型化やこれに伴う施工機械の掘削能力の向上などにより、必ずしも明確に確認できない場合もある。このような場合には、例えば、掘削時の音や振動の変化、オーガヘッドの先端部に付着している掘削土と土質柱状図を照合するなど、総合的な観点から本杭施工における管理方法を定める。詳細な支持層確認方法については、各工法の**「施工および施工管理」**を参照されたい。

【所定深度での杭の保持時間について】

中掘り杭工法および鋼管ソイルセメント杭工法では、鋼管の設置後すぐには想定する先端や周面の抵抗が期待できないため、自重により所定の設置位置以深に沈下する場合がある。このため、試験杭において鋼管が安定するまで所定の位置で保持し、安定に必要となる保持時間を確認して本杭施工での目安とする。

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およ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。
各工法における標準的な評価項目と報告内容を表 5.3.1～表 5.3.4 に示す。

ⓒ2026JASPP

表 5.3.1　中掘り杭工法における試験杭での評価項目と報告内容[5.3-2)]

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）
	施工機械共通		杭打機、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
	最終打撃追加機械		クローラクレーン（フライングハンマ方式）、ハンマ（形式、重量）、クッション
	ｺﾝｸﾘｰﾄ打設追加機械		ダウンザホールハンマ（スパイラルオーガで掘削できない場合）、ハンマグラブ、洗浄・孔底処理装置、トレミー管
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き上げ）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、現場溶接
3．先端処理工程 支持層到達確認および打止め	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	ｾﾒﾝﾄﾐﾙｸ噴出撹拌	セメントミルクの配合と強度、セメントミルクの注入切替え時間、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
		最終打撃	施工時間（打込み）、ラム落下高さ又は打撃エネルギー、単位貫入量あたりの打撃回数、総打撃回数、貫入量、リバウンド量、打止め管理式から決まる算定値（総合的な判断をした場合は判断材料と理由など）
		ｺﾝｸﾘｰﾄ打設	コンクリートの配合と強度、作業時間（管内洗浄、コンクリート打設）、トレミー管位置、コンクリート打設量・打設高さ）、コンクリート割増率
4．その他	作業面積、頭上空間、掘削土の処理、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		

ⓒ2026JASPP

表 5.3.2　鋼管ソイルセメント杭工法における試験杭での評価項目と報告内容 [5.3-3)]

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、杭径、鋼管径、杭長、掘削長など）
	施工機器仕様	杭打機、掘削攪拌装置、掘削攪拌ヘッド、ヤットコ（寸法，形状）、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、杭一般固化部掘削攪拌）、掘削抵抗値（オーガ駆動電流値および積分電流値）、杭一般固化部セメントミルクの配合と杭一般固化部ソイルセメントの強度、支持層深度、掘削攪拌条件（施工速度・注入量）、現場縦継ぎ溶接
3．先端処理工程	一般事項	ソイルセメント天端高さ、ソイルセメント先端深度、鋼管頭部高さ、杭先端深度
	施工記録	杭先端固化部セメントミルクの配合と強度、セメントミルクの注入切替え時間、掘削抵抗値（オーガ駆動電流値および積分電流値）、掘削攪拌条件（施工速度，注入量）、施工時間（掘削攪拌、注入）、鋼管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	

表 5.3.3　回転杭工法における試験杭での評価項目と報告内容 [5.3-4)]

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、鋼管径、羽根径、杭長）
	施工機器仕様	杭打機（最大回転トルク）、ヤットコ（寸法，形状）、溶接機器
2．貫入時	一般事項	施工方法及び施工順序、施工精度（鉛直及び平面的位置ずれ）、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
	施工記録	施工時間（準備、建込み、溶接、回転貫入）、掘削深度、支持層深度、トルク値、１回転あたりの貫入量、押込み力、現場縦継ぎ溶接
3．打止め	一般事項	鋼管頭部高さ、打止め深度、支持層への根入れ長
	施工記録	貫入抵抗値（トルク値，貫入量，押込み力等）、支持層への根入れ長
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	

ⓒ2026JASPP

表 5.3.4　打撃工法における試験杭での評価項目と報告内容[5.3-5)]

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、傾斜角度）
	施工機器仕様	杭打機、ヤットコ（寸法、形状）、クッション、ハンマ（形式、重量）、溶接機器
2．打込み時	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（施工時地盤高や周辺地盤の変状、杭体の異常、騒音や振動、障害物など）
	施工記録	施工時間（準備、建込み、溶接、打込み）、打撃回数（総打撃回数、１ｍ当り打撃回数または打撃回数当り貫入量）、ラム落下高または打撃エネルギー、現場縦継ぎ溶接
3．支持層到達確認および打止め	一般事項	鋼管頭部高さ、杭先端深度
	施工記録	施工時間（打込み）、ラム落下高または打撃エネルギー*、単位貫入量当り打撃回数、総打撃回数、貫入量*、リバウンド量*、杭の根入れ深さ、打止め管理式から求まる算定値*（総合的判断をした場合は、その判断材料と理由など）
4．その他	作業面積、頭上空間、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	

*本杭の施工管理を行ううえで特に重要な項目であり、相互の関係性を記録・評価する必要がある。

参考文献

5.3-1）日本道路協会：杭基礎設計便覧（令和 2 年度改訂版），2020 年 9 月
5.3-2）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＞［Edition 3.0］，2021 年 3 月
5.3-3）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，2021 年 3 月
5.3-4）鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，2021 年 3 月
5.3-5）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，2019 年 7 月

ⓒ2026JASPP

5.4　施工機械

5.4.1　主な施工機械設備

打撃工法、バイブロハンマ工法、中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法、回転杭工法に用いる主要機械設備を表 5.4.1 に示すが、詳細は各工法の**「施工および施工管理」**を参照されたい。

表 5.4.1　鋼管杭工法と主要施工機械設備

施工機械・設備 ＼ 施工方法		打込み杭工法		埋込み杭工法				回転杭工法	
				中掘り杭工法			鋼管ソイルセメント杭工法		
		打撃工法	バイブロハンマ工法	最終打撃方式	セメントミルク噴出攪拌方式	コンクリート打設方式		杭頭回転方式	胴体回転方式
杭打機	クローラ式杭打機（３点支持式杭打機）	○	△	○	○	○	○	○	
	クローラクレーン	○	○						
	全周回転機								○
	杭打船	△	△						
補助クレーン	ラフテレーン／クローラ	○	○	○	○	○	○	○	○
	バックホウ	○	○	○	○	○	○	○	○
ハンマ	油圧ハンマ ドロップハンマ	○		○					
	バイブロハンマ		○						
掘削圧入機	オーガ駆動装置			○	○	○		○	
	スパイラルオーガ			○	○	○			
	鋼管ソイルセメント杭用掘削攪拌機						○		
機械設備	電力設備、溶接設備	○	○	○	○	○	○	○	○
	バッチャープラント				○	○	○		
	管内土掘削機および杭先端スライム処理機器					○			
補助設備	キャップ、クッション	○		○					
	ヤットコ	○	△	○	○	○	○	○	○
	専用チャック		○						
	チャッキングプレート		△						
	ウォータージェットカッター		△						

注）○：主に使用、△：条件に応じて使用

ⓒ2026JASPP

5.4.2　施工機械の安定度と接地圧

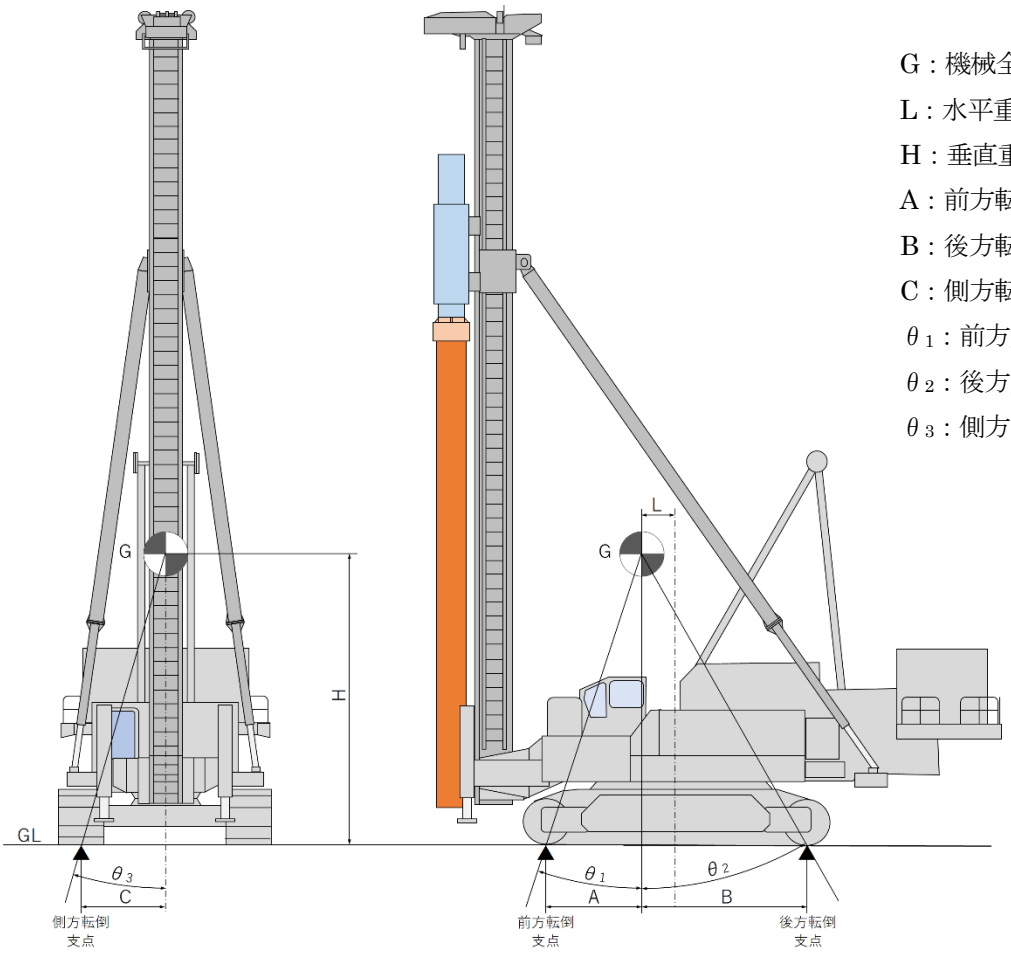
1.　３点支持式杭打機

この内容については**「鋼管杭　－施工と施工管理－」**[5.4-1)]に詳細が記載されているので、ここでは概略の記述とする。

計算については、機種および作業装置を指定してメーカーに依頼するのが一般的である。

⑴　安定度

安定度とは、機械の重心と転倒支点を結ぶ直線が、施工機械全体の重心を通る鉛直線となす角度をもって表される。



G：機械全体の重心
L：水平重心距離
H：垂直重心距離
A：前方転倒支点距離
B：後方転倒支点距離
C：側方転倒支点距離
θ_1：前方安定度
θ_2：後方安定度
θ_3：側方（左右）安定度

図 5.4.1　３点支持式杭打機の安定度[5.4-2)]

ⓒ2026JASPP

表5.4.2　3点支持式杭打機の安定度の計算例（日本車輌製造(株)による）

（1）施工条件

仕様＼工法名	①油圧ハンマ打込み工法	②油圧ハンマ打込み工法	③中堀り工法
本体	DH808-170M	DH608-120M	DH658-135M
カウンタウエイト	9.5t+架台(2.5t) +P-750L(10.4t)	8.0t+架台(1.6t) +P-220(4.2t)	10.9t+架台(2.6t) +NES400(5.5t)
リーダ ブラケット	M110D L=33.0m 3.4M	M90DⅡ(B) L=24.0m 3.0M(B)#90	M95D L=30.0m 3.0M
ハンマ	油圧ﾊﾝﾏS-280 質量35.9t キャップ他8.8t	油圧ﾊﾝﾏS-90 質量14.3t キャップ他4.2t	ー
中堀り装置	ー	ー	ｵｰｶﾞD-150HP 6.6t 中掘装置（ﾎｯﾊﾟｰ仕様）16.7t ｽｸﾘｭｰ4.5t
ハンマガイドパイプ と杭中心との距離	0.975m	0.800m	0.800m
杭の種類	鋼管矢板 杭径1600mm 長さ17.0m 質量（考慮不要）	鋼管杭 杭径600mm 長さ13.0m 質量（考慮不要）	鋼管杭 杭径750mm 長さ16.0m 質量（3.4t）
直杭、斜杭の別	直杭	斜杭（+10°：後傾時）	直杭

（2）計算結果

工法名	① 油圧ハンマ打込み工法		② 油圧ハンマ打込み工法		③ 中堀り工法		
施工状態＼検討項目	旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ無し ー ﾊﾝﾏ:上部	走行時 ﾊﾟｲﾙ無し ー ﾊﾝﾏ:下部	旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ無し ー ﾊﾝﾏ:上部	走行時 ﾊﾟｲﾙ無し ー ﾊﾝﾏ:下部	旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ有り ｽｸﾘｭｰ有り ｵｰｶﾞ:上部	旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ無し ｽｸﾘｭｰ無し ｵｰｶﾞ:上部	走行時 ﾊﾟｲﾙ無し ｽｸﾘｭｰ無し ｵｰｶﾞ:下部
総重量	172.7t	172.7t	107.1t	107.1t	131.9t	124.0t	124.0t
リーダ傾斜角度	0.0°	0.0°	10.0°	10.0°	0.0°	0.0°	0.0°
ハンマの高さ	21.9m	4.9m	17.0m	4.0m	ー	ー	ー
オーガの高さ	ー	ー	ー	ー	25.8m	25.8m	9.8m
安定度（前方）	6.0°	10.6°	18.2°	22.2°	7.5°	9.2°	14.4°
安定度（後方）	16.3°	27.5°	13.4°	24.3°	17.4°	15.9°	24.3°
安定度（側方）	11.3°	19.5°	15.8°	23.3°	12.5°	12.6°	19.5°
安定度の判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

（3）安定性の判断基準

安定性の判定は、安定度が、旋回作業時5度以上、走行時9度（条件付で7度）以上＜機械メーカー社内基準＞により判定をした。

判定がNOの場合は作業不可となるので、作業条件の再検討をしなければならない。

ⓒ2026JASPP

⑵　接地圧

接地圧は機械総重量、重心の位置、足回りのサイズにより算出される。

＜平均接地圧の求め方＞

$$\bar{\sigma} = W / nLB \quad (\mathrm{kN/m^2}) \qquad \text{式（5.4.1）}$$

$\bar{\sigma}$：平均接地圧　(kN/m²)

W：重機全重量　(kN)

n：履帯数（=2）

L：履帯長さ（m）

B：履帯幅（m）

【実接地圧の求め方】

・左右方向の分布

本体上回りの方向とクローラの前後方向が同じでない場合は、機械の重心位置が本体下回りの中心上でないところにある。図 5.4.2 に示すように、機械の重量 M、重心位置の偏心量 t 、右側クローラの反力 F_R および左側クローラ反力 F_L は次式で表される。

$$F_R = \frac{M}{S}\left(\frac{S}{2} - t\right)$$

$$F_L = \frac{M}{S}\left(\frac{S}{2} + t\right)$$

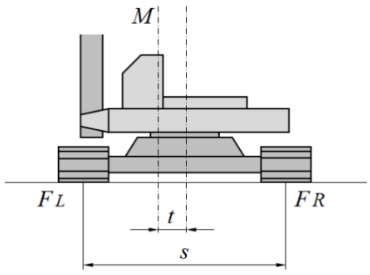


図 5.4.2　クローラの反力

・前後方向の分布

図 5.4.3 に示すように、重心位置の偏心量 r 、タンブラ間距離 L およびシュー幅 w とし、接地反力の分布が一次関数であると仮定すると、右クローラ前端の接地圧 P_{RF}、後端の設置圧 P_{RB}、左クローラ前端の接地圧 P_{LF}、後端の接地圧 P_{LB} は次式で表される。

$$P_{RF} = \frac{F_R(L + 6r)}{WL^2}$$

$$P_{RB} = \frac{F_R(L - 6r)}{WL^2}$$

$$P_{LF} = \frac{F_L(L + 6r)}{WL^2}$$

$$P_{LB} = \frac{F_L(L - 6r)}{WL^2}$$

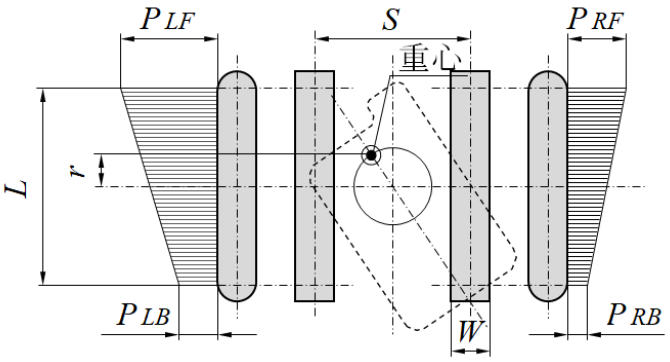


図 5.4.3　クローラの接地圧分布①

ただし、$r > \frac{L}{6}$ の場合には、図 5.4.4 に示す三角形分布となり、P_{RF} と P_{LF} は次式で表される。

ⓒ2026JASPP

$$P_{RF} = \frac{4F_R}{3W(L-2r)}$$

$$P_{LF} = \frac{4F_L}{3W(L-2r)}$$

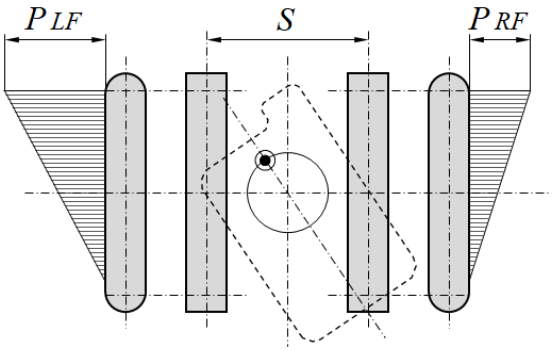


図 5.4.4　クローラの接地圧分布②

ⓒ2026JASPP

表 5.4.3　３点支持式杭打機の接地圧の計算例（日本車輌製造(株)による）

（1）施工条件

工法名 / 仕　様	①油圧ハンマ打込み工法	②油圧ハンマ打込み工法	③ 中堀り工法
本体	DH808-170M	DH608-120M	DH658-135M
カウンタウエイト	9.5t+架台(2.5t) +P-750L(10.4t)	8.0t+架台(1.6t) +P-220(4.2t)	10.9t+架台(2.6t) +NES400(5.5t)
リーダ ブラケット	M110D L=33.0m 3.4M	M90DⅡ(B) L=24.0m 3.0M(B)#90	M95D L=30.0m 3.0M
ハンマ	油圧ハンマS-280 質量35.9t キャップ他8.8t	油圧ハンマS-90 質量14.3t キャップ他4.2t	ー
中堀り装置	ー	ー	ｵｰｶﾞD-150HP 6.6t 中掘装置（ﾎｯﾊﾟｰ仕様）16.7t ｽｸﾘｭｰ4.5t
ハンマガイドパイプ と杭中心との距離	0.975m	0.800m	0.800m
杭の種類	鋼管矢板 杭径1600mm 長さ17.0m 質量（考慮不要）	鋼管杭 杭径600mm 長さ13.0m 質量（考慮不要）	鋼管杭 杭径750mm 長さ16.0m 質量（3.4t）
直杭、斜杭の別	直杭	斜杭（+10°：後傾時）	直杭

（2）計算結果

工法名	① 油圧ハンマ打込み工法			② 油圧ハンマ打込み工法			③ 中堀り工法		
施工状態 / 検討項目	旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ有り ー			旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ有り ー			旋回作業時 ﾊﾟｲﾙ有り ｵｰｶﾞ・ﾎｯﾊﾟｰ・ｽｸﾘｭｰ有り		
総重量	172.7t			107.1t			131.9t		
左右クローラ間距離	4000mm			3700mm			3800mm		
前後タンブラ間距離	5245mm			4900mm			4900mm		
シュー幅	960mm			800mm			800mm		
上廻りと下廻りの角度	最大接地圧発生角度33°			最大接地圧発生角度28°			最大接地圧発生角度32°		
0° （上廻りが走行方向）	接地長		5053mm	接地長		4900mm	接地長		4900mm
	最大接地圧	前方	348.9kPa 3.56kgf/cm2	最大接地圧	前方	85.4kPa 0.87kgf/cm2	最大接地圧	前方	320.5kPa 3.27kgf/cm2
		後方	0.0kPa 0.00kgf/cm2		後方	182.2kPa 1.86kgf/cm2		後方	9.3kPa 0.09kgf/cm2
最大接地圧発生角度	接地長		5245mm	接地長		4900mm	接地長		4900mm
	最大接地圧	右前	237.7kPa 2.43kgf/cm2	最大接地圧	右前	97.9kPa 1.00kgf/cm2	最大接地圧	右前	233.0kPa 2.38kgf/cm2
		右後	12.5kPa 0.13kgf/cm2		右後	189.8kPa 1.94kgf/cm2		右後	25.8kPa 0.26kgf/cm2
		左前	400.9kPa 4.09kgf/cm2		左前	84.2kPa 0.86kgf/cm2		左前	360.7kPa 3.67kgf/cm2
		左後	21.1kPa 0.22kgf/cm2		左後	163.3kPa 1.67kgf/cm2		左後	40.0kPa 0.41kgf/cm2
90° （上廻りが横向き）	接地長		5245mm	接地長		4900mm	接地長		4900mm
	最大接地圧	右側	82.9kPa 0.91kgf/cm2	最大接地圧	右側	155.2kPa 1.58kgf/cm2	最大接地圧	右側	98.0kPa 1.00kgf/cm2
		左側	246.9kPa 2.52kgf/cm2		左側	112.4kPa 1.15kgf/cm2		左側	231.8kPa 2.37kgf/cm2

ⓒ2026JASPP

2.　クローラクレーンの接地圧

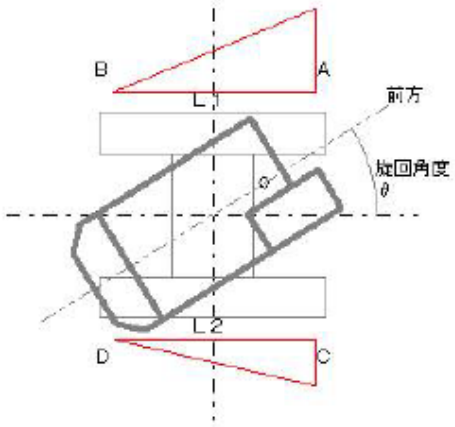
クローラクレーンの接地圧計算は、基本的には 3 点支持式杭打機と同様となる。使用するクレーンの機種が決まれば、メーカーの Web サイトにアクセスし、必要事項を入力すると計算結果を入手することができる。入力と計算結果の例を以下に示す。

表 5.4.4　クローラクレーンの接地圧の計算例（コベルコ建機(株)による）

SL4500J-350 標準　接地圧計算

(日本建設機械化協会方式)

クレーン姿勢	主ブーム＋補助シーブ　主フック吊り
ブーム長さ	42.0m(137.8ft)
主フック種別	120 t ﾌｯｸ
補フック種別	14 t ﾌｯｸ
カウンターウエイト	120t
作業半径	30m
吊り荷重	30ton （フック重量含まず）
旋回角度	最大
クレーン総重量	314.4 ton （吊り荷重含まず）



＊赤枠は荷重分布図を示します。
＊L1・L2は左右のクローラで荷重を押え付けている長さを示します。

旋回角度	A (t o n／m^2)	B (t o n／m^2)	L1 (m)	C (t o n／m^2)	D (t o n／m^2)	L2 (m)
前後（0°）	35.04	0	8.06	35.04	0	8.06
斜め（32°）	40.3	0	8.96	22.77	0	8.96
側方（90°）	23.14	23.14	9.31	7.22	7.22	9.31

ⓒ2026JASPP

5.4.3　ヤットコ

1.　使用方法

ヤットコは、杭打ち作業で、杭頭を地表面以下、水面以下に打込む場合に使用する。繰り返し使用するものであり、その仕様は杭の外径と打止めレベルに応じて決定される。

フライングハンマ工法での使用方法を図 5.4.5 に示す。３点支持式杭打機を使用する場合は補助クレーンを使用してヤットコを引き抜く。ヤットコが長くて素抜きできない場合は無理をせずバイブロハンマを使用しヤットコの周面摩擦を切ってから引き抜くとよい。

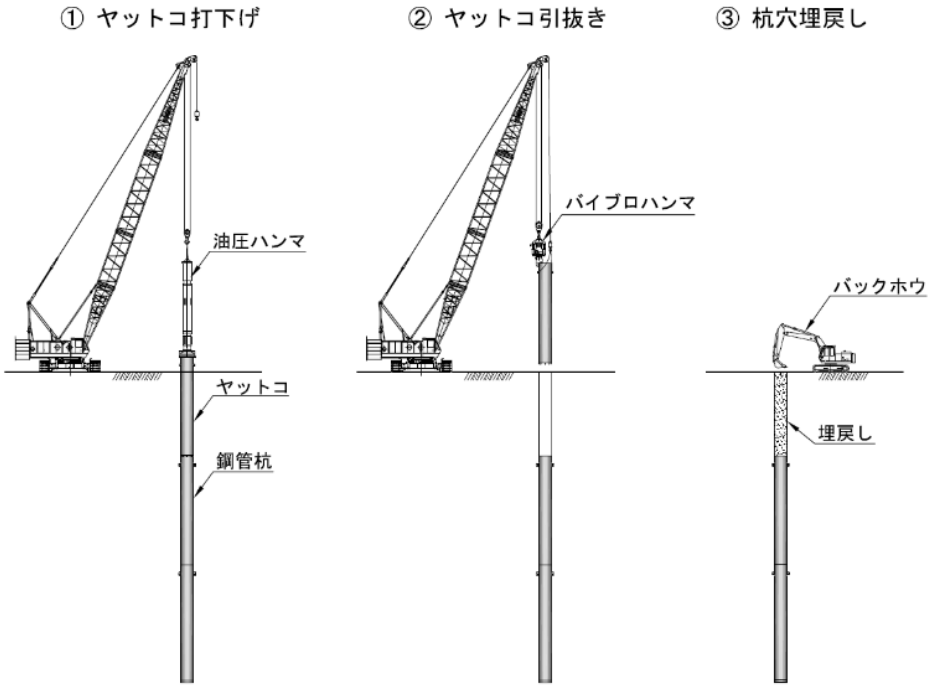


図 5.4.5　ヤットコの使い方

2.　長さ

ヤットコの必要長さは、土木、建築とも杭施工後の根切り深さから決まるため、現場により適切な長さのものを使用するが、場合によっては 10m を超える事例もある。なお、ヤットコを抜いた跡は写真 5.4.1 のように穴があくので転落事故をおこさないように、直ちに埋戻す。仮蓋での対応は孔壁崩壊が発生しない場合に限られ、仮蓋には十分な強度とずれ止めが必要となる。



写真 5.4.1　ヤットコを抜いた穴

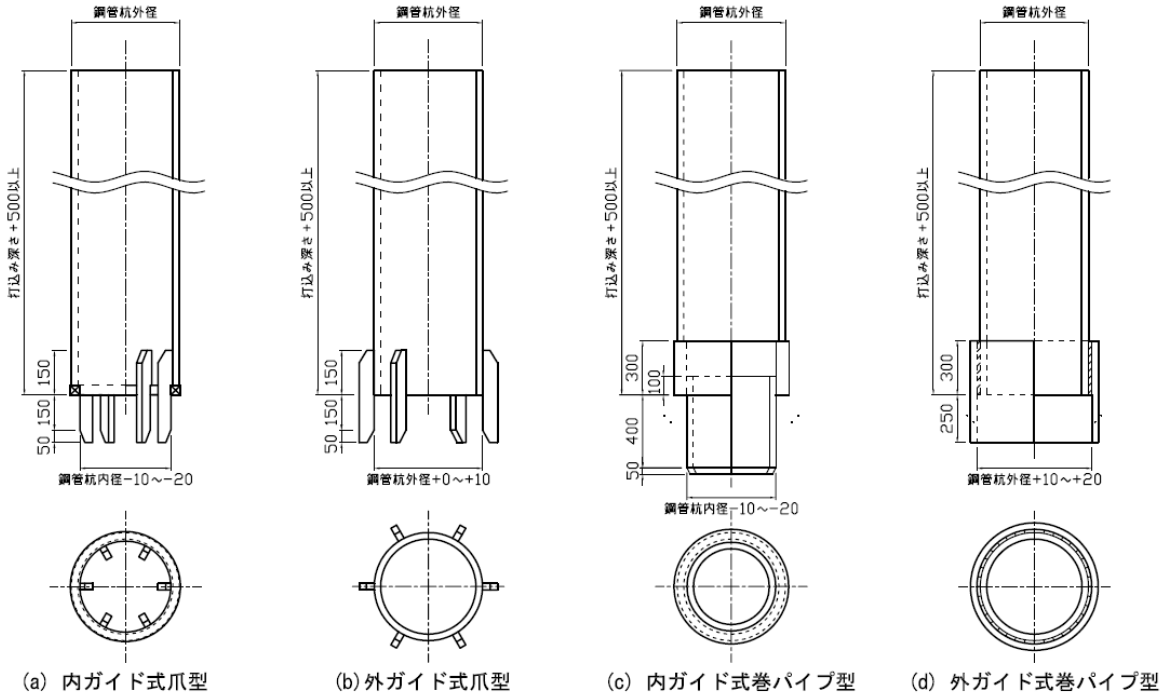
ⓒ2026JASPP

3.　ヤットコの形状

ヤットコの寸法形状などには基準規格がないが、鋼管杭と同等以上の強度と板厚を有す鋼管杭が用いられることが多い。ガイドの形式は、内ガイド式と外ガイド式の 2 通りがあり、ガイドの形状は爪型と巻パイプ型がある。中掘り杭の場合は、内ガイド式にするとガイドがオーガスクリューに当たる可能性が高いので外ガイド式が多い。ただし、外ガイド式は鋼管杭や鋼管矢板の定規材と干渉する場合があること及び提灯座屈が生じた場合はヤットコを鋼管杭から引き離すことが困難となるので注意を要す。従って、外ガイド式巻きパイプ型は中掘り杭工法や既製コンクリート杭工法で用いられることが多い。ガイドの長さは長ければリバウンド等により杭頭から外れる可能性は小さくなるが、多少のズレや傾きにより外れなくなることもあるので、一般的には 200～500mm 程度のものが多く用いられている。

ヤットコの製作にあたっては、ガイドに鋼管杭との間にセット余裕を見込むために、ヤットコの軸心と鋼管杭の軸心に多少の偏心が生ずる可能性があるが、この場合でもヤットコ端面は杭端面の全面に接触する広さを持つ構造とすることが杭頭破損を防止するために必要となる。また、傷や溶接ビードの突起があると杭頭座屈の原因となるため、杭端部と接触する面は平滑に仕上げる必要がある。

図 5.4.6 にヤットコの概略図を示す。なお、ヤットコの詳細に関しては各工法の章において紹介する。



(a) 内ガイド式爪型　(b) 外ガイド式爪型　(c) 内ガイド式巻パイプ型　(d) 外ガイド式巻パイプ型

図 5.4.6　ヤットコの概略図

参考文献

5.4-1）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第 3 版），2022 年 1 月

5.4-2）日本建設機械施工協会，日本規格協会：日本産業規格 JIS A 8509-1 基礎工事機械 －安全－ 第 1 部：杭打機の要求事項，2022 年 12 月

5.5　騒音と振動

5.5.1　公害問題と法規制

建設工事にともなって発生する公害は「工事公害」と呼ばれ、建設工事の着工から竣工までの期間に行われる作業によって、周辺地域の人々の健康または生活環境にかかわる被害が生ずることをいう。工事公害の代表的なものは、大気汚染（土ぼこり、粉じん等）、水質汚濁（水質汚染等）、土壌汚染、騒音、振動、地盤沈下、悪臭等であるが、大局的に観れば、廃棄物の不法投棄、交通問題、商店の売上げ減、その他地域住民に不安感を抱かせるものなども工事公害の一つと考えられる。

わが国における基礎工事関係の公害対策工法は、昭和 42 年の公害対策基本法（昭和 42 年法律第 132 号）の制定以降、急速に発展した。これは工事の大規模化や機械化が進み、騒音、振動、油飛散等の工事公害の影響が次第に大きくなってきたことなどによって、住民の生活環境保護に対する認識が高まったためである。

このような社会情勢の変化から、騒音・振動の法的規制が必要となり、昭和 43 年には騒音規制法（昭和 43 年法律第 98 号）、昭和 51 年には振動規制法（昭和 51 年法律第 64 号）が制定された。

杭打ち工事（特定建設作業）に関する規制・基準について、特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準（昭和 46 年厚生省・建設省告示 1 号[5.5-1)]、平成 27 年環境省告示第 66 号[5.5-2)]（改正））および、振動規制法施行規則（昭和 51 年総理府令第 58 号[5.5-3)]、令和 3 年改正）、振動規制法の施行について（昭和 51 年環大特 154 号[5.5-4)]、平成 5 年改正）の内容を表 5.5.1 に抜粋して示す。

表 5.5.1　法による特定建設作業の騒音・振動の規制基準

項　目	規　制　内　容	
騒音レベル	特定建設作業の騒音が、特定建設作業を行う場所の敷地境界線において、85dB を超える大きさのものでないこと。	
振動レベル	特定建設作業の振動が、特定建設作業を行う場所の敷地境界線において、75dB を超える大きさのものでないこと。	
作業時間	1 号区域	午後 7 時から翌日午前 7 時までの時間に発生するものでないこと
	2 号区域	午後 10 時から翌日午前 6 時までの時間に発生するものでないこと
1 日当たりの作業時間	1 号区域	1 日 10 時間を超えて行われる作業で発生するものでないこと
	2 号区域	1 日 14 時間を超えて行われる作業で発生するものでないこと
同一場所における作業日数	連続 6 日を超えて行われる特定建設作業によって発生するものでないこと	
作業日	日曜日その他の休日に行われる特定建設作業に伴って発生するものでないこと 道路占有許可等に関しての許可条件、法に則した協議により同意を得た場合はこの限りではない	

1 号区域　騒音規制法第三条第一項の規定により指定された地域のうち、次のいずれかに該当する区域として都道府県知事（市の区域内の区域については、市長）が指定した区域

イ　良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域であること。

ロ　住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域であること。

ハ　住居の用に併せて商業、工業等の用に供されている区域であって、相当数の住居が集合しているため、振動の発生を防止する必要がある区域であること。

ⓒ2026JASPP

二　学校教育法に規定する学校、児童福祉法に規定する保育所、医療法に規定する病院および診療所のうち患者を入院させるための施設を有するもの、図書館法に規定する図書館、老人福祉法に規定する特別養護老人ホーム並びに就学前の子どもに関する教育、保育等の総合的な提供の推進に関する法律に規定する幼保連携型認定こども園の敷地の周囲おおむね 80m の区域内であること。

2 号区域　騒音規制法第三条第一項の規定により指定された地域のうち、1 号区域以外の区域

※都市計画法による用途地域との関係は、第 1 種・第 2 種低層住居専用地域、第 1 種・第 2 種中高層住居専用地域、第 1 種・第 2 種住居地域、準住居地域、近隣商業地域、商業地域、準工業地域、および用途地域として定められていない地域および工業地域のうち学校・病院等の周囲おおむね 80 m 以内の区域は 1 号区域、用途地域として定められていない地域および工業地域のうち学校・病院等の周囲おおむね 80m 以外の区域が 2 号区域となる。

工事にともなって発生する騒音・振動が生活環境の障害となるかどうかは施工現場の周辺状況により大きく左右される。事前調査に基づき、場合によっては必要な対策を講じなければならない。基本的に実施すべき事項は、次のようなものと考えられる。

① 杭工事の計画（設計）段階から、施工現場および現場周辺の状況などを適宜調査する。(表 5.5.2 参照)。

② 現場周辺の状況の調査結果から、法規制や環境条件に伴う環境対策の必要性を検討する。

③ 対策が必要と認められる場合には、施工法、作業時間帯、作業工程、防止施設等の必要項目・必要事項について具体的に検討する。

④ 工事の実施にあたっては、地域住民に対し、必要に応じて工事の目的・内容などを事前に説明するとともに、実施する工事に対して理解と協力を得られるように努める。特に、騒音・振動が問題になる工事に対しては、工事実施中においても適宜測定を実施する。

なお、騒音・振動については自治体の条例などにより法律よりも更に厳しく規制されている場合があるので、十分に注意する必要がある。

表 5.5.2　周辺状況の調査内容（騒音・振動関係） [5.5-5)]

環境条件	・用途地域（都市計画法に基づく区域区分） ・家屋の密集度 ・生活時間帯 ・公共施設の有無 学校，保育所，病院，診療所，図書館，特別養護老人ホーム等 ・支障物の有無 埋設物（電力，通信，ガス，上下水道，排水路，用水路等） 障害物（送電線，通信線，索道，鉄塔，電柱，やぐら等） 文化財 ・周辺建物の業務内容 精密機械，電子機器の使用等
地域条件	・周辺の地形や地質 高低差，地表勾配，断層，落石，地すべり，強度，地下水位等

ⓒ2026JASPP

5.5.2　騒音

1.　騒音の大きさの表わし方

ある場所の音圧を、最小可聴値と考えられる 2×10^{-5}Pa（パスカル）を基準値として、デシベルで表わしたものを「音圧レベル」という。単位は dB（デシベル）を用いる。

計器で測定して音圧レベルを dB で表わすことができるが、計器での測定音圧の大小と、人間がうるさいと感じる感じ方には違いがある。そこで、人にはうるさいと感じる周波数帯は割増し評価し、うるさいと感じないところは割引きする。すなわち人の聴覚に合わせて補正することで体感に近い騒音評価が行える。音圧レベルに対し、聴感補正（現在は、A 補正【一般環境騒音等の評価に広く用いられる】、C 補正【衝撃騒音等、特殊な騒音の評価に用いられる】の 2 種が主に使用されている）を行ったものが騒音レベルであり、これは JIS C 1509 **電気音響–サウンドレベルメータ（騒音計）**[5.5-6)]に定める指示騒音計で測定して得られる dB（db(A)、dB(C)）である。（JIS Z 8731 **環境騒音の表示・測定方法**[5.5-7)]）

2.　騒音公害

騒音とは、「望ましくない音」の総称であって、ない方がよい音を言う。このように人の感覚によるところに、騒音問題の難しさがある。

杭打ち作業の騒音と日常生活の中での騒音の比較を表 5.5.3 に示す。これから、騒音規制法の規制規準である 85dB は表でみるように平均的な街頭の騒音よりも大きく、地下鉄電車内よりは小さいという程度の音であることがわかる。

また、「低騒音工法」とか「無騒音式」などと命名している工法や機械の騒音は 30m 離れたところで、70～75dB であり、平均的な街頭の騒音であることがわかる。

表 5.5.3　騒音の比較[5.5-8)]

杭打ち工法 （30m地点での比較）	騒音レベル （dB）	場所
	130	
	120	航空機のエンジン近く
	110	工場サイレンの近く
	100	列車通過時の高架下、自動車の警笛
ディーゼルハンマ	90	地下鉄車内、機械作業場
油圧ハンマ	80	交差点、マーケット
バイブロハンマ	70	騒がしい事務所、銀行のロビー
埋込み杭工法、回転杭工法	60	普通の会話、都市周辺住宅地
	50	映画館の観客のざわめき
	40	市内の深夜、図書館内
	30	郊外の深夜、ささやき声

ⓒ2026JASPP

3. 基礎工事の騒音

近年、工事現場周辺の環境保全に対する要求の強まりにより、例えば打撃工法においては施工性、経済性に優れるディーゼルハンマはほとんど使用されなくなり、低騒音低振動工法が採用されるようになった。種々の杭工法の騒音レベルを図 5.5.4 に示す。

（単位：縦軸 dB、横軸 m）

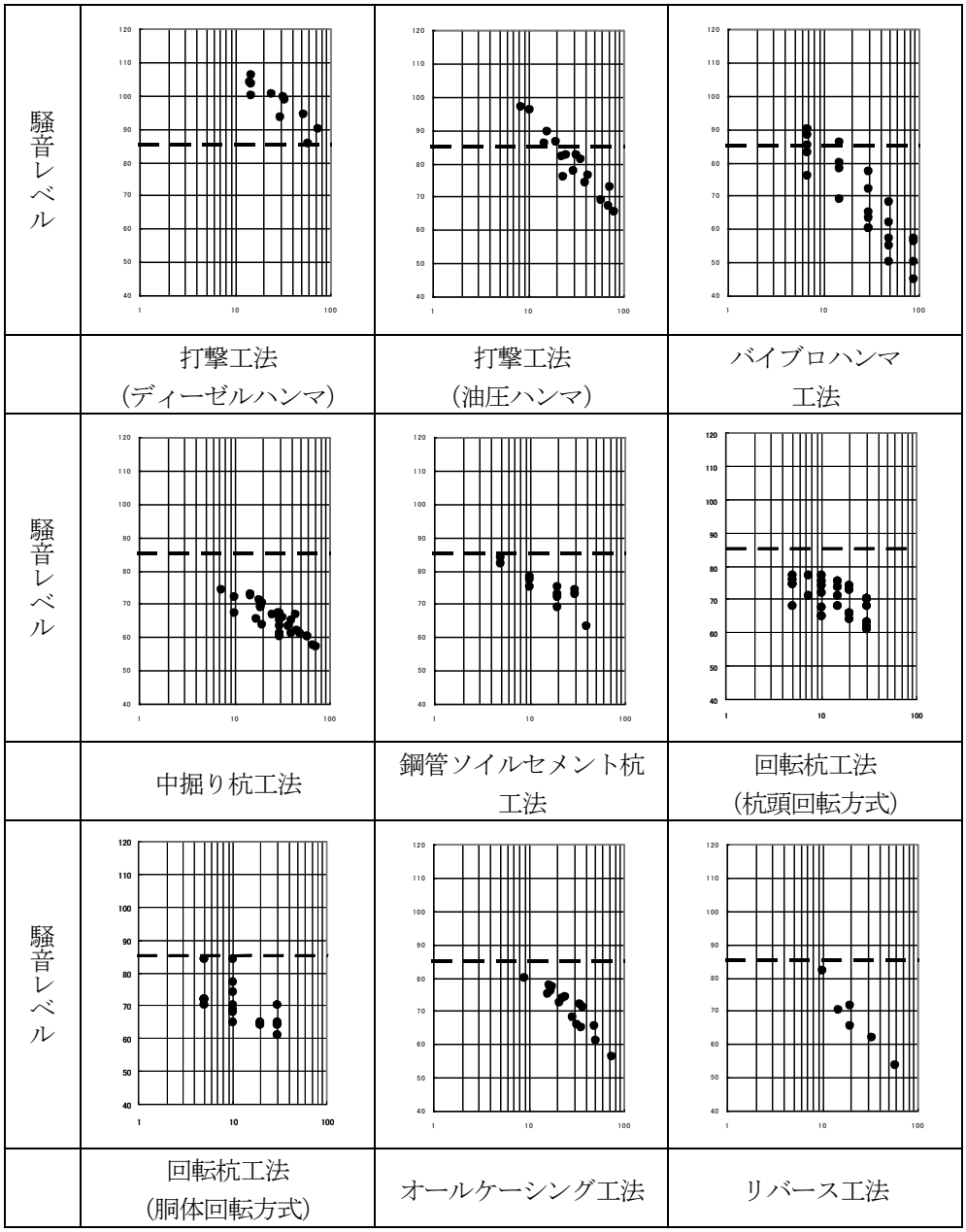


図 5.5.4　基礎工事用機械の騒音レベル

⑴　打撃工法（油圧ハンマ）

打撃工法としてディーゼルハンマにかわり主流となった油圧ハンマは、ラムを油圧シリンダで持ち上げて、油圧を開放して自由落下あるいは強制落下させてアンビルを打撃するものである。爆発音がない、ラムの落下高が低い、防音カバーなどの対策により、騒音レベルはディーゼルハンマより低く、油煙の飛散がないなどの特長を有する。図 5.5.5 は音圧レベルと周波数の関係を示したもので、油圧ハンマは高周波数帯で

ⓒ2026JASPP

の音圧レベルが小さいことがわかる。このため、油圧ハンマは、ディーゼルハンマに対し騒音レベルで 10～15dB 小さく、ソフトな音に感じられる。

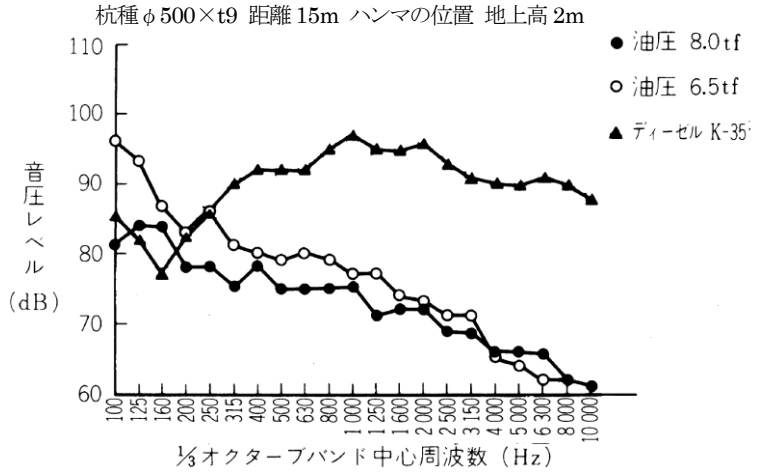


図 5.5.5　音圧レベルと周波数の分析（出典 5.5-①）

⑵　バイブロハンマ工法

バイブロハンマの騒音は、打撃式ハンマよりはるかに低く、図 5.5.4 に示すように騒音規制値である 85dB 以下になる減衰距離は 10～15m 程度で、30m 離れると騒音レベルは約 70dB 程度である。

⑶　中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法

中掘り杭工法や鋼管ソイルセメント杭工法などの鋼管杭の埋込み杭工法では、アースオーガを装備した 3 点支持式杭打機によって地盤を掘削することがほとんどである。アースオーガはエンジン付発電機で駆動することが多く、その騒音はオーガの回転音と発電機、杭打機のエンジン音が重なったものである。図 5.5.6 はアースオーガ作業のときの騒音レベルを示したもので、商用電源または防音型発動発電機を用いた場合には、40m 地点で 65dB 程度である。これは、図 5.5.4 の値とも一致している。通常の発動発電機を用いた場合には 40m 地点で 10dB 程度、騒音レベルが高くなり、周辺機器の騒音にも注意をはらわなければならない。

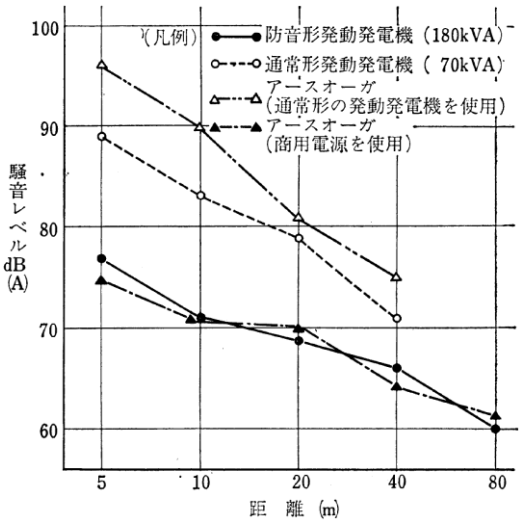


図 5.5.6　アースオーガと発電機の騒音（出典 5.5-②）

ⓒ2026JASPP

⑷　回転杭工法

回転杭工法では、3 点支持式杭打機などに装備した回転駆動装置により施工する場合と、全旋回機で鋼管胴体部を把持して回転させる胴体回転方式（以下、全周回転機）により施工する場合があるが、いずれの場合も杭を地中に貫入する際に衝撃を発生せず、低騒音施工が可能である。

騒音レベルは図 5.5.4 に示すように 30m 地点で約 65dB 程度である。

5.5.3　振動

1.　振動の大きさの表わし方

振動の場合は、音と異なり変位、速度、加速度の物理量があり、何を測定評価の対象とするかは目的によって異なる。また、振動には方向と大きさがある点も音と異なる点である。振動公害については物理量として加速度（振動規制法では鉛直方向加速度を対象としている）を用いるが、加速度の時間的変化に対して人がどのように感じるかという心理的反応の問題が騒音と同様に生じる。そこで、心理的反応が物理量の対数に比例するという知見（ウェーバー・フェヒナーの法則）に基づき、加速度の大きさそのものではなく、ある基準値に対する振動加速度実効値の比（エネルギーの比）の常用対数を用いて dB（デシベル）表示したものが用いられる。

$L_{va} = 10 \log (a^2 / a_0^2) = 20 \log (a / a_0)$　(dB)　　振動規制法では基準値 $a_0 = 10^{-5}$ (m/s²)

※海外では異なる基準値が用いられていることがあるので注意

また、音の場合の等ラウドネス曲線と同様に、JIS C 1510 振動レベル計[5.5-9)]では、鉛直振動、水平振動についての振動感覚の周波数補正（基準レスポンス特性）が規定されている。

振動規制法の規制基準である 75dB を地震動にたとえると、気象庁震度階級の震度２～３（加速度 2.5～25gal）（旧震度階級で言えば震度Ⅱの軽震と震度Ⅲの弱震）の中間程度である。

2.　振動公害

杭打ち機械から発生する振動は、地盤を媒体として伝播してゆき、住宅などの構造物が揺れる。住宅の振動が中にいる人間に不快感を与えたり、住宅に損傷を与えたりすることがある。とくに木造家屋では周波数特性もあいまって振幅が増幅されることも多い。一方、地盤振動は幾何減衰（地下逸散減衰）と土粒子の摩擦等に伴う内部減衰により、振動レベルは振動伝播距離に伴って指数的に現象してゆくことが知られており、地盤性状、振動源からの距離や振動周波数が重要な因子となる。

3.　基礎工事の振動

杭打ち機械を動かせば地盤に振動が伝達される。機械の構造によって振動レベルには差があり、打撃工法やバイブロハンマ工法では大きい。各機械の振動レベルを図 5.5.7 に示す。

⑴　打撃工法

油圧ハンマ、ディーゼルハンマ共に、ラムでアンビルを打撃したときの振動が杭体を経て、地盤を振動させる。

図 5.5.8 はディーゼルハンマによる打込み時の振動レベル測定例である。この例では、中間に軟弱な地層を含む場合は発生する振動も大きく、振動レベルの大きさは N 値の変化と多少似かよった傾向を示している。これに対して、中間に軟弱な地層がない場合は発生する振動も小さく、振動レベルの変化も少ない。こ

ⓒ2026JASPP

のように、振動は地盤の状況によって伝達の状態が異なり、騒音問題とは異なる難しさがある。

打撃工法のときの地盤の振動と地盤条件との間には、おおよそ次のような傾向が認められる。

① 一般に地表付近の打込み時の振動が大きい。

② 軟弱な地層の上部にある硬い地層に打込むときは振動が大きくなる。

（単位：縦軸 dB　横軸 m）

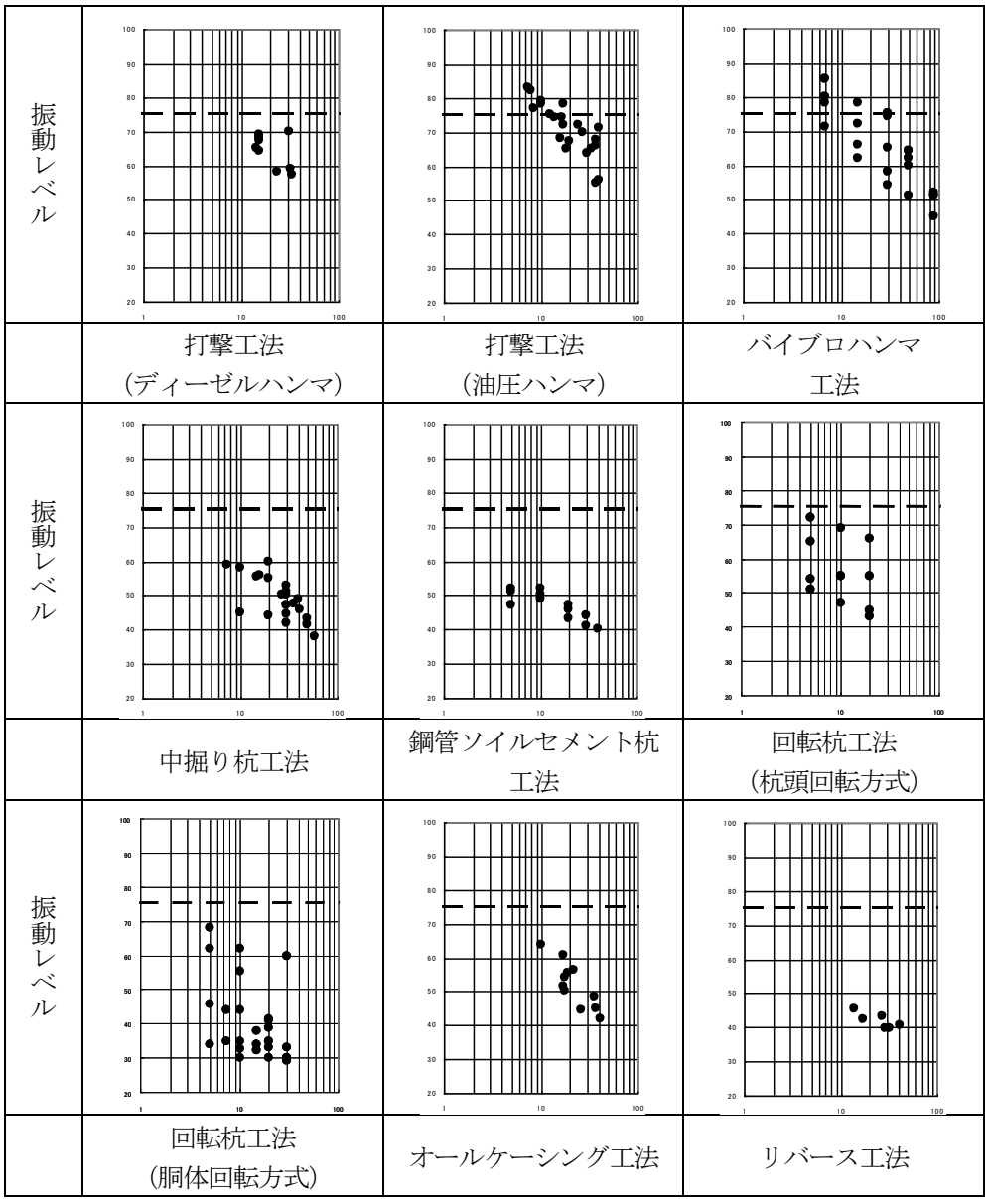
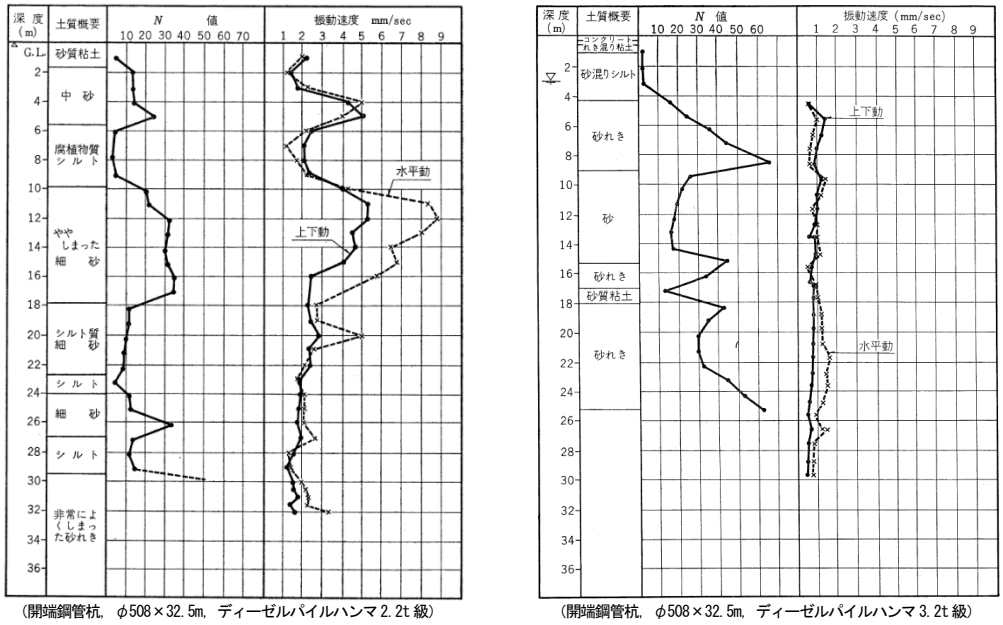


図 5.5.7　基礎工事用機械の振動レベル

ⓒ2026JASPP



（開端鋼管杭，φ508×32.5m，ディーゼルパイルハンマ 2.2t 級）　（開端鋼管杭，φ508×32.5m，ディーゼルパイルハンマ 3.2t 級）

図 5.5.8　地盤と振動との関係（出典 5.5-③）

⑵　バイブロハンマ工法

バイブロハンマ工法は、上下方向に連続的な強制振動を杭に加えるものであり、バイブロハンマの容量によっては打撃工法の振動レベルと同程度となる。打込み位置から 1～2m の至近距離に構造物がある場合は注意が必要であるが、図 5.5.9 の例では 20m 以上離れると振動は規制値の 75dB 以下に減衰している。また、近年は機械の改良・開発が進み、現地の状況に応じ、種々の起振力や周波数特性のバイブロハンマを選択できるようになっている。機械規格ごとの振動レベルの目安を表 5.5.4 に示す。

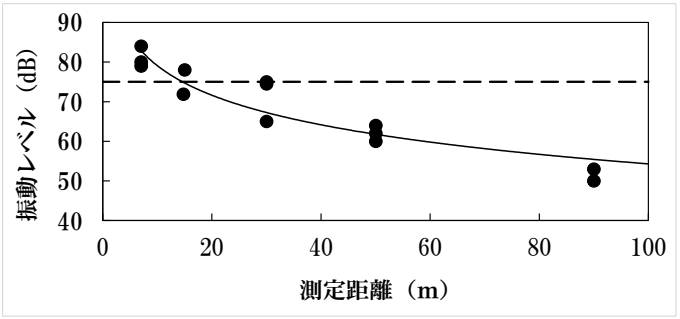


図 5.5.9　振動測定結果（出典 5.5-④に加筆・修正）

ⓒ2026JASPP

表 5.5.4　機械規格ごとの振動レベルの目安（出典 5.5-⑤）

機種分類		出力	振動源から 7m 位置での振動レベル	
			バイブロハンマ単独工法	ウォータージェット併用バイブロハンマ工法
			打込み施工時の目安値	単独工法に対する低減値
電動式	普通型	60kW 以下	80dB	5dB～8dB 減
		90～120kW	85dB	
	可変モーメント型	60kW 以下	75dB	5dB～8dB 減
		90～120kW	80dB	
		180～240kW	85dB	7dB～10dB 減
油圧式	可変超高周波型（振り子式）	190・235kW	65dB	10dB～15dB 減

注 1）振動レベルは目安の値であり、地盤条件と杭・矢板の規格により変化することに注意を要する。

注 2）可変モーメント型と可変超高周波型は、起動・停止時の地盤共振振動を解消することを目的にゼロ起動・ゼロ停止機構を装備するバイブロハンマを示す。

⑶　中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法

図 5.5.7 に示すように、中掘り杭工法および鋼管ソイルセメント杭工法の振動レベルは 60dB 程度以下であり、特に問題が生じるほどのものではない。

⑷　回転杭工法

図 5.5.7 に示すように、回転杭工法の振動レベルは打込み位置から 5m 以上離れると騒音規制基準値である 75dB 以下に減衰する。

なお、振動は地盤の情況によって発生する大きさと伝播の状態が異なるため、相対的な比較には注意を要する。

5.5.4　騒音・振動対策

杭打ち施工では、騒音・振動が発生するので、施工時には現場周辺環境の保全に留意し、事前に騒音・振動対策を十分検討する必要がある。

ここでは打撃工法についての例を示すが、打撃工法で使用する油圧ハンマ打設作業中の騒音・振動の大きさは施工条件で大きく異なる。振動は振動源からおおむね 20m 離れると振動規制法の基準値 75dB 以下となるが、騒音は基準値 85dB 以下になる距離が 100m を超える場合がある。したがって、杭の打設位置にある程度近い距離に民家等がある場合は騒音対策を実施することがある。

海洋工事等では、杭施工時の水中騒音・水中振動による水生生物、底生生物への影響が問題となる場合もある。漁場形成状況、育種場・養殖場状況、漁労状況なども考慮して、対策や状況監視の検討が必要である。

ⓒ2026JASPP

1.　騒音対策

⑴　油圧ハンマの騒音防止対策

杭打設用のハンマは油圧ハンマが主流となっている。騒音の発生源は、概ね油圧ハンマと鋼管杭が接触する打撃面であるが、油圧ハンマや鋼管杭に伝わった後に発生する騒音の大きさも無視できない。最近では、油圧ハンマと鋼管杭を特殊な防音装置で覆い大きな遮音性能を発揮した事例（写真 5.5.1 参照）や杭頭に被せるキャップの周辺またはハンマ全体を遮音材等で覆うような防音装置の事例がある。

油圧ハンマの騒音防止対策の例を表 5.5.5 に示す。また、最近の騒音防止の例を写真 5.5.1 に示す。

表 5.5.5 油圧ハンマの防音対策例

ハンマの種類	油圧ハンマ	油圧ハンマ
	IHC 社製 S ハンマ(90～280)	BSP 社製 CX110, CG240 ハンマ
試験者	丸泰土木	オーク
防音の対象	ハンマ･杭	杭頭部
装置の概要	全体カバー	打撃部カバー
装置の重量	16 ton	110kg
装置の材質等	上部防音室 コルゲートパイプ t=2.7mm＋吸音材 50mm 下部防音室 鋼鈑 t=6.0mm＋吸音材 100mm	外装材:PVC コーティングポリエステル （グレー RAL7043 相当） 本　体:高密度タイプ(HD/Extra Density) 防音カーテン
写真		
騒音低減効果	−30db	−10db

標準型防音装置
（出典 5.5-⑥～⑧）



大型防音装置
（出典 5.5-⑥～⑧）



キャップ防音型





写真 5.5.1　防音装置の例

ⓒ2026JASPP

⑵　バイブロハンマの騒音防止対策

バイブロハンマの騒音防止対策機として、国土交通省が低騒音型建設機械として形式を指定している。指定形式数は令和 5 年 12 月現在で 45 となっている。詳しくは、国土交通省の Web サイトで確認することができる。

2.　振動対策

⑴　油圧ハンマの振動防止対策

油圧ハンマの機械性能としての低振動機械は現存していない。油圧ハンマの機能から低振動のハンマの開発は困難と思われる。従って、振動問題が懸念される場合は極力その使用を控えることが必要となる。

⑵　バイブロハンマの振動防止対策

バイブロハンマの振動防止対策機として、国土交通省が低騒音型建設機械として形式を指定している。指定形式数は令和 5 年 12 月現在で 33 となっている。詳しくは、国土交通省の Web サイトで確認することができる。

近年では、鋼管杭や鋼管矢板の大径長尺化に伴い、海外製の油圧バイブロハンマが多く導入されてきている。バイブロハンマは、鉛直度の修正が行いやすいことや騒音があまり大きくないという利点の他、高周波型は振動も比較的小さいことなどから使用頻度が増えてきている。また、起振・停止時の地盤やクレーンブームとの共振を回避できる可変モーメント式のものもある。大型油圧バイブロハンマの仕様（例）を表 5.5.6 に示す。

表 5.5.6　大型油圧バイブロハンマの仕様例

	単位	PVE-90VM	PVE-250MS	PVE-300M	HV-1200
形式	－	可変モーメント式 高周波型	高周波型	高周波型	高周波型
モータ出力	KW	1,202	1,130	1,633	708
偏心モーメント	kg.m	0～90	250	300	120
最大起振力	ton	457	548	628	263
総重量（標準）	ton	25	44	53	19
その他	－	世界最大	国内最大（陸上）	国内最大（海上）	国産最大
写真	－				

ⓒ2026JASPP

5.5.5　参考資料等

特定建設工事（杭打ち）の騒音と振動について、基本事項と実際について簡単に紹介したが、より詳しい情報や詳細な検討が必要となる場合も多い。環境省等から種々の有用な資料が公開されているので、以下にいくつか列記しておく。

表 5.5.7　建設工事の騒音・振動に関する参考資料の例

資料名等	発行者
建設工事に伴う騒音振動対策技術指針	昭和 51.3.2 建設省経機発第 54 号
振動に関わる苦情への対応	総務省、公害等調整委員会事務局編
よくわかる建設作業振動防止の手引き	環境省環境管理局大気生活環境室
建設作業振動対策の手引	環境省水・大気環境局 大気生活環境室
低周波音問題対応のための手引書	環境省環境管理局大気生活環境室
基礎工事用機械の環境対策技術に関する調査結果報告書	一般社団法人日本建設機械施工協会
建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第３版）	一般社団法人日本建設機械施工協会
建設工事公害防止対策の手引き	一般社団法人日本建設業連合会
海洋工事における公害防止マニュアル	一般社団法人日本建設業連合会
海上工事で発生する振動が周辺海域の底生成物に及ぼす影響	海洋開発論文集、第 24 巻、2008.
Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish　－ (Appendix)Compendium of Pile Driving Sound Data	The California Department of Transportation

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.5-1) 厚生省・建設省：昭和46年 厚生省・建設省 告示1号「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」，昭和46年6月
5.5-2) 環境省：平成27年 環境省告示 第66号「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準（改正)」，平成27年4月
5.5-3) 総理府：昭和51年 総理府令 第58号「振動規制法施行規則」（令和3年改正)，昭和51年11月
5.5-4) 環境省：昭和51年 環大特 第154号（環境事務次官通知）「振動規制法の施行について」（平成5年改正)，昭和51年12月
5.5-5) 日本建設業連合会 公衆災害対策委員会，環境公害対策部会，建設三団体 安全対策協議会：建設工事公害防止対策の手引き（第12回改訂版)，日本建設業連合会，2025年6月
5.5-6) 日本騒音制御工学会，日本規格協会：JIS C 1509-1 電気音響 −サウンドレベルメータ（騒音計）−第1部：仕様，2017年9月
5.5-7) 日本音響学会，日本規格協会：JIS Z 8731 環境騒音の表示・測定方法，2019年6月
5.5-8) 産業環境管理協会：公害防止の技術と法規（騒音編)，2001年6月
5.5-9) 日本騒音制御工学会，日本規格協会：JIS C 1501 震動レベル計，2023年8月

出典

5.5-① 鋼管杭協会：鋼管杭の公害対策工法 鋼管杭協会編，p11 図-2･8，山海堂，昭和61年2月
5.5-② 鋼管杭協会：鋼管杭の騒音振動低減工法 鋼管杭協会編，p95 図-4･11，山海堂，昭和54年4月
5.5-③ 無音無振動基礎工法研究会：無音無振動基礎工法，p12 図-1･10／p13 図-1･11，鹿島研究所出版会，昭和44年4月
5.5-④ 津嶋敏明，高橋健二：バイブロハンマ工法の設計と施工，基礎工，Vol.30 No.5，p54 図-13，総合土木研究所，2002年5月
5.5-⑤ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ工法標準積算要領 令和3年度版，p2 表1-4，2021年10月
5.5-⑥ 丸泰土木：油圧ハンマの騒音防止装置【3号機】油圧ハンマの騒音防止装置の開発と普及について，パンフレット，2019年9月
5.5-⑦ 丸泰土木：油圧ハンマ騒音防止装置 エコハウス「おとなし君」® パンフレット，2019年11月
5.5-⑧ 丸泰土木：油圧ハンマ騒音防止装置 エコハウス「おとなし君」® メガ MEGA パンフレット，2021年6月

ⓒ2026JASPP

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理

5.6.1　一般

1.　概要

中掘り杭工法は、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所定の処理を行う工法である。杭先端の処理方法には、セメントミルク噴出攪拌方式、最終打撃方式、コンクリート打設方式がある。

セメントミルク噴出攪拌方式は、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もので、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オーガヘッドにより機械的に攪拌する方式（機械攪拌方式）と、高圧（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、確実に支持力を得ることができる工法である。表 5.6.1 に鉛直載荷試験から設計上の支持力の扱いが確認され、施工管理手法が確立されている代表 5 工法の概要を示す。また各工法の施工手順を図 5.6.1～5.6.6 に示す。

最終打撃方式は、中掘りで支持層付近まで沈設した杭を最終打止め深度まで打撃により打込むものであり、杭の打込みには杭打機に備え付けられたモンケン（ドロップハンマ）または油圧ハンマを用いる。

コンクリート打設方式は、杭先端部の所定の範囲の鋼管内にコンクリートを打設して杭先端を閉塞させるものである。コンクリート打設方式は、一般にセメントミルク噴出攪拌方式や最終打撃方式での施工が困難な場合に適用される。

表 5.6.1　代表 5 工法の施工方法（概要）

工法名称	TAIP 工法	TN 工法	TBS 工法		FB9 工法	KING 工法
工法の概要	杭先端部に仮固定した先端刃シャフトにより杭本体と共に回転しながら中掘りを行い、杭を所定深度まで沈設する。その後、杭先端部を掘削し、連続してセメントミルクを低圧噴出することにより根固め球根を築造する工法。	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、杭を沈設した後、先端根固め部にセメントミルクを高圧噴出することにより拡大根固め球根を築造する工法。	RP タイプ	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り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、先端部より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工法。	特殊拡翼機構をもつビットを取り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、杭先端部を拡大掘削し、連続してセメントミルクを低圧噴出し、攪拌混合することにより拡大根固め球根を築造する工法。
			特殊拡翼機構をもつビットを取り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工法。			
施工順序	図 5.6.1	図 5.6.2	図 5.6.3 図 5.6.4		図 5.6.5	図 5.6.6

ⓒ2026JASPP

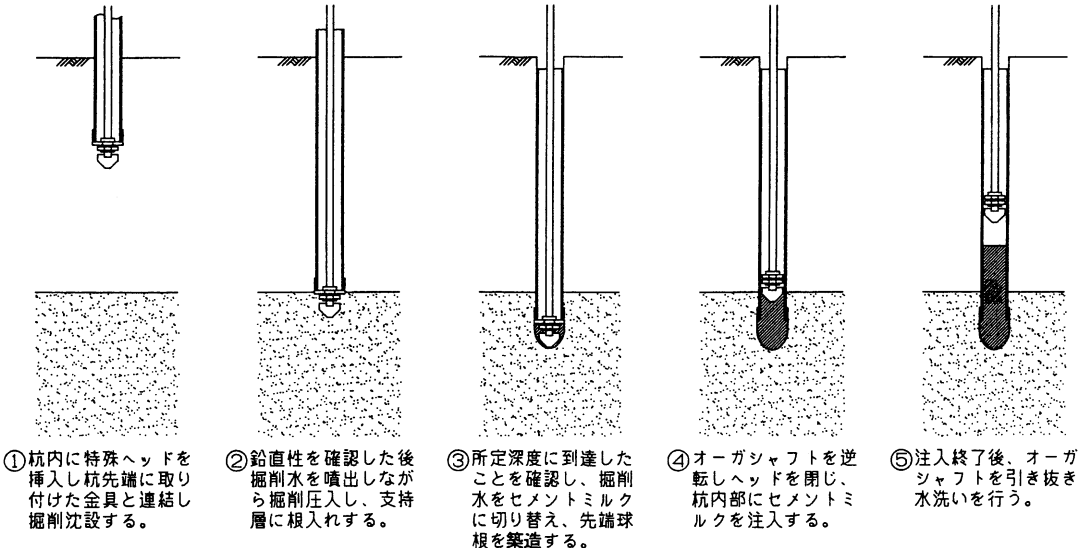


図 5.6.1　TAIP 工法施工順序（出典 5.6-①）

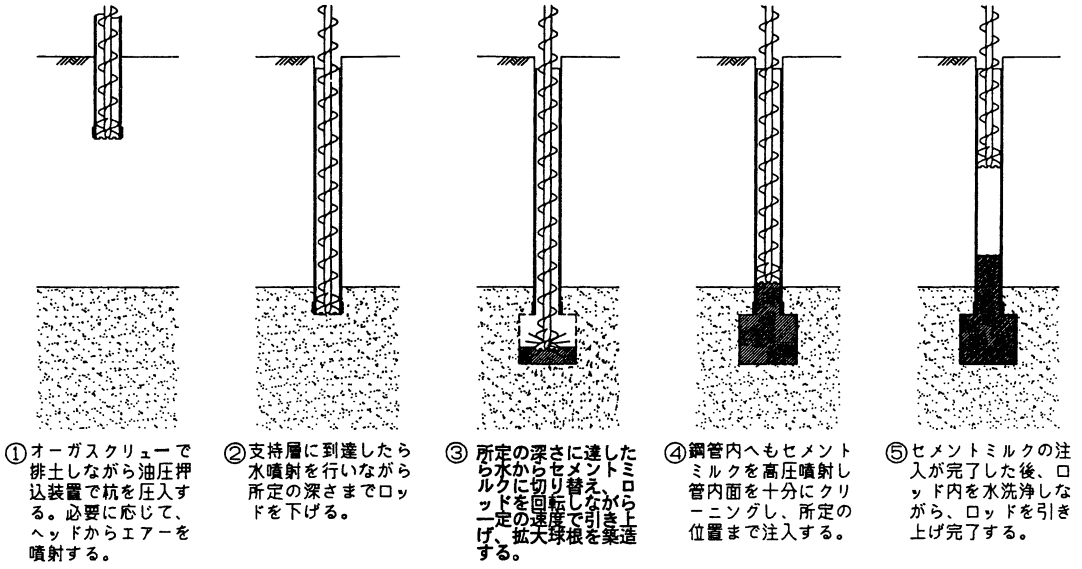


図 5.6.2　TN 工法施工順序（出典 5.6-①）

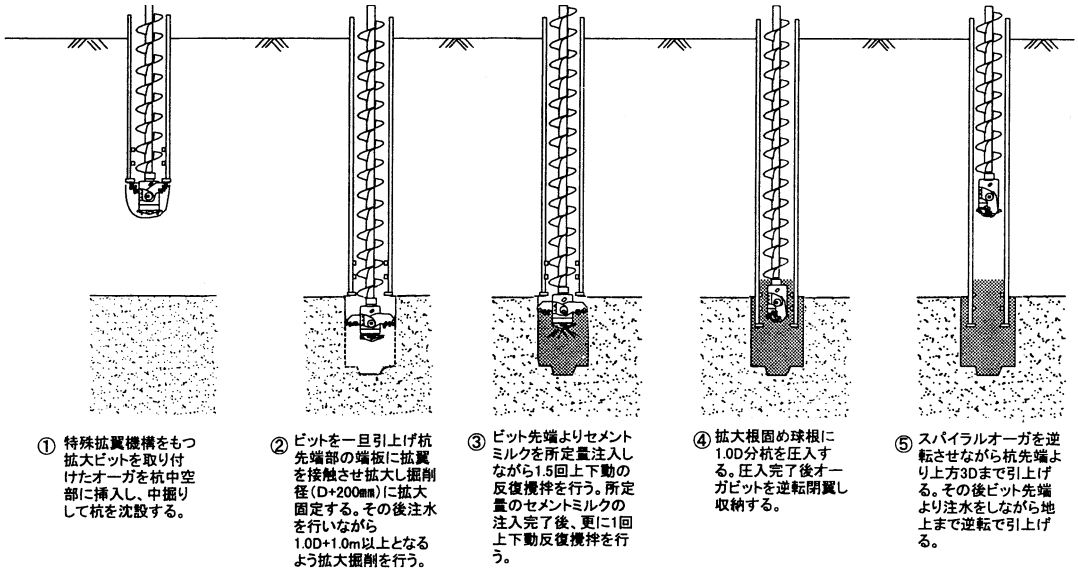


図 5.6.3　TBS 工法（RP タイプ）の施工手順（出典 5.6-①）

ⓒ2026JASPP

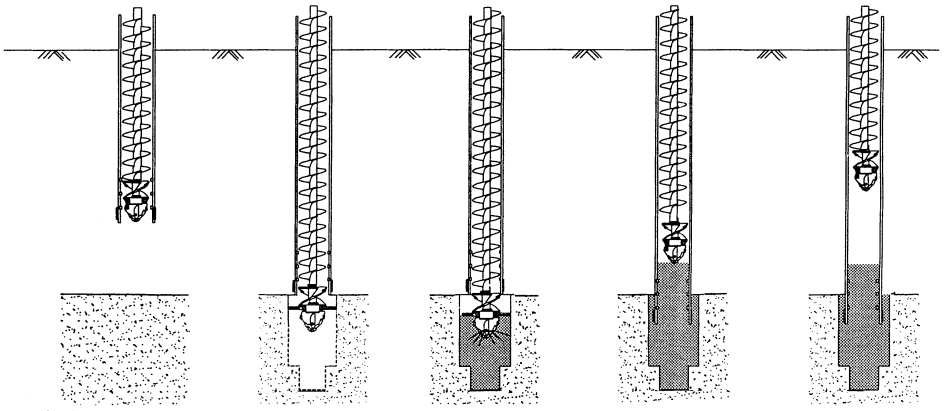


図 5.6.4　TBS 工法（RB タイプ）の施工手順（出典 5.6-①）

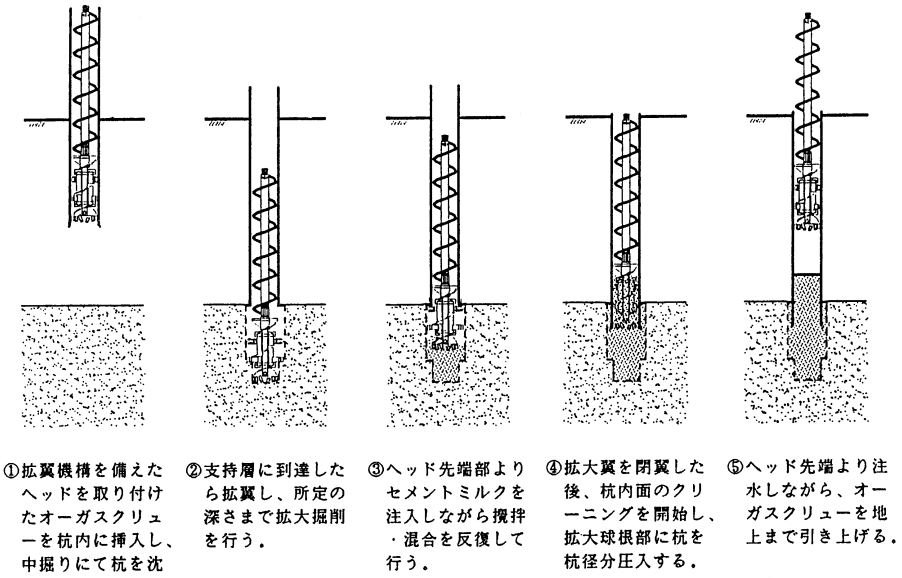


図 5.6.5　FB9 工法の施工手順（出典 5.6-①：施工管理要領）

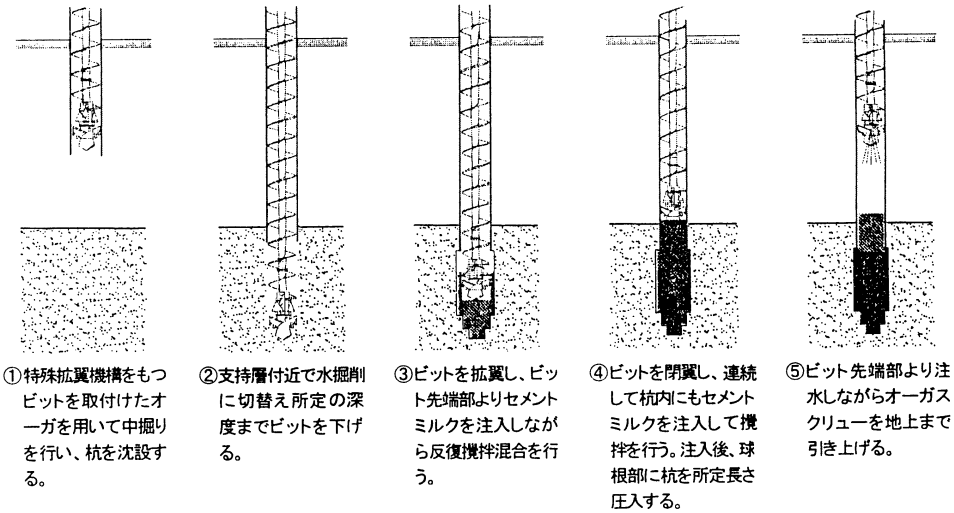


図 5.6.6　KING 工法の施工手順（出典 5.6-①）

ⓒ2026JASPP

2.　施工手順

中掘り杭工法の施工は、建込み、中掘り沈設、先端処理の 3 つの主要工程から成る。実際の施工手順には、先端処理までを一連の施工工程で実施する「1 工程方式」と、先端処理を分離して行う「2 工程方式」がある。「1 工程方式」はセメントミルク噴出攪拌方式の鋼管杭や最終打撃方式のモンケン打設の場合に、「2 工程方式」はセメントミルク噴出攪拌方式の鋼管矢板基礎やコンクリート打設方式で使用される。

中掘り杭工法の「1 工程方式」を図 5.6.7 に、「2 工程方式」を図 5.6.8 に、セメントミルク噴出攪拌方式の「1 工程方式」の標準的な場合の施工手順図を図 5.6.9 に示す。なお、最終打撃方式は、打込み工法に準拠し、コンクリート打設方式は、場所打ち杭に準拠する。

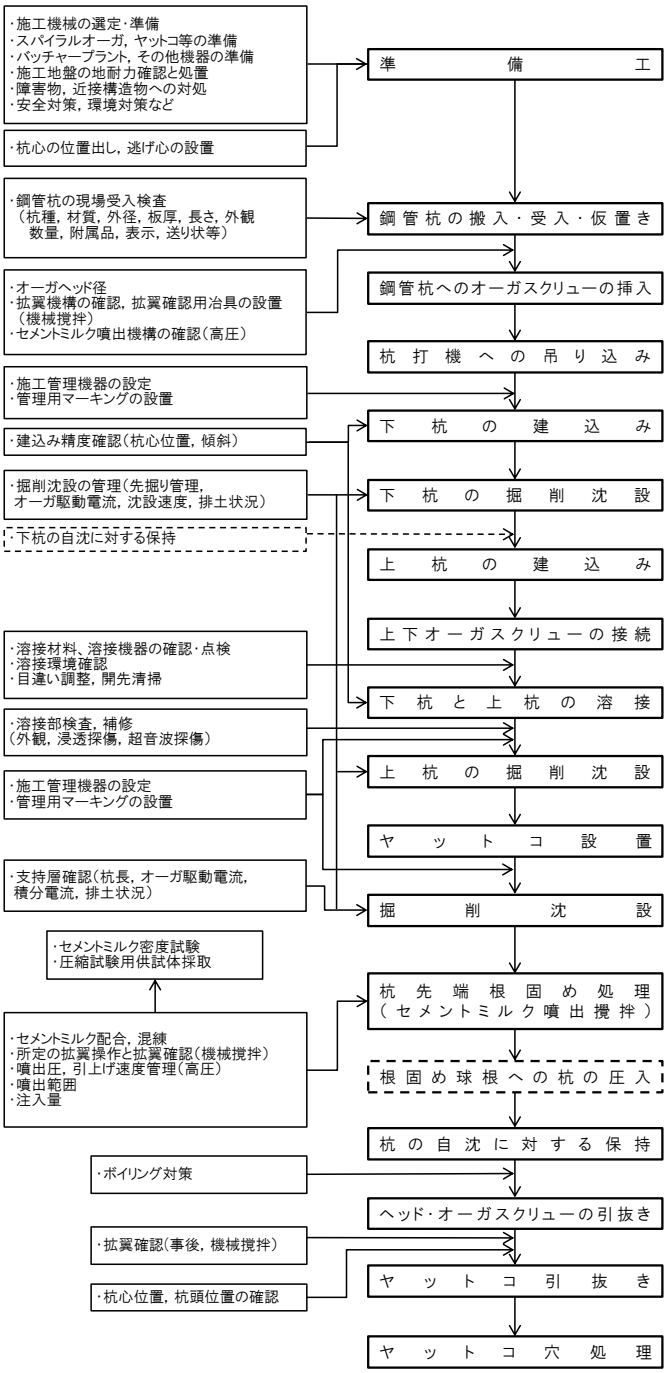


図 5.6.7　標準的な施工フロー（１工程方式）（出典 5.6-②）

ⓒ2026JASPP

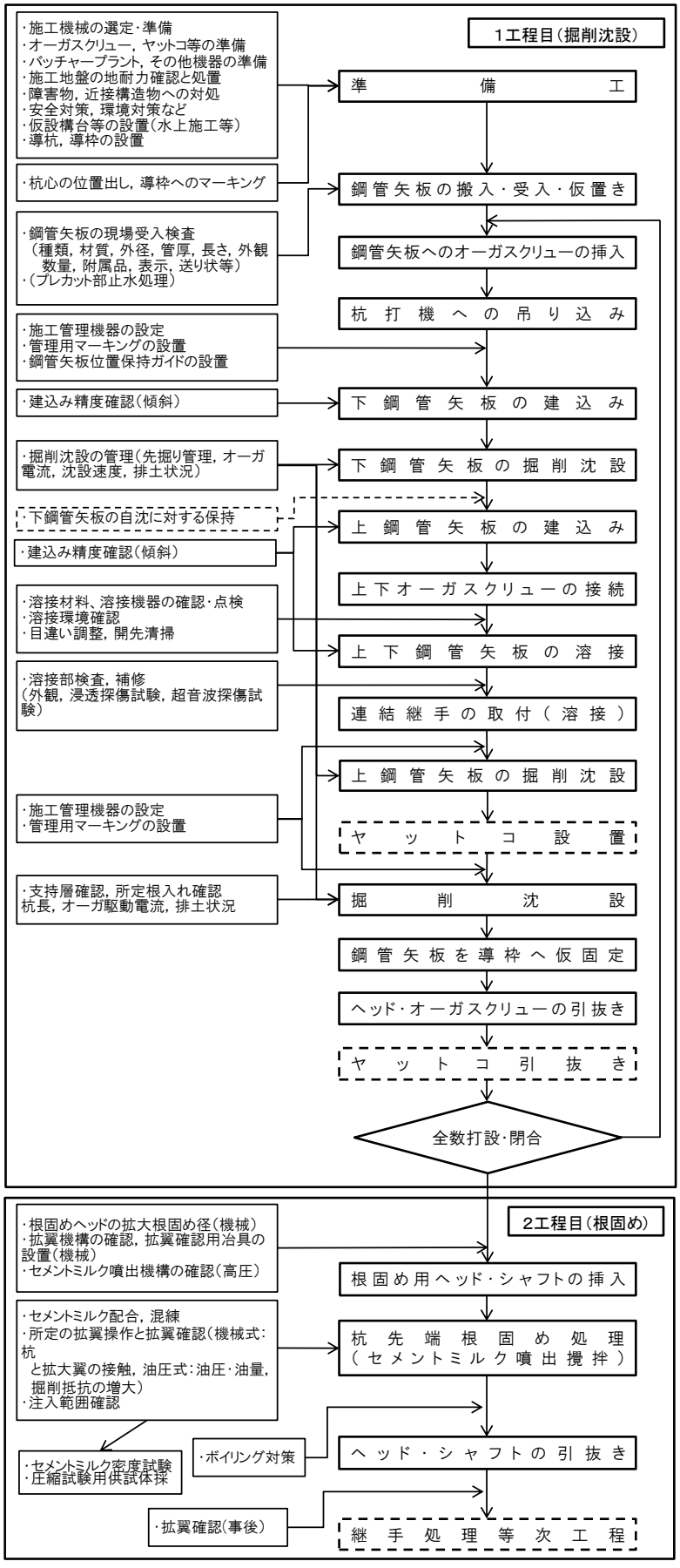


図 5.6.8　標準的な施工フロー（２工程方式）（出典 5.6-③）

ⓒ2026JASPP

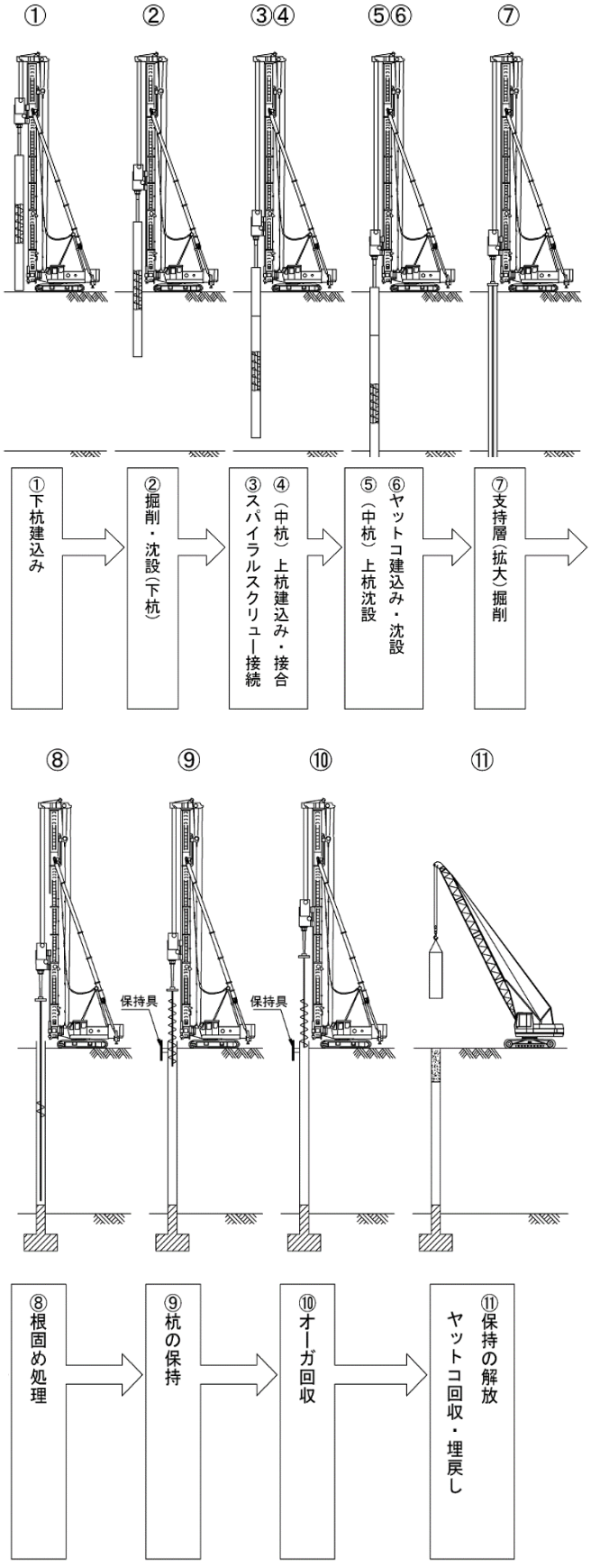


図 5.6.9　標準的な施工手順図（セメントミルク噴出攪拌方式、1 工程方式）

ⓒ2026JASPP

3.　施工機械

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。

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、補助クレーンおよ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。図 5.6.10 にセメントミルク噴出攪拌方式の施工で使用する施工機械・設備の例を、表 5.6.2 に杭打機と駆動装置の組合せ例を、表 5.6.3 に機器電気容量と発動発電機の仕様例を示す。

最終打撃方式では、杭打機に備え付けられたモンケン（ドロップハンマ）や油圧ハンマを用いる。油圧ハンマの詳細は 5.9　打撃工法の施工および施工管理を参照されたい。また、コンクリート打設方式では、排土・洗浄のためにバケット、ハンマグラブ、サクションポンプ、エアリフト等があり、コンクリートの打設のためにトレミー管、コンクリートポンプ車等を用いる。

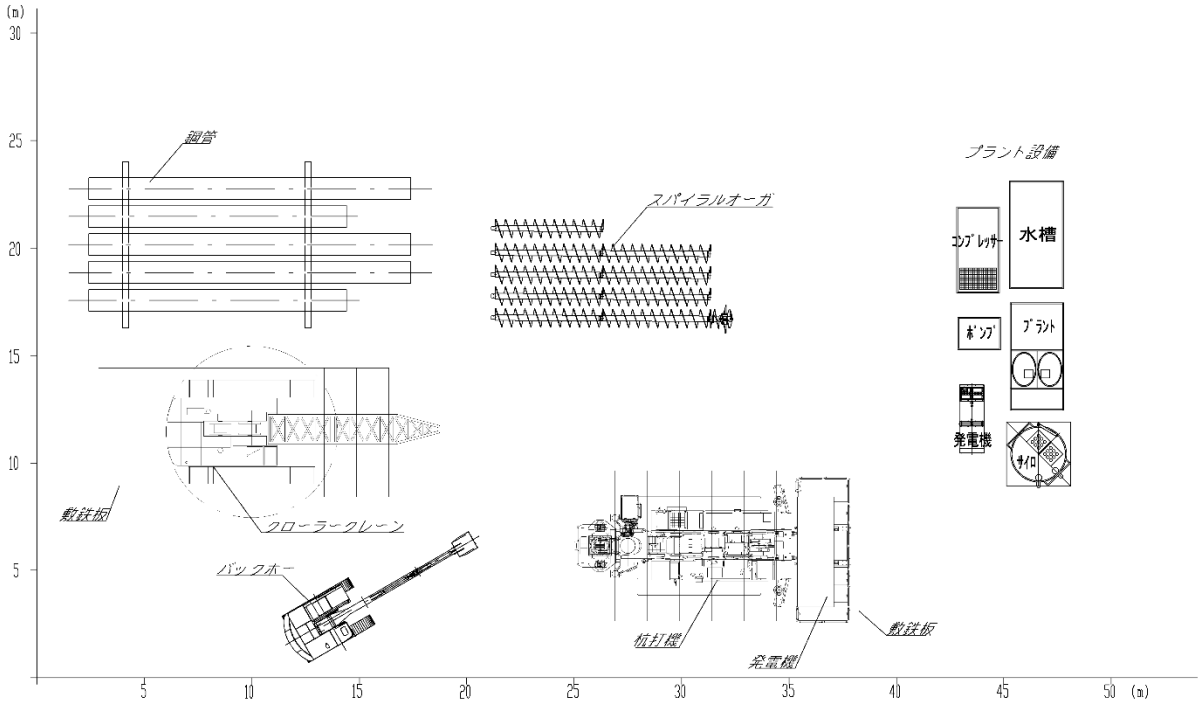


図 5.6.10　中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の機械構成例

表5.6.2　杭打機と駆動装置の組合せ例

杭径(mm) ＼ 機器	φ400以上 φ800未満	φ800以上 φ1000以下	φ1000超 φ1200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

ⓒ2026JASPP

表5.6.3　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。

4.　鋼管杭

鋼管杭はJIS A 5525 鋼管ぐいの SKK400 又はSKK490 を用いることを標準とする。

セメントミルク噴出攪拌方式による中掘り杭工法では、鋼管杭から杭先端に形成される根固め球根への荷重伝達を確実に行う目的で、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取り付ける。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、杭径によっては取り付けない場合もあり、取り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。

代表5工法における鋼管先端部の標準仕様については、1.2.2　杭の種類による分類 1. 鋼管杭中の図1.2.3に記載してあるので参考にされたい。

5.　根固め液（セメントミルク噴出攪拌方式）

⑴　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 5210 ポルトランドセメントに規定されるポルトランドセメント（普通、早強）またはJIS R 5211 高炉セメント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抵抗性・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。

⑵　練混ぜ水

練混ぜに用いる水は、水道水また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。

ⓒ2026JASPP

⑶　根固め液（セメントミルク）の配合

根固め液は、所定のプロセスで配合・練混ぜを行う。水セメント比は通常 60～70%程度の範囲である。代表５工法における根固め液の配合例や品質管理については、**（一社）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＞［Edition 3.0］（令和 3 年）**[5.6-1)]（以下、**「中掘り杭工法 施工管理要領」**という）などを参考にするとよい。

6.　コンクリート（コンクリート打設方式）

鋼管杭先端部杭内に打設するコンクリートは、**JIS A 5308 レディーミクストコンクリート**に規定されるレディーミクストコンクリートを用いることを標準とする。

なお、コンクリートは水中施工されることを前提として、場所打ちコンクリート杭および地中連続壁に関して規定されている呼び強度 30N/mm²、設計基準強度 24N/mm² 以上のものを用いるものとする。

5.6.2　施工方法

1.　杭心出し

杭の建込みにあたっては、まず設計図書に示された杭心の位置を確認しなければならない。杭心の測量は監督員の立ち合いのもとで、元請技術者が設計図書に基づき行い、杭心位置を示す標示杭を設置する。なお、軟弱地盤上での施工では、標示杭が施工中に動くおそれがあるため、毎回基準点から移動についての有無について確認するのがよい。

標示杭の設置例を図 5.6.11 に示す。なお図中のように、頭部にリボンまたは着色したハリガネを巻き付けておくと、杭打機の据付および杭心位置の確認が容易となる。

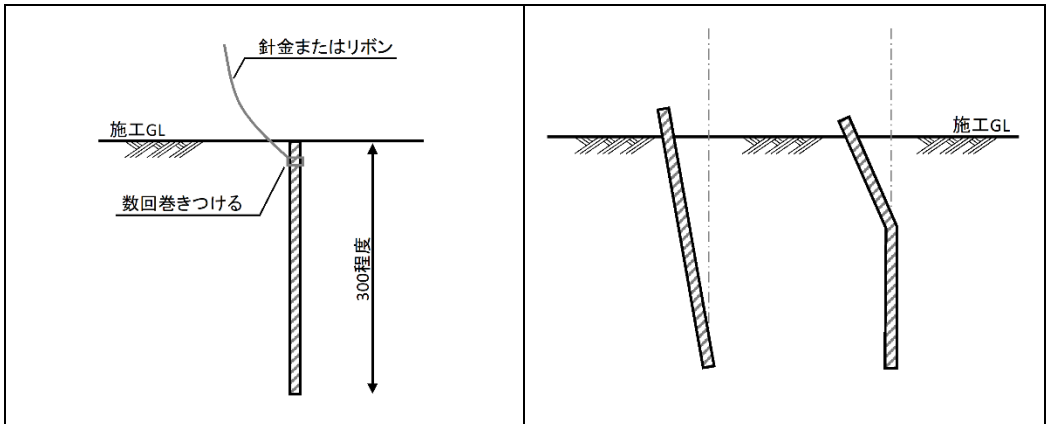


図 5.6.11　標示杭の設置例（出典 5.6-④）

また、同一の施工現場で杭径等が異なる場合は、図中の着色ハリガネおよびリボンの色を杭径ごとに変えて表示すると良い。

標示杭の設置は、施工機械の搬入前に行い、杭工事管理者は設計図書と照らし合わせて確認後、施工機械の据付を行う。なお、杭心位置によって杭の施工が困難と判断された場合には速やかに監督員に連絡し指示を求める。

ⓒ2026JASPP

2.　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。

鋼管杭の中掘り杭工法では掘削土が発生するため、図 5.6.12 に示すように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。

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、直交 2 方向に逃げ心を設置し、図 5.6.13 に示すように逃げ心からの距離を計測して杭心位置の確認を行う。

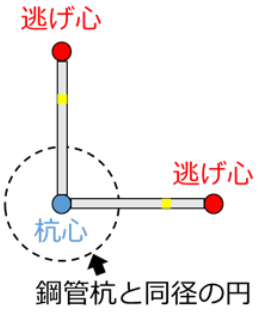


図5.6.12　逃げ心の設置

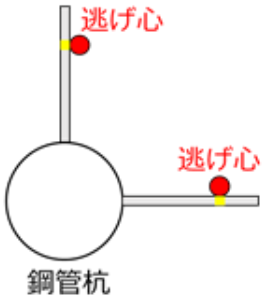


図5.6.13　杭心位置の計測

杭の鉛直性の確保も重要で、直交 2 方向から常に杭の鉛直性を確認しながら、杭の建込み、沈設を行う。杭が地盤中に沈設されてゆくと地盤の拘束によって杭の鉛直性の修正は難しくなるので、特に建込みから沈設初期の管理、必要に応じて建て直し修正を行うことが重要となる。

3.　中掘り沈設

中掘り杭工法は、杭中空部に挿入したオーガによって杭先端地盤を掘削し、掘削した土砂を排出しながら、杭の自重および圧入によって杭を所定深度まで沈設する。杭先端地盤を過度に掘削すると地盤を緩めたり、周面摩擦抵抗の低下を招いたりするおそれがあるため、例えば（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 年度改訂）」（平成 29 年）[5.6-2]（以下、「道路橋示方書・同解説 下部構造編」という）や「杭基礎施工便覧」[5.6-3]では、沈設過程でのオーガ掘削範囲は杭外面（フリクションカッター厚を含める）を超えないこと、杭先端からの先行掘りは 1m程度以下に留めること、掘削水や補助エアの噴出圧や噴出量に注意すべきこと等が記載されている。また、ボイリング発生によって地盤の乱れや緩みが生じるおそれもあるので、鋼管先端部での圧力バランスや、被圧層の打ち抜きには十分注意が必要である。

中掘り沈設は、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、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。

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5.6.4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。

なお、掘削可能なれき径は鋼管内径の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。中間層における中掘沈設の施工性の目安を表5.6.5に示す。

ⓒ2026JASPP

表5.6.4　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

表5.6.5　中間層における中掘沈設の施工性の目安

地盤条件		施工可否
粘性土	10＜N	施工能率の低下
	N＝30 程度	極端な施工能率の低下
砂質土	30＜N	施工能率の低下
	N＝50～100 程度	3m 程度の貫入施工で極端な施工能率の低下
礫質土	30＜N で D/5 程度以下の礫がまばらに分布	5m 程度の貫入施工で施工能率の低下
	50＜N が連続し，礫が密に分布	施工困難
	D/5 程度以上の玉石が分布	施工困難

4.　先端処理

⑴　セメントミルク噴出攪拌方式

杭先端根固め処理は、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従い、確実に実施することが重要である。根固め球根の所要の強度や形状を確保するために、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。

根固め球根の形状・寸法やセメントミルクの配合、注入量等は各工法で杭径毎に定められているのでそれに従う。

特に、地下水の流速が大きい場合には、セメントミルクの流失やセメント分が洗われる現象、固化体形状不整の発生等が懸念されるため、事前の地下水状態の調査検討や施工中の管内水位やセメントミルク注入状況の確認などに留意し、必要に応じて未固結試料の採取による確認等も管理手法として検討すべきである。

⑵　最終打撃方式

5.9　打撃工法の施工および施工管理に準拠する。ただし、中掘り杭工法から打撃工法に切り替える深度は慎重に検討する。**「道路橋示方書・同解説　下部構造編」**では「打込み杭工法と同程度の閉塞効果を確保するために、支持層上面から杭径の 3 倍程度以上を残して中掘りから打込みへ切替えるのがよい。」とされている。切替えの深度は試験杭施工時に打止め管理基準とともに決定する。また、中掘り沈設と打撃による打ち込みを別のタイミングで行う 2 工程方式を採用する場合には、先行した杭が中掘り沈設終了後、支持層に到達していない状態（特に軟弱地盤上にある状態）のまま近傍に別の杭を打設すると、先行した杭を動かすおそれがあるため注意が必要である。

騒音・振動が問題とならない場合には、一般に、経済的にも工程的にも打撃工法が有利になる。中掘り杭工法が採用されるのは、騒音・振動等の問題で打撃工法が採用し難い場合が多いことから、最終打撃方式での先端処理の位置付けは微妙である。支持層が中掘り掘削沈設が困難な硬質な地盤の場合や根固め球根築造に適さない粘性土地盤のような場合に、打撃施工を先端処理のみに限定することで騒音・振動問題を回避できる条件が整えば最終打撃方式が検討されるものと推測される。打撃施工に適した鋼管厚等を確保しておく必要があるので、設計段階から十分な検討が必要である。

ⓒ2026JASPP

⑶　コンクリート打設方式

コンクリート打設方式における先端処理は以下の手順で行う。なお、コンクリート打設方式はセメントミルク噴出攪拌方式での根固め球根の築造が困難なような硬質支持層等の条件に適用されることが多く、先端の極限支持力度も大きいことから、こうした場合には、先端部鋼管内面に支圧材を設けて管内コンクリートと鋼管の一体性を確保することが提案されており、**（国研）土木研究所他「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）**[5.6-4]（以下、**「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」**という）中の **4.3 中掘り杭工法コンクリート打設方式の適用性**および**参考資料 6. 鋼管先端内面のずれ止めについて**を考慮した施工・施工管理が必要となる。

1)　管内土の排出・管内洗浄

杭内に残っている土の排出をスパイラルオーガ、ハンマグラブ、バケット等で行った後、鋼管内部の支圧材とコンクリートとの付着力を確実に得るために、鋼管杭内面の洗浄を清掃用ブラシやウォータージェット等により、コンクリートの充填区間以上行うものとする。

2)　孔底処理

孔底の凹凸や掘削屑の取り残しなども念頭に、1 次処理として底浚いバケットやサンドポンプによる孔底沈積物（土砂やスライム）の排出を行う。また、2 次処理としてポンプやエアリフトによるスライム除去、必要に応じて沈積バケットによる泥水中の浮遊分の沈積除去を行う。

孔底処理に際しては、最初に孔底位置を検測して杭先端以上に過掘りされていないことを確認するとともに、底浚いの作業位置などを確認したうえで処理作業を管理し、孔底処理後に最終的な孔底位置、スライム量を検測・確認する。

3)　杭先端へのコンクリートの打設

コンクリート打設の際には、落下による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、コンクリートの打設中は、トレミー管の先端を常にコンクリート内に挿入した状態を保つ。

「杭基礎設計便覧」[5.6-5]には「杭体内部に打設するコンクリートの強度および充填範囲、杭体内側の構造については、設計で想定する杭先端の極限支持力度の特性値 qd に相当する力が作用した場合にも、杭体と充填コンクリートとの一体化が確保される構造としなければならない」旨が記載されている。そのためには、例えば鋼管内面には支圧材（ずれ止め）を設け、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等の処置を行う必要がある。

また、コンクリート打設は、孔底の処理後に泥水中の泥分が沈降してスライムがたまることがないように、孔底スライムが除去されたことを確認した後、時間を空けずに実施する。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。

4)　鋼管先端部の支圧材（ずれ止め）

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した。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**（公財）鉄道総合技術研究所：「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」（平成28年）**[5.6-6]における付着強度の算定式を準用することとした。なお、算定式は**「中掘**

り杭工法 施工管理要領」の付録 G 8. 鋼管先端部の支圧材が参考となる。

5. 杭の保持

セメントミルク噴出攪拌方式では杭の根固め球根への定着直後は、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するおそれがある。対策として、杭が安定するまでの間、所定の位置に杭を保持する。一般に、杭頭部付近あるいは杭と連結したヤットコ部分にストッパー（受け治具）を取り付け、敷き鉄板や杭保持装置等に固定しておく方法が取られる。杭の保持解除の判断は、例えばストッパーと敷鉄板等の間に数枚の鉄板などの仮受け治具を設置しておき、一定時間間隔で仮受け治具を取り外し、杭が沈下しないことを確認する方法がある。杭保持方法の例を図5.6.14に示す。

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。

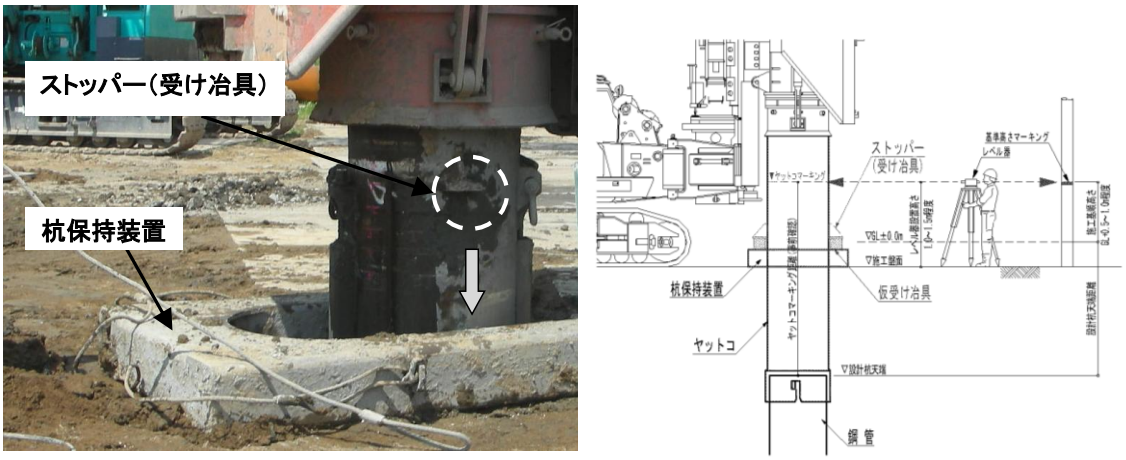


図5.6.14　杭保持方法の例

6. 排出土

中掘り杭工法では、管内土を連続したオーガスクリューで排出しながら杭を沈設した後、根固め液（セメントミルク）を注入し、根固め球根を築造する。したがって、杭沈設時と根固め球根築造時に排出土が発生する。

一般に、杭沈設時に排出された掘削土の一部は、施工完了後に杭体内に埋め戻される。この埋め戻しを行った場合、杭沈設に伴う排出土は、土質によって変動するが、杭体積（掘削体積）のおおよそ 40%程度である。また、根固め球根築造時には注入した根固め液（セメントミルク）量に相当する量の排出土が発生する。したがって、排出土量は、掘削体積×0.4＋根固め注入量、が一つの目安となる。なお、排出土は、現場の埋戻し材等として再利用するか、産業廃棄物として適正に処分する。

ⓒ2026JASPP

5.6.3　施工管理

1.　一般

中掘り杭工法においては、施工完了後の出来形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極めて重要である。

すなわち、周到な施工計画の下で、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の実態・情報、管理データを施工記録として確実に保存することが求められる。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。

中掘り杭工法の施工管理の具体的方法や留意点等の詳細については、**「鋼管杭　－施工と施工管理－」**[5.6-7)]や**「中掘り杭工法　施工管理要領」**などを参考にするとよい。

2.　試験杭

5.3　試験杭を参照のこと。

3.　施工管理項目

中掘り杭工法の主要な施工プロセス管理項目を表5.6.6および表5.6.7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。なお、最終打撃方式の先端処理の施工管理項目は打撃工法と同様であり、先端コンクリート打設方式の施工管理項目は、**「中掘り杭工法　施工管理要領」**の**付録 G** が参考となる。

杭工事管理者は、これらの施工管理項目について自ら、または管理・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。

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。

ⓒ2026JASPP

表5.6.6　中掘り杭工法の標準的な施工管理項目と管理基準（先端処理以外）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
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
		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
施工機械・装置	スパイラルオーガ	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
	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：所定径 0～ +20mm
		高圧噴射方式： 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
	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
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
		傾斜	トランシットまたは傾斜計	1/100 以内
	現場継ぎ溶接	溶接工の技量資格	5.13.1　現場円周溶接を参照	
		溶接環境 （風・気温等）		
		継手条件（目違い・ルート間隔等）		
		溶接条件（電流・電圧・パス数等）		
		外部きず		
		内部きず		
	掘削・沈設	杭打機の鉛直性， 掘削・沈設精度	トランシットまたは傾斜計	1/100 以内
		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設定
		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
		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
	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
			オーガヘッド付着土砂の観察	土質調査結果との対比
出来形		杭心の偏心量	測量	杭心とのズレ D/4 かつ 100mm 以内
		杭頭レベル	測量	±50mm 以内

ⓒ2026JASPP

表5.6.7　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（先端処理）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
材料	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
		数量, 保管状況	入荷伝票, 目視	防湿に配慮した保管方法
	セメント ミルク	配合(水, セメント)	水量:容積または質量の計量 セメント:質量計量または袋数	所定の水セメント比 W/C に応じた配合量
		密度	マッドバランス, 比重計	所定の範囲内
		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/mm²) 個体値≧規格値の 85% (17N/mm²)
先端処理	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
		機械攪拌方式： 拡翼の確認	拡翼操作後，オーガヘッドを引き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（ピンの変形等)	所定の拡翼操作を行い，拡翼されたことが確認できる 施工後に拡翼された事実を確認できる
		支持層掘削深さ	支持層確認深度と杭体先端深度およ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
	根固め築造	噴出攪拌範囲	マーキングによるレベルまたは施工管理装置	所定噴出攪拌範囲，攪拌混合の上下反復回数，杭内打上げ範囲 ※工法毎に定められた管理方法
		高圧噴出方式： 噴出圧力	圧力計で確認	所定の圧力以上
		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
		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
		注入量	流量計または製造バッチ数	所定の総注入量および時間当り注入量
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
	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

ⓒ2026JASPP

4.　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。中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）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）、スクリュー径
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

5.　施工管理装置

施工管理装置は、中掘り沈設工程および根固め球根築造時に必要な施工管理項目が常時表示および記録されるものである。最近のセメントミルク噴出攪拌方式の施工管理装置の構成例を図5.6.15 に示す。各検出器より検出された信号が、制御盤内で演算処理され表示器（図5.6.16参照）へ表示されるとともに、施工データが制御盤内の記録媒体へ記録保存される。

6.　支持層到達の確認方法

支持層到達の確認は、施工管理装置で記録される掘削抵抗値（積分電流値や積分電力値など）の変化と土質柱状図の比較をする方法が一般的である。

掘削抵抗値は、中掘沈設時のオーガモータの電流または電力と掘削時間（速度）により算出され、硬質地盤では掘削抵抗値が大きくなる傾向があるが、中掘り沈設時の施工状況（排土状況や掘削水量、沈設状況等）により変化する。このため、支持層到達は、試験杭施工において記録された掘削抵抗値と土質柱状図の比較をするとともに、杭の沈設状況や施工機械の挙動、オーガヘッド先端の付着土などから総合的に判断する必要がある。

オーガ駆動電流値、積分電流値の評価例については、**「中掘り杭工法 施工管理要領」**などを参考にするとよい。

ⓒ2026JASPP

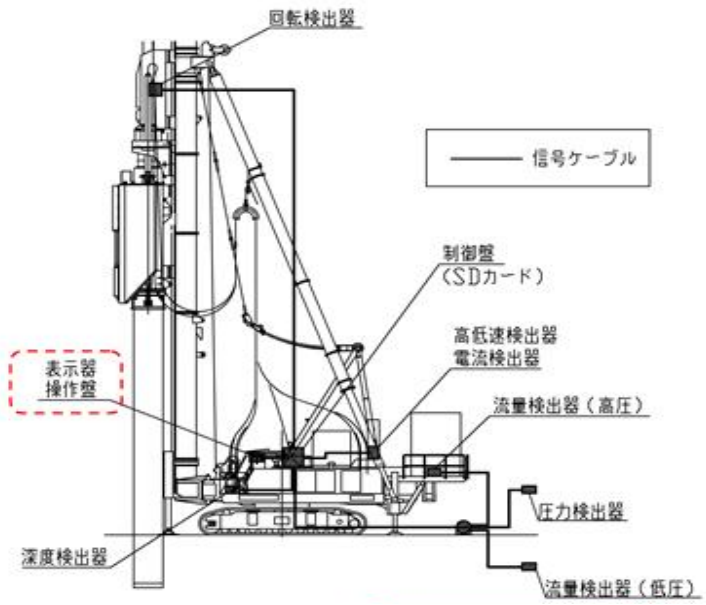


図5.6.15　施工管理装置の構成例

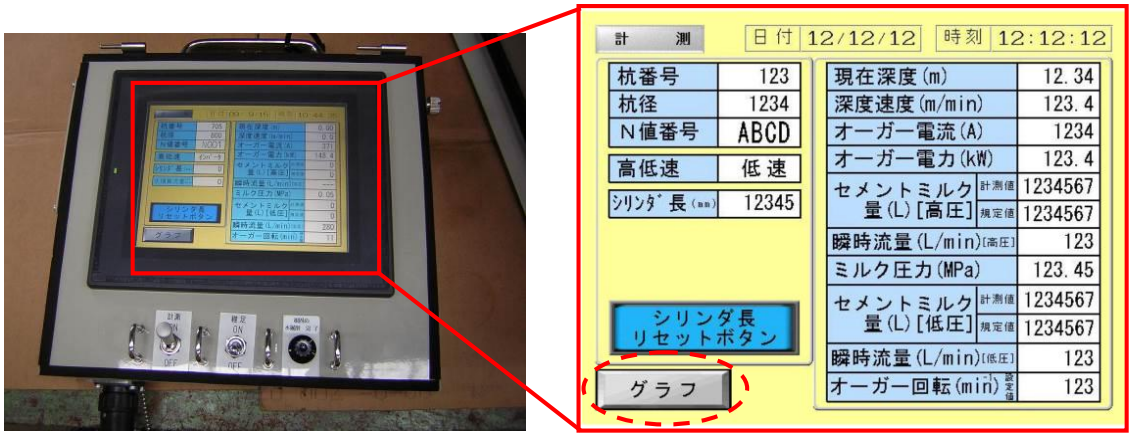


図5.6.16　表示器の例

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.6-1）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＞［Edition 3.0］，2021年3月
5.6-2）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成29年度改訂），2017年11月
5.6-3）日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.6-4）土木研究所 他：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，2019年4月
5.6-5）日本道路協会：杭基礎設計便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.6-6）鉄道総合技術研究所：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
5.6-7）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），2022年1月

出典

5.6-① 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＞［Edition 3.0］，p8 図－2.1～2.5，2021年3月
5.6-② 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＞［Edition 3.0］，p10 図－2.6 (a)，2021年3月
5.6-③ 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＞［Edition 3.0］，p11 図－2.6 (b)，2021年3月
5.6-④ コンクリートパイル・ポール協会：既製コンクリート杭の施工管理，p226 図-2.3.14，2019年6月

ⓒ2026JASPP

5.7　鋼管ソイルセメント杭工法の施工および施工管理

5.7.1　一般

1.　概要

鋼管ソイルセメント杭工法は、地盤に専用の掘削・攪拌装置を用いて、セメントミルクを注入しながら土と攪拌混合してソイルセメント柱を造成し、その中に外面に突起（リブなど）を有する鋼管を沈設することで、鋼管と固化後のソイルセメント柱（固化体）を一体化させる工法である。

支持杭では、支持層近傍に高濃度な配合のセメントミルクが注入された杭先端固化部を造成するが、杭の先端抵抗を期待しない摩擦杭では、杭先端固化部は造成しない。

鋼管ソイルセメント杭の概要図を図 5.7.1 に示す。また、鋼管ソイルセメント杭の支持杭における杭先端固化部の仕様を図 5.7.2 に示す。

なお、鋼管ソイルセメント杭の施工についての詳細は（**一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領 [Edition 2.0]」（令和 3 年）**[5.7-1)]（以下、**「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領」**という）などを参考にするとよい。

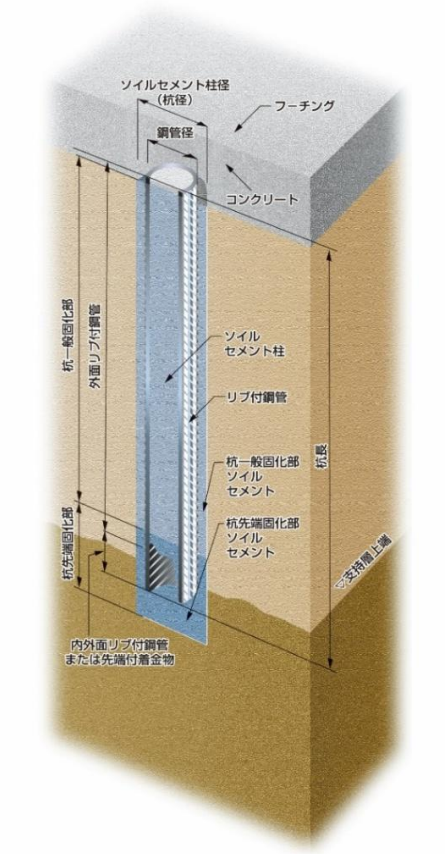
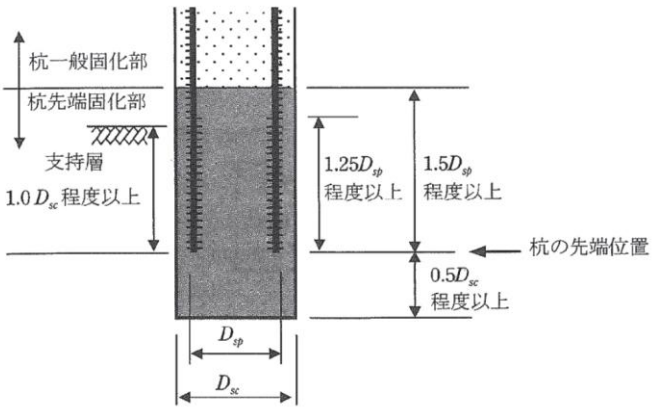


図 5.7.1　鋼管ソイルセメント杭の概要図（出典 5.7-①）



D_{sc}　：ソイルセメント柱径（杭径）
D_{sp}　：鋼管径
1.25Dsp：杭先端から鋼管内面に付着金物あるいは突起を有する長さ

図 5.7.2　鋼管ソイルセメント杭の杭先端固化部の仕様（支持杭の場合）（出典 5.7-②）

2.　施工手順

鋼管ソイルセメント杭工法の施工手順には、ソイルセメント柱の造成と同時に鋼管の沈設を行う方法（同時沈設方式）と、ソイルセメント柱を造成した後に鋼管の沈設を行う方法（後沈設方式）がある。両方式と

も使用材料、施工機械・機器等に大きな違いはなく、施工管理項目も共通であり、沈設方式の選択は、杭工事会社のこれまでの施工実績や保有機械によって決定されている。それぞれの施工フローを図 5.7.3 および図 5.7.4 に、施工手順例を図 5.7.5 および図 5.7.6 に示す。



図 5.7.3　同時沈設方式の一般的な施工フロー（出典 5.7-③）



図 5.7.4　後沈設方式の一般的な施工フロー（出典 5.7-④）

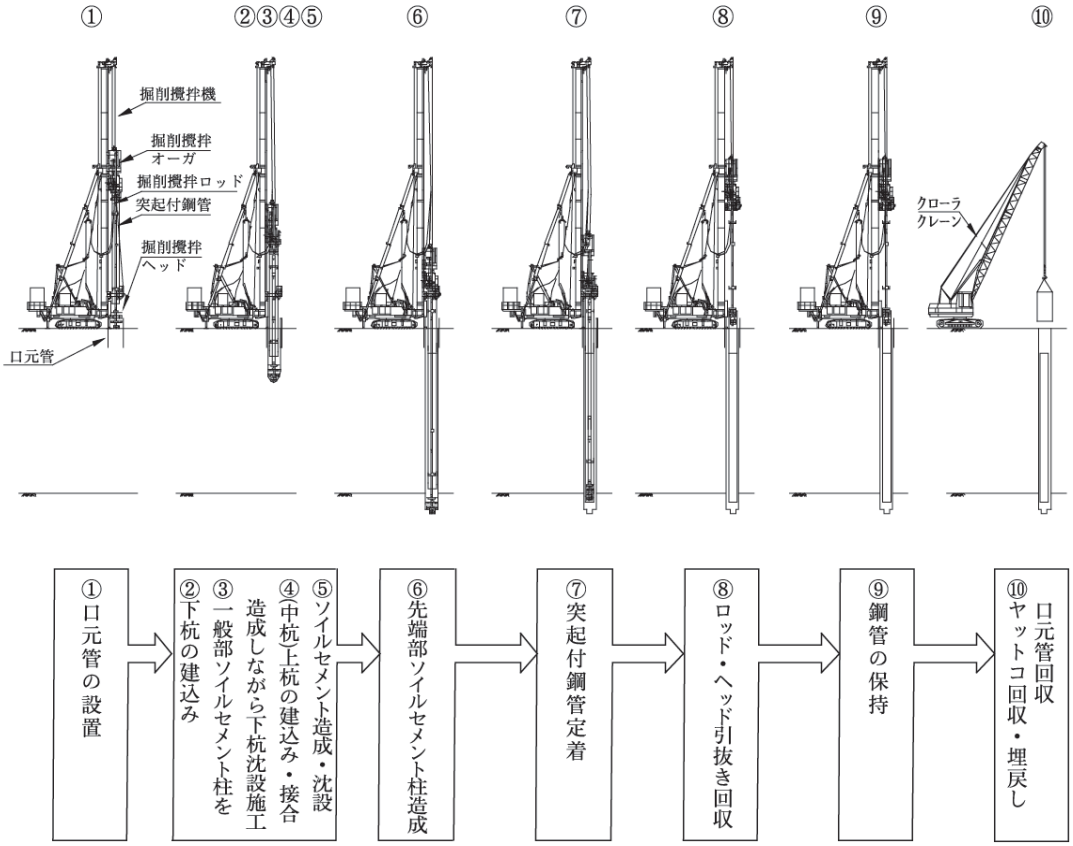


図 5.7.5　同時沈設方式の一般的な施工手順例（出典 5.7-⑤）

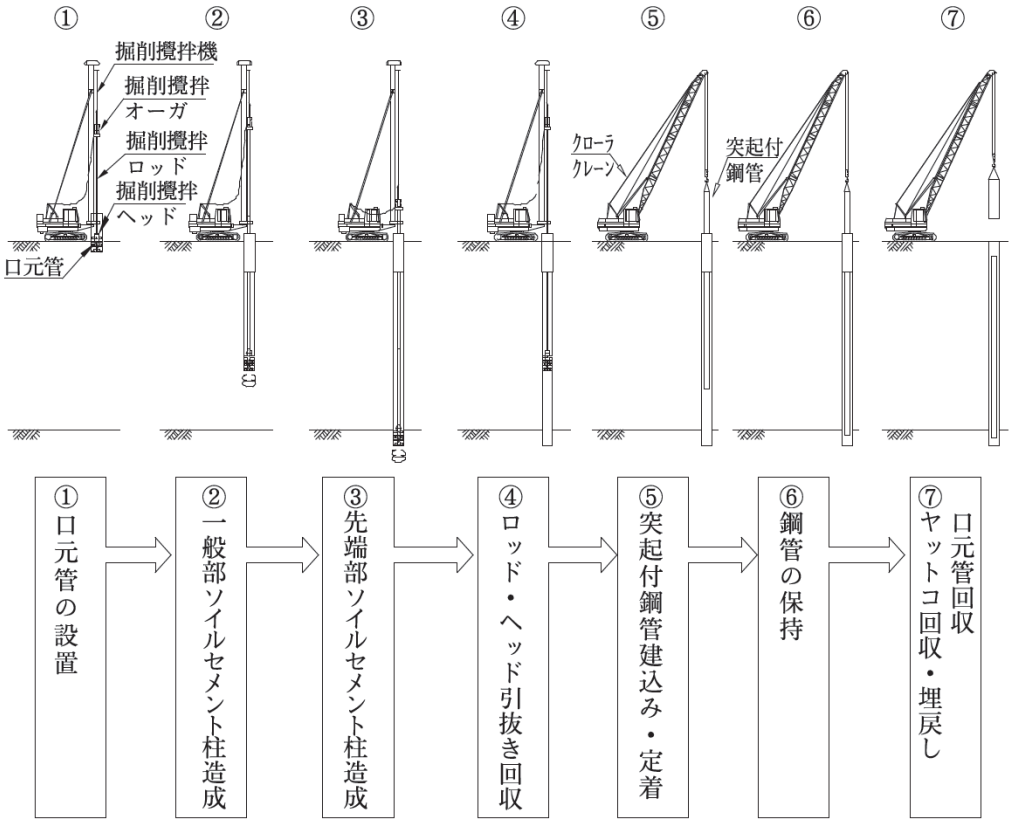


図 5.7.6　後沈設方式の一般的な施工手順（出典 5.7-⑥）

ⓒ2026JASPP

3.　施工機械および設備機器

図 5.7.7 に施工で使用する施工機械・設備の例を示す。

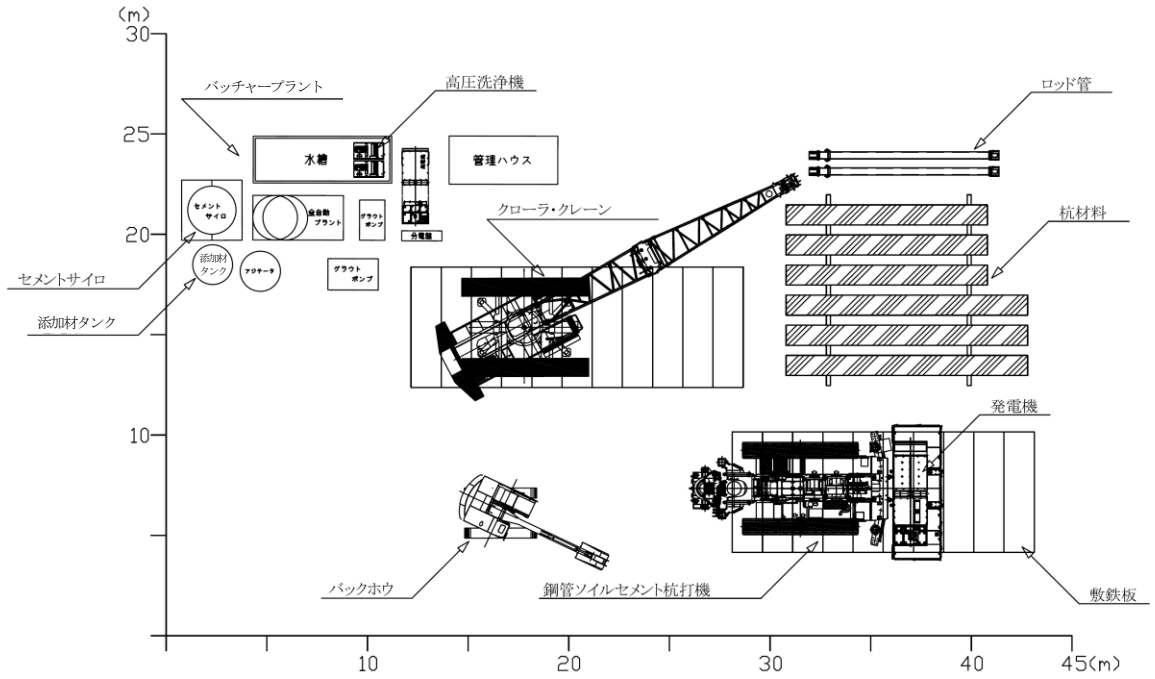
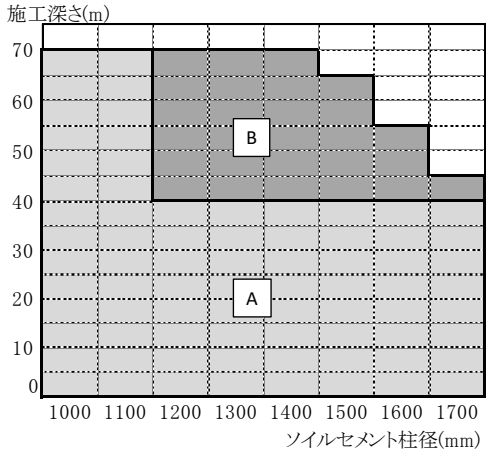


図 5.7.7　鋼管ソイルセメント杭工法の機械構成例（出典 5.7-⑦）

(1)　施工機械

施工機械の選定においては、搬入経路、作業環境、杭の仕様、施工地盤の土質条件等を考慮し、設計図書に従って均質なソイルセメント柱を安全に施工できる機種を選定する必要がある。

オーガ駆動装置は、杭径、杭長および掘削地盤の土質性状を考慮して、掘削攪拌できる容量のものを使用する。ソイルセメント柱径と施工深さによる鋼管ソイルセメント杭打機の選定目安を図 5.7.8 に示す。



	掘削用（内軸）オーガ出力	
	電動オーガ (kW)	油圧オーガ (kN･m)
A	90～	150～
B	110～	300～

図 5.7.8　ソイルセメント柱径と施工深さによる鋼管ソイルセメント杭打機の選定目安（出典 5.7-⑧）

ⓒ2026JASPP

補助クレーンの選定にあたっては、作業内容や吊り荷の重量、作業範囲、必要な揚程、施工手順、上空の障害物などの条件を総合的に検討し、安全に運用できる機種を選ぶことが重要である。

掘削攪拌ヘッドには、単軸で共回りを抑制する翼を備えたタイプや二軸で正逆に回転する翼を持つタイプなどがあり、ソイルセメントの造成に適した性能を持つ機器を選定して使用する。図 5.7.9 に代表的な掘削攪拌ヘッドの例を示す。

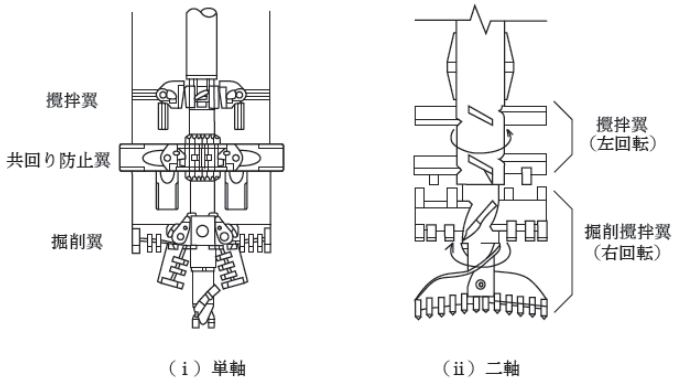


図 5.7.9　代表的な掘削攪拌ヘッドの例（出典 5.7-⑨）

⑵　口元管

口元管はソイルセメント柱径より 200mm 以上大きく、鋼製で円柱形のものが多く、ソイルセメントの排出口が設けられている。掘削攪拌、鋼管沈設時の杭心管理のための基準点となるほか、掘削攪拌ロッド、鋼管の保持のための受け台に使用される。

⑶　その他

プラント諸機械、保持装置、ヤットコは、**「杭基礎施工便覧」**[5.7-2)]や**「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領」**などを参考にするとよい。

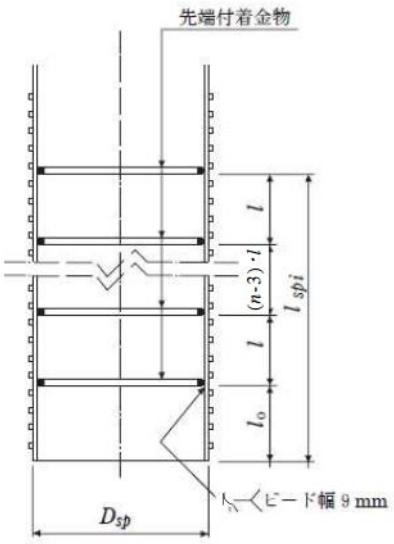
4.　鋼管杭および付属品

⑴　鋼管杭本体

鋼管ソイルセメント杭に使用する外面突起（リブ）付き鋼管は、化学成分および機械的性質が **JIS A 5525 鋼管ぐい**に適合するとともに、ソイルセメントとの付着を確保するための外面突起（リブ）が **JIS A 5525 附属書 A 突起付き素管の品質規定**に適合するものを標準とする。仕様詳細については、**2.2　鋼管杭の仕様**および **1.2.2　杭の種類による分類**を参照されたい。

⑵　鋼管先端部

鋼管先端部は、先端支持力を伝達させるために、鋼管とソイルセメント柱との付着力を高める必要があるので、鋼管先端部の内面にも付着金物（リング筋）を設けるか、内面にも突起（リブ）を有する鋼管とする。内面突起（リブ）をつける場合には、 **JIS A 5525 附属書 A 突起付き素管の品質規定**に適合するものを標準とする。図 5.7.10、図 5.7.11 に先端部の仕様例を示す。



鋼管径 D_{sp} (mm)	先端付着金物の段数 n	先端間隔 l_0 (mm)	ピッチ l (mm)	取付長 l_{spi} (mm)
800	4	300	250	1050
900	5			1300
1000				
1100			300	1500
1200	6			1800
1300				
1400		450		1950
1500	7			2250

注）付着金物は、リング筋 D13 SD345 以上または平鋼 t16×h32 SS400 相当品を用いる。

図 5.7.10　先端付着金物（リング筋）を設けた例（出典 5.7-⑩）

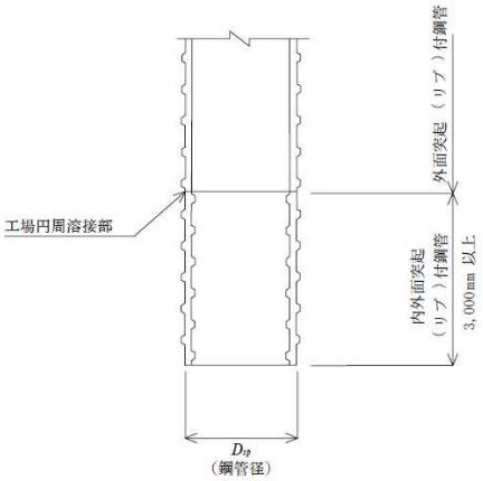


図 5.7.11　内外面突起（リブ）付き鋼管とした例（出典 5.7-⑪）

⑶　突起（リブ）切削

JIS A 5525 附属書 A 突起付き素管の品質規定では、①現場円周溶接部となる管端部で、裏当てリング、ストッパーおよび銅バンドが干渉する場合、②その他附属品を取り付ける場合、③受渡当事者間の協定による場合、において外面（および内面）突起（リブ）を必要に応じて削除してよい、とされている。

現場縦継ぎ溶接で銅バンドと干渉する部分の標準的な突起（リブ）切削範囲等の詳細については、**「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領」**などを参考にするとよい。

⑷　回転金具・スペーサー

回転金具・スペーサーについては、**「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領」**などを参考にするとよい。図 5.7.12 に回転金具の標準的な取付け例、図 5.7.13 にスペーサーの標準的な取付け例、図 5.7.14 にスペーサーの形状寸法例を示す。

ⓒ2026JASPP

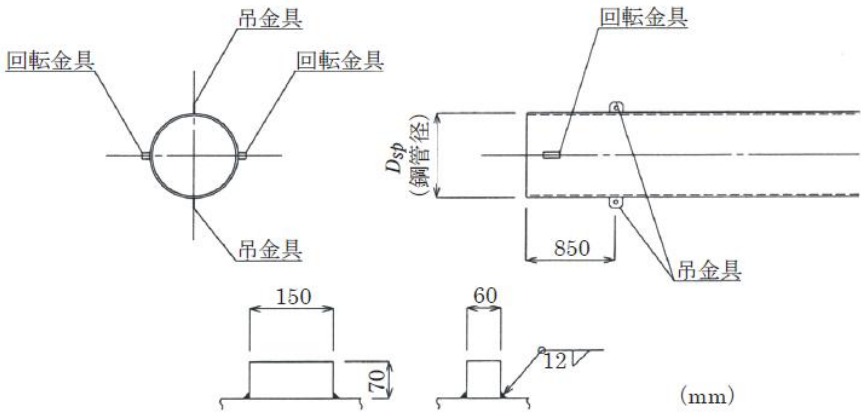


図 5.7.12　回転金具の標準的な取付け例（出典 5.7-⑫）

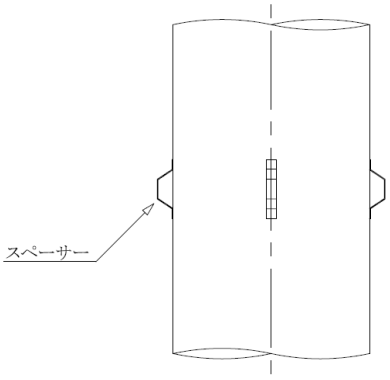


図 5.7.13　スペーサーの標準的な取付け例
（出典 5.7-⑬）

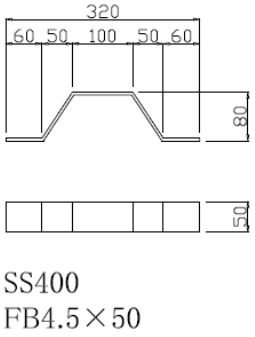


図 5.7.14　スペーサーの形状寸法例
（出典 5.7-⑭）

5.　セメントミルク

セメントミルクは、セメント、水、添加剤・混和材を練り混ぜたものであり、鋼管ソイルセメント杭工法の「ソイルセメント」の材料として用いられる。ソイルセメント柱は、杭の支持性能に大きな影響を与えるため、所定の強度が得られるようセメントミルクを調製するとともに、所定の深さに適切に注入し、攪拌混合・固化しなければならない。

⑴　セメント

JIS R 5211 高炉セメントおよび**JIS R 5210 ポルトランドセメント**に規定されるセメントを標準として用いる。泥炭や腐植土等の特殊土を含む地盤には、セメント系固化材等を用いる場合もある。

⑵　練混ぜ水

練混ぜに用いる水は、水道水などセメントミルクの品質に悪影響を及ぼさないものを使用することを原則とする。河川水、地下水等を使用する場合は、セメントミルクの強度や施工性などを確認する必要がある。

⑶　添加剤・混和材

添加剤・混和材は、施工性を高める手段として施工方法、施工条件、土質条件等に応じて適宜選択するものであるが、下記の添加剤・混和材が一般的に用いられる。

・硬化遅延剤（固化材の凝結進行による鋼管の沈設抵抗増大の抑制策として使用）
・分散剤（固化材の粒子を均一に分散、再凝集を防ぐことで鋼管の沈設抵抗増大の抑制策として使用）
・ベントナイト・増粘剤（逸水性の地盤で掘削抵抗および鋼管の沈設抵抗の増加防止策として使用）

ⓒ2026JASPP

⑷　セメントミルクの配合

杭一般固化部については、原位置土の性状や注入するセメントミルクの配合により強度や流動性が変化するため、事前に原位置土を用いた配合試験により配合を決めることを原則とする。セメントミルクの標準的な配合例を表 5.7.1 に示す。また、杭先端固化部については、支持層の地盤が「砂・砂礫」の場合は、標準的な配合を用いることを基本として配合試験は行わない。セメントミルクの配合は、**「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領」**などを参考にするとよい。

表 5.7.1　セメントミルクの標準的な配合例（高炉セメント B 種）（出典 5.7-⑮）

（原位置土 1m³ あたり）

部位	土質	固化材 C (kg)	ベントナイト・ 増粘剤 B (kg)	水 W (kg)	水・固化材比 $W/(B+C)$ (%)	硬化遅延剤 固化材料重量比 (%)
空掘部	―	150	適宜	150～225	100～150	0～5.0
杭一般固化部	砂質土 粘性土	300～400	〃	300～600	100～150	0～5.0
杭先端固化部	砂・砂れき	1,000	〃	600	60	0～1.0

5.7.2　施工法

1.　施工機械・口元管の設置

施工機械の設置は、施工機械の安定確保や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。

⑴　杭心出し

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理を参照。

⑵　口元管の設置

口元管を杭施工機による圧入等で地盤内に設置する場合は、口元管内の土砂はバックホウ等で排出しておく。バックホウ等で事前に土砂を排出してから口元管を設置する場合は、口元管設置後に口元管の外側を埋戻し、足場を確保する。

2.　杭の掘削・沈設

⑴　ソイルセメント柱の造成

1)　杭一般固化部の造成

杭一般固化部の造成は、鉛直性を確認しながら掘削するとともに、掘削攪拌ヘッド先端よりセメントミルクを注入攪拌しながら行う。セメントミルクの注入量は、事前の室内配合試験によって定めた計画値以上とする。口元管の内部まで杭一般固化部を造成する必要がある場合は、口元管の直径を加味して注入量を設定する。ポンプ詰まりや配管詰まりなどによる急激な圧力上昇がないか確認しながら注入する。また、施工中は土質柱状図と施工管理装置による施工データを参考にしながら施工状況の把握に努める。

ⓒ2026JASPP

2)　杭先端固化部の造成

杭先端固化部の造成は、所定の位置に所定の寸法・形状・強度が得られる方法で施工しなければならない。そのための留意事項を以下に示す。

・鋼管ソイルセメント杭工法では、設計支持層の上方より杭先端固化部を造成する仕様となっていることが多く、その場合、設計図に示された杭先端固化部上端深度において杭先端固化部用のセメントミルクに切り替える。

・杭先端固化部用配合のセメントミルクへの切替えは、切替え位置であるグラウトポンプから吐出先までの配管長を考慮して確実に行う。

・支持層が硬質で掘削負荷が大きい場合等は、適切な速度で掘削攪拌する。

3)　掘削沈設速度

掘削沈設速度は、表 5.7.2 の値を標準とする。粘着力の大きな地層や硬い地層では、無理な負荷をかけると掘削攪拌ロッドや掘削攪拌ヘッドを曲げたり、破損したりすることがあるので適切な速度で掘削攪拌する。また、杭長が長い場合など、鋼管の沈設が完了する前にソイルセメント柱の凝結が進行する場合があるので、必要に応じて繰り返し攪拌（ターニング、練り返し攪拌）を行う。

表 5.7.2　ソイルセメント柱造成時における標準的な掘削速度（出典 5.7-⑯）

部位	掘削速度
杭一般固化部	1.0m/分以下
杭先端固化部	0.25m/分程度

⑵　鋼管の建込み・沈設（同時沈設方式）

同時沈設方式では、ソイルセメント柱の造成と鋼管の建込み・沈設を同時に行う。鋼管（下杭）の杭心へのセットまでの手順を図 5.7.15 に示す。

1)　掘削攪拌ロッドの準備

掘削攪拌ロッドには、鋼管との心ずれ防止のためスタビライザーを設置する。スタビライザーは、下杭で 2 箇所、中杭・上杭で単管当り 1 箇所を目安に設置する。

2)　鋼管および掘削攪拌ロッドの吊込み

鋼管は吊金具を使用し、鋼管内部に挿入されている掘削攪拌ロッドはロッド吊装置等を利用して同時に吊り込む。その後掘削攪拌ロッド頭部を杭施工機のオーガモータと接続し、鋼管回転装置と鋼管とを接合する。

3)　掘削攪拌ヘッドの接続

下杭の建込みでは、掘削攪拌ロッドの先端に掘削攪拌ヘッドを取り付ける。掘削攪拌ヘッドは、仮置きスタンド（ヘッドスタンド）等を使用して取り付け、各翼が開翼した状態で固定する。

4)　杭心のセット

掘削攪拌ヘッド先端を所定の杭心位置に設置する。施工機のリーダの鉛直性を調整した後、ヘッド先端の杭心位置を再確認する。

ⓒ2026JASPP

5)　鋼管の沈設

鋼管の沈設は、口元管に心出し装置をセットし、ソイルセメント柱の造成と同時に回転沈設する。施工中の杭心は、逃げ心からの距離を計測し、その位置を確認する。また、掘削時には、杭体の鉛直性を確保するため、鋼管の鉛直性を施工機に装備された傾斜計、または直交 2 方向からトランシット等を用いて鉛直度を確認する。空掘部がある場合は、ヤットコ等を用いて所定の深度まで沈設する。

ヤットコは、設計杭天端が施工基面より低い場合に杭頭の高さを調整するための治具である。同時沈設方式に用いるヤットコは、鋼管とほぼ同径で、上端部は鋼管回転装置と連結可能となっており、下端部には鍵型溝が設けられ、鋼管の回転金具を引掛けて鋼管を回転・沈設する機能を有する。鋼管を所定深度に沈設後、鋼管が安定するまではヤットコを用いて鋼管を保持し、鋼管の安定が確認できたら鋼管回転装置を逆回転することでヤットコを回収する。なお、鋼管の保持方法については5.7.3　施工管理 6.　鋼管の保持を参照されたい。同時沈設方式のヤットコの使用例を図 5.7.16に示す。

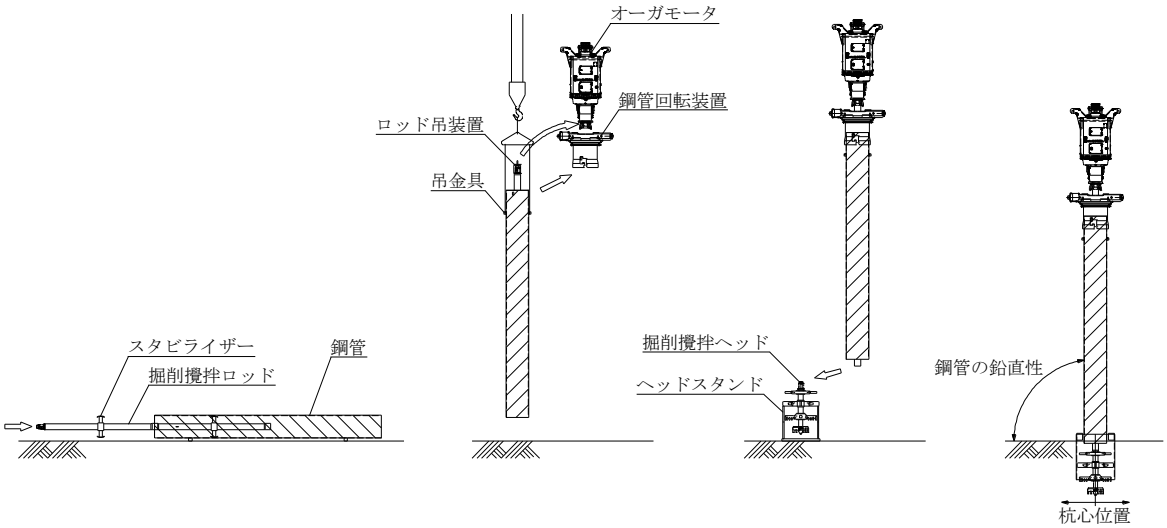


図 5.7.15　鋼管の建込み手順（同時沈設方式）（出典 5.7-⑰）

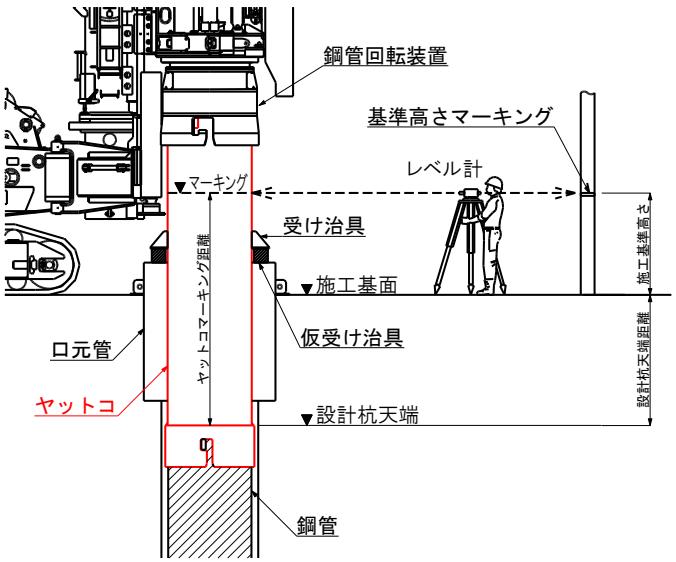


図 5.7.16　ヤットコ概要図（同時沈設方式）

ⓒ2026JASPP

⑶　鋼管の建込み・沈設（後沈設方式）

後沈設方式では、ソイルセメント柱造成後に鋼管の建込み・沈設を行う。

1)　鋼管の吊込み

鋼管は吊金具を使用して吊り込む。

2)　鋼管の沈設

鋼管の沈設は、水平精度および鉛直性を確認しながら、施工状況により自重または鋼管ソイルセメント杭打機などの補助機械を用いて所定の深度に沈設する。水平精度は、口元管に心出し装置をセットし、逃げ心からの距離を計測することで、確認する。図 5.7.17 に心出し装置の例を示す。鉛直性は、施工機に装備された傾斜計、または直交 2 方向からトランシット等を用いて確認する。

ヤットコは、施工基面より低い杭頭の高さを調整するための治具であり、掘削攪拌ロッドの先端に鋼管回転装置（回転キャップ）を取り付けたものである。図 5.7.18 に概要図を示す。鋼管回転装置は、鍵型溝に吊金具や回転金具を引掛けて鋼管を沈設する。鋼管の保持が確認できたら、鋼管回転装置を逆回転することでヤットコを回収する。

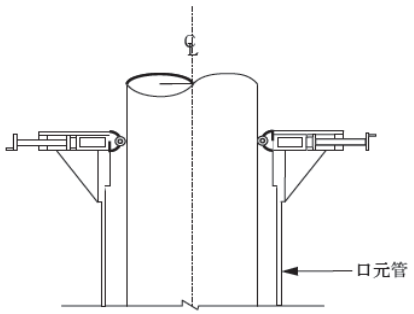


図 5.7.17　心出し装置の例（出典 5.7-⑱）

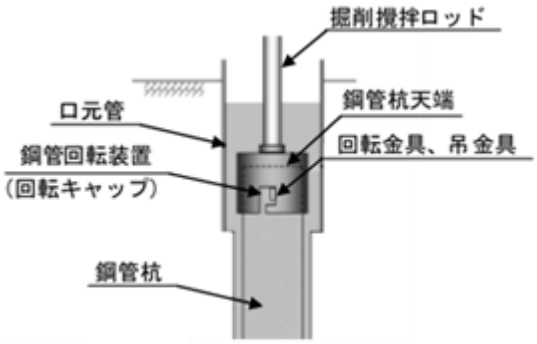


図 5.7.18　ヤットコ概要図

⑷　掘削攪拌ロッド・ヘッドの引抜き

ソイルセメント柱の造成が完了した後、掘削攪拌ロッド・ヘッドを引き抜き回収する。引抜く際には、先端地盤のボイリングや吸引現象を防止するため、セメントミルクを注入・攪拌しながら引抜く。その際の引抜き速度は 1.0m/分程度を標準とする。

同時沈設方式の場合には、掘削攪拌ロッドを引き上げることで鋼管を反力として掘削翼・攪拌翼を縮閉させた後、引抜く。

⑸　ヤットコ・口元管撤去

鋼管の自沈防止措置を講じ、自沈しないことを確認したうえで、ヤットコおよび口元管を引き抜き、撤去する。

⑹　排土、発生土の処理

鋼管ソイルセメント杭工法では、セメントミルク注入量に相当する排土が、セメント混じりの発生土となる。対象土に対するセメントミルク注入量は対象土により異なるが、空掘部で 20～30%程度、杭一般固化部で 40～60%程度、杭先端固化部で 150%程度である。発生土は、現場の埋戻し材等として再利用したり、産業廃棄物処分場へ運搬して適正処分したりする。

ⓒ2026JASPP

⑺　礫・玉石地盤および硬質地盤の施工性

鋼管ソイルセメント杭工法は、礫径が 100mm 程度以上の玉石が介在する場合や岩盤の場合、補助工法（先行掘削や先行もみほぐしなど）の検討が必要となる。岩盤については換算 N 値 300 以上の砂岩や換算 N 値 60～150 程度の泥岩での試験事例[5.7-3)]が参考となる。

5.7.3　施工管理

1.　一般

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理を参照。

2.　試験杭

5.3　試験杭を参照。

3.　施工管理項目

鋼管ソイルセメント杭工法における主要な施工プロセス管理項目を表 5.7.3(1)、(2)に示す。ただし、施工工程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。

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。

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。

ⓒ2026JASPP

表 5.7.3（1）　鋼管ソイルセメント杭工法の標準的な施工管理項目と管理基準（出典 5.7-⑲）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
杭材料	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
		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
	セメント	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
		数量	入荷伝票	
	ベントナイト	品質	製造会社の試験成績表	製造会社の基準
		数量	入荷伝票	
	硬化遅延剤	品質	製造会社の試験成績表	製造会社の基準
		数量	入荷伝票	
	セメントミルク	作成量	練上がりバッチ数, 流量計	計画値以上
		比重	マッドバランス	計画値±2%以内
ソイルセメント柱造成	口元管	位置	逃げ心からの距離又はトータルステーション等	杭心とのズレ 50mm 以内
	掘削・ 攪拌機 据付	掘削径	スケール等により掘削攪拌ビット径検測	設計径以上
		平面位置	掘削攪拌ロッド管位置を逃げ心又は口元管よりチェック	杭心とのズレ 50mm 以内
		深度計 0 セット	基準高さをあらかじめ設定し, 掘削攪拌ロッドのマーキングをレベルにて視準	合致していること
		鉛直性	杭打機傾斜計	1/100 以内
	空掘部 掘削・攪拌	平面位置	掘削攪拌ロッド管位置あるいは鋼管面を逃げ心又は口元管よりチェック	杭心とのズレ 50mm 以内
		鉛直性	杭打機傾斜計	1/100 以内
		セメントミルク配合	プラント計量器	所定配合
		注入量	施工管理装置	計画値以上
	一般部 掘削・攪拌	平面位置	掘削攪拌ロッド管位置あるいは鋼管面を逃げ心又は口元管よりチェック	杭心とのズレ 50mm 以内
		鉛直性	杭打機傾斜計	1/100 以内

＊本杭の施工管理を行ううえで特に重要な項目であり、相互の関係性を記録・評価する必要がある。

ⓒ2026JASPP

表 5.7.3 (2)　鋼管ソイルセメント杭工法の標準的な施工管理項目と管理基準（出典 5.7-⑳）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
ソイルセメント柱造成	一般部 掘削・攪拌	セメントミルク配合	プラント計量器	所定配合
		注入量	施工管理装置	計画値以上
		切替え深度（空掘部-一般部）	施工管理装置	所定深度
		速度	施工管理装置	1.0m/分以下
		ソイルセメント圧縮強度	採取器にてソイルセメントを採取，材齢 28 日で一軸圧縮試験（各 3 体）	3 体の平均値≧必要強度 個体値≧必要強度の 85%以上
	先端部 掘削・攪拌	平面位置	掘削攪拌ロッド管位置あるいは鋼管面を逃げ心又は口元管よりチェック	杭心とのズレ 50mm 以内
		鉛直性	杭打機傾斜計	1/100 以内
		セメントミルク配合	プラント計量器	所定配合
		注入量	施工管理装置	計画値以上
		切替え深度（一般部-先端部）	施工管理装置	所定深度
		下端深度	施工管理装置	支持層から所定深度
		速度	施工管理装置	0.25m/分程度
		セメントミルク圧縮強度	プラントよりセメントミルクを採取材令 28 日で一軸圧縮試験（3 体）	3 体の平均値≧必要強度 個体値≧必要強度の 85%以上
	支持層 確認	オーガ駆動電流値，積分電流値等	施工管理装置	試験杭で定めた管理指標
		深度	施工管理装置	支持層から所定根入れ長以上
	掘削・攪拌 ロッド引上げ	速度	施工管理装置	1.0m/分を標準
鋼管沈設	鋼管建込み	位置	鋼管面を逃げ心又は口元管よりチェック	杭心とのズレ 50mm 以内
		鉛直性	トランシット又は傾斜計	1/100 以内
		天端高さ	ヤットコのマーキングをレベルにて視準	±50mm 以内
	現場継ぎ溶接	溶接工の技量資格	3.13.1　現場円周溶接を参照	
		溶接環境（風・気温等）		
		継手条件（目違い・ルート間隔等）		
		溶接条件（電流・電圧・パス数等）		
		外部きず		
		内部きず		
	鋼管の保持	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
出来形		杭心の偏心量	測量	杭心とのズレ D/4 かつ 100mm 以内
		杭頭レベル	測量	±50mm 以内

ⓒ2026JASPP

4.　施工管理装置

鋼管ソイルセメント杭工法では、ソイルセメント柱造成時の主要な管理項目の計測値をデジタルデータとして取得し、パソコンやモニターなどに一元的に常時表示・記録できる施工管理装置を用いるものとする。対象とする施工管理・記録項目は表 5.7.4 の通りである。また、表 5.7.5 に掘削深度とオーガ駆動電流値、積分電流値のチャート記録例を示す。

表 5.7.4　施工管理装置による管理・記録項目（出典 5.7-㉑）

工程	管理・記録項目
ソイルセメント柱 造成工程	セメントミルク注入量 セメントミルク切換深度 掘削深度／掘削時間／掘削速度 オーガ駆動電流値／積分電流値

施工管理装置の利用に際しては、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。施工管理装置の例を写真 5.7.1 に示す。

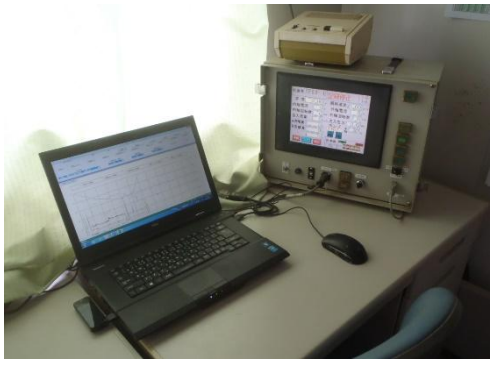
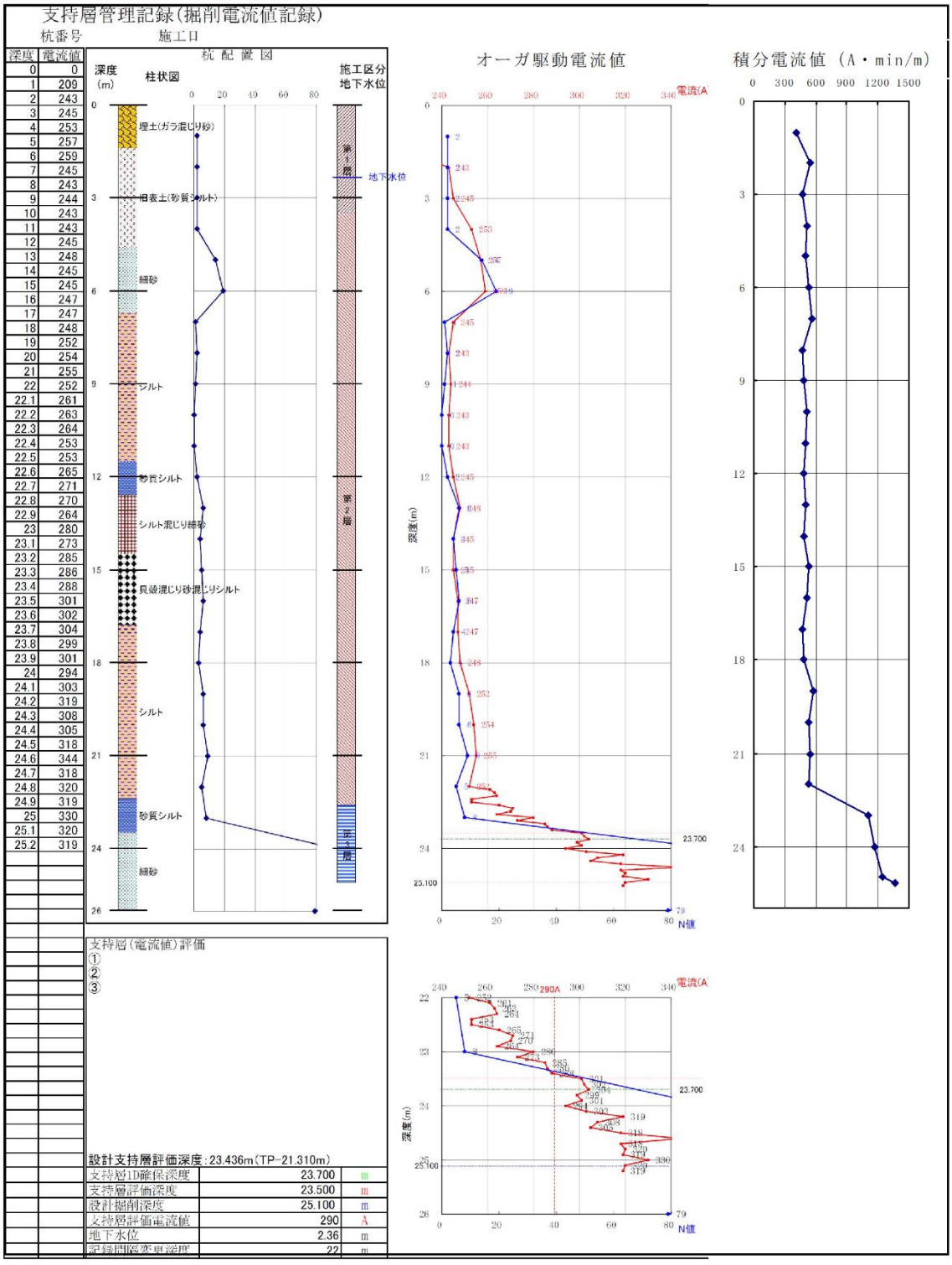


写真 5.7.1　施工管理装置の例（出典 5.7-㉒）

ⓒ2026JASPP

表 5.7.5　掘削深度とオーガ駆動電流値、積分電流値のチャート記録例（出典 5.7-㉓）

監督者（工事監理者）	元請技術者	杭工事管理者



ⓒ2026JASPP

5.　支持層の確認

基礎の設計は地盤調査に基づいて行われるが、実際の地盤の変化は予想を超えることが少なくない。そのため、支持層の確認には地盤調査結果だけでなく、近隣工事の施工実績や類似工事の施工記録など、可能な限り多くの判断材料を活用することが重要である。

鋼管ソイルセメント杭工法における支持層確認は、積分電流値が増加することを必要条件として、オーガ駆動電流値の変化状況（低速への切替え時の減少とその後の上昇やその後の相対的な高い値の持続）と地盤調査結果を照合することを基本とする。また、施工機械の揺れやオーガ駆動装置の音の変化なども判断材料に加えて極力多くの情報から支持層を確認するとよい。なお、支持層確認の詳細は、**「鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領」**を参考にするとよい。

支持層確認の事例として、他のボーリング結果から支持層の傾斜を想定して杭長が 1m 程度長く設計されたため、実地盤の支持層以深でセメントミルクの仕様が切り替えられたものを以下に示す。

土質柱状図と掘削速度、オーガ駆動電流値および積分電流値の施工記録例を図 5.7.19 に示す。

深度　0～11m 付近　：N 値の小さな埋土および沖積粘土を主体とした地層であるため、オーガ駆動電流値および積分電流値は比較的小さい。

深度 11～25m 付近　：N 値の増加に伴い、オーガ駆動電流値および積分電流値ともに若干増加する。

深度 25～28m 付近　：土質柱状図の地層境界（支持層）深度付近でオーガ駆動電流値および積分電流値が上昇している。深度 25.6m では杭先端固化部造成のために掘削速度を 0.25m/分に切り替えたことにより、電流値は相対的に値が小さくなり、積分電流値は相対的に値が大きくなっている。その後の最終深さまでの掘削過程において、オーガ駆動電流値および積分電流値ともに速度の切替え直後の値に対し同等以上の値で推移していることから、当該杭の先端は支持層に到達していると判断できる。

支持層相当深度での掘削施工時にオーガ駆動電流値および積分電流値が上昇する変化点が確認されること、変化後の積分電流値の値が 15A･h/m 程度を連続して超えることを確認することなどを本事例における管理指標とした。また、あわせて支持層掘削時のオーガ駆動音や機械振動なども参考とした。

ⓒ2026JASPP

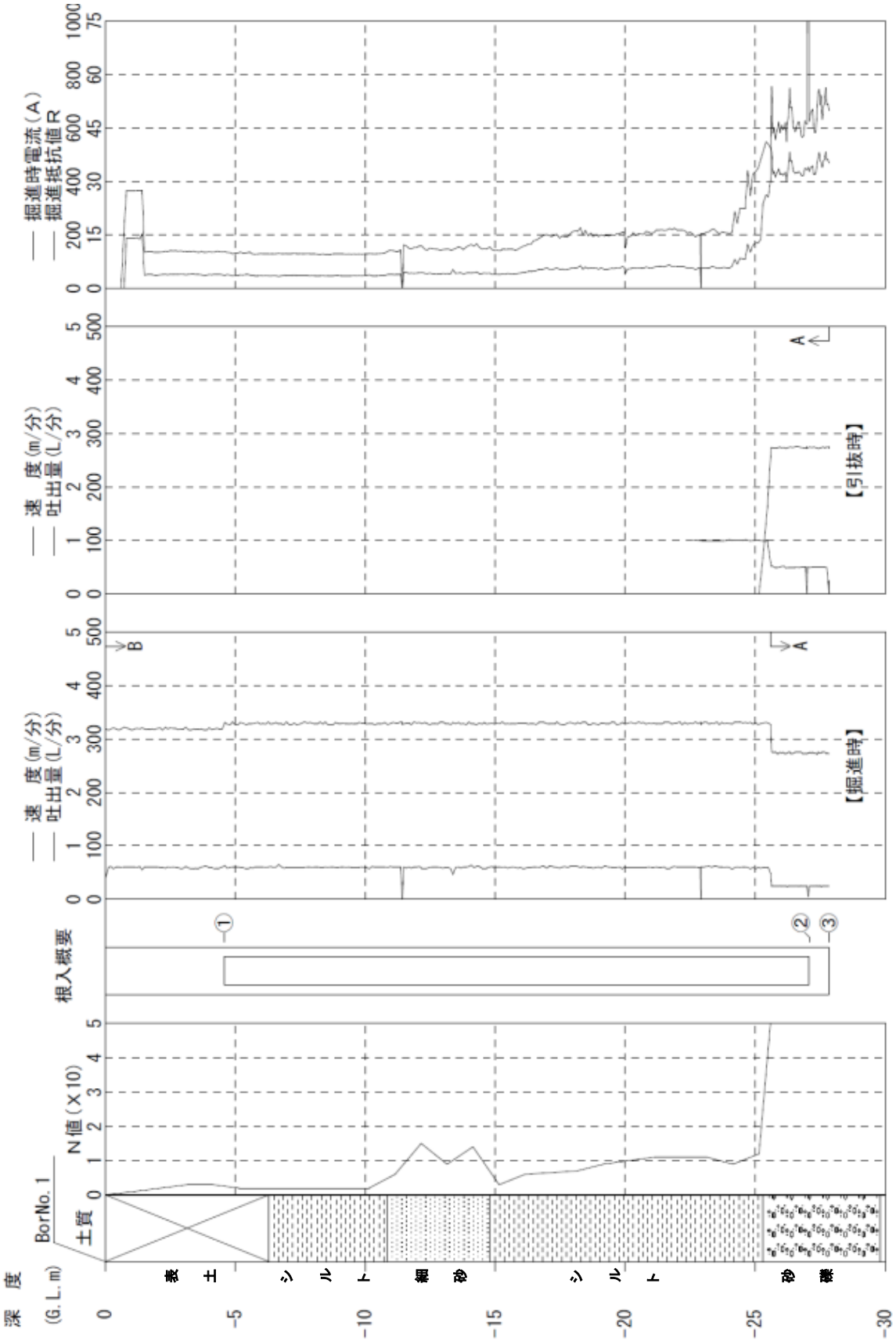


図 5.7.19　施工記録例（出典 5.7-㉔に追記）

ⓒ2026JASPP

6.　鋼管の保持

鋼管の沈設直後は、ソイルセメント柱の固化が不十分なため、所定深さより深く自重で沈下する可能性がある。このため、試験杭での確認結果に基づき、鋼管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。一般的な保持方法としては、鋼管と連結したヤットコに受け鉄板等の保持具を取り付ける方法や、図 5.7.20 に示すように鋼管の吊金具に鋼棒を取り付けて口元管に固定する方法が採用されている。鋼管の保持を解除する判断には、受け鉄板と口元管の間に鉄板を敷き、一定時間間隔で取り去り、鋼管が沈下しないことを確認する方法がある。保持時間は施工条件や状況によって異なり、試験杭で検討・決定したうえで本杭の施工に反映させる必要がある。ただし、本杭の施工時に使用する硬化遅延剤等を変更した場合は、再度保持時間の確認が必要である。

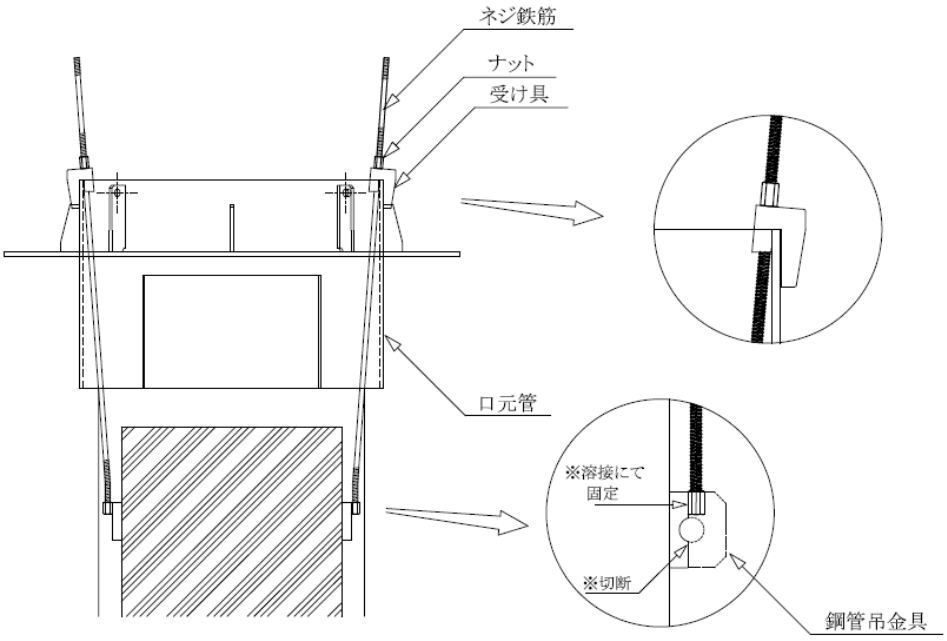


図 5.7.20　保持装置の例（出典 5.7-㉕）

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.7-1）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，2021年3月
5.7-2）日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.7-3）土木研究所 他：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，2019年4月

出典

5.7-① ソイルセメント合成鋼管杭工法技術協会：ハイエスシー（HYSC）杭工法 製品カタログ，p2
5.7-② 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p8 図-2.2，2021年3月
5.7-③ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p227 図-3.6.3，2022年1月
5.7-④ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p228 図-3.6.4，2022年1月
5.7-⑤ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p11 図-2.5，2021年3月
5.7-⑥ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p11 図-2.6，2021年3月
5.7-⑦ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p12 図-2.7，2021年3月
5.7-⑧ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p14 図-2.9，2021年3月
5.7-⑨ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p14 図-2.10，2021年3月
5.7-⑩ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p17 図-2.15，2021年3月
5.7-⑪ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p18 図-2.16，2021年3月
5.7-⑫ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p19 図-2.18，2021年3月
5.7-⑬ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p19 図-2.19，2021年3月
5.7-⑭ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p19 図-2.20，2021年3月
5.7-⑮ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p20 表-2.5，2017年3月
5.7-⑯ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p31 表-4.1，2021年3月
5.7-⑰ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p33 図-4.2，2021年3月
5.7-⑱ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p33 図-4.3，2021年3月

ⓒ2026JASPP

5.7-⑲ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p237 表-3.6.2(1)，2022年1月
5.7-⑳ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p238 表-3.6.2(2)，2022年1月
5.7-㉑ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領 [Edition 2.0]，p45 表-5.3，2021年3月
5.7-㉒ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領 [Edition 2.0]，p45 写真-5.1，2021年3月
5.7-㉓ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領 [Edition 2.0]，p58 書式例-4，2021年3月
5.7-㉔ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領 [Edition 2.0]，p78 図-D.1，2021年3月
5.7-㉕ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領 [Edition 2.0]，p11 図-2.11，2021年3月

　ⓒ2026JASPP

5.8　回転杭工法の施工および施工管理

5.8.1　一般

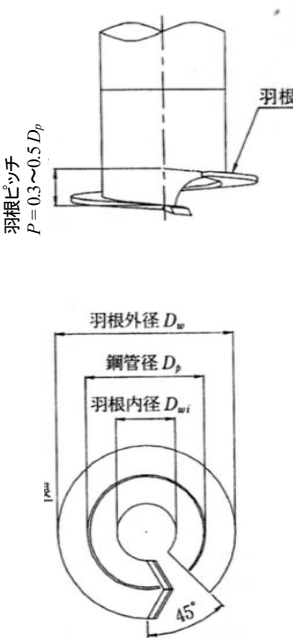
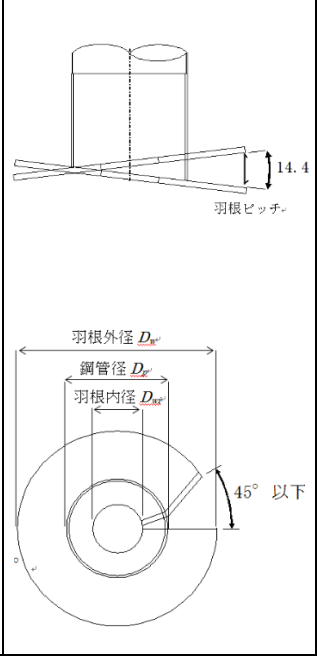
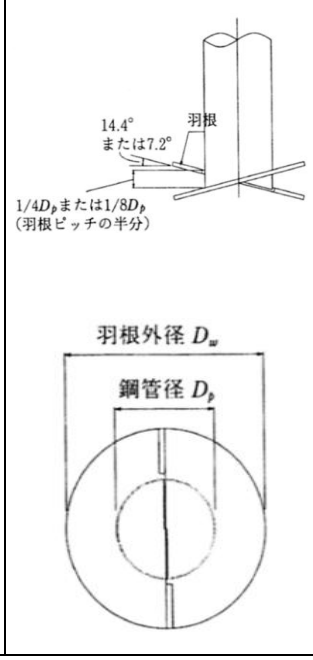
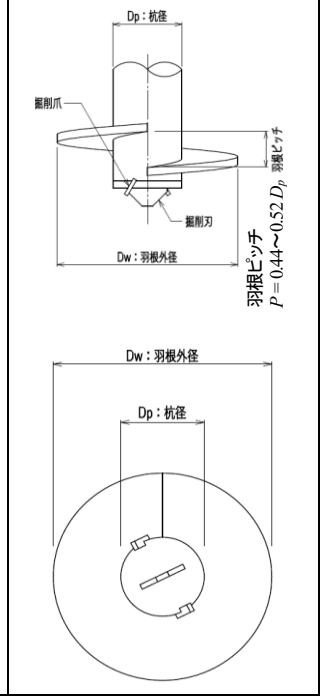
1.　概要

回転杭工法は、先端部に羽根を有する鋼管杭に回転力を付与して地盤に貫入させる工法である。代表的な先端羽根形状を表 5.8.1 に示す。先端の羽根は、施工時に回転による推進力を発生するだけでなく、拡底部材として同径の打込み杭より大きな先端押込み支持力とアンカー効果による大きな引抜抵抗力が得られる。また木ネジのように地盤に回転貫入させて沈設するため、掘削残土の排出がないことと、斜杭が比較的精度よく容易に施工することができることも特長である。以下に回転杭工法の特長をまとめる。

なお、回転杭工法の施工についての詳細は**「鋼管杭　－施工と施工管理－」**[5.8-1)] や**（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「回転杭工法　施工管理要領［Edition 2.0］」（令和 3 年）**[5.8-2)]（以下、**「回転杭工法　施工管理要領」**という）などを参考にするとよい。

- 杭径に比べて大きな羽根の拡底効果により大きな先端押込み支持力が得られる。
- 先端羽根のアンカー効果により大きな引抜抵抗力が得られる。
- 発生残土がない、汚泥が発生しない。
- 斜杭の施工が可能である。
- 低騒音、低振動での施工が可能である。
- 被圧地下水下での施工が可能である。
- セメントプラントなどの設備が必要なく、狭隘な施工スペースでの施工が可能である。
- セメントミルクなどを用いないため、地下水を汚染しない。

表 5.8.1　先端羽根形状（出典 5.8-①に加筆）

開端タイプ		閉端タイプ	
			

ⓒ2026JASPP

2.　施工手順

回転杭の施工は、杭の建込み、回転貫入、支持層への貫入と打止めの 3 つの主要工程から成り立つ。回転杭の標準的な施工フローを図 5.8.1 に示す。

回転杭工法の施工方法には、小型杭打機、3 点支持式杭打機を用いて杭頭部に回転力を付与する杭頭回転方式と、全周回転機を用いて杭胴体部に回転力を付与する胴体回転方式がある。図 5.8.2 および図 5.8.3 に施工手順を示す。



図 5.8.1　回転杭の標準施工フロー（出典 5.8-②）

ⓒ2026JASPP

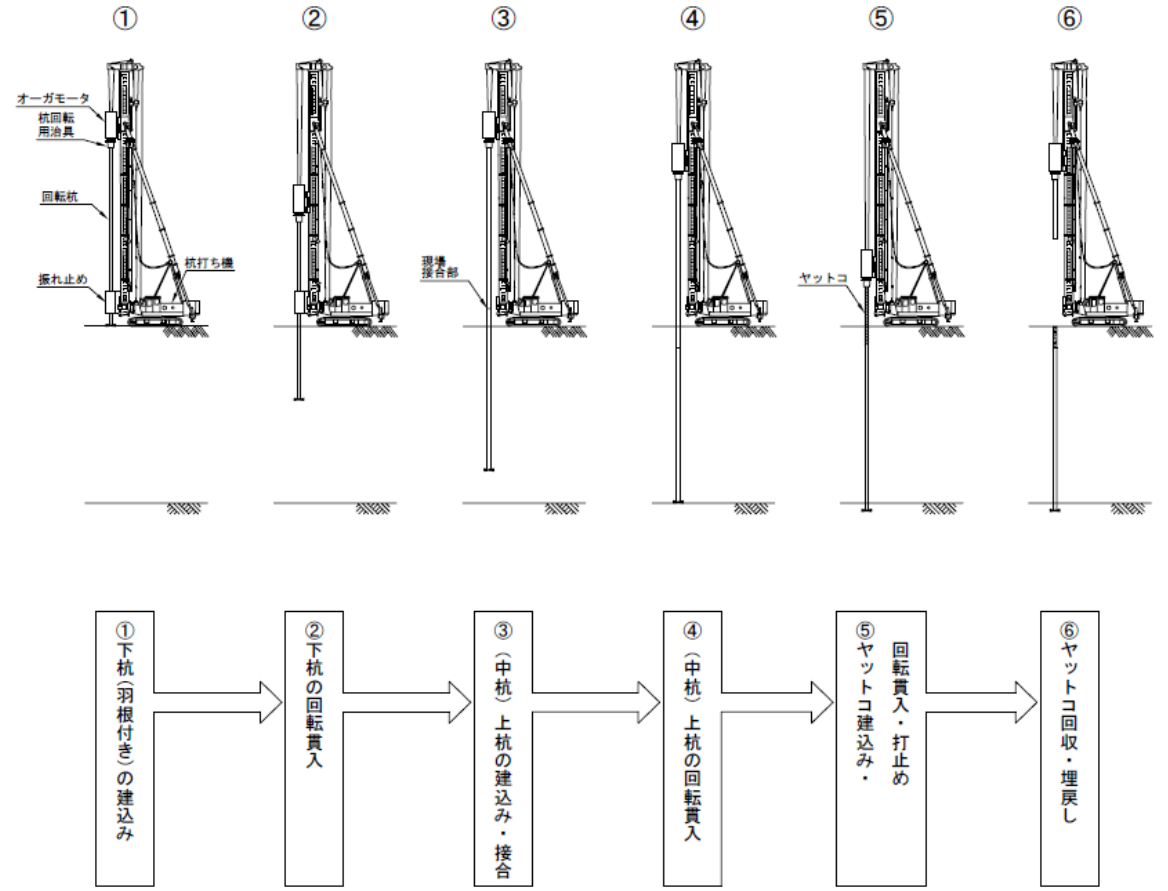


図 5.8.2　杭頭回転方式の施工手順例（出典 5.8-③）

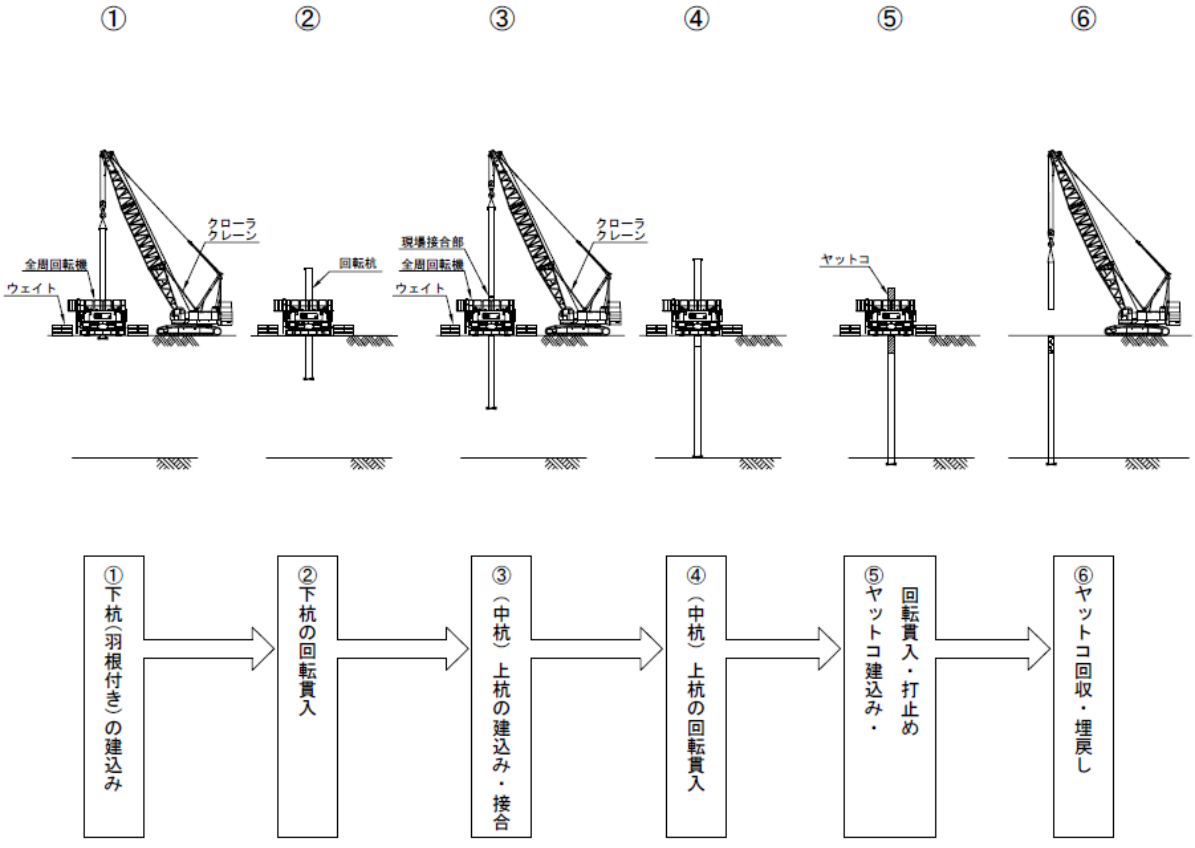


図 5.8.3　胴体回転方式の施工手順例（出典 5.8-④）

ⓒ2026JASPP

3.　施工機械

回転杭工法に使用する主要な施工機械は、回転貫入機（小型杭打機、3 点支持式杭打機、または全周回転機）、補助クレーン、施工管理装置である。図 5.8.4～図 5.8.6 に各施工機械･設備の配置例を示す。

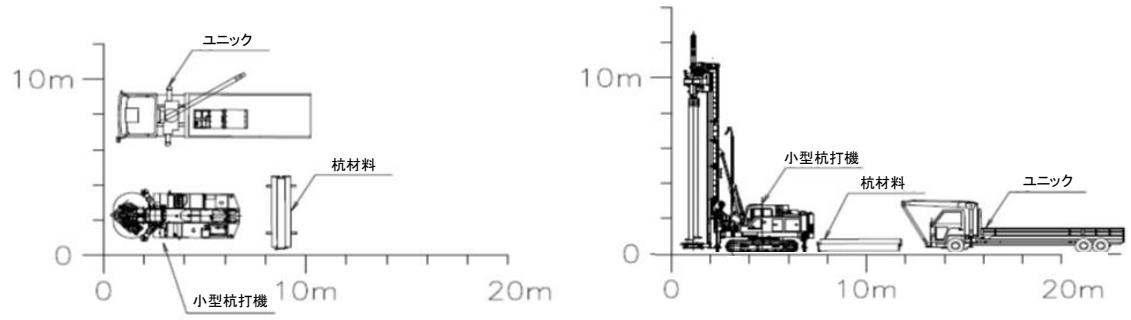


図 5.8.4　小型杭打機の配置例（出典 5.8-⑤）

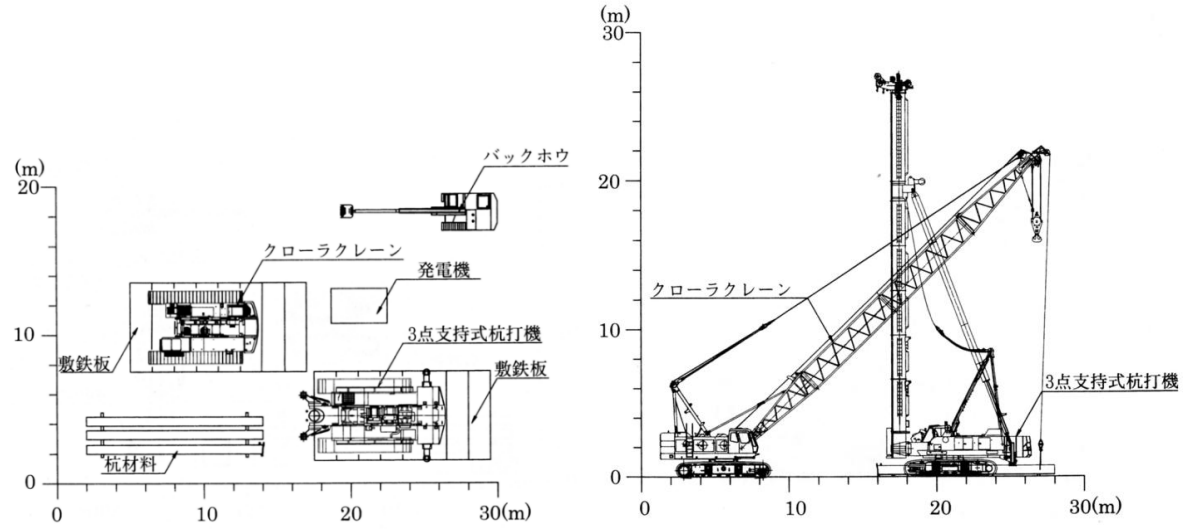


図 5.8.5　3 点支持式杭打機の配置例（出典 5.8-⑥）

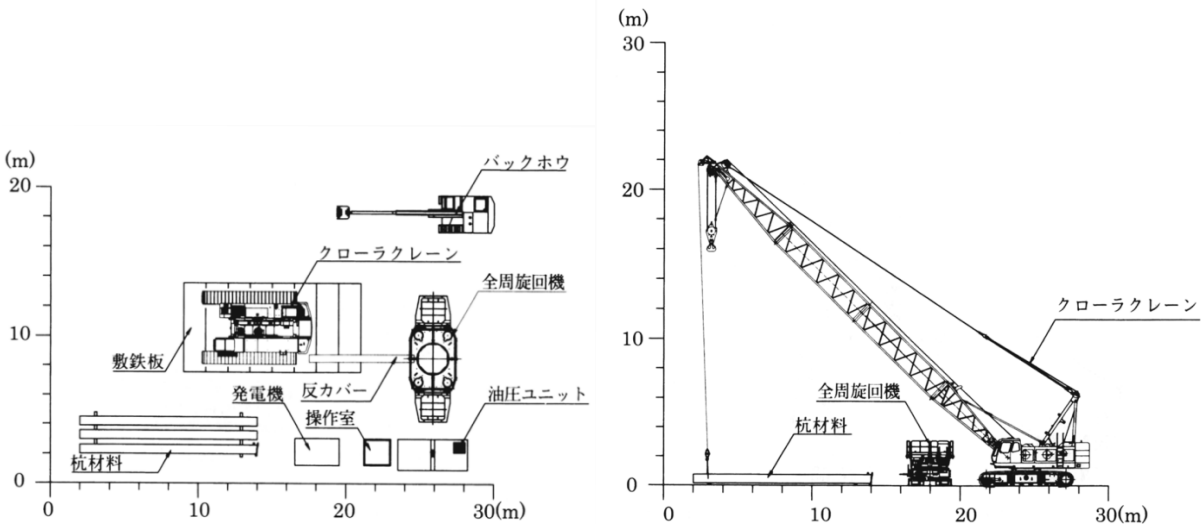


図 5.8.6　全周回転機の配置例（出典 5.8-⑦）

ⓒ2026JASPP

施工機械は、施工する杭径、深度、地盤条件、あるいは作業ヤードの広さなどの制約条件を考慮して、適切な機種を選定する必要がある。

施工機械の組立・分解、施工機械の移動・旋回、さらには回転杭の保管場所などを考慮すると、回転杭の施工には 400m² 程度以上の作業ヤードが必要となるのが一般的であるが、セメントプラントなどの設備が不要であるため、現場の制約条件に応じて臨機応変に機械を配置することが可能である。また小型杭打機を用いる場合は、50m² 程度以上の作業ヤードで対応できるため、他の工法に比べると狭小・狭隘地施工に適している。

杭径に応じた施工機械の選定目安を図 5.8.7 に、杭打機とオーガ駆動装置、補助クレーンの組合せの例を表 5.8.2 に示す。

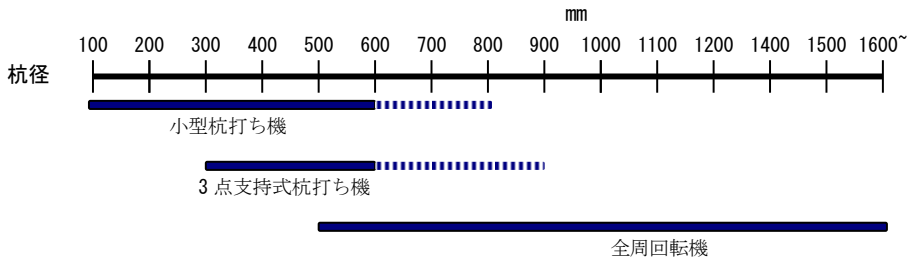


図 5.8.7　施工機械の選定の目安（出典 5.8-⑧）

表 5.8.2　杭打機、駆動装置、補助クレーンの組合せ例（出典 5.8-⑨に加筆・修正）

	杭打機の種類		
	小型杭打機	3 点支持式杭打機	全周回転機
杭打機	自走式 （杭径φ100～600mm 程度）	3.6～80t 吊り級 （杭径φ300～600mm 程度）	油圧式 （杭径φ500～1600mm 程度）
オーガ駆動装置	10～694kN･m （油圧式）	60～180kW 級 （電動式）	1,400～8,000kN･m （油圧式）
補助クレーン	2.9t 吊り級 （ｸﾚｰﾝ装置付きﾄﾗｯｸ）	25～80t 吊り級	65～200t 吊り級 4.9t 吊り級

4.　鋼管杭および付属品

⑴　鋼管杭本体

鋼管杭は JIS A 5525 **鋼管ぐい**の SKK400 または SKK490 を標準としているが、施工時の回転トルクに対する安全性および経済性などの観点から SKK490 が多用される。

これに加え、建築分野では建築基準法第 37 条に基づき指定建築材料と指定されている JIS G 3444 **一般構造用炭素鋼鋼管**の STK400 または STK490 等の JIS 規格品や、国土交通大臣の認定を取得したより高強度の材料が適用可能な場合がある。また、土木分野においても、建設技術審査証明等によって前記 JIS 規格品を適用可能としているものがある。詳細については各工法の認定内容を参考にするのがよい。

回転杭では施工時に発生する回転トルクに対して杭体の健全性を守るため、杭体のねじり降伏トルクに対して余裕を持たせた値やその他の条件を考慮して定める施工制限トルクも参考に材質・板厚などを選定する。杭体のねじり降伏トルクの計算方法は、**「杭基礎施工便覧」**[5.8-3)] や **「回転杭工法 施工管理要領」**などを参考にするとよい。なお、杭径に対して鋼管の板厚が薄い場合には、ねじり座屈の発生により上記計算方

ⓒ2026JASPP

法により算定する杭体のねじり降伏トルクよりも小さな値で破損する可能性があることから、板厚は t_{pn}/D_p ≧1.3%を一つの目安として、各工法の施工マニュアルや施工実績などを参考に適切な仕様を設定する。ここに、t_{pn}：杭の一般部の板厚、D_p：杭径とする。

⑵　先端羽根

先端羽根は施工時において鋼管杭の回転により貫入推進力を発生させる施工部材として、また供用時においては荷重を支持する構造部材として機能する重要な部位である。羽根および羽根が取り付けられている先端部の鋼管の詳細な仕様は、押込み支持力や引抜抵抗力、施工時の回転トルクに耐えられるよう工法ごとに設定されている。

先端部の鋼管および羽根の仕様は、工法ごとおよび分野ごとに異なっており、各工法の規定に従う必要がある。なお、**「道路橋示方書・同解説 下部構造編」**[5.8-4)] では、杭先端の極限支持力度の推定式を適用できる条件として、羽根外径が杭径の 1.5 倍または 2.0 倍、先端が閉端タイプまたは羽根内径/杭径比が 1/2 以下の開口タイプ、羽根外周の切欠き長さの合計が全周の 1/8 以下とされている。

⑶　回転金具

回転金具は施工機械からの回転力を杭体に伝達させる施工用の部材である。

杭頭回転方式の場合、回転金具を鋼管の頭部付近の外面（内面の場合もある）に 2～4 個取り付ける。胴体回転方式の場合は基本的には不要であるが、ヤットコを用いる場合は上杭の鋼管の頭部付近の内面に 2 個取り付ける。回転金具の例を写真 5.8.1、写真 5.8.2 に示す。



写真 5.8.1　回転金具の例（杭頭回転方式）
（出典 5.8-⑩）



写真 5.8.2　回転金具の例（胴体回転方式）
（出典 5.8-⑪）

5.8.2　施工法

1.　回転杭の建込み

回転杭の建込みは、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。

3 点支持式杭打機、小型杭打機の場合、杭は杭打機またはクレーンにより吊込み、回転金具と回転キャップを接続する。

全周回転機の場合、杭はクレーンにより杭を把持するスパイラルカラーの螺旋状の溝を通して建込むか、杭を建て込んだ後にミニクレーンなどでケーシングライナーを取り付ける。ケーシングライナーを取り付ける際には作業者が杭との間に挟まれないよう安全に留意する。

鋼管杭は所定の杭心位置に正確に設置し、3 点支持式杭打機、小型杭打機を用いる場合には、あらかじめ杭心から一定距離に設置しておいた 2 ヶ所の逃げ心（鉄筋棒など）の位置から鋼管外周までの距離をスケ

ⓒ2026JASPP

ール・定尺棒などで確認しながら、杭中心と杭心が一致するように施工機械を移動させる（5.6　中掘り杭工法の施工と施工管理参照）。全周回転機の場合には、鋼管杭を吊り込む前にベース鉄板の開口部の中心を出すために直行する 2 方向に水糸等を張り、水糸の交点と杭心が一致するようにベース鉄板を設置し、ベース鉄板のストッパーに合わせて全周回転機をクレーンでセットする。施工中の杭の建込み精度は、トランシット、下げ振り、水準器または傾斜計などにより直角 2 方向から確認する。写真 5.8.3 に回転キャップ、写真 5.8.4 にベース鉄板、写真 5.8.5 にスパイラルカラー、写真 5.8.6 にケーシングライナーを示す。



写真 5.8.3　回転キャップ（出典 5.8-⑫）

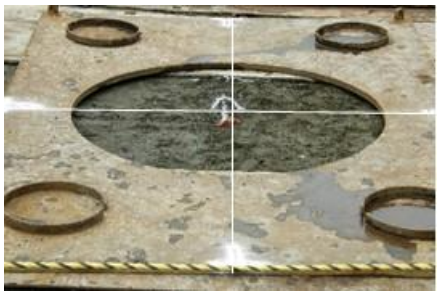


写真 5.8.4　ベース鉄板（出典 5.8-⑬）



写真 5.8.5　スパイラルカラー（出典 5.8-⑭）



写真 5.8.6　ケーシングライナー（出典 5.8-⑮）

2.　回転貫入

回転貫入開始時は、杭の偏心量と鉛直精度に十分注意しながら、ゆっくり回転貫入させる。貫入時には、回転トルク（回転抵抗値）、貫入量などの施工状況を常に確認しながら施工を行う。

回転貫入作業は以下の事項に留意する。

⑴　回転貫入

回転トルク（回転抵抗値）を連続的に測定し、その変化状況と地盤の土質および N 値とを対比しながら貫入する。回転貫入開始直後から 5m 程度貫入するまでは、地盤による側方の拘束が小さく杭心ずれや杭の傾斜が生じやすいので、細心の注意を払って杭心や鉛直性の調整作業を行う。3 点支持式杭打機、小型杭打機の場合には下杭施工中は杭を振れ止め装置で拘束した状態で施工する。

継ぎ杭の場合には、下杭の施工終了後に中杭または上杭を建込み、鋼管の接合を行った後、同様に回転貫入を行う。

⑵　回転トルク

ⓒ2026JASPP

回転杭工法は、先端部に羽根を有する鋼管杭に回転力（トルク）を付与して施工するため、過度な回転力（捻じりトルク）の付与により、杭体が破損することがある。杭体を健全に保つと同時に、所定の深度まで確実に施工するため、施工要領書（施工計画書）作成時に施工制限トルクを設定する。

施工制限トルクは、杭を打ち抜く層厚や土質性状，使用する施工機械の速度の切り替えモード（高速，低速）等を総合的に検討し、杭体のねじり降伏トルクに対して余裕を持たせた値やその他の条件を考慮して設定する。杭体から決まるねじり降伏トルク T_y の計算方法は以下の通りである。

$$T_y = \tau_y \cdot Z_p \quad \cdots\cdots \text{式 (5.8.1)}$$

ここに、

T_y ：ねじり降伏トルク（kN･m）

Z_p ：杭の極断面係数（m³）

$$Z_p = \frac{I_p}{D_p/2} = \frac{\pi\left\{D_p^4-(D_p-2t_{pn})^4\right\}}{16D_p}$$

I_p ：杭の断面二次極モーメント（m⁴）

$$I_p = \frac{\pi\left\{D_p^4-(D_p-2t_{pn})^4\right\}}{32}$$

D_p ：杭径（m）

t_{pn} ：杭の一般部の板厚（m）

τ_y ：杭本体降伏せん断応力度（kN/m²）

⑶　押込み力の付加

先端羽根による推進力が十分に得られず貫入量が減少する（1 回転あたりの貫入量が羽根ピッチに比べて極端に小さい）場合には、押込み装置により杭体に押込み力を付加して回転貫入を補助する。過度な押込み力は、杭の鉛直精度や偏心量に悪影響を及ぼし、品質が確保できなくなることもあるので注意する。

硬質粘性土層や地層（または地盤の硬さ）の変わる境界付近では、羽根の推進力が不足して滑りが発生し貫入速度が著しく低下することがある。一度そのような状況が発生すると解消するまでに時間がかかるので、適切な押込み力の付加によりスムーズに貫入するように施工する。

⑷　ヤットコ施工

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理に準拠する。

3.　杭の施工性・貫入性

回転杭工法の先端部の羽根は、供用時の荷重を支持する構造部材として機能するほか、施工時には自ら貫入推進力を発生する施工部材であるため、施工時に杭体を損傷しない施工が肝要である。また、供用時には設計を満足するため、施工時に地盤を過度に乱すことのない施工を心掛けることが必要である。

⑴　中間層の打抜き

回転杭工法の場合、大きな玉石などの地中障害物が存在する場合や中間層が非常に硬い場合・厚い場合などは補助工法を用いることを検討する。補助工法としては、スパイラルオーガによるもみほぐし処理や、全周回転機によるケーシングとハンマグラブによる掘削、障害除去・置換などがあげられる。この他、開端タイプの場合には鋼管内で締め固まった土をハンマグラブやスパイラルオーガなどによって取り除く方法があげられる。

ⓒ2026JASPP

⑵　支持層への貫入性

1)　砂層

地盤からの推進力を最も安定して得られやすいのが砂層で、換算 N 値 100 程度以下であれば施工可能な場合が多い。貫入性はよい一方、施工トルクが上昇しやすく杭体の施工制限トルクや機械能力を超える回転トルク（回転抵抗値）が必要となる場合があるため注意が必要である。そのような場合には、杭を逆回転で多少引き上げて再度正回転で貫入するなど、施工時に発生するトルクを抑えながら徐々に回転するとよい。また、砂層では根入れ長が厚くなるにつれて施工困難へ至りやすく、長時間にわたる回転貫入に伴って杭材が損傷したり、支持層を乱したりするおそれが高まる。このような場合には、無理に根入れを継続するのではなく、地盤調査や試験杭で得られた成果などを参考に打ち止めることとなるが、特に所定根入れ長が不足する場合や、設計時に想定された周面抵抗が得られない場合などは、設計条件に対する検証が別途必要となるため、元請技術者等と十分協議を行う必要がある。

2)　礫層

杭径や礫の密度などによっても影響度合いは異なるが、主に開端タイプの場合には最大礫径が杭径の 1/4～1/2 程度かつ 300mm 以下程度までの礫に対しては施工可能な場合が多い。一方、閉端タイプの場合には、より小さな粒径でも障害となる場合があるため、開端・閉端共に各工法の第三者審査機関の認定（評定）や施工実績などを基に計画すると良い。

3)　粘性土層

回転杭工法は、先端部の拡幅した羽根で地盤に貫入させるため、比較的軟弱な粘性土に対しては推進方向に押し込む力はそれほど生じないため施工可能な場合が多い。ただし、閉端タイプの場合には地盤による先端抵抗の影響が大きく、貫入を阻害してしまう場合などもあるため、各工法の施工実績などを基に計画すると良い。また、硬質粘性土層や層内へレンズ状に狭在する粘性土層では、羽根の推進力が不足して空転状態へ至り、貫入性が著しく低下するなど顕著に施工性が悪化する場合もあり注意が必要である。なお、回転杭工法における支持層の主な適用土質は、砂質土層、礫質土層であり、支持層として粘性土へ適用可能な工法は限られるため、施工面のみならず設計支持力などについても、適用分野ごとに各工法が取得した第三者審査機関の認定（評定）に基づき適用範囲や設計条件など十分な検討が必要である。

4)　岩盤・岩石

岩盤を支持層とする場合の杭基礎については、岩盤の特性把握や杭工法に応じた支持機構の検証等が必要である。回転杭に関しては、過去に岩盤を支持層とする地盤での採用例も存在するが、載荷試験数や施工試験などに基づく施工・施工管理手法の検証が十分とはいえないため、適用に際しては検討が必要である。岩盤を支持層とする場合の施工については、**「回転杭工法 施工管理要領」**なども参考にするとよい。

ⓒ2026JASPP

4.　斜杭の施工

斜杭は、**「道路橋示方書・同解説　下部構造編」**では 10 度程度までとするのがよいとされ、また（**公財**）**鉄道総合技術研究所「鉄道構造物等設計標準・同解説【基礎構造物】」（平成 24 年）**[5.8-5)]でも 10 度以下での使用を基本とするとされており、施工実績も上記要件内が多い。斜杭の施工状況を写真 5.8.7 に示す。

なお、斜杭の施工についての詳細は**「回転杭工法　施工管理要領」**などを参考にするとよい。





写真 5.8.7　斜杭の施工状況（出典 5.8-⑯）

5.8.3　施工管理

1.　一般

5.6　中掘り杭工法の施工と施工管理を参照。

2.　試験杭

5.3　試験杭を参照。

3.　施工管理項目

各施工管理項目の管理方法および標準的な管理基準の例を表 5.8.3 に示す。施工工程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、数値など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またはビデオなどでの実施記録も活用するのがよい。

ⓒ2026JASPP

表 5.8.3　標準的な施工管理項目と管理基準（例）（出典 5.8-⑰）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
杭材料	鋼管・先端羽根	規格・材質等	鋼管表示の確認	JIS A 5525，JIS G 3444 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，JIS G 3444 設計図書による
施工機据付	施工機	平面位置	杭心と据付心のずれをスケールで計測	±10mm 以内
		鉛直性	角度計等（機械付帯等）	1/100 以内
杭回転貫入	杭建込み	鉛直性	トランシット，水平器等で 2 方向から確認	1/100 以内
	貫入状況	偏心量	逃げ心から定尺棒でチェック	D_p*/4 以内かつ 100mm 以内
		杭の傾斜	トランシット，水平器，傾斜計	1/100 以内
		回転トルク	施工管理装置	施工制限トルク値以内
		貫入状況	貫入量と羽根ピッチを確認 モーター運転音や周辺地盤に異常値や異常現象がないこと	1 回転あたりの貫入量が羽根ピッチを大幅に超えていないことなど
	支持層確認	回転トルク，貫入量	回転トルク等の管理指標	試験杭で定めた管理指標
		深度	施工管理計	支持層から所定根入れ長以上（設計に従う）
	現場縦継ぎ溶接	溶接工の技量資格	5.13.1　現場円周溶接を参照	
		溶接環境（風・気温等）		
		継手条件（目違い・ルート間隔等）		
		溶接条件（電流・電圧・パス数等）		
		外部きず		
		内部きず		
出来形		偏心量	トランシットによる測量等（ヤットコセット前）	D_p*/4 以内かつ 100mm 以内
		天端高さ	ヤットコにマーキングし、レベル測量器等による測量	±50mm**以内

*D_p：杭径

**支持層の不陸等により高止まり、低止まりとする場合は、元請技術者らと協議し設計的な確認が必要である。

4.　施工管理装置

施工管理装置は、回転杭貫入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。主要な管理項目としては、施工深度、回転トルク（回転抵抗値）、杭1回転当たりの貫入量であり、これらの他に回転杭の施工法や管理目的に応じて、施工時間、付加する押込み力、単位時間当たりの貫入量等も表示・記録の対象とするのが良い。写真5.8.8に施工管理装置のモニター写真の例を、写真5.8.9に小型杭打機モニター写真の例を示す。

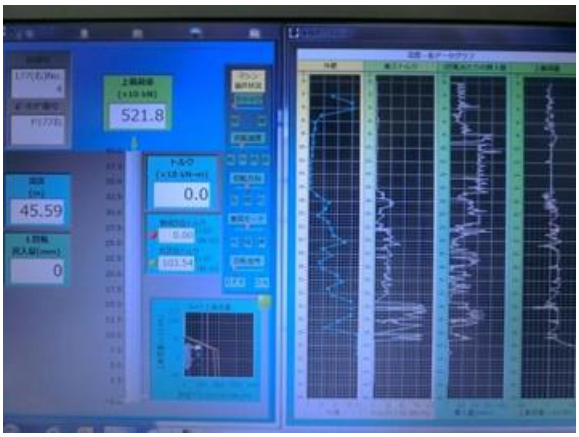


写真5.8.8　施工管理装置のモニター写真の例
（出典5.8-⑱）

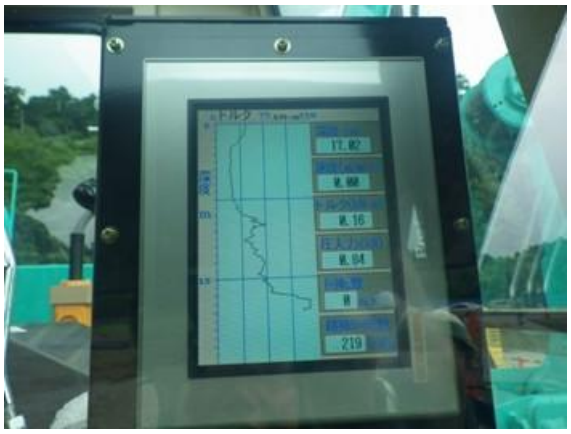


写真5.8.9　小型杭打機モニター写真の例
（出典5.8-⑲）

5.　支持層の確認と打止め

回転杭では、回転速度がスパイラルオーガによる掘削に比べて遅く、また羽根が杭先端のみであり先端地盤の硬軟が回転トルク（回転抵抗値）に反映されることから、一般的には施工時の回転トルク（回転抵抗値）が土質柱状図の N 値（あるいは換算 N 値）と高い相関を示す傾向にある。ただし、その相関性は現場毎の地盤や杭の施工条件（施工機械能力や杭体耐力から決まる回転トルク（回転抵抗値）の上限、回転速度、押込み力等）によって異なるため、本杭の支持層への確実な根入れのために試験杭で回転トルク（回転抵抗値）と N 値の関係を把握し、当該現場における支持層の確認方法を設定する。試験杭における支持層の確認例を（例 1）、（例 2）、（例 3）に示す。

ⓒ2026JASPP

（例 1）　試験杭における支持層の確認例　　NS エコパイルの例（φ1200、1.5 倍径）

土質柱状図と回転トルク（回転抵抗値）、1回転あたりの貫入量、押込み力の施工記録例を図5.8.8に示し、回転貫入状況と管理指標の設定について以下に示す。

深度 0～14m 付近　　：沖積粘土を主体とした地層であるため、回転トルクは比較的小さい。1回転あたりの貫入量はほぼ羽根ピッチ（360mm）である。

深度 14～27.4m 付近　：洪積粘土を主体とした地層で上層より N 値が高くなっている。回転トルクは上昇するものの、1回転あたりの貫入量はほぼ羽根ピッチである。

深度 27.4m 以深　　：深度27.4m 付近において急激に回転トルクが上昇したことから、打止めの対象である堅固な層へ鋼管杭の先端が到達したことが確認される。なお洪積細砂土においても1回転あたりの貫入量はほぼ羽根ピッチであり、特殊な施工状況とはなっていない。また支持層貫入後には1000kN･m 超の回転トルクが発生し、所定深度を貫入して打ち止めた。

本杭の施工では、これらの挙動を管理指標として支持層の確認を行った。

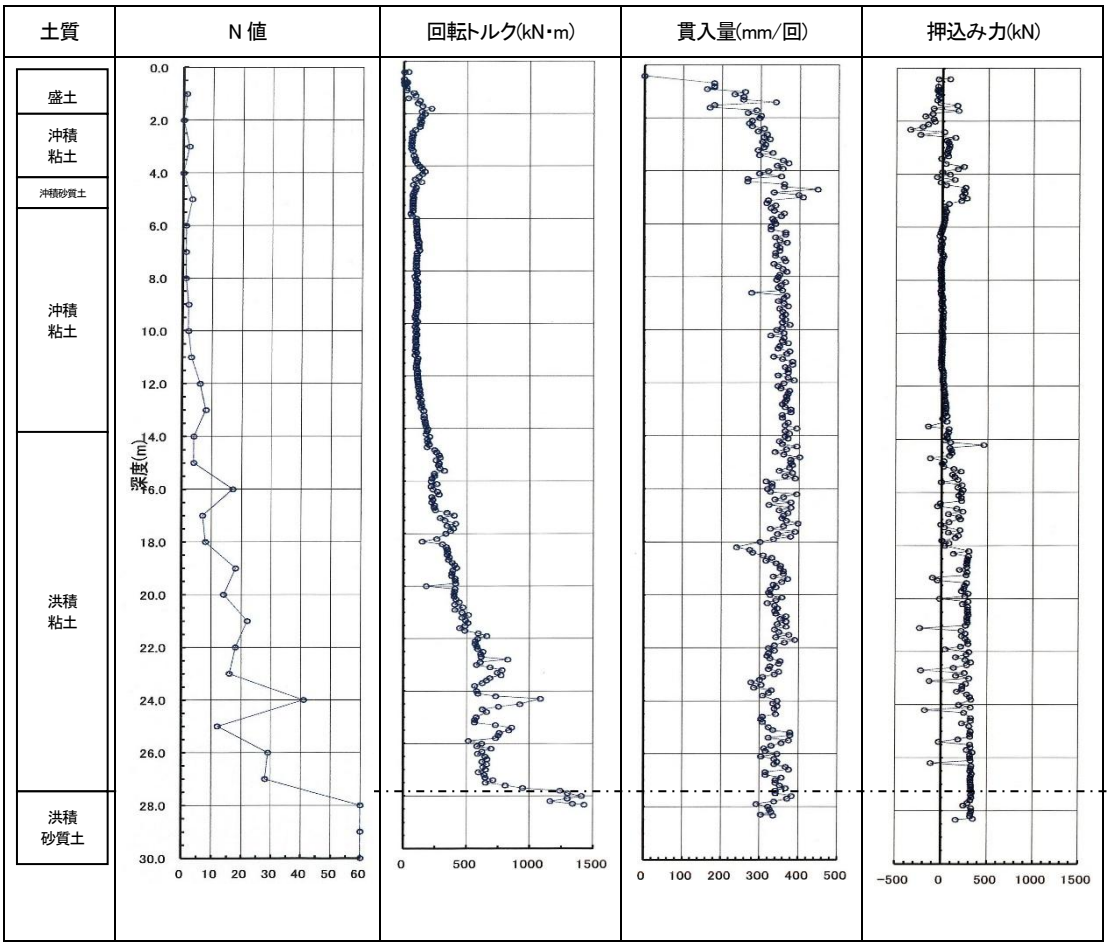


図 5.8.8　施工記録例①（出典 5.8-⑳）

（例 2）試験杭における支持層の確認例　　つばさ杭の例（φ1000、1.5 倍径）

土質柱状図と回転トルク（回転抵抗値）、 回転トルク（回転抵抗値）を1回転あたりの貫入量で除した値(つばさ杭において「硬さ指標」と呼称)の施工記録例を図5.8.9に示し、回転貫入状況の特徴と管理指標値の設定例を以下に記す。

深度 0～10m 区間　：粘土層を主とした地層であるため、回転トルクは比較的小さい。

深度10～20m 区間　：砂層が中心の地層となり、N 値の増加とともに回転トルクも上昇している。1回転あたりの貫入量が小さくなっていることから、硬さ指標が大きくなっている。

深度20～35m 区間　：シルト層が中心の地層であるため、回転トルクが再度小さくなっている。

深度35～40m 区間　：36m の N 値30の細砂層からは、回転トルクが上昇し、硬さ指標も大きな値となっている。

深度40～45.2m 区間：支持層手前からは、測定ピッチを増やして計測を行っている。43m の粘土層では硬さ指標が一旦降下するものの、土質柱状図の支持層上端深度である43.5m で硬さ指標が明確に上昇している。43.5m 以深からは回転トルクが上昇するとともに硬さ指標が定常的に250kN･m/cm 程度以上発生しており、ボーリング調査結果との対比からも、支持層に到達していることが確認できる。

この試験杭はボーリング調査位置直近で実施しており、施工データからも土質柱状図と杭施工位置の支持層に大きな相違はないものと推定される。

よって本杭の施工では、43.5m 点での値を読み取った190kN･m/cm を支持層上端判断の指標値とするとともに、支持層に貫入されてからは試験杭と同様の傾向を示すこと、すなわち支持層上端よりも回転トルクが上昇することや硬さ指標が定常的に250kN･m/cm 程度以上発生することを確認したうえで、硬さ指標が190kN･m/cm 以上発生する点を支持層上端として杭径程度以上根入れさせて打止め管理をするものとした。

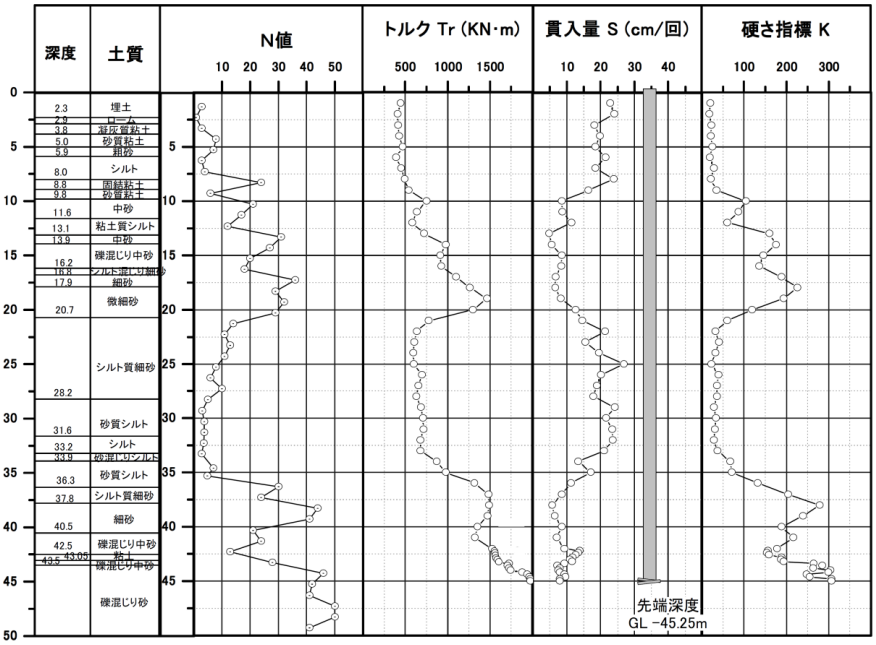


図 5.8.9　施工記録例②（出典 5.8-㉑）

（例 3）試験杭における支持層の確認例　　スクリューパイル EAZET の例（φ267.4、2.5 倍径）

土質柱状図と回転トルク（回転抵抗値）、1回転あたりの貫入量の施工記録例を図5. 8. 10に示し、回転貫入状況の特徴と管理指標の設定例を以下に示す。

深度 0～11m 付近　：N 値の小さい粘性土層で、回転トルクは小さく1回転あたりの貫入量はほぼ羽根ピッチ（150mm）である。

深度11～17m 付近　：シルト混じりの砂層で N 値の増加とともに回転トルクも徐々に上昇する。1回転あたりの貫入量は少しずつ減少し地盤が硬くなっていることがわかる。

深度17～18m 付近　：有機物が混入する地層で、回転トルクの低下とともに1回転あたりの貫入量も増加し砂層からの変化を示している。深度17.5m 付近では、回転トルクが低下しているにも関わらず1回転あたりの貫入量がやや減少し施工時間を少し要していたことから、固結シルト層で少し空転気味に貫入している。

深度18～19m 付近　：深度18m 付近で回転トルクの急激な上昇、1回転あたりの貫入量の変化を確認し、この深度が打止め対象である柱状図のシルト混じり砂層のほぼ一致することから支持層に到達したと判断する。その後は支持層到達時と同様な傾向が打止め深度まで継続されたことから確実な根入れができたことが確認できる。

本杭では、試験杭の結果と同様、深度18m 付近での回転トルクの上昇を確認するとともに、1回転あたりの貫入量の変化も併せて総合的に判断することとし、支持層到達以降の回転トルクが安定的に170～200kN･m 発現することを確認することとした。

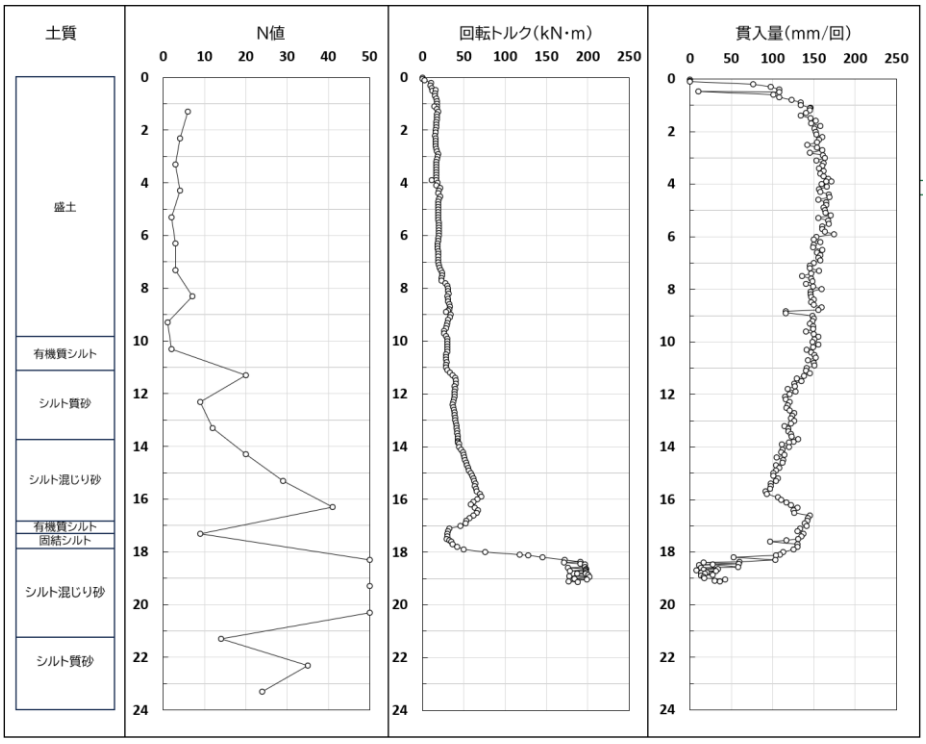


図 5. 8. 10　施工記録例③

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.8-1) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），2022年1月
5.8-2) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，2021年3月
5.8-3) 日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.8-4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成29年度改訂），2017年11月
5.8-5) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説【基礎構造物】（平成24年1月），2012年1月

出典

5.8-① 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p246 表-3.7.1，2022年1月
5.8-② 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p247 図-3.7.1，2022年1月
5.8-③ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p8 図-2.2，2021年3月
5.8-④ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p8 図-2.3，2021年3月
5.8-⑤ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p10 図-2.6，2021年3月
5.8-⑥ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p10 図-2.5，2021年3月
5.8-⑦ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p11 図-2.7，2021年3月
5.8-⑧ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p9 図-2.4，2021年3月
5.8-⑨ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p251 表-3.7.3，2022年1月
5.8-⑩ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p15 写真-2.1，2021年3月
5.8-⑪ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p15 写真-2.2，2021年3月
5.8-⑫ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p24 写真-4.1，2021年3月
5.8-⑬ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p24 写真-4.2，2021年3月
5.8-⑭ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p24 写真-4.3，2021年3月
5.8-⑮ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p24 写真-4.4，2021年3月
5.8-⑯ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p27 写真-4.7，2021年3月
5.8-⑰ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p257 表-3.7.4，2022年1月
5.8-⑱ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p50 写真-5.1，2021年3月
5.8-⑲ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p50 写真-5.2，2021年3月
5.8-⑳ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p65 図-E.1，2021年3月
5.8-㉑ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p66 図-E.2，2021年3月

ⓒ2026JASPP

5.9　打撃工法の施工および施工管理

5.9.1　一般

1.　概要

打撃工法は、油圧ハンマやドロップハンマなどにより鋼管杭の杭頭部を打撃して所定深度まで打ち込む工法である。現在のハンマは、油圧ハンマが主流となっている。杭打機のベースマシンは、3 点支持式杭打機を使用する場合が多いが、クローラクレーンを使用してハンマを吊り下げた状態で打込みを行うフライングハンマ方式による施工も増えてきている。

打撃工法は他の工法と比較して一般的には施工速度が速く経済的であること、杭の貫入量やリバウンド量等から支持層への貫入や先端の地盤抵抗が確認できること、施工時に土を排出しないこと等の利点を持つが、騒音・振動の発生が容易には避けられないため、採用にあたっては近隣地域の環境条件に十分配慮する必要がある。

2.　施工手順

打撃工法による施工はシンプルであり、鋼管の建込み、ハンマによる打撃、支持層到達の確認と打止めの 3 つの主要工程から成り立つ。継杭の場合は現場接合工程が、鋼管の天端を施工基面より低い位置まで打ち下げる場合はヤットコ施工工程がこれらに追加となる。図 5.9.1 に打撃工法の標準的な施工フローを示す。

ⓒ2026JASPP



図 5.9.1　打撃工法の一般的な施工フロー（出典 5.9-①）

3.　施工機械

打撃工法に使用する主要な施工機械・機器は、3 点支持式杭打機、クレーン、ハンマ、キャップ、クッション、ヤットコ、（施工管理装置）、などである。陸上施工での打撃工法の標準的な平面配置の例を図 5.9.2 に示す。なお、河川や海などの水上工事の場合は、杭打船や起重機船、台船等を利用した船施工か、施工用の仮設桟橋・構台を用いた桟橋施工、あるいは施工済みの杭に仮設桁を渡して構台を構成して逐次前進してゆく手延べ施工が行われることが多い。

施工機械の選定にあたっては、杭径や打込み長、地盤の硬さや中間層の有無、また作業ヤードの広さ（組立・解体ヤードを含む）や運搬道路の幅員など、設計条件・地盤条件・施工条件などについて十分検討を行う必要がある。

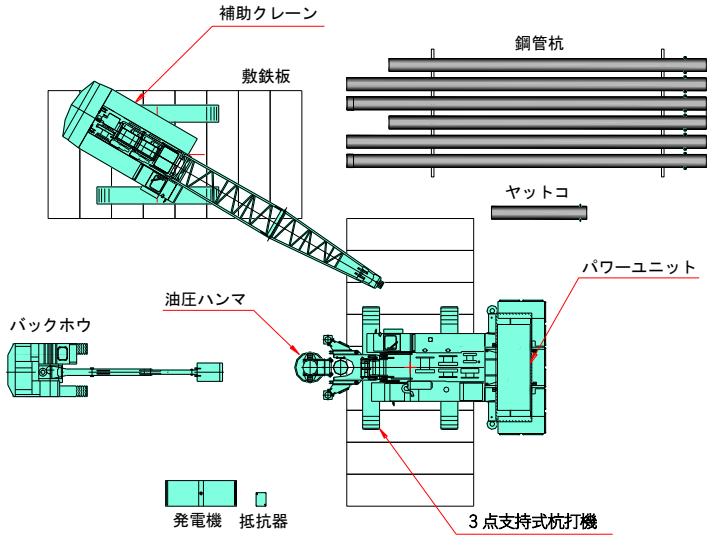


図 5.9.2　陸上施工での平面配置の例（出典 5.9-②）

⑴　杭打機

杭打機には、陸上施工と海上施工用がある。陸上施工用の杭打機本体は、3 点支持式杭打機を使用する 場合やクローラクレーンを使用する場合があるので、施工基面の状況や油圧ハンマの重量、作業性、作業半径等を考慮して適切な能力のものを選定する。

海上施工用の杭打船は、杭打ち専用船と起重機船を利用したものや台船を利用したものがあるが、海象・気象条件（波浪、潮流、濃霧、風雨等）、船団配置や係留等の現場の作業条件、地盤の土質条件、鋼管杭の仕様、ハンマの能力などを考慮して、最も適した杭打船を選定する。

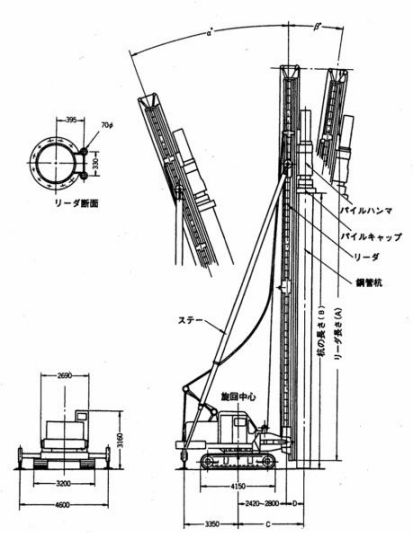


図 5.9.3　3 点支持式杭打機の形状例（出典 5.9-③）

1)　3 点支持式杭打機

油圧ハンマを杭打機のガイドパイプに抱かせ、懸垂させた状態で使用する。図 5.9.3 に 3 点支持式杭打機の形状例を示す。

杭打機の詳細についてはメーカーの Web サイト等を参照されたい。

- 日本車両製造下部域会社
- 住友重機械建機クレーン株式会社
- コベルコ建機株式会社

2)　クローラクレーン

油圧ハンマをクレーンで直接吊った状態で杭を打設するフライングハンマ工法の場合に使用する。

ⓒ2026JASPP

3)　杭打船

（ｉ）　杭打船の種類

杭打船には大別して次の 3 種類がある。

(a)　杭打ち専用船

最初から杭打ち作業を目的として建造された船で、リーダその他必要な付属設備を装備している。最近の専用船の多くは、パイルキーパー（パイルホルダー）を装備する、リーダを前傾後傾できるようにする等により斜杭を打てるようにした型式となっている（図 5.9.4）。なお、杭打船等の作業船の仕様は下記の Web サイトを参照がするとよい。

・一般財団法人 日本作業船協会

(b)　起重機船を利用したもの

起重機船に適当なリーダやパイルキーパー（パイルホルダー）を装備して杭打ち用に用途変更したもので、多くが杭打船として登録されたものである。杭およびハンマの巻上げおよびリーダの操作にはウインチを兼用する。

(c)　台船を利用したもの

台船の上にクローラクレーン、直結式杭打機などを装備して杭打ちに利用する。多くは傾斜打ちが困難である。

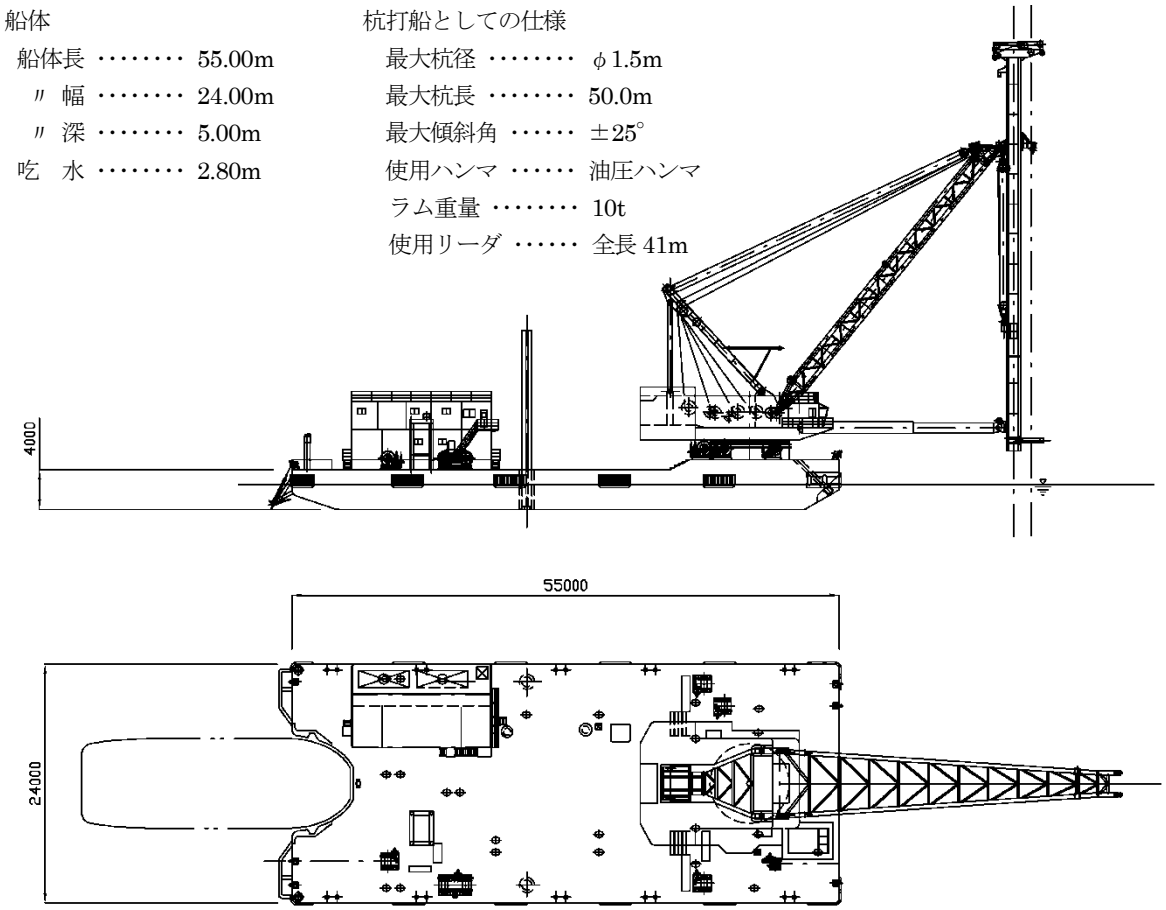


図 5.9.4　汎用大型杭打船仕様例

ⓒ2026JASPP

⑵　ハンマ

1)　油圧ハンマ

油圧ハンマは、構造自体が防音構造であるとともに、打撃エネルギーを任意に調整できることから、杭打ち時の騒音を小さくすることができる他、ディーゼルハンマのように油煙の飛散もないため、低公害型ハンマとして現在の主流となっている。表 5.9.1 に国内で使用される代表的な油圧ハンマの仕様を、写真 5.9.1 に油圧ハンマの写真を、鋼管杭と油圧ハンマの組合せの例を図 5.9.5 に示す。また、**（公社）日本港湾協会「港湾土木請負工事積算基準　令和 5 年度改訂版」**（2023 年）[5.9-1)]では、油圧ハンマの選定標準として、表 5.9.2 の内容が示されている。

表 5.9.1　国内で使用される代表的な油圧ハンマの仕様（出典 5.9-④に加筆）

ハンマ形式			S-90	S-150	S-200	S-280	S-350	S-500	S-800	NH-70	NH100-2	NH-150B
作動	最大打撃エネルギー	kN･m	90.0	150.0	200.0	280.0	350.0	500.0	800.0	87.9	141.0	235.0
	最小打撃エネルギー	kN･m	2.0	6.0	10.0	10.0	39	20.0	88.0	11.0	17.6	29.4
	最大打撃エネルギーでの打撃回数	回/分	50	44	45	45	40	45	30	30	27	20
質量	ラム	t	4.5	7.5	10.0	13.6	18	25.0	40	7.0	10.0	15.0
	本体(アンビル・パイルスリーブ除く)	t	9.6	16.2	24.5	29.0	36.0	55.0	85.0	－	－	－
	本体(キャップ除く)	t	－	－	－	－	—	－	—	14.3	22.5	33.5
	総質量（参考値）	t	13.4	22.4	33.2	41.3	47.27	80.7	145	15.3	25.1	37.8
寸法	外径	mm	640	712	915	915	915	1,220	1,220	1,250	1,350	1,900
	長さ(パイルスリーブの長さ除く)	mm	7,880	8,710	8,920	10,190	11,384	10,200	14,535	5,730	7,980	8,420



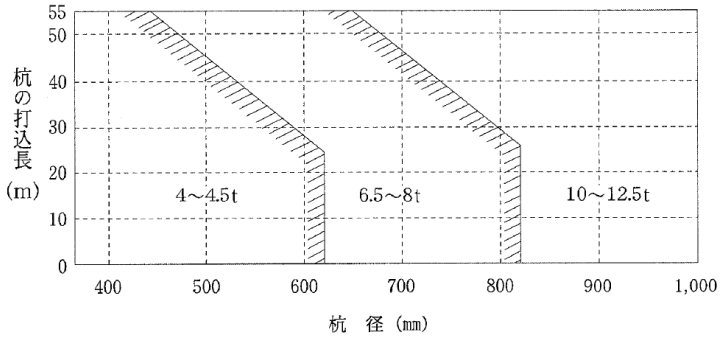
NH-150B


S-280


S-800

写真 5.9.1　各種油圧ハンマ（出典 5.9-⑤に加筆）

©2026JASPP



（注）１．杭の打込長15m以上で下記の条件の場合には，１ランク大きい規格を用いる。
①　N値30以上で層厚３m以上の砂，砂レキの中間層を打抜く場合。
②　N値15以上で層厚３m以上の粘性土を打抜く場合。
２．杭の打込長（m）には，ヤットコ打込長（m）を含む。
３．N値は，掘削層の加重平均とする。

図 5.9.5　鋼管杭と油圧ハンマの組合せの例（出典 5.9-⑥）

表 5.9.2　油圧ハンマの選定標準

ハンマ規格を選定する際の範囲値		ハンマ規格
鋼材質量 W_p(t)	貫入抵抗値 R(kN)	
$W_p \leqq 4.56$	$R \leqq 5{,}700$	4～4.5 t
$4.56 < W_p \leqq 8.71$	$5{,}700 < R \leqq 10{,}900$	6.5 t
$8.71 < W_p \leqq 10.6$	$10{,}900 < R \leqq 13{,}100$	7～8 t
$10.6 < W_p \leqq 20.4$	$13{,}100 < R \leqq 25{,}600$	10～12.5 t
$20.4 < W_p \leqq 28.2$	$25{,}600 < R \leqq 35{,}100$	15 t

注 1）N 値 30 以上で層厚 3m 以上の中間層を打抜く場合は、
1 ランク上のハンマ規格を選定する。

注 2）鋼管杭の貫入抵抗値は、以下により算出する。

$$R = 300 \times N \times A_p + 2 \times \bar{N} \times L \times A_s \quad \text{（小数１位四捨五入）}$$

R　：鋼管杭の貫入抵抗値　(kN)
A_p　：鋼管杭の先端面積（閉塞率 100%）　(m²)
L　：鋼管杭の根入れ長　(m)
A_s　：鋼管杭の周長　(m)
N　：鋼管杭の先端 N 値
$\bar{N}$　：鋼管杭周辺地盤の加重平均 N 値（表層から連続する N=0 の区間は根入れ長に入れない）

近年では、大径・長尺杭の採用が増えていることもあり、ハンマ効率の高い海外製ハンマ（例えば IQIP（IHC）製 S ハンマシリーズ）の適用が日本でも増えている。なお、国内製の主力機種であった日本車輌製造製油圧ハンマ NH シリーズは新規製造が中止されており、国内プロジェクトでも海外製の油圧ハンマの採用が増えてゆくものと思われる。

2)　ドロップハンマ

古くは杭打ちやぐらを組んで、鉄製の重錘等を人力で吊り上げて自由落下させて杭頭に打撃を与える「モンケン打ち」が行われたが、これが機械化・装置化されたものがドロップハンマであり、打撃工法の主力が油圧ハンマに切り替わった現在でも中掘り杭工法の最終打撃方式等には用いられている。支持層付近まで中掘り杭工法で沈設施工したのちに、杭頭をドロップハンマで打撃して支持層に貫入・打ち止めることで、打撃工法と同等の先端支持力を発現させることができる。ドロップハンマは、鋳鋼または鋳鉄製でその形状は重心が低く、下面は凹凸のない平面で杭軸と直角にあたるものでなければならない。杭頭に

作用する打撃エネルギーはハンマの重量と落下高さとの積に比例する。よって、ハンマの重量が異なっても落下高さを変えることにより同じ打撃エネルギーを得ることが可能である。

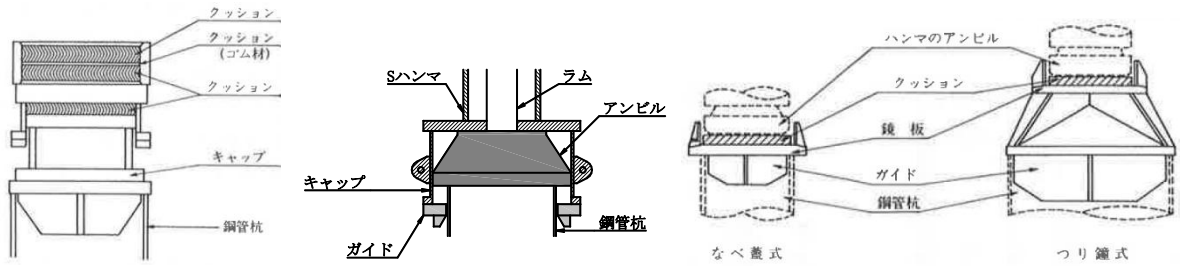
⑶　キャップ・クッション

キャップは杭頭部を保護し、打撃力を杭に均等に伝えるために用いられる。図 5.9.6 に代表的なキャップ断面を示す。キャップの大きさが適当でないと杭頭を偏打するおそれがあることから、杭径にあったものを使用する必要がある。

NH ハンマおよびドロップハンマで使用するクッションは、キャップ上部で打撃力を直接受けるもので、キャップに力を均等に伝え、ハンマ本体の損傷を防止する役割がある。クッション材は堅い木材が使用されることが多い。

クッション材は大きな打撃力を繰返し受けることにより、しだいに薄く硬くなってクッション効果が失われる。また、損傷・変形が進むと偏打の原因となったり、打撃時に蓄熱して発煙したりするようになる。

一方、S ハンマはアンビルを直接打撃して、アンビル下端が杭頭を直接打撃する構造となっている。クッションを使用しないためハンマ効率が高いものの、打撃音はクッションを使用する NH ハンマやドロップハンマより大きくなる。



NH ハンマ用　　S ハンマ用　　ドロップハンマ用

図 5.9.6　キャップの断面図（出典 5.9-⑦）

⑷　補助クレーン

補助クレーンとしては、クローラクレーンまたはラフテレーンクレーンを用いる。

鋼管杭や油圧ハンマの重量および作業性、作業半径等を考慮して適切な吊り能力のものを選定する。

4.　鋼管杭および附属品

⑴　鋼管杭本体

鋼管杭は JIS A 5525 鋼管ぐいの SKK400 又は SKK490 を用いることを標準とする。打撃工法に用いる鋼管杭は繰返し負荷される打撃力に対して健全性が保たれるように、外径、板厚、強度等を選定する必要がある。

⑵　先端補強バンド

打撃時に先端部が破損するのを防止するため、図 5.9.7 に示す先端補強バンドを取り付けることを標準としている。また、先端補強バンドにより打設時の摩擦抵抗を減少させて打込み性が向上する一方、鉛直支持力に影響することも考えられるので、先端補強バンドの板厚は 9mm 以下とするのが一般的である。

ⓒ2026JASPP

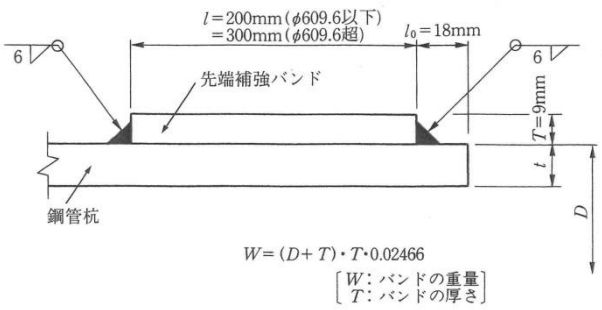


図 5.9.7　先端補強バンドの例（出典 5.9-⑧）

⑶　杭先端十字リブ

大径鋼管杭の場合には、先端閉塞性を向上させるために、杭先端に図 5.9.8 に示すような十字リブを工場あるいは現場で取り付けることがある。十字リブの取付け長さは杭径の 2 倍以上とし、この部分を支持層内に打設することを推奨している。硬い層などに打込む場合、先端十字リブに過大な力が作用して変形や損傷を生じる場合もあるので、地盤条件、施工条件等に応じて適切な寸法形状、溶接仕様等を定めることが望まれる。

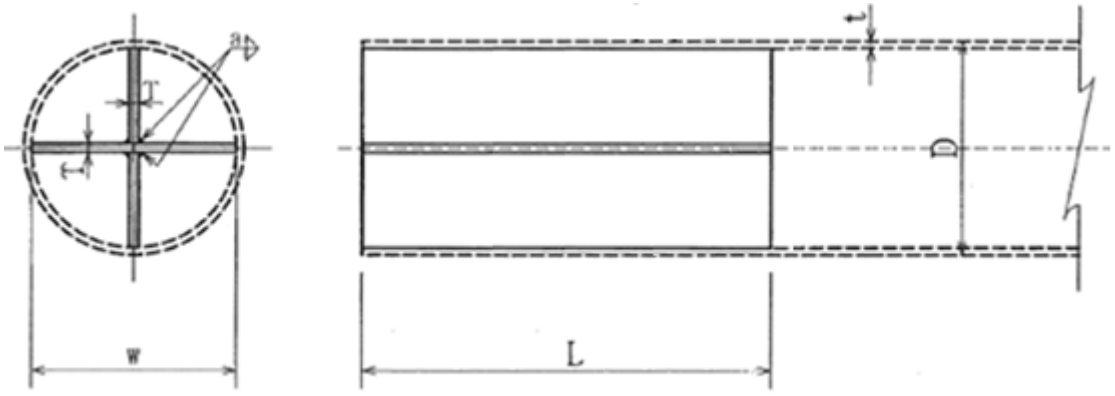


図 5.9.8　杭先端十字リブ（仕様例）（出典 5.9-⑨）

表 5.9.3　十字リブの標準寸法（出典 5.9-⑩）

厚さ　T (mm)	12.0，16.0，19.0，22.0
幅　w(mm)	$W=(D-2t)-X$ D：鋼管外径，t：板厚， X：調整代分
長さ　L(mm)	$2D$以上とする
溶接脚長　a(mm)	12

⑷　頭部補強バンド

鋼管杭協会「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ（1982 年）」[5.9-2)]によれば、鋼管杭の場合、頭部補強バンドは、有意な効果がなく場合によっては断面急変部で応力集中が生じて有害な効果を与えることもあることか

ⓒ2026JASPP

ら、原則として取り付けないものとしている。鋼管杭頭部の補強については、5.16　杭工事のトラブルと対策を参照されたい。

5.9.2　施工手順

1.　杭の建込み

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。

⑴　杭心出し

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理を参照。

⑵　鋼管杭の吊込み

杭打機が 3 点支持式杭打機の場合は、油圧ハンマのガイドギブをガイドパイプに合わせて主巻ワイヤで巻き上げる。杭の長さと油圧ハンマの長さおよび作業吊り余裕を加味したリーダ長さを選定するとともに、全体のバランスや安定性およびクローラの最大接地圧等を考慮しなければならない。

杭打機がクローラクレーンの場合は、主フックで鋼管杭を吊り上げる。吊り上げ能力とともに作業姿勢に見合ったブーム長さおよびクローラの最大接地圧の検討が必要となる。

桟橋（作業構台）上での作業においては、いずれの杭打機を用いる場合においても、桟橋（作業構台）の許容荷重との照合が必要となる。

建込みに際しては、杭吊込み用ワイヤが吊り点からずれたり外れたりしないように確実に保持し、静かに杭先端を所定の位置に移動させる。また、杭を吊った状態で杭打機を自走させてはならない。海上工事では、吊り上げる杭が長尺になる場合が多いため、吊り上げ時に過度なしなりや損傷がないように注意する。

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、陸上工事では、杭心位置には杭外周と同径の円を石灰等で描き、その円周に合わせて杭を建込む。また、直交 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。トランシットでの視準、トータルステーションや GPS を用いた測量により、杭心位置の確認を行う。

打設初期には、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杭の振止めを杭打機リーダ下部に取り付ける方法もある。

2.　ハンマ打設

ハンマで杭頭を打撃し、その打撃エネルギーで杭を地中の所定位置まで貫入させる。

⑴　ハンマの選定

土質条件や杭の諸元などをもとに、打込みに適したハンマを選定する。油圧ハンマの場合、打撃エネルギーを任意に調整できるものが多いことから、小径杭の打込みにあたり、大径杭の施工も可能な大きなハンマを用いて、打撃エネルギーを下げて施工することもある。

鋼管杭の外径、板厚、長さとともに、地盤の層構成や硬さの影響も大きいため、適切なハンマ容量や打撃エネルギーを一義的に決定することは難しいが、過去の事例や図 5.9.5 を目安に設定する。近隣の施工事例がない場合や図 5.9.5 の範囲外の標準的とは言い難い条件の場合は、杭の打込み解析によりハンマ選定、施工可否検討を行うこともある。施工性とともに想定される打撃時の杭体応力や打撃回数等もあわせて検討しておくことが望ましい。

ⓒ2026JASPP

⑵　打込み時の杭頭座屈の検討

1)　打撃応力の算定

ハンマを近似的に剛体と仮定し、長い弾性棒が衝突した際の剛体の慣性力との釣合いより導かれた St.Venant（サン・ブナン）[5.9-3)] の解によって打撃応力を求める。

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \exp\left(-\frac{\gamma_P \cdot A_P}{W_H} \cdot C_P \cdot t\right) \quad \cdots\cdots \text{式 (5.9.1)}$$

ここに、

σ_0 ：ラムが衝突した瞬間の衝突応力

$\sigma_0 = E_P / C_P \cdot \sqrt{2gh}$

A_P ：杭の断面積（m^2）

W_H ：ラム重量（kN）

γ_P ：杭の単位体積重量（＝77 kN/m^3）

C_P ：杭体内の弾性波速度（＝5.12×10^3 m/s）

E_P ：杭のヤング係数（＝2.0×10^8 kN/m^2）

t ：ラム衝撃後の経過時間（s）

g ：重力加速度（＝9.8 m/s^2）

h ：ラムの落下高さ（m）

式 (5.9.1)は、クッションがなく、ハンマが杭頭を直接打撃した場合の理論解である。クッションを用いた場合には、図 5.9.9 に実測例を示すように、杭頭部の打撃応力の最大値は打撃後 St.Venant の解より 2～3ms（$2\sim3\times10^{-3}$ 秒）遅れて発生する。このようなクッションの効果を考慮し、式 (5.9.1)に t ＝2ms を代入したものを式 (5.9.2)に示す。なお、クッション材を使用しない IHC 社製の S ハンマの場合は、t ＝0.3ms とする場合が多い。(式 (5.9.3))

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_0} = e^{-788\frac{A_P}{W_H}} \quad \cdots\cdots \text{式 (5.9.2)}$$

ここに、σ_2：t ＝2ms のときの最大打撃応力（N/mm^2）

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_0} = e^{-118\frac{A_P}{W_H}} \quad \cdots\cdots \text{式 (5.9.3)}$$

ここに、σ_2：t ＝0.3ms のときの最大打撃応力（N/mm^2）

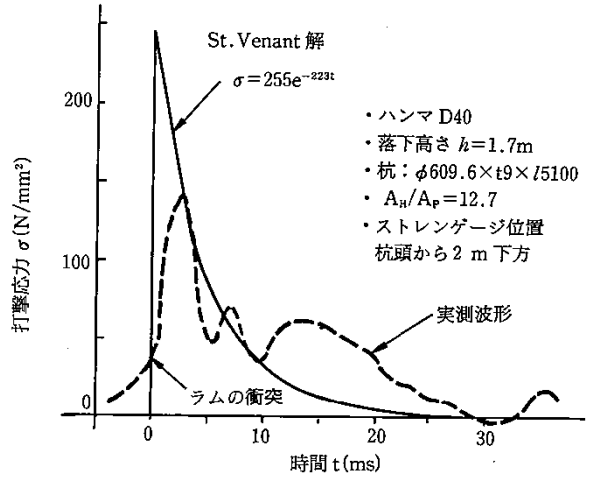


図 5.9.9　実測波形と St. Venant 解の基本波形との比較（出典 5.9-⑪）

ⓒ2026JASPP

2)　板厚半径比（t/r）の影響

岸田、高野[5.9-4)] によれば、**加藤ら**[5.9-5)] の座屈応力上昇評価式に対して鋼管の 0.2%オフセットの点と母材引張降伏点の関係を適用して整理し、座屈するときの応力度と材料の降伏応力度として次式を示している。

$$\sigma_{max}/\sigma_{ty} = 1.16 - 0.0067\,(r/t) \quad \cdots\cdots \text{式 (5.9.4)}$$

また、短柱鋼管の圧縮実験結果を厚さ半径比（t/r）で一次近似評価して、$0.01 \leqq t/r \leqq 0.10$ の範囲での座屈応力度の評価として次式を得ている。

$$\sigma_{max}/\sigma_{ty} = 0.86 - 2.7\,(t/r) \quad \cdots\cdots \text{式 (5.9.5)}$$

ここに、σ_{max}：座屈するときの応力度（N/mm²）
σ_{ty}：杭材料の降伏応力度（N/mm²）
t：板厚（mm）
r：杭の半径（mm）

3)　偏心打撃の影響

偏心打撃の偏心量が大きいほど鋼管杭は座屈しやすくなる。その関係は、式 (5.9.6)で表すことができる。また、偏心打撃の影響を考慮する範囲は、**「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ（1982 年）」**[5.9-2)] によれば、杭頭から $3D$～$5D$（D：鋼管の外径）の間である。

$$\sigma_c = \frac{\sigma_{max}}{1+\dfrac{Ae}{Z}} \quad \cdots\cdots \text{式 (5.9.6)}$$

ここに、σ_c：偏心のある場合に座屈をおこす応力度（N/mm²）
σ_{max}：式 (5.9.4), (5.9.5) 等より求められる座屈をおこす応力度（N/mm²）
A：鋼管杭の断面積（m²）
Z：鋼管杭の断面係数（m³）
e：偏心量（m）

式 (5.9.6) の e（偏心量）は杭の中心線とハンマの中心線のずれ量である。当時の調査結果を図 5.9.10 に示す（図中の d は、杭径を表す）が、e の分布は 1.17cm から 7.94cm（平均 3.80cm）、e/d にして 2.3%から 9.9%（平均 6.0%）である。杭径が大きくなるほど、e は大きくなる傾向にあることがわかる。これは、杭体とハンマキャップの形状・寸法から求まる偏心量（杭体とハンマキャップとの平面的な軸心ずれ）に、杭体の軸心とハンマの軸心の相対的傾斜による影響（杭体の軸心に対してハンマの軸心が傾いていることによる影響＝偏心打撃の影響）が含まれることによるものと考えられる。したがって、e としては、最大で杭径の 10%まで考慮する必要がある。

ⓒ2026JASPP

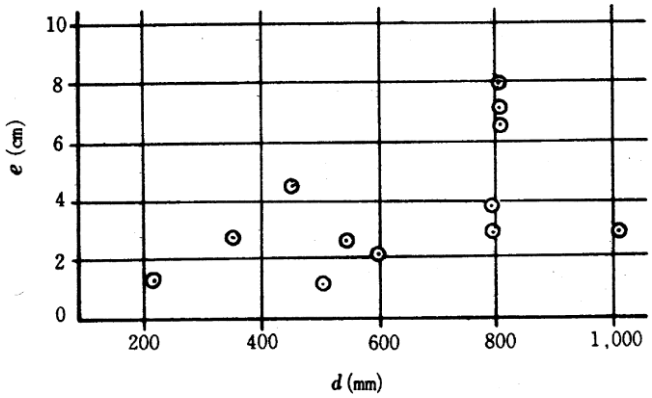


図 5.9.10　d（杭径）と e（偏心量）の関係

具体的な検討においては、式 (5.9.4) または (5.9.5) で t/r の影響を考慮した座屈応力度 σ_{max} を求め、次に式(5.9.6)で偏心量を考慮して σ_c を算出し、式 (5.9.2) から求めた σ_2 と比較すればよい。

$\sigma_2 \leqq \sigma_c$ であれば座屈しない

$\sigma_2 > \sigma_c$ であれば座屈する

と判断することができる。

⑶　打込み順序

杭基礎を構成する杭は一般に群杭を形成するため、打込みに際しての打込み順序をあらかじめ決めておく必要がある。打撃工法では、打込みによる地盤の締固め効果によって打込み抵抗が増大するため、場合によっては貫入不能となったり、すでに打込んだ杭に移動、曲げなどの有害な変状が生じたりすることがある。これらを避けるためには、杭群の一方の隅から他方の隅へ打込んでいくか、杭群の中央部から周辺に向って打ち進むのがよい。

また、既設構造物に近接して杭を打ち込む場合には、構造物の近くから離れる方向に打ち進むのがよい。

⑷　ハンマ打設

打設初期には、杭の鉛直性を維持するために、最初は軽打にて打込みを行い、直交 2 方向からトランシット等を用いて杭の傾斜を確認しながら作業を進める。

斜杭を 3 点支持式杭打機で施工する場合はリーダで角度を設定し、クローラクレーンで施工する場合は定規材を設置することが一般的である。最近では、画像処理技術を用いた杭位置と傾斜の管理が行われることもある。

杭の傾斜とともに、打撃工法ではハンマと杭体の真直度やずれの有無が杭体の座屈に影響を与えるため、偏打の有無を確認する必要がある。

また、打込み途中で打込みを休止すると、時間の経過とともに地盤の回復などによって打込みが困難となり、より大きな打込み設備が必要となる場合もあることから、1 本の杭の打込みは、連続して行うことを原則とする。

⑸　ヤットコ施工

打撃方法で使用されるヤットコの形状は、5.4.3　ヤットコに示されている 4 種類のものがある。外ガイド式のヤットコは鋼管杭や鋼管矢板の定規材と干渉する可能性があるので注意を要す。爪型のガイド材はヤットコ本体への取付けが容易であり、破損時の修理も簡単であるが、巻パイプ型と比べて破損や変形の可能性が高くなるという欠点もある。以下の図 5.9.11～図 5.9.16 に製作図の例と写真を示す。

ⓒ2026JASPP

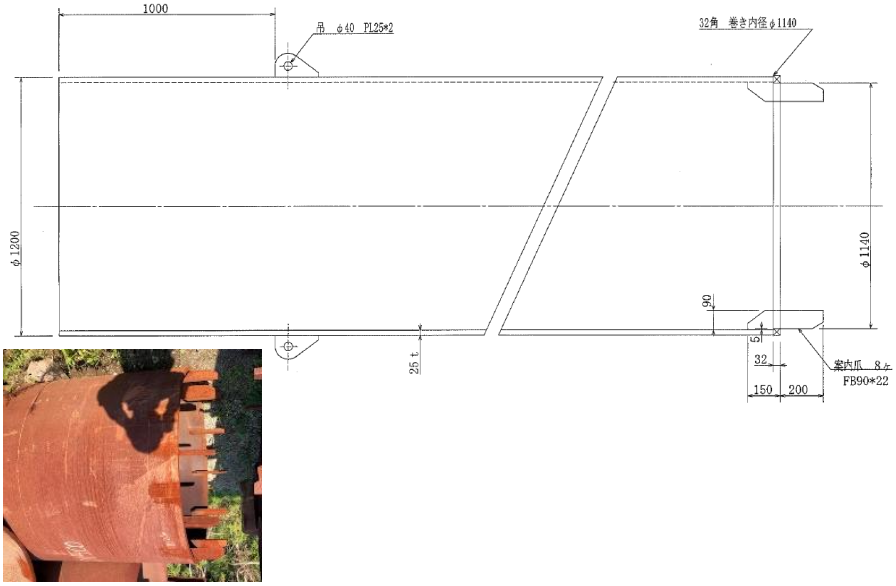


図 5.9.11　ヤットコの製作図の例と写真（内ガイド式爪型）

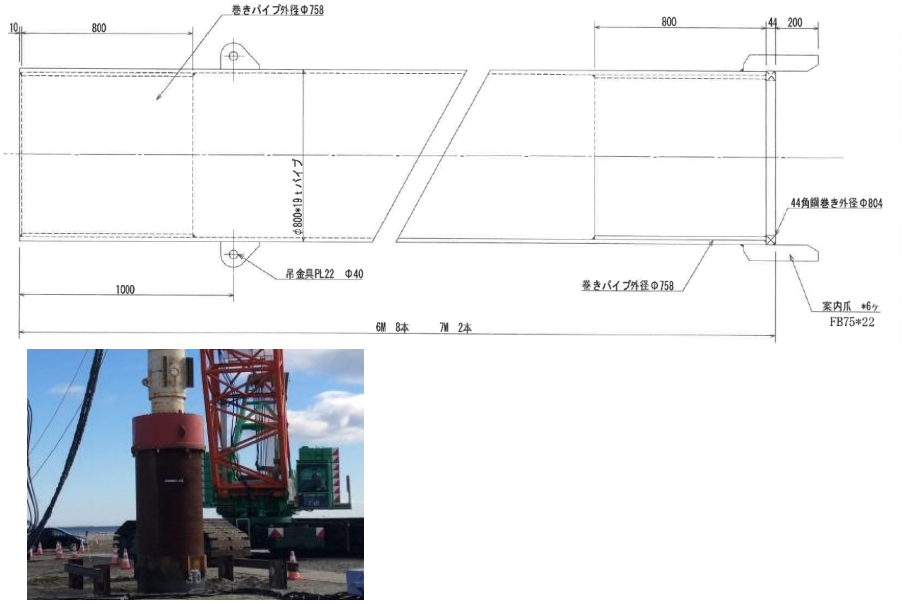


図 5.9.12　ヤットコの製作図の例と写真（外ガイド式爪型）

ⓒ2026JASPP

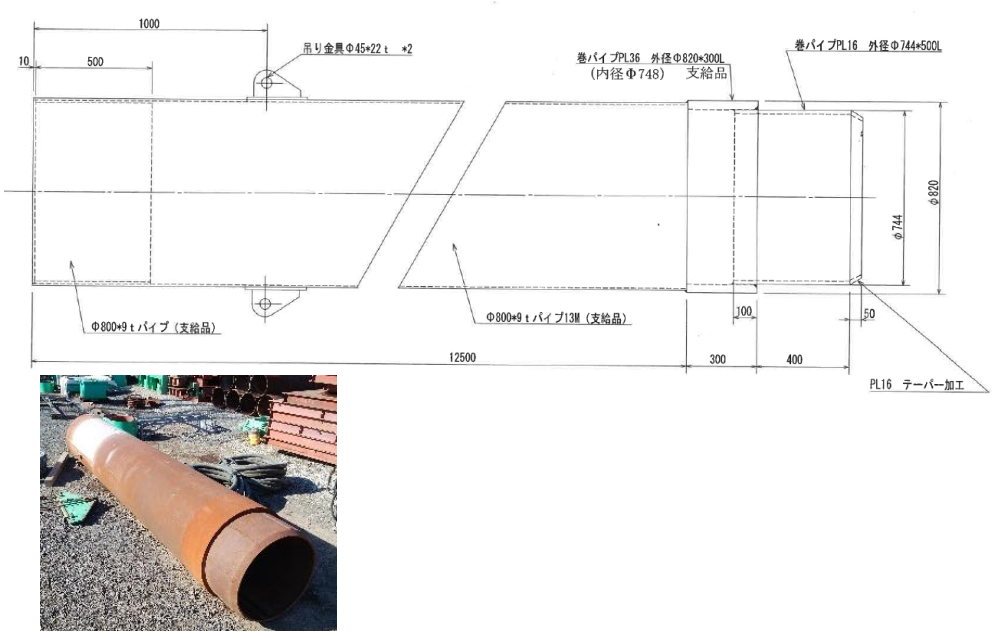


図 5.9.13　ヤットコの製作図の例と写真（内ガイド式巻パイプ型）

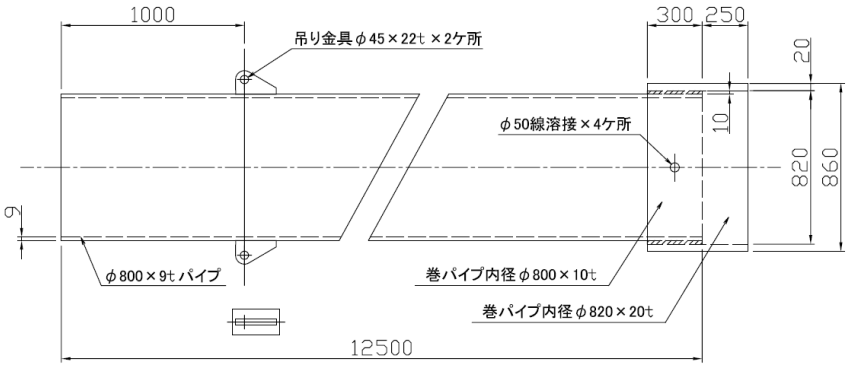




図 5.9.14　ヤットコの製作図の例と写真（外ガイド式巻パイプ型）

ⓒ2026JASPP

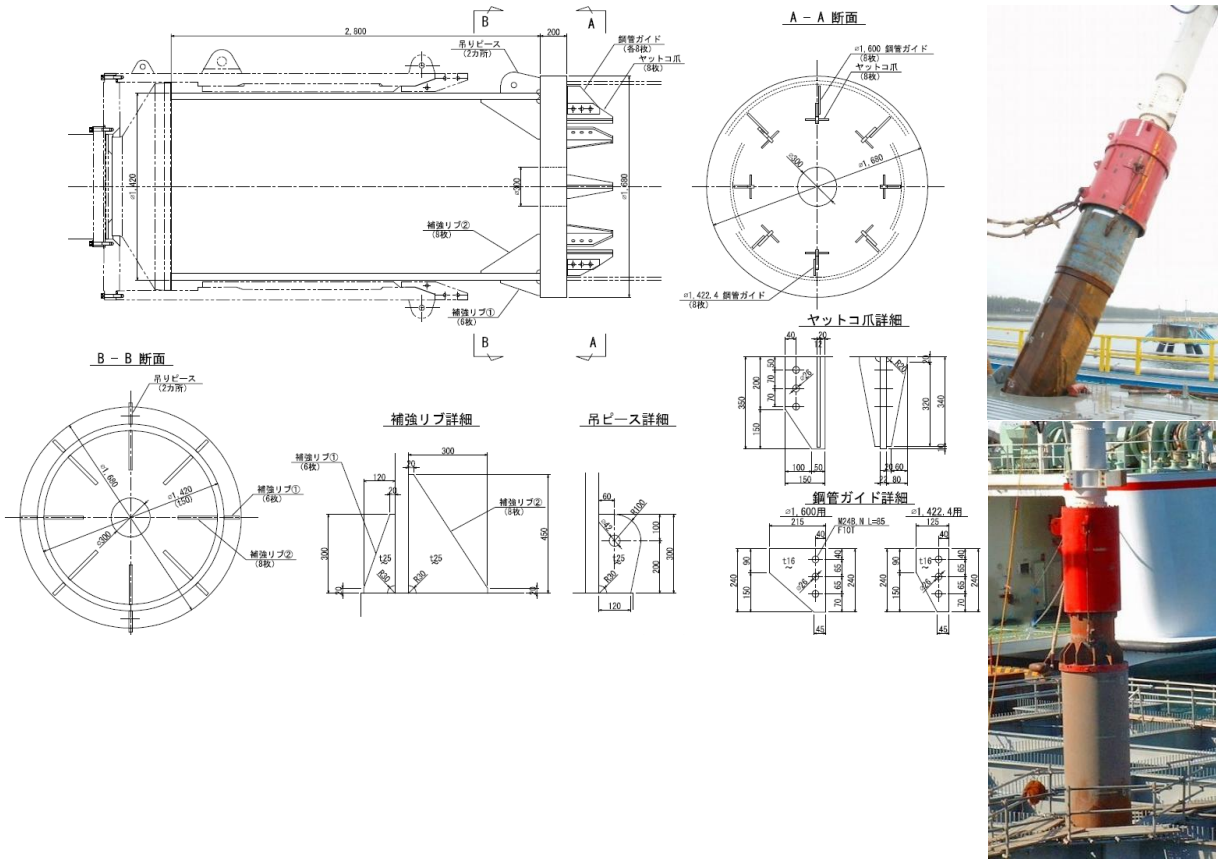


図 5.9.15　ヤットコの製作図の例と写真（内ガイド式爪型多径対応型）

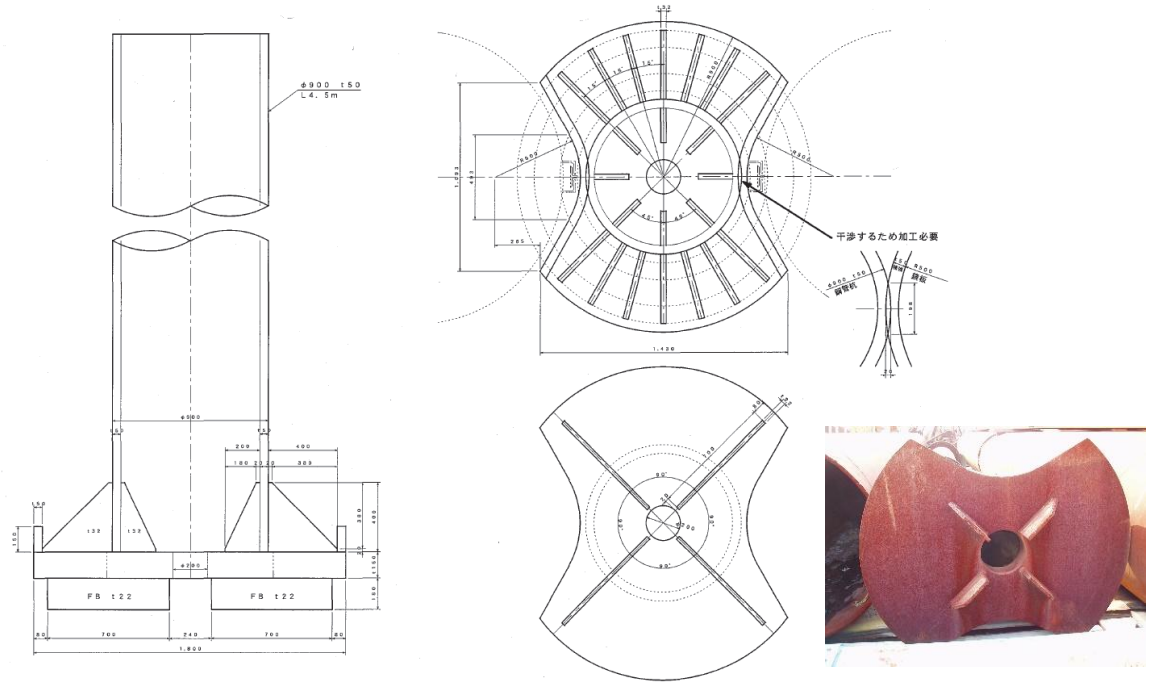


図 5.9.16　ヤットコの製作図の例と写真（内ガイド式爪型鋼管矢板特殊型）

ⓒ2026JASPP

3.　杭の施工性・貫入性

出典 5.9-⑫はラム質量 4t 程度のディーゼルハンマ（入力エネルギー100kN･m 程度）および径 600mm 未満の鋼管杭（H 鋼杭含む）の実績に基づいており、当然、杭径やハンマの大きさなどによって異なるので、大まかな地盤の種類による特徴の参考とされたい。

⑴　中間層の打抜き（**出典** 5.9-⑫）

打撃工法での中間層の打抜きには一般には次の傾向がある。

①　N 値 50 以上の砂質土層の場合、杭径の 5 倍程度までの層厚は打抜き可能な場合が多い。

②　N 値 30 以上の粘性土の場合、杭径の 3 倍程度の層厚は打抜き可能な場合が多い。

③　砂質地盤では粒径が一様なほど打抜きは容易である。

④　中間層の下層が軟弱な場合には、中間層が少々硬くとも打抜きが可能な場合が多い。

⑤　打抜き不可能な場合は、中掘り工法・プレボーリング工法などの併用によって打抜きを可能にすることができる場合がある。ただし、この場合は周面摩擦力等の支持性能に関する検討が別途必要となる。

⑵　支持層への貫入性

「道路橋示方書・同解説 下部構造編」[5.9-6)] の打止めの項には、「打止め時における一打あたりの貫入量は、杭の種類、長さ、形状、地盤の状況などにより異なることから、一義的に定めることは不可能であるものの、既往の資料などを参考に 2～10mm を目安とする。」旨、また、「特に、一打あたりの貫入量が 2mm 以下となるような状況下で打設を続けることは、杭体だけでなく、ハンマにも悪影響を及ぼし、損傷の原因となるため、注意を要する。」旨が述べられている。

打込むことができるか否かをきめるものは下記の要因である。

①　その層の土質と硬さ

②　その層よりも上層にある土質の状況

③　その層の地表からの深さ

杭が貫入不能になる土質は、岩盤・岩石をはじめとして、硬質な粘土質、砂質および礫質地盤である。以下にそれぞれの土質の貫入性について説明する。

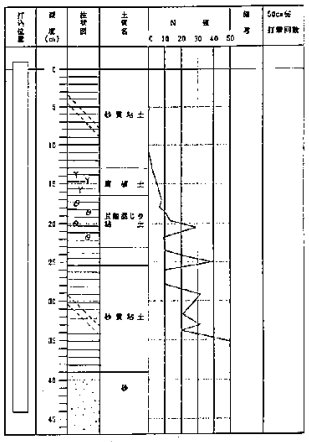
1)　砂層

N 値が 50 よりもはるかに大きい砂層は、不撹乱の状態で掘り出すと角砂糖のように固まっていても、つるはし、スコップで削るとさらさらした砂になる。

このような硬い砂層は、砂礫層と同様に杭の先端閉塞が杭の貫入量に大きく影響する。N 値が 50 よりもやや大きい程度の砂層は、同じ N 値をもつ砂礫層よりも杭の貫入は容易である。

図 5.9.17 は、砂層に打込んだ例であるが、砂層に到達する前に N 値が 10～40 の砂層を約 15m 通過していることから、杭の先端は十分な閉塞状態になっていたと考えられる例である。杭の先端が閉塞状態になると、杭の貫入は困難になる。

ⓒ2026JASPP



（江戸川区　首都公団荒川大橋）

鋼管杭　　φ711.2

ラム質量　　4.2t

ラム落下高　　250cm

貫入量

根入長（m）	貫入量（mm/打）
33.6	7
40.6	3
43.4	0.8

図 5.9.17　砂層の例（出典 5.9-⑬）

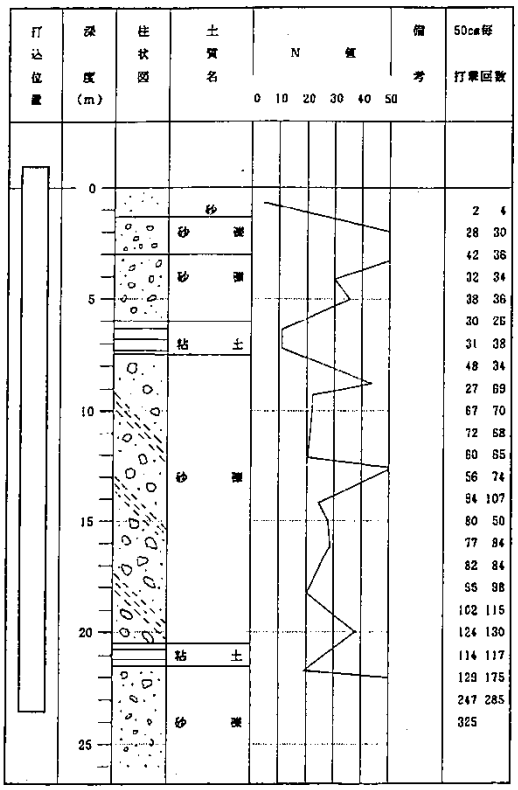
2)　砂礫層

砂礫層の N 値が 50 よりはるかに大きいときは貫入不能な場合がある。

N 値が 50 以下あるいは 50 前後であるときは、先端閉塞していない杭の場合、その層への貫入当初は 10mm/打以上の貫入量があっても次第に貫入量が減少してゆく。図 5.9.18、図 5.9.19 は N 値が 30～40 の砂礫層を貫入した後、N 値が 50 よりも大きい地層に到着してから打止めとなった例で、図 5.9.18 では貫入量 1.1mm/打、図 5.9.19 では 0.3mm/打で打止めとしている。

砂礫層では、礫の大きさ・密度が問題であり、礫径が 100mm 以上になると、杭の先端が破損して杭打込み不能になるおそれがある。

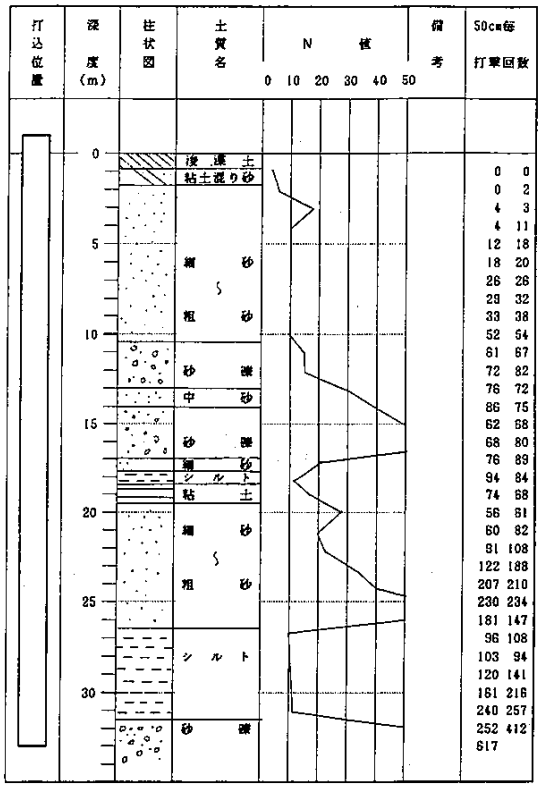
ⓒ2026JASPP



（福岡県）

鋼管杭	φ800
ラム質量	4.0t
ラム落下高	230cm
打止貫入量	1.1mm/打

図 5.9.18　砂礫層の例１（出典 5.9-⑭）



（長岡市）

鋼管杭	φ812.8
ラム質量	4.0t
ラム落下高	250cm
打止貫入量	0.3mm/打

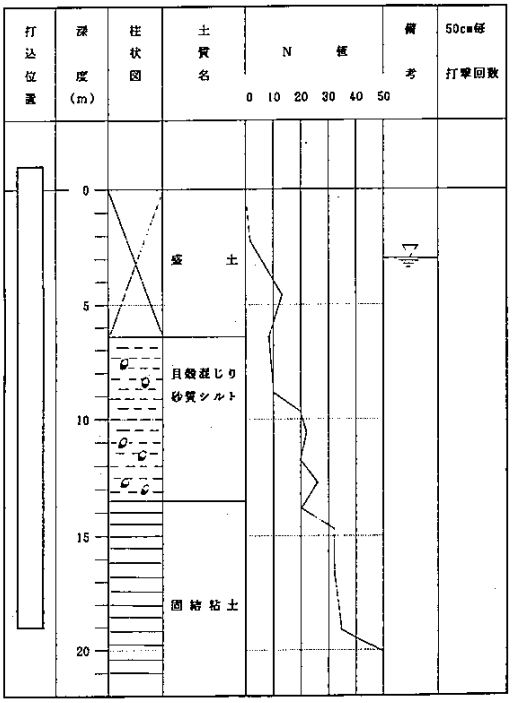
図 5.9.19　砂礫層の例２（出典 5.9-⑮）

3)　粘性土

密度が高い粘性土の場合、標準貫入試験の N 値が小さくても、透水性が低いために杭の貫入の際の体積変化が小さいため、同じ N 値の砂質土よりも打込みは困難である。

図 5.9.20 は、固結粘度の層に杭を打込んだ例であり、N 値≒40 付近で貫入量が、1.4mm/打になっていることを示している。

ⓒ2026JASPP



（横浜市）

鋼管杭	φ800
ラム質量	4.5t
ラム落下高	250cm

貫入量

根入長 (m)	貫入量 (mm/打)
1.6	4.8
18.6	1.4

図 5.9.20　粘性土の例（出典 5.9-⑯）

4)　岩盤・岩石

「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に「軟岩を支持層とする打込み鋼管杭の軸方向押込み力の推定方法（案）」が示されている。対象となる軟岩は、表5.9.4のランク2、3に示すものが目安とされており、支持岩盤内に少なくとも杭径以上根入れできる場合であり、支持岩盤上が軟弱粘性土地盤である場合や中掘り杭工法を併用する場合は適用外であるとされている。

ただし、硬岩への打込み貫入は一般的に困難であり、むやみにハンマ重量などを大きくしたり適正な打撃力を上回る過大な打撃力により打込んだりすることは、杭体に損傷を与えるおそれがあるので注意しなければならない。

表5.9.4　支持層のボーリングコア性状 5.9-6),5.9-7)

ランク	形　状	硬　度（硬　軟）	風化度（変質度合）
1	棒状	ハンマの強打でも容易に割れない	未風化で新鮮
2	短柱状	ハンマの強打で割れる	ほとんど未風化 一部劣化
3	岩片状	ハンマで容易に割れる	全体にやや風化
4	砂れき状	ハンマでぼろぼろになる	ほとんど～完全に風化
5	土砂状	指圧で割れる	－

ⓒ2026JASPP

（ｉ）　凝灰岩の例

図 5.9.21 の土質柱状図は、-25.7m まで軟弱なシルトで、以深が凝灰岩になり標準貫入試験のサンプラー貫入が不可能な程の硬さである。ここに、φ800×t9 の鋼管杭をラム質量 4.0t のディーゼルハンマで打撃したところ、杭 No.5 では-26.3m、杭 No.6 では-26.1m で貫入量が 0.5mm/打以下になった。打設状況を観察していると杭 No.6 では、はじめ 1 打 30mm 程度の貫入量であったものが-25.8m で急激に減少をはじめ、30cm を貫入させるうちに、貫入量は 0.5mm/打になった。

これによって、風化部分を通過し終わったものと判断して杭はここで打ち止めた。サンプラーの貫入が不能であるような硬い土質のところでは、杭を打撃しても貫入量は 0mm に近い状態、つまり貫入不能になるのでこれ以上の打撃は行わないほうがよい。

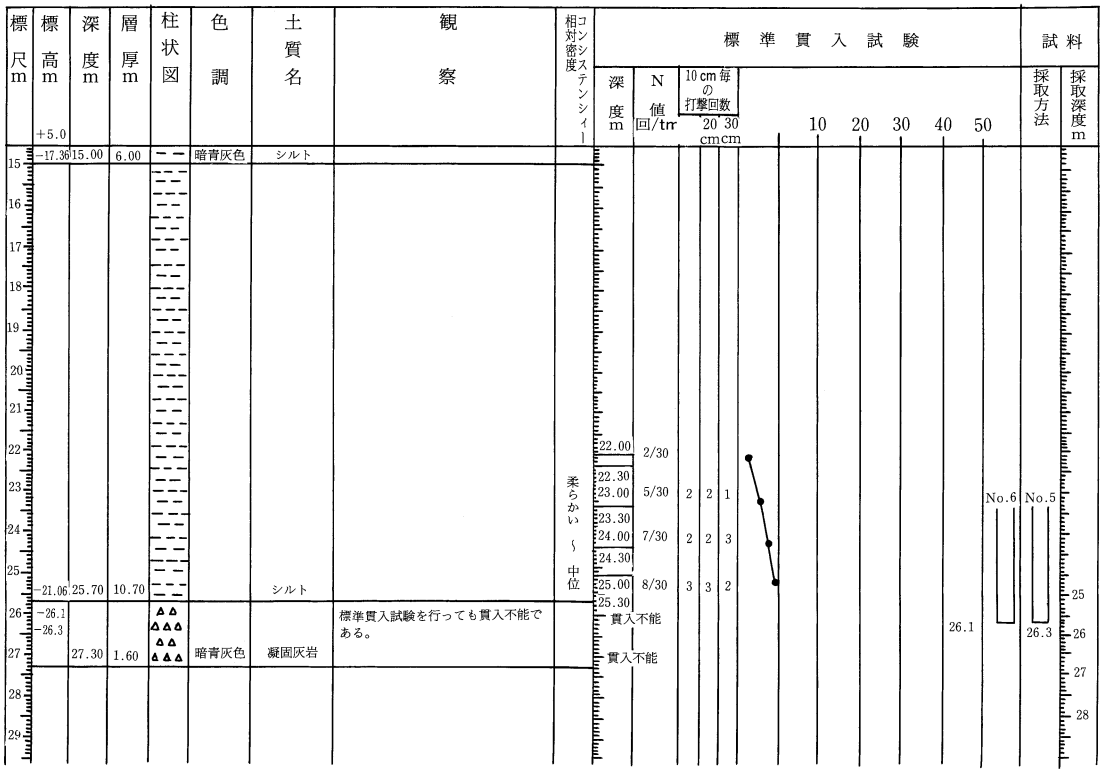


図 5.9.21　凝灰岩の例（出典 5.9-⑰）

5.9.3　施工管理

1.　一般

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理を参照。

2.　試験杭

5.3　試験杭を参照。

3.　施工管理項目

打撃工法での各施工管理項目の管理方法および標準的な管理基準の例を表 5.9.5 に示す。施工工程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。

ⓒ2026JASPP

施工プロセスの記録は、数値など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またはビデオなどでの実施記録も活用するのがよい。

表 5.9.5　打撃工法の標準的な施工管理項目と管理基準（出典 5.9-⑱）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
材料	鋼管杭	杭種，材質等	鋼管表示の確認	JIS A5525，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）	ノギス・検尺テープにより検測	JIS A 5525，設計図書による
機械装置	キャップ，クッション	サイズ，損傷有無	スケール等による測定，目視確認	損傷，変形がないこと
	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
建込み・打込み	杭の建込み，打設	位置	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
		偏打	杭・リーダ・ハンマが一直線であるか，横揺れしていないか	損傷,変形がないこと
		ラム落下高さ（打撃エネルギー）	施工装置	杭材の強度から決まるラム落下高さ（打撃エネルギー）以下
		1m 当たりの打撃回数	カウンタ	-
	現場継ぎ溶接	溶接工の技量資格	5.13.1　現場円周溶接を参照	
		溶接環境（風・気温等）		
		継手条件（目違い・ルート間隔等）		
		溶接条件（電流・電圧・パス数等）		
		外部きず		
		内部きず		
	支持層到達確認打止め管理	ラム落下高さ（打撃エネルギー）	施工装置	試験杭で定めたラム落下高さ（打撃エネルギー）
		1 打当たりの貫入量・リバウンド量	ペン書き方，高速度カメラなど	試験杭で定めた管理指標
		打撃回数・総打撃回数	カウンタ	試験杭から目安を設定
		支持層到達深度	測量器	試験杭で定めた深度
		打止め管理式による算定値	各種管理式による推定	試験杭から目安を設定
出来形		杭心の偏心量	トランシットによる測量	杭心とのズレ D/4 かつ 100mm 以内
		杭頭レベル	レベルによる測量	±50mm 以内

ⓒ2026JASPP

4.　施工管理の留意点

打込み杭工法の施工においては杭の建込み精度を管理すること、支持層到達および打止めの判断を適切に行うことなどが重要である。なお、打込み杭工法の施工管理などについては、**「鋼管杭　－施工と施工管理－」**[5.9-8)] や **（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「鋼管杭の打撃工法 施工管理要領 [Edition 1.0]」(2019 年)**[5.9-9)] などを参考にするとよい。

5.　杭頭の打撃時の変位量（リバウンド・貫入量）に基づいた打止め管理式

⑴　リバウンド・貫入量に基づいた支持力管理とは

打撃工法により杭を施工する場合の地盤抵抗力の模式図を図 5.9.22 に示す。

杭がハンマの打撃により地盤に貫入される際には、動的成分と静的成分が合わさった地盤抵抗力を受ける（図中の◯)。動的抵抗力を除いた施工時の静的抵抗力（図中の●）は施工後の養生期間を経て、周辺地盤の過剰間隙水圧が消散することにより一般的には大きくなる。この養生後の静的抵抗力（図中の■）が、設計上の支持力値と比較、照査される。

杭頭でのリバウンド・貫入量に基づいた動的支持力式は、元々の理論としては、施工時の動的＋静的地盤抵抗力を算出するものである（⑶ 参照)。動的支持力式では理論的、経験的な補正係数を用いて養生後の静的抵抗力を推定している。

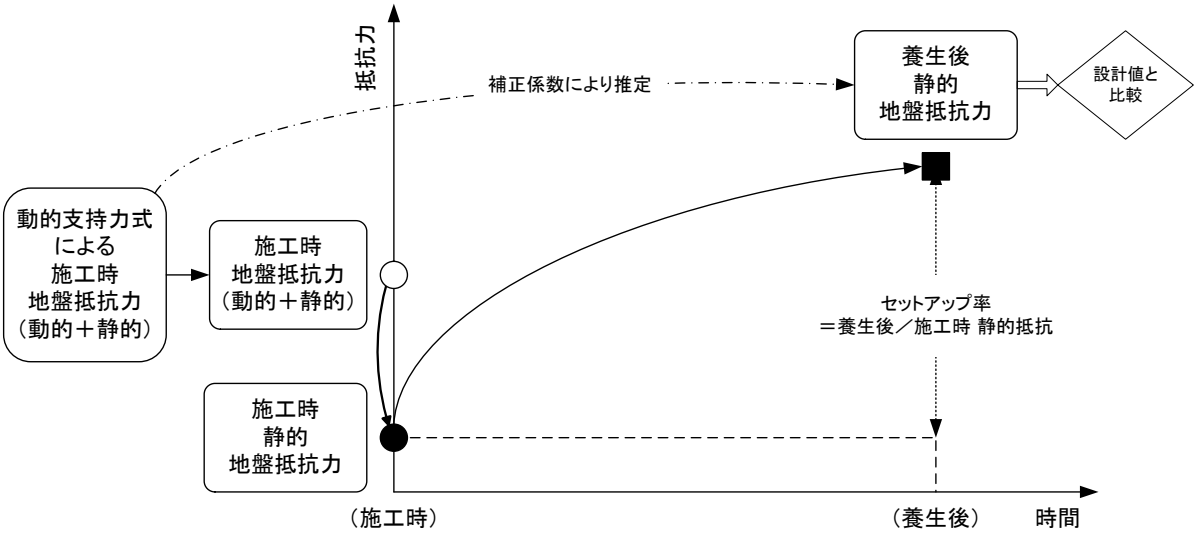


図 5.9.22　打撃工法における施工時と養生後の地盤抵抗力の模式図

施工時の動的＋静的地盤抵抗力を算出する動的支持力式から養生後の静的抵抗力を推定するためには、主に以下の影響を補正する必要がある。

・打止め管理式で採用している地盤抵抗力の算定式の誤差
・施工時の動的抵抗力の影響
・養生期間中のセットアップの影響
・真のハンマ効率（Hiley 系の式の場合）

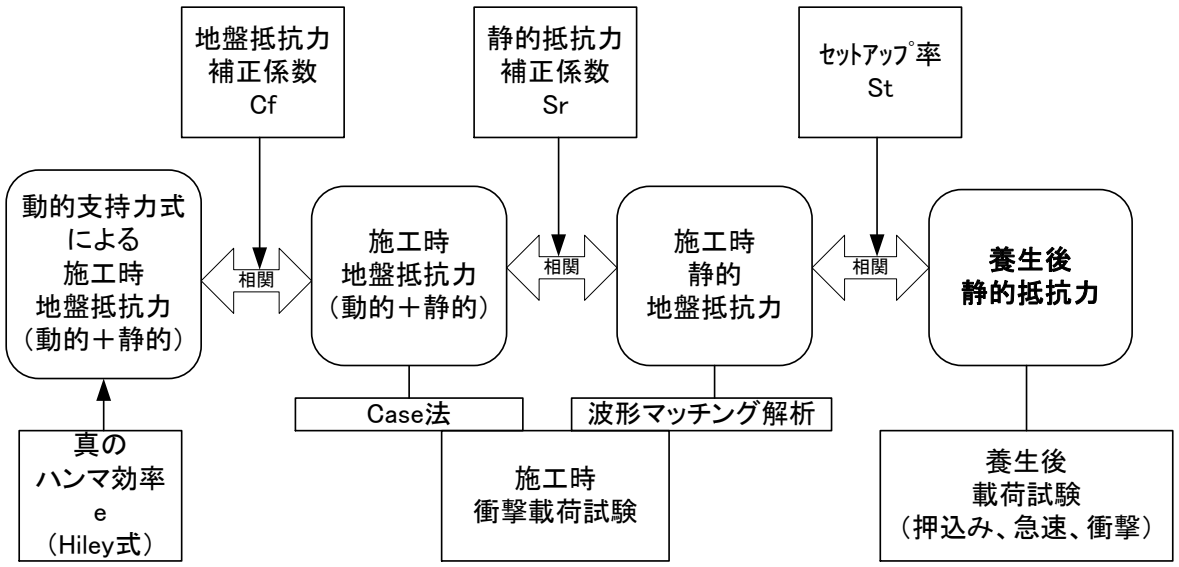


図 5.9.23　打止め管理式から養生後の静的抵抗力を推定するためのフロー

⑵　打止め管理式の適用性

現行の打止め管理式は、提案されてから長い期間が経過しており、その間に杭の仕様やハンマの性能も大きく変化してきている。養生後の静的抵抗力を推定する提案時の補正の考え方は、現状の杭やハンマの仕様に適合していないと判断される。したがって、現状では、打止め管理式から養生後の静的抵抗力を推定し、設計値と照査する支持力管理に適用するには信頼性が乏しい。

例えば、深度方向での算定値の変化による支持層深度の判定や、同じ敷地内での同一種類の杭に対する施工状態の比較などを目的に適用するのが良いと考えられる。

打止め管理式を支持力の管理に適用するためには、養生後の載荷試験を実施し、試験結果と試験杭の施工時のリバウンド・貫入量から算定した管理式の値との相関を把握して、管理式の係数を適切に補正して用いる必要がある。

⑶　現状の打止め管理式詳細

1)　宇都・冬木式（旧　道路橋示方書式）

$$R_a = \frac{1}{3}\left(\frac{AEK}{e_0 l_1} + \frac{\bar{N} U l_2}{e_f}\right)$$

ここに、

R_a　：許容支持力（kN）
A　：杭の断面積（m²）
E　：杭のヤング係数（kN/m²）
l_1　：動的先端支持力算定上の杭長　（m）
l_2　：地中に打込まれた杭の長さ（m）
U　：杭の周長（m）
$\bar{N}$　：杭周面の平均 N 値
K　：リバウンド量（m）
e_0　：杭体に生じる応力波の波長とリバウンドに関する補正係数
e_f　：杭の動的周面摩擦力の低減値に関する補正係数

第 1 項で先端支持力を算定する。打撃時の杭体の弾性縮み量（リバウンド K）に杭体のバネ定数 $\frac{AE}{l_1}$ を掛けた弾性力が杭の先端地盤抵抗力と釣合うとしている。ただし、施工時の周面抵抗力は、無視している。波動の影響を e_0 で補正しているとしているが、e_0 には動的抵抗力の影響、セットアップ率も含まれると考えられる。

第 2 項で周面摩擦力を算定する。周面地盤の平均 N 値に基づいて養生後の値を推定している。動的周面摩擦力としているがリバウンド・貫入量には無関係に算定される値である。

打止め管理のみに使用する目的から考えれば、「宇都・冬木式」では安全率 1/3 を除外し、第 1 項のみを打止め管理式として用いる「先端の貫入抵抗のみを評価する方法」が勧められる。

2)　Hiley 系の式

① Hiley の簡略式

$$R_{du} = \frac{e_f F}{S+\frac{K}{2}}$$

ここに、

R_{du} ：杭の動的極限支持力（kN）
e_f ：ハンマの効率（$e_f=0.5$）
S ：杭の貫入量（m）
K ：リバウンド量（m）
F ：ハンマエネルギー（kN･m）
　ドロップハンマ　$F=W_H H$
　油圧ハンマ　$F=2W_H H$
W_H ：ハンマのラム重量（kN）
H ：ラムの落下高（m）

杭を剛体として、打撃により地盤に貫入するときになす仕事（図 5.9.24 中の台形の面積）がハンマエネルギーFと釣り合う。貫入時の地盤抵抗 R_{du}は一定である。

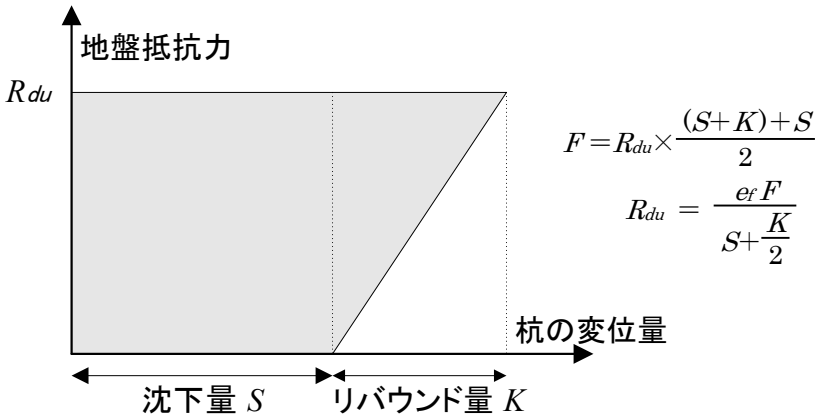


図 5.9.24　Hiley の簡略式におけるエネルギーの釣合い

剛体仮定なので杭が長くなるほど誤差が大きくなる。ハンマの効率 e_f には、実際のハンマ効率と動的抵抗力の影響、セットアップ率も含まれると考えられる。

©2026JASPP

② 5S の式（旧 建設省告示の式）

$$R_a = \frac{F}{5S+0.1}$$

ここに、

R_a ：長期応力に対する基礎杭の先端の地盤の許容支持力（kN）
S ：杭の貫入量（m）
K ：リバウンド量（m）
F ：ハンマエネルギー（kN･m）
　ドロップハンマ　$F = W_H H$
　油圧ハンマ　　$F = 2 W_H H$
W_H ：ハンマのラム重量（kN）
H ：ラムの落下高（m）

長期応力に対する安全率を 3 とすると式は下式となる。

$$R_u = \frac{3F}{5S+0.1}$$

ここに、

R_u：極限支持力（kN）

さらに式を変形すると、

$$R_u = \frac{0.6F}{S+\frac{0.04}{2}}$$

となり、Hiley の簡略式においてハンマ効率 e_f ＝0.6、リバウンド K ＝40mm とした場合と等しい。

③ IHC 提案の式

$$R_{du} = \frac{e_{f(IHC)} F}{S+\frac{K}{2}}$$

ここに、

R_{du} ：杭の動的極限支持力（kN）
$e_{f(IHC)}$ ：IHC ハンマの実績に基づいた補正係数
S ：杭の貫入量（m）
K ：リバウンド量（m）
F ：ハンマエネルギー（kN･m）

IHC ハンマについては、実績に基づいて、補正する係数（ここではハンマ効率と表現）として $e_{f(IHC)}$ ＝2.5 を採用している。また、ハンマエネルギーFは、ハンマ駆動時に測定するラムの落下速度から計算した値としている。

ハンマ効率が旧港湾基準と比べ大きくなっているのは、IHC ハンマがクッションを用いない構造でエネルギーの伝達効率（真のハンマ効率）が高いことと、国産の油圧ハンマと比較して打撃間隔が短く施工時に杭の周辺地盤を乱す度合が大きく施工時の地盤抵抗が小さくなり、結果としてセットアップ率が大きくなることが主な要因と考えられるが、公表された情報では定量的な根拠が明確ではない。

ⓒ2026JASPP

5.9.4　施工精度の確保

主に河川や海上で鋼管杭や鋼管矢板をフライングハンマ方式の打込み杭工法で施工する場合には、打込み初期に、軟弱地盤等において杭の建込み精度が安定するまでバイブロハンマによる打設を標準的に用いている。なお、これに関する留意事項については、**「杭基礎施工便覧」**[5.9-10)] 中の**「Ⅱ．各論 1.2 打込み杭工法（打撃工法）1.2.2 施工」**が参考となる。

また、杭の打設位置をリアルタイムで確認する方法として、GPS やトータルステーションを用いた杭打機誘導技術や杭位置測定技術が実用化されている。

1.　支持層・打止め管理用の施工管理装置

⑴　高速度カメラを用いた支持層到達確認と打止め管理装置

（一社）全国基礎工事業団体連絡会が開発した管理装置は、サンプリングモアレカメラ、制御・記録・作図用の PC および格子状の計測用シートから構成される。管理装置の構成を写真 5.9.2 に示す。計測方法は、杭から数十 m離れた位置に設置したサンプリングモアレカメラで杭表面に貼り付けた計測用シートに焦点を合わせ、打撃による杭貫入に伴う計測用シートの格子の変化から杭の変位を求める。この管理装置では、支持層到達と打止め判定に必要な貫入量（s）、リバウンド量（k）、打撃回数を連続計測してリアルタイムで作図できる。計測時の PC 画面を写真 5.9.3 に示す。打止め管理式は、宇都・冬木の式、Hiley の簡略式および旧建設省告示の式に対応可能である。また、無線通信によって、計測現場から離れた場所での PC 上で結果をリアルタイムで見ることができる。

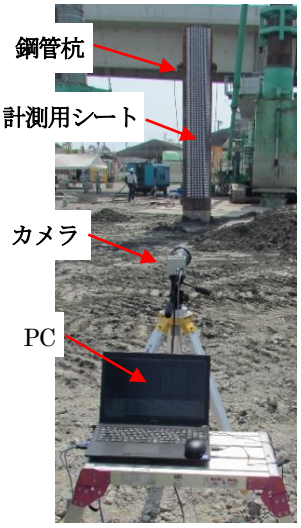
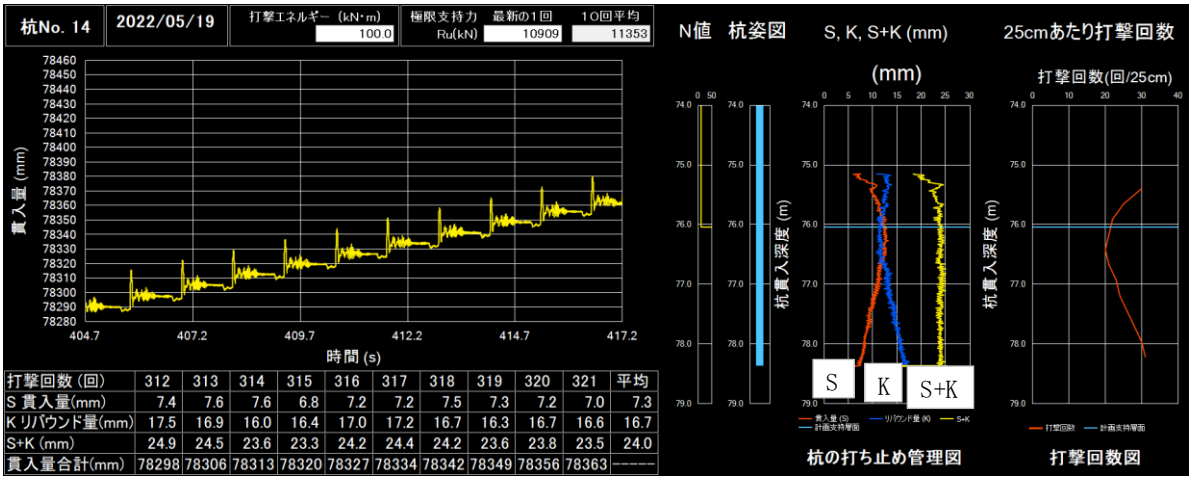


写真 5.9.2 装置の構成



打撃回数（回）	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	平均
S 貫入量(mm)	7.4	7.6	7.6	6.8	7.2	7.2	7.5	7.3	7.2	7.0	7.3
K リバウンド量(mm)	17.5	16.9	16.0	16.4	17.0	17.2	16.7	16.3	16.7	16.6	16.7
S+K (mm)	24.9	24.5	23.6	23.3	24.2	24.4	24.2	23.6	23.8	23.5	24.0
貫入量合計(mm)	78298	78306	78313	78320	78327	78334	78342	78349	78356	78363	―――

写真 5.9.3　計測時の PC 画面

⑵　ヤットコを用いた打止め管理手法開発

従来の管理手法とヤットコを用いた打止め管理手法の比較説明[5.9-11, 12)]を図 5.9.25 に示す。

©2026JASPP

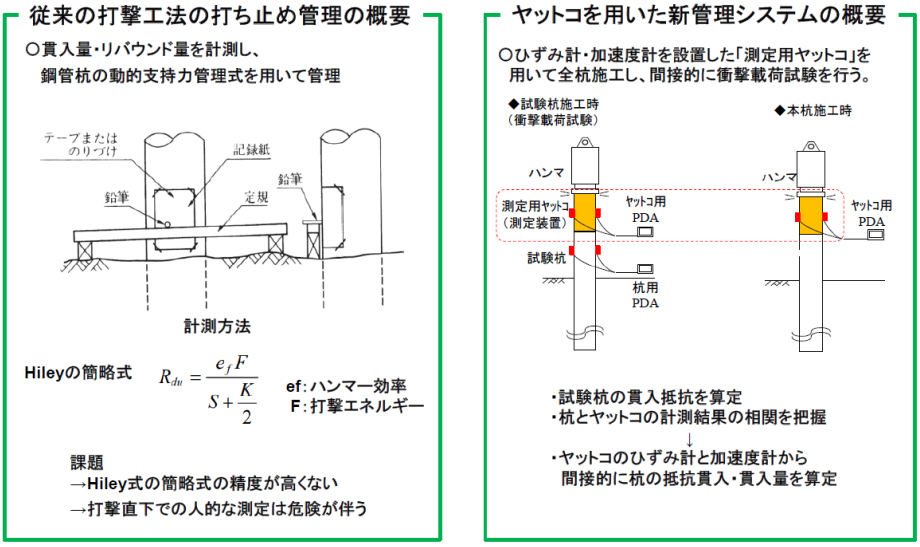


図 5.9.25　管理システムの概要（新旧比較）

この装置の使用により下記のような打止め管理の精度向上がみこまれる。

・全杭で間接的な衝撃載荷試験を実施できることから、より精度の高い支持力確認が可能となる。

・連続計測により、支持層到達確認等が容易になる。

・支持力不足の懸念が生じた際は、データ解析により詳細な確認が可能となる。

また、計測の無人化による効果として下記の効果が期待できる。

・ハンマ直下や足場が悪い中での危険作業を排除できる。

・計測のための杭打ち作業の一時中断が不要で、連続して作業を行うことができる。

・計測作業における個人差や人的ミスを排除できる。

2.　出来形管理装置

近年、杭心や傾きを計測し、出来形管理を行う装置は数多くのものが開発されており、実用化されている。詳しくは、**国土交通省**の**「新技術情報提供システム（NETIS)」**で確認することができる

参考文献

5.9-1）日本港湾協会：港湾土木請負工事積算基準 令和5年度改訂版，p3-4.5-(2) 2023年4月
5.9-5）鋼管杭協会 特別技術委員会 施工分科会：鋼管杭協会報告 第3号 鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ，鋼管杭協会，1982年
5.9-2）(Adhémar Jean Claude) Barré de Saint-Venant：Théorie de l'élasticité des corps solides, 1881.
5.9-3）加藤勉，秋山宏，鈴木弘之：軸圧縮応力を受ける鋼管の塑性局部座屈耐力，日本建築学会論文報告集，第204号，pp.9～17，1973年2月
5.9-4）岸田英明，高野昭信：鋼管杭の座屈と端部補強，日本建築学会論文報告集、第213号，pp.29～38，1973年11月
5.9-6）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成29年度改訂），2017年11月
5.9-7）土木研究所：軟岩を支持層とする杭の支持力に関する実験的研究，土木研究所資料 第2720号，1989年2月
5.9-8）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），2022年1月
5.9-9）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，2019年7月
5.9-10）日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.9-11）時田知典，塩崎禎郎，北濱雅司，坂本俊彦，相和明男，宮北啓伍：測定用ヤットコを用いた鋼管杭の打止め管理について，第57回地盤工学研究発表会発表講演集，p21-6-2-03，2022年6月
5.9-12）塩崎禎郎，時田知典，及川森，森本凌，森安俊介，西部和生：測定用ヤットコを用いた鋼管杭の打止め管理に関する実海域実験，第59回地盤工学研究発表会発表講演集，pDS-4-05，2024年6月

出典

5.9-① 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p6 図-2.1，2019年7月
5.9-② 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p7 図-2.2，2019年7月
5.9-③ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p7 図-2.3，2019年7月
5.9-④ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p8 表-2.1，2019年7月
5.9-⑤ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p8 写真-2.1，2019年7月
5.9-⑥ 建設物価調査会：国土交通省土木工事積算基準 令和6年度版，p102 図3-1，2025年5月
5.9-⑦ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p10 図-2.6，2019年7月
5.9-⑧ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p11 図-2.8，2019年7月
5.9-⑨ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p13 図-2.10，2019年7月
5.9-⑩ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭の打撃工法 施工管理要領［Edition 1.0］，p13 表-2.3，2019年7月

ⓒ2026JASPP

5.9-⑪ 宇都一馬，冬木衛，近藤博：くいの打撃応力におよぼすハンマーの重量について，第 5 回土木学会関東支部年次研究発表講演梗概集，p116 図-4，1978 年
5.9-⑫ 鋼管杭協会：鋼管杭の施工限界と施工能力，p20，1995 年
5.9-⑬ 鋼管杭協会：鋼管杭の施工限界と施工能力，p13 図･7，1995 年
5.9-⑭ 鋼管杭協会：鋼管杭の施工限界と施工能力，p9 図･3，1995 年
5.9-⑮ 鋼管杭協会：鋼管杭の施工限界と施工能力，p9 図･4，1995 年
5.9-⑯ 鋼管杭協会：鋼管杭の施工限界と施工能力，p15 図･9，1995 年
5.9-⑰ 鋼管杭協会：鋼管杭の施工限界と施工能力，p5 図･1，1995 年
5.9-⑱ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第 3 版），p276 表-3.8.4，2022 年 1 月

　ⓒ2026JASPP

5.10　バイブロハンマ工法の施工および施工管理

5.10.1　一般

1.　概要

バイブロハンマは、特殊耐震型電動モータまたは油圧モータを駆動力とし、偏心重錘を同位相で互いに逆回転させて把持した杭に上下振動を与えるもので、その振動力により鋼杭の打込み・引抜きに使用される。ただし、支持層での打設にあたり支持層確認や打止め管理が必ずしも明確化されておらず、載荷試験での先端支持力の確認例も少ないことから、支持層での適切な打止め、先端支持力の発現のために打撃工法などを併用することがある。

工法設備の構成は比較的簡単であり、作業性や経済性に優れる利点を持つが、施工時の地盤振動が避けられないため、施工環境に配慮する必要がある。また、ヤットコを用いることで水深 10m 程度まで水中打込みができることや、バイブロハンマの振動が杭打機リーダに伝播することを防ぐための特殊な緩衝装置を装着することで、直杭の他に傾斜角 20 度程度の斜杭の施工も可能である。

なお、一般的な鋼管杭の杭径を大きく超えるようなものをバイブロハンマで打設する場合には、複数台のバイブロハンマを用いて施工する集合バイブロハンマ施工が行われることもある。

2.　施工手順

バイブロハンマ工法の標準的な施工フローを図 5.10.1 に、施工手順図を図 5.10.2 に示す。杭を把持する方法としては、鋼管杭専用の油圧チャック装置（鋼管チャック）を用いる方法と、杭の頭部にチャッキングプレートを溶接して標準チャック（120kW 以下）を用いる方法があるが、大径杭の場合には鋼管杭専用チャックの使用が一般的である。

ⓒ2026JASPP

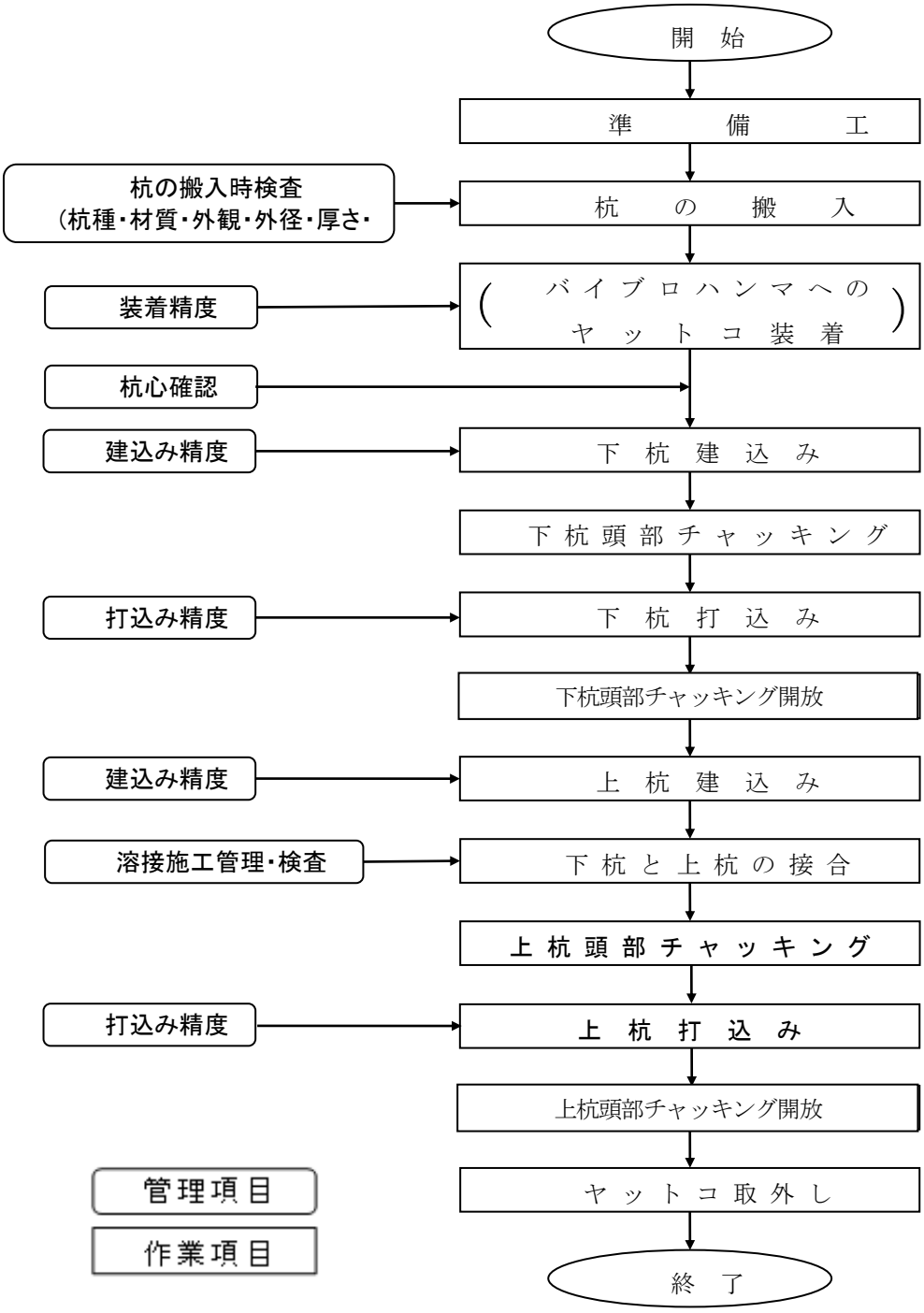
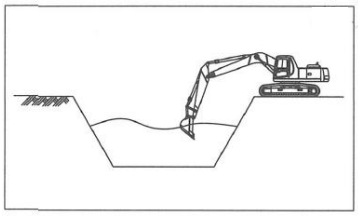
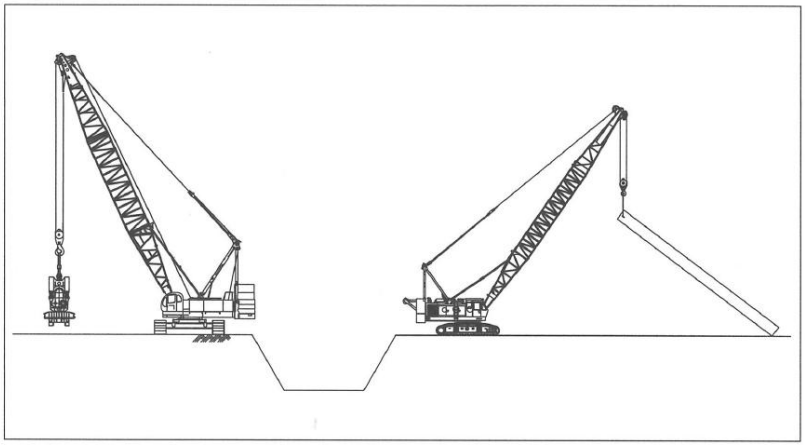


図 5.10.1　バイブロハンマ工法の標準施工フロー（出典 5.10-①）

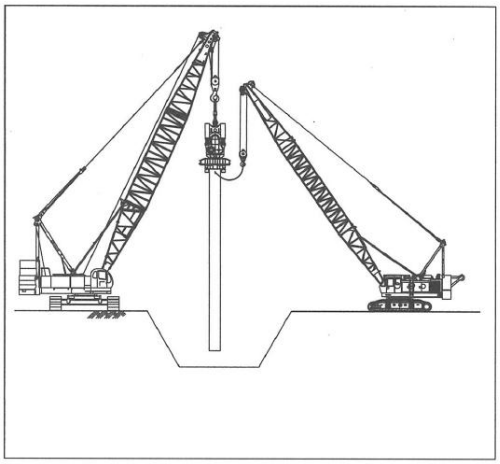
①床掘り



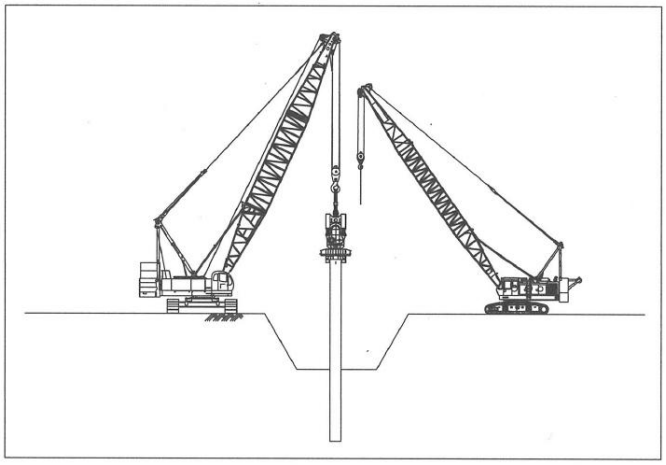
②杭吊り込み



③チャッキング／建込み



④打込み



⑤打止め

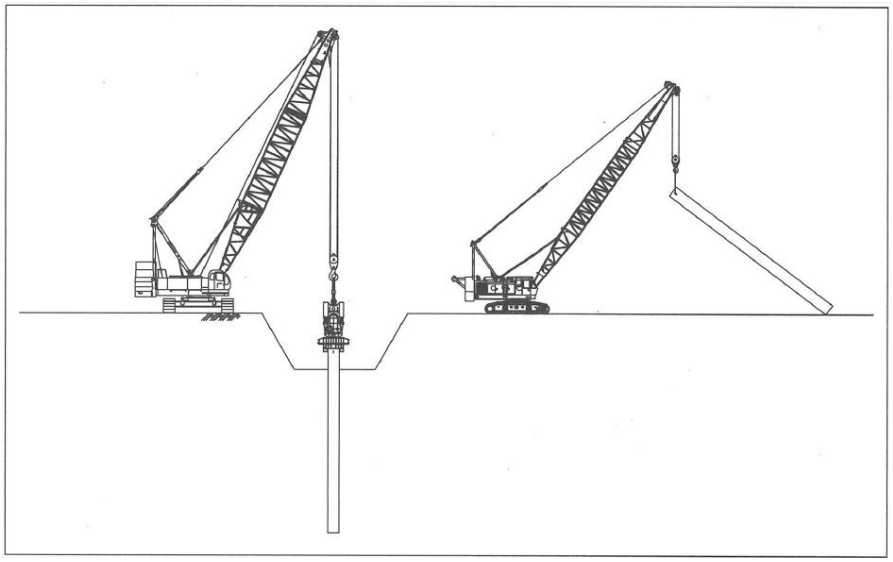


図 5.10.2　床掘りして施工する場合の施工手順例（出典 5.10-②）

ⓒ2026JASPP

3.　施工機械および設備機器

図 5.10.3 に施工で使用する施工機械・設備機器の例を示す。

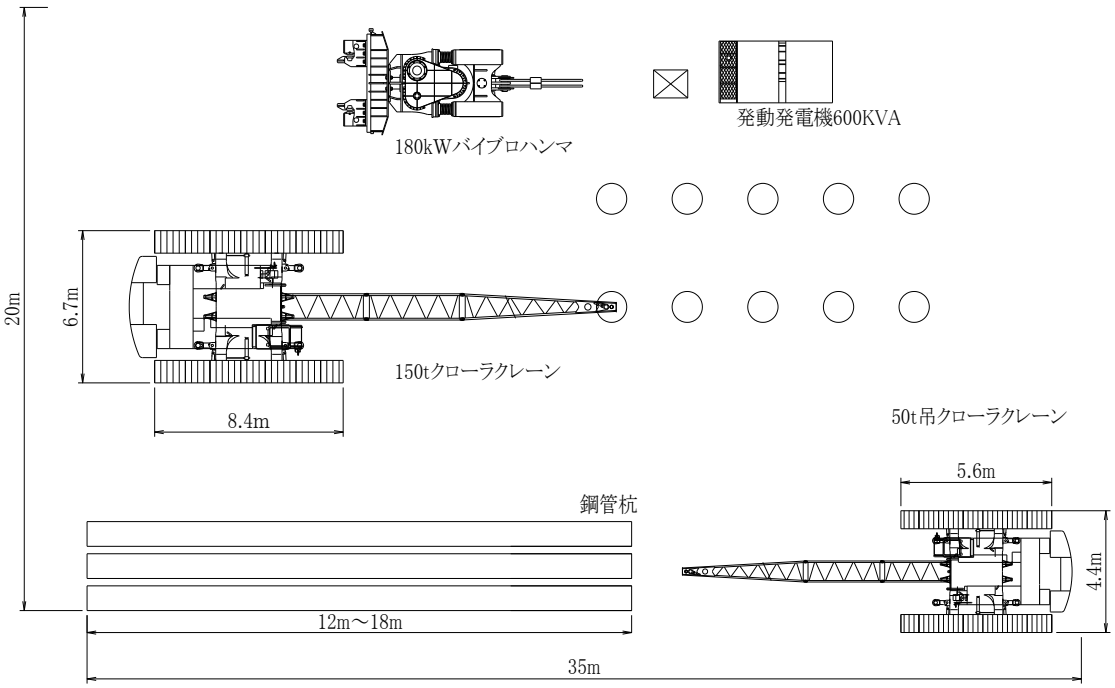


図 5.10.3　バイブロハンマ工法の機械構成例（出典 5.10-③）

(1)　ベースマシン

ここでは、ベースマシンの選定方法を、次の 3 ケースについて示す。

1)　標準施工

作業時のブーム仰角が 70°以上

2)　特殊施工

作業半径が大きい場合等で作業時のブーム仰角が 70°未満

3)　起振力が大きいバイブロハンマによる施工

出力 90kW 以上の電動バイブロハンマ、起振力 1262kN 以上の油圧バイブロハンマの場合

1)　標準施工の場合

（ｉ）　陸上施工

陸上施工のベースマシンは、クローラクレーンを標準とし、その能力を表 5.10.1 に示す。

ⓒ2026JASPP

表 5.10.1　鋼管杭施工のベースマシン能力（出典 5.10-④に加筆）

条件	主クレーン	補助クレーン
陸上施工	クローラクレーン	クローラクレーン
	（油）　　t 吊	（油）　　t 吊

注 1）主クレーンの規格は、バイブロハンマ重量（鋼管チャック重量を含む）と杭重量から式 (5.10.1)で算定する。

$C_f = (W_v + W_p) \times 6$ ・・・

表 5.10.3 油圧式バイブロハンマによる鋼管杭施工のベースマシン能力（出典 5.10-⑥に加筆）

船種・機種	バイブロハンマ規格					数量	摘要
	107kW (473kN)	168kW (767kN)	172kW (929kN)	264kW (1684kN)	389kW (2579kN)		
クレーン付台船 または 起重機船・杭打船	クレーン付台船 または起重機船		起重機船または杭打船			1	注 1)
	t 吊	t 吊	t 吊	t 吊	t 吊		
台船	鋼　t 吊		鋼　t 吊			1	注 2)
引船	鋼　PS 型		鋼　PS 型			1	
揚錨船	鋼 D　5t 吊					1	
潜水士船	D180PS 型　3～5t 吊						注 3)

注 1) クレーン付台船の規格は、陸上施工の主クレーン規格の選定と同様に、クレーンの最大吊上げ荷重をもとに選定する。
注 2) 台船および引船の規格は、鋼管杭運搬の規格とする。
注 3) 潜水士船は、必要に応じて、1 日計上することができる。
注 4) 本表規格のクレーン規格は標準的な施工条件（作業時のブーム仰角が 70° 以上）を想定している。
注 5) 作業半径が広い等の作業条件により、標準的な施工条件に適合しない場合は、「2）特殊施工の場合」により算定する。

2)　特殊施工の場合

標準外施工条件下で必要なクレーンの吊上げ能力は、式 (5.10.2) により求まるクレーンの正味吊上げ荷重で確認する。標準外施工条件下とは作業半径が大きい場合等で作業時のブーム仰角が 70 度未満となる場合である。適合するクレーン能力の選定は、正味吊上げ荷重の算定と現場の作業半径において十分な地上高さ（図 5.10.4 参照）を確保できるブーム長を選定したうえで、各クレーンメーカーのクレーン性能表（定格荷重表）に基づいて行う。

$$F = W_c + W + W_p + \left(\frac{P_0}{g} \times \alpha \right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 式\ (5.10.2)$$

ここに、

F　：クレーンの正味吊上げ荷重 (tf)
W_c　：クレーンフックの重量 (tf)（クレーンカタログを参照）
W　：バイブロハンマの本体重量 (tf)（表 5.10.4、表 5.10.5 参照）
W_p　：材料の重量 (tf)（継杭の場合は図 5.10.5 参照）
P_o　：バイブロハンマの最大起振力 (kN)
α　：作業係数　打込み時：0.15、引抜き時：0.25

©2026JASPP

表 5.10.4　クレーン能力算定のためのバイブロハンマ本体重量表（標準チャック・鋼管チャック装着時）
（出典 5.10-⑦に加筆）

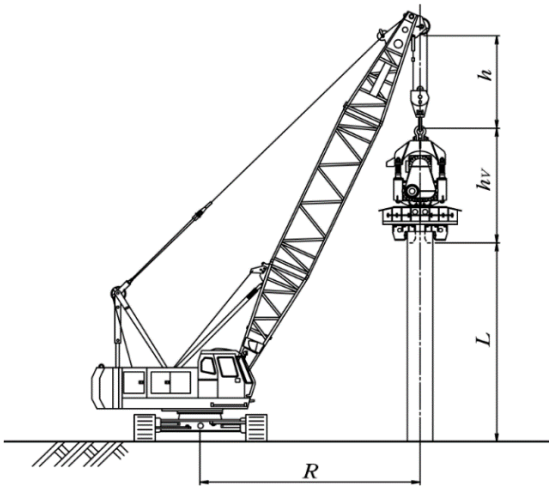
バイブロハンマ型式名	定格出力 (kW)	最大起振力 (kN)	本体重量（tf）		本体全高（m）	
			標準チャック装着時	鋼管チャック装着時	標準チャック装着時	鋼管チャック装着時
ZERO-60VR	45	332	4.23	－	3.01	－
ZERO-80VR	60	478	5.67	－	3.31	－
ZERO-120VR	90	571	7.13	8.69	3.62	3.67
ZERO-160VR	120	685	9.70	11.90	3.98	4.13
ZERO-200ⅡMR	180	1123	－	19.80	－	6.81
ZERO-320ⅡMR	240	1988	－	38.40	－	8.06
ZERO-640ⅡMR	480	3976	－	79.93	－	10.82
SR-30	78	347	4.00	－	3.09	－
SR-45	107	474	6.50	7.84	3.48	3.69
SR-60	168	767	7.18	7.42	3.76	3.68
HV-300	172	929	5.85	6.05	2.71	2.64
HV-600	264	1684	－	11.90	－	3.09
HV-1200	389	2579	－	19.00	－	3.71
PVE-28VM	344	1600	－	7.53	－	3.07
PVE-90VM	1202	4477	－	25.14	－	4.05
PVE-55M	359	1711	－	8.60	－	2.69
PVE-82M	518	2567	－	11.14	－	3.18
PVE-110M	557	2198	－	15.24	－	3.32
PVE-150M	754	3224	－	23.18	－	3.52
PVE-200M	980	4300	－	36.68	－	4.05
PVE-250MS	1130	5449	－	43.70	－	4.05
PVE-300M	1633	6150	－	54.41	－	5.04

表 5.10.5　クレーン能力算定のためのバイブロハンマ本体重量表（ハットチャック装着時）（出典 5.10-⑧）

バイブロハンマ型式名	定格出力 (kW)	最大起振力 (kN)	本体重量（tf）			本体全高（m）		
			10H 用	25H 用	45,50H 用	10H 用	25 用	45,50H 用
ZERO-80VR	60	478	6.42			3.30		
ZERO-120VR	90	68.5	7.44			3.50		
ZERO-160VR	120	685	11.12	－		4.25	－	
SR-45	107	474	7.42			3.63		
SR-60	168	767	－	6.06	6.08	－	3.47	3.47

ⓒ2026JASPP

クレーン能力算定のための参考図を図 5.10.4 に示す。



h　：フック巻上げ限界（m）
　　（クレーンカタログを参照）
hv　：バイブロハンマ全高（m）
L　：材料の全長（m）
R　：作業半径（m）

図 5.10.4　クレーン能力算定参考図（出典 5.10-⑨）

継杭の場合の材料重量は、杭長の 50%以上を打込むと材料の自立と鉛直精度が確保され、それ以後打止めに至るまではバイブロハンマ本体重量を材料に預けることが可能であり、この時点におけるクレーンの吊り荷重が最大となる。よって、材料の重量　としては、下杭または下杭と中杭の長さが杭全長の 50%以上になるとき（図 5.10.5 の例では下杭＋中杭）の重量を採用する。

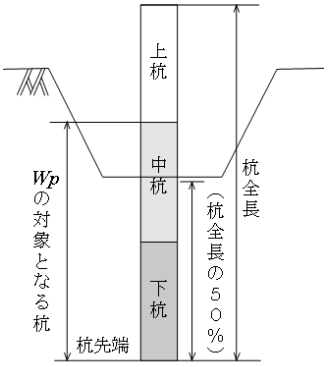


図 5.10.5 継杭施工時の材料重量の考え方（出典 5.10-⑩）

3)　起振力の大きいバイブロハンマの場合

クレーンの正味吊上げ荷重は、安全率を乗じて算出する場合もある。ここでは、実大試験結果を参考に打込み時においては安全率 1.2 を推奨する。本実大試験では、杭を空中吊りする最も厳しい条件下で実施され、安全性を十分に考慮した評価値として安全率＝1.2 が得られている。

ここで、大型のバイブロハンマについては、出力 90kW 以上の電動ゼロバイブロハンマもしくは起振力 1,265kN 以上の油圧バイブロハンマとする。

①　打込み時

$$F = (W_c + W + W_p) \times W_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 式\ (5.10.3)$$

F　：クレーンの正味吊上げ荷重（tf）
W_c　：クレーンフックの重量（tf）（クレーンカタログを参照）

W ：バイブロハンマの本体総重量（tf）（表 5.10.3 参照）

W_p ：鋼管杭の重量（tf）

W_s ：バイブロ作業の安全率＝1.2

② 引抜き時

$$F = (W_c + W + W_p + W_r) \times W_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad 式\ (5.10.4)$$

W_r ：引抜き時の動摩擦抵抗力（tf）

$$Wr = \mu \times W_T$$

μ ：低減率

砂・砂礫 ＝ $0.05 + (1 - 0.05) \times e^{-0.52\eta_G}$

シルト ＝ $0.06 + (1 - 0.06) \times e^{-0.52\eta_G}$

粘土 ＝ $0.13 + (1 - 0.13) \times e^{-0.52\eta_G}$

e ：自然対数の底

η_G ：バイブロハンマ運転時の振動加速度の重力加速度比

：$\eta_G = (P_0 \times 103) / \{9.81 \times (W_V + W_p)$

P_0 ：バイブロハンマの起振力（kN）

W_V ：バイブロハンマの振動部質量（kg）

W_T ：静的摩擦力（kN）

$$W_T = \alpha\ (N \times \Sigma L) \times U$$

α ：換算係数

砂・砂礫 ＝ 2

シルト ＝ 5

粘土 ＝ 5

N ：土質ごとの平均 N 値

ΣL ：土質ごとの合計層厚（m）

U ：鋼管杭の周長（m）

⑵ バイブロハンマ

鋼管杭の打込みに使用されるバイブロハンマには電動式と油圧式がある。電動式バイブロハンマは設定振動周波数により高周波型と低周波型に分類される。油圧式バイブロハンマは、より高い騒音・振動対策性をもつ油圧式可変超高周波型等が開発されている。また、最近は起振力を起動・停止時にゼロにするとともに、運転中自由に可変する機構を組み込んだ可変モーメント型が普及している。電動式バイブロハンマと油圧式バイブロハンマの区分を表 5.10.6 に示す。

バイブロハンマの規格は、土質条件や施工する杭の仕様などを考慮して施工に適した容量を選定しなければならない。これまでの施工試験結果等より作成した鋼管杭の打込みに用いるバイブロハンマの選定図を図 5.10.6 に示す。なお、貫入抵抗値（鋼管杭）は式 (5.10.5) を用いて算出するが、この値はバイブロハンマの選定のための便宜的なものであり、鋼管杭の支持力や施工中の地盤抵抗の実態を示すものではないことに留意する必要がある。

ⓒ2026JASPP

表 5.10.6　バイブロハンマの区分（出典 5.10-⑪に加筆）

区　分	電動式		油圧式		
	可変モーメント型		可変モーメント超高周波型	可変高周波型	油圧ショベル装着式
出　力	45～120kW（4規格）	180～480kW（3規格）	78～168kW（3規格）	172～708kW（3規格）	16～54kW（4規格）
周波数（f）	f≧16.3Hz	f≦13.3Hz	f≧60Hz	18.3Hz≦f＜28Hz	26.7Hz≦f≦36.7Hz
主な用途	主に鋼矢板・H形鋼杭に適用する。	主に大型の鋼管杭・鋼管矢板に適用する。	主に振動・騒音対策を必要とする施工で、鋼矢板・H形鋼杭に適用する。	鋼矢板、H形鋼杭の他小型の鋼管杭・鋼管矢板に適用する。振動・騒音対策を必要とする施工にも適用する。	振動・騒音対策を必要とする施工で、軽量鋼矢板やⅢ型以下の鋼矢板、250以下のH 形鋼杭に適用する

・貫入抵抗値（鋼管杭の場合）の計算

$R_1=300\times N\times A_p+2\times \bar{N}\times L_b\times A_s$　（少数第 1 位四捨五入）　・・・・・・・・・・・・・・・・・　式（5.10.5）

ここに、

R_1　：鋼管杭の貫入抵抗値（kN）

A_p　：鋼管杭の先端面積（閉塞率 100%）（m²）

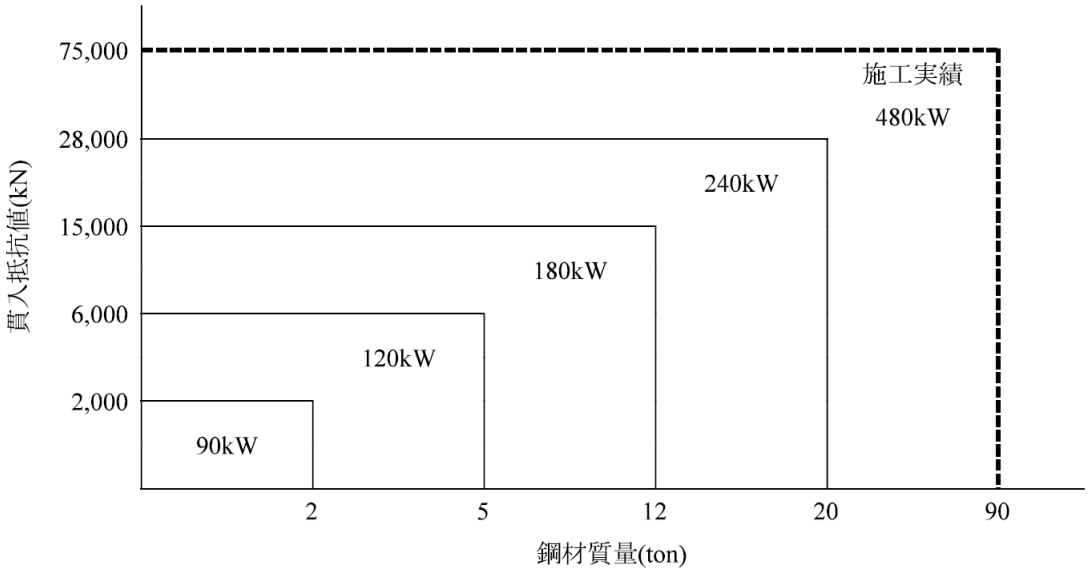
L_b　：鋼管杭の打設長（m）

A_s　：鋼管杭の周長（m）

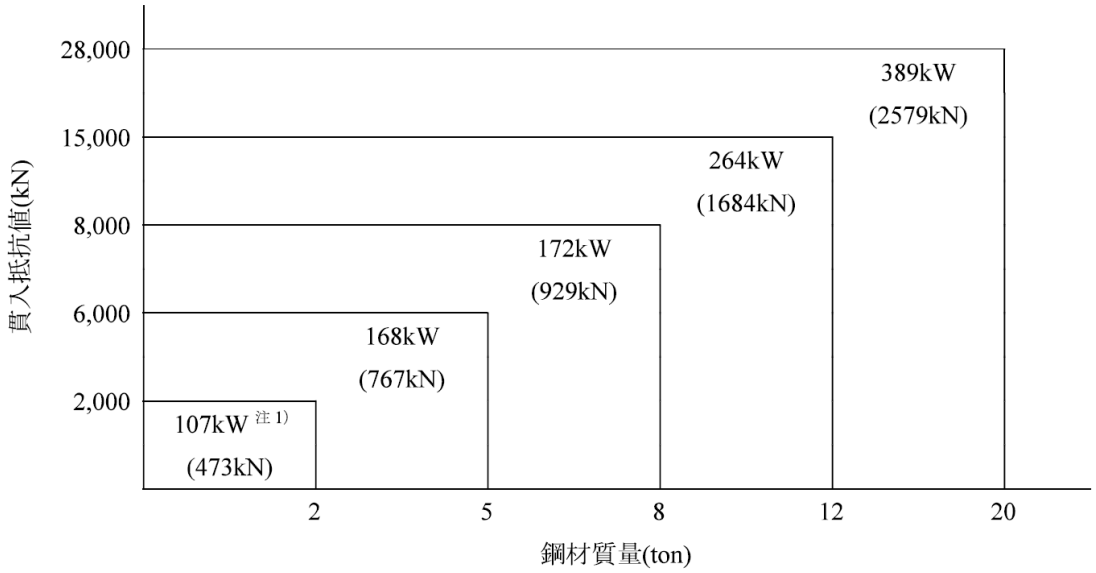
N　：鋼管杭先端地盤の N 値

$\bar{N}$　：鋼管杭周辺地盤の加重平均 N 値
（表層から連続する N 値＝0 の区間は根入れ長に加算しない。）

$R=R_1+R_j$（少数第 1 位四捨五入）　・・・・・・・・・・・・・・・・・



（a）電動式バイブロハンマ可変モーメント型（出典 5.10-⑫）



注 1) 170kW の規格は、排出ガス対策型（第 3 次基準）とする。
注 2) 油圧式バイブロハンマの kW は換算モータ出力を表わす（換算モータ出直とは油圧バイブロハンマのエンジン出力をモータ出力に変換した値）。() 内の kN は起振力を表わす。

（b）油圧式バイブロハンマ（出典 5.10-⑬）

図 5.10.6　バイブロハンマ標準選定図

⑶　補助クレーン

クローラクレーンまたはラフテレーンクレーンを用いる。鋼管等の総重量および作業性、作業半径等を考慮して適切な吊り能力のものを選定する。

ⓒ2026JASPP

⑷　ヤットコ

ヤットコは図 5.10.7 に示すように一般にバイブロハンマと油圧チャックの間にセットする。油圧チャックは水没しても問題がないため、杭頭が水面下になる杭も打設可能である。

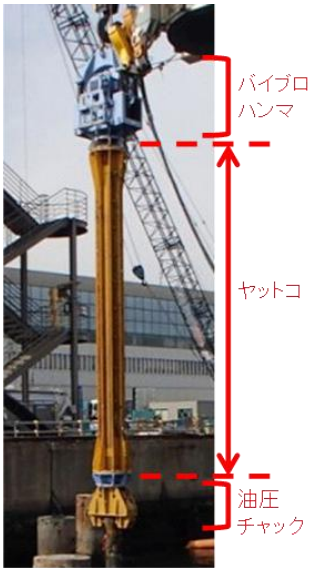


図 5.10.7　ヤットコ使用例
（出典 5.10-⑮）

⑸　電力設備

発動発電機を使用する場合は、バイブロハンマの諸元等を考慮して設定する。表 5.10.7 に発動発電機選定の例を示す。機器の最大容量で発動発電機の容量を決定する。

表 5.10.7　発動発電機選定表の例（出典 5.10-⑭）

バイブロハンマ定格出力	発電機	台　数
45 kW	150 kVA	1
60 kW	200 kVA	1
90 kW	300 kVA	1
120 kW	400 kVA	1
180 kW	600 kVA	1
240 kW	800 kVA	1
480 kW	800 kVA	2

⑹　チャック装置

バイブロハンマの振動力を杭に伝える方法として、鋼管専用の油圧チャック（鋼管チャック）を用いる方法と杭頭部に溶接取付けしたチャッキングプレートによる方法がある。

1)　鋼管専用の油圧チャックによる把持方式（標準）

バイブロハンマの能力および鋼管杭の外径、板厚に合わせて把持が可能であり、現在は外径 500mm 以上の杭に適合するチャック装置が、バイブロハンマの能力ごとに数多く準備されている。図 5.10.8 に鋼管専用の油圧チャック装置による把持方法の例を示す。

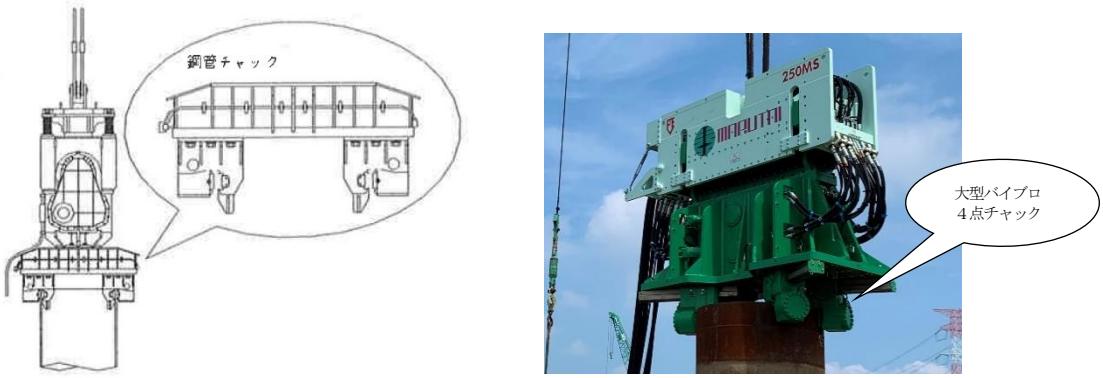


図 5.10.8　鋼管専用の油圧チャックによる把持方法の例（出典 5.10-⑯に加筆）

2)　チャッキングプレートによる把持方式

外径 500mm 未満の鋼管においては、適合する鋼管チャック装置の準備が少数であるため、鋼管頭部にチャッキングプレートを溶接取付けし、油圧チャック装置でプレートを把持する方法を標準とする。図 5.10.9 にチャッキングプレートの取付け例を示す。

ⓒ2026JASPP

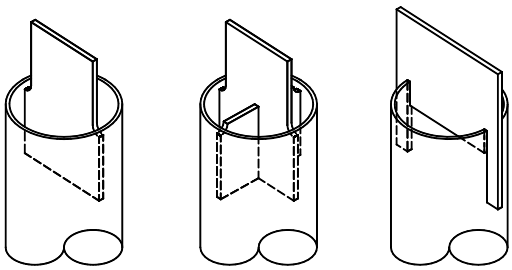


図 5.10.9　チャッキングプレートの取付け例（出典 5.10-⑰）

5.10.2　施工手順

1.　鋼管杭の建込み

⑴　杭心出し

鋼管杭のバイブロハンマ工法では、図 5.10.10 に示すように杭心位置から杭の半径ほど離れた場所に、杭を挟んで平行に導枠を設置する。導枠は、杭打ち作業によって変形しない堅固なものにするとともに、杭の建込み位置を決定し、施工中における杭心ずれの防止の役目も果すため、導杭にしっかりと固定しなければならない。なお、現場で導杭を打てない場合には、別の方法を適用する場合もある。

逃げ心は地上部に設けることが多く、スケールを用いて杭心の確認を行う。

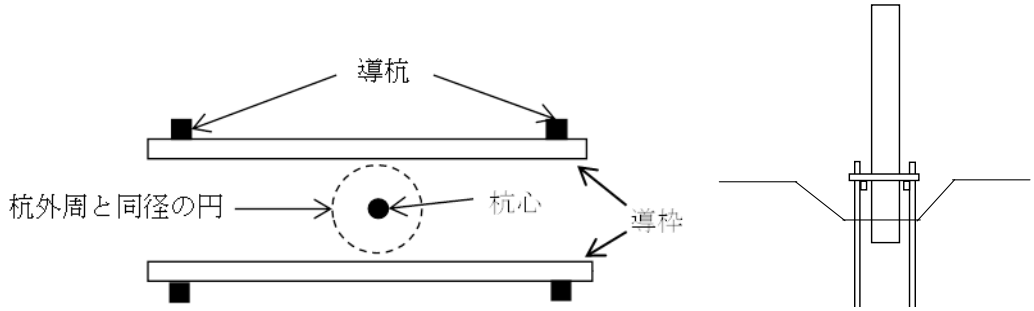


図 5.10.10　導枠の設置（出典 5.10-⑱）

⑵　鋼管杭の吊込み

図 5.10.11 に示すように、鋼管杭は補助クレーンを使用して吊込むことが一般的である。施工時の安全性や施工性を考慮して、各単管に吊金具を取り付けることが望ましい。

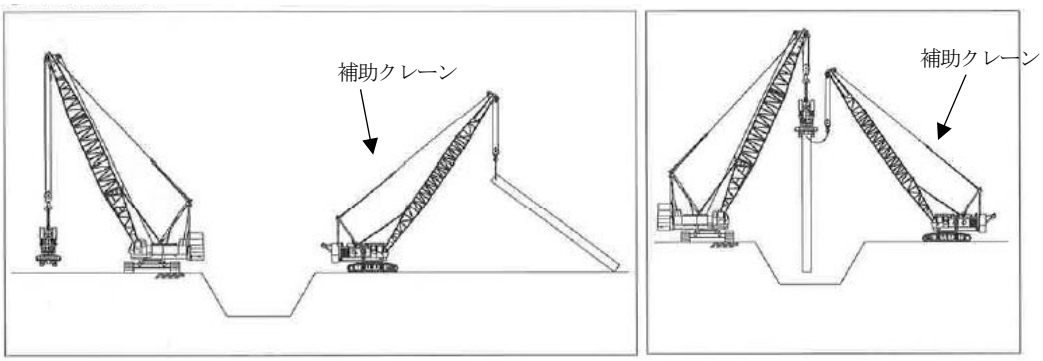


図 5.10.11　鋼管杭の吊込み状況（出典 5.10-⑲）

ⓒ2026JASPP

⑶　鋼管杭の建込み

杭の建込みは、一般に補助クレーンを用いて行い、導枠もしくは吊込み用仮設やぐらに建込み、十分な安定を確保してクローラクレーンに吊り下げられたバイブロハンマで把持する。この際、鋼管の溶接部を把持すると、長時間の起振により溶接部から疲労亀裂を発生させるおそれがあるため、溶接部を避けて把持する。

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。

2.　バイブロハンマ打設

⑴　作業要領

杭の打ち始めは吊り気味にして杭心、鉛直度を確認し、その後に本打ちに移る。地盤条件によっては自重のみで地中に大きく貫入する場合もあるので、徐々に打ち下げて杭心の位置がずれないようにする。また、傾斜角の大きい斜杭の場合、過大な速度で打込むとベースマシンの重心の移動が急激に起こり、転倒事故などに原因となることから、徐々に打下げて杭の角度を正しく調整した後に連続打込みを行う。

なお、打込みの初期において杭が傾斜した場合は、所定の角度になるように引き起こしての修正や、引抜いて打ち直しを行うことが可能であるが、杭周辺地盤を緩めるおそれがあり極力避けるようにする。

バイブロハンマには、偏心モーメントを自由に変えることができる可変モーメント型と偏心モーメントが一定の普通型がある。

このうち、可変モーメント型は、起振時や停止時にクレーンブームの固有振動数領域の通過時に偏心モーメントをゼロとして、クレーンブームの共振を防止することができる。

一方、普通型油圧バイブロハンマは、その油圧機構の特性から、立ち上がり時においては最大起振力が発現するまでの時間が短いため、クレーンの共振周波数領域を瞬時に通過してしまうこと、その時点の起振力が小さいことにより、クレーンブームの共振はさほど大きくない。しかしながら、停止時においては起振力がゼロに下がるまでに要する時間が起振時に比較して長いことから、クレーンの共振周波数領域を瞬時には通過できない。このため、その時点での起振力が小さくても、クレーンブームに比較的大きな共振が発生する。このようなバイブロハンマの特性を踏まえて標準的な作業手順を以下に示す。

1)　打込み作業時

・杭を導枠（定規）の内に納め、横ブレを抑制した状態で起動する。
・最大起振力による作業時は、クレーンの吊り荷重は安定しているため、荷重計と貫入量を見比べながら慎重に打込み作業を行う。
・停止時は、吊り荷重を地山に預けた状態とし、クレーンの吊りワイヤを緩めた状態にしてバイブロハンマの振動がクレーンブームまで伝わりにくくすることにより共振を抑制して停止させる（停止後に杭の把持を解除する際には、バイブロハンマ本体が倒れない程度にクレーンの吊りワイヤを張りなおすこと）。

2)　引抜き作業時

・引抜き作業時においても、起振時と最大起振力における作業時の状態は打込み時と同様であるが、停止時においては、打込み作業時の対応ほど共振を防止する有効な操作方法はない。引抜き作業の終了方法については、引抜き作業の進捗に伴って吊り荷重が静止吊り荷重に近づいてきた状況で、杭の下

ⓒ2026JASPP

部が地中に残った状態にあるうちにクレーンの吊りワイヤを緩め、振動を停止した後に杭を素抜きする。

⑵　支持層への貫入性

打込の可否をきめる要因は、以下 3 項の通りである。

1) 支持層の土質と硬さ。

2) 支持層よりも上層にある土質と硬さ。

3) 支持層の地表からの深さ。

杭の支持層への打設においては、岩盤は勿論のこと、礫質・砂質・粘土質のいずれの場合も、N 値が 50 を超える土質であれば貫入不能となる危険性がある。

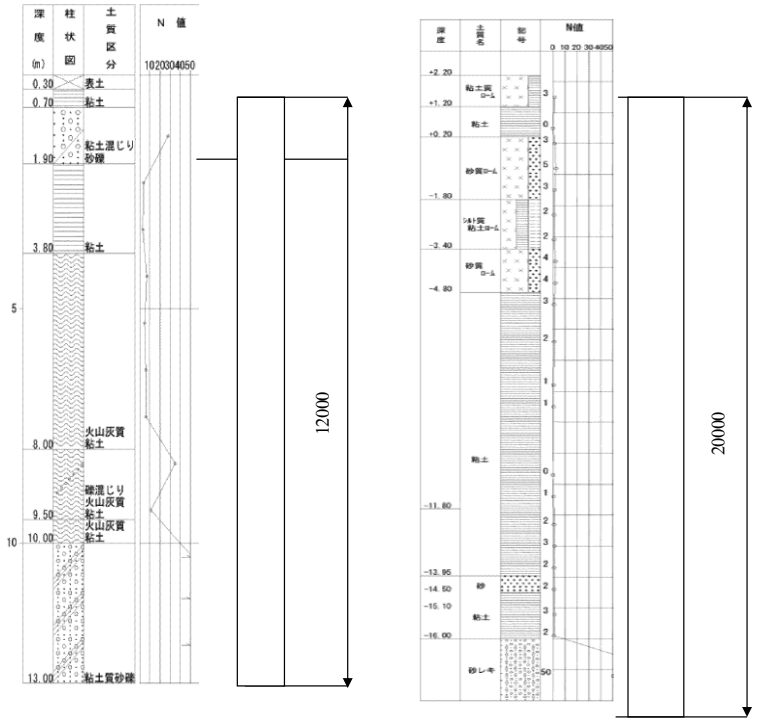
1)　岩盤

岩に属する地層は、圧縮強度が低く密度が小であっても、鋼管杭の振動打込みは困難な場合が多い。ただし、風化している堆積岩は、風化した部分にのみ鋼管杭の打込みができる。

2)　砂礫層

N 値が 50 を超える砂礫層は貫入不能になる場合がある。

なお、れき径・密度が大きい場合、杭先端の変形もしくは破損により貫入性が阻害されるおそれがある。砂礫層への貫入事例を図 5.10.12 に示す。



鋼管杭 φ600× t12× L12,000
バイブロハンマ 120kW

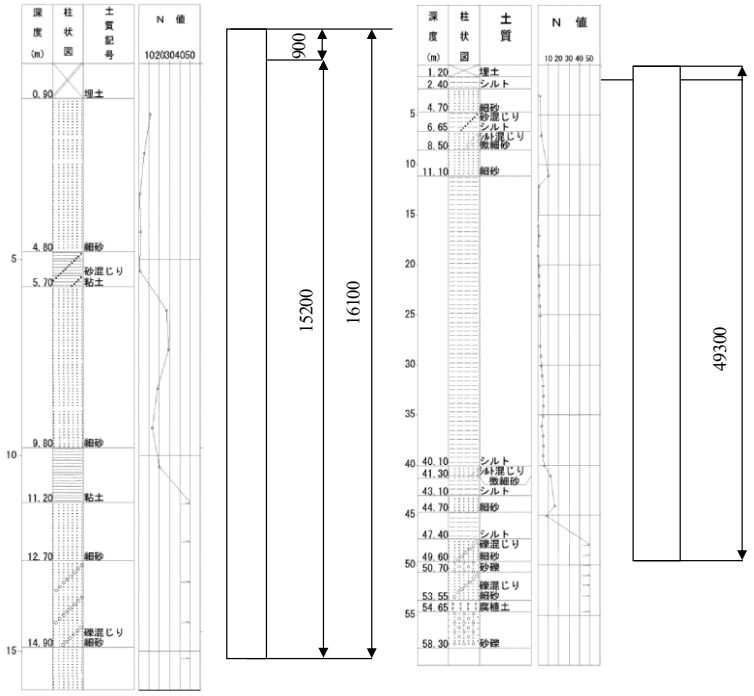
鋼管杭 φ1016× t10.3× L20,000
バイブロハンマ 150kW

図 5.10.12　砂礫層への貫入事例（出典 5.10-⑳）

3)　砂層

N 値が 50 を超える砂層は、杭の先端閉塞が大きく影響して、貫入不能になる場合がある。砂層への貫入事例を図 5.10.13 に示す。

ⓒ2026JASPP



鋼管杭 φ800× t16× L16,100
バイブロハンマ　150kW

鋼管杭 φ800× t14× L49,300
バイブロハンマ　240kW

図 5.10.13　砂層への貫入事例（出典 5.10-㉑）

4)　粘性土

一般に粘性土は密度が高く、振動による土の体積変化が生じにくいので、N 値が小さい場合でも砂質土と比較して打込みが困難である。

⑶　中間層の打抜き

中間層の打抜きでは杭径、バイブロハンマの機種などによって多少異なるが、一般に次の傾向がある。

1) 砂礫層で N 値 30～50 以下の場合、杭径の 3 倍程度までの層厚は打抜き可能である。

2) 粘性土で N 値 15～30 以下の場合、杭径の 2 倍程度の層厚は打抜き可能である。

3) 砂質地盤では、粒径が均一なほど打抜きが容易である。

4) 中間層が多少硬質でも、下層が軟弱な場合には打抜きができる。

なお、中間層を支持層とした場合は、下部層の地耐力や圧密沈下の検討を行う必要がある。

⑷　杭頭部の照査

鋼管杭頭把持部の板厚が起振力に対して十分な安全性を有するかどうかは、式 (5.10.6) の経験式で確認することができる。

なお、施工時間が著しく長い場合には、式 (5.10.6) を満足する鋼管杭頭把持部の板厚であっても、破断が生じることがある。式 (5.10.6) が適用できる施工時間の目安は（応力度とその繰り返し回数に依るものではあるが、）経験的に打込み長の 2 倍（打込み長×2 分）以内かつ最長 60 分以内である。これを超えることが予想される場合や軟弱層でのみバイブロハンマを使用する場合（下杭施工の場合）等は別途現場毎に適正板厚を検討するものとする。

ⓒ2026JASPP

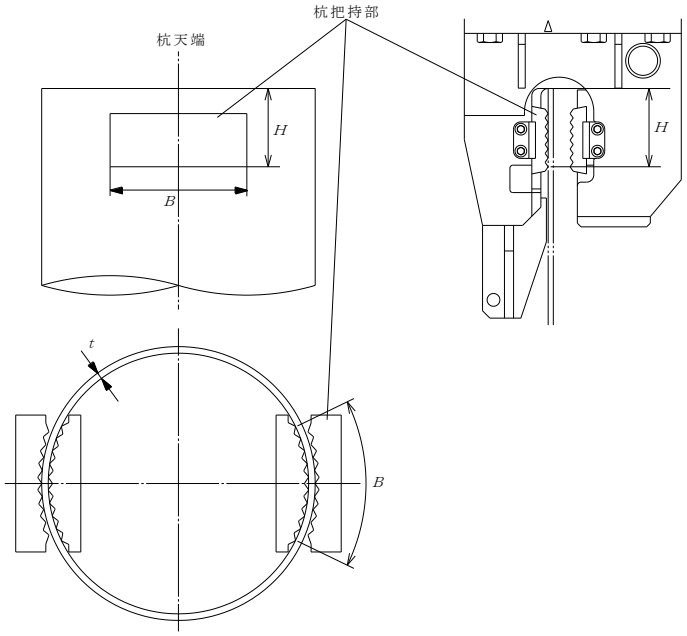


図 5.10.14　鋼管杭把持部のチャック歯寸法（出典 5.10-㉒）

$\tau_0 \geqq \tau_V$　　・・・

表 5.10.9　バイブロハンマ工法の作業係数（出典 5.10-㉔）

振動周波数 f (Hz)	作業係数 α
$f \leqq 15$	1.3
$15 < f \leqq 25$	1.5
$25 < f \leqq 35$	1.7
$f > 35$	1.9

表 5.10.10　算定に必要な数値一覧（参考値）（出典 5.10-㉕に加筆）

バイブロハンマ型式	バイブロハンマ出力 (kW)	適用杭径 (mm)	最大起振力 P_0 (kN)	周波数 f (Hz)	チャック		把持部	
					歯幅 B (mm)	歯高さ H (mm)	数 n	周囲長さ Σl (mm)
ZERO-120VR	90	500～1200	571	18.3	164	200	2	564
ZERO-160VR	120	500～1300	685	16.3	214	200	2	616
ZERO-200ⅡMR	180	600～1500	1123	13.3	212	220	2	652
ZERO-320ⅡMR	240	800～2100	1988	11.7	246	327	2	900
ZERO-640ⅡMR	480	1400～1600	3976	11.7	407	397	2	1201
ZERO-640ⅡMR	480	1700～2300	3976	11.7	362	397	2	1156
SR-45	107	500～1200	474	40.0	117	213.5	2	544
SR-60	168	500～1200	767	45.0	211	207	2	625
HV-300	172	500～1400	929	28.0	211	207	2	625
HV-600	264	700～1600	1684	26.7	211	234	2	679
HV-1200	389	800～2000	2579	23.3	308	426	2	1160
PVE-28VM	344	456～1604	1600	38.3	160	145	2	450
PVE-90VM	1202	1000～2660	4477	35.5	230	200	4	630
PVE-55M	359	700～1700	1711	28.3	230	200	2	630
PVE-82M	518	700～1700	2567	28.3	230	200	2	630
PVE-110M	557	700～1700	2198	22.5	230	200	2	630
PVE-150M	754	800～2500	3224	23.3	220	200	2	620
PVE-200M	980	1200～3300	4300	23.3	230	200	4	630
PVE-250MS	1130	1000～3420	5449	23.3	230	200	4	630
PVE-300M	1633	1000～3440	6150	23.3	200	220	4	640

・油圧式バイブロハンマの出力 (kW) は、換算モータ出力を表す。

ⓒ2026JASPP

5.10.3　施工管理

1.　一般

5.6　中掘り杭工法の施工および施工管理を参照。

2.　試験杭

5.3　試験杭を参照。

3.　施工管理項目

バイブロハンマ工法の主要な施工管理項目を表 5.10.11 に示す。施工工程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。

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。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。

表 5.10.11　バイブロハンマ工法の施工管理項目と管理基準（出典 5.10-㉖）

区分	対象	管理項目	管理方法	管理基準
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
		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）	ノギス・検尺テープにより検測	JIS A 5525，設計図書による
機械装置	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
建込み・打込み	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	溶接工の技量資格	5.13.1　現場円周溶接を参照	
		溶接環境（風・気温等）		
		継手条件（目違い・ルート間隔等）		
		溶接条件（電流・電圧・パス数等）		
		外部きず		
		内部きず		
	打込み	杭打機の鉛直性，打込み精度	トランシット又は傾斜計	1/100 以内
出来形		杭心の偏心量	トランシットによる測量	杭心とのズレ D/4 かつ 100mm 以内
		杭頭レベル	レベルによる測量	±50mm 以内

ⓒ2026JASPP

5.　施工管理の留意点

バイブロハンマ工法の施工においては杭の建込み制度を管理すること、打止めの判断を適切に行うことなどが重要である。

なお、バイブロハンマ工法の施工管理等については、**「鋼管杭 －施工と施工管理－」**[5.10-1)] や**バイブロハンマ工法技術研究会「バイブロハンマ設計施工便覧（令和 6 年）」**（以下、**「バイブロハンマ設計施工便覧」**という）[5.10-2)] などを参考にするとよい。

5.10.4　施工精度の確保

バイブロハンマ工法の場合、杭体をチャック装置で把持した状態での施工であることから、杭の打込み作業中は杭とバイブロハンマとが一体となって挙動する。そのため、杭の鉛直精度はクレーンの上げ下げ操作により調整する。

杭の打込み初期段階は、杭を吊り気味にして打込みを行い、徐々に打ち下げて杭心の位置、角度を確認した後に、杭にバイブロハンマの荷重を預けて本打ちに移る。杭の打込み初期に杭が傾斜した場合は、引き抜いて打ち直しを行うようにする。

5.10.5　応用施工技術

1.　ウォータージェット併用工法

ウォータージェット併用工法は、鋼管杭に取り付けられた噴射ノズルから高圧水を噴射することで、地盤を緩めながら施工する工法である。バイブロハンマの単独施工では打込みが困難な中間層、風化岩、礫層などへの打込みに用いられる。港湾分野を中心に、実績を積み重ねている。

「バイブロハンマ設計施工便覧」には、地盤条件に応じたウォータージェットの必要設備や施工管理、周辺地盤への影響について取りまとめられており参照されたい。工法の特性上、地盤を緩めているため支持力を低下させることになるが、この課題を克服する方法として、ジェット水をセメントミルクの噴射に変える工法が開発されている。表 5.10.12 に各工法の概要と実績例を示す。また、類似の機械構成で硬質地盤を対象としたガンパイル工法がある（5.11.3 参照）。

表 5.10.12　セメントミルク噴射の工法の概要と実績例

工法名	CJV 工法	JVC 工法	RS プラス工法®
工法概要	一定の深度に達した後、ジェット水に切り変えて 4 MPa の噴射圧力でセメントミルク噴射。	所定の地盤までジェット水で杭を打設後、低圧（1～5 MPa）でセメントミルクを充填。	所定の地盤までジェット水で杭を打設後、セメントミルクに切り替えて杭先端部に根固球根を築造。ジェット配管回収時に杭周面にもセメントミルクを充填。
実績例	伏木富山港-14m 水深桟橋 [5.10-3)]	新仙台火力発電所 LNG 受入桟橋 [5.10-4)]	小名浜港東港地区-18m 水深桟橋 [5.10-5)]

※「RS プラス工法」は、日本製鉄株式会社の登録商標です。

RS プラス工法では、杭先端の鋼管内面あるいは鋼管外周部に複数のリブプレートを事前に工場で取り付けた鋼管杭を用いるが、この鋼管杭の先端に取り付けたノズルから高圧で水を噴射（ウォータージェット）しながらバイブロハンマで所定の深度まで打設する。その後、水をセメントミルクに切り替えて高圧噴射を

ⓒ2026JASPP

行い、杭先端部に根固め球根を築造し、さらに、ジェット用配管を回収する際に杭周面部にもセメントミルクを充填し、杭と周辺地盤との一体化を図ることで、大きな支持力が得られる工法である。設備配置を図 5.10.15 に、杭のイメージを図 5.10.16 に、施工手順を図 5.10.17 にそれぞれ示す。

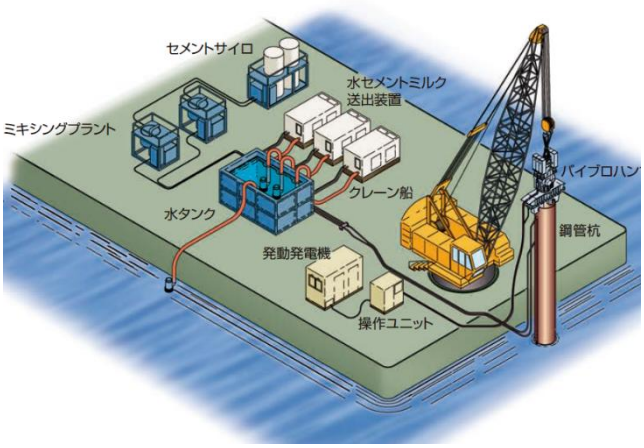


図 5.10.15　設備配置図（出典 5.10-㉗）



図 5.10.16　RS プラス工法杭のイメージ図
（出典 5.10-㉗）

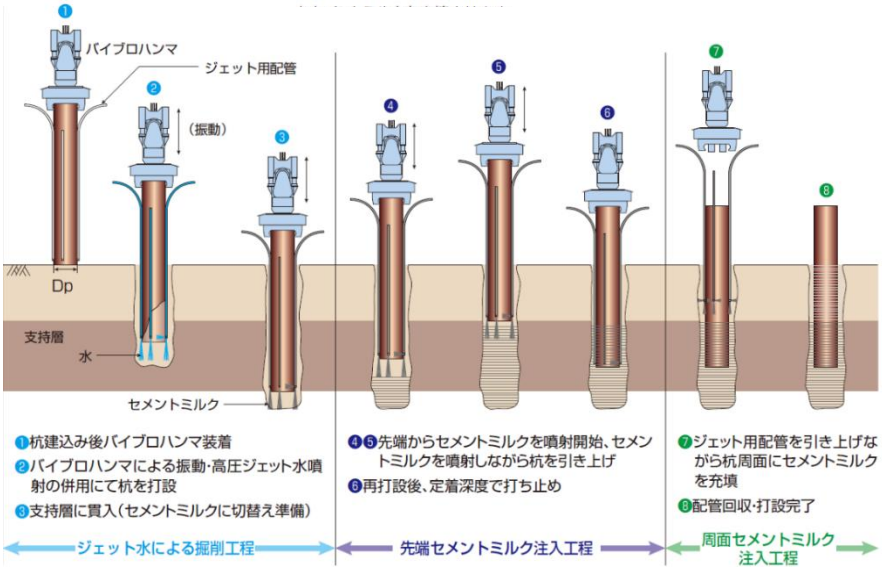


図 5.10.17　施工手順図（出典 5.10-㉗）

2.　測定用ヤットコによる施工時の地盤抵抗の測定

バイブロハンマによる杭施工時の地盤抵抗測定技術として測定用ヤットコの開発が進められている。

これは、バイブロハンマの本体とチャック装置の間にひずみ計と加速度計が仕込まれた測定用ヤットコを挟み込むように設置することで、杭頭の荷重・加速度の関係から地盤抵抗を直接的に測定する技術である。動的載荷試験で用いられている地盤抵抗算定モデル（1 質点系モデル法・Case 法）により地盤抵抗を算定する。詳細は文献[5.10-6)]を参照されたい。

既往の実験では、当技術による地盤抵抗算定値と地盤 N 値の深度方向の変化傾向が定性的に対応する結果が得られている。現在、当技術は試験段階であり、実用化に向けた開発が進められている。今後、測定用ヤットコを用いる場合の施工手順の整備やソフトウェアの製品化等が待たれる。

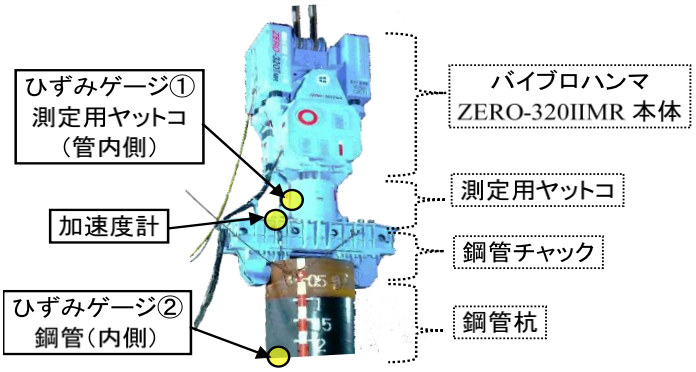


図 5.10.15　測定用ヤットコの取付け状況（出典 5.10-㉘）

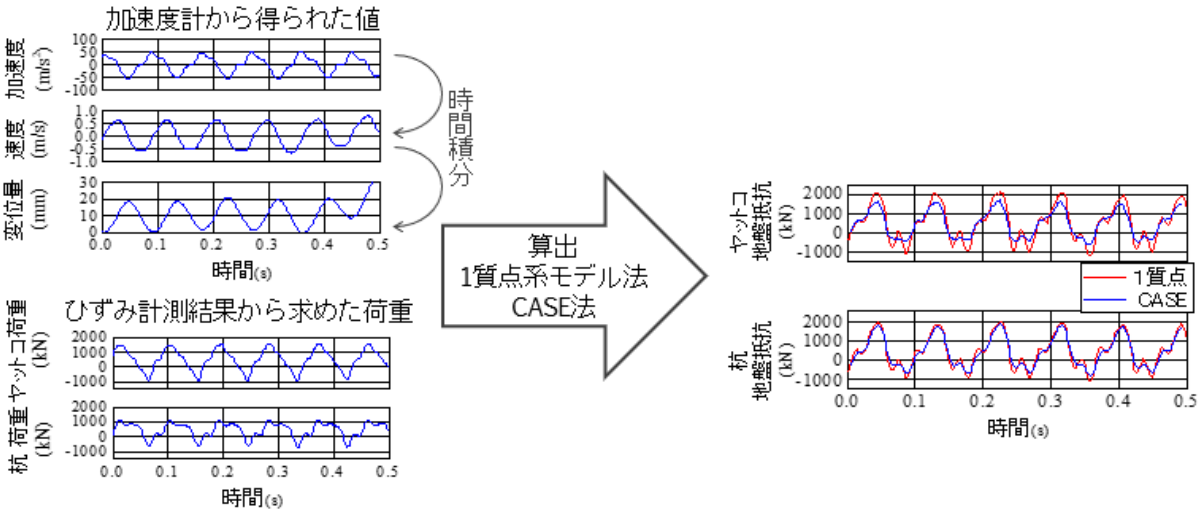


図 5.10.16　実測値と地盤抵抗算定値の時刻歴波形（出典 5.10-㉙，5.10-㉚に加筆）

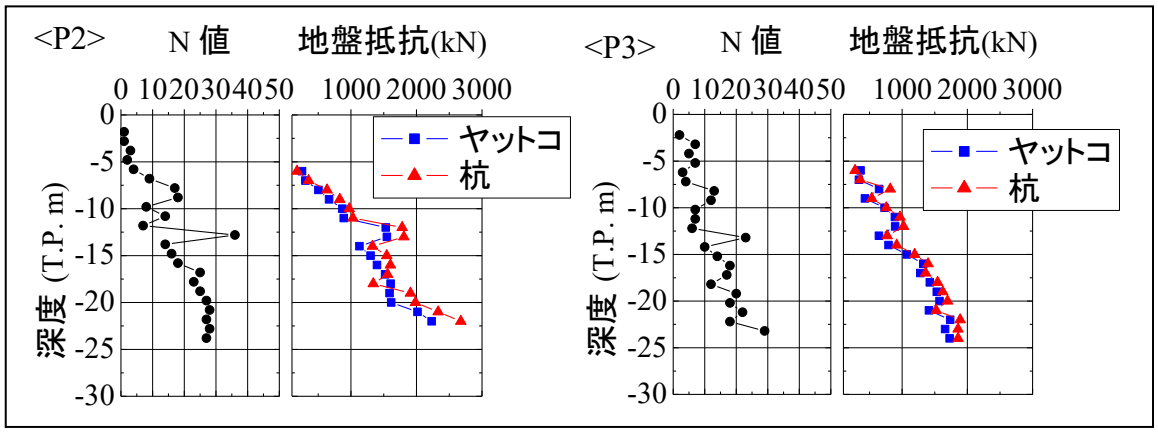


図 5.10.17　既往実験の地盤抵抗の深度分布と近傍 N 値（出典 5.10-㉛より抜粋）

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.10-1）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），2022年1月
5.10-2）バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，2024年3月
5.10-3）上薗晃，竹澤一彦，滝口要之助，高橋邦夫，山下久男，西村真二：ジェットバイブロ工法で施工した桟橋鋼管杭の支持力とその増大工法について，土木学会論文集 2002巻,700号/VI-54，pp.15～29，2002年3月
5.10-4）工藤武美，木村雅道，佐藤努：新仙台火力発電所LNG受入れ桟橋基礎杭打設におけるJVC工法の開発，電力土木，No.374，pp.72～74，2014年11月
5.10-5）青木伸之、木村和弘：【復興の現在と施工事例】小名浜港東港地区岸壁における鋼管杭打設-RS プラスによる施工と現場での工夫-，土木施工，58巻3号，pp.54～57，2017年2月
5.10-6）森拓人，水谷崇亮，西村真二：バイブロハンマ工法における施工中の地盤抵抗測定手法の開発，土木学会論文集B3（海洋開発）78巻2号，pp.I_181～I_186，2022年10月

出典

5.10-① 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p284 図-3.9.1，2022年1月
5.10-② バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p14 図1-12，2024年3月
5.10-③ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p12 図1-10，2024年3月
5.10-④ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ工法標準積算要領（令和6年度版）Edition1.1，p62 表4-2，2024年3月
5.10-⑤ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ工法標準積算要領（令和6年度版）Edition1.1，p63 表4-3，2024年3月
5.10-⑥バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ工法標準積算要領（令和6年度版）Edition1.1，p63 表4-4，2024年3月
5.10-⑦ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p131 表4-10，2024年3月
5.10-⑧ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p132 表4-11，2024年3月
5.10-⑨ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p132 図4-5，2024年3月
5.10-⑩ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p132 図4-6，2024年3月
5.10-⑪ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p9 表1-1，2024年3月
5.10-⑫ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ工法標準積算要領（令和6年度版）Edition1.1，p60 図4-3
5.10-⑬ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ工法標準積算要領（令和6年度版）Edition1.1，p61 図4-4
5.10-⑭ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p67 表3-11，2024年3月
5.10-⑮ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p290 図-3.9.7，2022年1月
5.10-⑯ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p291 図-3.9.8，2022年1月
5.10-⑰ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p291，図-3.9.9，2022年1月
5.10-⑱ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p292，図-3.9.10，2022年1月
5.10-⑲ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p14 図1-12，2024年3月

ⓒ2026JASPP

5.10-⑳ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p108 図3-31，2024年3月
5.10-㉑ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p109 図3-32，2024年3月
5.10-㉒ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p110 図3-33，2024年3月
5.10-㉓ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p111 表3-34，2024年3月
5.10-㉔ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p111 表3-35，2024年3月
5.10-㉕ バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，p111 表3-36，2024年3月
5.10-㉖ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p296 表-3.9.9，2022年1月
5.10-㉗ 日本製鉄，調和工業：ウォータージェット併用バイブロハンマ工法で打設する先端根固め鋼管杭 大口径杭 ＲＳプラス®（カタログ），p1 図（杭のイメージ），p3 図（施工設備），p2 図（施工手順），2020年4月
5.10-㉘ 森拓人，水谷崇亮，西村真二：バイブロハンマ工法における施工中の地盤抵抗測定手法の開発，土木学会論文集B3（海洋開発）78巻2号 pp.I_181～I_186，pI_183 図-6，2022年10月
5.10-㉙ 森拓人他：バイブロハンマ工法における施工中の地盤抵抗測定手法の開発，土木学会論文集B3（海洋開発）78巻2号 pp.I_181～I_186，pI_184 図-7，2022年10月
5.10-㉚ 森拓人他：バイブロハンマ工法における施工中の地盤抵抗測定手法の開発，土木学会論文集B3（海洋開発）78巻2号 pp.I_181～I_186，pI_184 図-8，2022年10月
5.10-㉛ 森拓人他：バイブロハンマ工法における施工中の地盤抵抗測定手法の開発，土木学会論文集B3（海洋開発）78巻2号 pp.I_181～I_186，pI_185 図-13，2022年10月

ⓒ2026JASPP

5.11　その他の施工方法

本節では、鋼管杭の代表的な施工方法のうち、5.6 ～ 5.10 に示した工法以外の施工方法について、その概要および留意点を示す。

5.11.1　高支持力埋込み杭工法

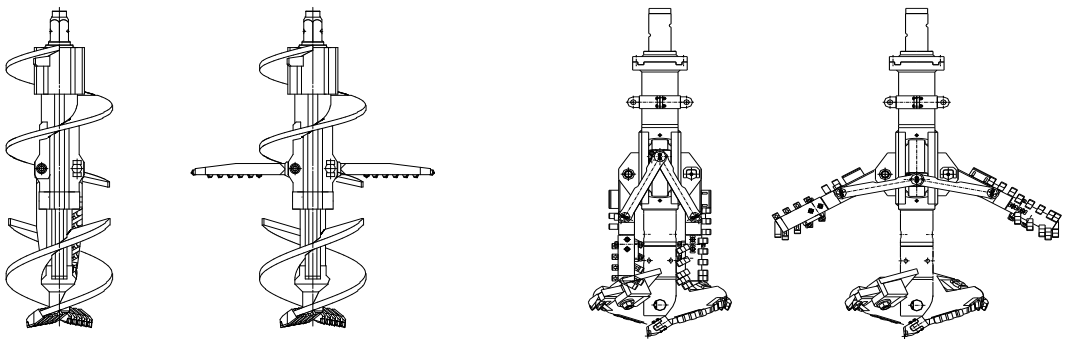
1.　工法開発の経緯

高支持力埋込み杭工法は、杭の支持力性能を大幅に向上させることを目的として、杭先端の根固め球根を拡大した埋込み杭工法の一種であり、建築分野において広く使用されている。根固め球根径は、使用される鋼管杭径の 1.25～2 倍で、杭軸方向の荷重を杭体から根固め球根へ確実に伝達させるため、鋼管杭の先端部には特殊な金物が取り付けられている。高支持力埋込み杭工法が開発された経緯は以下の通りである。

- 騒音規制法（1968 年）および振動規制法（1976 年）の施行を契機として、都市部（市街地）では打撃工法による施工が実質的に困難になったことから、市街地における鋼管杭の施工方法は低騒音・低振動工法へと移行していった。
- 施工時の騒音および振動を低減させる工法として、鋼管杭メーカーと杭施工会社が協力し、埋込み杭工法（主として中掘り根固め工法）が開発された。
- 1990 年代後半には、新たなコンセプトに基づく回転杭工法が開発されたことを契機に、鋼管杭の高支持力化と杭工事のトータルコスト削減が加速した。
- そして 2000 年代に入り、杭工事の更なるコスト削減を目的として、杭先端部の大幅な改良（根固め球根の大型化や形状・寸法の適正化、鋼管と根固め球根の定着方法や根固め球根の築造装置・方法の新規開発等）により、支持力性能を飛躍的に向上させた高支持力埋込み杭工法（先端拡大根固め工法）が開発された。

2.　工法の概要

高支持力埋込み杭工法は、施工方法により中掘り工法とプレボーリング工法に大別される。中掘り工法は、鋼管杭の内部にオーガスクリュー等を挿入し、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、支持地盤に所定形状の根固め球根を築造して、杭を定着させる工法である。プレボーリング工法は、鋼管杭径もしくはそれ以上の径の杭孔を掘削した後、支持地盤に所定形状の根固め球根を築造して、杭を沈設する工法である。根固め球根の築造は、図 5.11.1 (a)、(b) に示すような拡大および縮小可能な掘削ヘッ



(a) 中掘り工法の掘削ヘッド（例）5.11-1)　(b) プレボーリング工法の掘削ヘッド（例）（出典 5.11-①）

図 5.11.1　掘削ヘッド

ⓒ2026JASPP

ドにより行い、杭先端部に取り付けた特殊な金物により鋼管と根固め球根を一体化させる。高支持力埋込み杭工法の先端仕様および根固め部出来形の例を図 5.11.2 に、施工手順例を図 5.11.3 に示す。

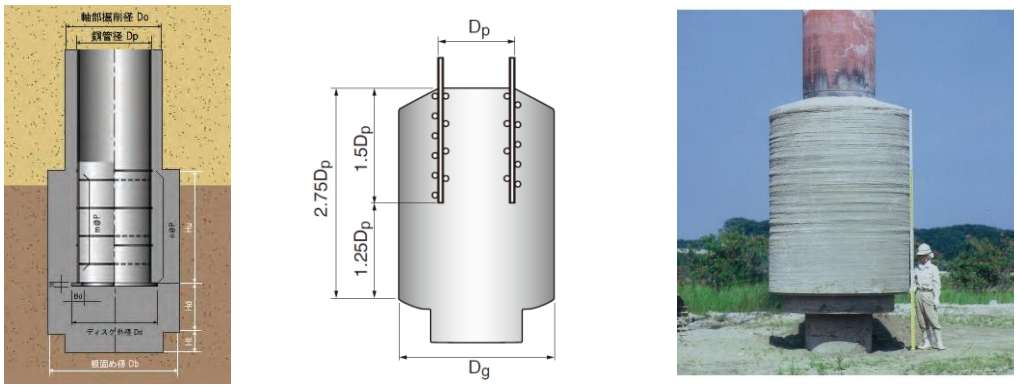


図 5.11.2　高支持力埋込み杭工法の先端仕様と根固め部出来形の例（出典 5.11-②, 5.11-③, 5.11-④）

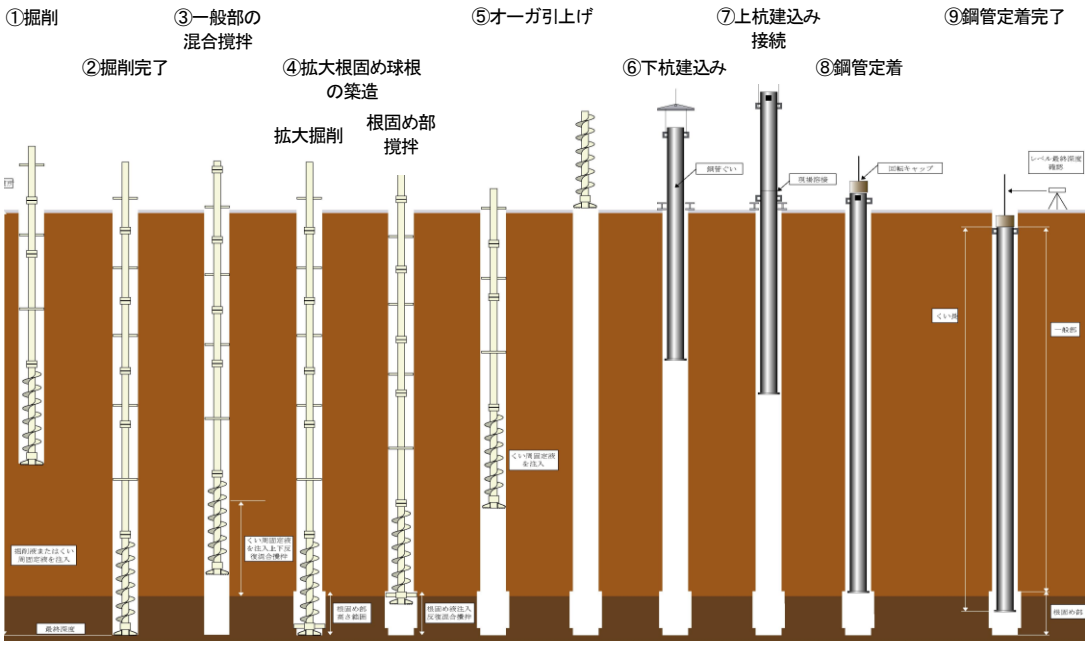


図 5.11.3　高支持力埋込み杭工法の施工手順の例（プレボーリング方式）（出典 5.11-⑤）

3.　留意事項

表 5.11.1 に示す通り、鋼管杭メーカーと杭施工会社が共同開発した高支持力埋込み杭工法については、すべての工法において、建築基準法に基づき国土交通大臣が指定する性能評価機関・認定機関である（**一財）日本建築センター、（一財）ベターリビング、（一財）日本建築総合試験所**のいずれかにおいて性能評価を受け、国土交通大臣認定（いわゆる「図書省略認定」）を取得している。

国土交通大臣認定には、製品仕様や施工方法に加え、品質管理方法も含まれているため、施工にあたっては各工法の認定内容を事前に確認し、これを遵守しなければならない。また、基礎杭として所定の品質を確保するためには、各施工行程におけるプロセス管理を徹底するとともに、認定で定められた品質・仕様を満足する杭周固定液・根固め液を各部に確実に充填する必要がある。高支持力埋込み杭工法では、根固め球根の出来形が支持力性能に直結するため、その出来形管理（形状および強度の確保）が特に重要となる。適切

な深度での掘削ヘッド拡大・縮小、根固め液の注入開始深度と注入量、攪拌方法（反復回数や羽切り回数）等、国土交通大臣認定の内容に基づく品質管理方法に則して、重点的に管理する。なお、根固め球根の出来形確認では、球根部でのコア採取や未固結試料の採取等が実施されることもある。

表 5.11.1　鋼管杭の高支持力埋込み杭工法（先端拡大根固め工法）

工法名	施工法	国土交通大臣認定	
		認定番号	取得会社
SGE 工法	プレボーリング	TACP－0020（砂） TACP－0201（礫）	㈱クボタ 住商鉄鋼販売㈱
コン剛パイル®工法	プレボーリング 中掘り	TACP－0582（砂） TACP－0583（礫）	JFE スチール㈱ ジャパンパイル㈱
TN－X 工法	プレボーリング 中掘り	TACP－0171（砂） TACP－0172（礫）	日本製鉄㈱ ㈱テノックス
TBSR 工法	プレボーリング 中掘り	TACP－0365（砂） TACP－0366（礫）	日本製鉄㈱ ㈱高脇基礎工事

5.11.2　圧入工法

圧入工法は、軸方向の静的荷重により杭を地中に貫入させる工法で、低騒音・低振動であることから、周辺環境への影響が小さい施工方法の一つである。このため、極めて人家に近接した場所や頭上空間に制約がある場所などにおいて、その特長を活かした施工が行われている。

一方で、静的荷重のみで杭を地中に圧入するため、所定の反力が必要となる。このため、反力装置は一般に大型化する。反力を得る方法としては、施工機械に重量物（ウェイト）を積載する方法や打設済みの杭の引抜き抵抗を利用する方法等がある。

施工方法により分類すると、杭をそのまま圧入する単独圧入工法、これに補助工法として高圧水（ウォータージェット）を噴出したり、管内土をオーガスクリュー等で排出する補助工法併用圧入工法、および杭を回転させながら圧入する回転圧入工法等に大別される（図 5.11.4 参照）。

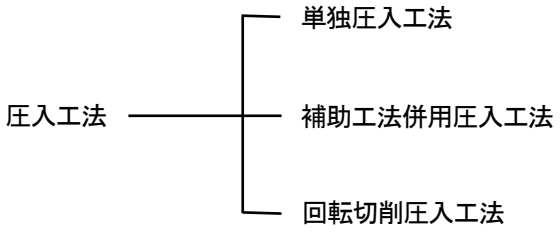
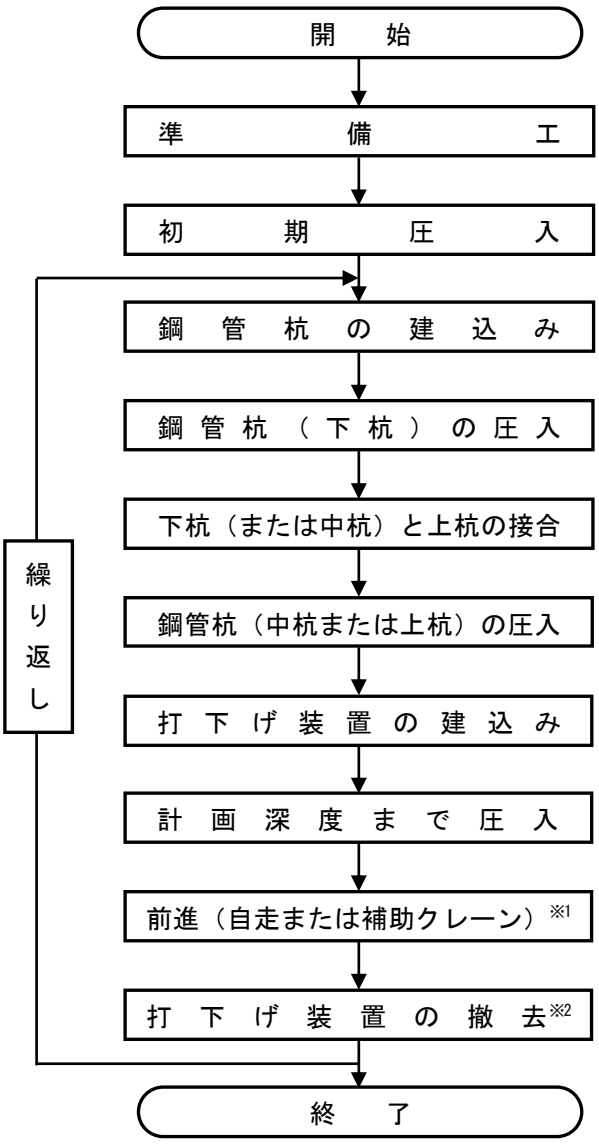


図 5.11.4　圧入工法の分類

また、施工機械には、次に打設する杭位置まで自走で移動するタイプ（打設済みの杭の引抜き抵抗を反力として利用する機械に多い）やクレーンで吊り上げて移動させるタイプがある。図 5.11.5 に圧入工法の標準的な施工フローを示す。

ⓒ2026JASPP



補助クレーンにより移動する場合には、※1 と※2 が逆になることもある

図 5.11.5　標準的な施工フロー（出典 5.11-⑥に加筆）

1.　単独圧入工法

単独圧入工法は、圧入工法の基本的な施工法の一つであり、既に地中に打設された鋼管杭を数本把持し、その引抜き抵抗を反力として、次杭を油圧装置等の静的荷重のみで地中に押し込む工法である。施工機械自体が低騒音・低振動であるため、都市部や住宅地でも施工は可能である。

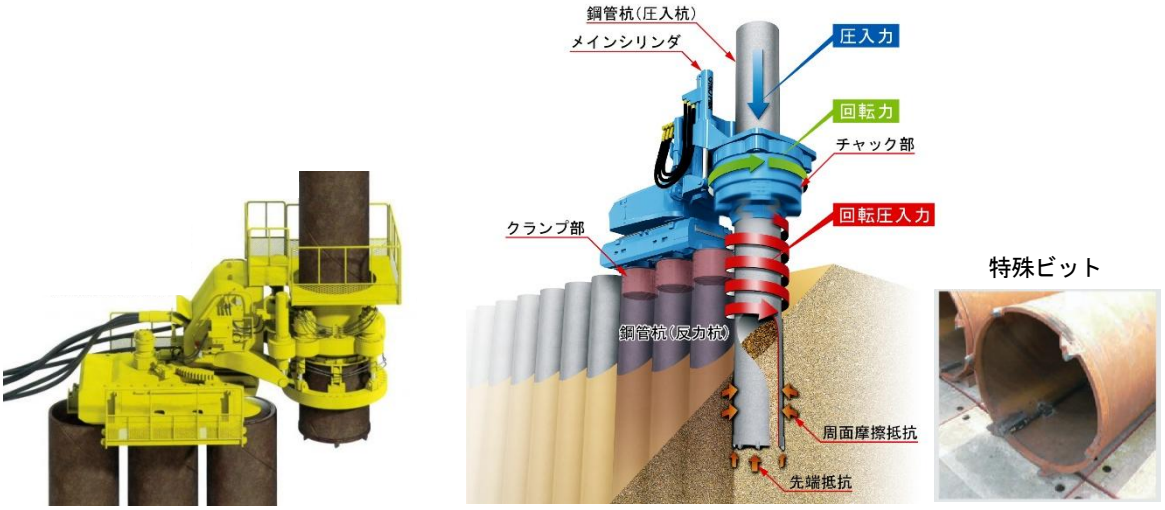
2.　補助工法併用圧入工法

補助工法併用圧入工法は、ウォータージェット（高圧水噴射）やオーガスクリュー等を用いて杭の貫入抵抗を低減させ、より小さな圧入力で効率的な施工を実現しようとする工法である。主に、砂質地盤・れき質地盤に適用されることが多い。

ⓒ2026JASPP

3.　回転切削圧入工法（ジャイロプレス工法・ロータリープレス工法）

回転切削圧入工法は、回転機能を付加した圧入機を用い、鋼管杭を回転させながら圧入する工法である。単独圧入工法と同様に、回転圧入機は既に打設された鋼管杭の引抜き抵抗を反力として、杭上を自走することが可能である。また、先端に特殊ビットを取り付けた鋼管杭を回転・圧入することにより、硬質地盤、転石、既設コンクリート構造物および地中障害物に対応可能な工法もある。なお、本工法では、特殊ビットを保護するために冷却水を使用するが、鋼管杭の内面には、そのための送水管が取り付けられる。回転切削圧入工法の施工機械と工法概要を図 5.11.6 に示す。



施工機械（出典 5.11-⑦）　　工法概要（出典 5.11-⑧, 5.11-⑨）

図 5.11.6　回転切削圧入工法の施工機械と工法概要

5.11.3　硬質地盤を対象とした工法

中掘り杭工法および鋼管ソイルセメント杭工法については、**（国研）土木研究所他**により取りまとめられた**「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」**[5.11-2)]において、岩盤を支持層とする条件で複数の鉛直載荷試験実績と支持力の信頼性を確保するための施工管理方法や適用条件について一定の知見が得られていることなどが評価され、岩盤を支持層とする場合の支持力推定の考え方や適用の前提となる条件が示されている。

また、**（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会**による鋼管杭各工法の**「施工管理要領」**の巻末【付録】には、岩盤を支持層とする場合の施工方法・施工管理方法に関する記載があることから、採用に際してはこれらを参考にするとよい。

本節では、これら中掘り杭工法および鋼管ソイルセメント杭工法とは異なる施工方法として、硬質地盤を対象とした代表的な３つの工法についての概要を示す。

1.　ダウンザホールハンマ工法

ダウンザホールハンマ工法とは、地盤を掘削するためのオーガスクリューまたはオーガロッドの先端にダウンザホールハンマを取り付け、岩盤を粉砕しながら杭を沈設する工法の総称である。ダウンザホールハンマの構造例を図 5.11.7 に示す。

ⓒ2026JASPP

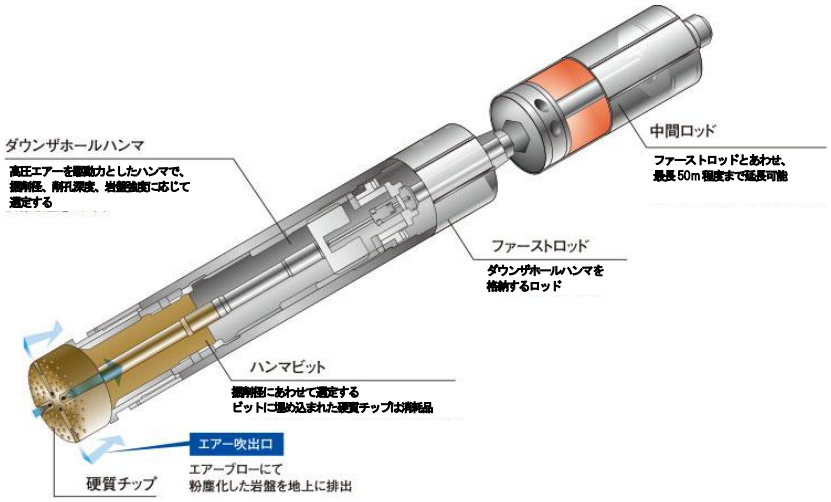
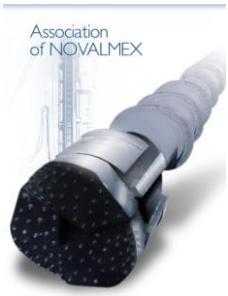
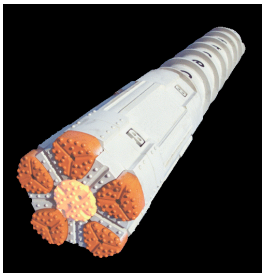


図 5.11.7　ダウンザホールハンマの構造例（出典 5.11-⑩に加筆）

ダウンザホールハンマは、エアコンプレッサーから供給される圧縮空気により、パーカッションハンマのシリンダ内にあるピストンを往復運動させることでビット先端のチップに打撃力を与える構造となっている。ハンマの打撃と回転により岩盤は粉砕され、エアリフトにて排出される。この原理を基に改良が施されたハンマ（工法）が多く開発されている。各種ダウンザホールハンマ（例）を表 5.11.2 に示す。また、ダウンザホールハンマ工法の種類と概要を表 5.11.3 に、一例として鋼管連行式ダウンザホールハンマ工法の施工手順を図 5.11.8 に示す。

表 5.11.2　各種ダウンザホールハンマ（例）

ノバルハンマ （出典 5.11-⑪）	ノバル／メックスハンマ （出典 5.11-⑫）	AR ハンマ （出典 5.11-⑬）	ランダム式 サイクルハンマ （出典 5.11-⑭）
			

ⓒ2026JASPP

表 5.11.3　ダウンザホールハンマ工法の種類と概要

工法名	概要	開発会社
OAK-DASH 工法	防音対策型で空洞部に吸音材を充填することで金属音・打撃音を低減	㈱オーク
MT-A560 ダウンザホールハンマ	エアのみの動力で全駆動（モーターが不要）	㈱高知丸高
ノバルメックス工法	モルタル注入が可能なダウンザホールハンマで、削孔・打設・グラウトを同時にできるため、急速施工が可能	㈱エーコー（工法協会）
AR ハンマ工法	土砂から中硬岩まで、ほぼ全ての地盤に対応可能	大智㈱
S･RX リーダレス工法	油圧式リーダレス型基礎機械を使用、H型鋼・鋼矢板・鋼管杭に対応	㈱鴫原基礎

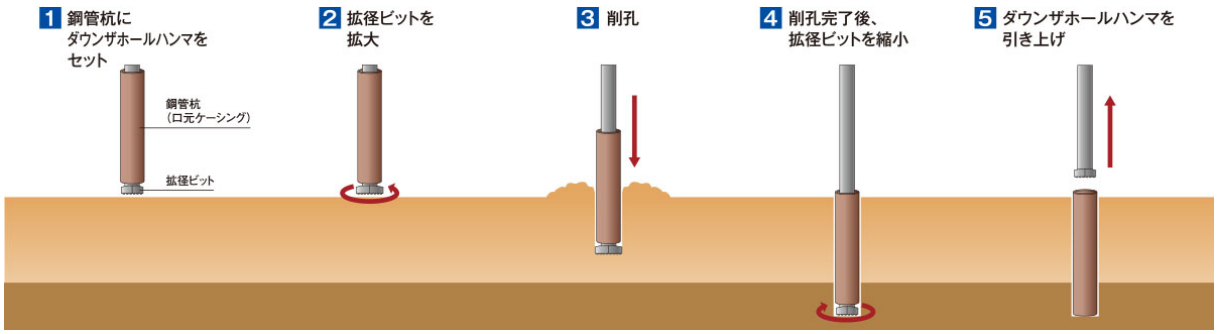


図 5.11.8　鋼管連行式ダウンザホールハンマ工法の施工手順例（出典 5.11-⑮）

鋼管連行式ダウンザホールハンマ工法では、鋼管杭内にダウンザホールハンマをセットした後に、ビットを拡径し、地盤の掘削を開始する。ハンマの先端が岩盤などの硬質層に達した後に、エアコンプレッサーからラインオイラー※を介して圧縮空気を送り、硬質層を粉砕しながら掘削する。所定深度まで掘削が完了した後に、ダウンザホールハンマを縮径し、杭を沈設した後にハンマを引き上げ、施工を完了するような施工手順となる。

※ラインオイラー：ハンマ内のピストンとシリンダの焼き付きを防止する目的で、圧縮空気内にオイルを噴霧する装置

その他の施工方法については、下記の資料等を参照されたい。

- **岩盤削孔技術協会「大口径岩盤削孔工法・施工機械技術資料（第 7 版：2015 年）」**5.11-3)
- **（一社）日本建設機械施工協会「大口径岩盤削孔工法の積算（令和 6 年度版：2024 年）」**5.11-4)（以下、**「大口径岩盤削孔工法の積算」**という）

2.　二軸同軸式アースオーガによるセメントミルク注入工法（EAC 工法）5.11-5)

二軸同軸式アースオーガによるセメントミルク注入工法（EAC 工法＝construction method involving excavation with Earth Auger and injection with Cement slurry、以下、「EAC 工法」という）とは、先端部に掘削ビットを取り付けた鋼管杭を二軸同軸式アースオーガにより支持地盤に貫入させた後に、セメントミルク液を注入して定着させる工法である。注入したセメントミルクの固化体と杭先端部を一体化させるために、杭先端部の内周面にはずれ止めが取り付けられている（写真 5.11.1 参照）。

©2026JASPP

二軸同軸式アースオーガは、内外で回転中心軸を共有する２つの回転装置を備えた基礎杭用の地盤削孔機である。EAC 工法では、二軸同軸式アースオーガの内側回転装置にオーガスクリューを、外側回転装置に鋼管杭を接続し、それぞれの回転装置を逆回転させながら杭を沈設する。オーガスクリュー先端の掘削ヘッドにはセメントミルク液の注入等に用いる吐出孔が設けられている。内外の回転装置を同時に逆回転させることで、杭沈設時に施工機械に作用するトルクが打ち消される機構となっている。本工法の概略の施工手順を図 5.11.9 に示す。



写真 5.11.1　杭の先端形状例（出典 5.11-⑯）

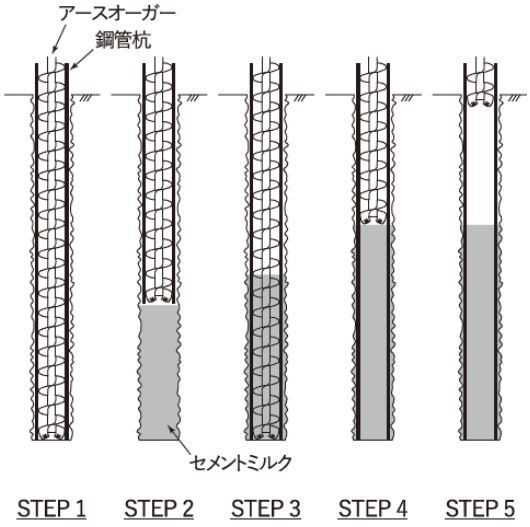


図 5.11.9　概略の施工手順（出典 5.11-⑰）

まず、オーガスクリューと鋼管杭をそれぞれ内側・外側の回転装置に接続する。

STEP 1：オーガスクリューと鋼管杭を同時に回転し、地盤を掘削しながら所定の深度まで沈設する

所定の深度まで沈設した後、

STEP 2：オーガスクリューと鋼管杭を同時に引き上げながら所定量のセメントミルク液を注入する

STEP 3：再度、オーガスクリューと鋼管杭を回転させながら同時に所定深度まで沈設する

鋼管杭を外側回転装置から取り外した後、

STEP 4：セメントミルク液を注入しながらオーガスクリューを引き上げる

STEP 5：所定量のセメントミルク液を注入した後は、注入したセメントミルク液に負圧が作用しないよう、オーガスクリューをゆっくり引き上げる。

以上が、杭の施工手順である。なお、沈設が困難な場合や沈設に多大な時間を要する場合には、必要に応じてオーガスクリュー先端から圧縮空気や掘削水を吐出し、排土や掘削を促進することで施工時間の短縮を図ることもある。セメントミルク液の配合については、水セメント比で約 65%、固化後の圧縮強度（一軸圧縮強度）として約 20N/mm² を管理目安値としている。

3.　低圧水ジェット併用バイブロハンマ岩盤杭打ち工法（ガンパイル工法）[5.11-6)]

低圧水ジェット併用バイブロハンマ岩盤杭打ち工法（以下、「ガンパイル工法」という）は、先行削孔なしで岩盤に直接杭を打設することができる工法である。本工法では、長時間の運転に耐えられる特殊なバイブロハンマを用い、鋼管杭の先端部から低圧ジェットで洗浄水を噴出し、岩砕粉を除去しながら杭を岩盤へ

ⓒ2026JASPP

直接的に打設する。引抜き抵抗力が必要な場合には岩盤根入れ部にグラウトを充填することもある。施工のイメージを図 5.11.10 に示す。

鋼管内面には洗浄水用の配管が取り付けられており、グラウトを充填する場合にはグラウト用の配管も取り付けられる（図 5.11.11 参照）。また、打撃効率を向上させるため、鋼管杭の先端は高強度特殊鋼により補強されている（図 5.11.12 参照）。

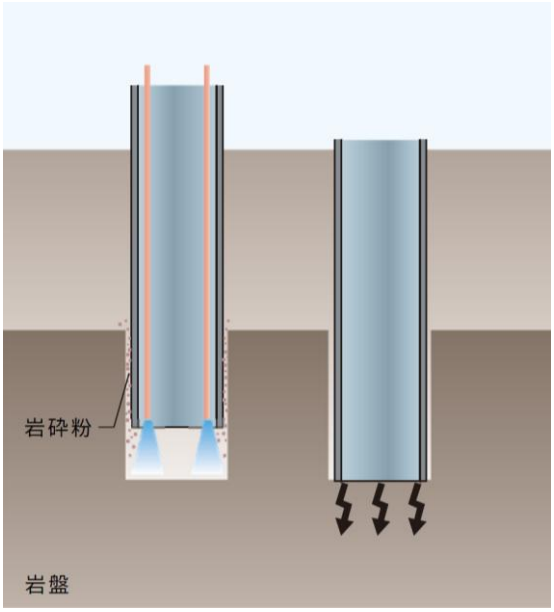


図 5.11.10　ガンパイル工法の施工イメージ（出典 5.11-⑱）

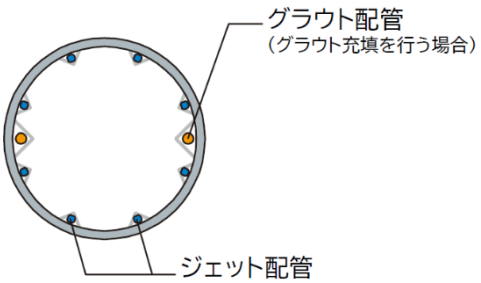


図 5.11.11　ジェットおよびグラウトの配管（出典 5.11-⑲）

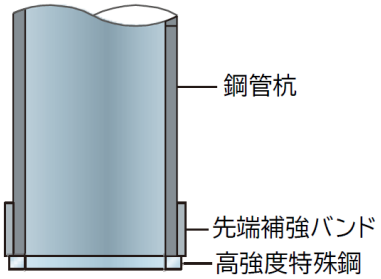


図 5.11.12　杭先端部の例（出典 5.11-⑳）

ガンパイル工法の主な特長は、以下の通りである。また、本工法の施工手順を図 5.11.13，図 5.11.14 に示す。

・一軸圧縮強度 100MPa 以下の硬岩、軟岩（硬質粘性土層を含む）等の硬質地盤に適用可能である
・捨石、転石、玉石、コンクリートガラなど、障害物のある地盤にも適用可能である
・洗浄水の使用量が少ないため、杭の打設に伴って排出される濁り水の量を少なくできる
・桟橋基礎や仮設構造物だけでなく、港湾施設の本設杭として使用できる

ⓒ2026JASPP

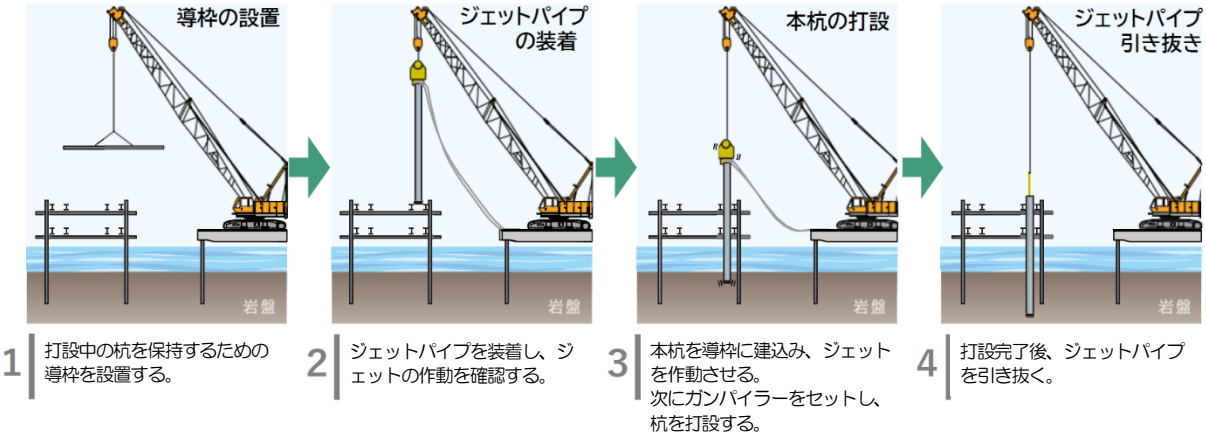
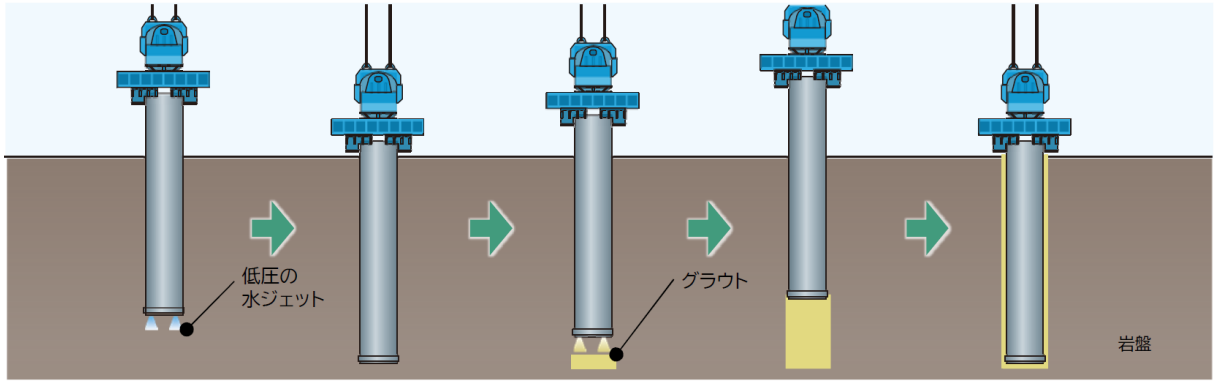
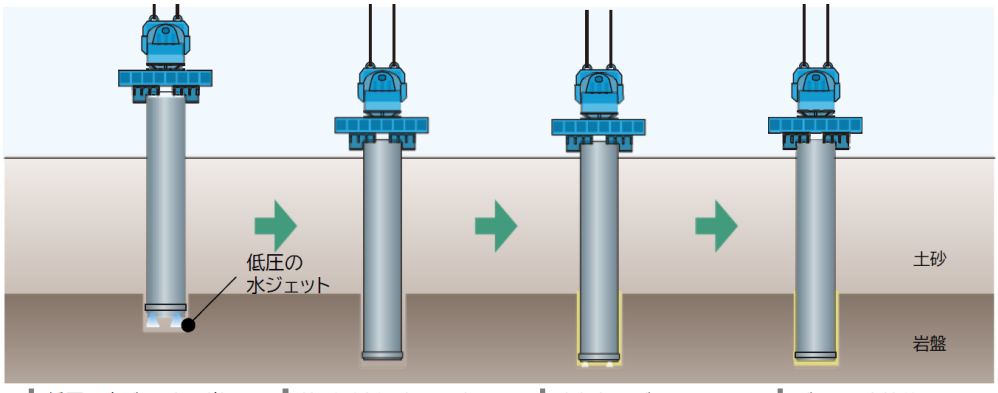


図 5.11.13　ガンパイル工法の施工手順（海上施工の場合：出典 5.11-㉑を微修正）



(a) 杭の根入れ地盤が岩盤層のみのケース



(b) 岩盤の上に土砂があるケース

図 5.11.14　ガンパイル工法の施工手順（岩盤層でグラウトを充填する場合：出典 5.11-㉒）

ⓒ2026JASPP

5.11.4　SL 杭・重防食杭の施工

SL 杭は、負の摩擦力低減を目的として杭表面にアスファルトを塗布した鋼管杭であり、その正式名称は一般にスリップレイヤー鋼管杭（Slip Layer Steel Pipe Pile）と呼ばれる。また、重防食杭はポリエチレン被覆またはウレタンエラストマー塗装により防食性能を付与した鋼管杭である。これらの取扱いについては、5.2.1　杭の手配　3.　杭の仮置きを参照する。

いずれの杭も、打撃時の衝撃や振動により塗覆装が剥離または亀裂を生じる可能性は低く、打込み工法において特別な対策は原則として不要である。硬質地盤に施工する場合には、杭外径と同径またはそれ以上のアースオーガにより先行掘削を行い、地盤を緩めた後に杭を打ち込むことが望ましい。

また、打込み時に導枠を使用する場合には、塗覆装部が導枠と直接接触しないよう配慮する必要がある。打込み機械の操作により杭を導枠から離すとともに、接触が生じるおそれがある場合には、導枠の一時撤去や緩衝材の設置等の対策を講じるものとする。

施工に先立ち、保管場所または仮置場において被覆に損傷がないことを目視により確認する。損傷が確認された場合には、その程度に応じて補修の要否を判断し、必要に応じて適切な補修を行った後に施工する。SL 杭の補修方法については**「SL ぐい製品仕様書」**[5.11-7)]を、重防食杭の補修方法については**（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「重防食鋼管杭・重防食鋼管矢板 施工の手引き（第 4 版）」**(2018 年)[5.11-8)] を参考にすればよい。

1.　SL 杭

SL 杭（スリップレイヤー鋼管杭）は、杭体表面に塗布されたアスファルト層により地盤との摩擦抵抗を低減し、負の摩擦力の影響を抑制することを目的として使用される鋼管杭である。SL 杭では、打込み時にアスファルト層が摩耗したり、剥離したりすることを防止する目的で、単管ごとに保護金具が取り付けられる（図 5.11.15 参照）。

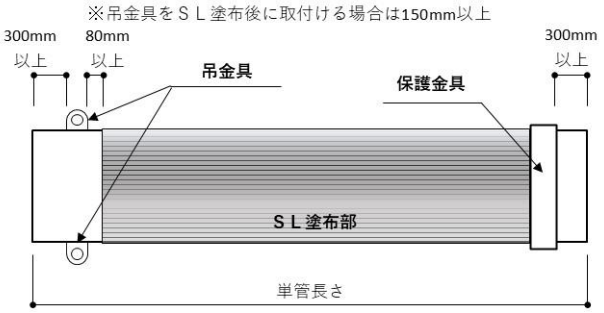


図 5.11.15　SL 杭の附属品（例）（出典 5.11-㉓）

施工時において、地盤（土砂）との接触によりアスファルト層表面に筋状の微細な傷が生じる場合がある。しかしながら、保護金具がアスファルト層の剥離を防止するとともに、アスファルト層の性質上、被覆が全面的に剥離する可能性は低いことから、負の摩擦力低減効果への影響は小さい。SL 杭の施工状況を写真 5.11.2に示す。

©2026JASPP



写真 5.11.2　SL 杭（中掘り杭工法）

2.　重防食杭

重防食杭は、高い耐久性（耐腐食性）を確保する目的でポリエチレン被覆またはウレタンエラストマー塗装が施された鋼管杭である。被覆層は、非常に硬く（樫や欅などの堅木と同程度）、適切に先行掘削を行うことで大きな損傷が生じるおそれは少ない。図 5.11.16 に示す比較的密な砂層において、先行掘削を行わずに打込み試験を実施（打設後、バイブロハンマにて引抜き）したが、被覆層表面は光沢が消失する程度で、剥離や割れ等の有害な損傷は生じていなかった。

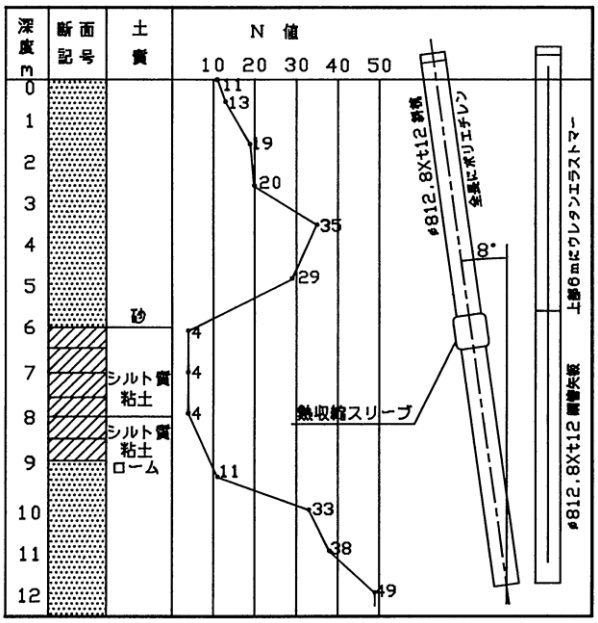


図 5.11.16　重防食杭の打込み試験（出典 5.11-㉔）

前述したように、硬質地盤に施工する場合には先行掘削を行う必要があるが、このような地層の場合には、被覆の防護方法として図 5.11.17 に示すようなフリクションカッターを使用することもある。

ⓒ2026JASPP

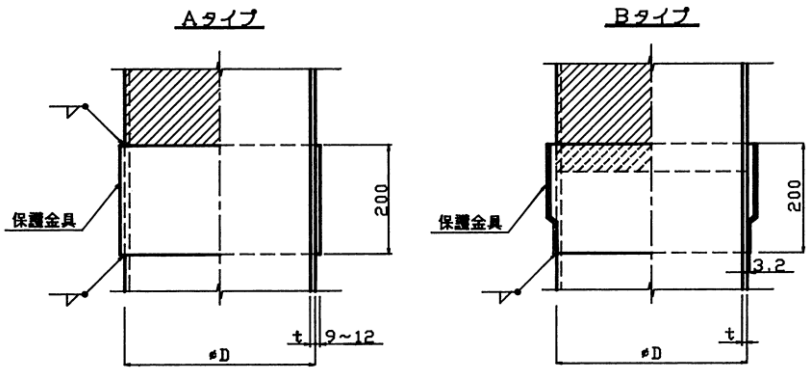


図 5.11.17　重防食杭に使用するフリクションカッター（例）（出典 5.11-㉕）

さらに、導枠との接触による損傷を防止するには、写真 5.11.3 に示すようにナイロンローラーやゴムローラーを導枠に取り付ける方法も有効である。

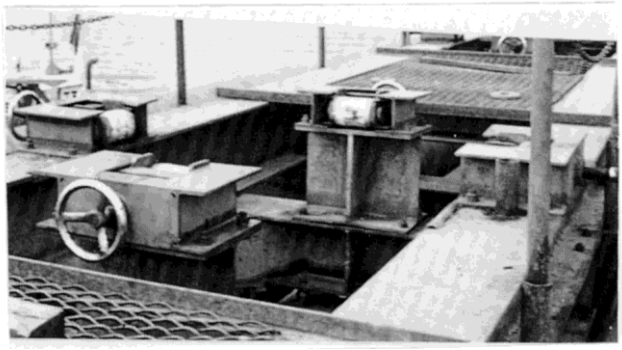


写真 5.11.3　導枠とローラー

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.11-1）日本製鉄，テノックス：ＴＮ－Ｘ工法 先端拡大根固め鋼管杭工法（カタログ），2022年8月
5.11-2）土木研究所：軟岩を支持層とする杭の支持力に関する実験的研究，土木研究所資料 第2720号，1989年2月
5.11-3）岩盤削孔技術協会：大口径岩盤削孔工法・施工機械技術資料（第7版），2015年3月
5.11-4）日本建設機械施工協会：大口径岩盤削孔工法の積算（令和6年度版），2024年6月
5.11-5）港湾空港技術研究所：港湾空港技術研究所資料No.1363 二軸同軸式アースオーガーで岩に根入れしセメントミルク注入を行った杭の軸方向抵抗特性，2019年11月
5.11-6）ガンパイル工法研究会：岩盤への合理的な杭打ちを実現するガンパイル工法（リーフレット），2024年4月
5.11-7）鋼管杭・鋼矢板技術協会：SLぐい製品仕様書 改訂第9版，2026年1月
5.11-8）鋼管杭・鋼矢板技術協会：重防食鋼管杭・重防食鋼管矢板 施工の手引き（第4版），2018年10月

出典

5.11-① ＪＦＥスチール，ジャパンパイル：コン剛パイル®工法 高支持力先端拡大根固め杭工法（カタログ），p9，2019年11月
5.11-② ＳＧＥ工法協会：Webサイト SGE工法協会／杭仕様（https://sge-steel-geo-ecology.com/spec.html），2025年11月28日 閲覧
5.11-③ ＪＦＥスチール，ジャパンパイル：コン剛パイル®工法 高支持力先端拡大根固め杭工法（カタログ），p6，2019年11月
5.11-④ 日本製鉄，テノックス：ＴＮ－Ｘ工法 先端拡大根固め鋼管杭工法（カタログ），p03，2022年8月
5.11-⑤ ＳＧＥ工法協会：ＳＧＥ工法 －プレボーリング先端拡大根固め工法－ 技術資料，p4 図1-2，2009年12月
5.11-⑥ 国際圧入学会：圧入工法設計・施工指針 -2020年版-（第2刷），p201 図-4.3.34，2021年12月
5.11-⑦ 成幸利根：Webサイト ロータリープレス工法（https://seikotone.co.jp/work/kokan/rotary-press/），2026年3月2日 閲覧
5.11-⑧ 国際圧入学会：圧入工法設計・施工指針 -2020年版-（第2刷），p10 図-1.3.12，2021年12月
5.11-⑨ 技研製作所，日本製鉄，全国圧入協会：先端リングビット付き鋼管杭の回転切削圧入工法 ジャイロプレス工法®（カタログ），p2，2024年9月
5.11-⑩ オーク：Webサイト ダウンザホールハンマ工法／工法一覧（https://www.oak-co.co.jp/construction/dth-hammer/#），2025年11月28日
5.11-⑪ トータルマシン：Webサイト 製品一覧／ノバル・ノバルメックス工法／製品スペック（https://totalmachine.info/struct/wp-content/uploads/noval-spec.pdf），2026年8月18日 閲覧
5.11-⑫ ノバルメックス・ノバル工法技術協会：Webサイト（https://novalmex.com/），2025年11月28日 閲覧
5.11-⑬ 栄輝：Webサイト ARハンマ工法（https://www.eiki-kk.co.jp/method01.php），2025年11月28日 閲覧
5.11-⑭ 栄輝：Webサイト サイクルハンマ工法（https://www.eiki-kk.co.jp/method02.php），2025年11月28日 閲覧

ⓒ2026JASPP

5.11-⑮ オーク：Webサイト ダウンザホールハンマ工法／工法一覧／鋼管連行式（https://www.oak-co.co.jp/construction/expanded-iameter-mechanism/#），2026年3月5日
5.11-⑯ 港湾空港技術研究所：港湾空港技術研究所資料No.1363 二軸同軸式アースオーガーで岩に根入れしセメントミルク注入を行った杭の軸方向抵抗特性，p4 写真-1，2019年11月
5.11-⑰ 港湾空港技術研究所：港湾空港技術研究所資料No.1363 二軸同軸式アースオーガーで岩に根入れしセメントミルク注入を行った杭の軸方向抵抗特性，p5 図-1，2019年11月
5.11-⑱ ガンパイル工法研究会：岩盤への合理的な杭打ちを実現するガンパイル工法（リーフレット），p2 一般工法との比較図，2026年4月
5.11-⑲ ガンパイル工法研究会：岩盤への合理的な杭打ちを実現するガンパイル工法（リーフレット），p3 ジェット配管・グラウト配管（図），2026年4月
5.11-⑳ ガンパイル工法研究会：岩盤への合理的な杭打ちを実現するガンパイル工法（リーフレット），p3 先端補強鋼（図），2026年4月
5.11-㉑ ガンパイル工法研究会：岩盤への合理的な杭打ちを実現するガンパイル工法（リーフレット），p4 施工フロー（海上施工の例），2026年4月
5.11-㉒ ガンパイル工法研究会：岩盤への合理的な杭打ちを実現するガンパイル工法（リーフレット），p4 岩盤層でグラウトを充填する場合，2026年4月
5.11-㉓ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：SLぐい製品仕様書 改訂第9版，p8 図3.6.1，2026年1月
5.11-㉔ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：重防食鋼管杭・重防食鋼管矢板 施工の手引き（第4版），p8 図2-3，2018年10月
5.11-㉕ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：重防食鋼管杭・重防食鋼管矢板 施工の手引き（第4版），p8 図2-4，2018年10月

ⓒ2026JASPP

5.12　補助工法

補助工法の扱いについて設計基準類では必ずしも体系的には示されていないが、例えば**「杭基礎施工便覧」**[5.12-1)]では、「打撃工法で中掘りやプレボーリングなどの補助工法の併用によって中間層を打ち抜く場合には、状況に応じて周面摩擦力や水平方向地盤反力などの検討が別途必要となる。」とされている。特に補助工法を適用する地盤領域においては、工学的観点から設計用特性値を導き出すとともに、合理的で適切かつ安全な設計となるよう、十分な検討が必要である。

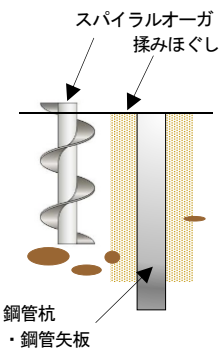
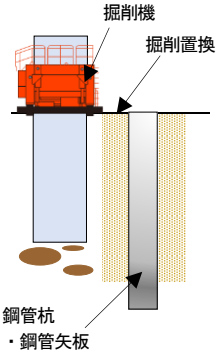
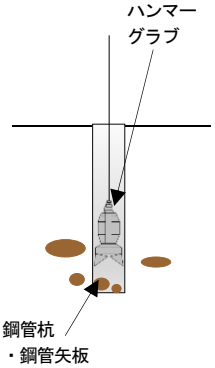
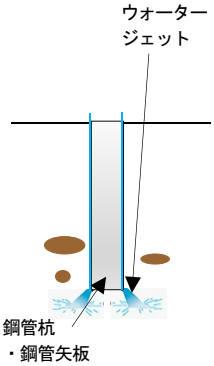
5.12.1　鋼管杭の補助工法

鋼管杭の施工方法は、施工環境や施工地盤に応じて選定されるが、これらの施工条件によっては、選定した施工法のみでは施工時の課題を十分に解決できない場合がある。施工時の課題としては、例えば、硬質地盤や地中障害物の打抜き、周辺地盤の変状抑制、岩盤支持層への貫入、被圧地下水への対応、施工精度の確保、騒音・振動低減等があげられる。これらの課題を解決するための手段・方法として、必要に応じて補助工法を併用する。

一方、基礎に関する施工基準類においては、補助工法の取り扱いについて体系的に整理されたものは少なく、過去の施工実績等を踏まえ、個別に検討・選定されているのが実状である。表 5.12.1 に、鋼管杭工法に適用可能な補助工法を示す。なお、これらの補助工法の適用にあたっては、**「大口径岩盤削孔工法の積算」**[5.12-2)]が参考となる。

表 5.12.1　鋼管杭工法の適用可能な補助工法[5.12-3)]

鋼管杭 本設工法	補助工法						
	先行掘削	硬質地盤 地中障害撤去 置換	管内掘削	ウォーター ジェット 併用	ダウンザ ホールハンマ 掘削	地下水位 低下	バイブロ ハンマ 使用
打撃工法	○	○	○	∪			○
中掘り杭工法	○	○			○	○	○
鋼管ソイルセメント杭工法	○	○					
回転杭工法	○	○	○				
圧入杭工法	○	○	○	○			
バイブロハンマ工法	○	○	○	○			
プレボーリング工法		○					

硬質地盤・地中障害撤去・置換工法		管内掘削併用工法	ウォータージェット併用工法
オーガ掘削	オーガ掘削、ロータリー掘削、 パーカッション掘削、ケーシング掘削		
			
・スパイラルオーガを装備した３点支持式杭打機か、小型杭打機で硬質地盤を揉みほぐす。 ・大口径杭では１本の杭に対し、複数個所先行掘削する場合がある。	・硬質地盤・地中障害を掘削して撤去する。 ・掘削箇所は、山砂、流動化処理土、改良土、セメントミルクなどで置換する。	・本設鋼管杭の施工を一時的に中断し、管内に閉塞した土砂をハンマーグラブなどで撤去する。	・鋼管杭先端に取り付けたジェットノズルから高圧水を噴出して硬質地盤を緩めながら杭を打設する。

©2026JASPP

1.　施工課題を解決する補助工法

⑴　硬質地盤、地中障害の打抜き

1)　先行掘削

杭外径と同径またはそれ以上の径のスパイラルオーガ等を使用し、排土を抑制しながら現地盤を緩めた後に杭を打設する工法である。一般に、「揉みほぐし」とも呼ばれる。硬質地盤を打抜いた後は、通常の方法で施工する。

2)　硬質地盤・障害撤去置換（先行削孔置換）

超硬ビット等の特殊刃先を取り付けたケーシングや岩盤用オーガヘッドによる地盤切削、あるいは重錘やハンマによる衝撃破砕等で硬質地盤や玉石、既設構造物等の地中障害物を撤去した後に、良質な山砂、流動化処理土、改良土、セメントミルク等で置換し、その後、杭を打設する工法である。

3)　管内掘削

打撃工法や回転杭工法では、硬質な中間層の打抜き時に管内に土砂が閉塞すると、その後の施工に支障をきたすおそれがある。管内土砂が閉塞した場合には、ハンマグラブやオーガスクリューを用いて閉塞土を取除いた後に杭を打設する。

なお、地盤によっては、ボイリングの発生により周辺地盤が乱されることもあるため、掘削孔内に注水しながら掘削する場合もある。

4)　ウォータージェット

ウォータージェットとは、先端部に取り付けたノズルからウォータージェットポンプによる高圧水を噴射し、その作用により打込み時の地盤抵抗を低減させるものである。バイブロハンマや圧入機の補助としてよく使用されるが、特に鋼管杭や鋼管矢板の打込み時はバイブロハンマと併用されることが多い。ウォータージェットカッターの機械仕様の一例を表 5.12.2 に示す。なお、**「道路橋示方書・同解説 下部構造編」**[5.12-4)]では、補助工法としてウォータージェットを併用する杭工法は対象外とされている。このため、ウォータージェットを併用する場合には、施工方法および施工管理手法を適切に設定するとともに、載荷試験等により支持力性能を確認する必要がある。

表 5.12.2　ウォータージェットカッターの仕様の例[5.12-5)]

型　　式	CJ-145E	CJ-340ERS
質　　量	3,950 kg	9,650 kg
寸法（$L \times W \times H$）	3,340×1,480×1,600	5,250×1,850×1,900
吐 出 量	325 ℓ/min	400～900 ℓ/min
吐出圧力	14.7 MPa	14.7 MPa

ウォータージェットの導水パイプは、一般に杭の外側につけるが、特定の条件のもとで内側につける場合もある。取付けの方法として、杭に溶接する埋設方式と杭に仮押さえをして転用する転用方式の 2 種類があり、それぞれ杭と地盤の条件、施工性や経済性を考慮して選択する。

写真 5.12.1 に外側配管埋設方式、写真 5.12.2 に内側配管転用方式の例を示す。

©2026JASPP

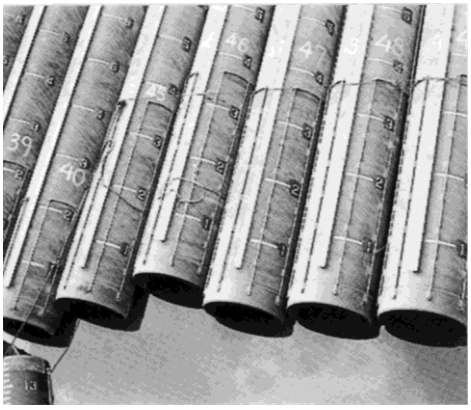


写真 5.12.1　外側配管埋設方式



写真 5.12.2　内側配管転用方式

⑵　周辺地盤の変状抑制

鋼管杭工法には、掘削や削孔で周辺地盤を緩める工法と地盤内への杭の沈設に伴い地盤を周辺へ押し拡げる工法がある。杭打設箇所に近接して既設構造物があり、杭打設時の周辺地盤の変状を抑制する必要がある場合には、杭打設工法の特性に応じた補助工法を採用する。例えば、打設時に周辺地盤を緩める傾向がある中掘り杭工法では、近接構造物と杭打設箇所の間に補助工法として影響遮断壁となる鋼矢板を打設することがある。一方、施工時に周辺地盤を押し出す傾向がある打撃工法や回転杭工法は、補助工法として、管内掘削併用工法を行い、周辺地盤の押し出し量を低減することがある。

これらの補助工法については、各種の近接施工対策マニュアルが参考となる。また、5.15.1　周辺地盤の変状抑制に事例を紹介しているので、併せて、これらも参考にされたい。

⑶　中間層の打抜きと岩盤への貫入

硬い中間層を打抜く場合や支持層が岩盤（硬岩）の場合には、補助工法として、ロックオーガ等による先行削孔やダウンザホールハンマやローラービットを用いた中掘り掘削などを併用することがある。ロックオーガ等による先行削孔状況を写真 5.12.3に、ダウンザホールハンマ工法の全景とビット部の詳細を写真 5.12.4に、リバースサーキュレーションドリル工法の全景を写真 5.12.5に示す。

また、5.11.3　硬質地盤を対象とした工法も併せて、参考にされたい。



写真 5.12.3　ロックオーガによる先行削孔

ⓒ2026JASPP




写真 5.12.4　ダウンザホールハンマ工法の全景とビット部の詳細




写真 5.12.5 リバースサーキュレーションドリル工法の全景

⑷　被圧地下水位対応

打撃工法、回転杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法、バイブロハンマ工法、圧入工法は地表面より高い位置に被圧地下水位がある地盤においても、極端に被圧水頭が高い場合を除き、通常施工が可能であるが、中掘り杭工法では掘削に伴ってボイリング現象が発生する可能性がある。これらの工法を被圧地下水がある地盤条件で施工する場合には、補助工法として、盛土等による施工基面の嵩上げやウェルポイント工法やディープウェル工法等の地下水位低下工法を併用する方法がある。ウェルポイント工法の概要を図 5.12.1 に、ディープウェル工法の概要を図 5.12.2 に示す。

ⓒ2026JASPP

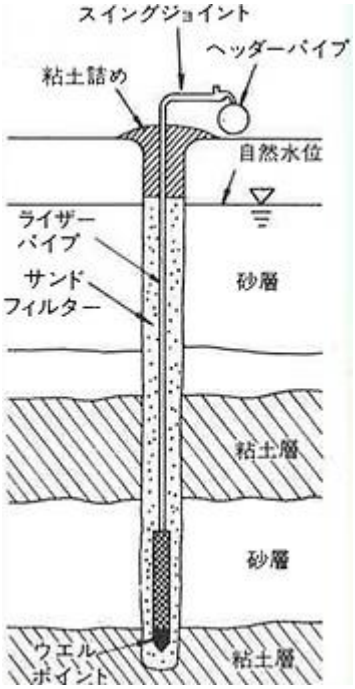


図 5.12.1　ウェルポイント工法の概要
（出典 5.12-①）

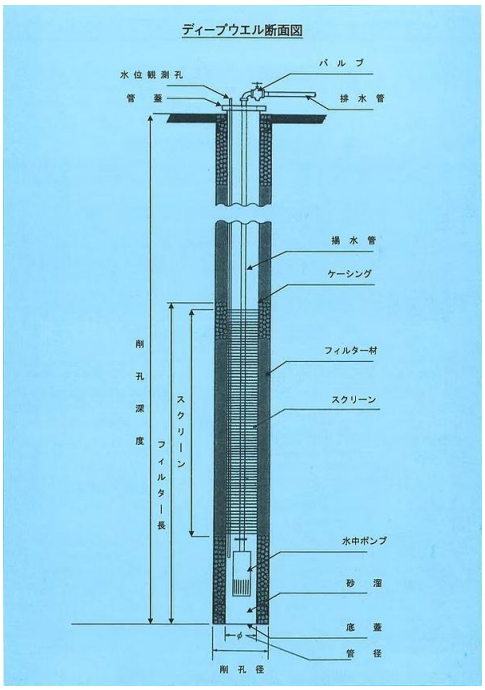


図 5.12.2　ディープウェル工法の概要
（出典 5.12-②）

5.12.2　補助工法の選定と留意点

1.　補助工法の選定

補助工法の選定にあたっては、地盤条件、施工用地や環境面での制約、近接構造物への影響等について課題を明確にする必要がある。しかしながら、これらの課題は複合的に錯綜することが多く、補助工法の選定プロセスを一律に体系化することは困難である。一例として、硬質地盤や地中障害物の打抜きを課題とした場合の補助工法選定の手順を以下に示す。

STEP 1：施工場所の用地や環境、その他条件等による制約を踏まえ、適用可能な鋼管杭工法を選定するとともに、施工可能な最大杭外径を整理する

STEP 2：地盤調査結果に基づき、中間層における最大礫径、地中障害物の規模およびその深さ等を把握する

STEP 3：中間層の地中障害物の除去が可能な補助工法を選定する

STEP 4：選定した補助工法により、障害物を撤去するために必要な施工径および施工深さを設定する

STEP 5：設定条件に基づき比較検討を行い、補助工法の施工仕様（径、長さ等）を決定する

なお、補助工法は設計段階において事前に検討される場合だけでなく、鋼管杭を通常の手順通りに施工しようとしたものの、予期せぬ地中障害物に遭遇した等のトラブル対応で補助工法が必要となる場合もある。このような場合には、原設計（元々の設計）に補助工法による影響が考慮されていないことから、後述する留意事項を踏まえたうえで適切に補助工法を選定する必要がある。

ⓒ2026JASPP

2. 留意点

補助工法を併用した鋼管杭の設計において、実務上採用されている代表的な考え方を以下に示す。

⑴ 補助工法による地盤の揉みほぐし領域が杭外径以下の場合

先行掘削や障害物撤去（置換）、管内掘削により杭外径以下の領域の地盤を揉みほぐす場合には、鋼管杭周辺地盤への影響は限定的とみなし、通常に設定された地盤の設計用特性値を用いて設計することが多い。

⑵ 補助工法による地盤の揉みほぐし領域が杭外径を超える場合

先行掘削や障害物撤去（置換）、ウォータージェットで杭外径を超える領域の地盤を揉みほぐす場合には、補助工法を適用した区間における杭の支持性能を低減し、周面摩擦力を考慮しない設計とすることが多い。一方で、杭の水平抵抗については、原地盤の変形係数が小さく、杭の仕様決定に対する影響が小さい場合には、原地盤の変形係数を低減せずに用いることもある。

また、施工時のトラブルにより当初計画にない補助工法を適用する場合には、設計で想定する地盤特性値を確保するため、例えば障害物撤去（置換）で強度を管理が可能な改良土を埋戻し材料として用いるなど、施工面および構造面の双方に配慮した適切な対応を取る必要がある。

⑶ 補助工法適用後の地盤の設計用特性値が推定可能な場合

障害物撤去（置換）において、埋戻し材料の性状が標準貫入試験や室内土質試験等により評価できる場合には、その結果に基づき推定される地盤の設計用特性値と原地盤の設計用特性値を比較検討し、適切な設計値を用いる。

以上、本節では硬質地盤および地中障害物の打抜きを目的とした補助工法に関する留意点を中心に述べたが、その他の補助工法を適用する場合においても同様の配慮が必要である。また、施工段階において補助工法の適用が必要となった場合には、その原因および検討内容について監督員や発注者に報告し、必要に応じて設計の見直しを行う必要がある。

参考文献

5.12-1）日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.12-2）日本建設機械施工協会：大口径岩盤削孔工法の積算（令和6年度版），2024年6月
5.12-3）澤石正道，日下裕貴：鋼管杭・鋼管矢板における補助工法，基礎工，Vol.49，No.2，pp.013～016，2021年2月
5.12-4）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成29年度改訂），2017年11月
5.12-5）調和工業：ウォータージェットカッター CJシリーズ カタログ

出典

5.12-① 日本ウェルポイント協会：Webサイト 工法の紹介／ウェルポイント工法（https://www.jp-wellpoint.com/wellpoint），2025年12月4日 閲覧
5.12-② 日本ウェルポイント協会：Webサイト 工法の紹介／ディープウェル工法（https://www.jp-wellpoint.com/deepwell），2025年12月4日 閲覧

5.13　現場接合

鋼管杭は単管を現場接続し、順次打継ぎすることによって容易に所定の杭長とすることができる。現場継手は、所定の強度および剛性を有し、施工性を考慮した構造であることが求められ、大きくは溶接継手と機械的な接合による機械式継手（無溶接継手）がある。

5.13.1　現場円周溶接（現場縦継ぎ溶接）

現場溶接部の構造に要求される条件としては、次の 2 点が考えられる。

① 溶接終了後には杭材の他の部分と同程度の強度があること

② 現場作業が簡便で迅速なこと

このような条件や施工管理等の諸点を考慮して、現状では JIS A 5525 鋼管ぐいおよび JIS A 5530 鋼管矢板に採用されている JASPP ジョイント（2.　JASPP ジョイントで詳述）が一般的に使用されている。溶接方法としては、セルフシールド半自動アーク溶接が一般的に使用されている。

鋼管杭の現場円周溶接では、溶接作業者の技量を踏まえた適切なルート間隔を設定したうえで、天候・気温等を考慮した適切な溶接条件と管理のもとで溶接作業を行わなければならない。また、溶接作業完了後には、適切な検査等を行って、溶接部の健全性を確認するのがよい。

1.　溶接方法および溶接材料

鋼管杭の現場円周溶接では、一般に手溶接、半自動溶接、自動溶接の 3 種類の溶接方法が用いられる。

⑴　手溶接

溶接速度は遅いものの、段取り時間が短いなどの特長があり、小径鋼管杭など、溶接量が少ない場合に用いられる。

溶接材料としては、低水素系、イルミナイト系、ライムチタニア系の溶接材料が一般的に用いられるが、初層に低水素系溶接棒（裏波溶接用）を用いることで、より良好な溶接品質が得られる。

溶接棒の被覆剤は、アークの安定と良好な溶着金属を得るためのものであり、被覆剤が吸湿するとブローホール等の有害な欠陥が発生しやすくなる。保存方法や保存状態に留意するとともに、十分に乾燥した溶接棒を使用する。

⑵　半自動溶接

鋼管杭の現場円周溶接には、半自動のセルフシールドアーク溶接（図 5.13.1）が広く用いられている。

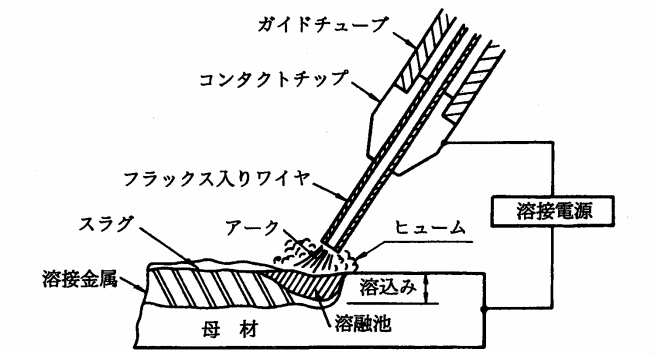


図 5.13.1　セルフシールドアーク溶接の概略

©2026JASPP

本溶接方法の特長は、以下の通りである。

① 溶着速度が速く、高能率である
② アーク電圧（アーク長さ）の変動による気孔の発生が少ない
③ スラグの剥離性が良好である
④ 溶融プールが観察しやすく、作業性に優れる
⑤ スラグの被覆良好であり、ビード外観が安定し、見栄えが良い
⑥ シールドガスを必要としないため、風の影響を受けにくく、特に屋外での溶接に適している

⑶ 自動溶接

半自動溶接における溶接方向の運棒動作を自動走行機構により行う溶接方法である。自動化により品質・外観ともに均一で安定した溶接ビードが得られる等の特長がある。一方で、溶接装置の着脱や水平度の調整、トーチ角度や位置の調整等、溶接作業前後の段取りに時間を要する。このため、溶接方法は比較的厚肉で大径の鋼管杭に適用されることが多い。

自動溶接への取組みに関しては、**（株）総合土木研究所「基礎工 Vol.53, No.5, 特集 杭施工における最近の管理技術（大口径鋼管杭への自動ロボット溶接の取組み）」**（2025 年）[5.13-1)]において、適用事例が紹介されている。

2. JASPP ジョイント

半自動溶接が導入され、その普及が進んだ鋼管杭の現場継手溶接であるが、従来から各社各様の形式があり、その施工方法も異なっていたため、需要家からは継手の標準化が要望されていた。鋼管杭協会では、1971～1972 年に日本鋼構造協会に委託して各種継手の強度、施工性などについて具体的に研究を行い、比較的良好な 2 種類の継手を選定した（JSSC Vol.9 No.94）。その後、この 2 種類の継手の長所を取入れて、「鋼管杭協会半自動溶接現場継手（JASPP ジョイント）」として標準化された（1976 年 8 月）。そして、1979 年 4 月には、溶着金属のたれ落ち防止のあらたな治具として、銅バンドが採用された。

⑴ 形状・寸法

JASPP ジョイントの形状および寸法は、図 5.13.2、図 5.13.3 および表 5.13.1、表 5.13.2 に示す通りである。ストッパーは杭本体にあらかじめ取り付けられ、別途現場へ搬入された裏当てリングを継手溶接時に取り付ける。溶着金属のたれ落ち防止のため、必要に応じて銅バンドを用いる。

表 5.13.2 において、杭外径が 1,016mm を超えるものの裏当てリングの高さが $\widehat{50}$mm と $\widehat{70}$mm の 2 種類あるが、このサイズの杭ではリング高さが $\widehat{70}$mm あると上杭の建込みの作業性がよいと考え、この $\widehat{70}$mm を使用することにした。ただし、杭内にオーガスクリューを挿入するような中掘りの場合には、高さ $\widehat{50}$mm を使用する。そのため、表 5.13.2 には 2 つのサイズを記載している。

ⓒ2026JASPP

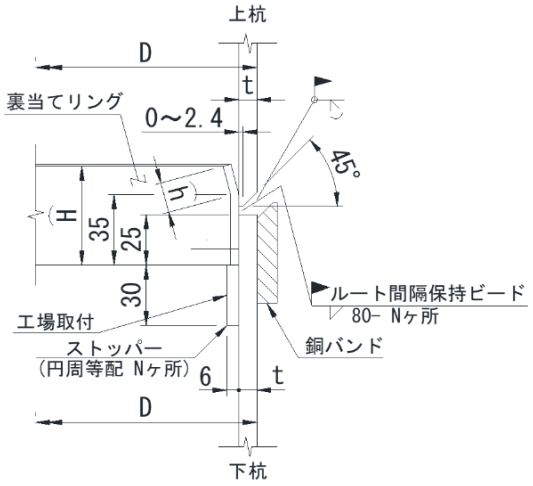


図 5.13.2　JASPP ジョイントの形状・寸法

表 5.13.1　ストッパーおよびルート間隔保持ビード個数

外径 D (mm)	n (個数)
609.6　以下	4
609.6 を超え 1,016 以下	6
1,016　を超えるもの	8

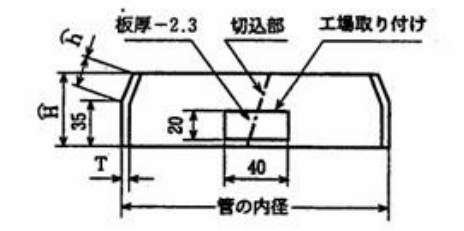


図 5.13.3　裏当てリングの形状・寸法

表 5.13.2　裏当てリング厚さおよび高さ

外径 D (mm)	板厚 T (mm)	高さ $\widehat{H}$ (mm)	弧部長さ $\widehat{h}$ (mm)
1,016 以下	4.5	$\widehat{50}$	$\widehat{H}=\widehat{50}$の場合 15
1,016 を超えるもの	6.0	$\widehat{70}$, $\widehat{50}$	$\widehat{H}=\widehat{70}$の場合 35

* 中掘りを適用する場合には、高さ $\widehat{H}=\widehat{50}$ mm とする。

⑵　ルート間隔

JASPP ジョイントについては、旧来の**「JIS A 5525：2019 鋼管ぐい」**[5.13-2]や**「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成 29 年度改訂）」**[5.13-3]、**「杭基礎設計便覧（令和 2 年度改訂）」**[5.13-4]、**「杭基礎施工便覧（令和 2 年度改訂）」**[5.13-5]では、ルート間隔として 1～4mm が示されていた。しかしながら、2024 年に改正された**「JIS A5525：2024 鋼管ぐい」**[5.13-6]および 2025 年に改訂された**「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（令和 7 年度改訂）」**[5.13-7]では、ルート間隔の寸法表記は削除されている。

JASPP ジョイントは、1976 年 8 月に「鋼管杭協会半自動溶接現場継手」として標準化されたが、ルート間隔の数値については、比較的薄肉の鋼管杭を対象に標準化が進められてきた結果として、確保することが望ましい最小値の目安として示されたものと考えられる。1983 年の **JIS A 5525 鋼管ぐい**の改正では、鋼管杭の半自動現場円周溶接用の継手として初めて JASPP ジョイントが記載され、その後、鋼管杭の現場円周溶接の標準継手として業界内に広く浸透していった。そして、厚肉の鋼管杭も一般的に使用されるようになった現在、実際の施工現場からは「厚肉の鋼管杭を溶接する場合には、ルート間隔をある程度大きく設定した方が施工性は向上する」等の指摘も出てきている。

JASPP ジョイント以外の継手としては、**（一社）日本鋼構造協会「溶接開先標準（JSS Ⅰ 03-2005）」**（2005 年）（以下、**「JSSC 溶接開先標準」**という）[5.13-8]に定められる仕様（図 5.13.4 参照）がある。**「JSSC 溶接開先標準」**では、突合せ継手の裏当て金付レ形開先溶接について、「母材に適し、溶接性に問題ない材質で、溶落ちが生じない板厚の裏当て金を使用すること」を前提に、適用板厚 6mm 以上、開先角度 45°の場合には、ルート間隔の標準値は 6～7mm、マイナス公差は 2mm、プラス公差は∞とすることが示されている。これは、ルート間隔が小さくなると溶込み不足が生じやすくなり、溶接品質の低下につながるおそ

れがある一方、ルート間隔が大きくなる場合には溶接量や溶接時間は増加するものの、溶込みの確保という観点からは有利となるためと考えられる。

このような実状を踏まえ、**「JIS A5525：2024 鋼管ぐい」**や**「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（令和 7 年度改訂）」**では、従来示されていたルート間隔の数値規定が削除され、溶接施工条件に応じて適切に設定する考え方へ移行したものと考えられる。

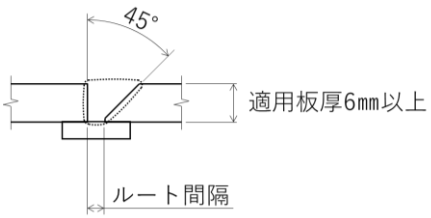


図 5.13.4　日本鋼構造協会の溶接開先標準（JSS Ⅰ 03-2005）の仕様 [5.13-8)]

⑶　目違い・くい違い

「JIS Z3001-4：2013 溶接用語 -第 4 部：溶接不完全部」[5.13-9)]によれば、「目違い」とは「溶接後の母材が要求された同一平面になっていない状態で、母材間の基準面どうしのくい違いのこと」をいう（図 5.13.5 参照）。「くい違い」とは、一般に「溶接する母材の板面位置にずれが生じているときの段差」をいう（図 5.13.6 参照）。用語の定義は若干異なるが、「目違い」と「くい違い」は、ともに溶接する母材（鋼管杭では、下杭と上杭）の板厚心のずれ量と解釈できる。

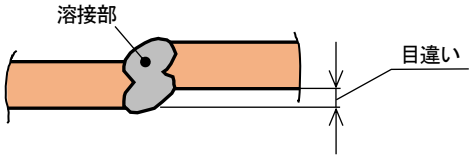


図 5.13.5　目違いの概念図

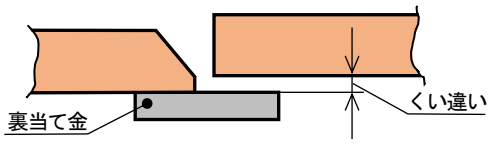


図 5.13.6　くい違いの概念図 [5.13-10)]

現場円周溶接時の目違い・くい違いに関しては、**（株）総合土木研究所「基礎工 Vol.50，No.5，特集 最近の鋼管矢板基礎（鋼管矢板の現場継手構造と施工）」**（2022 年）[5.13-11)]において、9mm および 25mm の鋼板（SM490）を用いた溶接試験（目違い・くい違いを有する溶接部の確性試験）結果が紹介されている。本試験では、目違い・くい違い量をパラメータ（0，±2mm，±4mm，±6mm）に、鋼管杭の現場円周溶接部を模擬した試験を作成し、溶接部断面の溶込み確認および溶接部の引張試験が実施されている。局所的に 4mm の目違い・くい違いが生じても溶接部の引張強度は低下しないことが、本試験により確認されている。実際の施工では、このような試験結果を参考に目違い・くい違いの管理を行うとよい。

現場円周溶接部の溶接施工においては、実際に溶接作業を行う溶接作業者だけでなく、これに付随する作業を行う補助作業者、作業指示者、および、溶接検査・管理者は、各自の作業の重要性と本質をよく理解し、良好な環境のもとで、適切な品質が確実に得られるよう配慮しなければならない。

鋼管杭の単管長は設計条件や施工条件等によって決定されるが、現場溶接位置は、杭体に大きな荷重（曲げモーメントやせん断力、引張力）が作用するような位置や大地震時に杭体が降伏するような位置を避けて設定されるのが一般的である。しかしながら、条件によっては、前述したような位置に現場溶接を設定せざるを得ないこともある。溶接位置により、溶接作業の難易があることも考慮する必要がある。

なお、道路橋基礎（鋼管杭・鋼管矢板）を対象とした JASPP ジョイントを用いた現場縦継ぎ溶接については、**（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会「道路橋における 鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」（平成 24 年）**[5.13-12)]が発行されており、併せて参照されたい。

3.　溶接作業者

鋼管杭の現場円周溶接部の品質は、溶接作業者の技量に大きく依存する。このため、各関係機関の仕様書および基準類においては、溶接作業者の資格および技量について規定されている。溶接作業者は、手溶接法または半自動溶接法に関する所定の資格を有し、かつ当該現場の溶接条件、溶接環境および溶接方法に応じて十分な技能を有すると認められた者が従事することとされている。

鋼管杭の現場溶接作業者には、一般的に、**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**の SS-2H、SS-3H、SS-2P、SS-3P、または **WES 8106 基礎杭溶接技能者の資格認証基準**の FP-SS-2P の資格を有することが求められる。

4.　環境整備

⑴　風

溶接方法にもよるが、一般に風速 10m/s 以上の強風下では、シールドガスおよびアークが乱され、溶接品質に悪影響を及ぼすおそれがある。必要に応じて、防風設備等により風を遮へいする措置を講じる。

⑵　雨・雪

雨天時や降雪時に溶接を行うと、溶接面およびその周辺に水分が付着し、水蒸気が発生することで、溶接部へ水素が混入しやすくなる。その結果として、溶接欠陥が発生しやすくなるほか、感電の危険も生じる。降雨時および降雪時には原則として溶接作業を行ってはならない。

⑶　気温

原則として、気温が 5℃以下の場合には、溶接部から 100mm 以内の範囲がすべて 36℃以上となるように予熱処理を行った後に、溶接作業を行う。

⑷　足場の確保

溶接作業を確実に行うためには、溶接作業者が安全かつ効率的に作業できる足場を確保する必要がある。

5.　溶接準備

⑴　溶接機器の点検

溶接機器については、ワイヤ送給機能、コンタクトチップの摩耗状態、アース線を含む結線の接触不良の有無等を常時点検し、安全かつ適切な溶接が行えるよう各部の状態を確認する必要がある。

⑵　溶接材料の保管

溶接材料は、できるだけ湿気の少ない場所に保管する。また、使用後のワイヤについては、防湿紙や防錆紙、ビニール等で包み、できるだけ吸湿しないように保管する。現場で長期間保管あるいは梅雨期に使用したワイヤについては、使用前に状態を確認し、吸湿が認められる場合には、あらかじめ乾燥処理（強制乾燥）を行う。

ⓒ2026JASPP

⑶　開先の清掃

溶接部に水分、さび、泥土、油脂、ごみ、スケール等が付着していると健全な溶接が確保できないため、溶接前にワイヤブラシ、ディスクグラインダー、ガスバーナー等を用いてこれらを除去する。なお、これらの有害物の除去は、溶接部だけでなくその周辺についても確実に実施する。

⑷　開先の現場加工

運搬や荷下ろし、移動、打込み作業等により杭の継手部に変形が生じた場合には、溶接前にジャッキやディスクグラインダー等を用いて変形部を修正する必要がある。また、溶接開先を現場で加工する場合には、設計図書等に基づいて、所定の形状・寸法に作製する。

6.　継手の形成

⑴　裏当てリング

JASPP ジョイントに使用する裏当てリングの取付け方法を図 5.13.7 に示す。裏当てリングの板厚には、杭外径に応じて 4.5mm、6.0mm の 2 種類がある。

リングの上端は、上杭を挿入しやすいように折り曲げ加工が施されている。また、裏当てリングは、下杭に取り付けられたストッパーにより保持される。裏当てリングは、図 5.13.7 に示す方法で軽くたたき込んだ後に杭内面に密着させ、止め金具と裏当てリングまたは裏当てリングとストッパーを溶接し、固定する。

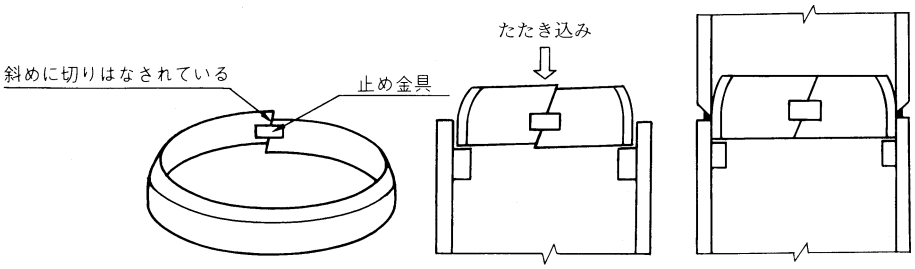


図 5.13.7　裏当てリングの取付け方法

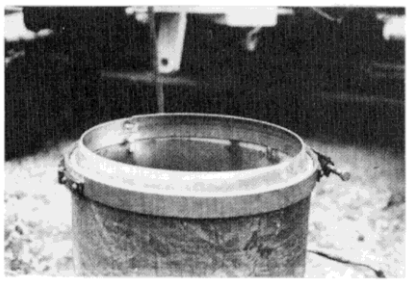


写真 5.13.1　裏当てリングの取付け状況

⑵　ルート間隔保持ビードまたはプレート

裏当てリングを装着した後、図 5.13.7 に示す要領で裏当てリングを固定するとともに、ルート間隔保持ビードを溶接設置する。ルート間隔保持ビードを溶接設置する際には、所定の寸法に作製しやすいよう、通常よりも低電流で速めの運棒とする。ルート間隔保持ビードの設置要領を図 5.13.8 に、ビード数およびビード長さの目安値を表 5.13.3 に示す。また、ビード高さは、概ねルート間隔のねらい値＋1mm とする。なお、ルート間隔保持ビードの代替として、プレートを用いてもよい（写真 5.13.2）。

ⓒ2026JASPP

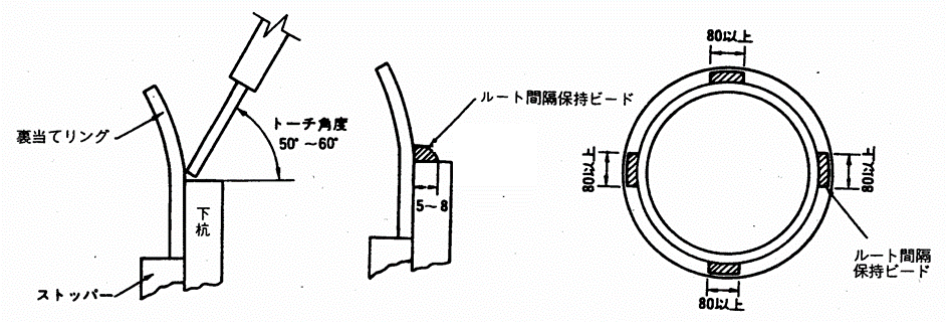


図 5.13.8　ルート間隔保持ビード施工要領

表 5.13.3　ルート間隔保持ビード数とビード長（目安値）

外径（mm）	ルート間隔保持 ビード数	ルート間隔保持 ビード長さ
φ609.6　以　下	4 ヵ所	1 ヵ所 80mm 以上
φ1,016　以　下	6 ヵ所	1 ヵ所 80mm 以上
φ1,016 を超えるもの	8 ヵ所	1 ヵ所 80mm 以上



写真 5.13.2　ルート間隔保持プレート（例）

⑶　銅バンド

溶着金属のたれ落ちが懸念される場合には必要に応じて銅バンドを使用する。銅バンドの取付け要領を図 5.13.9 に示す。

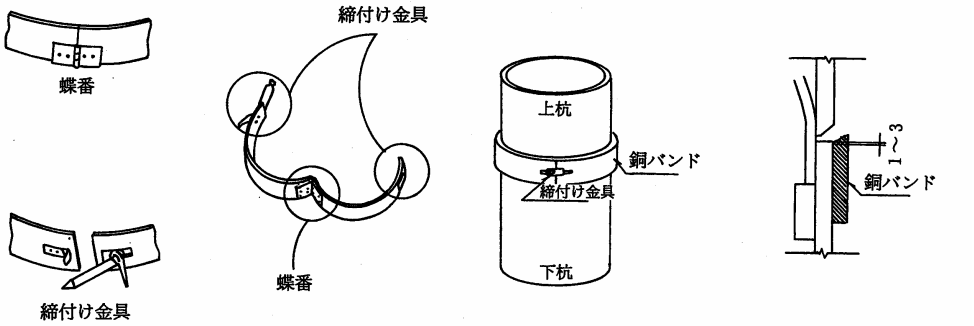


図 5.13.9　銅バンドの取付け要領

ⓒ2026JASPP

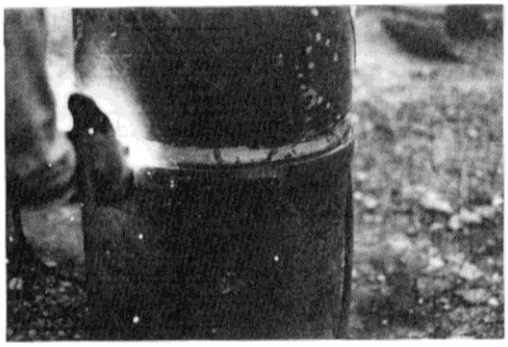


写真 5.13.3　銅バンドでの溶接

7.　溶接条件

杭の板厚 9～25mm について、径 3.2mm の溶接ワイヤを使用し、ルート間隔を 1～4mm とした場合の標準溶接条件を表 5.13.4 に示す。

表 5.13.4　半自動溶接条件例（ルート間隔を 1～4㎜ とした場合）

t (mm)	層　数	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)
9	1～ 2	300～460	24～30	25～35
12	2～ 3			
16	4～ 5			
19	5～ 7			
22	8～10			
25	10～13			

8.　溶接作業

⑴　1 層目の溶接

1 層目の溶接は溶込みを深くするために、所定電流において電圧は極力低めとする。トーチは図 5.13.10 に示すように溶接進行方向に 0 度～45 度に傾け、ワイヤのねらいは図 5.13.11 に示す位置にする。この場合の注意事項を要約し、以下に示す。

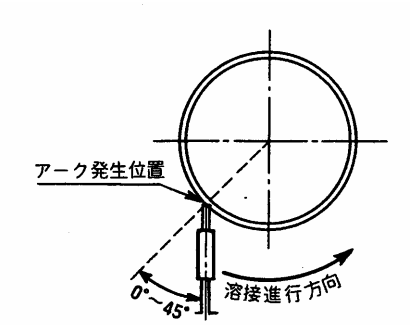


図 5.13.10　溶接進行方向のトーチ角度

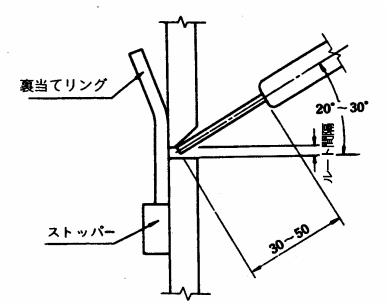


図 5.13.11　1 層目のねらい位置およびトーチの上下角度

©2026JASPP

① 裏当てリングを十分溶かす

② トーチは溶接進行方向の反対側に傾けないこと
これを誤るとスラグ巻込み、融合不良、ブローホールなどの欠陥が生じやすくなる

③ 1 層目と限らないが、ワイヤ突き出し長さは 30～50mm とする
突き出し長さを短くし過ぎると気孔が発生しやすくなるため、セルフシールドアーク溶接においては最も注意を要する

④ ビード継ぎの際には、前ビードの終端部でアークを発生させ、約 20mm バックステップする

⑤ 多層溶接の場合には、前層のスラグを完全に除去してから溶接作業を行う

⑵ 仕上げ層の溶接

仕上がりを特に良くするためには、仕上げ層の溶接は全周アークを切らずに行うのがよい。やむを得ずアークを切った場合は、1 層目と同じ要領でビード継ぎを行う。トーチの上下角度は図 5.13.12 に示すように 0 度～15 度とし、ワイヤのねらい位置は 1 層ビードと上杭の開先面で形成される凹部とする。この場合、アンダーカットを防ぐため、アークは上杭面から発生させてはならない。

なお、下杭の外周に銅バンドを取り付けている場合には、溶着金属のたれ落ちの心配はない。

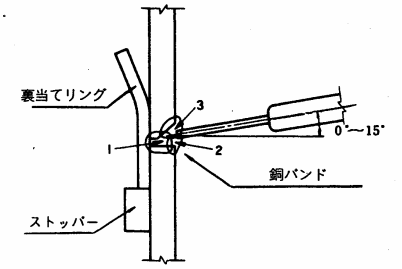


図 5.13.12　仕上げ層のねらい位置およびトーチの上下角度

また、斜杭の場合には、溶け込み不良を防止する観点から、1～2 層は、周方向の最も低い側に設けたルート間隔保持ビードまたはプレートの近傍をアークスタートとし、上進溶接するとよい（図 5.13.13）。

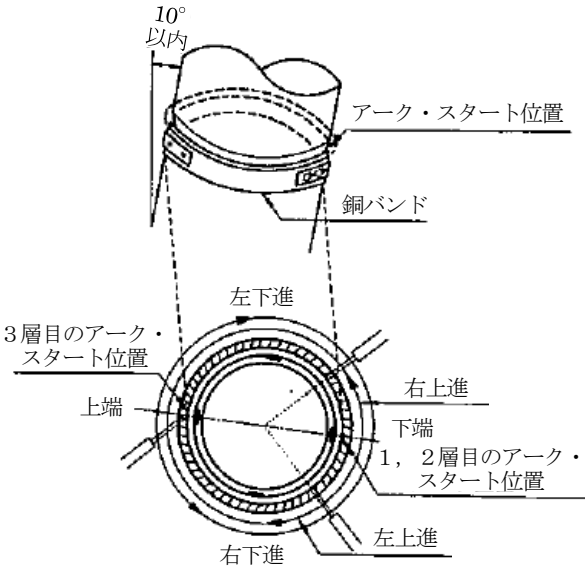


図 5.13.13　傾斜 10 度程度以内の斜杭における溶接要領（出典 5.13-①）

ⓒ2026JASPP

9.　溶接完了後の打込み

溶接完了後の打込みにあたっては、溶着金属の急冷を避け、少なくとも 200℃程度まで自然放熱させた後に行う。溶接部の温度は、図 5.13.14 に示すように 1 分程度で 200～250℃程度となる。

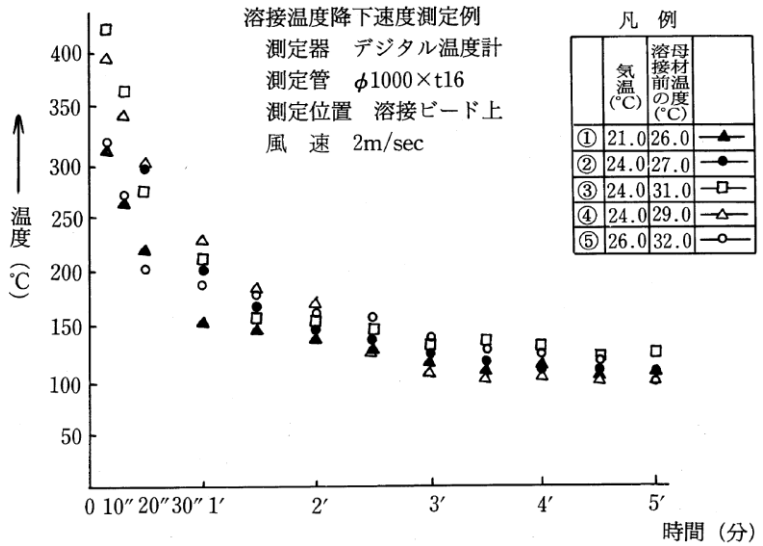


図 5.13.14　溶接温度下降速度の測定事例

10.　溶接施工の記録

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接の施工にあたっては、溶接条件、溶接作業内容、検査結果等の記録を適切に保管する必要がある。表 5.13.5 に示すような項目について溶接施工記録を作成し、管理することが望ましい。

「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編」においては、知識経験のある溶接施工管理技術者を常置させることが求められており、溶接施工管理技術者が溶接工の選定並びに溶接の管理、指導、検査及び記録を行うものとされている。

なお、溶接施工管理技術者の資格要件の代表例としては、日本溶接協会の資格　**WES 7601 基礎杭の打設時における溶接作業標準**に定められた溶接管理技術者（日本溶接協会が指定する基礎杭溶接管理技術者講習・修了試験の合格者、または **WES 8103 溶接管理技術者認証基準**に基づいて認証される溶接技術者）が該当する。

ⓒ2026JASPP

表 5.13.5　溶接施工記録表（例）（出典 5.13-②）

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						

ⓒ2026JASPP

11. 検　査

⑴　現場円周溶接部の検査

溶接部の検査には目視による外観検査のほか、以下の試験法がある。

1)　放射線透過試験

放射線源を杭の外面に配置して継手溶接部の状態を撮影し、溶接の良否を判定する。判定基準としては、通常，**JIS Z 3104 鋼溶接継手の放射線透過試験方法**の付属書４の箇条６（きずの分類）により、きずが１類～3 類に該当する場合を合格としている。ただし、中掘り杭工法のように杭内にオーガスクリューやオーガロッドが設置されているような状況では放射線撮影が困難であり（オーガスクリューやオーガロッドも透過撮影されてしまう）、この場合には超音波探傷試験で代替される。

2)　超音波探傷試験

可聴範囲を超える周波数の高い音波を使用して判定する方法であり、**JIS Z 3060 鋼溶接部の超音波探傷試験方法**に準拠して行われる。通常、附属書 G の表 G.1－きずエコー高さの領域及びきずの指示長さによるきずの分類により、きずが１類～3 類に該当する場合を合格としている。

3)　浸透探傷試験

放射線透過試験や超音波探傷試験のように特別な試験装置を必要とせず、現場で簡単に実施できる方法であるが、溶接部表面に開口している欠陥のみを検出する方法である。**JIS Z 2343-1 浸透探傷試験方法および浸透指示模様の分類**に準拠して行われる。通常、割れによる指示模様が認められず、かつ、独立または連続の線状浸透指示模様、もしくは、円形状浸透指示模様の長さが 2mm 以下を合格としている。

⑵　溶接不良の種類と対策

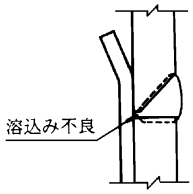
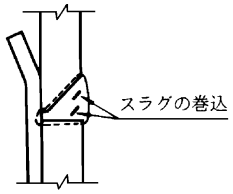
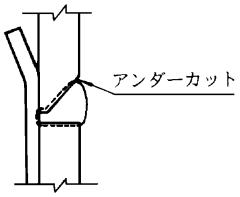
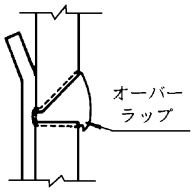
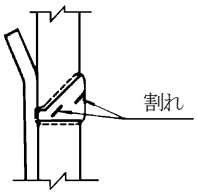
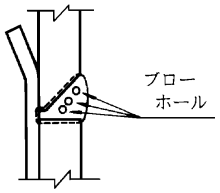
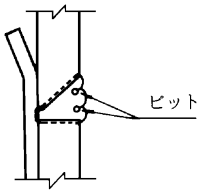
溶接部には表 5.13.6 に示すような各種の不良が発生する場合があるため、溶接作業前に継手の状態、仮付け時の上下杭接合の良否、開先部の清掃、溶接器具の整備、溶接棒の乾燥状態、溶接中においては電流の調節、不純物の混入などに注意する。溶接終了後、外観検査などで重大な欠陥を発見したときは、その箇所をディスクグラインダーまたはガウジング等で完全にはつりとり、再溶接して、手直しをする必要がある。表 5.13.7 に溶接不良の原因と対策を示す。

表 5.13.6　溶接不良の種類と検査法

種　類	検査法	検査法の基準
アンダーカット	外観検査	外観検査基準
オーバーラップ	〃	
ビード不整	〃	
ピット	〃	
スラグ残留	〃	
スパッタ付着	〃	
割れ	外観検査	非破壊検査基準および判定基準
	放射線透過試験	
	超音波探傷試験	
	浸透探傷試験	
ブローホール	放射線透過試験 超音波探傷試験	
スラグ巻込み		
溶込み不良		

©2026JASPP

表 5.13.7　溶接不良の原因と対策

種　　類	原　　因	対　　策
溶込み不足 	1. ルート間隔がせまい。 2. 溶接速度が速すぎる。または遅すぎる。 3. 溶接電流が低い。 4. トーチ角度およびねらい位置が不適当。	1. 適切なルート間隔を確保する。 2. 溶接速度を適正にし、スラグが先行しないようにする。 3. 400A 以上が良い。 4. トーチ角度を 20～30° に保ち、裏当リングを十分溶かしうるねらい位置とする。
スラグの巻込み 	1. スラグ除去が不完全。 2. 運棒速度が遅すぎる。 3. トーチを前進法で溶接した。	1. 前層のスラグは完全に除去する。 2. スラグが先行しない速度にする。 3. トーチを後退法 (0～45°) で溶接する。
アンダーカット 	1. 溶接電流が高すぎる。 2. トーチ角度およびねらい位置が不適当。 3. 溶接速度が速すぎる。 4. アーク電圧が高すぎる。	1. 最終層の電流を 350A～400A の範囲に下げる。 2. トーチ角度を 0～15° に保ち、ねらいは上ぐい開先面からアークを発生させないようにする。 3. 溶着量が不足しないよう速度を遅くする。 4. アーク電圧を 26～28V に下げる。
オーバーラップ 	1. 溶接電流が低すぎる。 2. 運棒速度が遅すぎる。	1. 溶着電流を上げて、運棒速度を速くする。 2. 溶接速度を速くする。
割　れ 	1. 継手部に水分、不純物が混入した。 2. 熱影響部が硬化ぜい化した。 3. 溶接ワイヤが吸湿している。	1. 溶接前に開先部の清掃を十分に行い水分、泥土、油脂、ごみ、さびなどを完全に除去する。 2. 予熱を行う。 3. 溶接ワイヤの保管を完全に行い使用の際再乾燥する。
ブローホール 	1. アーク電圧が高すぎる。 2. 継手部に水分、不純物が混入した。 3. 溶接ワイヤが吸湿している。 4. ワイヤ突出長さが短い。	1. 適正なアーク電圧 26～30V を使用する。 2. 溶接前に開先部の清掃を十分に行い水分、泥土、油脂、ごみ、さびなどを完全に除去する。 3. 溶接ワイヤの保管を完全に行い、使用の際、再乾燥する。 4. ワイヤ突出長さを 30～50mm の適正長さにする。
ピット 	1. 溶接ワイヤが吸湿している。 2. 継手部に水分、不純物が混入した。 3. 電流・電圧が不適当。	1. 溶接ワイヤの保管を完全に行い使用の際、再乾燥する。 2. 溶接前に開先部の清掃を十分に行い水分、泥土、油脂、ごみ、さびなどを完全に除去する。 3. 標準溶接条件の範囲で行う。

（注）電流、電圧値については、径 3.2mm の溶接ワイヤを使用したときの値

ⓒ2026JASPP

5.13.2　現場横継ぎ溶接

施工現場における鋼管杭の継ぎ杭は、一般に縦継ぎ溶接により行われるが、施工条件によっては横継ぎ溶接による場合もある。例えば、鋼管ソイルセメント杭工法（後沈設方式）では、ソイルセメント柱が凝結する前に鋼管を沈設する必要があるが、鋼管長が長い場合には建込み時間の短縮を目的に、あらかじめ施工ヤードで鋼管杭を横継ぎしておくことがある。

施工現場において横継ぎを行う場合には、図 5.13.15 に示すようにターニングロールを用いた半自動溶接を用いることが多い。ターニングロールについては、できる限り平坦に整地した地盤上に設置し、水平度および通り心を十分に確認したうえで固定する。ただし、鋼管杭の重量でターニングロールが沈み込むこともあるため、適宜水平度を確認し、必要に応じて微調整する。また、本溶接の前に仮付けした杭を回転させ、周方向で 2 点以上の水平度を確認するなど、出来形確保に向けた十分な施工管理のもとで作業を実施する必要がある。なお、溶接後の鋼管の曲がり・反りの許容値は JIS A 5525 鋼管ぐいに準拠し、溶接品質や検査基準等についても現場円周溶接の規定に準拠することが一般的である。

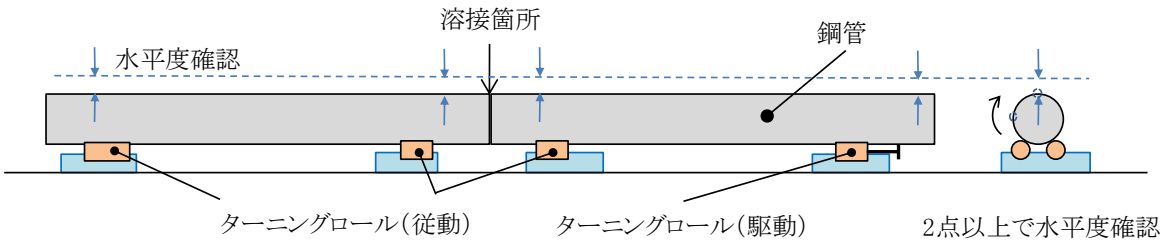


図 5.13.15　ターニングロールによる現場横継ぎ溶接の例（出典 5.13-③）

以降、本項では現場横継ぎ溶接に特有な内容について述べるため、溶接材料、溶接条件、検査など本項に記載なき事項については、 5.13.1　現場円周溶接（現場縦継ぎ溶接）の項を参照されたい。

1.　溶接作業者

現場縦継ぎ溶接と同様に、鋼管杭の現場円周溶接部の品質は、溶接作業者の技量に大きく依存する。各関係機関の仕様書および基準類に規定された技量資格を有し、かつ当該現場の溶接条件、溶接環境および溶接方法に応じて十分な技能を有すると認められた者が溶接作業に従事する。

鋼管杭の現場横継ぎ溶接は下向きに作業を行うため、溶接作業者は 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の SS-2F、SS-3F、または WES 8106 基礎杭溶接技能者の資格認証基準の FP-SS-2P の資格を有する者とする。

2.　環境整備

基本的に 5.13.1　現場円周溶接（現場縦継ぎ溶接）と同様であるが、溶接作業を確実に行うためには、溶接作業者が安全で作業しやすい足場を確保することが必要である。横継ぎの場合、一般に溶接箇所の上部から下向き姿勢で溶接を行うことが多いことから、作業高さには十分に留意する。特に、ターニングロールを使用する場合には、大径の鋼管杭（例えば、外径 1,000mm 以上）を設置すると作業位置が高所となることがある。溶接作業者の足場高さが 2m を超える場合には高所作業に該当するため、墜落防止装置の設置や墜落制止用器具（フルハーネス型安全帯等）の使用等、適切な安全対策を講じる必要がある。

ⓒ2026JASPP

3.　溶接準備

⑴　溶接機器の点検

溶接機器の点検については、5.13.1　現場円周溶接（現場縦継ぎ溶接）　5.　溶接準備と同様である。また、ターニングロールを使用する場合には、ローラーの駆動装置（正回転・逆回転・回転速度）や回転部（従動）が適切に作動するか、ターニングロール間の水平度や通り心の進捗度（直進性）等を確認する。

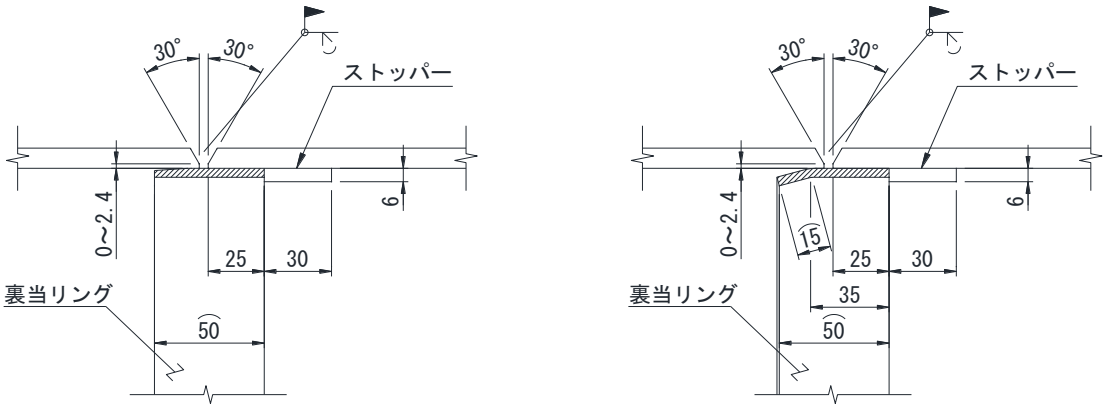
⑵　材料の準備

1)　鋼管杭

適切な開先加工を施した鋼管杭を準備する。なお、横継ぎ溶接後に建起しや吊込みに使用する吊金具は、溶接後の鋼管杭の全質量を揚重できるサイズを基本とするが、あらかじめ想定される質量に対して適切なサイズを選定しておくことが望ましい。

2)　裏当てリングなどの溶接部材

裏当てリングは、鋼管杭径に応じた適切な形状（図 5.13.16 参照）・材質のものを準備する。なお、裏当てリングについては、JASPP ジョイント用の部材を流用する場合もある。



平板リングの裏当てリングの例　　JASPP ジョイントの裏当てリングの例

図 5.13.16　裏当てリングの例

⑶　テント等の設置

横継ぎ溶接においては、テント等を設置することにより、天候の影響を受けにくく、安定した溶接品質を確保できる環境を整えることができる。設置にあたっては、強風等による飛散や転倒を防止するため、テントの素材やフレームを適切に選定し、確実に設置・固定する必要がある。また、覆布材については、溶接時に発生するスパッタの飛散による火災防止の観点から、防炎性能を有するものを採用する。

4.　溶接作業

横継ぎ溶接においては、鋼管杭の管天位置（鋼管杭の管軸方向中心軸から上方へ伸ばした垂線と管外周面が交差する位置）から溶接トーチの位置（オフセンター）の設定が重要である。一般に、鋼管の回転方向に対して進行方向の手前側に溶接トーチを配置することで、山形の溶接ビードを形成することができる（図 5.13.17参照）。

ⓒ2026JASPP

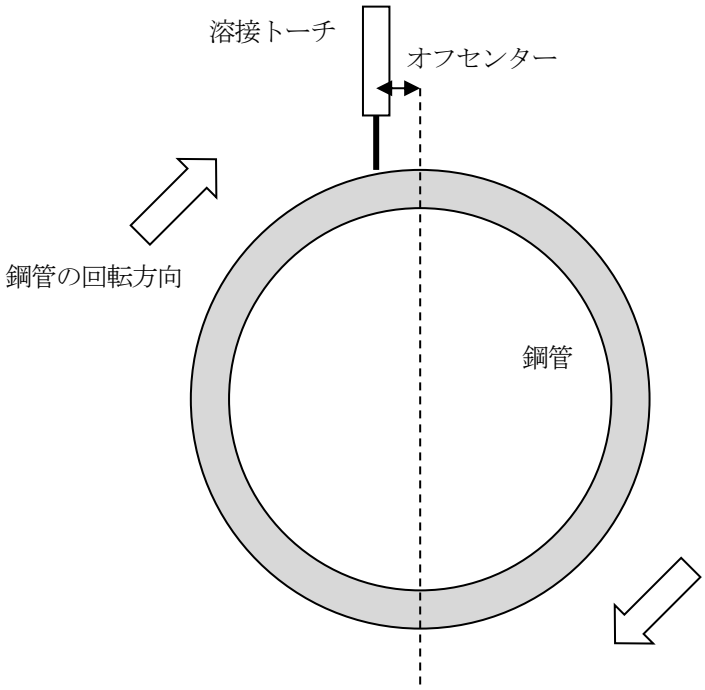


図 5.13.17　１層目におけるワイヤのねらい位置

5.13.3　機械式継手

1. 機械式継手の概要と特長

鋼管杭の現場接合には一般に現場溶接継手が用いられるが、近年では現場溶接を伴わない機械式継手の採用が増加している。機械式継手は、杭を現場に搬入する前の（工場）製作段階において杭端部に鋼製継手金具を取り付け、施工現場では自重等により嵌合させた後にピンやボルトで接合させるものである。代表的な機械式継手の概要を表 5.13.8 に示す。これらの機械式継手に共通する主な特長は以下の通りである。

・鋼管杭の外径や板厚にかかわらず、短時間（概ね 10～15 分／箇所）で接合可能である。
・施工時の天候（雨天・降雪・強風等）の影響を受けにくく、安定した施工が可能である。
・可燃物近傍など、溶接作業に制約がある場所でも適用しやすい。
・溶接作業者の技量に品質が左右される現場溶接継手に比べ、品質のばらつきが小さい。
・溶接後検査を必要とする現場溶接継手に比べ、施工管理が容易である。

2. 取り扱いの留意点

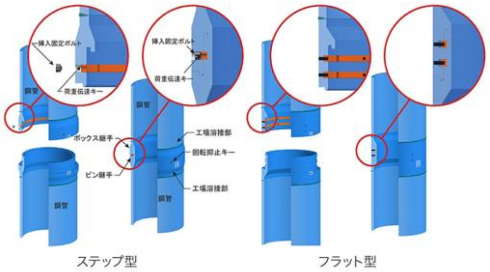
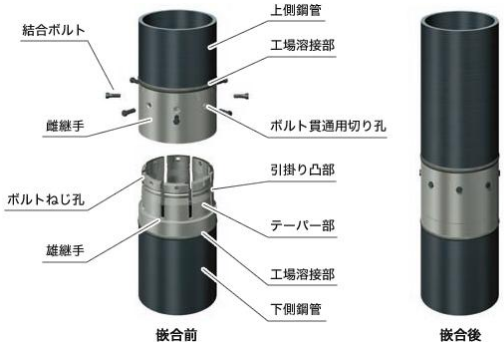
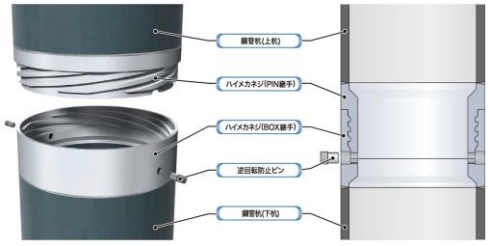
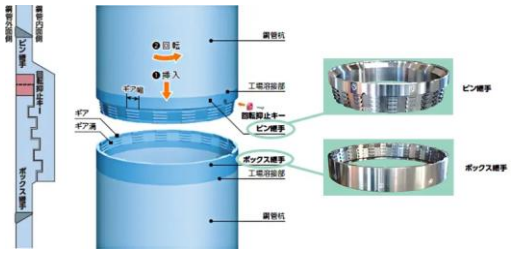
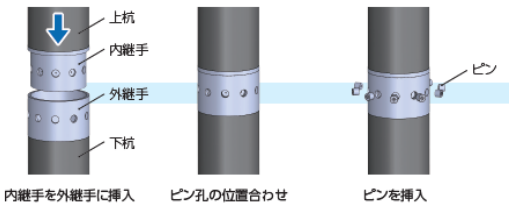
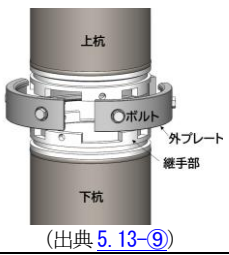
機械式継手は、適用範囲など、各製品が取得している第三者認証の内容（性能）を十分に確認したうえで採用する必要がある。採用にあたっては、事前に杭の施工時に作用する荷重（特に、回転杭工法、打撃工法、バイブロハンマ工法における作用力）に対する耐荷性能や安全性等も確認する。

また、機械式継手は、製品ごとに施工方法や施工管理方法が異なるため、それぞれの施工要領に従って施工する。杭材の荷下ろし、移動、吊込み等の揚重作業においては、杭体（単管）の端部に取り付けられた継手部材を損傷させることのないよう、十分に注意して取り扱う。特に継手を接続する際の杭体（単管）の吊込み作業時には、下端部に取り付けた継手部材と施工基面が直接接触することのないよう、厚手のゴムシートやラバーマット、角材等で養生する。

©2026JASPP

加えて、機械式継手には、接合に必要となる部品（ボルトやピン、キー、プレート等）や治工具が付属していることが多い。継手の施工前に紛失したり、施工中に杭孔や管内等に落下させることのないよう、十分に注意して取り扱う。

表 5.13.8　機械式継手の概要

名称	ラクニカンジョイント	カシーン ®
概要	上下杭の端部に嵌合溝を持つ継手を工場で溶接取付けしておき、現地で継手を嵌合させた後、ボックス継手に格納している荷重伝達キーをピン継手の嵌合溝にセットボルトにより押込み、接合を完了する。	上下杭の端部に引掛り部を持つ継手を工場で溶接取付けしておき、現地で継手を挿入した後、結合ボルトを鋼管外側より差込み、締め付けることで雄継手を雌継手側に引き寄せ、引掛り部を噛み合わせることで接合を完了する。
概略図	 （出典 5.13-④）	 （出典 5.13-⑤）
適用工法	中掘り杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法，回転杭工法，打撃工法，バイブロハンマ工法	中掘り杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法，打撃工法，バイブロハンマ工法
名称	ハイメカネジ ®	ガチカムジョイント® ※「ガチカムジョイント」は、日本製鉄株式会社の商標です。
概要	上下杭の端部にネジ部を持つ継手を工場で溶接取付けしておき、現地で雄継手を取り付けた上杭を回転させ、継手を接合した後、逆転防止ピンを鋼管外側より差込むことで接合を完了する。	上下杭の端部にギア部を持つ継手を工場で溶接取付けしておき、現地で継手を挿入し、ピン継手を取り付けた上杭を回転させてギアを噛み合わせることで接合を完了する。
概略図	 （出典 5.13-⑥）	 （出典 5.13-⑦）
適用工法	中掘り杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法，回転杭工法，打撃工法，バイブロハンマ工法	中掘り杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法，回転杭工法，打撃工法，バイブロハンマ工法
名称	つい太郎 ®	AK ジョイント ®
概要	上下杭の端部に各々側面にピン挿入孔を有する継手を工場で溶接取付けしておき、現地で継手を嵌合させた後、ピン孔位置を合わせ、外側からピンを挿し込むことで接合を完了する。	上下杭の端部に凹凸形状の嵌合面を有した継手を工場で溶接取付けしておき、現地で嵌合させた後、嵌合部を覆う外プレートをボルトで締め付けることで接合を完了する。
概略図	 （出典 5.13-⑧）	 （出典 5.13-⑨）
適用工法	回転杭工法，プレボーリング杭工法	回転杭工法

参考文献

5.13-1）古川直樹，吉本龍彦，大曽根健太：大口径鋼管杭への自動ロボット溶接の取組み，基礎工，Vol.53，No.5，pp.094～097，2025年5月
5.13-2）日本規格協会：JIS A 5525 ： 2019 鋼管ぐい，2019年3月
5.13-3）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ.下部構造編（平成29年度改訂），2017年11月
5.13-4）日本道路協会：杭基礎設計便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.13-5）日本道路協会：杭基礎施工便覧（令和2年度改訂版），2020年9月
5.13-6）日本規格協会：JIS A 5525 ： 2024 鋼管ぐい，2024年11月
5.13-7）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ.下部構造編（令和7年度改訂），2025年10月
5.13-8）日本鋼構造協会：溶接開先標準 JSS Ⅰ 03-2005（平成17年12月1日改正），2005年12月
5.13-9）日本規格協会：JIS Z3001-4：2013 溶接用語 -第4部：溶接不完全部，2013年7月
5.13-10）日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS 6 鉄骨工事，2018年1月
5.13-11）宮北啓伍，山口昭：鋼管矢板の現場継手構造と施工，基礎工，Vol.50，No.5，pp.030～033，2022年5月
5.13-12）鋼管杭・鋼矢板技術協会：道路橋における 鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領（平成24年3月），2012年3月
5.13-13）鋼管杭・鋼矢板技術協会：回転杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，2021年3月
5.13-14）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，2021年3月

出典

5.13-① 鋼管杭・鋼矢板技術協会：道路橋における 鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領（平成24年3月），p19 図-5.11，2005年12月
5.13-② 鋼管杭・鋼矢板技術協会：道路橋における 鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領（平成24年3月），p22，2005年12月
5.13-③ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管ソイルセメント杭工法 施工管理要領［Edition 2.0］，p38 図-4.5，2021年3月
5.13-④ クボタ：Webサイト 素形材・鋼管事業／分野・製品／鋼管杭・鋼管矢板／ラクニカンジョイント（https://www.kubota.co.jp/product/materials/products/steel_pipe/laqnicanjoint.html），2026年3月26日 閲覧
5.13-⑤ ＪＦＥスチール：Webサイト 製品情報／土木／機械式継手／カシーン®（https://www.jfe-steel.co.jp/products/construction/pile_joints/kashin.html），2026年3月26日 閲覧
5.13-⑥ ＪＦＥスチール：Webサイト 製品情報／土木／機械式継手／ハイメカネジ®（https://www.jfe-steel.co.jp/products/construction/pile_joints/high_mecha_neji.html），2026年3月26日 閲覧
5.13-⑦ 日本製鉄：Webサイト 製品情報／品種から探す／建材／建材：製品一覧／ガチカムジョイント®（https://www.nipponsteel.com/product/construction/list/port/09.html），2026年3月26日 閲覧
5.13-⑧ 日鉄建材：つい太郎®カタログ，2023年11月（https://www.ns-kenzai.co.jp/down_kisogui.php），2026年7月21日 閲覧
5.13-⑨ 旭化成建材：Webサイト EAZET／製品基本情報／設計：関連事項（継手の種類）（https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/eazet/product/fitting/?category=eazet），2026年3月26日 閲覧

ⓒ2026JASPP

5.14　杭頭処理

土木分野および建築分野における鋼管杭の杭頭接合部は、図 5.14.1～図 5.14.3 に示すように分野ごとで若干異なるものの、概ね同様の構造形式となっている。これは、元々、鋼管杭の杭頭接合部が、土木・道路分野において規定されていた構造形式を基本としており、この構造形式に各々の分野での規定や上部構造物・基礎躯体の特徴を加味して再構築されたためである。これに対して港湾分野での杭頭接合部の構造（図 5.14.4 参照）は、上部工梁の下側鉄筋を、鉄筋定着鋼板を介して連結する方法が標準的に用いられている。ここでは、土木分野・建築分野における杭頭部の処理を中心に述べる。

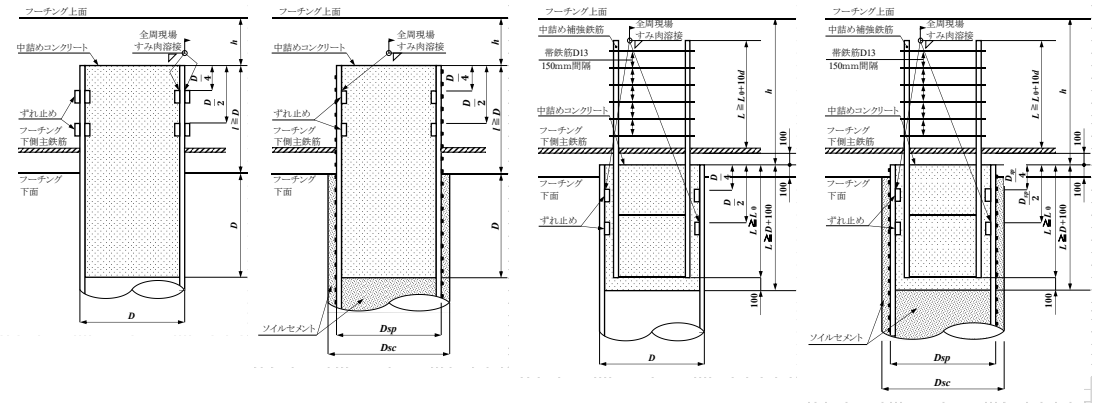


図 5.14.1　杭頭接合部の構造詳細（土木・道路分野）[5.14-1), 5.14-2)]

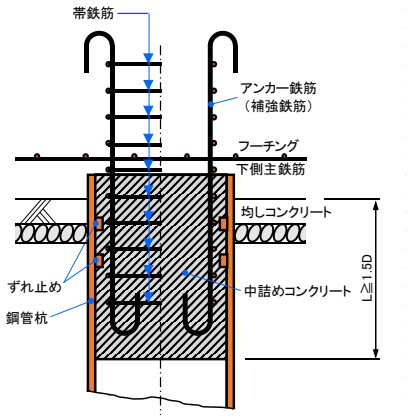


図 5.14.2　杭頭接合部の構造詳細例（土木・鉄道分野）[5.14-3)]

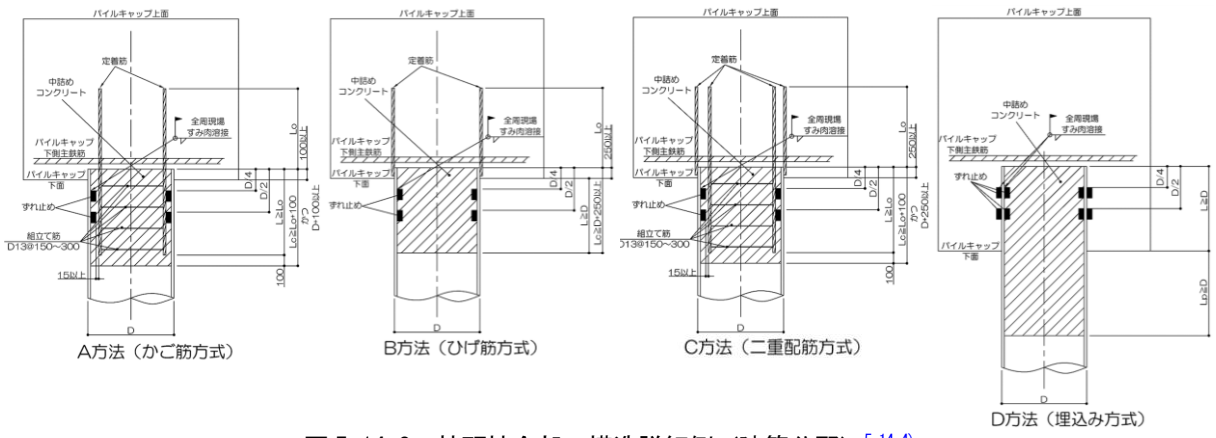


図 5.14.3　杭頭接合部の構造詳細例（建築分野）[5.14-4)]

ⓒ2026JASPP

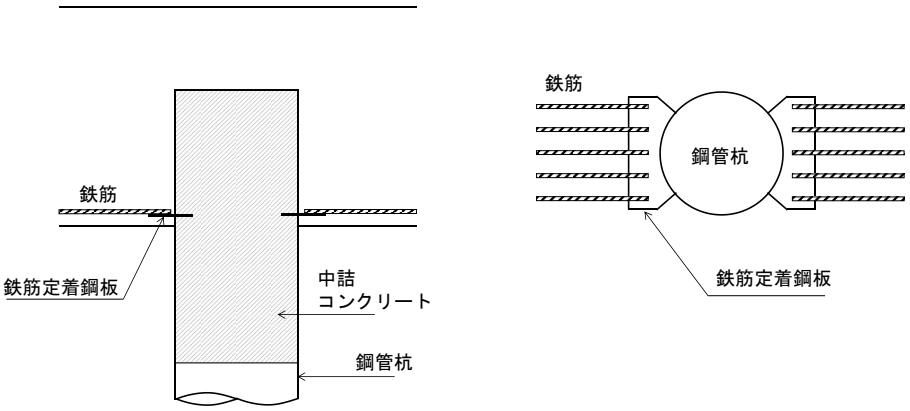


図 5.14.4　杭頭接合部の構造詳細例（港湾分野／リブプレートを取り付けた例）

5.14.1　杭頭部の処理

杭の打設が完了した後、根切り工事により杭頭部を掘り出し、適切な形状や構造形式に仕上げることを総称して「杭頭処理」という。杭頭処理は、杭と上部構造物や基礎躯体を適切に接続するために必要不可欠な作業である。図 5.14.5 に杭頭処理の作業フロー（例）を示す。

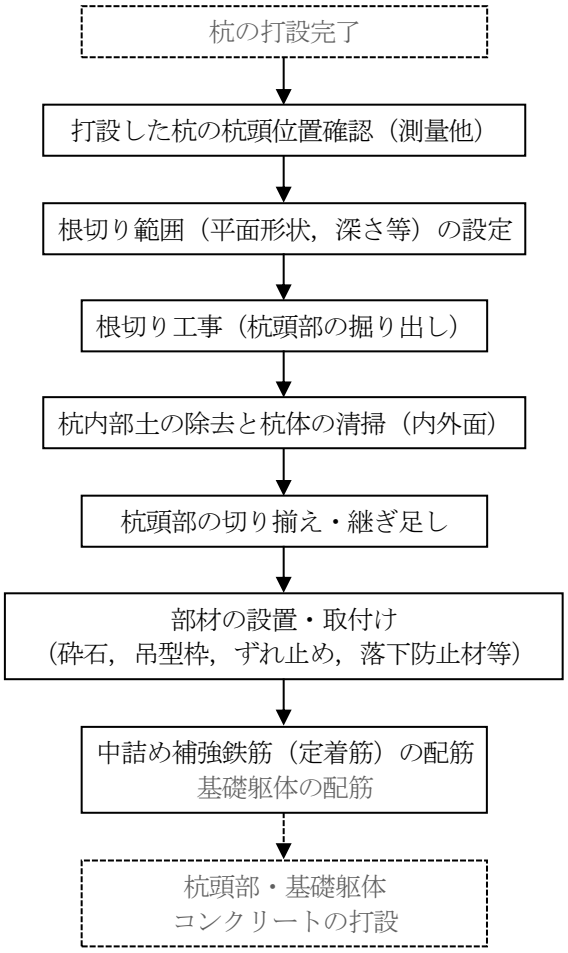


図 5.14.5　杭頭処理の作業フロー（例）

ⓒ2026JASPP

5.14.2　杭頭部の掘り出し

1.　打設した杭の杭頭位置確認

根切り工事に先立って、設計図書と施工記録をもとに、打設した杭の杭心位置を確認する。同時に、施工記録から、杭頭レベルや打止め時の状況、施工時のトラブル有無（トラブルがあった場合には、トラブルの内容やその時の施工状況）等も事前に把握しておく。

2.　根切り範囲の設定

「根切り」とは、建設現場において基礎躯体を構築するために地面を掘削（開削）する作業全般を指す。本作業は、地盤面下の土砂などを取り除き、構造物の基礎躯体を構築するためのスペースを確保するために行われる。構造物の基礎躯体（フーチングやパイルキャップ・基礎梁など）の形状・寸法、設置深さなどから、開削の方法や範囲（平面形状や深さ）を決定する。

法切りオープンカット工法は、施工が簡単で山留め費用が最小限に抑えられ、開削後は作業がしやすいなどのメリットがあるが、開削深さが深いほど開削面積が広がり、敷地が狭い場合には採用できないなどのデメリットもある。

鋼矢板や親杭横矢板などを用いた土留め壁オープンカット工法は、土留め壁の施工が比較的容易で地盤や開削深さの制限が少ないなどのメリットがあるが、土留め壁の背面地盤の変形や費用がかさむなどのデメリットがある。

3.　根切り工事（杭頭部の掘り出し）

レベル測量や光波測距儀などの測量機器を使用し、掘削深さを管理しながら作業を行う。掘削作業中には法面や土留めが崩れることのないよう十分注意する。万一、これらが崩れそうになった場合には、速やかに作業を中止し、対応策を検討する。また、根切り底に雨水や地下水が溜まる場合には、揚水ポンプなどで適切に排出する。

杭頭部周辺の掘削作業においては、作業中に杭体に多大な力が作用しないように、また、掘削機械が杭体に触れないように、特に注意する。根切り工事が完了した後は、その後の作業性を考慮して砕石を敷き均したり、均しコンクリートを打設してもよい。

掘り出した杭頭部に付着した土砂やソイルセメントなどを取り除いた後、杭心位置および杭頭レベルが許容値以内であることを確認する。万一、許容値以内でない場合には、設計監理者と協議の上、必要に応じて補強等の対策を講じる。

5.14.3　杭頭部への部材取付け

1.　杭内部土の除去

機械掘りや手掘りにて、所定の深さまで杭体内の土砂やソイルセメントなどを除去（写真 5.14.1 参照）する。杭体内に充填するコンクリートの打設深さを測定し、管理値以内であることを確認する。

ⓒ2026JASPP



写真 5.14.1　杭内部土の除去（例）

2.　杭体の清掃（内外面）

杭体内（外）面へ取り付けるずれ止めの溶接性、杭体内面と充填コンクリートやフーチングやパイルキャップへの杭体埋込み部との一体性を確保するため、杭体の内外面に付着している土砂やソイルセメントを確実に除去する。必要に応じて、高圧洗浄機などによる洗浄を行った後、ケレン作業にて残った細かな付着土・ソイルセメントなどを除去する。高圧洗浄により杭内に洗浄水が残った場合には、揚水ポンプを用いて排水する。

3.　杭頭部の切り揃え、継ぎ足し

杭打込み完了後、必要によっては所定の高さに杭頭の切断または継ぎ足しを行い、設計図書に基づき杭頭部を処理する。杭頭を切断する場合には、定規を用いて水平、かつ、できる限り平滑にガス等で切断する。必要に応じてディスクグラインダー等を使用し、切断部を適切に仕上げる。

杭の低止まり等が生じた場合には、現場円周溶接にて杭頭に継ぎ杭を行う場合がある。しかし、一般に杭頭部では、軸方向力（鉛直力）、軸直角方向力（せん断力）、曲げモーメントが大きく、鋼管のひずみも大きくなりやすいこと、加えて、フーチングやパイルキャップとの接合構造には複数の部材が用いられ、応力集中などを含め、応力状態も複雑になっている。このため、溶接取り付けする継ぎ杭の長さやその溶接部の品質，他の部材との取り合いなどには十分注意する必要がある。また、杭の継ぎ箇所が水中部に位置したために現場円周溶接部が選択的な腐食を受けた事例もあるため、このような腐食が問題になりやすい環境では、鋼管の鋼種（腐食性状が大きく異ならないよう）、溶接材料・溶接方法の選択や防食措置等にも配慮する必要がある。

4.　部材の設置・取付け

杭体を清掃した後に、各部への部材の設置・取付けを行う。部材としては、吊型枠、ずれ止め、落下防止材等があるが、その他の部材を設置したり、取り付ける場合もあるので、事前に部材の仕様や形状・寸法、数量、取付け方法等を確認しておく。

⑴　吊型枠

吊型枠は、杭頭部にコンクリートを充填する際に、コンクリートを杭内の所定位置に保持するための受け材である。主に杭内が中空になっている場合や杭内が泥土・泥水状になっている場合に用いられる。したがって、杭内がソイルセメント等で充填されている場合や土砂あるいは砕石等で埋め戻されている場合には、

ⓒ2026JASPP

吊型枠は不要である。ただし、杭内が土砂や砕石で埋め戻されている場合には、杭内部土に空隙が存在することがあるため、杭体清掃時にその状況や沈降の有無を確認する。

吊型枠は構造部材ではないが、コンクリートの打設中や打設後に吊型枠が変形したり、吊型枠ごとコンクリートが杭内に落下しないよう十分な強度が必要である。吊型枠と鋼管内面に隙間があり、打設したコンクリートが隙間から落下する場合には、鋼管の内面に馴染みやすいロープやゴムホース等で間詰めする。吊型枠の例を写真 5.14.2 に示す。



(1)（出典 5.14-①）



(2)（出典 5.14-②）





(3)（出典 5.14-②）

写真 5.14.2　杭内に設置する吊型枠の例

⑵　ずれ止め

ずれ止めは、フーチングやパイルキャップから鋼管杭に荷重を伝達するための構造部材の一つであり、すみ肉溶接により鋼管杭頭部の内（外）面に取り付けられる。このずれ止めは、平鋼を曲げ加工したものであるが、杭の高止まりなどを考慮して現場で取り付けるのが一般的である。2 段配置として、杭頂部の鋼管端面から下方に $D/4$，$D/2$（D：杭外径）に取り付けるのが標準である（図 5.14.7 参照）。ずれ止めの標準寸法を表 5.14.1 に示す。

ずれ止めの取付けにあたっては、下段のものから順に

① 落下防止と位置決めを兼ねたストッパーを所定の位置に取り付ける。

② 所定の位置にずれ止めを設置した後、ずれ止めをできるだけ鋼管内面に密着させ、ショートビードにならないよう、見付き部分（正面に見えているずれ止めの上面部分）を仮付けする。

※ずれ止めにはスリットが設けてあるので、このスリットに鋼管内面の溶接ビードが位置するように取付け位置を調整すれば、鋼管の内面に密着させやすい。それぞれのスリットの周方向位置が同一になっても特に問題はない。

ⓒ2026JASPP

③ 仮付け部を清掃した後に、ずれ止めの見付き部分を全周すみ肉溶接にて取り付ける。

ようにする（図 5.14.8 参照）。

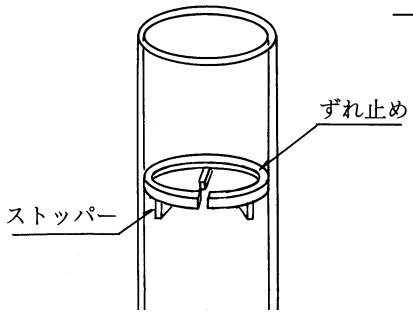


図 5.14.6　各部の呼称 [5.14-5)]

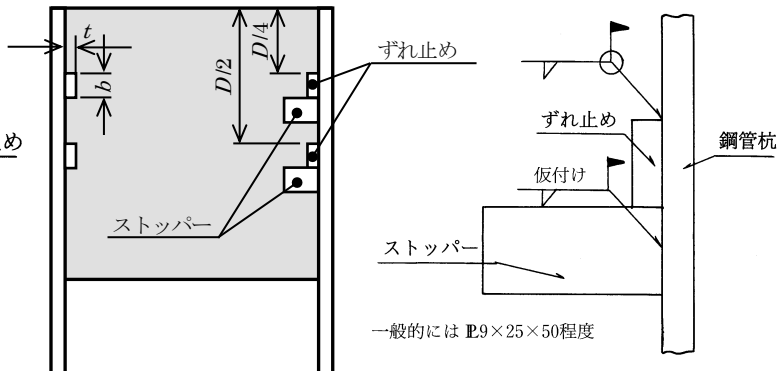
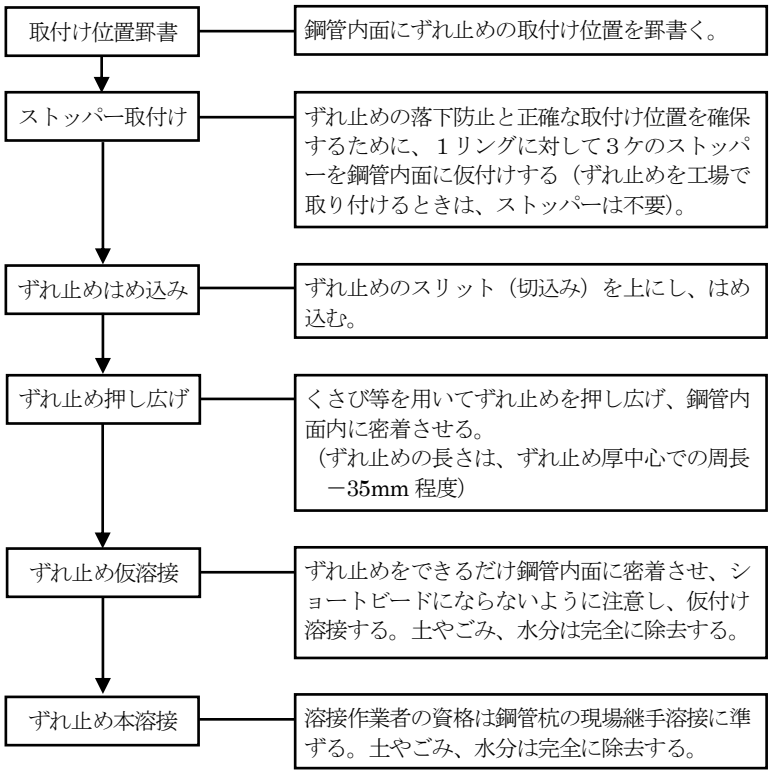


図 5.14.7　ずれ止めの段数・配置と取付け詳細 [5.14-5)]

表 5.14.1　ずれ止めの標準寸法 [5.14-5)]

杭径 D (mm)	ずれ止め厚さ t (mm)	ずれ止め幅 b (mm)
800 未満	9	25
800 以上～1,200 未満	12	25
1,200 以上～1,500 未満	16	32



※ずれ止めの位置決めが可能であれば、ストッパー取付け以外の方法でも良い。
※すみ肉溶接のため、この作業のみの場合は溶接作業者の資格は基本級（F）で良い。

図 5.14.8　ずれ止めの取付け手順

ⓒ2026JASPP

溶接脚長については仕様書等によるが、特に指示がない場合、設計ではずれ止め厚さの 80%程度とするのが一般的である。ただし、現場作業では適切な方法での出来形確認が難しいため、ずれ止めの厚さ分を溶接脚長としてもよい。また、杭を打設する際にずれ止めが損傷しないのであれば、事前に取り付けても特に問題はない。なお、工場でずれ止めを取り付ける場合にはストッパーは不要である。施工現場におけるずれ止めの取付け例を写真 5.14.3 に示す。



写真 5.14.3　ずれ止めの取付け例（出典 5.14-③）

⑶　落下防止材

鋼管杭の天端が作業基面付近にある場合には、杭内に物が落下したり、人が転落するなどの重大災害に繋がるため、確実な養生が必要となる。落下防止用の天蓋の実例を写真 5.14.4 に示す。



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

写真 5.14.4　落下防止天蓋の設置例

ⓒ2026JASPP

また、大径杭の場合で蓋を足場として使用し、その設置撤去を人力で行った例を写真 5.14.5 および図 5.14.9 に示す。

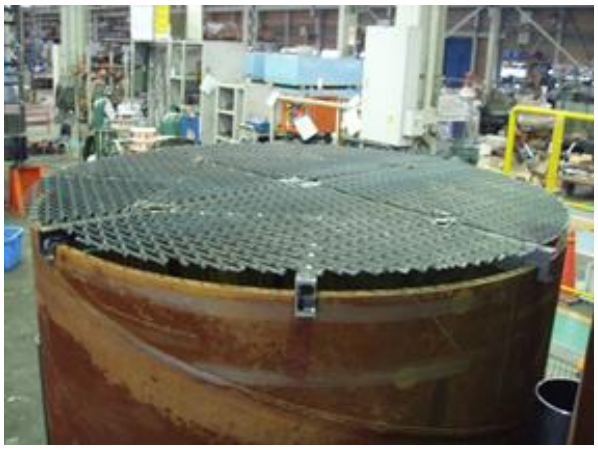


写真 5.14.5　大径用天蓋（足場兼用人力設置タイプ）

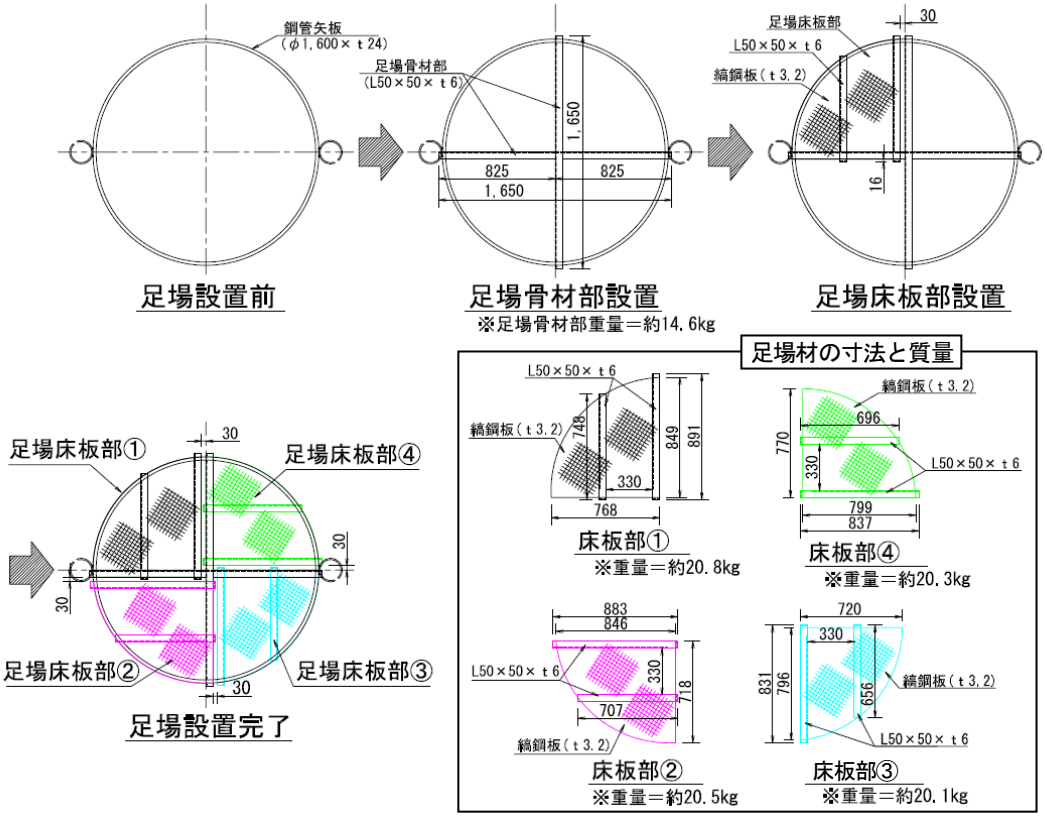


図 5.14.9 大径用天蓋（足場兼用人力設置タイプ）

5.14.4　中詰め補強鉄筋（定着筋）の配筋

1.　土木分野および建築分野（A方法・C方法）

土木分野での中詰め補強鉄筋（アンカー鉄筋）および建築分野での A 方法・C 方法では、杭内に杭頭接合部の主筋を配置する。以下に、その配筋方法と設置方法を述べる。

ⓒ2026JASPP

⑴　鉄筋かごの組立て

杭内に中詰め補強鉄筋（定着筋）を配筋する際には、あらかじめ工場または現場でかご状に組み立てた「鉄筋かご」を杭内に設置することが一般的である。鉄筋かごは、円形に曲げ加工した組立て筋（D13）を用いて中詰め補強筋（定着筋）を拘束するように組み立てられる。この際、適切な品質管理ができない場合には、溶接によらず、無溶接で接続できる連結金物等を用いる。これは、溶接により中詰め補強筋（定着筋）や帯鉄筋の断面が局所的に損傷するおそれがあるほか、溶接不良により杭内への設置中に鉄筋かごが崩れる可能性があることによる。

鉄筋かごの組立て完了後、各部の寸法を測定し、所定の管理値以内であることを確認する。鉄筋や鉄筋かごの保管にあたっては、雨水を避け、風通しの良い場所を選定する。

土木構造物では、杭頭の端部より上方に帯鉄筋（D13）を一定間隔（通常は 150mm ピッチ）で配筋するが、これらの配筋はフーチング下側主鉄筋の配筋後に行うことが一般的である。

一方、建築構造物では、パイルキャップ部が、柱、基礎躯体（基礎梁等）および基礎杭の接合部となることが多い。このため、鉄筋かごを杭内に設置した後に基礎躯体や柱脚部の配筋を行うと、各部の鉄筋が干渉し、適切な配筋が困難となる場合がある。このような場合には、可能な範囲で各部の配筋位置を調整するような対策が取られるが、配筋作業を開始してからでは対策が困難になることもある。事前に十分な検討を行い、無理のない配筋計画を立案することが重要である。

⑵　鉄筋かごの設置

鉄筋かごの寸法検査完了後、鉄筋かごを杭内に設置する。設置にあたっては、鉄筋かごが杭体や杭内面のずれ止め等に接触しないよう、クレーン等を用いて所定の位置に据え付ける。設置位置を確認した後、かんざし筋等で鉄筋かごを支持する。そして、水平方向および鉛直方向の設置位置が管理値以内であることを再度確認する。

フーチングやパイルキャップ下側の主鉄筋、基礎躯体および柱脚部の定着筋等を配筋する際には、鉄筋かごの位置がずれないよう十分に注意する。また、コンクリート打設時の圧力や振動により鉄筋かごが移動しないよう、スペーサーや結束線等で適切に固定する。

2.　建築分野（B方法・C方法）

建築構造物では、杭頭部の外周面に補強筋（定着筋）を溶接取付けする杭頭接合方法がある（図 5.14.3 参照）。この場合、図 5.14.10 に示すように溶接方法は「フレア K 型溶接」とし、以下の要領で取付け作業を行う。

① 杭頭部外周への補強筋（定着筋）の溶接は 1 本ずつ確実に行う（鉄筋かごの状態では、取付け作業をしない）。
② 溶接作業の開始前に、杭外周および補強筋（定着筋）表面の油、ゴミ、泥等を十分に除去する。
③ 杭外周および補強筋（定着筋）表面の水分を十分に乾燥させる。
④ フレア部の溶込み不良（溶込み不足，融合不良）に留意し、溶接作業を行う。所定の溶接脚長を確実に確保するとともに、補強筋（定着筋）母材の溶け落ちや細り（断面の減少）を生じさせないよう注意する。
⑤ 杭外周に取り付ける補強筋（定着筋）の間隔は、原則として均一とする。

ⓒ2026JASPP

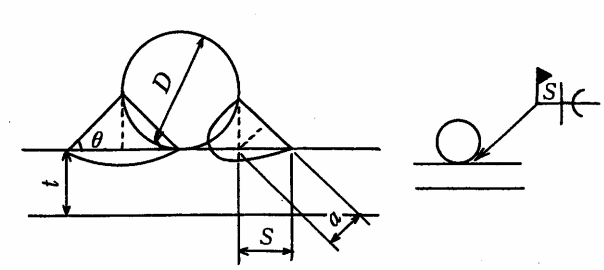
⑥ 降雨・降雪時、風速が 10m/s 以上の条件下では、原則として溶接作業を中止する。ただし、テントや防風設備の設置等、溶接作業が天候の影響を受けないような措置を講じた場合は、この限りではない。

⑦ 気温が 5℃以下の場合には、溶接作業を中止するか、予熱処理を施した後に溶接作業を開始する。

⑧ 溶接完了後は、目視による外観検査を実施し、溶接部に有害な欠陥がないことを確認する。

本作業における溶接作業者の資格は、鋼管杭の現場円周溶接に準ずるものとする。必要に応じて、事前に溶接作業者の技量確認試験を実施するとともに、引張り試験等で溶接部の品質を確認する。また、現場での出来形管理については、図 5.14.10 を参考に各部の寸法を測定し、所定の形状・寸法であるか否かを確認すればよい。

なお、鋼管ソイルセメント杭の場合には、溶接部の鋼管外面突起（リブ）をあらかじめ削除する。



S：溶接部の脚長
θ：フレア部の角度 45 度
a：溶接部ののど厚
D：補強筋（定着筋）径（呼び径）
t：鋼管杭頭部の板厚

図 5.14.10　補強筋（定着筋）の溶接部詳細（例）

【参考】

建築分野においては、杭外周面に溶接取付けする補強筋（定着筋）として、開先付き異型棒鋼（商品名：NewJ-BAR）が多く用いられている。本製品は、J 型開先をロール成型するとともに、化学成分等を調整（炭素当量 C_{eq} が低く抑えられている）し、鋼材への溶接性を高めた鉄筋である。材質については、WSD390 と WSD490 の 2 種類となっている。図 5.14.11 に NewJ-BAR の形状を示す。

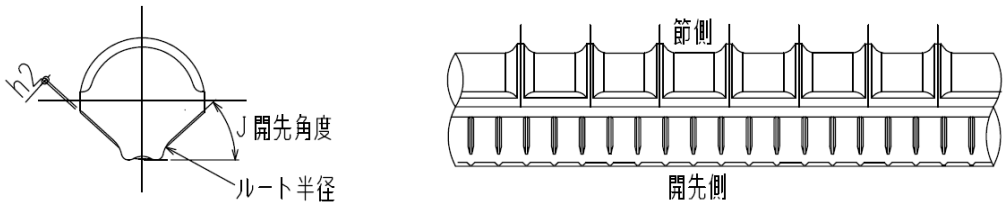


図 5.14.11　NewJ-BAR の形状（出典 5.14-④）

5.14.5　充填（中詰め）コンクリートの打設

杭頭接合部においては、地震時に大きな荷重（鉛直力・水平力および曲げモーメント）が作用すること、打継ぎ面から補強筋（定着筋）の腐食が進行するおそれがあることから、原則として当該部位でのコンクリートの打継ぎは避ける。杭内に充填するコンクリートについては、フーチングやパイルキャップ（基礎躯体や柱脚部を含む）の配筋完了後、基礎部コンクリートの打設にあわせ、杭内に連続して打ち込むようにする。また、杭内外の補強筋（定着筋）やずれ止め周辺にも適切にコンクリートが充填されるよう、バイブレーター等を使用して十分に締め固める。

やむを得ず、基礎部コンクリートの打設前に杭内へコンクリートを充填する場合には、基礎部コンクリートと同等以上の設計基準強度のものを使用する。コンクリート打設後は、バイブレーター等で十分に締め固め、仕上げ後は、シート養生や散水等により湿潤状態を適切に保つことで、乾燥防止に努める。

また、基礎部コンクリートの打設時には、打継ぎ面にコールドジョイントが発生しないよう、杭天端近傍のコンクリート不良部（レイタンス、品質の悪いコンクリート、緩んだ骨材等）を確実に除去するとともに、清水で十分に湿らせ、必要に応じてモルタルやプライマーを塗布する等、適切に処置する。

参考文献

5.14-1）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成14年度改訂版），2002年3月
5.14-2）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成29年度改訂版），2017年11月
5.14-3）鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，2012年1月
5.14-4）日本建築学会：建築基礎構造設計指針，2021年9月
5.14-5）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
5.14-6）土木学会：コンクリート標準示方書 施工編（2007年制定），2008年3月

出典

5.14-① 京都スペーサー：Webサイト 製品紹介／杭工事／鋼管杭用フタ
（https://kyospe.co.jp/products/item/465/），2026年1月27日 閲覧
5.14-② テクノパワー：Webサイト 吊り型枠（https://tp-kui.localinfo.jp/pages/765942/page_201612150012），2026年8月6日 閲覧
5.14-③ テクノパワー：Webサイト ずれ止め溶接工事（https://tp-kui.localinfo.jp/pages/765902/page_201612142345），2026年8月6日 閲覧
5.14-④ ブレイブ：Webサイト 技術資料／杭頭補強に関する特記仕様書（WSD490・WSD390共通）
（https://j-bar.jp/data/），2026年1月27日 閲覧

ⓒ2026JASPP

5.15　特殊な現場条件での施工

5.15.1　周辺地盤の変状抑制

鋼管杭工法には、杭先端の形状や打設時の管内土の動きから、周辺地盤を緩める特性をもつ工法と締固める（押し出す）特性をもつ工法がある。杭打設位置の近傍に既設基礎や埋設構造物があり、周辺地盤の変状を抑制する必要がある場合には、打設時の特性を考慮して補助工法を選定しなければならない。例えば、中掘り杭工法では打設時に周辺地盤を緩める特性があるため、近接構造物への影響低減を目的として、杭打設位置と近接構造物の間に鋼矢板を設置する等の対策が取られることがある。

一方、打撃工法や回転杭工法では周辺地盤を締固める（押し出す）特性があるため、杭打設時に近接構造物への影響が懸念される場合には、管内掘削（中掘り）等を併用して地盤の押し出し量を低減することが有効な対策となる。これらの補助工法の選定および適用にあたっては、各種の近接施工に関する指針・マニュアル等が参考となる。

1.　地中壁の設置による地盤変状の抑制事例

現橋梁の上流側に並列して新設される新橋脚の鋼管矢板基礎をウォータージェット併用圧入工法により施工する場合に、現橋脚の移動や傾斜を防止する目的で設置された鋼矢板の例を写真 5.15.1 に示す。なお、現橋脚の外周部を取り囲んでいるのは、現橋撤去時の土留めとして利用することを目的としたためである。



写真 5.15.1　鋼矢板による近接既設橋脚の養生例

2.　杭打設順序の適正化による高止まり対策事例（打撃工法）

タンク基礎のように同心円状に杭を配置する場合には、中心部から外縁部に向かって打設する方法が有効である。この打設方法では、杭が打設されていない外縁部方向の地盤を活用することで、杭打設に伴う地盤の締固めや微小な水平移動の影響を緩和させる効果があり、その後に打設する杭位置地盤の硬化を極力小さくできる。その結果、杭の貫入性が確保され、高止まりの防止につながる場合がある。この打設方法により、杭が高止まりすることなく打設できた事例を図 5.15.1 に示す。本図は、大型タンク基礎の鋼管杭を 5 台の杭打機で打設した際の打設順序を示したものである。打設を担当した杭打機ごとに色分けし、打設順序を数値で示している。各機ともタンク基礎の中心部から外縁部に向って杭を打設することを基本とし、各機が互いに干渉しないよう、適切な距離を確保しながら安全に打設を行った。

ⓒ2026JASPP

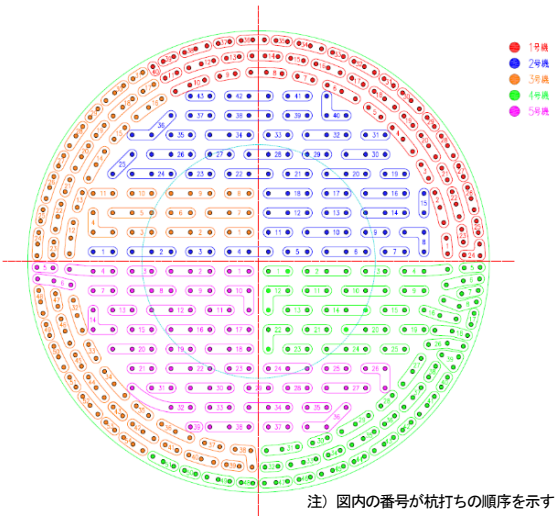


図 5.15.1 中心部から外縁部への打設例（大型タンク基礎）

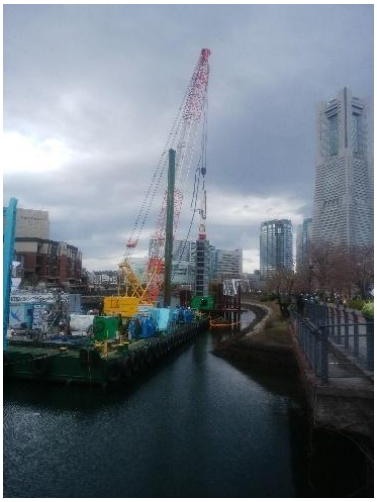
3.　杭の中掘りによる先端閉塞の緩和

打設の早期において杭内部が土砂等で閉塞すると、その後の貫入では先端部の貫入抵抗が増大するだけでなく、外周方向へ押し出された先端部近傍の土砂が周辺地盤を押し広げることで、貫入抵抗は更に増大することになる。このような状態が続くと、当該杭だけでなく、後続して打設する隣接杭についても地盤の締固め等により貫入抵抗が増大し、高止まりが発生する可能性が高くなる。このような現象を回避するには、オーガやハンマグラブ等を用いて杭内部で閉塞している土砂を排除することが有効である。ただし、杭の支持力性能への影響については、十分に留意する。

5.15.2　狭い場所での施工

1.　市街地での施工

市街地における基礎杭工事では、敷地規模がおおよそ 15m×15m 程度の狭隘な現場で施工される場合も少なくない。このような現場では、杭打設位置に応じて、溶接機置場をはじめとする施工設備も、順次、盛替えを行わなければならない。



a）市街地での施工例



b）立坑内での施工例

写真 5.15.2　狭い場所での施工例

ⓒ2026JASPP

また、杭打機の組立・解体には、一般に幅 10m 程度、長さ 30m 程度のヤードが必要で、状況によっては補助クレーンも別途配置する必要がある。このため、施工現場内に十分な組立・解体ヤードを確保できない場合には、夜間に道路占用を行い、道路上で組立・解体作業を行う場合もある。

2.　鉄道営業線近接施工

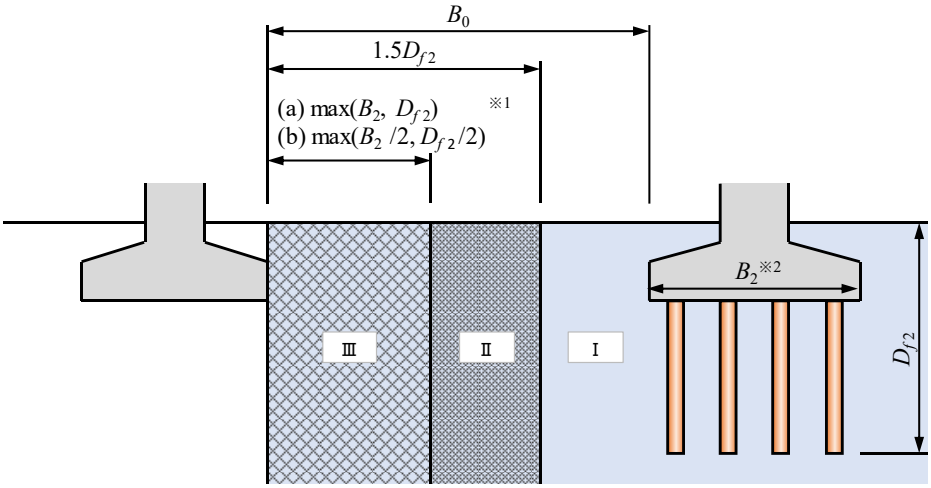
鉄道の営業線に近接した工事は厳しい条件が課されるものの 1 つである。鉄道分野の近接施工に対しては、**東日本旅客鉄道（株）「近接工事設計施工標準」（2003 年）**[5.15-1]、**（公財）鉄道総合技術研究所「都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル」（平成 19 年）**[5.15-2]などが参考となる。

ここでは同マニュアル中の打込み杭を新設する際に、既設構造物が直接基礎の場合を一例として、評価方法および対策例などに関し、以下に紹介する。

1. 概要

打込み杭の設計・施工においては、打撃・振動・貫入等による周辺への変化（排土）の影響を適切に捉え、周辺地盤や構造物の影響度を評価するものとする。

2. 近接程度の判定



※1 (a) max：飽和したシルト，粘土，ローム質土層
(b) max：(a)max以外の粘性土層，砂質土層
※2 杭の打込み間隔が広く，群杭効果がない場合（杭間隔＞5D）は，
B_2＝3nb_2（ここで，n：杭の列数，b_2：杭径）

図 5.15.2　既設構造物が直接基礎の場合の打込み杭の近接程度の区分[5.15-2]

Ⅰ．無条件範囲
図中に示す「Ⅰ」の範囲
$B_0 > 1.5D_{f2}$

Ⅱ．要注意範囲
図中に示す「Ⅱ」の範囲
｛Ⅰ、Ⅲのどちらにも該当しない範囲｝

Ⅲ．制限範囲
図中に示す「Ⅲ」の範囲（下記⑴または⑵で決まる範囲）
⑴　飽和したシルト、粘土、ローム質土層で、　$B_0 \leqq$（a）max（B_2，D_{f2}）
⑵　上記以外の粘性土層および砂質土層で、　$B_0 \leqq$（b）max（$B_2/2$，$D_{f2}/2$）

ⓒ2026JASPP

3. 影響予測

打込み杭の施工により既設構造物に影響があることが予想される場合には、適切な予測手法を用いて、事前にその影響度合いを予測するものとする。

4. 対策

打込み杭の既設構造物に近接して施工する場合は、既設構造物への影響を防止する対策として、以下の方法があり、近接施工の状況に応じて適切な対策を実施するものとする。

⑴ 新設構造物側の対策方法

1) 中掘り工法の併用
2) プレボーリング工法の併用
3) 鋼杭の採用
4) 施工法による対策

⑵ 既設構造物側の対策方法

1) 既設構造物の補強、アンダーピーニング
2) 遮断防護工

5. 計測管理

打込み杭を既設構造物に近接して施工するにあたり、既設構造物や周辺地盤の挙動計測を行い、安全性を確認しながら施工を進めるものとする。

同マニュアルによれば、近接施工の評価方法の基本として、「近接施工が計画された場合、鉄道営業線の既設構造物に対し、近接して新設される構造物等の種類毎に近接施工の評価を行う」と記されており、また列車の安全運行や既設構造物の安全性および耐久性を確保することを目的として評価が行われる前提事項が示されている。これに基づき、影響を及ぼす可能性がある既設構造物の種類や新設される構造物の種類毎に近接施工の概要、近接程度の判定、影響予測、対策、計測管理方法などが細分化されてまとめられており、参考となる。

3.　道路近接施工

道路分野の近接施工に対しては、**（国研）土木研究所「近接基礎設計施工指針要領（案）（昭和 58 年）1983 年 6 月」**[5.15-3)]が参考になる。道路構造物に近接して鋼管杭基礎を施工する事例は少ないが、打込み杭工法が前提ではあるものの、開端鋼管杭の場合には近接施工の影響範囲は特に設けられていない。ただし、既設の基礎が杭基礎で、杭の中心間隔が $2.5b$（b：既設基礎の杭径および新設基礎の杭径のうち、大きい方の値）以内の場合には群杭としての検討を行うこととされている。近接施工の事例を写真 5.15.3 に示す。





写真 5.15.3　道路での近接施工例

ⓒ2026JASPP

4.　狭い場所に適した施工機械での施工

既設構造物に挟まれた狭隘な施工場所において杭を打設する場合がある。このような現場では、周辺環境や条件が個々に異なる場合が多く、それに合致した専用機械や専用工法があるとは限らない。このため、施工条件に応じた施工方法をいかに適切に選定するかが重要となってくる。鋼管杭は軽量で取扱いが容易であることから、このような狭隘地における施工に適しており、以下に示す機械を用いて施工が行われる場合がある。

⑴　吊り下げ装置

極めて狭隘な場所で杭を打ち込むには、クレーンによりハンマを吊り下げる方式が有効である。クレーンは、クローラクレーンまたはトラッククレーンのいずれも使用可能であるが、施工現場までの搬入経路が確保されている場合には、輸送性の観点からトラッククレーンの方が有利である。

クレーンの選定にあたっては、設置位置から杭打設位置までの距離（作業半径）および吊り下げ装置の重量等を考慮する必要がある。図 5.15.3 にクレーンの作業半径と吊上げ荷重の関係の一例を示す。

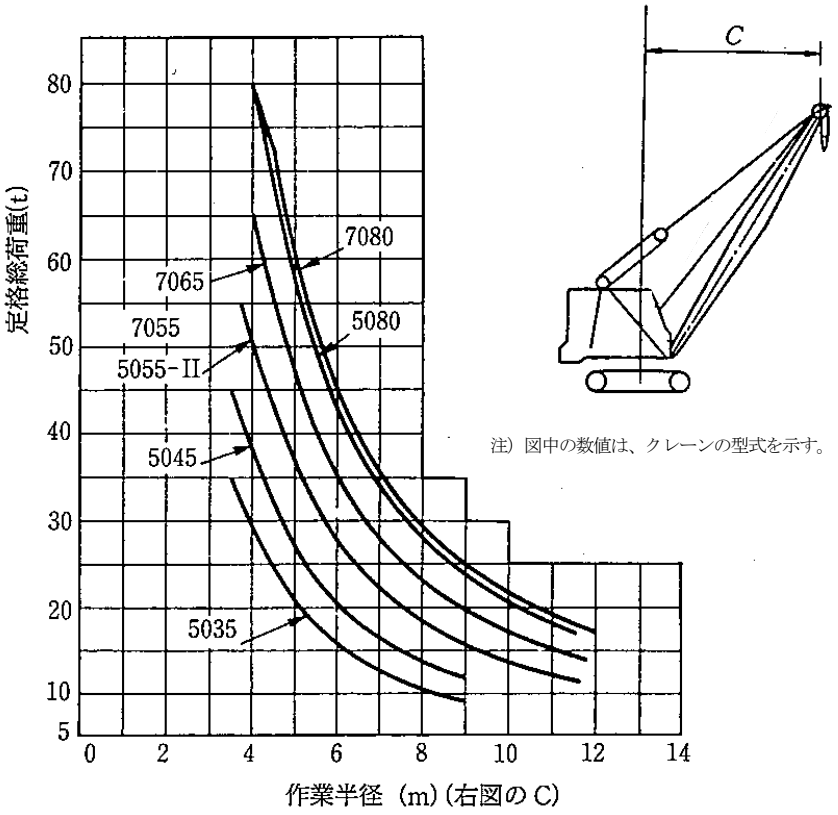


図 5.15.3　クローラクレーン定格総荷重曲線例（神戸製鋼）

⑵　打込み装置（打込み杭工法）

1)　吊りリーダ

吊りリーダは、図 5.15.4、写真 5.15.4 に示すように、クレーンで吊り下げて使用するガイド装置である。施工時の揺れを防止するため、必要に応じて施工基面に杭の導枠を設置する場合がある。クレーンの仕様や現場の条件・状況に応じて、安全かつ操作性に優れた吊り下げ機構や導枠形状を選定する。

ⓒ2026JASPP

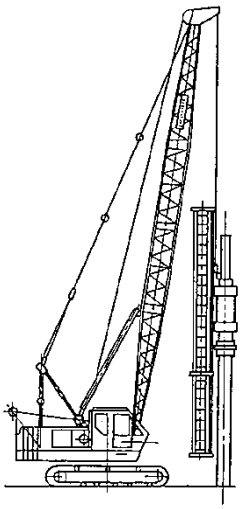


図 5.15.4　吊りリーダ



写真 5.15.4　吊りリーダ

2)　バイブロハンマ

バイブロハンマは、クレーンで吊り下げて使用する施工機械であり、狭隘地での杭施工に適している。電気を駆動源（通常は、発動発電機）として電動機により起振機の起動・停止を行う電気式、油圧力を駆動源（通常は、発動機に油圧ポンプを取り付けたパワーユニット）として油圧モータにより起振機の起動・停止を行う油圧式がある。

⑶　小型杭打機（回転杭工法）

大型杭打機を搬送する輸送車両が進入できない狭い道路に面した狭小・狭隘な敷地では、小型杭打機が用いられることが多い。適用可能な杭工法は主に回転杭工法であるが、小型杭打機の多くは自走式である。このため、手前の道路上で杭打機を一旦下した後に自走で施工場所へ進入したり、仮置きスペースで杭を吊り込み、そのまま狭隘な通路上を杭心位置まで自走移動したりすることが可能である。このように、杭打機が進入可能な幅員が確保できれば、狭小・狭隘な環境でも杭の施工は可能である。

また、回転杭工法で用いられる小型杭打機には、大きさや能力など、多種・多様な機種があるため、進入路の幅員や施工条件に応じた機種選定が可能である。ただし、機種性能に対しては、施工可能な杭径や施工性など、制約が生じることもあるため、事前に十分な検討が必要である。



写真 5.15.5　狭隘地での施工例（出典 5.15-①）



写真 5.15.6　隘路の自走例（出典 5.15-②）

ⓒ2026JASPP

5.15.3　頭上空間の低い現場での施工

工場などの建屋内や橋梁桁下などで杭を打設する場合には、通常のクローラ式杭打機を使用することはできない。このような施工現場では、作業場所の空間的制約に適合するような施工機械が選定されるとともに、短尺の鋼管（単管）を現場接合しながら打設するような工法が採用される。以下に、その例を示す。

1.　低空頭中掘り杭工法

低空頭・狭隘地といった条件下で基礎杭を効率的に施工するために開発された工法としては、油圧式全回転既製杭中掘り工法の SPACE21 工法等があげられる。本工法では、杭施工時に掘削水を介在させ、一定以上の速度で杭を回転させることにより杭周面の摩擦抵抗を低減し、その状態を維持することで杭自重程度の押込み力でも杭沈設を可能とした工法である。杭に作用させる押込み力を最小化したことにより、専用施工機械（スペースマシン）の小型・軽量化が図られ、従来の杭打機では施工が困難であった制約条件下においても杭施工が可能である。

本工法は中掘り杭工法（セメンミルク噴出攪拌方式）の一種であり、杭径φ400～φ1,200mm、杭長 60 m程度というのが、これまでの施工実績である。空頭制限高さ別の施工限界長を図 5.15.5 に、その施工状況を写真 5.15.7 に示す。

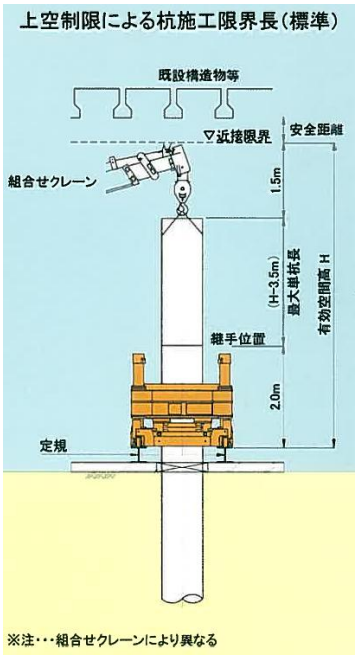


図 5.15.5　空頭制限高さ別の施工限界長
（出典 5.15-③）

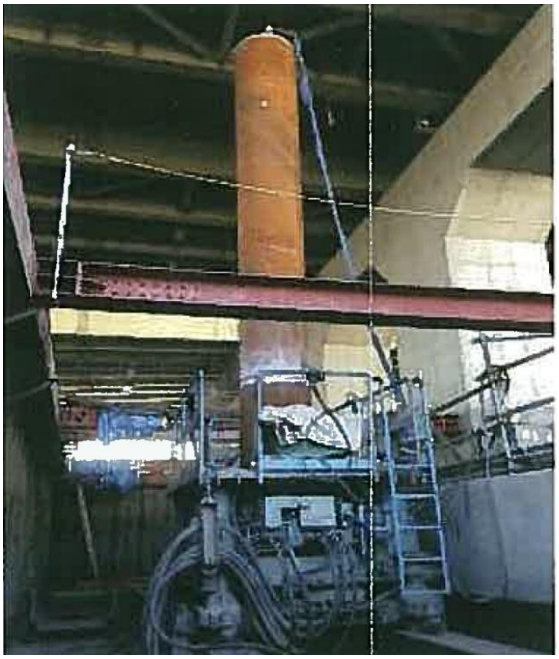


写真 5.15.7　空頭制限下での施工状況
（出典 5.15-④）

2.　回転杭工法

回転杭工法は空頭制限を受ける施工条件下での採用例も多い工法である。特に小型杭打機による施工では、空頭制限への適用性向上を図るため、リーダを細分割・組替え可能な機構として採用し、また、短尺リーダの組合せのバリエーションが多様化されている。これにより、制限された空頭高さに応じた適切なリーダ長さを選定することで、施工性などの向上へ活かしている。施工例を写真 5.15.8 に示す。

ⓒ2026JASPP

また、回転杭工法では、最低でも 10m 程度の空頭高さが必要であるが、全周回転機においても空頭制限下での施工例（写真 5.15.9）がある。全周回転機には低空頭型の機種があり、これを採用可能なこと、回転杭工法で用いられる資機材類・材料が他の杭工法に比べて少ないことなどが主な理由である。

空頭制限下においても基本的な施工方法・施工管理方法は通常と同様でよいが、杭材の単管長が短いために現場接合が増えることから、接合部の管理がより重要となる点などに注意が必要である。



写真 5.15.8　小型杭打機の施工例
（B2.57m×L6.44m×H5.29m）
（出典 5.15-⑤）



写真 5.15.9　全周回転機の施工例
（L4.00m×W4.85m×H3.88m）

3.　圧入工法

5.11.2　圧入工法でも述べたが、圧入工法は軸方向の静的荷重により杭を地中に貫入させる工法で、鋼矢板に適用していた圧入機を鋼管杭、鋼管矢板の施工に応用したものである。図 5.15.6 は頭上空間 4.5m の施工場所でφ800mm の鋼管矢板を圧入した施工例である。施工状況を写真 5.15.10 に示す。図 5.15.6 では、既設鋼管矢板から押込み用の反力を得ているが、打設開始直後の数本や単杭の場合には、施工機械のフレームに積載したカウンタウェイトを反力として施工する。

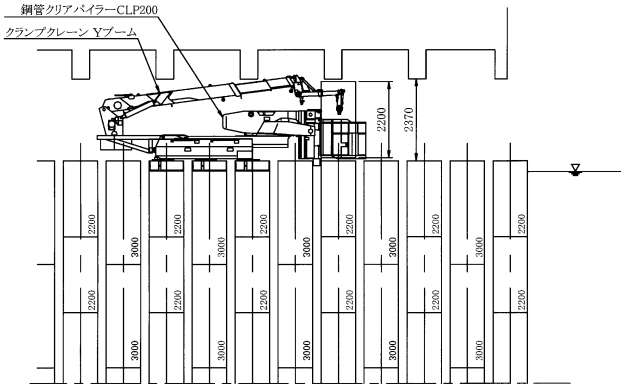


図 5.15.6　圧入工法

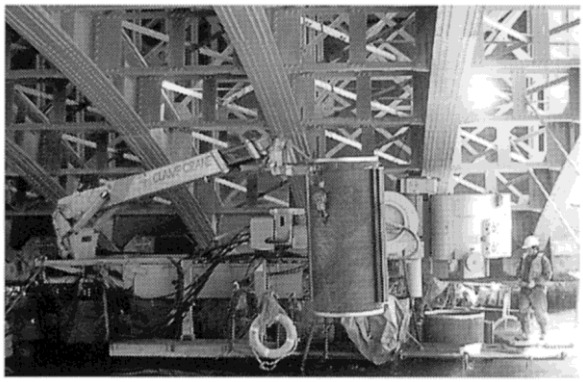


写真 5.15.10　圧入工法の施工状況

ⓒ2026JASPP

5.15.4　汚染土地盤への杭の施工

土壌汚染対策法では、次の ⑴ ～ ⑶ の場合に、土壌の汚染について調査し、都道府県知事等に対してその結果を報告する義務があることを定めている。都道府県知事等はこの調査結果報告を受けたとき *1)、土壌の汚染状態が指定基準を超過していた場合、健康被害の有無に応じて、要措置区域または形質変更時要届出区域（以下、要措置区域等）に指定することになっている。この要措置区域等に指定された場所において土地の形質変更を行う場合に、土地の所有者等は、新たなる汚染の拡散等が発生しないように管理しなければならないこととされており、当該区域での杭の施工には注意が必要となる。

⑴　有害物質使用特定施設の使用を廃止したとき
⑵　一定規模以上 *2)の土地の形質の変更の届け出の際に、土壌汚染の恐れがあると都道府県知事等が認めるとき
⑶　土壌汚染により健康被害が生ずる恐れがあると都道府県知事等が認めるとき

*1) ⑴ ～ ⑶ の場合に加え、土地の所有者が自主的に行った調査等を基に、都道府県知事等に区域指定の申請を受けた場合も含む。
*2) 一定規模とは 3,000m² を指す。（ただし、現に有害物質使用特定施設が設置されている土地については　900m² となる。）

前記要措置区域等に指定された場所において土地の形質変更を行う際の施工方法として、**環境省 水・大気環境局 水環境課土壌環境室「土壌汚染対策法ガイドライン第１編：土壌汚染対策法に基づく調査および措置に関するガイドライン（改訂第 3.1 版）」（令和４年）」**[5.15-4)]（以下、**「土壌汚染対策法 調査・措置 ガイドライン」**という）に代表的なケースが示されている。以下に、同ガイドラインに記載されている、土壌溶出量基準に適合しない汚染状態にある要措置区域等内の帯水層に接する場合における土地の形質の変更の施工方法の代表的なケースの内、下位帯水層まで土地の形質変更を行う場合における杭の施工方法を示す。
※詳細については、同ガイドラインの Appendix12 による。
［以下、ガイドラインより引用］（**引用** 5.15-①）

3.2.4　土地の形質の変更の場所を囲むようにケーシングを設置することにより、内部の地下水と外部の地下水を遮断した後に、最も浅い位置にある帯水層内の基準不適合土壌および地下水を掘削・揚水等により除去等した上で、下位帯水層に杭の打設を行う場合

（１）　土壌および地下水を除去した上で杭の打設を行う場合
１）　遮水壁（ケーシングを除く。）を設置する場合（図 3.2.4-1）
＜施工手順＞
① 準不透水層まで遮水壁（ケーシングを除く。）を設置し、内部の地下水と外部の地下水を遮断する（内部の土壌や地下水が外部に拡散しないようにする。）
② 遮水壁（ケーシングを除く。）を設置した場所の土壌をすべて掘削等により除去する。
③ 遮水壁（ケーシングを除く。）を設置した場所の地下水を揚水等で回収し、入れ換え、又は浄化する。

ⓒ2026JASPP

④ 遮水壁（ケーシングを除く。）を設置した場所の下位帯水層までの土地の形質の変更の工事を行う。

⑤ ④の土地の形質の変更の工事完了後、遮水壁を除去する。

＜略＞

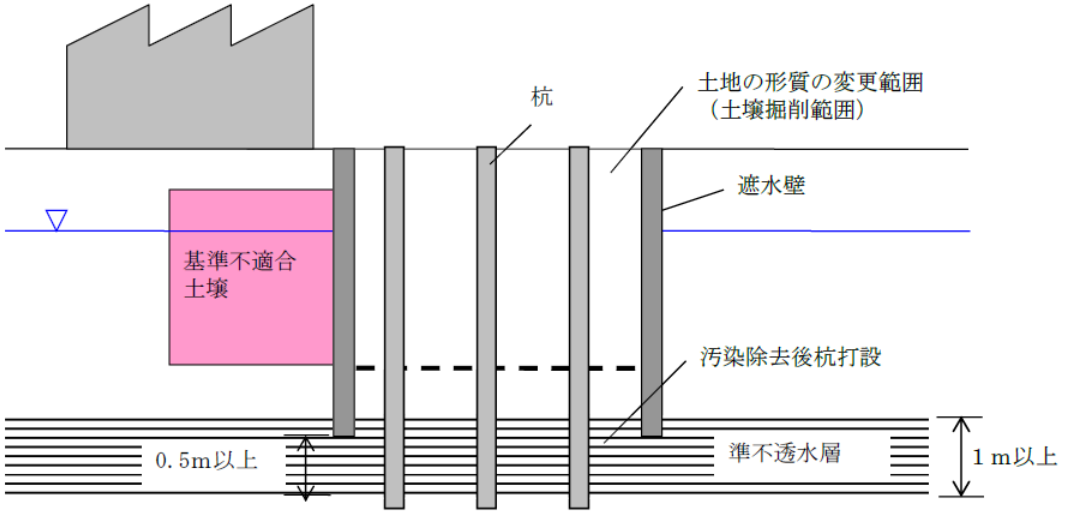


図 3.2.4-1　下位帯水層の土地の形質の変更をする事例（その４－１）

２）　ケーシングを設置する場合（図 3.2.4-2）

＜施工手順＞

① 準不透水層までケーシングを設置し、内部の地下水と外部の地下水を遮断する（内部の土壌や地下水が外部に拡散しないようにする）。

② ケーシングを設置した場所の土壌をすべて掘削等により除去する。

③ ケーシングを設置した場所の地下水を揚水等で回収し、入れ換え、又は浄化する。

④ ケーシングを設置した場所の下位帯水層までの土地の形質の変更の工事を行う。

⑤ 下位帯水層の土地の形質の変更の工事完了後、当該土地の形質の変更が行われた準不透水層が本来の遮水の効力を回復するように、最も浅い位置にある帯水層と下位帯水層の間に準不透水層を構築する。

⑥ ⑤の準不透水層を構築後、ケーシングを除去する。

＜略＞

ⓒ2026JASPP

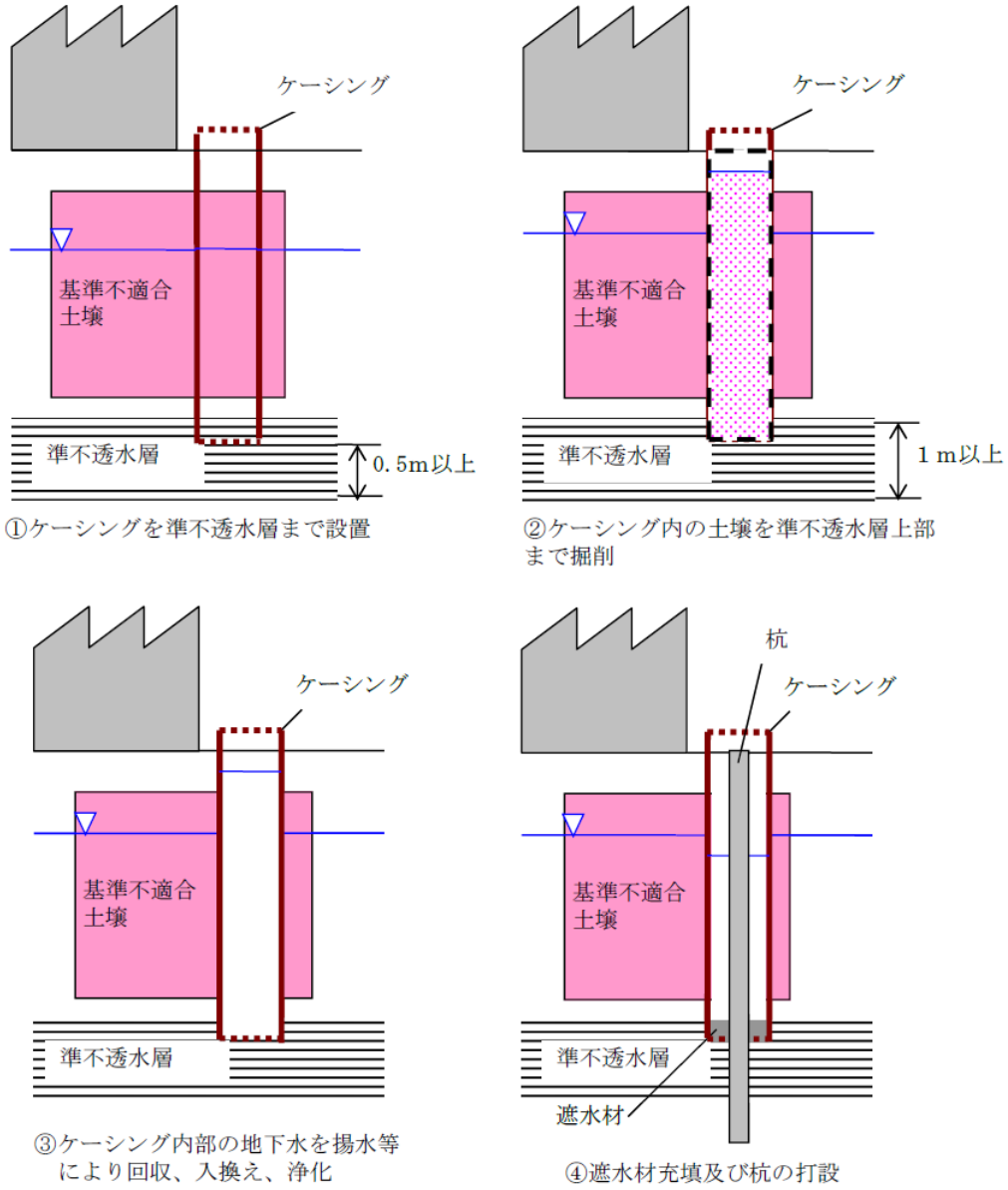


図 3.2.4-2　　下位帯水層の土地の形質の変更をする事例（その４－２）

（２）　設置したケーシング内に不透水層を構築した後、杭の打設を行う場合（図 3.2.4-3）

＜施工手順＞

① 準不透水層までケーシングを設置し、内部の地下水と外部の地下水を遮断する（内部の土壌や地下水が外部に拡散しないようにする。）。

② ケーシングを設置した場所の土壌をすべて掘削等により除去する。

③ ケーシングを設置した場所の地下水を揚水等で回収し、入れ換え、又は浄化する。

④ ケーシングを設置した場所に不透水材を充填する。

⑤ ケーシングの引抜きを行う。

⑥ 不透水材を充填した場所の下位帯水層までの土地の形質の変更の工事を行う。

ⓒ2026JASPP

＜略＞

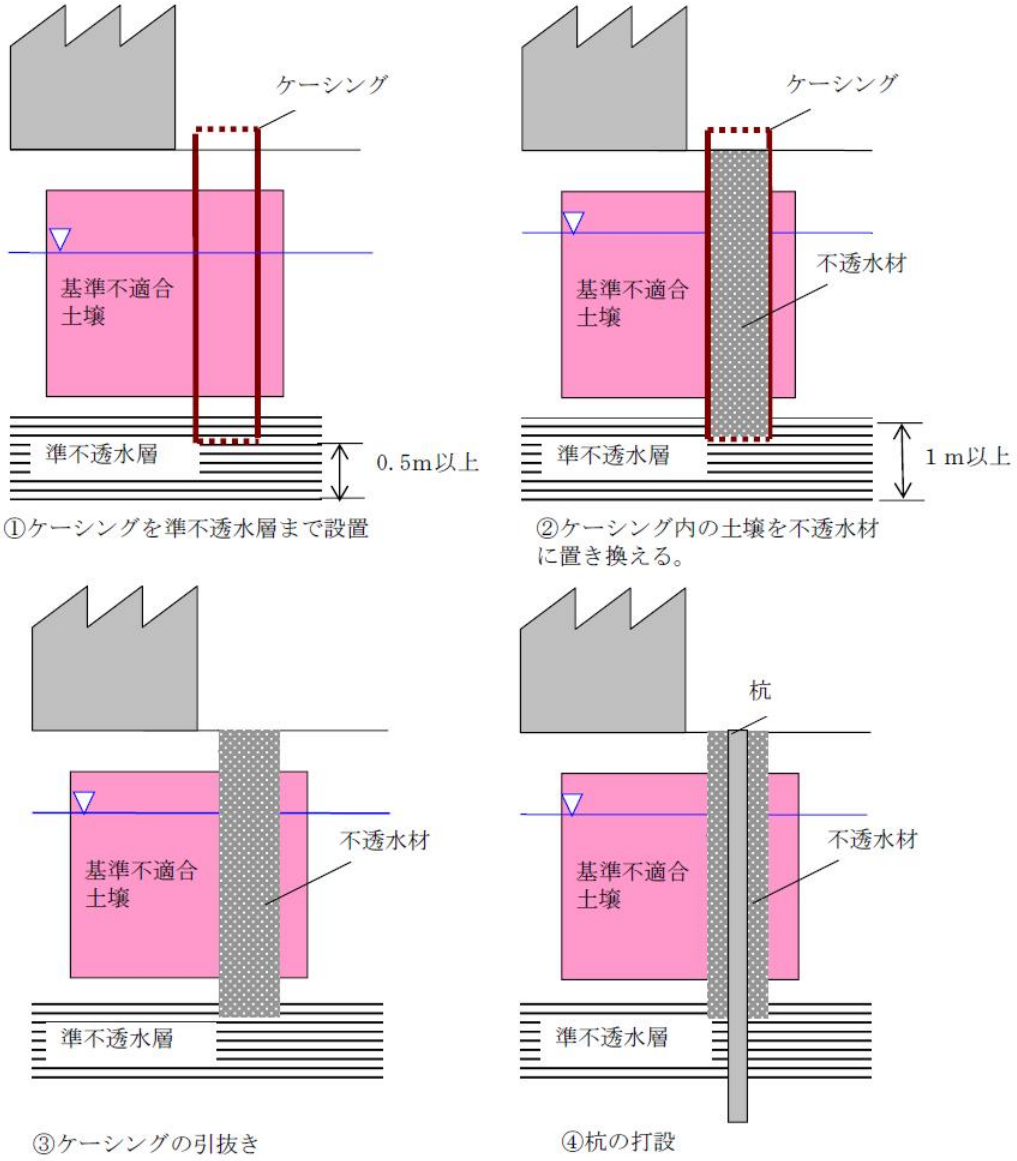


図 3.2.4-3　下位帯水層の土地の形質の変更をする事例（その４－３）

また、形質変更時要届出区域の内、自然由来特例区域や埋立地特例区域に指定されている土地では、形質変更の施工方法が緩和されており、上記方法以外にも、新たな地下水汚染を生じさせるおそれがない方法であれば実施可能となっている。前述の**「土壌汚染対策法 調査・措置 ガイドライン」**には、前記特例区域の難透水性の地層に杭を打設する場合の方法例が記載されており、難透水性地層と杭との境界において、難透水性地層と同程度の遮水効果が得られるようにすることが示されている。

【自然由来特例区域や埋立地特例区域の難透水性の地層に杭を施工する方法例】

例① 杭周囲の地盤を乱さない施工方法（例えば、中掘り杭工法）を採用する。

例② 杭打設後に杭周縁を地盤改良等により準不透水層の遮水効果を回復させる措置を併用する。

以上のような施工方法の他、当該行政より**「土壌汚染対策法 調査・措置 ガイドライン」**に準ずる方法、また地下水汚染の拡散リスクの少ない方法として実施された例を以下に示す。

【実施例（ガイドライン方式以外の方法：低排土工法）】

「土壌汚染対策法 調査・措置 ガイドライン」において、下位帯水層の土地形質の変更をする事例（その４－２）に則る工法（以下、ガイドライン工法）では、ケーシング内の掘削作業および掘削した汚染土の処理が必要である。

低排土工法は、ガイドライン工法を改良し、同等の汚染拡散防止効果を有しながら、ケーシング内の掘削作業を無くすことで、工期短縮や汚染残土の縮減を目指した土壌汚染区域における基礎杭施工方法である。低排土工法の概要を図 5.15.7 に、比較のためガイドライン工法の概要を図 5.15.8 に示す。低排土工法は、以下の通りである。

① 円錐状の蓋（以下、先行ビット）にて先端を閉塞した特殊ケーシングを汚染地盤へ回転埋設する。
② ケーシング先端が非汚染地盤である準不透水層まで到達させる。
③ 先端シューをケーシング内部より回収する。
④ ケーシング内部を通じて、下部の非汚染地盤へ基礎杭を施工する。
⑤ 準不透水層の遮水性能を回復させるため、ケーシングと基礎杭の間に遮水材を充填する。
⑥ ケーシングを回収する。

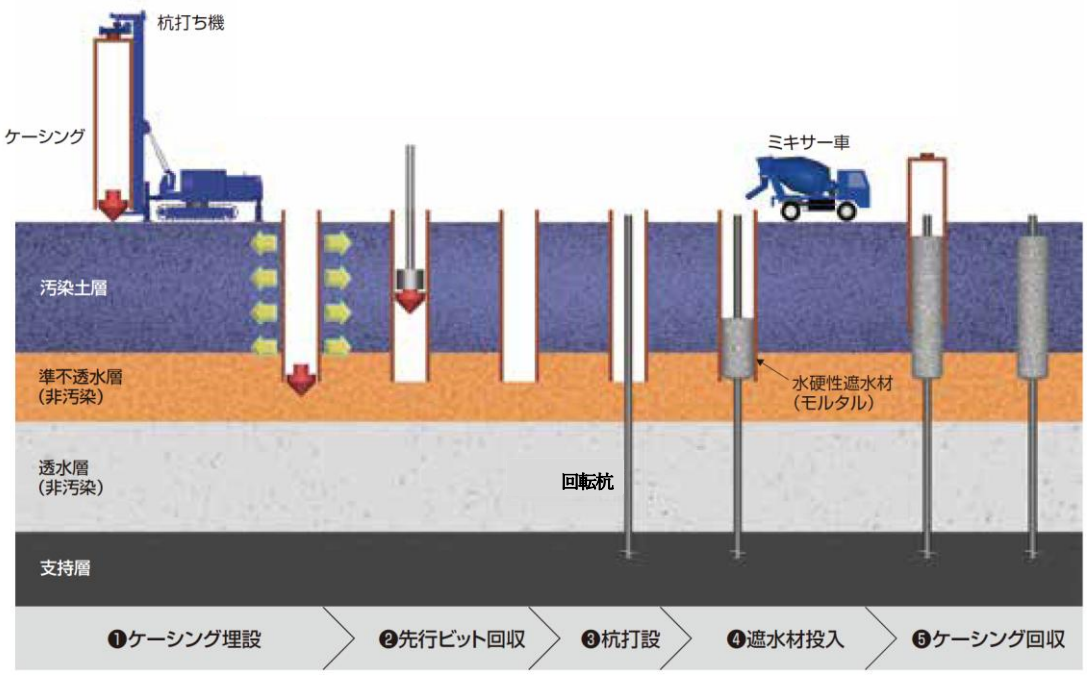


図 5.15.7　低排土工法（出典 5.15-⑥）

ⓒ2026JASPP

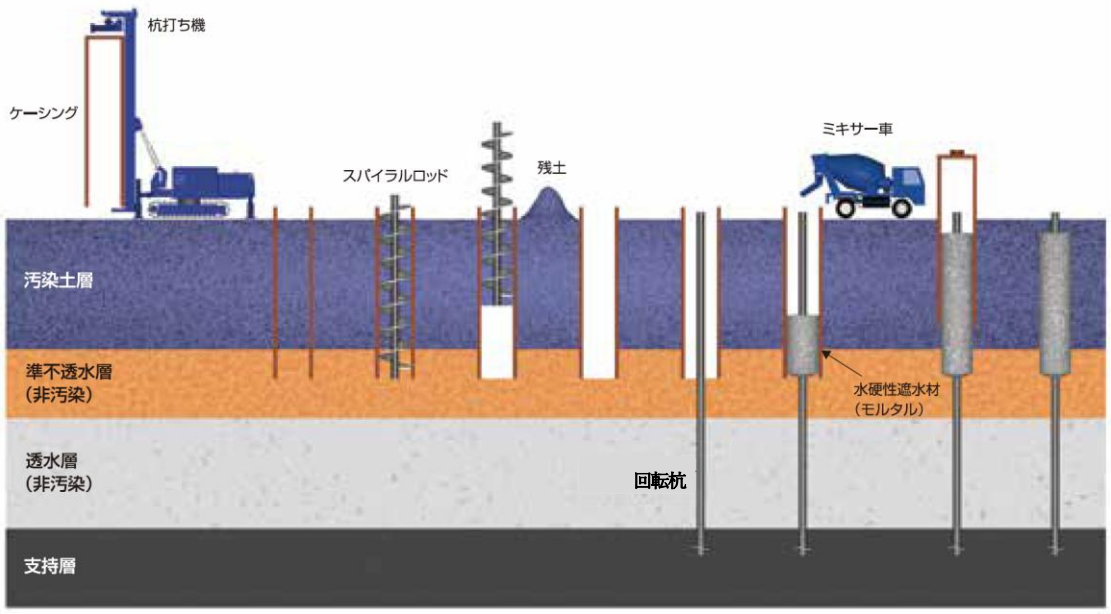


図 5.15.8　ガイドライン工法（出典 5.15-⑦）

上記では準不透水層を貫通して杭体を構築することを前提としているが、準不透水層（粘性土）を支持層として設計可能な杭工法の採用や準不透水層を貫通させずに摩擦杭として設計する方法も、汚染土地盤上に構造物を構築する際に有効な方法と考えられる（図 5.15.9 参照）。

摩擦杭として設計する場合は、鋼管ソイルセメント杭等、高い摩擦抵抗を有する杭工法が有効である。図 5.15.10 に高い摩擦抵抗力を有する杭工法の一例を示す。

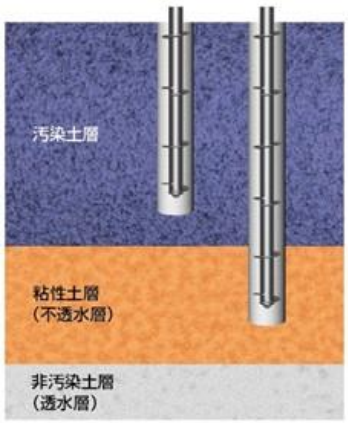
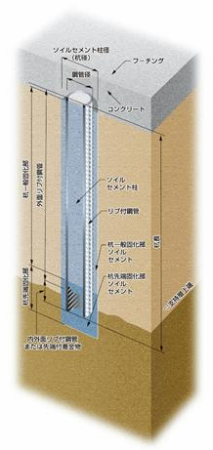
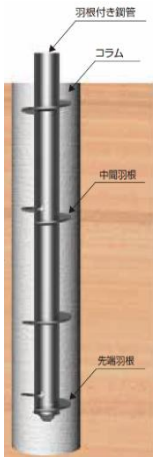


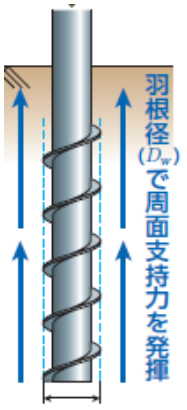
図 5.15.9　準不透水層を貫通させない杭工法の概要図
（出典 5.15-⑧）



（出典 5.15-⑨）
ソイルセメント併用型の鋼管杭工法



（出典 5.15-⑩）



（出典 5.15-⑪）
連続らせん羽根型の鋼管杭工法

図 5.15.10　高い摩擦抵抗力を有する杭の例

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.15-1）東日本旅客鉄道：近接工事設計施工標準，2003年4月
5.15-2）鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル（平成19年），2007年1月
5.15-3）土木研究所：近接基礎設計施工指針要領（案）（昭和58年）1983年6月」
5.15-4）環境省 水・大気環境局 水環境課土壌環境室：土壌汚染対策法ガイドライン第1編：土壌汚染対策法に基づく調査および措置に関するガイドライン（改訂第3.1版），2022年8月

出典

5.15-① ＮＳエコパイル工法協会：基礎構造 建築・土木工法 ＮＳエコパイル® 小径 中径 カタログ，p4，2025年8月
5.15-② ＮＳエコパイル工法協会：基礎構造 建築・土木工法 ＮＳエコパイル® 小径 中径 カタログ，p4，2025年8月
5.15-③ SPACE21工法協会：油圧式全回転中掘り工法 SPACE21工法 カタログ，p1，2024年
5.15-④ SPACE21工法協会：SPACE21工法 主な適用例と施工実績，パンフレット，p1，2024年
5.15-⑤ ＮＳエコパイル工法協会：基礎構造 建築・土木工法 ＮＳエコパイル® 小径 中径 カタログ，p5，2025年8月
5.15-⑥ 旭化成建材：Webサイト 汚染土壌地域での施工／環境・土壌汚染対策／EAZET（イーゼット）（https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/attc/ecology/），図3，2025年12月8日 閲覧
5.15-⑦ 旭化成建材：Webサイト 汚染土壌地域での施工／環境・土壌汚染対策／EAZET（イーゼット）（https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/attc/ecology/），図2，2025年12月8日 閲覧
5.15-⑧ 旭化成建材：Webサイト ATTコラム（アットコラム）- ソイルセメント併用羽根付鋼管杭回転埋込み工法（https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/attc/），2025年12月8日 閲覧
5.15-⑨ ソイルセメント合成鋼管杭工法技術協会：ハイエスシー（HYSC）杭工法 製品カタログ
5.15-⑩ 旭化成建材：Webサイト 特長／製品基本情報／ATTコラム（アットコラム）（https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/attc/product/point/），ATTコラムの施工，2025年12月8日 閲覧
5.15-⑪ 日鉄建材：回転圧入鋼管杭 ＮＳエコスパイラル® カタログ，2025年9月

引用

5.15-① 環境省 水・大気環境局 水環境課土壌環境室：土壌汚染対策法ガイドライン第1編：土壌汚染対策法に基づく調査および措置に関するガイドライン（改訂第3.1版），Appendix-12［土壌溶出量基準に適合しない汚染状態にある要措置区域等内の帯水層に接する場合における土地の形質の変更の施行方法の基準］，pp Appendix12_16～Appendix12_20，2022年8月

5.16　回転杭の逆回転による撤去

5.16.1　撤去実績

近年の市街地における構造物は、新たに開発・整備された土地に建設されることは少なく、既設構造物を解体・撤去した跡地に建設される場合が多い。その際、旧構造物の基礎として使用されていた杭の扱いはさまざまであるが、引抜きによる撤去が要求される場合もある。また、仮設構造物など供用期間が限定された構造物では、当初から杭の引抜き撤去を前提として計画されることもある。

通常、杭の引抜き撤去は、ケーシングを用いた方法が一般的であるが、回転杭工法では、杭本体を貫入時とは逆方向に回転させながら引き上げることで、比較的容易に撤去することが可能である。

表 5.16.1 に、回転杭工法において杭体を直接逆回転させながら引き抜いた実績例を示す。ただし、撤去の可否は、地盤条件や使用する重機の仕様などに左右されるため、事前に十分な検討を行うことが望ましい。

※一般的な杭の撤去方法については、**（公社）地盤工学会 関東支部**より発刊されている**「既存杭の撤去・埋戻し方法とその影響を受ける新設杭の設計・施工」**（2022 年）[5.16-1)]などが参考となる。

表 5.16.1　施工済み回転杭の逆回転による撤去の実績例

	工事名称	施工時期	地区	支持層	杭径	杭長	杭本数	供用期間
1	京急蒲田駅第 3 工区	平成 15 年 7 月	東京都	砂礫	φ700，1000	19.1～21.1m	21 本	
2	2005 年日本国際博覧会会場施設建設工事（Ⅰ工区）	平成 15 年 8 月	愛知県	砂・砂礫	φ114.3～φ609.6	8.0m	512 本	
3	2005 年日本国際博覧会会場施設建設工事（Ⅱ工区）	平成 15 年 8 月	愛知県	砂・砂礫	φ114.3～φ609.6	10.0m	495 本	1 年
4	京急蒲田駅付近連立事業第 4 工区（蒲田駅）	平成 15 年 9 月	東京都	砂	φ700	13.0m	24 本	8 年
5	京急蒲田駅第 3 工区土木（その 5）	平成 15 年 9 月	東京都	砂礫	φ700，1000	9.9～24.7m	34 本	
6	京急蒲田駅付近連立事業第 4 工区（蒲田駅）	平成 17 年 11 月	東京都	砂	φ700	13.0m	22 本	6 年
7	JR 武豊線成岩 Bo 工事	平成 21 年 10 月	愛知県	砂礫	φ500	13.5～14.5m	36 本	
8	某鉄道工事	平成 21 年 10 月	愛知県	砂礫	φ500	13.5～14.5m	36 本	
9	常磐快速線天王台・柴間利根川橋梁改良その 3 工事	平成 22 年 11 月	茨城県	砂	φ600	8.0m	19 本	
10	某鉄道工事	平成 22 年 11 月	茨城県	砂	φ600	8.0m	19 本	6 か月
11	西高岡拡幅中川橋下部工事	平成 22 年 11 月	富山県	砂	φ400	4.5m	16 本	
12	某高速道路工事	平成 26 年 5 月	埼玉県	砂	φ400，600	11.5m	429 本	3 か月
13	某実験工事	平成 26 年 8 月	千葉県	砂	φ267.4	24m	4 本	
14	鉄塔基礎解体工事	平成 29 年 4 月	千葉県	細砂	φ318.5	23m	12 本	0.7 年
15	鉄塔基礎解体工事	平成 29 年 4 月	千葉県	細砂	φ318.5	22.5m	8 本	0.6 年
16	某鉄道工事	平成 29 年 7 月	大阪府	砂礫	φ700	7.8m	25 本	6.5 年
17	西船場小学校昇降機棟増築工事	令和元年 7 月	大阪市	砂	φ267.4	27m	2 本	12.7 年
18	鉄塔基礎解体工事	令和 2 年 8 月	埼玉県	砂礫	φ318.5	27.5m	12 本	0.9 年
19	某鉄道工事	令和 3 年 9 月	大阪府	砂	φ500	16.5m	23 本	2.3 年
20	某試験工事	令和 3 年 12 月	大阪府	砂礫	φ500	52m	1 本	7 か月

ⓒ2026JASPP

5.16.2　撤去事例

1.【NS エコパイル】

【物件概要】

・物件名：某試験工事（表 5.16.1 No.20）　　・場所：大阪市内

・養生期間：7 ヵ月　　・使用重機：小型杭打機（DHJ-35）

・杭仕様：杭径 D_p ＝500mm，羽根径 D_w ＝750mm，杭長 L ＝52m，材質：SKK490

【地盤構成】

当該地盤は、以下のような構成である。

表層から GL-10m までは砂・粘性土の埋土層

GL-10m～-25m には主に N 値 2～4 の軟弱な粘性土

GL-25m～-27m には N 値 20～40 程度の砂層

GL-27m～-51m には N 値 5～10 の粘性土層

GL-51m～-59m には換算 N 値 50 を超える砂礫層（第一天満層）

【事前検討】

養生期間は 7 カ月と短いものの、杭長が L/D_p>100 の長尺杭であるため、周面摩擦力が大きく、杭の回転操作のみでは引抜きが困難である可能性があった。そこで、杭周辺の地盤を緩めるための対策として、オーガスクリューを準備した。

【引抜き状況】

引抜き初期には、杭の周面摩擦を切るため、貫入時の最大トルクと同程度のトルクで約 40 分間の正逆回転操作を行った。その後、杭を逆転させながら引抜くことでトルクが徐々に低下し、結果としてオーガスクリューを使用することなく、杭の引抜き撤去が可能となった。

※本件では、引抜き時の施工データを取得できるよう、通常使用している計測装置を改良して対応した。

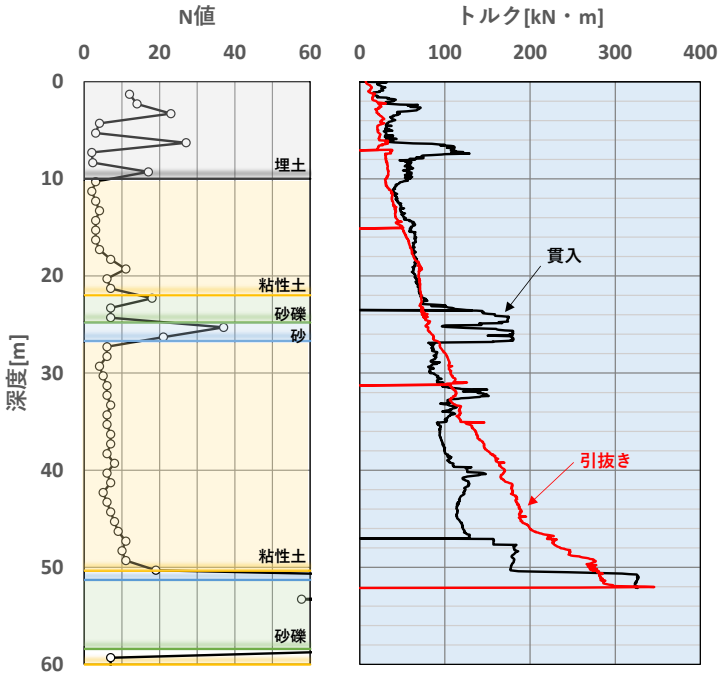


図 5.16.1　貫入・引抜き時の施工記録

©2026JASPP

2.【つばさ杭】

【物件概要】

・物件名：某工事、建物用途：仮設構造物　　・場所：東北地方

・養生期間：4 年以上　　・使用重機：3 点支持式杭打機

・杭仕様：杭径：D_p =600mm，翼径：D_w =1500mm，杭長：L =5.0～9.0m

【地盤構成】

図 5.16.2 を参照

【事前検討】

懸念事項として、撤去対象杭の供用期間が 4 年以上経過していること、また支持地盤に過大な根入れを行った杭が存在することから、杭周面摩擦力の低減が課題であった。対策として、撤去対象杭の周囲をオーガで緩める方法を採用した。

【引抜き状況】

杭抜き手順を図 5.16.2 に、杭施工時のデータを図 5.16.3 に示す。

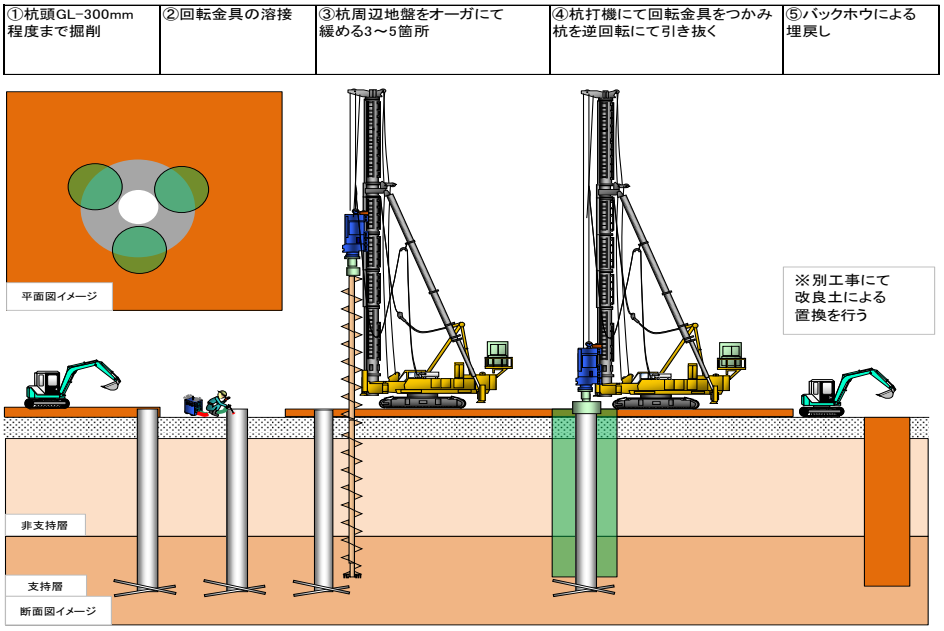


図 5.16.2　杭抜き手順図

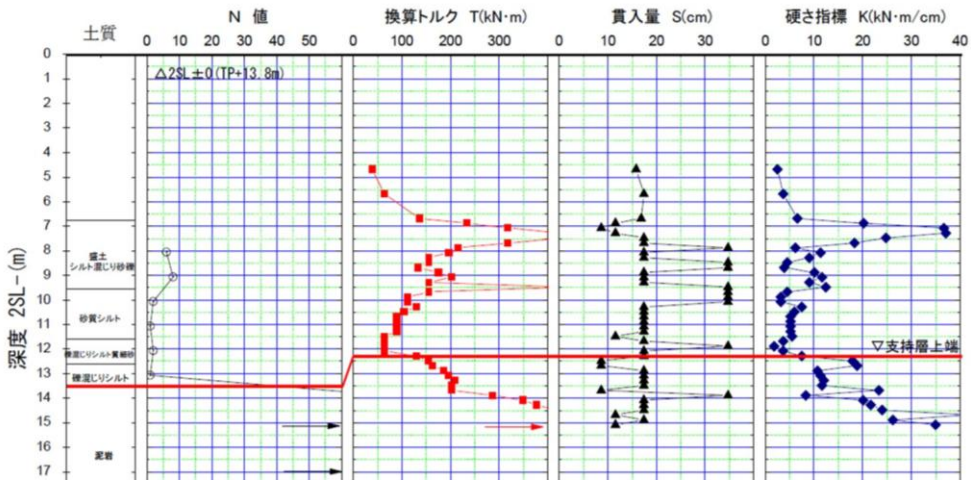


図 5.16.3　φ600-Dw1500 杭施工データ

ⓒ2026JASPP

3.【スクリューパイル EAZET】

【物件概要】

・物件名：某工事　　・場所：愛知県

・養生期間：2 年半　　・使用重機：小型杭打機 2 種類と全旋回機

・杭仕様：杭径 D_p ＝114.3～609.6mm，羽根径 D_w ＝250～800mm，杭長最大 18m

【地盤構成】

施工地盤は、上層部が比較的やわらかい礫混じりの粘土質地盤であり、支持層は N 値が 50 以上の堅固な砂礫層で構成されている（図 5.16.4）。また、支持層が傾斜しているため、杭長が 5～18m とばらつきがある。

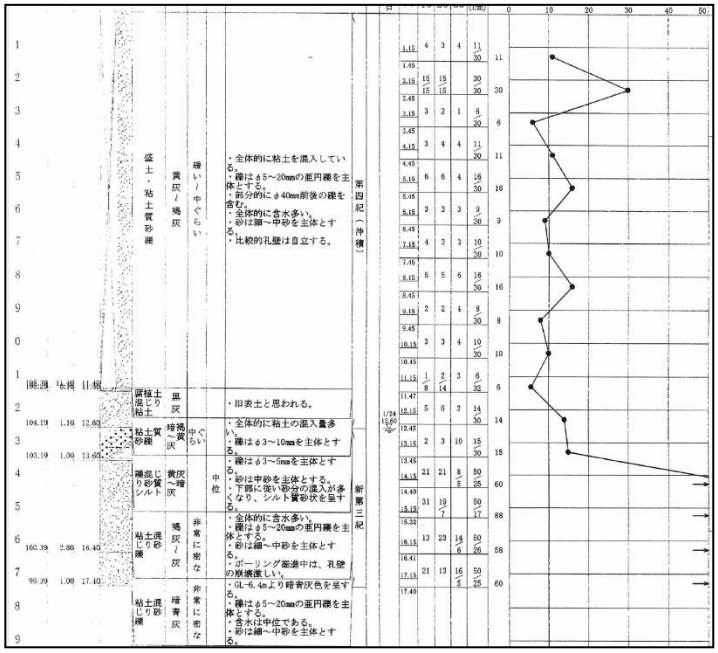


図 5.16.4　施工地盤

【事前検討】

施工機械の選定にあたっては、打設時の施工トルクなどの状況を踏まえ、杭径 D_p 400mm 未満の杭については打設時と同等の施工機械を選定し、D_p 400mm 以上で杭長さ径比（杭長 L/杭径 D_p ）が 25 以上となる一部の杭については、全旋回機による施工を計画した。

【引抜き状況】

施工効率に影響を及ぼす要因としては、杭の周面摩擦力と支持層への根入れ状況があげられる。杭径が大きくなるほど、また杭長が長くなるほど周面摩擦力が増大するため、いずれの杭径においても杭長が約 10m を超える杭では、想定以上の施工時間を要した。また、杭径が小さい場合には、杭材のねじり耐性が低いため施工トルクに制限が生じ、その結果としても施工時間が長くなる傾向が見られた。

本件では、撤去できなかった杭はなかったものの、想定以上に施工時間を要する杭が一部存在した。これを改善するためには、杭周辺地盤のプレボーリング等の補助工法を併用することが有効と考えられる。また、解体工事などによるわずかな損傷でも、想定以下のトルクで杭頭部が破損する事例が散見されたことから、杭頭部にトルクを作用させる際には、変形や破損を防止するための補強を必要に応じて実施すべきである。

＜D_p 318.5mm 以上の場合＞

① 小型杭打機で施工する場合、本件のように支持層が N≧50 の地盤で、杭長さ径比（L/D_p）およそ 20 以上の施工では、正逆回転の反復施工により、杭頭から杭先端まで徐々に摩擦抵抗を低減させる必要があった。

② 支持層の根入れ程度によって異なるが、杭長さ径比 20 以下の場合には、打設に要した反復回数の約半分で撤去が可能であった。

③ 摩擦抵抗が低減され、杭先端まで回転力が伝達されれば、打設時のトルクの約 20%で引抜くことができた。

【物件概要２】[5.16-2)]

・物件名：某工事　　・場所：北海道

・養生期間：6 ヵ月　　・使用重機：小型杭打機（打設時と同等性能）

・杭仕様：杭径 D_p ＝267.4mm，羽根径 D_w ＝500mm，杭長 L ＝9m(5m+4m)

【地盤構成】

GL-9m 付近に堆積する火山灰質砂層を支持層としている。当現場の標準貫入試験結果及び打設時施工トルクを図 5.16.5 に示す。

【引抜き状況】

施工結果は、設置期間が半年間と比較的短期間であったこと、また支持層の N 値が 20 程度であったことから、逆回転のみで容易に撤去することができた（写真 5.16.1～4）。

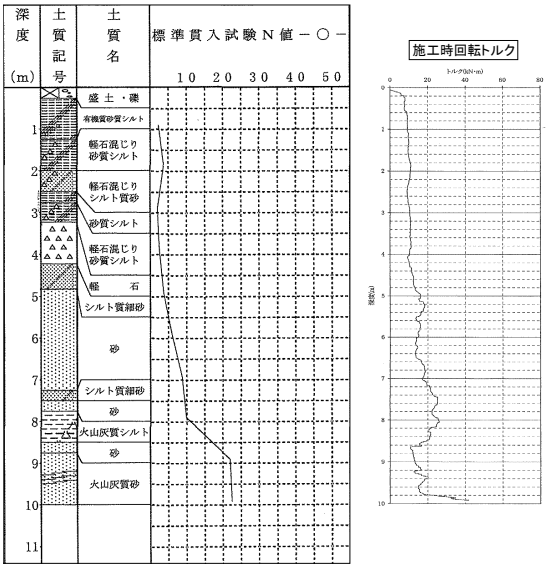


図 5.16.5　標準貫入試験結果と打設時施工トルク



写真 5.16.1　回転キャップ設置（出典 5.16-①）



写真 5.16.2　逆回転による撤去状況（出典 5.16-②）



写真 5.16.3　杭の吊り上げ（出典 5.16-③）



写真 5.16.4　撤去完了状況（出典 5.16-④）

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.16-1）地盤工学会 関東支部：既存杭の撤去・埋戻し方法とその影響を受ける新設杭の設計・施工，2022年6月

5.16-2）前嶋匡，國松論，桐村正和：回転貫入杭の打設時と回収時の施工管理例，基礎工，Vol.35 No.10，総合土木研究所，2007年10月

出典

5.16-① 前嶋匡，國松論，桐村正和：回転貫入杭の打設時と回収時の施工管理例，基礎工，Vol.35 No.10，p061 写真-3，総合土木研究所，2007年10月

5.16-② 前嶋匡，國松論，桐村正和：回転貫入杭の打設時と回収時の施工管理例，基礎工，Vol.35 No.10，p061 写真-4，総合土木研究所，2007年10月

5.16-③ 前嶋匡，國松論，桐村正和：回転貫入杭の打設時と回収時の施工管理例，基礎工，Vol.35 No.10，p061 写真-6，総合土木研究所，2007年10月

5.16-④ 前嶋匡，國松論，桐村正和：回転貫入杭の打設時と回収時の施工管理例，基礎工，Vol.35 No.10，p061 写真-7，総合土木研究所，2007年10月

ⓒ2026JASPP

5.17　杭工事のトラブルと対策

5.17.1　トラブルの発生原因

杭工事で発生するトラブルにおいては、その内容や原因が多岐にわたっている。これは、建設工事が一品受注生産であり、施工条件や環境が個々の現場ごとに異なることに加え、不確実かつ空間的に不均一な性質を有する地盤を対象とすることに起因するものと考えられる。

本来の杭基礎の機能は、所定の品質・構造性能に基づき、上部構造物を安全に支持することである。しかし、工事中に発生するトラブルが、杭基礎の品質や構造性能に悪影響を及ぼす可能性は否定できない。トラブルの発生を未然に防止するためには、調査・計画・設計・施工の各工程において得られた情報から想定される事象をあらかじめ把握するとともに、適切な対応策を検討・実施することが極めて重要である。これらが不十分な場合、トラブルの可能性は必然的に高まる。一方で、現場施工では予期しない事象が発生することも少なくない。そこで本節では、杭工事において過去に発生した主なトラブル事例について、その内容、発生原因および対処方法を整理するとともに、トラブル発生時に現場で講じる対策・処置の例を示す。

なお、杭工事におけるトラブルの発生要因と対応・予防策等については、**（公社）土木学会 建設技術委員会「杭基礎施工上のトラブル事例に関するアンケート調査報告」**（2017 年）[5.17-1)]、**「鋼管杭 －施工と施工管理－」**[5.17-2)]なども参考にするとよい。

5.17.2　杭頭の破損

1.　打撃工法の杭頭の座屈

杭頭の座屈は、主として打撃工法において発生するトラブルの一つである。鋼管杭の局部座屈は、板厚が長さ方向に一定である場合、杭頭部で発生することが多い。打撃による杭体発生応力は、一般に、打撃力が加わる杭頭部で最大となり、杭先端に向かうにつれて減少する。このため、杭頭部は応力的に最も座屈が発生しやすい部位となる。座屈の形状は、図 5.17.1、写真 5.17.1 に示すような状態となる場合が多い。

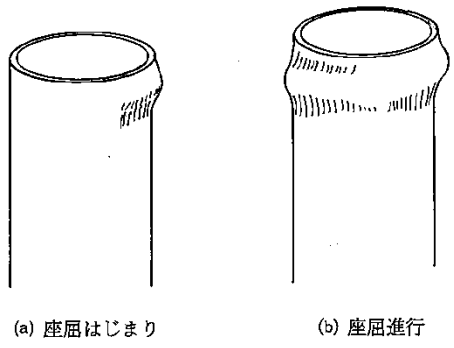


図 5.17.1　杭頭座屈



写真 5.17.1　杭頭座屈

座屈の主な原因は以下のものが考えられる。

① ハンマの入力エネルギー（ラム質量×落下高さ）が過大な時
② 直径に対する板厚の比が過少な時
③ 偏心打撃をした時

ⓒ2026JASPP

⑴　座屈対策

杭頭座屈の原因と対策のまとめを表 5.17.1 に示す。原因を大別すると、ハンマの入力エネルギー過大によるもの、過剰打撃によるもの、偏打によるもの、局部応力によるものに分けられる。

表 5.17.1　杭頭座屈の原因と対策 [5.17-3)]

原　因		対　策	備　考
ハンマ過大	(i) ハンマが大きい方が能率が上ると考えて，大容量のハンマを使う (ii) 大きなラムを低落差でおとす方がよいと考えて，大容量のハンマを使う (iii) 適正な大きさのハンマの手配がつかず，大きなハンマを使う (iv) 杭寸法が数種類あるにもかかわらず，適正なハンマに取替えないで同じハンマを使う (v) ハンマの選定を誤って杭サイズとハンマの大きさのくいちがいをおこす。	① 適正な大きさのハンマを使う ② 大きいハンマを使うときは，燃料噴射量を少なくする ③ オーガなどで先掘し，大容量のハンマを使わなくてもよいようにする ④ 適正なハンマを施工計画書に記録し，予算も計上して，現場で実施できるようにする ⑤ 杭頭，杭先端を補強する	a) 杭先端が未だ支持層に達しておらず，貫入量が大きくて無理な打撃をしているように見えなくても，ハンマが過大であると座屈する b) ハンマがオーバーヒートすると，ラムのはね上りが高くなる c) t/D と適正ハンマの検討が必要
過剰打撃 ⑴貫入量が小さい ⑵打撃回数が多い	(i) 動的支持力推定式で計算すると，支持力が不足するので打ちつづける (ii) 他の杭が打てたのだから，この 1 本が打てぬわけがないと考える (iii) 中間層を打抜いたため (iv) 砂地盤の締固めのため (v) 打込方法施工計画が不適当 (vi) クッション材硬化 (vii) 設計で決められた長さをなんとか貫入させようとして（鋼管矢板に多い）	① 監督員との協議により打込み長さを変更する。つまり，座屈する前に打止めにする ② 設計の段階で，杭の根入長さに十分検討を加えたうえで決定する。例えば，ボーリング数を多くして支持層の深さをよくしらべる。試験杭を打つ等 ③ 打撃数が多いだろうと予想するときは，杭の板厚を増すか，母材強度を増す（SKK490 等） ④ 杭先端にフリクションカッターのバンドを巻く ⑤ オーガなどで先掘する ⑥ 群杭では，打込順序を考慮する ⑦ 打込途中での中断がないように，計画をしっかり立てる ⑧ ハンマを替えてみる ⑨ クッション材が硬化したら，取り替える	a) 設計長さを絶対のものであると思わぬように認識する b) 打止め時ばかりでなく，継続して記録をとると過剰打撃であることがわかりやすい c) 設計長さは支持力との関係で決めているから，施工のとき打撃が過剰になるかどうか考慮していないそのため打ちすぎになることがある
偏打	(i) 足場，杭打機が傾斜している (ii) 杭が傾斜している (iii) 杭打機の各部にガタがあって，ぐらぐらする (iv) ヤットコの使い方がわるい (v) キャップの寸法形状の不適当 (vi) クッションの劣化 (vii) 杭先端が転石や埋れ木にぶつかっている (viii) 杭頭端面が平坦でない（例えば，ガスカットしたまま，キャップ不良による取付け）	① 砕石，砂利，砂を厚く（50cm 以上）敷く（砂より砕石がよい） ② 地盤改良する ③ クローラの下に鉄板を敷く ④ 水はけをよくする ⑤ 打撃を開始してから，もう一度垂直度をしらべる ⑥ アウトリガを確実につっぱって，杭打機の安定をよくする ⑦ なるべくヤットコを使わない ⑧ 途中でヤットコを抜かない ⑨ ヤットコの長さは，なるべく 6m 以内にする ⑩ キャップとクッションの手入れを十分に行う（杭頭との接触面を平滑にする，クッション材が劣化したら交換する） ⑪ 寸法ちがいのキャップを使わない ⑫ ハンマの大きさに適した杭打機を使う	a) 偏打による応力のむらは杭頭からどのくらいはなれると均一化するか b) 偏打すると適正な貫入量が得られない最終貫入量を過大評価するおそれがある c) 偏打は杭打時の事故のもとになる
局部応力	(i) 杭補強バンドがあって，バンドの直下で断面が急変している (ii) 杭頭内部に補強バンドがあって，断面が変形している（鋼管矢板のとき）	① 杭頭補強バンドは不要，とりのぞく ② 補強バンドの長さを，十分長くする	a) 偏打を修正しないで，バンドを巻いて補強しようとしても効果がない b) 杭頭補強は，バンドよりアングルによる縦添補強材の方が効果がある

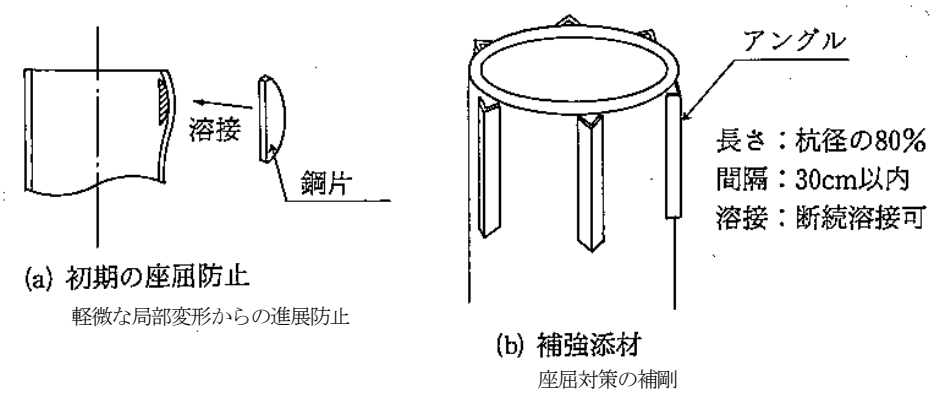
ⓒ2026JASPP

打撃工法における杭頭座屈の発生には、打撃方法、補強材の配置、キャップやクッションの管理状態など、複数の要因が関与する。このため、実際の施工条件を的確に把握し、原因を特定したうえで適切な対策を講じる必要がある。確認項目としては、打撃エネルギー、打撃回数、打撃心ずれ、偏心打撃、キャップ（ヘルメット）の適否や使用状況、アンビルやクッションの損耗状況、ヤットコの構造、鋼管端面の不整、付属品の取付け状態、鋼管本体の不整（膨らみ等）発生状況などがあげられる。

座屈が初期段階（若干、膨らんだ程度）である場合には、図 5.17.2 (a) に示すように、座屈の進行を抑制するための補強部材を溶接により取り付けた後、添材で補強する方法が有効である。

一方、座屈が進行している（肉眼で、明らかに確認できる）場合には、座屈箇所（塑性変形が生じた部位）より上方部分を全周にわたりガス切断で除去し、切断面をディスクグラインダー等で平滑に仕上げた後、図 5.17.2 (b) に示すように添材により補強する方法が有効である。この場合、肉眼では僅かな膨らみを確認することが難しいため、座屈箇所の下端部から十分な距離を確保して切断する。

座屈箇所を除去した後の鋼管は、打撃による荷重履歴を受けているものの、大きな変形は生じておらず、概ね弾性範囲内の状態にあると考えられる。このため、切断面を適切に整形するとともに、継ぎ杭等を行ったうえで、設計条件に基づき施工を継続することが可能である。また、偏心打撃等により鋼管端面に「めくれ」等の変形が生じた場合には、ディスクグラインダー等により端面を適切に整形して補修する方法が採られることがある。



(a) 初期の座屈防止
軽微な局部変形からの進展防止

(b) 補強添材
座屈対策の補剛

図 5.17.2　座屈防止補強方法例

⑵　ヤットコによる杭頭の破損

ヤットコは図 5.17.3 に示すような方法で使用されるため、ヤットコ先端部（杭頭部）が地中または水中に貫入されてしまうと目視では杭との接合状態が確認できない。このため、打撃作業中にヤットコが杭から外れても、それに気付かない、もしくは、それを確認できない状況となる（杭打機やハンマの異常振動やハンマ打撃音の変化などで察知できる場合もある）。特に、短いガイド爪のヤットコで大きくリバウンドした場合や何らかの理由でヤットコを一旦取り外して再セットした場合に杭頭部からヤットコが外れることがあるため、このような場合には十分に注意して打撃状況を監視する。

また、ヤットコが外れても、ハンマの打撃力で杭体頭部を損傷させながら、貫入し続けることがある。打止め深度付近では相対的に貫入量が小さくなることから、その深度付近で本現象が生じた場合、地表での貫入量確認では異常を認識できないこともある。根切り工事の際に確認された杭頭部の破損例を写真 5.17.2 に示す。

ⓒ2026JASPP

ヤットコを使用して打撃作業を行う場合には、適正な形状・寸法のガイド爪が取り付けられたものを用いるとともに、ヤットコを設置する際には、杭頭部との接触状況を確認しつつ、杭体・ヤットコ・ハンマの進直性を保つよう施工機械を調整し、再セット作業が生じないよう管理するのが望ましい。加えて、打撃作業中の貫入量の急激な変化（急に貫入量が増加する）、杭打機やハンマの異常振動、ハンマ打撃音の変化などにも十分に注意し、ヤットコによる杭体損傷等のトラブルを防止する。

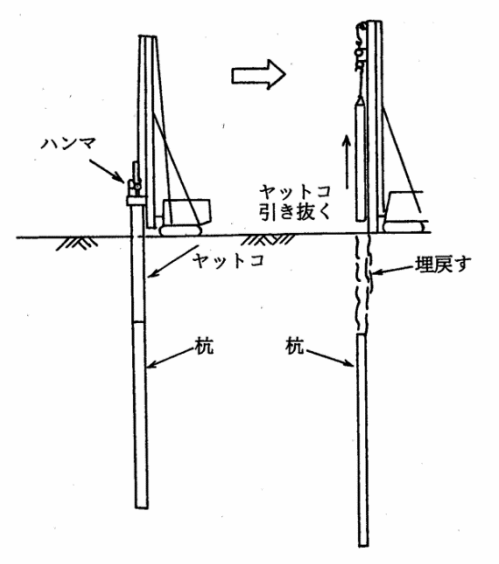


図 5.17.3　ヤットコの使用方法

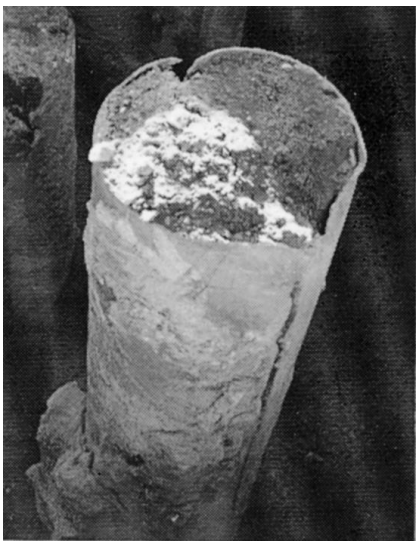


写真 5.17.2　ヤットコが外れた杭の損傷

⑶　杭の長柱座屈

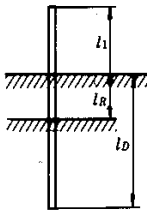
地上に長く突出した杭を打込む場合における動的座屈に対する検討方法については、**（一社）日本建築学会「建築鋼ぐい基礎設計施工基準」（昭和 38 年）**[5.17-4)]には、検討方法と計算式が参考として示されている。その概要を表 5.17.2 の⑴、⑵に示す。表中の打撃力 P は、式 (5.9.2)および式 (5.9.3)における最大打撃応力 σ_2 に杭の断面積を乗じて求めることができる。

表 5.17.2　長柱座屈の検討 [5.17-4)]

(1)　仮想固定点の深さ　　(単位：m)

杭＼土質	非常に軟らかい粘土 / 非常にゆるい砂	中位の粘土 / ゆるい砂	固い粘土 / 中位の砂	固結粘土 / 締まった砂
たわみ易い杭 (I=5,000cm⁴)	3	2		1
普通の杭 (I=50,000cm⁴)	5	3		2
剛な杭 (I=500,000cm⁴)	8	5		3

(2)　計　算　式

①　座屈長さ 	(1)　両端ピン（$l_D \leqq l_R$）　$l_K = l_1 + l_0$ (2)　一端固定，一端ピン（$l_D > 2l_R$）　$l_K = 0.7(l_1 + l_R)$ (3)　(1)と(2)の中間（$l_R < l_D \leqq 2l_R$）　$l_K = (1.3 - 0.3\frac{l_D}{l_R})(l_1 + l_R)$ l_D ：杭の根入れ長さ（m） l_R ：仮想固定点の深さ（m） l_K ：杭の座屈長さ（m） l_1 ：杭の地上部分長さ（m）
②　細長比 λ	$\lambda = \frac{l_K}{i}$　l_K ：座屈長さ（m） i ：最小断面二次半径（m）
③　座屈係数 w	$\lambda < 30$　$w = 1$ $30 \leqq \lambda \leqq 100$　$w = \frac{1}{1 - 0.4(\frac{\lambda}{100})^2}$ $\lambda > 100$　$w = \frac{1}{0.6}(\frac{\lambda}{100})^2$
④　応力の検定	$\frac{wP}{A} = \frac{P\{e_0 + (l_1 + l_R)\frac{1}{n}\}}{Z} \leqq 1000\sigma_y$ P ：打撃力（kN）　Z ：杭の断面係数（m³） e_0 ：打撃力の偏心（m）　$\frac{1}{n}$ ：杭の傾斜（$= \frac{1}{500}$） A ：杭の断面積（m²）　σ_y ：杭材料降伏点応力度（N/mm²） e_0＝杭径または杭幅の 1/20 を見込む。

2.　鋼管ソイルセメント杭工法のソイルセメント柱杭頭部の破損

床付け掘削等により杭頭部のソイルセメント柱が破損した場合には、破損した部位を除去した後に、均しコンクリートを打設したり、底版コンクリートを打設する際に同時にコンクリートを打設することで一体化させるような補修方法が採用されることが多い。

5.17.3　高止まり

高止まりの主な発生原因としては、以下が考えられる。

① 中間層が非常に堅固な場合、中間層が厚い場合

② 土の締固め効果等が想定した以上に大きい場合

③ 転石等の地中障害物が存在する場合

ⓒ2026JASPP

④ 支持層が想定よりも浅い場合

①～③については、所定の支持層に到達する前に打設が困難となる場合が多い。ただし、③については、事前の地盤調査で確認されているのであれば、杭工事の着工前に施工する鋼管杭外径より小径のアースオーガ等で杭心位置を探り掘りし、障害物が確認された杭心位置に対して撤去作業を行うことが最も有効な事前対策となる。

一方、想定外の地中障害物により施工が困難となった場合には、硬質地盤用のオーガヘッドや小型のハンマグラブ等を杭内に投入して障害物を破砕・撤去したり（開端杭の場合のみ）、何らかの方法で一度杭を引き抜き、障害物を撤去した後に再打設する等の対策が必要となる。この場合には、周面摩擦力や水平抵抗力等に及ぼす影響を評価する必要がある。障害物の撤去方法や撤去後の置換方法を十分に検討し、設計要件を満足する工法を選択する。

地中障害物の取り扱い等については、5.17.6　地中障害物で詳述する。

1.　打撃工法

杭の高止まりに関しては、打撃（打込み杭）工法を対象として、表 5.17.3に示す内容が**「道路橋示方書・同解説 下部構造編」**[5.17-5)]の**「15.7.9 打込み杭工法の打込み及び打ち止め」**の解説中に記載されている。

表 5.17.3　高止まり時の主な対策と注意事項

高止まり状況	主な対策	注意事項
・中間層が堅固で打ち抜けなかった場合 ・土の締固め効果が大きくなり打込みが困難な場合	・ハンマを大きくする ・中掘り杭工法を併用する ・フリクションカッターを先端部に取り付ける	・杭軸方向の支持力の観点からいえば、支持条件を満足するようにみえるが、他の条件（洗掘、水平抵抗、粘性土層の圧密沈下）等から、杭の根入れ深さが決まっている場合がある
・支持層が予想より浅い位置にあり、所定の支持層への打込みが困難な場合	・ボーリングの本数を増やす ・他の杭の打止り深さ等との関係から判断する	・施工範囲が広い場合や、旧河川の流域等でみられる ・他の原因との識別が難しい

⑴　所定の支持層に到達する前に打設が困難となった場合

所要の杭先端支持力が得られない可能性があるため、施工方法を工夫して所定深度まで貫入させる必要がある。最も有効な方法としてハンマの大型化があげられるが、杭が損傷するおそれがあるため、適用にあたっては十分な検討が必要である。

杭周面の摩擦抵抗により貫入不能となった場合には、貫入不能後に先端地盤を先行掘削しても効果は限定的であるため、プレボーリング等の補助工法を併用する。また、打設作業を中断したことにより杭周面の摩擦抵抗が回復し、作業再開時に貫入不能となる場合がある。この場合には、打撃を継続することで摩擦抵抗が静止摩擦から動摩擦へ移行し、徐々に貫入することが多い。ただし、摩擦抵抗が極めて大きく杭が貫入しない場合には、何らかの方法で一度杭を引き抜いた後に、必要に応じて補助工法を併用し、再打設する等の対策が必要となる。なお、補助工法を併用する場合には、支持力や水平抵抗力等の杭性能に及ぼす影響に対し、検討が必要不可欠である。

想定外の地中障害物による場合については、前述した通りである。

ⓒ2026JASPP

⑵　支持層が想定よりも浅い場合

支持層が傾斜している等の理由により、支持層深度が想定より浅いことが確認された場合には、設計より浅い深度で打止めとすることがある。この場合には、杭体の剛性や発生応力度に影響を及ぼす鋼管の断面変化位置の確認に加え、上部構造物の挙動に影響を及ぼす支持力や杭軸方向ばね定数等についても確認し、設計上の安全性を検証する必要がある。

2.　中掘り杭工法

中掘り杭工法においては、施工条件により、以下のような原因および対応が考えられる。

⑴　所定の支持層に到達する前に沈設が困難となった場合

中間層など比較的硬質な地盤において沈設が困難となった場合であっても、杭外径以上の先掘りや拡大掘りは周辺地盤を著しく乱し、周面摩擦力や水平抵抗力を低下させるおそれがあるため、原則として実施すべきではない。杭の沈設を補助する方法としては、中掘り杭工法では、オーガヘッドから圧縮空気を噴出して管内土の排出を促進する方法やオーガ先端から注水しながら掘削する方法（粘性土地盤）などがある。

掘削・沈設途中に作業を中断した場合、杭周面の摩擦抵抗の回復により作業再開後に沈設不能となることがある。このため、杭周面の摩擦抵抗の回復を考慮して、作業の中断深度を適切に設定するなどの配慮が必要である。また、想定外の地中障害物による場合については、前述した通りである。

⑵　支持層が予想よりも浅い場合

打込み杭工法と同様に、支持層が傾斜しているなどの理由により支持層深度が想定より浅いことが確認された場合には、設計より浅い位置で打止めとする場合がある。この場合の確認事項および対応については、打込み杭工法の場合と同様である。なお、中掘り杭工法においては、支持層が十分な厚さを有する場合には、設計深度まで掘削・沈設を行うこともある。

3.　鋼管ソイルセメント杭工法

鋼管ソイルセメント杭工法においては、施工条件により、以下のような原因と対応が考えられる。

⑴　所定の支持層に到達する前に沈設が困難になった場合

鋼管が沈設不能となる原因としては、想定外の地中障害物あるいは逸水層におけるジャーミングの発生等があげられる。

粒径が均質な砂質地盤やシラス地盤等のような透水性の高い地盤では、ソイルセメント中の水分が地盤へ逸水し、流動性を失った土砂やソイルセメントが杭周辺に凝集することにより、掘削・攪拌や鋼管の沈設が困難となるジャーミングが発生することがある。掘削時に地中障害物が確認されないにもかかわらず、ソイルセメントの液面低下が想定以上に大きい場合には、逸水によるジャーミング発生の可能性が高いと判断される。この場合には、一旦、鋼管を引き抜いた後、セメントミルクを注入しながら再施工を行う等の対応が必要となる。

あらかじめ施工中の逸水が想定される場合には、施工前のセメントミルク配合計画時において、増粘剤の使用を検討する。必要に応じて適切量を添加することでソイルセメントの流動性を確保し、逸水を防止する。

地中障害物により施工が困難となる場合の対応および設計上の評価・検討事項については、前述した通りである。

⑵　支持層が想定よりも浅い場合

打込み杭工法と同様に、支持層が傾斜している等の理由から、支持層深度が想定より浅いことが確認された場合には、設計より浅い位置で打止めとする場合がある。この場合の確認事項および対応についても、打込み杭工法の場合と同様である。なお、鋼管ソイルセメント杭工法においても、支持層が十分な厚さを有する場合には、設計深度まで掘削・沈設を行うことがある。

4.　回転杭工法

回転杭工法においては、施工条件により、以下のような原因と対応が考えられる。

⑴　所定の支持層に到達する前に回転貫入が困難になった場合

想定外の地中障害物により中間層での施工が困難となる場合の対応および設計上の評価・検討事項については、前述した通りである。ただし、回転杭工法については、杭先端に回転羽根が取り付けられているため、杭内に硬質地盤用のオーガヘッドや小型のハンマグラブ等を投入して障害物を破砕･撤去することが難しい。しかしながら、回転杭工法では杭体を逆回転して引き抜くことが可能であるため、一旦、杭を引き抜いて地中障害物を撤去した後に、再施工した方が効率的である。

このとき、撤去する地中障害物が鋼管外径を超えるような場合には、周辺地盤への影響も含め、より慎重な検討が必要である。

⑵　支持層が想定よりも浅い場合

打込み杭工法と同様に、支持層が傾斜している等の理由から、支持層深度が想定より浅いことが確認された場合には、設計より浅い位置で打止めとする場合がある。この場合の確認事項および対応についても、打込み杭工法の場合と同様である。また、回転杭工法においては、設計杭長の確保を優先して無理に支持層へ根入するのではなく、必要な支持層への根入れ長を確保したうえで打ち止めることが望ましいとされる。これは、回転杭工法の特長である先端羽根部の拡幅構造により、

① 羽根部への負荷が増大し、杭損傷のリスクが高まること、

② 拡幅した羽根部により支持層が過度に乱される可能性があること

など、施工上のリスクが増大するためである。

5.　高止まり杭の処置

高止まりした部位はガス切断した後に､ディスクグラインダー等で端部を整形し､所定レベルに調整する。ただし、設計上の理由から杭体の板厚や強度を増加させている部位（例えば、上部構造物の慣性力で大きな曲げモーメントが作用する杭頭部、地盤変位により大きなせん断力や曲げモーメントが作用する硬軟地層境界付近）や断面変化位置では、板厚や強度が不足することもあるため、原設計を確認し、安全性を検証する必要がある。板厚や強度が不足する場合には、増し杭（杭本数を増すことにより、杭 1 本の負担する荷重を軽減する）や不足する部位に（鉄筋）コンクリートを中詰めして補強する方法などが取られている。（鉄筋）コンクリートによる中詰め補強における杭体強度については、補強部位の状態に応じて、

評価方法①：鋼管と（鉄筋）コンクリートの合成構造として評価

評価方法②：鋼管と（鉄筋）コンクリートの重ね梁として評価

評価方法③：中空鋼管として評価するが、局部座屈による許容応力度の低下は考慮しない

等の方法がある。図 5.17.4 に杭頭部での処置例を示す。

図に示すように、補強の効果を適切に発現させるためには、(鉄筋) コンクリートを一定の長さまで打設する必要がある。特に図中の定着長については、杭体強度の評価方法に応じて、概ね杭外径の 1～3 倍程度が必要であり、評価方法①では概ね杭外径の 3 倍、評価方法③では概ね杭外径の 1 倍が目安となる。ただし、鋼管と (鉄筋) コンクリートの付着・応力伝達機構は鋼管内面の状態に大きく影響されるため、上記の定着長はあくまで鋼管内面に不純物等の付着がない場合の目安であり、補強部位の条件に応じて個別に検討することが望ましい。

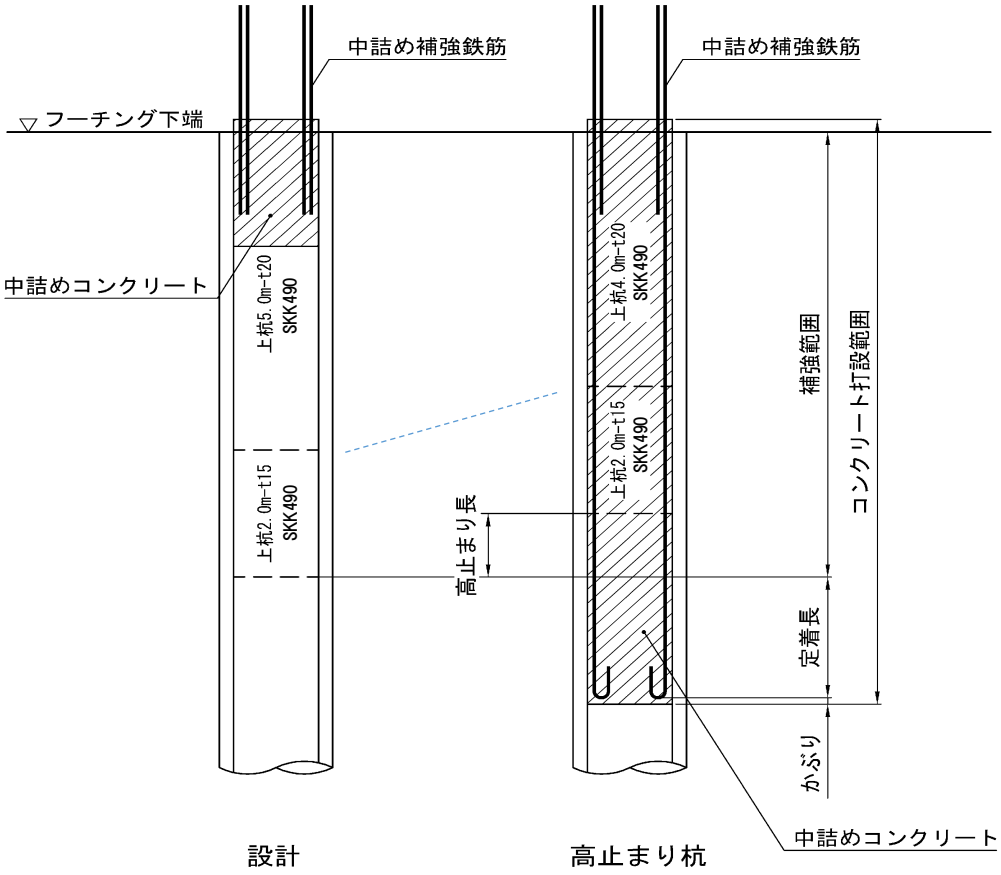


図 5.17.4　高止まり杭の処置例（杭頭部で板厚や強度が不足する場合）

5.17.4　低止まり

1.　打撃工法

所定深度まで杭を打設しても打止め条件に至らない場合には、原則として杭を打ち止めてはならない。杭先端が支持層に到達していないようであれば、ヤットコを延長するなど施工方法に工夫を加え、支持層まで貫入させる。杭先端が支持層に到達した後は、打止め条件に達した時点で打止めとすればよい。

このような場合には、根切り後に杭頭部と同じ仕様の鋼管を現場溶接で継ぎ足す「継ぎ杭」により対応することが多い。ただし、ヤットコの長さにも限界があり、また、「継ぎ杭」のためには、打ち下げた杭頭位置で溶接作業を行うための適切な作業エリアを確保する必要があり、杭頭位置が地表面から余りに深ければ簡易な根切り (掘削) では対応できない (土留め等が必要となる)。したがって、継ぎ杭が可能な長さは、概ね 2～3m と考えた方がよい。それ以上の打ち下げが必要な場合には、杭長の設定に不備があるおそれがあるた

ⓒ2026JASPP

め、一旦、工事を中断するとともに、打設位置近傍での地盤調査を実施し、支持層深度を確認したうえで抜本的な対策を検討するのが望ましい。

2.　その他の工法

低止まりの主な発生原因としては、中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法では以下の①・②が、回転杭工法では以下の②が考えられる。

① 杭の保持時間不足による沈下

② 支持層が想定よりも深い

また、施工条件より、以下のような原因と対応が考えられる。

⑴　杭の保持時間不足による沈下

中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）や鋼管ソイルセメント杭工法では、杭体の沈設完了直後において杭周面の摩擦抵抗が低下しているため、保持時間を十分に確保しなければ、保持装置の取り外し後に杭が沈下するおそれがある。杭が安定するに必要な保持時間を試験杭で確認し、それに基づいて施工を行う必要があるが、特に杭長が短い場合や鋼管ソイルセメント杭工法で遅延剤を使用する場合には注意する。

⑵　支持層が想定よりも深かった場合

支持層が想定より深い場合には、ヤットコを延長する、もしくは、事前に継ぎ足し用鋼管を準備しているのであれば、それを接続するなどの方法により、所定の支持層まで掘削・沈設を行う。ただし、ヤットコを延長する場合の注意点は、1.　打撃工法で述べた通りである。

3.　低止まり杭の処置

低止まりした杭は後日掘削して杭頭部に継ぎ杭をするかフーチング（パイルキャップ）の形状を変更して処理する。これらの処置を行う場合には、十分に検討したうえで設計要件を満足する方法を採用する必要がある。継ぎ杭による処置例を図 5.17.5に、フーチング（パイルキャップ）の形状変更による処置例を図 5.17.6に示す。なお、鋼管ソイルセメント杭では杭の継ぎ足し後、杭頭部付近のソイルセメントを復旧することが望ましい。

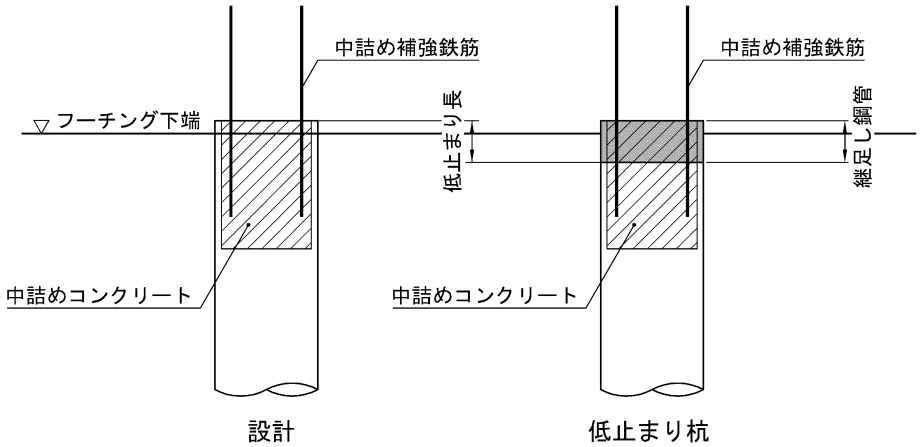


図 5.17.5　低止まりに対する継ぎ杭による処置例

ⓒ2026JASPP

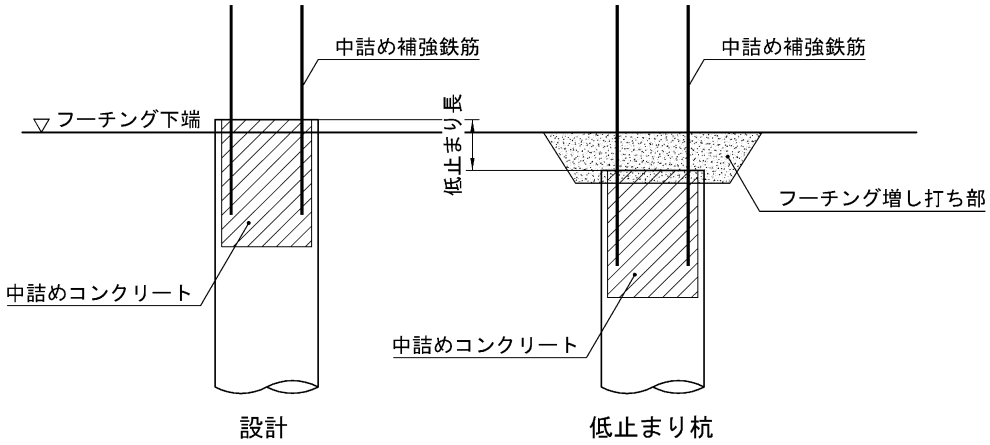


図 5.17.6　フーチング（パイルキャップ）形状変更による処置例

5.17.5　打止め条件に達しない場合

「道路橋示方書・同解説 下部構造編」の**「15.7.9 打込み杭工法の打込み及び打ち止め」**の解説においては、打撃（打込み杭）工法を対象として、

「所定の長さを打込んでも打止め条件に達しない場合、継ぎ杭によって処理している例が多いが、杭を継ぐことができない場合には、設計条件を勘案して適切に処理しなければならない。」

旨が示されている。

打撃工法に限らず、中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法においても、継ぎ杭を行いながら打止め条件を満足するまで杭を打設（沈設）することが基本的な対応となる。しかしながら、継ぎ杭用の杭材が確保できない場合には、例えば打撃工法では、以下のような対応がとられることがある。

① ヤットコを用いてさらに深く打ち込み、後日、杭頭部の掘出し（掘削）を行ったうえで継ぎ杭を溶接施工する、またはフーチング（パイルキャップ）の形状を変更して対応する。

② 施工現場に搬入済みの杭を切断、開先加工して継ぎ杭として使用し、不足分に充当する。

③ 大径鋼管杭の場合には、杭先端の閉塞性を向上させる目的で、先端部に写真 5.17.3 に示すような十字リブや写真 5.17.4 に示すような円弧状の鋼板リブを取り付ける場合がある。



写真 5.17.3　十字リブの溶接



写真 5.17.4　円弧状リブの溶接

©2026JASPP

5.17.6　地中障害物

地中障害物には、杭工事の着工前に存在が判明する場合と杭の施工中に存在が判明する場合がある。いずれの場合においても、杭の打設に支障をきたすことが明らかであれば、除去が必要となる。本節では、これらを杭工事着工前と杭施工中に区分し、一般的な対応について述べる。なお、具体的な対処方法の検討にあたっては、**「鋼管杭 －施工と施工管理－」**等のトラブル事例集を参照することが望ましい。

1.　杭工事着工前

⑴　土中の転石とコンクリートがれき

自然地盤において岩石が散在する地層としては、扇状地の堆積層などがあげられる。扇状地の堆積層では、一般に上流側ほど粒径が大きく重い礫が多く、下流側に向かうにつれて細かく軽い砂や泥質堆積物が増える傾向にある。河川の増水等で上流側の岩石が下流側に押し流され、これらが沖積層中の転石となる。このような地形・地質条件下では、付近の沖積層にも転石が混入している可能性がある。その他、火山活動による噴石が転石となることもある。

一方、人工の埋立て地盤においては、埋め立て時に岩塊やコンクリートがれき等の混入防止措置がとられているものの、30cm を超えるような岩塊やコンクリートがれき等が埋土・盛土層中に含まれることがある。N 値のばらつきが極端で、局所的に 50 を超えるような N 値が測定される埋土層では、層中に転石やコンクリートがれき等が混入している可能性が高く、十分に注意する必要がある。

⑵　捨石

桟橋等の杭工事においては、既設護岸の洗堀防止を目的とした捨石層を貫通して杭を打設することがある。桟橋杭のように比較的短い間隔（数 m ピッチ）で杭を打設する場合には、打設位置の捨石をオールケーシング工法等で取り除く。

⑶　消波ブロック、コンクリートブロック

設置後の時間経過によって砂に埋もれてしまった消波ブロックやコンクリートブロックが、杭の打設位置に存在することがある。このようなコンクリート塊についても、オールケーシング工法等で取り除く。

⑷　既設杭、仮設材

既存構造物を解体・撤去した場所では、既設の基礎杭や土留め用仮設材（鋼矢板、H 型鋼等）が残置されている場合がある。杭の打設位置だけでなく、その周辺において杭施工に支障をきたす場合（例えば、回転杭工法の先端羽根に既設の杭や仮設材が接触する等）には、オーガケーシング工法やオールケーシング工法等で撤去する。また、撤去後の掘削孔には、貧配合のセメントミルク液や流動化処理土等を充填し、新設する杭の施工に支障がないよう適切に処置する。

2.　杭施工中

杭施工中に判明する地中障害物の多くは、転石やコンクリートがれきである。以下に、各杭工法における一般的な対処例を示す。なお、転石の大きさの評価にあたっては、地盤調査結果を詳細に確認するするとともに、施工場所の地域特性（例えば、河川の上流域であるとか、扇状地であるとか）なども考慮する。

過去には「ボーリング調査記録に示された礫径の 2～3 倍程度の大きさの礫が存在する可能性がある」ことを示唆した文献等もあったが、施工中に遭遇した転石の大きさは、地上に引き上げない限り確認することはできない。転石の大きさを過小評価することは禁物であるが、対応策を検討する際には、過大評価も適切

な判断を誤らせる一因となり得る。施工機械の能力・大きさ、打設（沈設）している杭の仕様（外径・板厚・附属品等）等も考慮して大きさを評価すべきである。コンクリートがれきについても同様である。

⑴　打込み杭工法（打撃工法・バイブロハンマ工法）

地中深部において、転石に遭遇したにもかかわらず、これに気付かず打撃を継続すると杭が破損することがある。このような場合には、杭打設時の貫入量やリバウンド量に異常が認められる（貫入量は非常に小さくなり、リバウンド量は非常に大きくなる）ことが多い。対策としては、硬質地盤用のオーガヘッドや小型のハンマグラブ等を杭内に投入して障害物を破砕・撤去する方法や（簡単ではないが）杭を引き抜いた後に転石を除去して再施工する方法、杭位置を変更して施工する方法などがあげられる。

⑵　埋込み杭工法

埋込み杭工法で使用するアースオーガは地盤の硬さや転石の影響を受けやすく、大きな転石に遭遇すると掘削不能となる場合がある。トラブルの発生防止や回避、対応については、機械運転員（杭打機オペレータ）の経験や操作に依存するところが多い。十分な経験に基づいた適切な機械操作、対処方法の選択が重要となる。また、このようなトラブルの発生形態や対応方法は、中掘り杭工法および鋼管ソイルセメント杭工法で若干異なる。

1)　中掘り杭工法

杭内面とオーガのスパイラルスクリューとの間に玉石や礫等が噛み込んだり、粘性土が付着・堆積したりすることにより、オーガの回転推進が不能となるトラブルが比較的多く見られる。このような場合には、通常よりも掘進速度やオーガ回転速度を下げ、急激な動作を避けるように施工する。また、噛込みが生じた場合には、オーガを逆回転させて噛み込んだ土砂を杭内から押し出すとともに、できるだけ杭軸から掘削孔の縁端に押し出すように排除することが基本的な対処方法である。一般に、施工可能な礫径の目安は、杭内径の 1/5 以下とされている。

2)　鋼管ソイルセメント杭工法

一般に施工可能な礫径の目安は、10cm 以下とされている。玉石径が 10cm を超える場合や転石が存在する場合には、先行削孔等の補助工法を併用する必要がある。また、施工中に想定外の障害物に遭遇した場合には、ソイルセメントの硬化により施工不能となるおそれがある。このような場合には、施工時間を見極めながら、緊急対応としてソイルセメントの固化遅延対策（硬化遅延剤の使用）を講じる必要がある。そのためには、事前に配合量や対応方法を検討しておくことが望ましい。

⑶　回転杭工法

一般に施工可能な礫径の目安は、杭径の 1/4～1/2 程度とされている。玉石や転石が存在する場合には、先行削孔等の補助工法が必要となることがある。また、施工性は玉石の混入率、対象層の深度および層厚に大きく影響されるため、現場ごとに十分な施工性評価を行い、必要に応じて補助工法の適用を検討する。

5.17.7　トラブル処置事例

鋼管杭の主要な施工方法には、埋込み杭工法（中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法）、回転杭工法、打込み杭工法（打撃工法、バイブロハンマ工法）などがあり、現場の環境条件、地盤条件、荷重条件などにより選定され、使い分けられている。各工法の特長に応じて施工方法、施工管理項目が異なるため、起こりうるトラブルの種類や現象も異なる。

ⓒ2026JASPP

各工法のトラブル処置事例を表 5.17.4 に示す。また、**（公社）地盤工学会「トラブルと対策シリーズ 1 杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版）」（平成 26 年）**[5.17-6)]にも具体に記載されているので参照されたい。

表 5.17.4　トラブル事例

No.	工法	分類	事例
1	中掘り杭工法	工法	地中障害物による掘削ヘッドの脱落，根固め不能
2	中掘り杭工法	工法	地下水流入による杭の高止まり
3	中掘り杭工法	工法	地中障害による掘削不能（中間礫層の巨石）
4	中掘り杭工法	工法	地中障害による施工不能（想定外の地中障害）
5	鋼管ソイルセメント杭工法	工法	砂質地盤における鋼管の高止まり
6	鋼管ソイルセメント杭工法	工法	巨礫による掘削不能
7	鋼管ソイルセメント杭工法	工法	地盤調査不足による低止まり
8	回転杭工法	工法	応力集中による杭頭部の変形
9	回転杭工法	工法	地中障害物の存在による杭の破損
10	打込み杭工法	地質調査	橋梁下部工基礎杭の高止まり
11	打込み杭工法	地質調査	鋼管杭打設時の杭心移動

ⓒ2026JASPP

1.　地中障害物による掘削ヘッドの脱落，根固め不能（中掘り杭工法）

⑴　概要

カルバートの基礎杭（鋼管杭，全 6 本）を中掘り杭工法（高圧噴出方式）で施工した際、地中障害物により掘削ヘッドが脱落し、中掘り圧入後の杭先端球根の築造が不能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径 φ700mm，杭長 44.0m

2)　地盤概要

図 5.17.7 に示すように、全般に砂質土が主体の地層層序である。

GL-7m～-30m の砂質土層は N 値＝5～21、GL-32m～-42m の砂質土層は N 値＝15～30 で、GL-5m 付近に N 値＝0 の粘性土層、GL-30m 付近に N 値＝5 の粘性土層がある。また、支持層は、GL-43.6m 以深の N 値＞50 の砂質土層である。

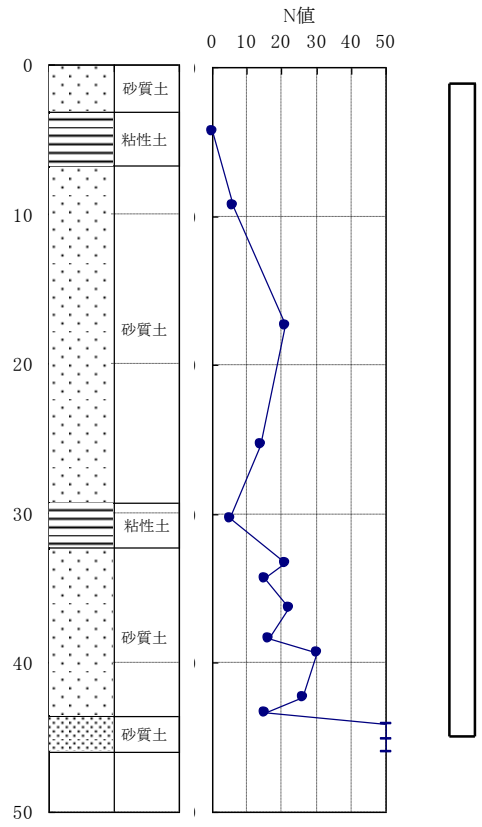


図 5.17.7　柱状図と杭の関係
（出典 5.17-①）

⑵　トラブルの発生状況

本工事の杭本数は 6 本である。2 本目の施工において、所定深さまでの中掘り圧入を行ったが、上杭の中掘り圧入時からオーガの負荷電流値の上昇や圧入速度の低下（圧入抵抗の増大）などの現象が確認された。

試験杭の施工時には確認されていなかった現象であったことから、所定深さまでの中掘り圧入の完了後、杭先端の根固め球根築造工程へ移行する前に掘削装置に異常が生じていないかを確認するため、一旦、スパイラルオーガを引き上げて点検することとした。スパイラルオーガ全長を引き上げたところ、先端部分のオーガヘッドが継手箇所から脱落していることが判明した。脱落したオーガヘッドについては、別途、回収することとした。

⑶　トラブル原因

当該杭近傍での地盤調査結果からは地中障害物を確認できなかったが、下杭の中掘り圧入時に一時的に中掘り圧入速度が低下する現象が見られたことから、表層付近に存在した何らかの地中障害物を杭内部へ巻き込んだものと考えられる。

このため、当該杭周辺およびこれ以降に施工を予定していた位置について、油圧ショベルで表層を掘削し、地盤状況を確認した。その結果、当該杭の施工位置とその周辺において、GL-4m 付近までの範囲に地盤改良が施されていることが判明した。

今回の施工トラブルは、この硬質な地盤改良土を杭内部へ巻き込んでしまったために、徐々に N 値が上昇する深度での中掘り圧入抵抗が増大、その際に発生した振動によりオーガヘッド継手部の接続ピンが外れ、オーガヘッドが脱落したものと判断した。

ⓒ2026JASPP

⑷　トラブルへの対処・対策

写真 5.17.5 に示すように、ハンマグラブを使用して鋼管杭内部を掘削することで脱落したオーガヘッドを回収・除去することができたことから、その後、杭先端の根固め球根を築造して施工を完了した。

これ以降の施工については、杭心位置に硬質な地盤改良土が存在していたため、これを除去した後に原位置土で埋め戻し、現地盤の硬さまで転圧して施工を再開した。

施工の再開にあたり、再びオーガヘッドやスパイラルオーガが脱落しないよう、継手部接続ピンの抜け防止対策を実施した。これにより、残る全数について、無事、施工を完了した。



写真 5.17.5　回収したオーガヘッド
（出典 5.17-②）

⑸　トラブルから得た教訓

施工障害となった改良地盤は、今回工事に関連したものではなかった。過去に施された改良地盤や過去の構造物など、杭の施工に際して支障となる地中障害物は 1 本のボーリング調査結果だけではその存在を想定することが困難な場合も多い。

過去に存在した構造物の種別，位置，形状や工事履歴，土地利用の経緯など、杭の施工場所に関する情報をできるだけ収集することが重要である。また、試験杭や先行して施工した他の杭において、確認されていない現象が発生した際には、できるだけ早く、発生した事象に対する考察と施工機器類の点検を行うなどの対応も必要である。

ⓒ2026JASPP

2.　地下水流入による杭の高止まり（中掘り杭工法）

⑴　概要

建築物の基礎工事において、試験杭（1 本目の本杭）を中掘り杭工法で施工したところ、施工途中で杭が圧入不能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径 φ1,000mm，杭長 64m

2)　地盤の概要

地盤調査結果では図 5.17.8 に示すように、表層より GL-33m 付近までは火山灰層、GL-33～-39m は N 値≒20 の礫混り砂層、GL-39～-64m は粘性土層で構成され、支持層は GL-64.2m 以深の N 値＞50 の砂質土層である。

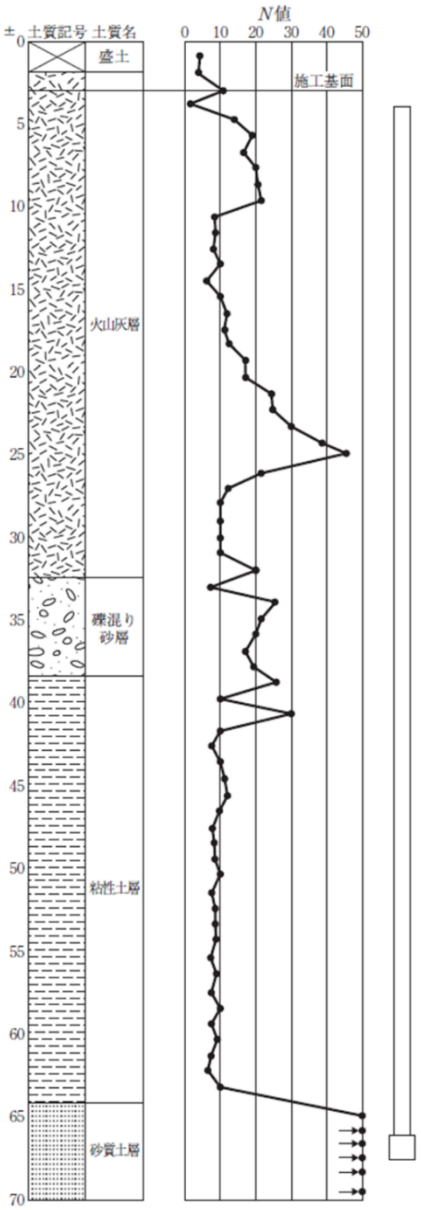


図 5.17.8　地盤柱状図
（出典 5.17-③）

⑵　トラブルの発生状況

GL-34.5m 付近で中 $_2$ 杭の沈設が完了し、中 $_3$ 杭の現場縦継ぎ溶接を行った。昼食・休憩を挟み、杭の掘削沈設を開始したところ、先端のオーガヘッドが土砂により拘束された状態となった。先端からのエア吐出しながらオーガの正転・逆回転を繰り返して拘束状態を解消したが、約 0.5m 杭を沈設したあたりで圧入不能になった。

⑶　トラブル原因

地上から突出した中 $_3$ 杭を切断し、スクリューおよび先端のオーガヘッドを回収したところ、杭内部に水が流入していることが判明した。圧入不能となった杭先端位置は礫混り砂層であり、現場縦継ぎ溶接時にはオーガヘッドを杭先端から 1m 程度先行させた状態であった。

中 $_2$ 杭施工完了から継手溶接、昼食・休憩を挟み、次杭の施工開始まで時間を要したため、時間経過とともに杭先端から土砂および地下水が杭内部に流入した。次杭施工開始時のオーガヘッドの拘束解消作業で先端地盤を乱し、更には地下水の影響により杭先端部付近の土砂が泥水化状態になった。これにより排土が行えない状況に陥り、杭が圧入不能になったものと推察される。

⑷　トラブルへの対処・対策

1)　トラブルへの対処

トラブルが発生した杭については、引抜き撤去した後、杭孔を養生して新規杭を施工した。杭孔の養生については、貧配合のセメントミルクを注入しながら原位置土と混合攪拌し、原地盤相当のソイルセメントを造成する方法とした。また、切断した中 $_3$ 杭は、端部をグラインダー等で補修し、別杭心で使用した。

ⓒ2026JASPP

2) トラブルの対策

その後の杭施工においては、下記対策を講じるとともに、当日の内に施工を完了させることで無事完了させることができた。

① 杭の施工中、オーガヘッド先端位置を正確に管理し、現場縦継ぎ溶接位置ではオーガヘッドを杭先端から先行させない。また、杭内の土砂および排土状況により、杭の施工完了後に逆転で管内に土砂を戻すことも考慮する。

② 一時中断となる現場縦継ぎ溶接では、杭の建込み等の段取り時間を極力短縮（施工前に手順，役割などを明確にする）し、長時間の作業停止を行わない。

⑸ トラブルから得た教訓

今回のような地下水を多く含む砂質地盤では、地下水の流入に細心の注意を払って施工する必要があり、先端のオーガヘッドの先行長さの管理や長時間にわたる作業停止を行わない施工計画が重要と考える。また、設計段階において、現場縦継ぎ溶接時の杭の先端位置が粘性土層あるいは N 値の小さい位置になるよう、杭長の組合せを行うことも重要と考える。

ⓒ2026JASPP

3.　地中障害物による掘削不能（中間礫層の巨石）（中掘り杭工法）

⑴　概要

橋脚の基礎杭を中掘り杭工法で施工した際に、障害物により GL-15m 近傍でオーガ駆動装置が過負荷になり停止したため、中掘りが不能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径φ800mm、杭長 38.0m

2)　地盤の概要

図 5.17.9 に示すように、全般に砂質土が主体で、GL-5～-12m 付近と GL-18m 付近に N 値 0～10 の粘性土を挟んでいる土層構成となっている。GL-13m～-17m に N 値 40～50 の砂礫層が存在し、その下方 GL-21m～-35m は N 値 30～45 の砂質土層である。GL-35.0m からの N 値 50 超の細砂層を杭の支持層としている。

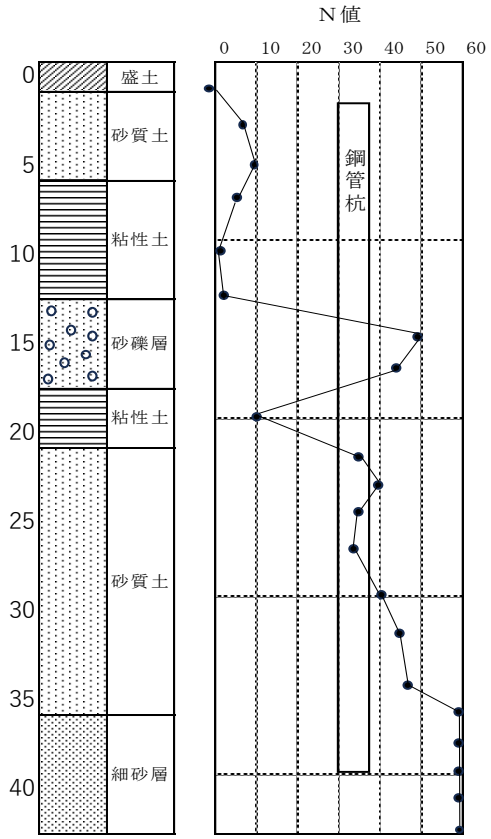


図 5.17.9　柱状図と杭の関係

⑵　トラブルの発生状況

施工にあたっては、地盤調査結果を参考に礫に留意して中掘り圧入を行ったが、GL-15m 付近でオーガがぶれ始め、杭体を圧入しようとした時点でオーガ駆動装置のモーターが停止、掘削不可能となった。大きな礫が存在していることが原因と推定し、一旦、杭を引き抜いて、対策を講ずることとした。

⑶　トラブル原因

当該杭近傍の土質調結果では、地中障害物は想定できなかった。10m 以上離れた位置の杭を施工してみると、同様の現象が確認されたことから、砂礫層に想定以上の大きな礫が存在し、これが杭内部へ巻き込まれることで、杭内面とスパイラルスクリューの間に噛み込み、オーガモータが停止したと考えられる。

⑷　トラブルへの対処・対策

GL-17m の深度までφ900mm のオーガスクリューにてプレボーリング掘削を行い、貧配合のセメントミルクと置き換えた後に中掘り施工することで、無事完了した。

⑸　トラブルから得た教訓

杭の施工に際して支障となる中間層の礫径については、土質調査結果においてφ40～120 程度の礫が点在するとの記載があったが、350mm 以上の玉石が存在していると想定することは困難であったと思われる。したがって、杭施工場所付近における過去の工事履歴などの情報をできるだけ収集することが重要と考える。また、土質調査結果において、φ120mm 程度の礫が点在する旨の記載があった場合には、プレボーリングによる試掘にて、礫の大きさやオーガでの施工性を確認するなど、中掘り杭工法で掘削が可能か否かをあらかじめ判断・確認することも必要である。

ⓒ2026JASPP

4.　地中障害物による施工不能（想定外の地中障害物）（中掘り杭工法）

⑴　概要

建築建物の基礎杭を中掘り杭工法で施工した際に、GL-5.0m 付近で堅固なものに当たり、オーガスクリューの掘進、杭の圧入が不可能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径φ800mm，杭長 52.0m

2)　地盤の概要

図 5.17.10 に示すように、全般に粘性土と砂質土の互層となっている。GL-0～-5m 付近まで盛土層となり、その下から GL-30m 付近までは N 値＝0～5 の粘性土層で、GL-30m 以深から砂質土主体の地層層序となっている。支持層は、GL-49.0m 以深の N 値＞50 の細砂層である。

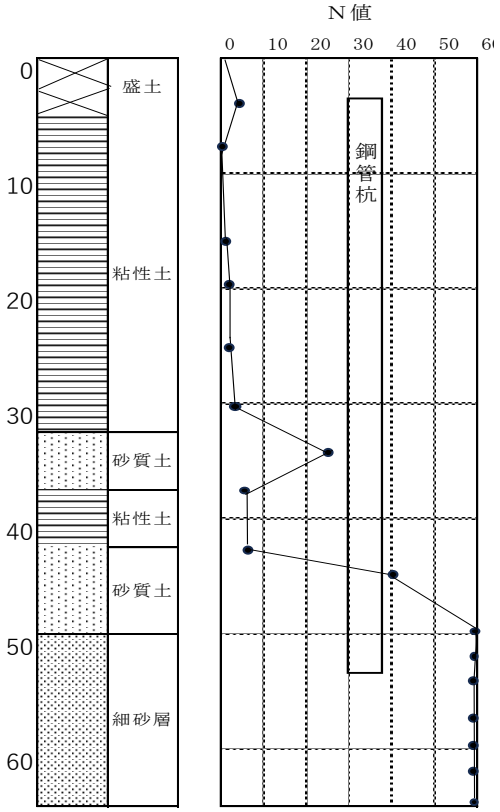


図 5.17.10　柱状図と杭の関係

⑵　トラブルの発生状況

施工開始から杭 10 本程度完了した時点で、次杭の中掘り圧入を始めたところ、GL-5.0m 付近の深度にてオーガスクリューと杭から異音が発生し、また瞬間的にオーガの負荷電流値の上昇がみられた。杭を引き抜いて掘削孔内を目視したところ、平らなコンクリート盤のようなものが確認された。

⑶　トラブル原因

地中障害物の大きさが不明なため、5m 離れた杭位置も掘削してみたが、同様の現象が生じた。一旦、施工を中止して、土質調査結に記載されていない地中障害物の特定を行うこととなった。

当該地は数十年前からの埋め立て地であり、既存構造物も存在していない敷地であったが、過去の地歴や航空写真を調査したところ、当該区域に戦時中の飛行場の滑走路があったことが判明した。

⑷　トラブルへの対処・対策

旧飛行場の堅固な路盤を撤去しながら杭を施工するものとした。地中障害撤去用のマルチドリル機を導入し、GL-5.5m までφ1,000mm のケーシングチューブとハンマグラブで路盤層を撤去し、埋め戻しには敷地からの排出土を利用した。敷地が広く、中掘り施工と並行作業ができたため、大きな遅延は起きずに施工を完了することができた。

⑸　トラブルから得た教訓

本事例のような埋め立て地での杭施工においては、何が埋まっているか近年のデータでは分からないことがあるため、計画段階において綿密な調査を行い、着工後に施工法や工程、工期の大きな変更等、手戻りが生じないようにすることが重要である。

ⓒ2026JASPP

5.　砂質地盤における鋼管の高止まり（鋼管ソイルセメント杭工法）

⑴　概要

道路橋脚の基礎杭を鋼管ソイルセメント杭工法（後沈設方式）で施工した際に、鋼管の回転圧入時において作業を一時中断したことにより、計画深度までの圧入が不能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

ソイルセメント径φ1,200mm（鋼管径φ1,000mm），鋼管長 11.5m，掘削深度 GL−17.55m

2)　地盤の概要

橋脚基礎 1 基当たり 1 ヶ所の地盤調査が実施されていた。地盤調査結果では、図 5.17.11 に示すように中間層は砂および砂礫層で構成され、支持層は N 値≧50 の砂礫層である。

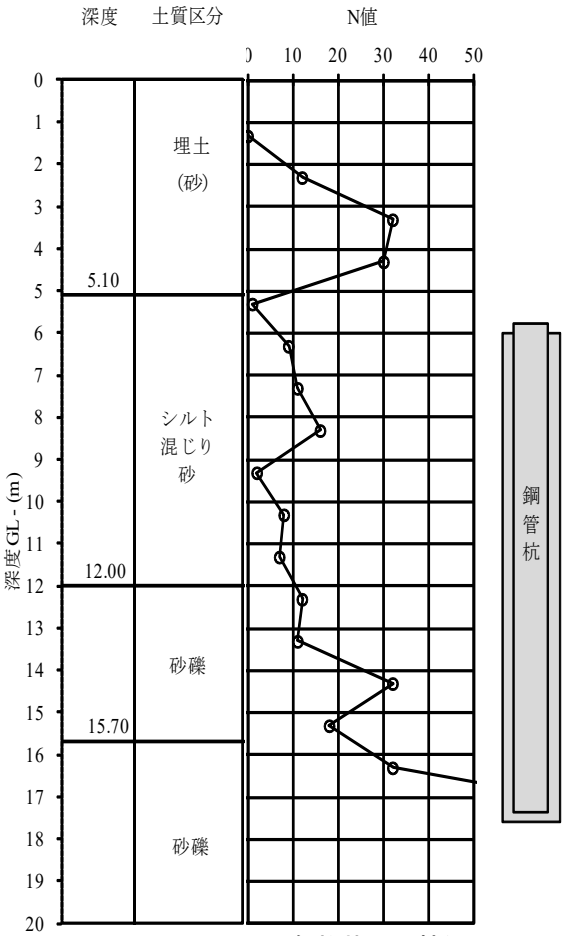


図 5.17.11　地盤柱状図と杭位置
（出典 5.17−④）

⑵　トラブルの発生状況

トラブルは鋼管ソイルセメント杭 20 本からなる橋脚基礎において、図 5.17.12 に示す位置の 16 本目の杭の施工時に発生した。杭一般固化部，杭先端固化部の施工（掘削攪拌施工）後、鋼管を杭打機で回転圧入したところ、圧入完了深度まで残り 0.5m のところで、ヤットコに取り付けていたレベル確認用の標尺がはがれていることに気づき、圧入を中断し標尺を取り付け直した。その後、圧入を再開したが鋼管の回転、上下動が全くできなくなった（3 分間程度）。

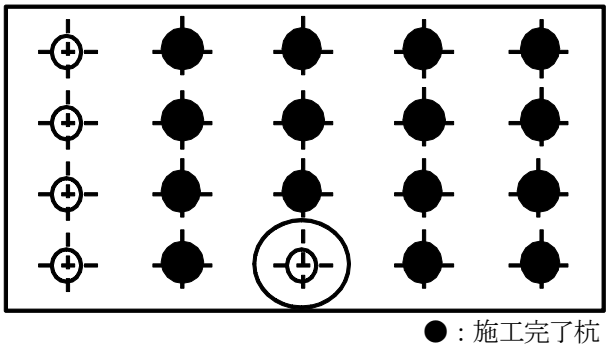


図 5.17.12　トラブル発生杭位置（◎印杭）
（出典 5.17−⑤）

⑶　トラブル原因

掘削攪拌を完了し、ロッド引き上げから鋼管圧入まで 1 時間 45 分経過していたが、ソイルセメントの硬化までには余裕のある時間（配合試験の結果より）であることから、硬化が起因となり鋼管圧入不能になったとは考えられなかった。また、施工が完了した杭において、回転圧入開始時には抵抗が大きく（大きな回転力が必要）、回転が始まると抵抗が小さくなるような状況が何度かあったことなどから、トラブルの原因は GL−5.1〜−12m 区間のシルト混じり砂層でのジャーミング現象と考えた。

【ジャーミング現象】

砂質土層においてソイルセメント中の水分が逸水して、固化が促進されたり、砂粒子の間隔が縮小され鋼管が締め付けられる現象

ⓒ2026JASPP

⑷　トラブルへの対処・対策

今回のトラブルのへの対処として、次の処置を実施した。

① ロッド引き上げ注入量を増やす。

② 一般部セメントミルクのベントナイト添加量を増量する。

③ 鋼管の圧入を開始したら中断しない。

④ 掘削攪拌完了後、できるだけ早く鋼管の建込みを開始する。

その後、残りの 4 本の杭についても同一方法で施工を行い、所定の位置に沈設を完了した。

⑸　トラブルから得た教訓

今回のようなジャーミング現象は、粒度分布の悪い砂および礫質地盤では時々発生する現象である。そこで、砂および礫質地盤ではこのようなジャーミング現象の発生も想定し、施工前のセメントミルク配合計画時に増粘剤の増量等を含めた使用材料の検討を行い、現地調達可能な材料での配合計画を行う必要がある。

ⓒ2026JASPP

6.　巨礫による掘削不能（鋼管ソイルセメント杭工法）

⑴　概要

道路橋梁の下部工工事において、鋼管ソイルセメント杭工法（後沈設方式）で基礎杭の施工中に巨礫により掘削不能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

ソイルセメント径φ1,000mm（鋼管径φ800mm），杭長 18.0m（ソイルセメント柱長 18.5m），掘削深度 GL-25m

2)　地盤の概要

図 5.17.13 に示すように、地表面より GL-5m付近までは盛土・埋土層、GL-5m 以深では GL-6.5m 付近にシルトの薄層を挟むが、GL-26.5m 付近まで全般に砂質土で構成される。N 値は深度方向に漸増しており、支持層は GL-22.54m からの N 値＞30 の砂質土層である。また支持層の下方には、GL-23.44m 以深に花崗岩層が存在している。

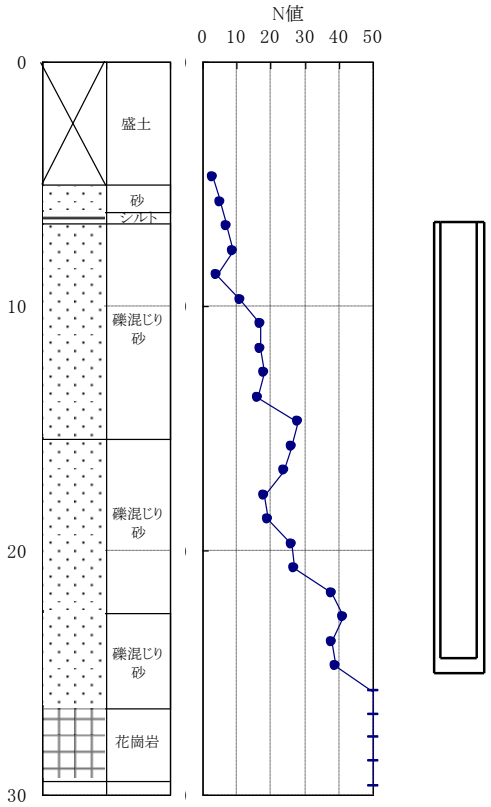


図 5.13.13　柱状図と掘削不能高さの関係
（出典 5.17-⑥）

⑵　トラブルの発生状況

本工事は基礎杭 6 本の橋脚基礎の工事であり、地盤調査結果からは支持層の下方には花崗岩の分布が確認されていたが、岩盤への杭の根入れはなく、岩盤の大きな不陸や砂質土への大きな礫の混入も確認されていなかったことから施工が可能と判断し、杭の施工を開始した。

試験杭として実施した 1 本目の杭の施工においては、問題なく計画通りの施工が行えたため、2 本目の施工に移行した。施工開始後、GL-22m 付近で掘削用オーガの負荷電流値が上昇し、同時に、施工機械に大きな振動が発生して掘削不能となった。ソイルセメント柱の継続施工が困難となったことから、施工を中断した。

⑶　トラブル原因

掘削不能となった状況から、巨礫または地中障害物の存在が想定されたため、残る 4 本の杭について、試掘を行うことで障害物の有無についての確認を行った。いずれの杭心位置においても 2 本目の杭とほぼ同じ深度で同様な挙動が確認されたことから、巨礫等が存在するものと判断した。それらを除去するためにφ1,500mm の全周回転式オールケーシング掘削機・ハンマグラブを使用して作業を実施した。

その結果、写真 5.17.6 に示すような花崗岩の巨礫が確認された。



写真 5.17.6　除去した巨礫（出典 5.17-⑦）

ⓒ2026JASPP

⑷　トラブルへの対処・対策

全周回転式オールケーシング掘削機での巨礫除去後、ケーシング内を現位置土で埋め戻した。巨礫の除去により杭周辺地盤の乱れが懸念されたため、鋼管ソイルセメント杭の施工に先行して掘削・埋め戻しした地盤をφ1,500mm の深層混合処理工法にて地盤安定処理を行うことで杭周辺地盤の復旧を行うこととした。

地盤安定処理強度の設定は、設計上の照査を行ったうえで、埋め戻し土を用いた事前配合試験を行い周辺地盤と同程度の強度となる配合条件を選定した。

掘削地盤の地盤安定処理を行った後、連続的に鋼管ソイルセメント杭の施工を行うことで工事を完了することができた。

⑸　トラブルから得た教訓

本工事では、地盤調査結果は杭の施工位置近傍で行われていたが巨礫の存在は確認されていなかった。また、隣接する橋脚での地盤調査結果においても巨礫の存在は確認されていなかった。

ボーリング調査は点での調査であるため、巨礫が点在している場合には地盤調査結果に反映されにくい。このため、このような対処・対策に時間がかかるトラブルを回避するためには、既ボーリングデータや過去の工事事例などから近隣地盤に関する情報をできる限り収集し、地盤特性を把握すること、同地域での今後の施工時や同様な地盤条件での施工時には、今回のケースも起こりうることを念頭に施工計画を行うことなどが重要と考える。

ⓒ2026JASPP

7.　地盤調査不足による低止まり（鋼管ソイルセメント杭工法）

⑴　概要

山地部の谷を横断する道路橋の橋脚基礎を、鋼管ソイルセメント杭工法で施工していたところ、設計上の想定支持層深度となっても支持層が確認されず低止まりとなった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

ソイルセメント径φ1,000mm（鋼管径φ800mm），杭長 21.5m（ソイルセメント柱長 22.0m），掘削深度 GL-26m

2)　地盤の概要

図 5.17.14 に示すように、ボーリング調査は橋脚基礎ごとに行われている。トラブルが発生した P2 橋脚の地盤調査結果では、表層より GL-2m付近までは火山灰質粘土層、GL-2m 以深ではシルト層または火山灰質シルト層で構成される。支持層は、GL-23m からの N 値＞50 の粘土質砂礫層である。地層縦断図からは表層の傾斜にあわせて、支持層も傾斜していることが確認されている。

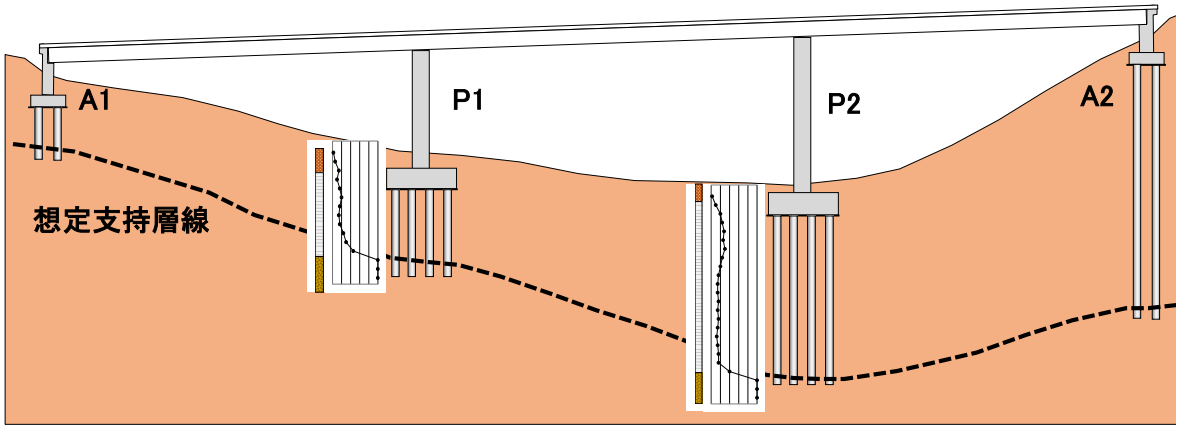


図 5.17.14　断面図（出典 5.17-⑧）

⑵　トラブルの発生状況

本工事は基礎杭 16 本（4 本×4 列）の橋脚基礎工事で、フーチング寸法は 11m×10m である。ボーリング調査位置近傍で試験杭を実施したところ、計画通りの施工が行えた。支持層確認においても土質柱状図と掘削抵抗値の変化傾向が合致していたことから、試験杭で設定した管理指標をもとに 1 列目，2 列目と順次施工を進めた。

3 列目の最初の杭において、想定していた支持層深度となっても掘削抵抗値の上昇が確認できなかったため、杭先端固化部仕様のセメントミルクを注入しながら 1.0m 掘り進めたところ、と掘削抵抗値の上昇が確認された。関係者で協議のうえ、本深度が支持層深度であると結論づけ、そこから 1.5D_{sc}下がりを掘削底として杭先端固化部を築造した。鋼管は設計高さに対して、追加で掘削した長さ分だけ低い位置で定着させた。

⑶　トラブル原因

山地の谷あいで地表面が傾斜した地形であることから、図 5.17.15 に示すようにボーリング調査不足による支持層の設定ミスが原因であると考えられた。

©2026JASPP

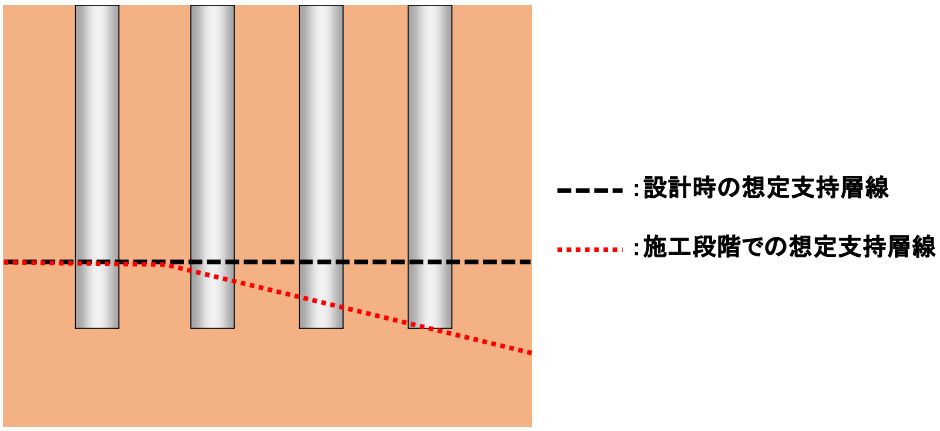


図 5.17.15　P2 橋脚部の支持層近傍の拡大図（出典 5.17-⑨）

⑷　トラブルへの対処・対策

1)　トラブルへの対処

低止まりをさせた杭については、設計計算上問題がないことを確認したうえで、根切り時に鋼管を現場溶接により継ぎ足した。大きな応力が発生する杭頭部での溶接であったため、超音波探傷試験による内質検査を実施した。鋼管を継ぎ足す際に除去した杭一般固化部は、貧配合のコンクリートを打設した。

2)　トラブルの対策

以降に打設する杭についても同様に低止まりが想定されたことから、4 列目で追加ボーリングを実施した。その結果、想定した支持層よりも 2m 深い位置で支持層が確認された。この結果より、3 列目については 1m、4 列目については 2m 杭長を伸ばすこととした。短尺の鋼管は、下杭の上部に現場溶接により継ぎ足した。

⑸　トラブルから得た教訓

山岳地，傾斜地，おぼれ谷など、支持層の傾斜が想定される場合には、1 基の橋脚の中でも複数本のボーリング調査を実施し、支持層の傾斜状況を適切に把握しておく必要がある。また、ソイルセメント柱は現場造成であるため比較的杭長の変更は容易であるが、鋼管長さの変更は時間も要すことから、あらかじめ長めの鋼管を準備しておくことも対策の一つとして考えられる。

ⓒ2026JASPP

8.　応力集中による杭頭部の変形（回転杭工法）

⑴　概要

回転杭工法により支持層貫入中（ヤットコ施工）に杭頭部が楕円状に変形した事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径 D_p 508.0mm，先端羽根径 D_w 1,016mm，杭長 L 10.0m，鋼管板厚 t_p 9.0mm，材質 SKK490

2)　施工機械

3 点式杭打機（全装備重量 120ton 級），駆動装置（110kW 級）

3)　地盤の概要

対象となる土層は、表層より砂質土と粘性土の互層で構成され、GL−10.5m からの礫混じり砂層が支持地盤である（図 5.17.16）。

⑵　トラブルの発生状況

GL−10.5m 以深の支持地盤への貫入時において、羽根部の推進力が大きく作用し、トルクが上昇傾向であったことから、正回転・逆回転を繰り返し杭体の制限トルク未満に抑えて回転貫入を行っていた。GL−11m 到達時点で、急激なトルクの落ち込みと空転状態を確認したため、回転貫入を中断した。バックホウにより掘削し杭頭部の状況を確認したところ、楕円状に変形していた。

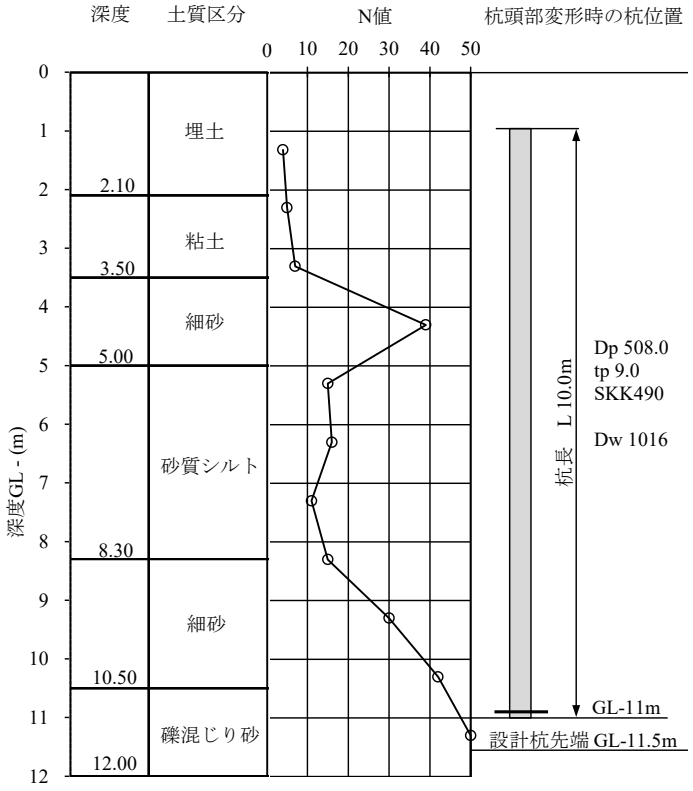


図 5.17.16　土質柱状図−と杭頭部変形時の杭深度（出典 5.17-⑩）

⑶　トラブル原因

トルクの上昇を抑えるために正回転・逆回転を繰り返し行いながら貫入を行うなかで、回転方向を切り替える際に、回転金具が回転キャップのニュートラル位置にきたところで回転キャップを引き抜いたため、回転金具が正規の位置から外れてしまった。

その後、再度正回転を行った際に回転キャップと回転金具との当たりが小さかったため、応力が集中して回転金具自体を回転させる様な力が作用し、変形したものと推察される（図 5.17.17 (b) 異常時）。

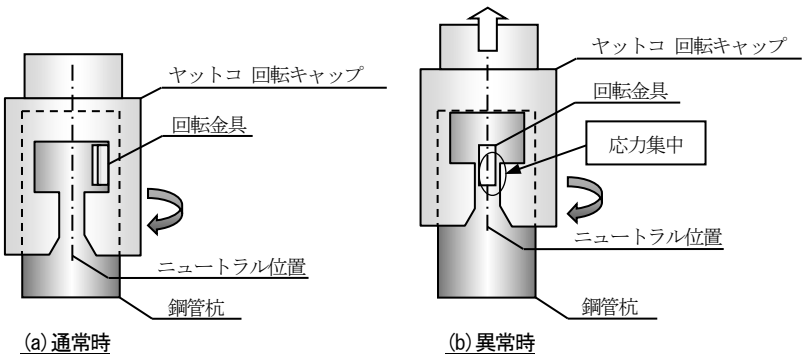


図 5.17.17　発生状況イメージ図（出典 5.17-⑪）

©2026JASPP

⑷　トラブルへの対処・対策

1)　トラブルへの対処

支持層への根入長は十分確保しており、杭頭変形箇所が設計杭頭レベルよりも高い位置にあったことから、設計照査・協議のうえ、高止まり部（変形箇所含む）の切断を行った。

2)　トラブルの対策

① 回転キャップを杭体にあずけてから逆回転を行い、回転キャップの逆回転側に完全に回転金具が当たり、杭が回転したことを確認した後に引抜き力を負荷すること（正回転・押し込み貫入作業も同様）。

② 回転キャップ方式で杭頭部の板厚が比較的薄い場合には、杭頭変形防止のために杭頭内側に変形防止リングを設置すること（図 5.17.18）。なお、変形防止リングは鋼管の内側に設置するため、がたつきがないように杭径と板厚に応じたサイズを選定する。

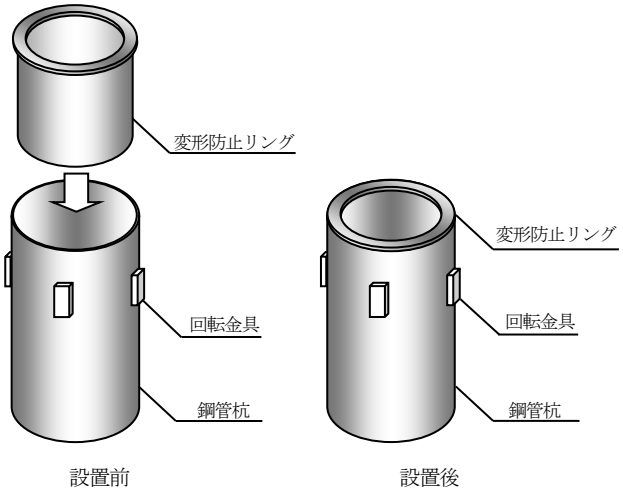


図 5.17.18　杭頭部変形防止対策（出典 5.17-⑫）

⑸　トラブルから得た教訓

今回施工された鋼管杭の板厚は全長 9mm で、杭頭部の板厚としては杭径に対して比較的薄いものであった。杭を支持層へ貫入させる際、正回転・逆回転を繰り返し行わなければならないほど貫入抵抗が大きい場合には、杭頭部（直接的には回転金具）に過大な負荷がかかり、杭頭部が変形しやすくなる。今回発生した杭頭部の変形は、回転キャップが外れて回転金具に応力が集中したことが直接の原因であるが、このような事態が発生してもトラブルを生じさせないよう、回転キャップ方式による施工で鋼管の板厚が比較的薄い場合には、杭頭内側に変形防止リングを使用することが望ましい。

ⓒ2026JASPP

9.　地中障害物の存在による杭の破損（回転杭工法）

⑴　概要

建築物の基礎工事において、鋼管杭を回転杭工法で施工したところ、想定外の深度で圧入不能となった事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径φ600mm，先端羽根径φ1,200mm，杭長 24m，先端深度 GL-26.61m

2)　地盤の概要

本件は港湾に近接する建築物の増築であり、地盤調査は敷地内で合計 4 か所実施されていた。工事場所と地質調査位置と杭配置を図 5.17.19，図 5.17.20 に示す。また、トラブルが発生した近傍の地質調査結果を図 5.17.21 に示す。図 5.17.21 に示すように、中間層は主に砂で構成され、支持層は風化花崗閃緑岩である。

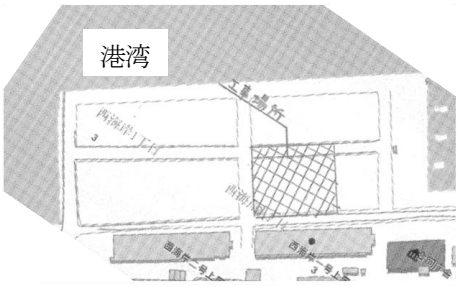


図 5.17.19　工事場所（出典 5.17-⑬）

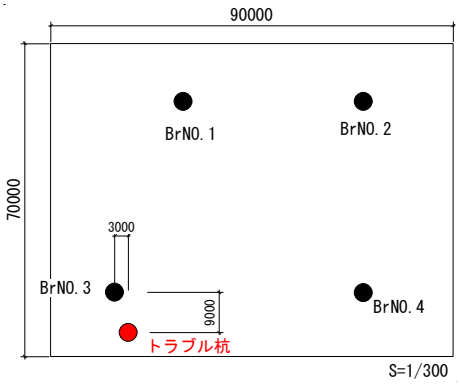


図 5.17.20　地盤調査位置図
（出典 5.17-⑭）

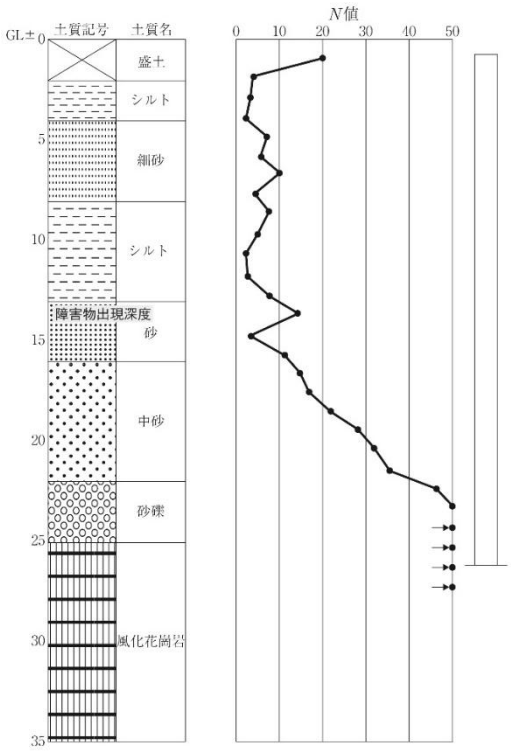


図 5.17.21　地盤柱状図と障害物出現深さ
（出典 5.17-⑮）

⑵　トラブルの発生状況

地盤調査結果を参考に回転貫入を行ったところ、図 5.17.22 の施工記録に示すように GL-13m から想定外に回転トルクが上昇、貫入量が大きくなり、押込み荷重が減少する状況になった。さらに回転圧入をしたところ、GL-14m で回転トルクが下がり、その後トルクが 0 となって貫入不能になった。原因として想定外の障害物の存在が考えられたため、一旦、杭を引き抜き、当該箇所を調査することとした。

回転杭施工で使用する重機は全周回転機であったことから、φ2,000mm のケーシングを準備して、ハンマグラブにより施工不能となった杭を撤去したところ、杭が破損していた。写真 5.17.7 に杭撤去後の下杭先端を示す。

ⓒ2026JASPP



写真 5.17.7　破損した下部杭（出典 5.17-⑯）

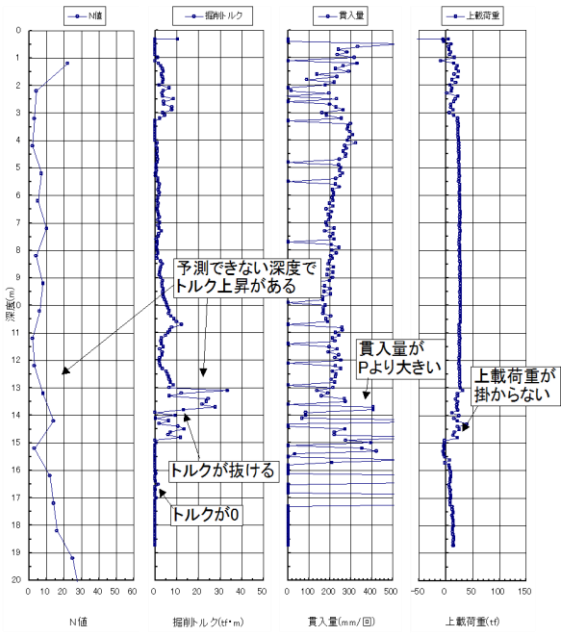


図 5.17.22 施工記録（出典 5.17-⑰）

⑶　トラブル原因

杭の引抜き後、杭先端位置から写真 5.17.8 に示す加工された積石（1.0m×1.0m×0.5m）が確認された。

地盤調査結果から中間層の積石は確認できなかったが、施工現場が旧護岸近傍であることから、撤去できずに残存していた旧護岸の積石が障害となり図 5.17.23 に示すような状態となり、杭の軸部で（写真 5.17.7）破損したものと考えられる。



写真 5.17.8　地中障害物
（出典 5.17-⑱）

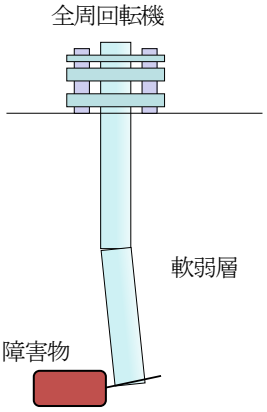


図 5.17.23　破損原因の推定
（出典 5.17-⑲）

⑷　トラブルへの対処・対策

破損した杭体は使用せず、新規に同じ仕様の杭体を製作し、杭の引抜き孔は掘削土で埋め戻した後に当初の杭心位置に再施工した。以後の施工では、地中障害物がどこにあるか探し当てて撤去することは非現実的であることから、地中障害物が存在する可能性がある中間層は施工管理トルクを計画値の半分とし、回転杭の先端部が地中障害物にあたってもすぐさま損傷しないように施工を行うことで、無事施工を完了した。

⑸　トラブルから得た教訓

地中障害物によるトラブルは本件のような港湾近傍のみならず、既存建物があった場所等でも発生する可能性がある。そのため、与えられた資料だけで判断するだけでなく、調査段階および施工段階において以下の点に留意することが重要と考える。

① 施工場所の構造物の築造経緯や地歴等についても調査する。

② 地中障害物が予想される場合は施工管理トルク値を通常より小さく設定する。

ⓒ2026JASPP

10.　橋梁下部工基礎杭の高止まり（打撃工法）

⑴　概要

橋梁下部工の基礎工法として採用された鋼管杭の打込み工法において、施工中の打込み困難と高止りが発生した事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径φ600mm，杭長 40m および 35m

2)　地盤の概要

本工区延長 1.6km の地層構成を図 5.17.24 に示す。地表面から TP−3～−16m までは N 値＝0～1 の軟弱な沖積粘性土層、その下端深度から TP−25～−28m までは薄い砂質土層を挟む粘性土主体の洪積粘性土層（N 値＝10～20）、そして TP−25～−30m までの洪積砂質土層（N 値＝20～45）、その下方の層厚 2～5m（N 値＝15～20）の洪積粘性土層を挟んで、洪積砂礫層の支持層（N 値≧50）が発現する地層層序である。支持層は、橋梁の起点側と終点側で約 7m の標高差をもって緩く傾斜し、各層も同様の状態と想定されていた。

⑵　トラブルの発生状況

当該工区には 4 つの橋梁があり、A 橋および 3 径間からなる B 橋間において、A1（起点側）橋台の杭を打設したところ、図 5.17.24 に示す TP−17～−20m 付近に存在する薄い洪積砂質土層（N 値＝15～30，層厚 1m 程度）の打抜き時に貫入量が 1mm/打を下回り、打抜きに要する打撃回数が 140～180 回程度となった。

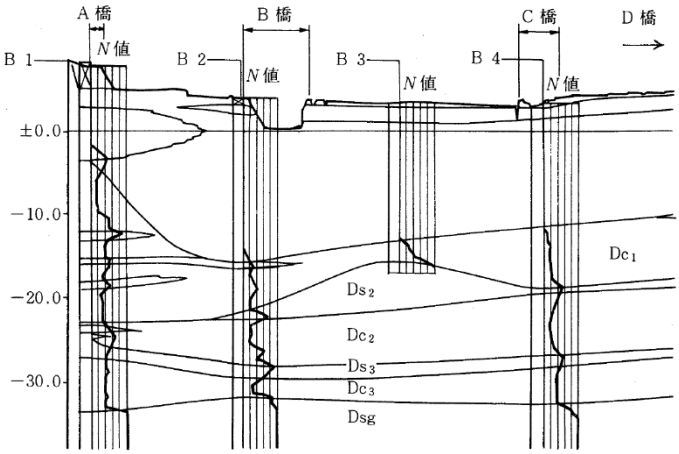


図 5.17.24　地質調査概況図（設計時）（出典 5.17-⑳）

同様の打込み状況が、これ以深の洪積粘性土（Dc2）および洪積砂層（Ds3）においても続いたが、杭を座屈させないように注意しながら設計上の杭先端深度まで打設した。しかし、このような状況で、次期以降の工事を計画通りに進めるには、工程遅延等の問題が発生する可能性があったため、追加の地質調査を実施し、B 橋および C 橋下部工の設計を修正することとなった。

⑶　トラブル原因

トラブルの原因を探るため、B 橋の A1（起点側）橋台の対岸側で地質調査（B5）を実施した。その結果、図 5.17.25 に示すように当初の地質調査結果とは異なり、TP−20m 付近に N＞50 の砂質土層（Ds2）が約 5m、その下方に N 値＝22～35 の洪積粘性土層（Dc）が約 4m 存在することが判明した。次いで、中間 2 橋脚位置で新たに地質調査（B6，B7）を実施したところ、

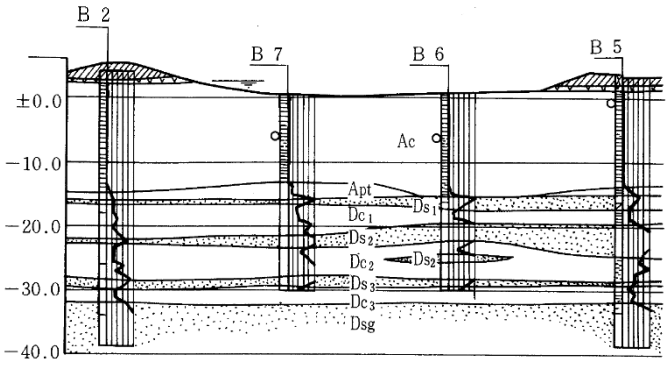


図 5.17.25　B 橋地質調査想定断面図（追加調査）
（出典 5.17-㉑を修正）

©2026JASPP

調査結果は B5 に似た状況で、既往の調査結果とは異なっていた。

また、B 橋の状況から 2 径間の C 橋中央橋脚部の B4（図 5.17.24）に加え、両岸橋台位置および橋脚位置で追加調査を実施した。その結果を図 5.17.26 に示す。B8～B12 に示すように、既往の調査結果と異なり、B 橋の地質調査結果と同様に中間（支持）層が存在することがわかった。

変化を想定するデータが不足しているのにもかかわらず追加調査を実施せず、強引に地質断面図を想定したことにあると思われる。

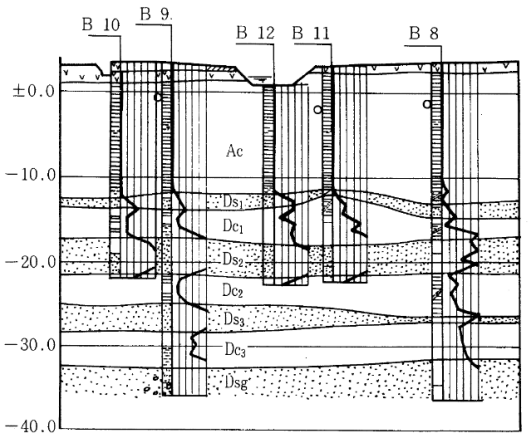


図 5.17.26　C 橋地質調査想定断面図（追加調査）
（出典 5.17-㉒）

⑷　トラブルへの対処・対策

A 橋および B 橋の A1（起点側）橋台の施工状況と追加地質調査結果から、B 橋は TP−20m 付近、C 橋は TP−17m 付近に存在する洪積砂質土層（Ds2）を支持層とすることが可能と判断できたことから、各々の設計を修正した。その結果、杭長が B 橋で約 13m、C 橋で 15～16m 短くなった。この設計変更により、トラブルなく施工を完了することができた。

⑸　トラブルから得た教訓

① 今回のトラブルについては、施工区間の延長さに比べ、地質調査数量の少ないことが主要原因であることから、地質断面図が信頼できる調査位置および数量を選定し、それを適切に実施することが必要である。

② 構造物基礎を設計する際に地質調査結果が十分にない場合には、それに起因して発生する問題点を検討し、場合によっては、追加の地質調査を事前に提案する必要がある。

ⓒ2026JASPP

11.　打設時の杭心移動（打撃工法）

⑴　概要

サンドコンパクションパイル工法による強制置換で改良した地盤への杭打ち工事において、杭打設中に杭心が移動した事例である。

1)　杭仕様（鋼管杭）

杭径φ1,400mm，杭長 44～50m，杭本数 84 本，杭心管理値＝±100mm

2)　地盤の概要

施工エリアについては、図 5.17.27 に示すように、元々、深さ 37m まで均質な海成粘土が続く地盤であった。この現地盤を、海底面（-19m）から深さ 37m まで、サンドコンパクションパイル工法（径φ2,000mm）にて改良（改良率 a_s ＝80%）した後（図 5.17.28 参照）に、杭が施工された。

⑵　トラブルの発生状況

杭の打込み状況を写真 5.17.9 に、杭の配置を図 5.17.29 に示す。打設時の杭心移動は、多くの場合、杭の先端が改良地盤の下端に達するところで発生したが、移動量が杭心管理値を上回った数量は、総打設本数 84 本に対して 21 本であった。最大移動量は 257mm で、杭本数に対して行った測定値の平均は 73mm であった（表 5.17.5）。

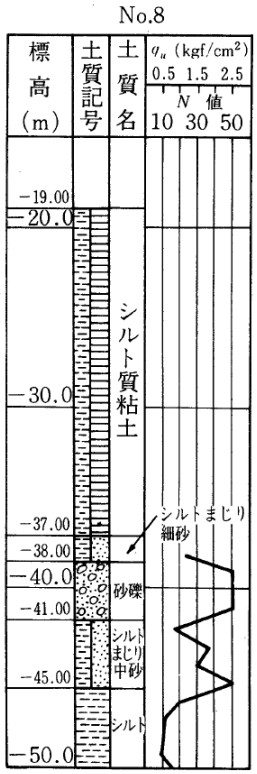


図 5.17.27　原位置の土質
（出典 5.17-㉓）

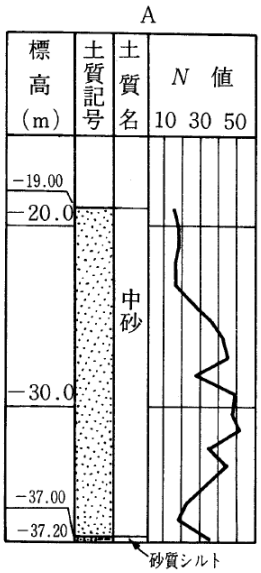


図 5.17.28　改良後の土質
（出典 5.17-㉔）

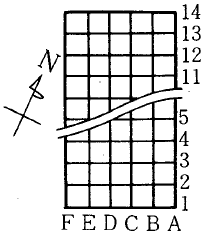


図 5.17.29　杭配置
（出典 5.17-㉕）

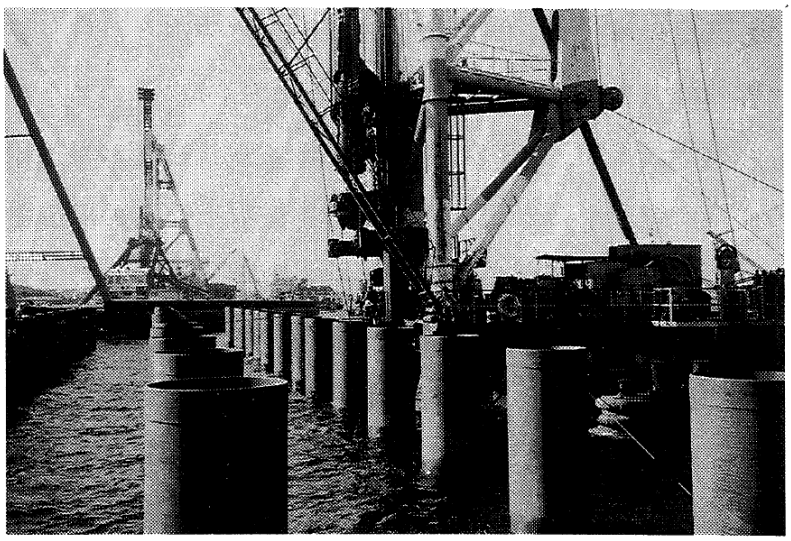


写真 5.17.9　杭の打込み状況（出典 5.17-㉖）

©2026JASPP

表 5.17.5　杭心移動測定結果（出典 5.17-㉗に加筆）

列番号		①			②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫		⑬		⑭	
列記号	方向	値	ずれ		値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ	値	ずれ
F	N−S	S5	63		N242	257	N28	113	N62	77	N52	102	N27	43	N27	49	N61	139	N3	9	N63	131	S19	31	S60	68	S15	31	S66	75
	E−W	E63			E87		E109		E45		E88		E33		E41		E125		E8		W115		E24		E33		E27		W36	
E	N−S	S41	42		N31	45	N36	37	S22	51	S19	30	S30	75	S32	54	N10	18	N5	7	S21	24	N60	61	S35	55	S2	127	N67	68
	E−W	W8			W33		E9		W46		W23		W69		W43		W15		W5		E11		E11		E43		W127		E10	
D	N−S	S74	120		N64	65	S21	77	N9	10	S66	67	N20	91	N53	218	S41	50	N50	140	N48	52	N13	80	S6	7	S131	135	S39	109
	E−W	E95			W12		E74		W5		E10		E89		W211		W28		W131		E21		W79		E3		E34		W102	
C	N−S	−0	3		N94	94	N64	65	N144	160	N21	24	N51	62	S14	19	S49	57	N43	54	S20	47	N130	148	N42	58	S35	38	N60	77
	E−W	W3			E8		E10		E70		E11		W35		E13		W30		E33		W43		E71		E40		E15		E48	
B	N−S	S35	36		S58	62	S32	76	N65	76	S13	43	N64	81	S116	129	N15	136	S1	14	N16	24	N17	47	S3	39	N34	60	S11	11
	E−W	W10			E21		W69		W39		E41		W49		W56		W135		E14		W18		W44		W39		E50		E3	
A	N−S	N54	55		N103	103	S10	21	N28	32	S55	57	S19	93	N61	65	N16	123	N34	176	N61	67	S52	52	N67	111	N43	102	N61	229
	E−W	E10			W6		W18		W16		W14		W91		E23		W122		W173		E27		E3		E88		E92		W221	

⑶　トラブル原因

杭心が打設中に移動するのは、下記の 2 つの要因が重複し、改良地盤には鉛直でない縦の層が形成され、杭の先端がそれに沿うように貫入していくことによるものと推察される。

① 本事例では、サンドコンパクションパイルの打設を改良平面に対し、一方向（片押し）で行っている。したがって、新しく打設する砂杭は、先端部分で少しずつ未改良側へずれるような出来形になっているものと考えられる。

② サンドコンパクションパイル断面内での締固め程度は、一般にパイル中心部で平均 N 値≒30 が確保できるが、パイル外縁部では N 値≦10 に低下することが多い。したがって、改良地盤の強度分布が一様でなく、杭打設時の貫入抵抗も先端断面の部位により、異なるものと考えられる。

⑷　トラブルへの対処・対策

打設中の対策として、杭が移動しはじめたときに杭体を押し引きし、正規の位置になるようにして打設を行った。しかし、打設完了時にキャップを外すと、杭位置は元の移動位置に戻るように動くことが確認された。したがって、杭心の最終調整は杭頭連結工設置時に行った。

ⓒ2026JASPP

参考文献

5.17-1）土木学会 建設技術委員会：杭基礎施工上のトラブル事例に関するアンケート調査報告，2017年7月
5.17-2）鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），2022年1月
5.17-3）鋼管杭協会 特別技術委員会 施工分科会：鋼管杭協会報告 第3号 鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ，鋼管杭協会，1982年
5.17-4）日本建築学会：建築鋼ぐい基礎設計施工基準，1963年
5.17-5）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成29年度改訂），2017年11月
5.17-6）地盤工学会：トラブルと対策シリーズ1 杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），2014年11月

出典

5.17-① 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p330 図-1，2022年1月
5.17-② 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p331 写真-1，2022年1月
5.17-③ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p332 図-1，2022年1月
5.17-④ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p334 図-1，2022年1月
5.17-⑤ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p335 図-2，2022年1月
5.17-⑥ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p336 図-1，2022年1月
5.17-⑦ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p337 写真-1，2022年1月
5.17-⑧ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p338 図-1，2022年1月
5.17-⑨ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p339 図-2，2022年1月
5.17-⑩ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p340 図-1，2022年1月
5.17-⑪ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p340 図-2，2022年1月
5.17-⑫ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p341 図-3，2022年1月
5.17-⑬ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p342 図-1，2022年1月
5.17-⑭ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p342 図-2，2022年1月
5.17-⑮ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p342 図-3，2022年1月
5.17-⑯ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p343 写真-1，2022年1月
5.17-⑰ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p343 図-4，2022年1月
5.17-⑱ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p343 写真-2，2022年1月
5.17-⑲ 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭 －施工と施工管理－（改訂第3版），p343 図-5，2022年1月
5.17-⑳ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ1 杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p200 図-1，2014年11月
5.17-㉑ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ1 杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p201 図-2，2014年11月
5.17-㉒ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ1 杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p201 図-3，2014年11月
5.17-㉓ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ1 杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p202 図-1，2014年11月

ⓒ2026JASPP

5.17-㉔ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ 1　杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p202 図-2，2014 年 11 月
5.17-㉕ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ 1　杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p202 図-3，2014 年 11 月
5.17-㉖ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ 1　杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p203 写真-1，2014 年 11 月
5.17-㉗ 地盤工学会：トラブルと対策シリーズ 1　杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版），p203 表-1，2014 年 11 月

ⓒ2026JASPP

5.18　大径・長尺杭の施工

大径・長尺杭は、海洋構造物、海岸構造物および港湾構造物に多く用いられており、それぞれの施工条件に応じて適切な機械仕様および施工方法を選定する必要がある。過去の大径、長尺鋼管杭の施工実績を表 5.18.1～5.18.5 に示す。

なお、これらの大径・長尺杭については、採用する工法によっては適用範囲を外れる場合がある。適用にあたっては、各杭の性能を十分に把握したうえで、設計の妥当性や施工の可否について事前に十分な検討を行う必要がある。

表 5.18.1　大径長尺鋼管杭の施工実績（打撃工法）

(1)　大径鋼管杭実績

No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	IHI 知多係留桟橋	1972	愛知県	2,500	45.0	18.0
2	東京電力上総クリンシステム供給工事	2004	千葉県	2,500	6.0	2.4
3	沖縄 CTS シーバース	1972	沖縄県	2,300	87.2	37.9
4	東海第二原発防潮堤工事	2021	茨城県	2,500	27.5	11.0
5	ウィンドファームかすみ 洋上風力発電所基礎工事（一本杭）	2009	茨城県	3,500	24.5	7.0
6	石狩湾新港洋上風力建設工事（一本杭）	2022	北海道	2,500	59.3	23.7

(2)　長尺鋼管杭実績

No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	大分 LNG 基地	1987	大分県	1,400	93.0	66.4
2	東京港臨海道路	2006	東京都	1,000	91.0	91.0
3	東京国際空港 D 滑走路	2008	東京都	1,422.4	88.3	62.1
4	東京国際空港 D 滑走路建設外工事（一本杭）	2008	東京都	1,600	88.8	55.6
5	新日鉄住金大分製鐵所　新津留バース工事（一本杭）	2016	大分県	1,800	80.0	44.4
6	徳山下松港下松地区桟橋（-19m）等築造工事（一本杭）	2020	山口県	1,500	90.8	60.5

(3)　杭長/杭径の大きい鋼管杭実績

No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	東京国際空港東旅客ターミナル地区	2002	東京都	500	72.0	144.0
2	平成 11 年度東京港臨海道路城南島側避難通路建設工事	1999	東京都	500	70.0	140.0
3	排水樋管工事	1997	茨城県	400	53.0	132.5
4	日立 LNG 基地	2014	茨城県	400	62.0	155.0
5	西名古屋火力発電所	2014	愛知県	500	67.8	135.6

ⓒ2026JASPP

表 5.18.2　大径長尺鋼管杭の施工実績（バイブロハンマ工法：出典 5.18-①に追記）

(1)　大径鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	新港第五突堤岸壁	1995	兵庫県	1,600	30.0	18.8
2	東基地東 3 号桟橋ドルフィン増強工事	1992	新潟県	1,500	34.5	23.0
3	白浜港浮桟橋工事	2006	沖縄県	1,500	35.0	23.3
4	和歌山下津港海岸 船尾側津波防波堤築造工事（-13.73m 打止め）	2012	和歌山県	3,000	29.7	9.9
(2)　長尺鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	扇島焼却炉ダイオキシン対策焼却炉改修工事	2001	神奈川県	609.6	75.0	123.0
2	中部電力㈱碧南火力発電所 4,5 号機放水および副資材桟橋他	1998	愛知県	1,300	56.0	43.1
3	六甲アイランド地区岸壁緊急復旧工事	1995	兵庫県	1,400	55.0	39.3
(3)　杭長/杭径の大きい鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	NKK 福山製鉄所構内工事	1997	広島県	318.5	41.2	129.4
2	扇島焼却炉ダイオキシン対策焼却炉改修工事	2001	神奈川県	609.6	75.0	123.0
3	京浜リサイクル事業協同組合桟橋新設工事	1997	東京都	400	44.0	110.0

表 5.18.3　大径長尺鋼管杭の施工実績（中掘り杭工法）

(1)　大径鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	橿原公苑陸上競技場整備工事	2001	奈良県	1,500	14.5	9.7
2	管内水質自動監視計局舎	2000	三重県	1,400	13.9	9.9
3	青森市営野球場改築工事	1999	青森県	1,300	13.0	10.0
(2)　長尺鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	平成 29－30 年度津田高架橋下部（P1）工事	2018	徳島県	1,000	95.5	95.5
2	東京国際空港新東側消防庁舎新築工事	2009	東京都	800	89.0	111.3
3	平成 21 年度若洲橋（Ⅱ期）橋台建設工事	2010	東京都	600	86.5	144.2
(3)　杭長/杭径の大きい鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	42 号御里橋架替上り線下部工事	2001	和歌山県	400	77.0	192.5
2	湛水防除事業金沢第 4 地区潟端北排水機場工事	2002	石川県	400	63.0	157.5
3	よしやぶ川機場築造工事	1995	新潟県	400	59.5	148.8

ⓒ2026JASPP

表 5.18.4　大径長尺鋼管杭の施工実績（鋼管ソイルセメント杭工法）

⑴　大径鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	D_{sc}/D_p (mm)	長さ L (m)	L/D_{sc}
1	西名古屋港線・名古屋競馬場工区高架橋	2001	愛知県	1,700/ 1,500	31.0	18.2
2	西名古屋港線（3 工区）	2001	愛知県	1,600/ 1,400	25.2	15.8
3	県道高速名古屋新宝線日比野工区下部工事	2006	愛知県	1,500/ 1,300	50.3	33.5
⑵　長尺鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	D_{sc}/D_p (mm)	長さ L (m)	L/D_{sc}
1	首都高速 HM14 工区（A-1），（B-1），（C），（D）下部工事	2004	東京都	1,200/ 1,000	64.1	53.4
2	放射 34 号支線 1 下部工事	2004	東京都	1,000/ 800	63.5	63.5
3	首都高速 HM14 工区（A-2），（B-2）下部工事	2004	東京都	1,200/ 1,000	63.1	52.6
⑶　杭長/杭径の大きい鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	D_{sc}/D_p (mm)	長さ L (m)	L/D_{sc}
1	放射 34 号支線 1 下部工事	2004	東京都	1,000/ 800	63.5	63.5
2	赤湯跨線橋下部工第 1 工事	2004	山形県	1,000/ 800	53.0	53.0
3	中ノ目跨線橋下部工	2006	山梨県	1,000/ 800	52.5	52.5

表 5.18.5　大径長尺鋼管杭の施工実績（回転杭工法）

⑴　大径鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	東京国際空港 第 2 旅客ターミナル国際線施設建設工事	2018	東京都	1,600	80.5	50.3
2	大阪拘置所新営（建築）第二期工事	2018	大阪府	1,600	30.3	18.9
3	九州新幹線　久留米津福西 BL 他工事	2007	福岡県	1,600	37.5	23.4
⑵　長尺鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	東京国際空港（羽田）第 2 旅客ターミナルビル増築工事 3	2011	東京都	1,200	84.0	70.0
2	（仮称）N 東京 EAST4 棟，電力棟新築工事	2008	東京都	800	81.0	101.3
3	東京国際空港 第 2 旅客ターミナル国際線施設建設工事	2018	東京都	1,600	80.5	50.3
⑶　杭長/杭径の大きい鋼管杭実績						
No.	名　　称	施工年	施工場所	外径 D (mm)	長さ L (m)	L/D
1	北上川脇谷水門建設工事	2002	宮城県	400	64.0	160.0
2	東京国際空港 東旅客ターミナル空港第 2 出路取付道路下部等工事	2002	東京都	500	72.0	144.0
3	巻町外三ヶ町村衛生組合ごみ処理施設基礎工事	1999	新潟県	350	50.0	142.9

ⓒ2026JASPP

出典

5.18-① バイブロハンマ工法技術研究会：バイブロハンマ設計施工便覧，pp. 142～143 表 4-19，2024 年 3 月

ⓒ2026JASPP