

# 場所打ちコンクリート杭の品質管理のポイント

平成 29 年 6 月

一般社団法人 日本建設業連合会

地盤基礎専門部会

場所打ちコンクリート杭の品質管理の現状と課題 WG



## 目 次

1. はじめに	1
2. 品質管理の現状調査	2
2.1 指針・マニュアル類の分類	2
2.2 評定工法の管理値	5
3. 不具合の現状と要因分析	13
3.1 不具合情報の収集と整理	13
3.2 不具合の要因分析	16
4. 品質確保に関わる現状の課題	20
5. 課題の解決策	21
5.1 計画段階で特に留意すべき事項	21
5.1.1 地盤に関わる留意事項	22
5.1.2 安定液に関わる留意事項	39
5.1.3 コンクリートに関わる留意事項	41
5.1.4 鉄筋かごに関わる留意事項	46
5.2 施工管理で特に留意すべき事項	47
5.2.1 作業工程と重点管理項目	48
5.2.2 重点管理項目の解説	50
No.1 表層の崩壊対策	50
No.2 表層ケーシングの長さ	51
No.3 安定液の主材料・種類	52
No.4 鉄筋かごの偏心・傾斜対策	53
No.5 表層ケーシングの据付けと掘削時の精度管理	54
No.6 掘削速度・バケットの引き上げ速度	54
No.7 掘削時の安定液の管理	55
No.8 安定液の水位	56
No.9 支持層確認	57
No.10 1次スライム処理（良液置換）	58
No.11 1次スライム処理（砂分率）	59
No.12 孔壁精度	60
No.13 トレミー管の組合せ	60
No.14 検測と2次スライム処理	62
No.15 コンクリートの流動性の維持	63
No.16 鉄筋かごの浮き上がり対策	63
No.17 余盛り高さ	64
5.3 場所打ちコンクリート杭特記仕様書の例	65



「場所打ちコンクリート杭の品質管理のポイント」作成関係委員

(会社名五十音順、敬称略、平成 29 年 3 月現在)

地盤基礎専門部会

主査	長尾 俊昌	大成建設(株)技術センター建築技術研究所建築構工法研究室 部長 (研究担当)
副主査	青木 雅路	(株)竹中工務店 技術研究所 地盤・基礎部門 専門役
副主査	武居 幸次郎	鹿島建設(株) 技術研究所 建築構造グループ 担当部長
委員	山口 克彦	(株)浅沼組 東京本店 建築品質管理室 兼 技術研究所構造研究グループ
委員	山崎 勉	(株)安藤・間 建築事業本部 生産技術統括部 構造技術部長
委員	佐原 守	(株)大林組 技術研究所 地盤技術研究部 上級首席技師
委員	岸本 剛	(株)奥村組 技術研究所 建築研究グループ 構造チーム 主管研究員
委員	森 利弘	(株)熊谷組 技術研究所 地盤基礎研究グループ 部長
委員	森清 宣貴	(株)鴻池組 技術研究所 建築技術研究第1グループ
委員	桂 豊	清水建設(株) 技術研究所 リサーチフェロー
委員	伊藤 仁	(株)銭高組 技術本部 技術研究所
委員	尻無濱 昭三	鉄建建設(株) 建築本部 建築技術部 担当部長
委員	川幡 栄治	東亜建設工業(株) 建築事業本部 建築部 技術課 担当課長
委員	古垣内 靖	東急建設(株) 技術研究所 基礎・構造グループ グループリーダー
委員	金子 治	戸田建設(株) 価値創造研究室 技術開発センター 技術創造ユニット 基礎構造チーム 主管
委員	新井 寿昭	西松建設(株) 技術研究所 建築技術グループ 上席研究員
委員	梶野 実	(株)長谷工コーポレーション 建設部門 技術部 構造チーム チーフエンジニア
委員	古澤 顯彦	(株)ヒース三菱 本社 建築本部 建築部長
委員	中川 太郎	(株)フジタ 技術センター 企画調査部 主任研究員
委員	野田 和政	前田建設工業(株) 建築事業本部 建築部 技術支援グループ 上級技師長
委員	宮田 勝利	三井住友建設(株) 建築本部 建築技術部 土質地下グループ 次長

場所打ちコンクリート杭の品質管理の現状と課題WG

主査	山崎 勉	(株)安藤・間 建築事業本部 生産技術統括部 構造技術部長
副主査	武居 幸次郎	鹿島建設(株) 技術研究所 建築構造グループ 担当部長
委員	中澤 敏樹	(株)浅沼組 技術研究所 構造研究グループ グループリーダー
委員	崎浜 博史	(株)安藤・間 技術本部 技術企画部 担当課長
委員	西山 高士	(株)大林組 技術研究所 地盤技術研究部 課長
委員	岸本 剛	(株)奥村組 技術研究所 建築研究グループ 構造チーム 主管研究員
委員	小川 敦	(株)熊谷組 技術研究所 地盤基礎研究グループ 課長
委員	菅野 光寿	清水建設(株) 生産技術本部 建築技術部 躯体グループ グループ長
委員	伊藤 仁	(株)銭高組 技術本部 技術研究所
委員	温品 秀夫	大成建設(株) 建築本部 技術部 建築技術室 部長 (地下技術チームリーダー)
委員	平井 芳雄	(株)竹中工務店 技術研究所 地盤・基礎部 部長
委員	尻無濱 昭三	鉄建建設(株) 建築本部 建築技術部 担当部長
委員	川幡 栄治	東亜建設工業(株) 建築事業本部 建築部 技術課 担当課長
委員	矢島 淳二	東急建設(株) 建築本部 プロジェクト推進部 専任部長
委員	佐野 大作	戸田建設(株) 技術開発センター 技術創造ユニット 基礎構造チーム
委員	新井 寿昭	西松建設(株) 技術研究所 建築技術グループ 上席研究員
委員	立澤 真純	(株)ヒース三菱 本社 建築本部 建築部 生産技術グループリーダー
委員	丸 隆宏	(株)フジタ 建設本部 技術部 首席コンサルタント
委員	野田 和政	前田建設工業(株) 建築事業本部 建築部 技術支援グループ 上級技師長
委員	宮田 勝利	三井住友建設(株) 建築本部 建築技術部 土質地下グループ 次長

## 1. はじめに

場所打ちコンクリート杭の品質向上に向けた取組みが各ゼネコンで行われているが、杭頭不良などの不具合現象が少なからず生じているのが現状である。コンクリートを高強度化して杭径を少しでもスリム化し、その結果、鉄筋が過密となるのが近年の杭の設計の傾向であるが、コンクリートの流動性を確保する管理手法が一昔前と同じでよいのかという課題に直面している。

(一社)日本建設業連合会 地盤基礎専門部会では、場所打ちコンクリート杭のさらなる品質確保に貢献するため、平成24年10月にアースドリル杭を対象とした「場所打ちコンクリート杭の品質管理の現状と課題」ワーキンググループ(WG)を立ち上げた。

WGの前半では既往の指針・マニュアル類を整理し、(一社)日本基礎建設協会にも参加を要請して不具合事例を収集し、様々な角度から不具合の要因分析を実施した。後半では、分析結果をもとに、品質を確保するための具体的な方策や、重点的に管理すべき項目を絞り込んだ。さらに、不具合事例の分析結果と対応策(WGの提案)に関するパネルディスカッションを2回開催し、有識者や専門家の方から貴重なご意見を頂いた。

一方、平成27年9月の既製コンクリート杭工事におけるデータ流用問題・支持層未達問題は、杭工事の「品質」に対する国民の信頼を失わせ、施工管理への不信感を抱かせることとなった。これを受けて、WGでも場所打ちコンクリート杭工事の計画時や施工時の支持層確認の課題と対応について改めて議論した。

今回、WGの活動成果を「場所打ちコンクリート杭の品質管理のポイント」として集約し、公表するに至った。2章では場所打ちコンクリート杭の品質管理の現状について、既往の指針・マニュアル類を調査するとともに、評定工法の管理値に関するアンケート調査の結果を整理した。3章では場所打ちコンクリート杭の不具合の現状把握と要因分析を行い、これを受けて4章では現状の課題を整理し、品質確保のための管理のポイントを示した。5章ではそのポイントを計画段階と施工管理段階に分けて詳述し、それらのポイントを反映した「場所打ちコンクリート杭特記仕様書(例)」を示した。

本稿が各社で展開され、場所打ちコンクリート杭の品質向上の取組みに資することを望む次第である。

平成29年6月

## 2. 品質管理の現状調査

### 2.1 指針・マニュアル類の分類

#### (1) 国内の指針・マニュアル類

品質管理の現状を把握する目的で、場所打ちコンクリート杭の施工管理に関する記述のある指針・マニュアル類<sup>1)~9)</sup>を調査した。調査した国内の主な指針・マニュアル類を表 2.1-1 に示す。調査した文献は9文献で、行政機関が関係しているもの4文献(文献1~文献4)と、学協会が関係しているもの5文献(文献5~文献9)に分類できる。

表 2.1-1 調査した文献

文献番号	文献名	発行所	発行年
1	建設事業の品質管理体系に関する技術開発報告書(建築分野編)	国土交通省建築研究所	2001
2	公共建築工事標準仕様書(建築工事編)(平成28年版)	公共建築協会 (国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)	2016
3	建築工事監理指針(上巻)(平成28年版)	公共建築協会 (国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)	2016
4	東京都建築工事標準仕様書(平成26年版)	東京都弘済会	2014
5	建築工事標準仕様書・同解説 JASS4 杭・地業および基礎工事	日本建築学会 (2009年:第6版改訂、1953年:第1版発行)	2009
6	杭の工事監理チェックリスト	日本建築構造技術者協会	1998
7	場所打ちコンクリート杭の施工と管理	日本基礎建設協会 (2009年:第5版改訂、1983年:第1版発行)	2009
8	場所打ちコンクリート杭 施工指針・同解説	日本基礎建設協会 (2016年:第4版、1994年:第1版発行)	2016
9	場所打ちコンクリート拡底杭の監理上の留意点	日本基礎建設協会 (2000年)	2000

#### (2) 管理項目と管理値の整理・比較

場所打ちコンクリート杭の施工管理において、コンクリートの品質に影響を及ぼすと考えられる管理項目として、コンクリートの「スランプ」、「トレミー管のコンクリートへの挿入長さ」、安定液の「比重」、「粘性」、「砂分」を表 2.1-2 に示す。9文献に記載されている管理値の範囲をまとめると表 2.1-3 のようになる。なお、各表の数値は、各文献の中に「管理値」もしくは「管理値の例」として記載されている値を示している(2016年10月時点)。したがって必ずしも許容値の意味ではないことと、改訂に伴って数値が変わる可能性があることに注意していただきたい。

表 2.1-3 から、コンクリートのスランプは18cmもしくは21cmのいずれかで、トレミー管のコンクリートへの挿入長さは原則2m以上であり、杭頭付近に限って1mないし1.5m以上とするものや、最長値を設けている文献もあることがわかる。安定液の比重と粘性は現場の土質に応じた適切な管理値を設定することが原則とされている。安定液の砂分の管理には上限値(5%~15%以下)が設けられており、また生コン打設前の管理値(1%以下)を別に定めている文献もある。ただし、安定液採取の条件(時期、採取方法等)については明確でないものも多い。

表 2.1-2 コンクリートの品質に関わる主な管理項目と記述

文献番号	文献名	コンクリート材料・打設方法			安定液		
		スランプ	トレミー管のコンクリートへの挿入長さ	比重	粘性	砂分	
1	建設事業の品質管理体制系に関する技術開発報告書（建築分野編）（2001年）	18±2.5 cm 20±1.5 cm	原則、2m以上	1.01～1.15	20～35 秒	10% 以下	
2	公共建築工事標準仕様書（建築工事編）（平成28年版）	18±2.5 cm （ただし、場所打ち鋼管コンクリート杭工法及び拡底杭工法を用いる場合は、工法で定められた条件の値）	2m以上	-	-	-	
3	建築工事監理指針（上巻）（平成28年版）	18±2.5 cm （調査管理強度が30N/mm <sup>2</sup> 以上の場合、材料分難を起さない範囲でスランプを21cmにすることを検討することも一考である）	2m以上、最長でも9m	1.02～1.15（B系） 1.01～1.15（CMC系）	22～30 秒（B系） 20～30 秒（CMC系）	コンクリート打込み前 5%以下（安定液置換：回収液） 1%以下（流離待ち：掘削孔上部）	
4	東京都建築工事標準仕様書（平成26年版）	18±2.5 cm （ただし、場所打ち鋼管コンクリート杭工法及び拡底杭工法を用いる場合は、工法で定められた条件の値）	2m以上	-	-	-	
5	建築工事標準仕様書・同解説 JASS4 杭・地業および基礎工事（第6版 2009年）	調査管理強度33N/mm <sup>2</sup> 未満は、21cm 以下 調査管理強度33N/mm <sup>2</sup> 以上は、23cm 以下 （受入れ検査：JASS5）	2m以上、最長でも9m程度 （杭頭付近では、1m程度とする場合もある。）	初期比重±0.005～1.2 （土質により変える）	必要粘性～初期粘性の 130% 秒 （土質により変える）	-	
6	杭の工事監理チェックリスト（1998年）	20cm程度のコンクリートでは、 欠陥が発生しにくい （遅延剤を使用することが望ましい）	2m以上、最長でも9m程度 （杭頭付近では1.5m程度とする場合もある）	1.02～1.20（B系） 1.01～1.20（CMC系）	22～30 秒（B系） 20～30 秒（CMC系）	5% 以下 （生コン打設前は1%以下）	
7	場所打ちコンクリート杭の施工と管理（第5版 2009年）	18cm以上が望ましい （受入れ検査：JIS規格）	2m程度、最長でも9m程度	1.02～1.20（B系） 1.01～1.20（CMC系）	22～30 秒（B系） 20～30 秒（CMC系）	5% 以下 （生コン打設前は1%以下）	
8	場所打ちコンクリート杭 施工指針・同解説（第4版 2016年）	18～21cmを標準とする	2m以上、最長9m程度 （挿入長さを正確に管理する条件で1m程度としてよい）	1.02～1.15（B系） 1.01～1.15（CMC系）	22～30 秒（B系） 20～30 秒（CMC系）	コンクリート打込み前 5%以下（安定液置換：回収液） 1%以下（流離待ち：掘削孔上部）	
9	場所打ちコンクリート拡底杭の監理上の留意点（2000年）	8～18±2.5 cm 21±1.5 cm	原則として2m以上	標準比重±0.005～1.2 （土質により変える）	必要粘性～初期粘性の 130% 秒 （土質により変える）	15% 以下	

表 2.1-3 管理値の範囲

管理項目	管理値	備考
コンクリートのスランプ	18cm ~ 21cm	文献により18cmか21cm (JASS4 : 33N/mm <sup>2</sup> 以上は23cm以下)
トレミー管のコンクリートへの挿入長さ	最短 : 2m 以上 (杭頭付近では1m~2m) 最長 : 9m 以下	最短の杭頭部付近の記述と 最長に関する記述の有無は 文献による
安定液の性状	比重 : 標準比重±0.005 ~ 1.2 (1.01~1.2) 粘性 : 必要粘性~作成粘性の130% 秒 (20~52秒) 砂分 : 15%以下~5% (生コン打設前1%) 以下	砂分以外はほぼ同じ (土質に応じて配合を変える)  他の管理項目として ろ過水量, ケーキ厚, PHなどがある

【参考文献】

- 1) 国土交通省建築研究所：建設事業の品質管理体系に関する技術開発報告書 建築分野編，2001.
- 2) 公共建築協会：公共建築工事標準仕様書 建築工事編，2016.
- 3) 公共建築協会：建築工事監理指針 上巻（平成 28 年版），2016.
- 4) 東京都財務局：東京都建築工事標準仕様書（平成 26 年版），2014.
- 5) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS4 杭・地業および基礎工事 2009 年第 6 版，2009.
- 6) 日本建築構造技術者協会：杭の工事監理チェックリスト，1998.
- 7) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭の施工と管理 2009 年第 5 版，2009.
- 8) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭 施工指針・同解説，2016.
- 9) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート掘底杭の監理上の留意点 2000 年，2000.

## 2.2 評定工法の管理値

### (1) 場所打ちコンクリート拡底ぐい評定工法のアンケート

場所打ちコンクリート拡底ぐい評定工法は、アースドリル工法、オールケーシング工法等で軸部を掘削後、杭先端部を拡底バケットにより拡大掘削することにより、拡底形状を構築する工法を対象としている。この評定では、各種性能試験により施工性、拡底部の出来栄えおよびコンクリートの品質評価、設計指針、施工指針等について評価を実施している。

この評定工法について、拡底アースドリル杭先端部の品質管理に関する管理基準値についてアンケートを実施した。アンケートは評定工法を取得した 17 工法について依頼し、15 工法から回答を得られた。なお、特定のゼネコンしか使えない工法については、アンケートの対象から除外した。アンケート内容は以下の項目について実施し、評定資料に記載されている基準値等について回答を依頼した。

- ・最大拡底率などの適用範囲
- ・安定液管理基準値
- ・1次・2次スライム処理時の管理基準値
- ・拡底ぐいの先端検査方法

### 1) アンケート結果（アンケート実施日 平成 26 年 10 月）

アンケートで得られた管理基準値等について、工法毎の結果を表 2.2-1～2.2-5 に示す。表罫線の 2 重線から上の工法は、旧評定の工法となっている。

表 2.2-1 拡底率などの適用範囲

No.	工 法 名	評定年	最大拡底率	拡底部最大傾斜角(°)	最大拡底径(mm)
1	A 工法(旧評定)	1991	3.13	12	4100
2	B 工法(旧評定)	1998	3.13	12	4100
3	C 工法	2009	4.84	16	4700
4	D 工法	2010	4.9	12	4700
5	E 工法	2011	4	12	4700
6	F 工法	2012	4	12	4700
7	G 工法	2012	7.29	21.1	5500
8	H 工法	2013	3.19	12	2700
9	I 工法	2013	3.06	12	4100
10	J 工法	2013	3.13	12	4100
11	K 工法	2014	4	12	4700
12	L 工法	2014	3.19	12	4200
13	M 工法	2014	3.06	12	3600
14	N 工法	2014	4.62	12	4800
15	O 工法	2014	4	12	4700

※拡底率：有効径（拡底部掘削径－0.1m）による拡底面積を軸部の断面積で除した値

表 2.2-2 安定液の管理基準値

No.	工 法 名	安定液比重	粘 性	pH	頻度
1	A 工法(旧評定)	標準比重±0.005~1.2	必要粘性~ 作液粘性130%	8~12	1日1回
2	B 工法(旧評定)	標準比重±0.005~1.2	必要粘性~ 作液粘性130%	8~12	1日1回
3	C 工法	新液比重~1.2	必要粘性~ 作液粘性130%	8~12	1日1回
4	D 工法	1.01~1.15	25~30	11.5以下	1日1回※5
5	E 工法	1.01~1.2	20~30	8~12	杭毎※6
6	F 工法	1.02~1.15	22~30	8~12	杭毎
7	G 工法	標準比重±0.005~1.2	必要粘性~ 必要粘性130%	8~12※1	1日1回
8	H 工法	1.01~1.15	25~40	8~12	1日1回
9	I 工法	1.02~1.2	22~30	7~11.5	1日1回
10	J 工法	標準比重±0.005~1.2	必要粘性~ 作液粘性130%	8~12	1日1回
11	K 工法	1.01~1.08※2	20~35※3	8~12	1日1回
12	L 工法	1.01~1.2※4	22~26※4	8~12※4	1日1回以上
13	M 工法	1.02~1.2	20~36	8~12	適宜
14	N 工法	必要比重~1.2	必要粘性~ 必要粘性130%	8~12	掘削開始前 新液作成時
15	O 工法	1.01~1.2	20~30	8~12	杭毎※7

※1 pH範囲外でも粘性が許容範囲の場合は可

※2 粘土・シルト:1.01~1.04 砂:1.02~1.06 砂礫:1.02~1.08

※3 粘土・シルト:20~24 砂:20~30 砂礫:20~35

※4 メーカーの配合基準に基づいて決定する。

※5 pHは、試験杭及び必要時

※6 pHは、適時

※7 試験杭および定期的

表 2.2-3 1次スライム処理の管理基準値

No.	工 法 名	安定液置換率	安定液砂分率	スライム厚さ (軸部底面)	スライム厚さ (拡底部底面)	頻度
1	A 工法(旧評定)	-	15%以下	50mm以下	-	杭毎
2	B 工法(旧評定)	-	-	-	-	杭毎
3	C 工法	-	3%以下※6	-	-	杭毎
4	D 工法	-	3%以下※2	30mm以下	-	杭毎※9
5	E 工法	拡底部体積の1.1倍以上※5	3%以下※5	30mm以下	-	杭毎
6	F 工法	100%※8	3%以下	30mm以下	-	杭毎
7	G 工法	-	2%以下・15%以下※4	30mm以下	-	杭毎※10
8	H 工法	-	3~10%※1	-	-	規定なし
9	I 工法	50%以上 (評定資料内に規定なし)	3%以下	50mm以下	-	杭毎
10	J 工法	-	5%以下	-	-	杭毎
11	K 工法	-	1%以下	30mm以下	-	杭毎
12	L 工法	-	3%以下	50mm以下	-	杭毎※11
13	M 工法	-	5%以下	0	-	杭毎
14	N 工法	-	1%以下・5%以下※3	0	-	杭毎
15	O 工法	100%※7	5%以下	30mm以下	-	杭毎

※1 評定資料内には規定なし

※2 スライム処理機使用時の排水の値3%以下 拡底径が4100mmを超える場合は噴射式スライム処理機を使用  
掘削中のタンク内の値 5%以下

※3 コンクリート強度が45N/mm<sup>2</sup>を超える場合は1%以下、拡底径部が軸部の2倍を超える場合・拡底部径が4400mmを  
超える場合は1%以下とする。

※4 拡底部径が4700mmを超える場合は、2%以下とする

※5 拡底部径が4200~4700mmまでの場合

※6 拡底距離が1000mm以上の杭については良液置換を行う

※7 拡底径が4100mmを超える場合は、安定液全置換とする。

※8 砂分が3%を超えた場合は、安定液全置換とする。

※9 砂分は試験杭および必要時

※10 砂分は規定なし

※11 砂分は1日1回

表 2.2-4 2次スライム処理の管理基準値

No.	工 法 名	安定液砂分率	スライム厚さ	頻度
1	A 工法(旧評定)	実施しない	50mm以下	杭毎
2	B 工法(旧評定)		60mm以下	杭毎
3	C 工法	規定なし	50mm以下	杭毎
4	D 工法	1%以下	30mm以下	杭毎
5	E 工法	実施しない	30mm以下	杭毎
6	F 工法	3%以下	30mm以下	杭毎
7	G 工法	1次スライム処理と同じ	30mm以下	杭毎
8	H 工法	3~10%※1	-	規定なし
9	I 工法	実施しない	50mm以下	杭毎
10	J 工法	5%以下※3	50mm以下	杭毎
11	K 工法	実施しない	30mm以下※2	杭毎
12	L 工法	規定なし	50mm以下	杭毎
13	M 工法	規定なし	60mm以下	杭毎
14	N 工法	1次スライム処理と同じ	50mm以下	杭毎
15	O 工法	規定なし	30mm以下	杭毎

※1 評定資料内には規定なし

※2 土質によっては、30mm以下でも2次スライム処理を実施する。

※3 鉄筋籠建込み後、検尺による測定を行い、「1次スライム処理後深度」-「2次スライム処理後深度」 $\geq$ 5cmの場合、実施する。

表 2.2-5 杭先端形状検査方法

No.	工 法 名	使用機器	管理基準値	頻 度
1	A 工法(旧評定)	拡底施工管理装置・孔壁測定器	拡底施工径以上	拡底径毎、同じ拡底径の杭が10本超える場合には10本に付き1本測定を行うものとする
2	B 工法(旧評定)	掘削に搭載しているモニターと超音波測定器	拡底施工径以上	杭毎(X・Y)
3	C 工法	超音波測定器	所定の形状以上	拡底径毎 1本/10本毎
4	D 工法	超音波測定器	拡底施工径以上	軸部・拡底径が同一な杭種毎に実施
5	E 工法	掘削機に搭載している拡底施工管理装置・孔壁測定器	拡底施工管理装置:施工拡底径以上 超音波孔壁測定器:設計拡底径以上	杭毎 抜き取り
6	F 工法	掘削機に搭載している拡底施工管理装置・孔壁測定器	設計径+100mm以上	杭毎
7	G 工法	孔壁測定により確認		抜き取り
8	H 工法	掘削に搭載しているモニター超音波測定器	拡底施工径以上	杭毎(X・Y)
9	I 工法	孔壁測定により確認	拡底施工径以上	杭毎(X・Y)
10	J 工法	孔壁測定により確認	拡底施工径以上	杭径毎 1本/10本毎
11	K 工法	掘削に搭載しているモニターと超音波測定器	拡底施工径以上	杭毎(X・Y)
12	L 工法	掘削に搭載しているモニターと超音波測定器		杭毎(X・Y)
13	M 工法	掘削管理装置および孔壁測定器	設計杭径以上	原則 1本/5本
14	N 工法	掘削機に搭載している拡大量検出装置・孔壁測定器	拡底施工径以上	必要に応じて孔壁測定・拡底径比が2倍を超える杭で拡底傾斜度が緩い砂質土層の場合や拡底部径が4400mmを超える場合はすべて実施
15	O 工法	拡底施工管理装置・孔壁測定器	拡底施工管理装置:施工拡底径以上 超音波孔壁測定器:設計拡底径以上	各杭軸径の最大拡底径毎に1回(2方向)、10本を超える場合は、10本1ロット(拡底径が4100mmを超える場合は5本1ロット)として1ロットに1回測定し、その他は監理者と協議

## 2) 管理基準値等の分布

以下にアンケート結果により得られた各管理基準値等の分布を円グラフにて示す。

### (a) 拡底ぐいの適用範囲に関する基準値の分布

- ・最大拡底率：(有効底面積／軸部面積)

図 2.2-1 に、最大拡底率を 3 段階に分けた分布図を示す。最大拡底率については、3～5 の範囲に 15 工法中、14 工法あり、拡底率が 5 を超える工法が 1 工法あった。

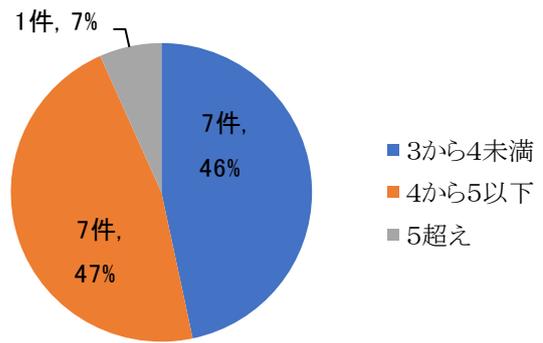


図 2.2-1 最大拡底率分布  
(グラフ内数字：工法数、割合)

- ・拡底部最大傾斜角

図 2.2-2 に拡底部最大傾斜角を 12 度とそれ以外に 2 段階に分けた分布図を示す。拡底杭では、2 工法を除いて最大傾斜角が 12 度と規定されている。

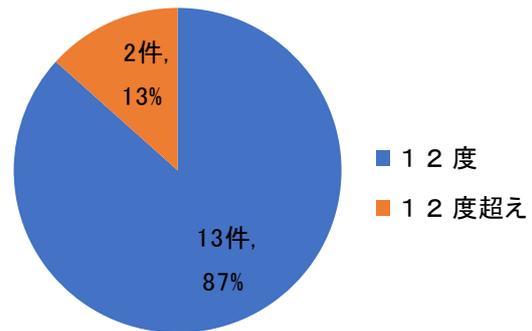


図 2.2-2 拡底部最大傾斜角分布  
(グラフ内数字：工法数、割合)

- ・最大拡底径

図 2.2-3 に最大拡底径の適用範囲を 3 段階に分けた分布図を示す。拡底杭では、4,000～5,000 mm の範囲の最大拡底径が多くを占めており、その 12 工法のうち 6 工法が最大拡底径を 4,700 mm としている。

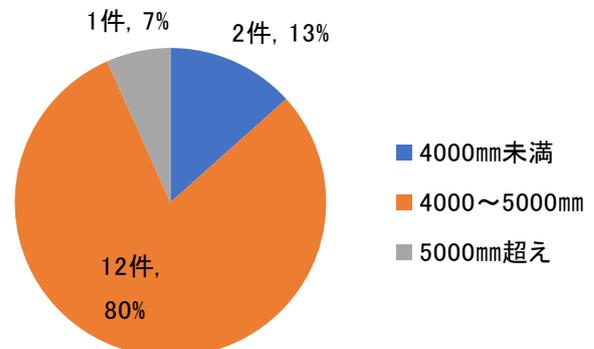


図 2.2-3 最大拡底径分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

(b) 安定液に関する管理基準値の分布

・比重

図 2.2-4 に比重の基準値を 4 種類に分けた分布図を示す。管理基準値は多少の違いがあるが、1.01～1.2 の範囲に分布している。また、土質別に比重を規定している工法が 1 工法ある。

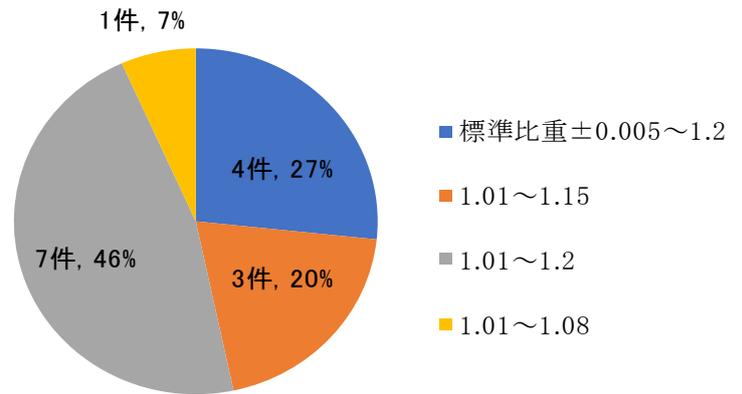


図 2.2-4 比重の基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

・粘性

図 2.2-5 に粘性の基準値を 3 段階に分けた分布図を示す。基準値を必要粘性～作液粘性 130%と記載している工法と 20～30 秒内と記載している工法が多い。また、比重と同様に土質別に細かく粘性を規定している工法が 2 工法あった。

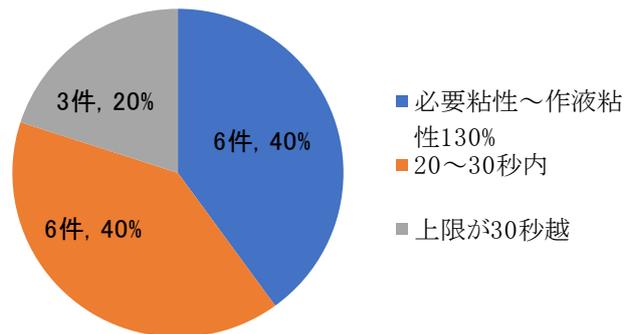


図 2.2-5 粘性の基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

・pH

図 2.2-6 に pH の基準値を 3 段階に分けた分布図を示す。ほとんどの工法が pH の基準値を 8～12 と規定している。

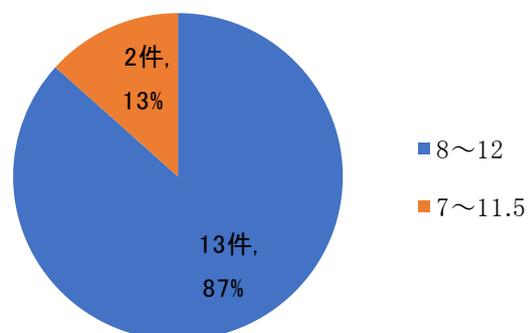


図 2.2-6 pH の基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

(c) 1次スライム処理時に関する管理基準値の分布

・砂分率

図 2.2-7 に1次スライム処理時の砂分率の基準値を4段階に分けた分布図を示す。3%、5%以下の工法がほとんどである。また、基準値が5%以下や5%超えの工法でも、コンクリート強度や拡底径等の条件により基準値を低くしている工法もある。なお、5%超え（規定値なし）の工法は、2工法が旧評定であり、規定がなくても杭径が大きい場合は、砂分率の規定を2、3%にする工法が2工法ある。

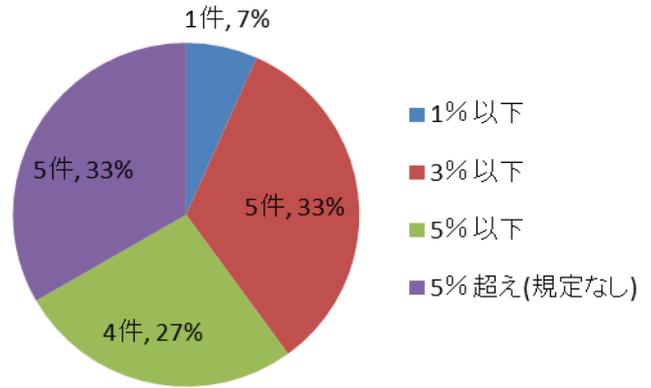


図 2.2-7 砂分率の基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

・残留スライム厚さ

図 2.2-8 に1次スライム処理時のスライム厚さの基準値を4段階に分けた分布図を示す。評定資料内に管理基準値を設けていないものもあるが、基準値を設定している工法は50mm以下や30mm以下と規定している工法が多い。

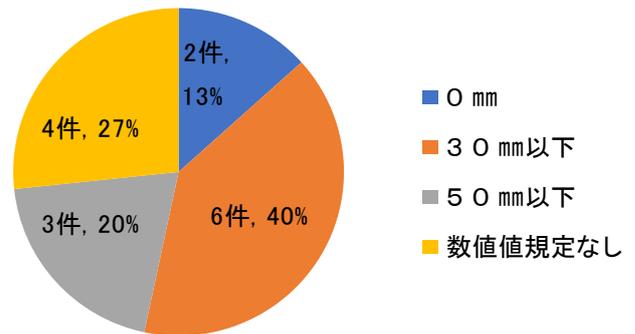


図 2.2-8 残留スライム厚さの基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

・安定液の置換率

安定液の置換率を評定資料内に規定している工法はなかった。ただし、拡底部径が大きい場合や砂分率の検査結果等の条件により置換率を規定している工法が2工法見受けられた。

(d) 2次スライム処理時に関する管理基準値の分布

2次スライム処理時の管理基準値についても、1次スライムと同様なアンケート調査を実施した。

・砂分率

図 2.2-9 に 2 次スライム処理時の砂分率の基準値を 4 段階に分けた分布図を示す。2 次スライム処理では、砂分率検査を実施しない・規定しない工法が多い。それ以外は、1 次スライム処理と同様な基準値を設けて 5%以下としている工法がほとんどである。

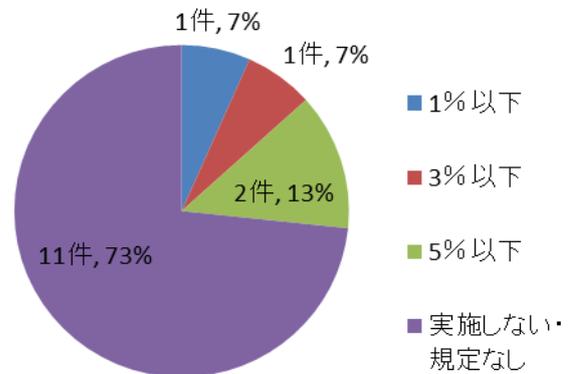


図 2.2-9 砂分率の基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

・残留スライム厚さ

図 2.2-10 に 2 次スライム処理時のスライム厚さの基準値を示す。2 次スライム処理時のスライム厚の管理基準値は 50 mm以下のものがほとんどの工法で見受けられ、規定がないものについては 1 工法見受けられたが、この工法については、旧評定の工法であり、最近評定を更新した工法は、1 次スライム処理時とは異なり管理基準値がすべての工法で規定されていた。

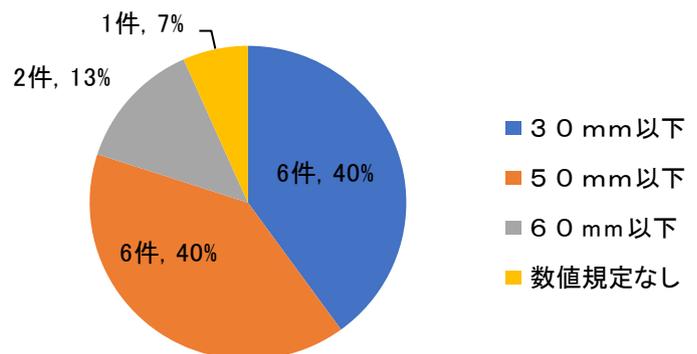


図 2.2-10 残留スライム厚さの基準値分布  
(グラフ内数値：工法数、割合)

(e) 先端形状検査方法について

拡径ぐいの先端形状検査方法についても、アンケート調査を実施した。その結果、すべての工法で掘削機に搭載している装置と孔壁測定（超音波測定）により検査を実施している。検査頻度は、杭毎や拡径毎や 1 本/10 本毎等が見受けられたが、杭毎に実施する工法数が、半数程度あった。

(2) 場所打ちコンクリート拡底ぐい評定工法の追加アンケート

アンケート結果を整理するなかで「1次スライム処理」について、より詳細な情報が必要と判断し、追加のアンケートを実施した（平成27年1月）。アンケートの依頼先は第1回目のアンケートと同じ場所打ちコンクリート拡底杭17工法である。アンケートの質問項目は以下の3点である。

- (1) 貴社（貴協会）の拡底アースドリル工法で使用できるコンクリート強度の上限値をお教えてください。
- (2) コンクリート強度によって「1次スライム処理」の管理方法に違いはありますか。
- (3) コンクリート強度によって「1次スライム処理」の管理方法に違いがある場合：その理由は何でしょうか。

図2.2-11はアンケートで得られた各工法のコンクリート強度の上限値を、拡底部の最大傾斜角や最大拡底径などとともに示したものである。コンクリート強度は45 N/mm<sup>2</sup>を上限とする工法がほとんどであるが、「G工法」と「N工法」は60 N/mm<sup>2</sup>を上限としている。最大拡底径は4 mを超える工法が大部分を占めるが、なかでも「G工法」は最大拡底径、最大拡底率ともに他工法よりも大きい。なお、「A工法」、「B工法」、「K工法」は追加アンケートに対する回答が得られていない。

1次スライム処理の管理方法に関して、「コンクリート強度」の観点から言及しているのは「N工法」のみであり、「45 N/mm<sup>2</sup>を超える高強度コンクリートを使用する場合は、原則として砂分の許容範囲の上限値を1.0%とする」との回答が得られている。

「杭径」の観点から1次スライム処理の管理方法に言及しているのは7工法あり、拡底径が概ね4,000～4,400 mmを超える場合にはスライムポンプなどを用いて安定液の良液置換を行うことなどの回答が得られている。

「G工法」は「1次スライム処理」の管理方法にコンクリート強度による違いはない」との回答であるが、「① 拡底距離が800 mm以上の杭、② 拡底径が4,200 mm以上の杭、③ 拡底率が4倍を超える杭の場合、スライムポンプを使用するとともに砂分が2%以下となるまで良液置換する」との回答が得られている。

これらの工法では、所定のコンクリート強度や拡底径を超える場合の”安定液の砂分率”や”使用するポンプ”などについて規定が設けられているため、そうした条件に合致する杭の場合に、現場で規定通りの管理が行われているかどうかをチェックすることが元請としての管理ポイントとなる。

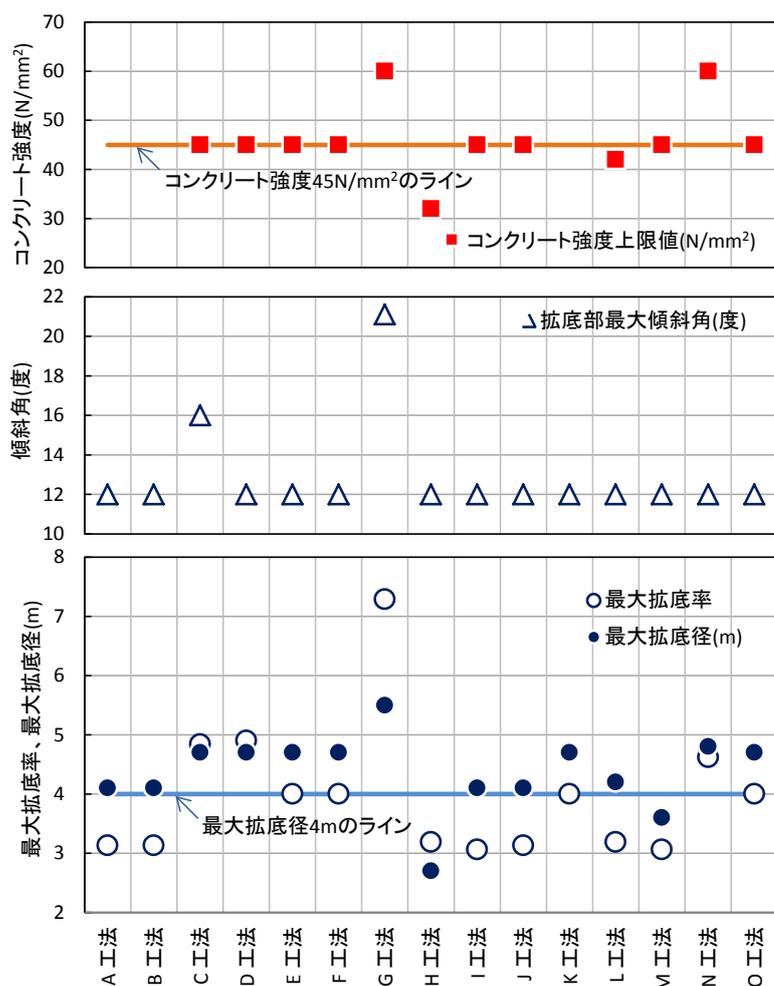


図 2.2-11 各工法のコンクリート強度の上限値

### 3. 不具合の現状と要因分析

#### 3.1 不具合情報の収集と整理

##### (1) 不具合情報の収集

不具合の現状把握と要因分析を目的とし、場所打ちコンクリート杭の不具合事例を地盤基礎専門部会参加 19 社から収集した。併せて日本基礎建設協会からも事例を提示いただいた。

対象となる事例をアースドリル工法に関するものに限定し、地盤条件やコンクリートの仕様等の諸条件が具体的に記載され、要因まで追究されている 73 事例に絞り込んだ。

##### (2) 不具合情報の整理

不具合情報の整理にあたっては、まず、不具合の現象を「芯ずれ」、「孔壁崩壊」、「杭径不足」といった主だったカテゴリーに分類した。次に、それぞれの不具合現象の要因について、事例に記載された内容と経験・実績から推定されるものを含め、列挙した。不具合の現象とその推定要因の例を表 3.1-1 に示す。

さらに、施工中の品質管理において、「いつ、何を管理すべきか」を明確にすることを目的として、杭工事工程と品質管理項目に関連付けて不具合現象・不具合要因を整理することとした。

不具合現象については、その発生時期を想定し、杭工事工程に従って時系列に並べた。不具合要因は、品質管理項目と関連性が高いため、杭工事工程に沿った品質管理項目に不具合要因を対応させ、こちらも時系列に並べた。不具合の現象と要因を整理するため、図 3.1-1 に示す「不具合と要因分析シート」にまとめることとした。

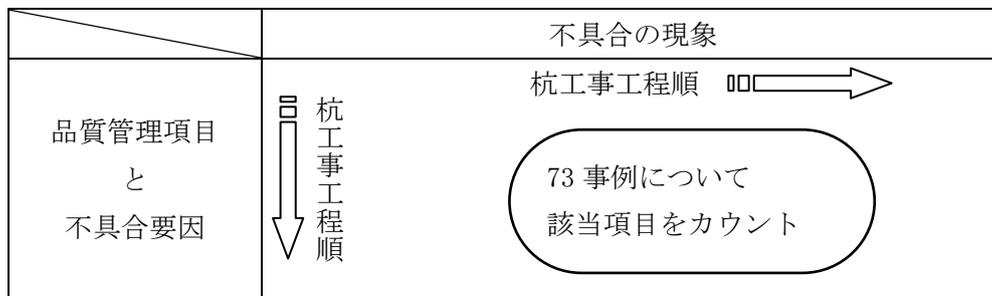


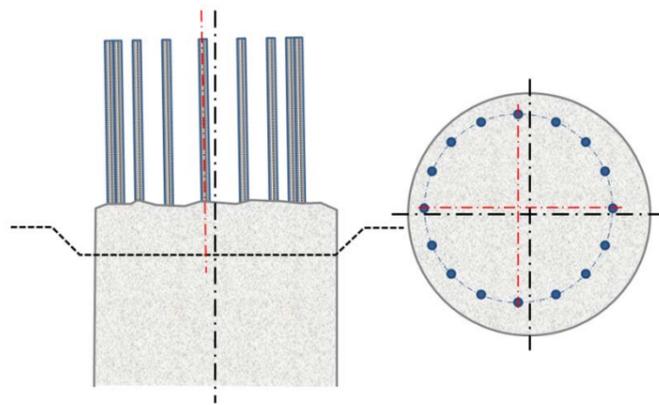
図 3.1-1 不具合と要因分析シートのイメージ

73 事例についてシートを作成し、これらを集計したものを表 3.1-2 に示す。表の下端、右端の度数は、それぞれ不具合現象、不具合要因の度数分布を示している。ここでは、現象・要因とも、該当項目の複数回カウントを可とした。

不具合現象の上位 5 項目は、鉄筋かぶり不足、杭径不足、掘削中の崩壊、スライム入り込み、コンクリート打設中の孔壁崩壊であり、そのほとんどが杭施工中には顕在化しなかったものである。不具合要因の上位 5 項目は、鉄筋かごの傾斜・偏り、スペーサ位置が不適切、安定液の比重が高い、コンクリートのスランプロス、安定液水位が低いであった。

表 3.1-1 不具合現象と推定要因

【鉄筋かごの芯ずれ】



推定要因： スペーサの設置数不足、スペーサの位置が不適切、孔壁の崩壊・肌落ち、鉄筋吊り材の固定治具の傾斜 他

【コンクリート打設中の鉄筋かごの浮き上がり・傾斜】



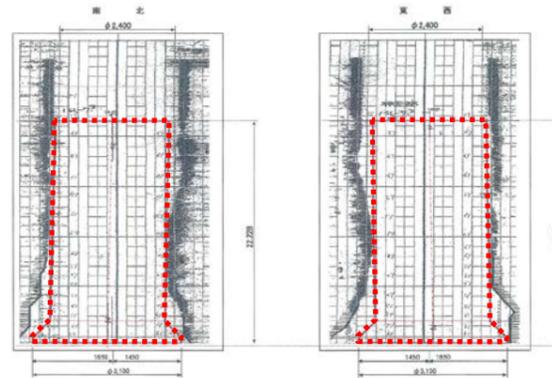
推定要因： 鉄筋かごが軽い、スペーサ設置数・配置が不適切 他

【杭径不足（トウモロコシ）】



推定要因： 鉄筋のあきが狭い、杭天端レベルが浅い、スランプロス、安定液の比重・粘性が高い 他

【掘削中の孔壁崩壊】



推定要因： 軟弱砂質地盤、地下水位が高い、安定液水位が低い、安定液の比重が低い、安定液の粘性が低い 他

【スライムの入り込み】



推定要因： スライムが厚い、安定液の比重・粘性・砂分率が高い、余盛不足、スランプロス、トレミー管の挿入長さが長い 他

【コンクリートへの土砂巻き込み】



推定要因： コンクリート打設中の孔壁崩壊 他

【掘削不能】



推定要因： 掘削バケットに納まらない巨礫、玉石の存在

【“す”ができる】



推定要因： 孔壁崩壊、余盛不足、崩壊土砂巻き込み

【鉄筋かぶり不足】



推定要因： 地中障害物の残存、スペーサ設置数・配置が不適切、鉄筋かごの傾斜・偏り、掘削バケットの引き上げ速度が速い 他





### 3.2 不具合の要因分析

表 3.1-2 (不具合と要因分析シート) に基づいて、場所打ち杭の不具合要因を分析した。

#### (1) 不具合現象ごとの分析

表 3.1-2 に示した「a」～「s」の「不具合の現象」ごとに、その不具合の推定要因の度数分布図を作成した。ここでは際立った特徴を示し、かつ度数の多い3つの不具合現象に着目する。

図 3.2-1 は掘削中の「d. 孔壁崩壊」の推定要因の度数分布である。推定要因として「安定液の水位が低い」、「表層ケーシングが短い」、「軟弱な砂質土地盤」、「埋戻し土の強度が低すぎる」などが上位を占めている。推定要因を眺めると、「孔壁崩壊」を防止する責務は必ずしも杭専門者に課せられるものではないことがわかる。施工床を下げた「盤下げ施工」や構台上で施工すれば、十分な安定液のレベルを確保できない場合がある。既存基礎や地下解体後に埋戻された地盤では、相応の長さの表層ケーシングを用いる判断をあらかじめ下しておくべきであり、上位の設計・計画段階で考慮されるべきポイントである。

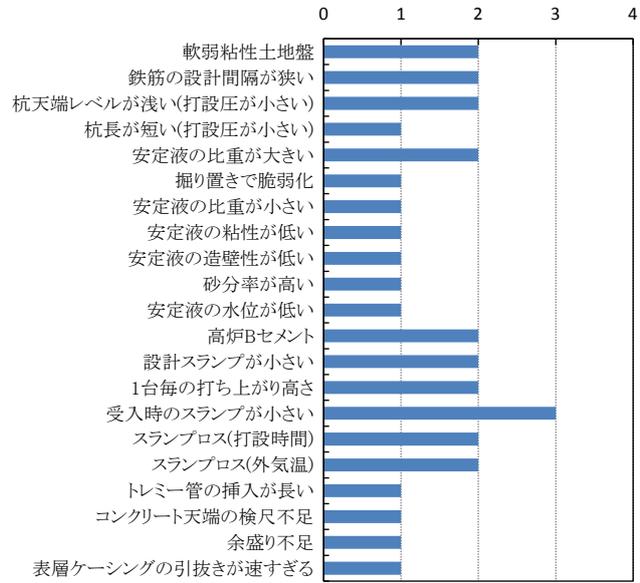
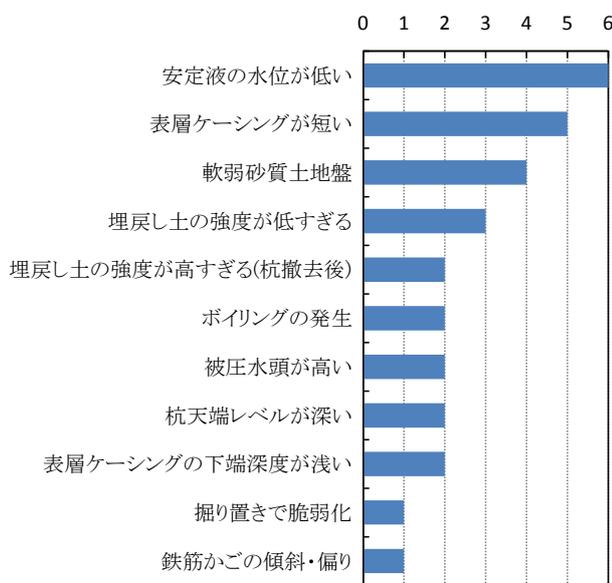


図 3.2-1 「d. 孔壁崩壊」の推定要因の度数分布

図 3.2-2 「m. 杭径不足」の推定要因の度数分布

図 3.2-2 は「m. 杭径不足」の推定要因の度数分布であるが、その推定要因は極めて多い。アンケートの回答者も、分析した我々も要因を一つに絞ることが難しい事例が少なくなかった。杭頭部コンクリートの著しい充填不良(いわゆる「トウモロコシ現象」: 表 3.1-1 参照)は複数要因から生じるものと推察される。その要因は大きく以下のように分類することができる。

- ① 設計段階に含まれる要因
  - ・鉄筋のあき寸法
  - ・コンクリートのスランブ
- ② 施工計画段階に含まれる要因

- ・安定液の管理
- ・トレミー管の打継ぎ計画（特に打設圧が小さくなる杭頭付近）
- ・余盛り計画
- ・コンクリートの打設時間とスランプロス

設計・施工計画それぞれの段階に「杭径不足」の不具合要因が存在していることを認識すべきであろう。

図 3.2-3 は「p. 鉄筋被り不足」の推定要因の度数分布であるが、その推定要因は極めて多く、多岐にわたっている。度数が突出している要因に着目すると、「鉄筋かごの傾斜・偏り」が目につくが、これは同じく要因として挙げられている「不適切なスペーサー配置」、「スペーサー数の不足」の結果と捉えてよさそうである。すなわち、スペーサーの数と配置を適切に計画することが「鉄筋被り不足」を減らす有効な手立てになるといえる。

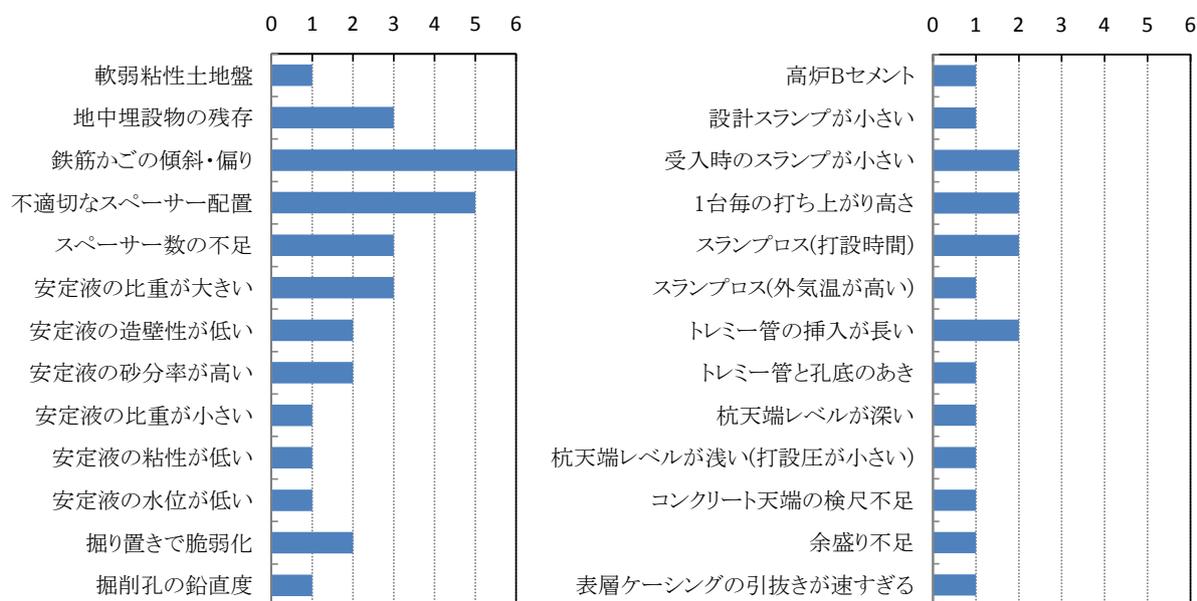


図 3.2-3 「p. 鉄筋被り不足」の推定要因の度数分布

## (2) 不具合要因ごとの分析

表 3.1-2 に示した「No. 1」～「No. 87」の「不具合の要因」に関して、品質管理項目ごとにカテゴリー分けし、その要因が引き起こしたであろう不具合現象を抽出した。ここでは特に施工者側の管理が問われる「安定液」と「コンクリート」に着目する。

図 3.2-4 は「安定液」に関する個々の要因が具体的にどの不具合現象につながるかが示されている。すなわち、「孔壁崩壊」と「杭径不足」を始めとする出来形不良であり、「比重」「粘性」、「砂分率」といった安定液の性状の大小が、異なる不具合現象につながる事が明確に表れている。

### ① 「孔壁崩壊」など掘削時の不具合につながる安定液の要因

- ・比重が小さい
- ・粘性が低い
- ・安定液の水位が低い

②「杭径不足」、「鉄筋被り不足」などコンクリート打設時の不具合につながる安定液の要因

- ・比重が大きい
- ・粘性が高い
- ・砂分率が高い

掘削時には、孔壁の崩壊防止や逸水防止のために安定液の比重や粘性を大きめにし、コンクリート打設前には逆に比重・粘性を小さめに、かつ砂分を低めに設定する2段階の管理が要求される点を理解すべきである。



図 3.2-4 「安定液」に関する個々の要因が引起こす不具合現象<sup>1)</sup>

図 3.2-5 は「コンクリート」に関する個々の要因が具体的にどの不具合現象につながるかが示されている。ほとんどが「杭径不足」(≒「鉄筋被り不足」)を始めとする出来形不良である。その要因は大きく2つに分類できる。

- ① スランプに起因するもの
  - ・設計スランプが小さい
  - ・受入れ時のスランプが小さい
  - ・スランプロス (コンクリートの打設時間、外気温)
- ② トレミー管に起因するもの
  - ・コンクリート中へのトレミー管の挿入長さが長い
  - ・トレミー管の切断数が少ない

スランプが小さく (すなわちコンクリートの流動性が低く)、鉄筋のあき寸法が小さい上に杭頭

付近でコンクリートの打設圧が小さい条件が加わると、コンクリートは鉄筋の外側に流れ出ることが困難となり、「トウモロコシ現象」などの出来形不良が生じる可能性が高くなることに留意せねばならない。また、コンクリート中へのトレミー管の挿入長さが長い場合、コンクリートの流動性が悪化して出来形不良につながる要因となる。コンクリートの打設圧が小さくなる杭頭付近で特に注意が必要であり、トレミー管の適切な挿入長さを確保するためのこまめな切断計画が求められる。

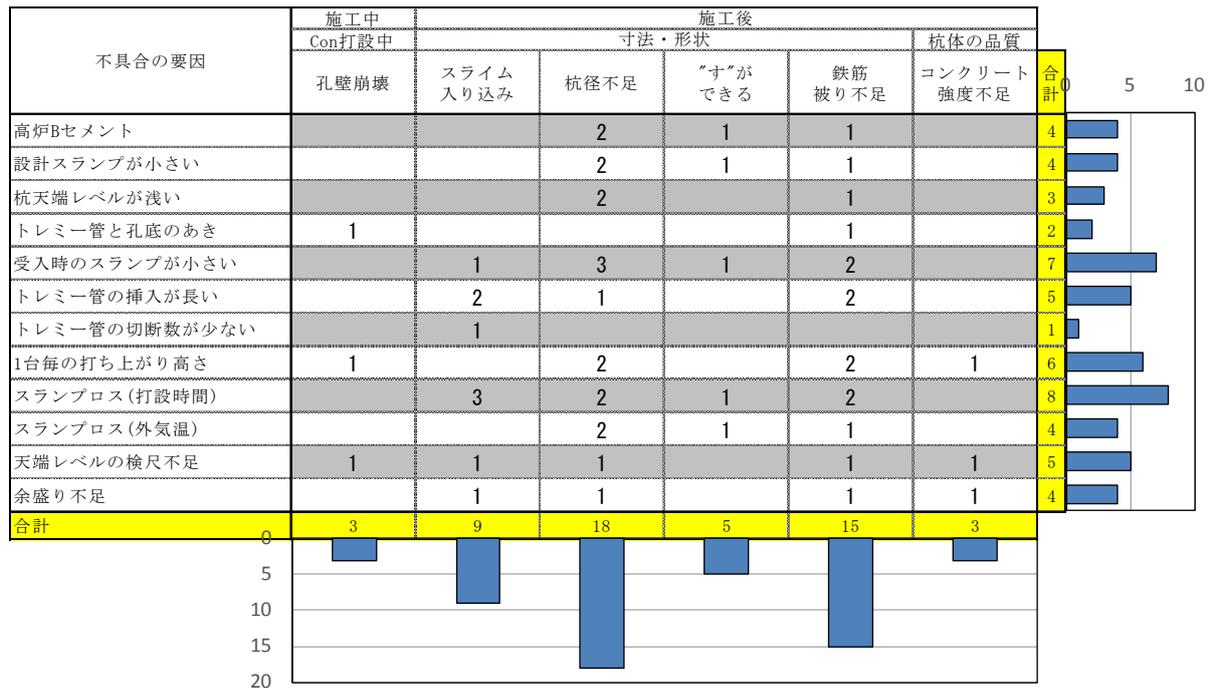


図 3.2-5 「コンクリート」に関する個々の要因が引起こす不具合現象

【参考文献】

- 1) 山崎勉, 武居幸次郎: 場所打ちコンクリート杭の品質管理の現状と課題, 基礎工, Vol.43, No.8, pp.5-9, 2015.

#### 4. 品質確保に関わる現状の課題

WGで収集した不具合事例はいずれも一般的な仕様の場所打ちコンクリート杭であり、発生した不具合は概ね基本的な品質管理項目に要因を求めることができるものであった。しかし不具合の要因がはっきりと特定されることは稀であり、ほとんどの場合は不具合対応に当たった技術者が従来の知見に基づいて、不具合状況や施工記録から要因を推察しているのが実状と考えられる。したがって、今回の収集事例の整理結果も、そうした実状を反映して従来の知見をなぞったような結果となっている可能性がある。

とはいえ、基本的な品質管理の重要性はいうまでもなく、場所打ちコンクリート杭の品質確保のための必須事項である。やるべきことをやらなかった、あるいは十分ではなかったことによって不具合が生じているとすれば、場所打ちコンクリート杭の品質管理に対する関係者（設計者、元請、専門家）の認識不足が不具合の根本にあると考えられる。

不具合事例の分析結果をもとに、場所打ちコンクリート杭の品質管理の中で特に留意すべきポイントを整理し、表4-1に掲げるような項目を抽出した。各ポイントにおいて留意すべきこと、実施すべきことを関係者が再認識することによって不具合の発生が抑えられ、ひいては場所打ちコンクリート杭の品質確保が図られることを期待するものである。5章ではこれらのポイントについて詳述する。表中のNo. 1~3は一般には品質管理の範疇に入らないものであるが、杭の品質に多大な影響を及ぼすポイントであるため、紙面を大きく割いて解説している。No. 4~6は設計段階の項目が施工性や品質に及ぼす影響に着目して解説している。No. 7~15は施工計画時または施工時に、施工者側が特に留意すべきポイントを示している。

表4-1 場所打ちコンクリート杭の品質管理のポイント

No.	品質管理のポイント
1	支持層条件の明確化
2	不具合の生じやすい地盤条件（自然地盤、人工改変地盤の留意事項）
3	既存杭撤去後の埋戻しに関する施工記録
4	鉄筋かごの各鉄筋間のあき
5	スペーサーの配置
6	コンクリートの設計スランプ
7	表層ケーシングの長さ
8	安定液の配合計画
9	安定液の水位管理
10	支持層の確認
11	1次スライム処理（良液置換）
12	コンクリートのスランプロス
13	トレミー管の組合せ計画
14	コンクリートの打上がり挙動
15	余盛り天端の高さ

## 5. 課題の解決策

WG 活動を通じて確認された場所打ちコンクリート杭の品質確保に関わる現状の課題を踏まえ、それらを解決するために設計・施工の各過程において特に留意すべき事項を示す。

なお本稿では、コンクリートに関しては設計基準強度 36N/mm<sup>2</sup>以下を対象とする。

### 5.1 計画段階で特に留意すべき事項

基礎構造の設計・施工の概略の流れを図 5.1-1 に示す。ここでは、基礎構造の設計、地盤調査から工事の基本計画・積算までの過程を「計画段階」とし、この過程で場所打ちコンクリート杭の品質を確保する上で特に留意すべき事項を示す。

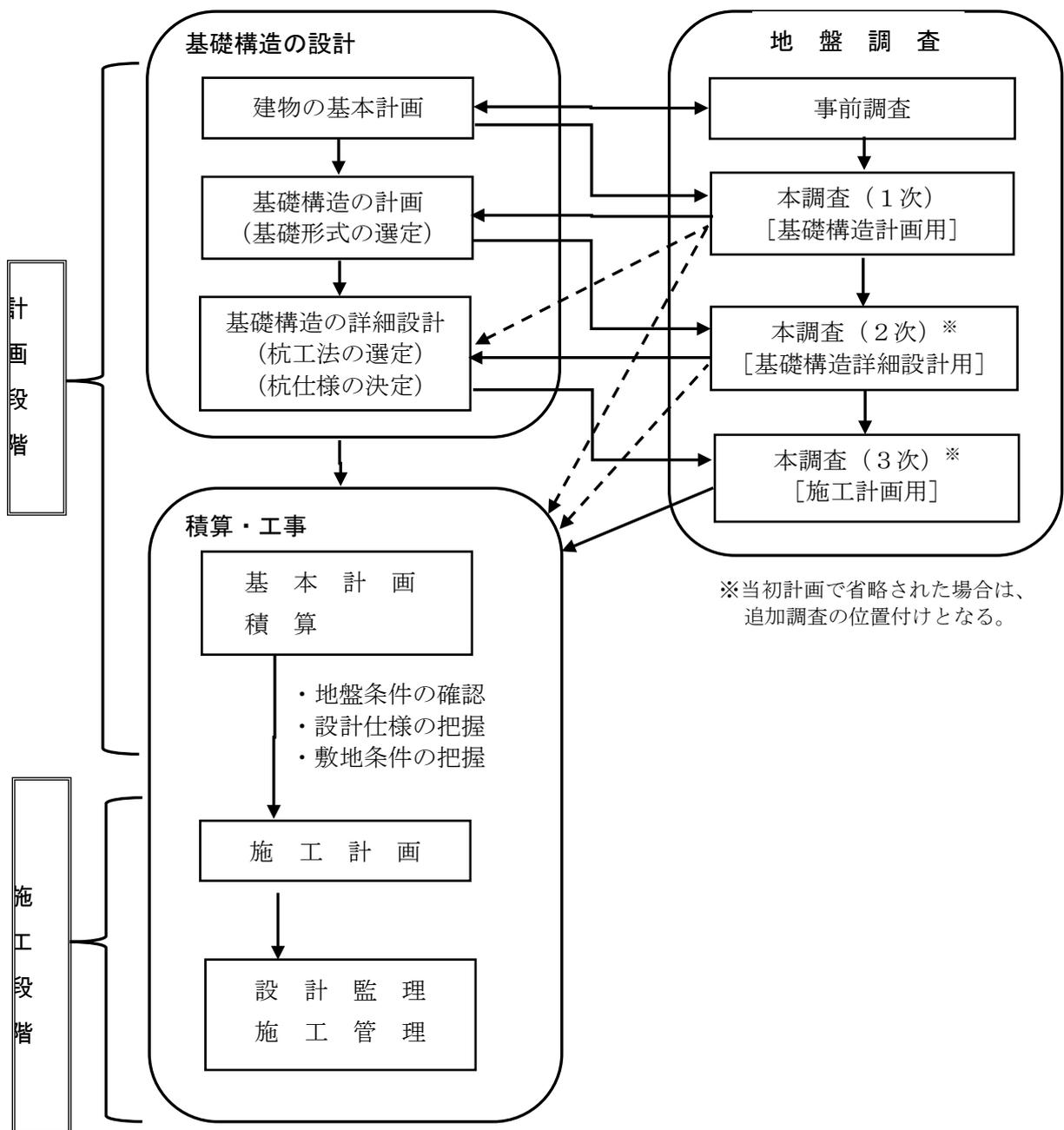


図 5.1-1 基礎構造の設計・施工の概略の流れ

## 5.1.1 地盤に関わる留意事項

### (1) 地盤調査計画の基本

平成 28 年 3 月に国土交通省から、横浜の分譲マンションに端を発した基礎ぐい工事に係る問題の再発防止を狙いとした告示、ガイドライン、通知が出されている<sup>1-3)</sup>。このうち地盤調査や地盤情報については、設計者に向けた通知「基礎ぐいの適正な設計について（国住指第 4240 号）」<sup>3)</sup>の中で、以下の留意点が示されている。

#### ① 地盤調査結果に基づく適切な設計の実施

- ・既存の地盤調査では地盤情報が不十分な場合は、追加の地盤調査を実施した上で設計を行う必要がある。
- ・既存の建築物が存在するなど、設計段階で地盤調査を十分に行うことができない場合は、施工時に追加の地盤調査を行うことを、設計図書に記載する必要がある。
- ・追加の地盤調査は、発注者の了解および費用負担のもと行う。

#### ② 十分な地盤調査の実施

- ・「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」<sup>4)</sup>にボーリング調査の数量の目安が示されている。
- ・設計者は、このような目安を参考としつつ、支持層の傾斜や起伏が想定される場合等の複雑な地盤の場合は、支持層を誤認するなどの施工不良のリスクを低減するために、通常よりボーリング調査の数量を増やすなど、設計を行う敷地の地盤状況および建築物の配置計画等に応じた適切な箇所および数量の地盤調査の実施を発注者に求めることが重要である。
- ・設計者は、既成市街地などでは、敷地に既存ぐいや改良地盤、地中障害物等が存在する場合があるので、これらの影響も勘案した地盤調査の実施を発注者に求めることが重要である。

#### ③ 地盤情報等の工事施工者との情報共有

- ・以下に示す基礎ぐいの施工上の留意事項等について、設計図書に記載するとともに、工事施工者等に設計内容を十分に説明し、注意喚起を行うなど、工事施工者等へ適切に情報提供することが重要である。

[基礎ぐいの施工上の留意事項等]

- ・複雑な地盤かどうか、既存ぐいの有無及びその処理などの設計の際に把握した地盤情報
- ・選定した基礎ぐいの種類や工法の特徴、施工・工事監理において確認すべき項目と確認方法

地盤調査計画を立案する際には、これらの留意点を踏まえ、基礎ぐいの設計・施工に必要な地盤情報を確実に得られるようにすることが基本である。必要にして十分な地盤情報を効率よく取得できる地盤調査計画を立案するためには、地盤調査および建物の基礎構造設計に関する相当の知識と経験が要求される。地盤調査計画の立案に際しては、日本建築学会から発行されている「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」<sup>4)</sup>や「建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A」<sup>5)</sup>など

の地盤調査に関わる専門書を参考にするとともに、地盤調査と基礎構造設計の両方に精通した専門技術者のアドバイスを受けることが望ましい。日本建設業連合会では、別途、地盤調査計画に関わるガイドラインの策定作業を進めているところである。ガイドライン発刊後はこちらも併せて参照いただきたい。

## (2) 地盤調査による支持層確認の基本・留意点

### (a) 支持層の条件の明確化

#### ①明確な定義の必要性

杭の支持層は、対象構造物の規模・用途、計画地の地盤条件、設計で期待する支持力性能や採用工法などにより異なるため、基礎構造の設計者は、支持層の条件を明確に定義する必要がある。支持層の条件を明確に定義しておくことが、支持層を正確に確認するための前提条件となる。

#### ②支持層の条件の定義

支持層の条件を定義する際には、支持力性能に影響を及ぼす指標を選定して用いることが基本である。支持層そのものの特性を表す指標（土質、層厚、N値など）のほか、適宜、支持層下部の地層の特性を表す指標（土質、層厚、N値、非排水せん断強度、圧密降伏応力など）を加えて、支持層を定義する必要がある。

設計の初期段階では地盤情報が不足するため、支持層を明確に定義することが困難なケースも少なくない。支持層の定義は、地盤調査の進行に応じて順次見直し、最終的に実地盤と整合するように定める必要がある。

#### ③支持層の定義に際して考慮すべき事項

以下、東京と大阪の実地盤を例にとり、支持層の条件を定義する際に考慮すべき事項を示す。

図 5.1-2 は東京の低地の地盤例である。Tog 層（東京礫層）が場所打ち杭の支持層に選定されることが多い地盤である。この地盤で、支持層の条件を  $N \geq 50$  とすると、支持層上面は Tog 層上面とは一致しない。このように、支持層は地盤調査報告書に示されている特定の地層と必ずしも一致するわけではない点にまず注意が必要である。

図 5.1-3 は同じく東京の低地の地盤例であるが、図 5.1-2 の地盤例と異なり、Tog 層以深に N 値が 50 未満に低下する部分がある。Edcs1 層と Edcs2 層は、いずれも細砂とシルトの不規則な互層からなっており、N 値が 60 以上か否かで区分されている。Edcs1 層中には不規則に N 値が 50 未満に低下する部分があり、この層を支持層とする場合には、追加調査を行い N 値の変化を正確に把握した上で、支持層の条件を定義する必要がある。N 値  $\geq 60$  を支持層の条件とすると、Edcs2 層が支持層となるが、この場合は Edcs2 層の上面の不陸・傾斜を正確に確認するための追加調査が必要である。

図 5.1-4 は東京の台地の地盤例である。隣合うボーリング No. 1、No. 2 間（間隔 17m）で土丹層の N 値に大きな相違が見られる。この地盤で N 値  $\geq 50$  の土丹層を支持層の条件とすると、ボーリング No. 1、No. 2 間で支持層上面の傾斜は 60 度近くになる。このような支持層の傾斜が極めて大きな条件で杭を確実に支持層に到達させるためには、杭位置毎の地盤調査が不可

欠である。

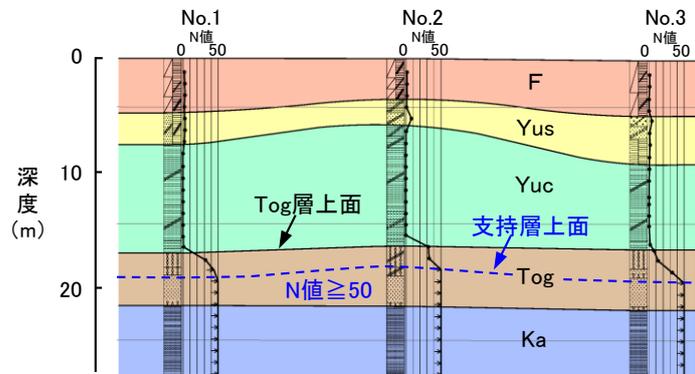


図 5.1-2 地盤例① (東京・低地) <sup>6)</sup>

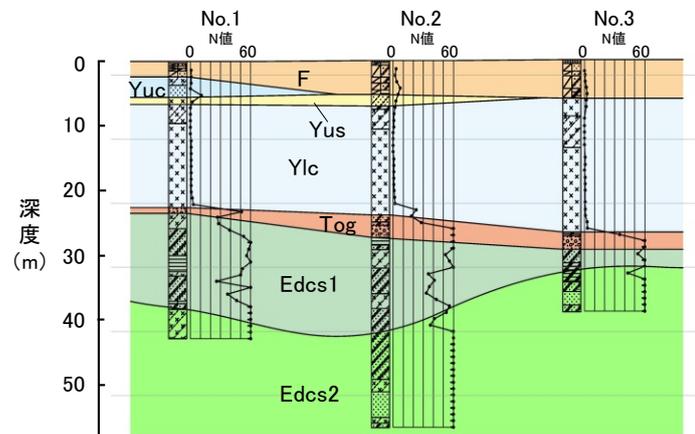


図 5.1-3 地盤例② (東京・低地) <sup>6)</sup>

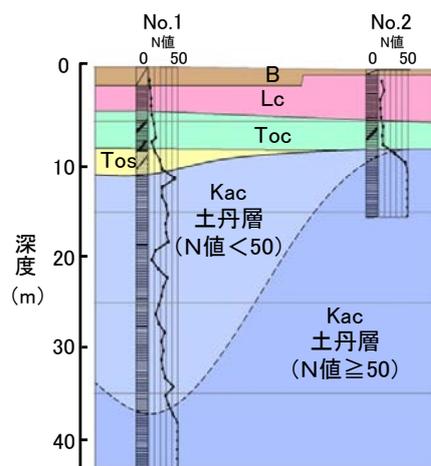


図 5.1-4 地盤例③ (東京・台地) <sup>6)</sup>

図 5.1-5 は大阪の低地の地盤例である。砂質土と粘性土の互層が厚く堆積しており、薄い砂質土層（中間層）を支持層とせざるを得ない地盤条件である。中間層を支持層とする場合は、中間層の特性を表す指標（土質、層厚、N 値など）はもとより、杭の支持力性能に影響を及ぼす下部の粘性土層の特性を表す指標（非排水せん断強度、圧密降伏応力など）を含めて支持層の条件を明確に定義する必要がある。中間層支持杭の支持力性能は、杭先端以深の中間層の厚さの影響を大きく受けるため、この厚さを十分確保できるよう支持層条件の定義に際して留意する必要がある。

図 5.1-6 は同じく大阪の互層地盤の例であるが、図 5.1-5 の地盤例と異なり、当該地点は上町断層の撓曲帯内に位置し、断層活動の影響で地層が一定の方向に傾斜している。傾斜した薄い中間層を支持層とするには、杭先端以深に所定の厚さを確保して杭を根入れできるよう、密な間隔で地盤調査を行い、各杭位置の中間層の深度・層厚を正確に確認しておくことが必須条件である。

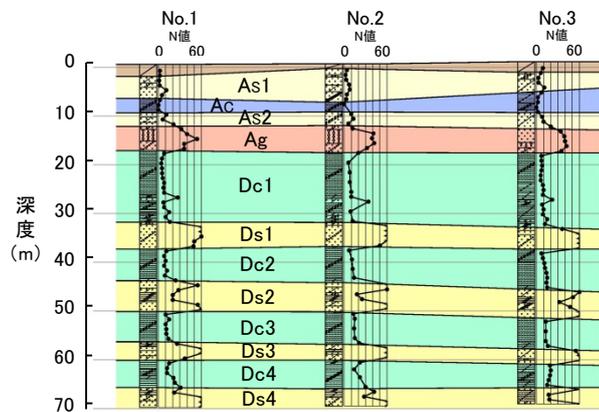


図 5.1-5 地盤例④（大阪・低地）<sup>6)</sup>

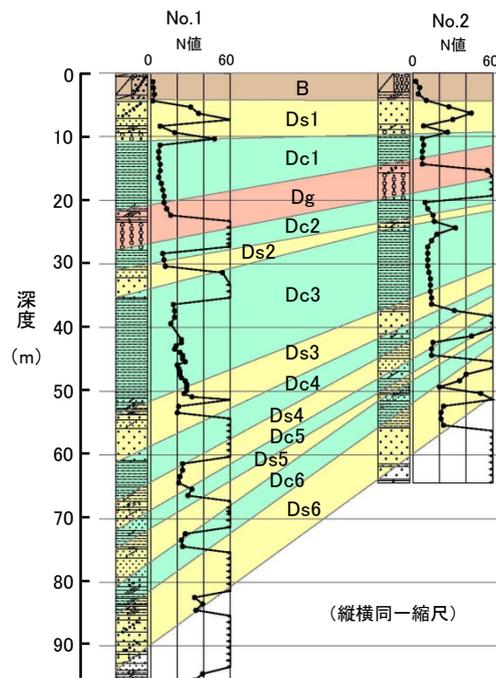


図 5.1-6 地盤例⑤（大阪・低地）<sup>6)</sup>

図 5.1-7 は東京の低地の地盤例である。中間層の Ds2 層と下部の Ds3 層が支持層の候補となるが、Ds2 層は一部のエリアでしか確認されていない。Ds2 層の層厚が十分あるエリアは Ds2 層を支持層とし、そうでないエリアは Ds3 層を支持層とすることで合理的な基礎構造を計画できるケースが多いと考えられる。このような不連続な中間層を支持層とするには、密な間隔で地盤調査を行い、その分布状況を正確に確認しておくことが不可欠である。

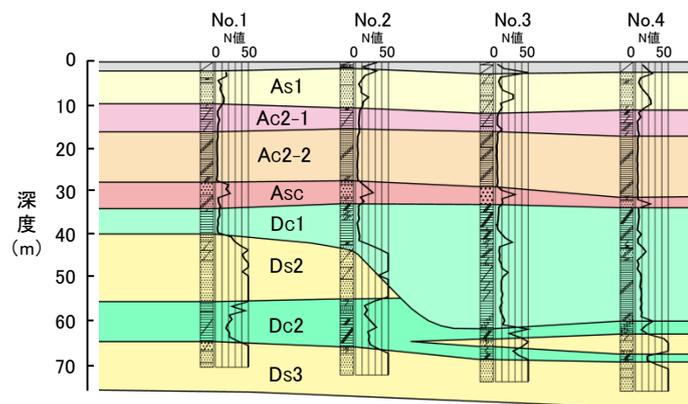


図 5.1-7 地盤例④（東京・低地）<sup>6)</sup>

(b) 支持層確認のための地盤調査計画のポイント

①基本

支持層確認のための地盤調査計画の基本は、定義された支持層条件に関わる地盤特性を、各杭位置において地盤調査で直接確認または周辺の調査結果から正確に推定できるように、地盤調査を計画することである。

②必要な調査点数・間隔

支持層確認に必要な調査点数・間隔は、調査地点間の地盤の推定精度に関連し、支持力性能に影響を及ぼす支持層及び下部層が水平成層条件に近いか否かに大きく依存する。水平成層条件に近い地盤では、調査間隔を粗くすることができるが、支持層の不陸・傾斜、層厚変化、不連続性の度合いが大きな地盤では、調査間隔を密にし多点で調査する必要がある。一般に、以下のような地盤条件では、支持層が複雑に変化するため多点調査が必要となる。

- ・丘陵地の切盛造成地盤などの人工改変地盤
- ・埋没谷や埋没丘陵などの埋没地形が伏在する地盤
- ・砂質土層と粘性土層が互層状に堆積した地盤（互層地盤）
- ・強風化花崗岩（まさ土）と風化花崗岩など風化度の異なる岩・土で構成された地盤
- ・地殻変動や断層活動の影響を大きく受けた地盤
- ・扇状地の粗粒堆積物、土石流堆積物、火砕流堆積物が不規則に堆積した地盤

薄い中間層を支持層とする場合は、その連続性や層厚変化の確認のため、密な間隔の調査が必要となる。図 5.1-8 に示すように、連続性が低い中間層に対し調査点数が不足すると、異なる地層を誤って繋ぐなど実際とは異なる地層断面が描かれ、支持層未到達や支持層突き抜けなど思わぬ重大トラブルを招く恐れがあるので十分注意が必要である。

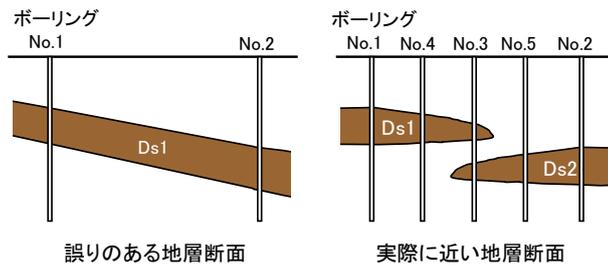


図 5.1-8 連続性の低い中間層を確認する際の注意点<sup>6)</sup>

### ③調査の進め方

上述の通り、正確に支持層を確認するために必要な調査点数は支持層の分布特性に大きく依存するが、事前に支持層の分布特性を予測できる地盤は限られ、またその予測精度にも限界がある。地盤調査を一度にまとめて実施するケースが少なくないが、支持層の不陸・傾斜が大きな地盤や支持層が不連続な地盤では、一度の地盤調査で過不足無く正確に支持層を確認することは難しい。このあたりの課題に対応するためには、支持層の変化に応じて柔軟な対応（調査ポイントの追加・変更、支持層条件の見直し等）がとれるよう、あらかじめ地盤調査を数回に分け段階的に進められるよう計画しておくことが重要である。

### (3) 施工過程における支持層確認の課題

場所打ちコンクリート杭の施工過程における支持層の確認は、掘削時に採取した土砂をボーリング調査結果（土質柱状図、土質標本）と対比して行うことが基本となっている<sup>7-8)</sup>（写真 5.1-1 参照）。

このように、杭先端部の土を直接観察できる点は場所打ちコンクリート杭ならではの長所であるが、掘削土は乱された状態となるため、支持層とその直上部の土質の変化が小さい地盤では、掘削土の観察により支持層を確認することは困難である。

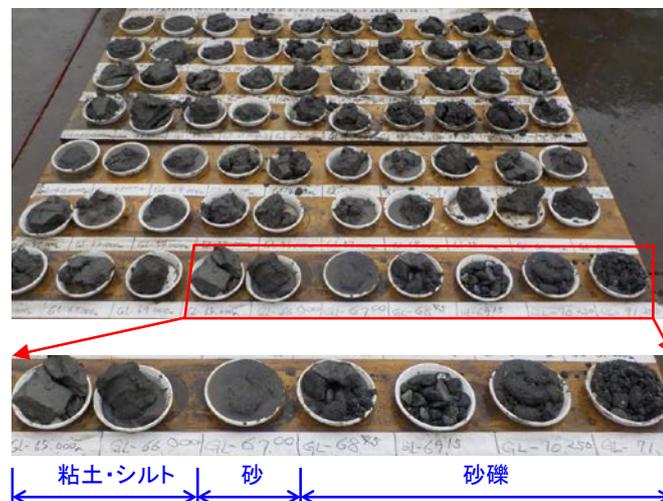


写真 5.1-1 掘削土の観察に基づく支持層の確認<sup>6)</sup>

図 5.1-9 に、支持層とその直上部の土質の変化が大きく、乱された掘削土でも支持層を確認できる地盤例を示す。図 5.1-10 は、図 5.1-9 に示した地盤例をベースに支持層 (N 値 $\geq 50$ ) の上面を地層境界からずらした地盤例である。このようにすると、支持層とその直上部の土質の変化が小さくなり、掘削土の観察では支持層確認が困難な地盤となる。図 5.1-11 は、支持層上面と地層境界は一致するものの地層間の土質の変化が小さく、掘削土の観察では支持層確認が困難な地盤例である。左端は N 値が漸増する砂地盤、中央は切盛造成地盤、右端は風化度の異なる花崗岩で構成された地盤である。

以上まとめると、掘削土の観察により支持層を確認できるのは、図 5.1-9 に示したような、支持層上面と地層境界が一致し、且つ地層境界で土質変化が大きな地盤ということになるが、このような条件を厳密に満たす地盤に実際に遭遇する機会は稀である。

掘削速度、回転抵抗、施工機の振動、ケリーバの動きなど、地盤の掘削状況を示す指標の変化も支持層確認のための補足的な判断材料となる。ただし、支持層とその直上部の硬さの変化が緩やかな地盤では明瞭な変化が表れないことや、地盤の掘削状況は施工機の操作法（オペレーターの技量）にも依存するため支持層確認の明確な根拠とするには再現性・客観性の面で問題があるのが現状である。

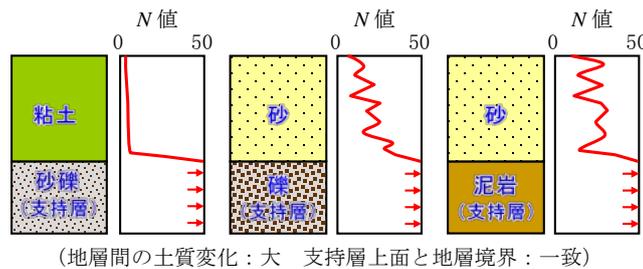


図 5.1-9 掘削土の観察で支持層確認が可能な地盤例<sup>6)</sup>

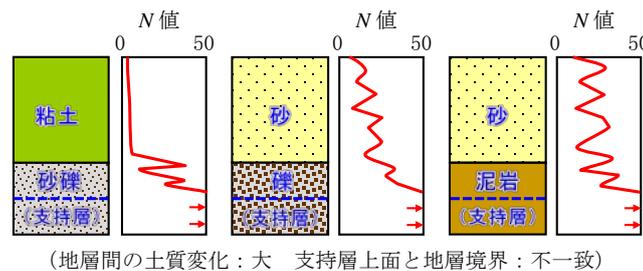


図 5.1-10 掘削土の観察で支持層確認が困難な地盤例<sup>①6)</sup>

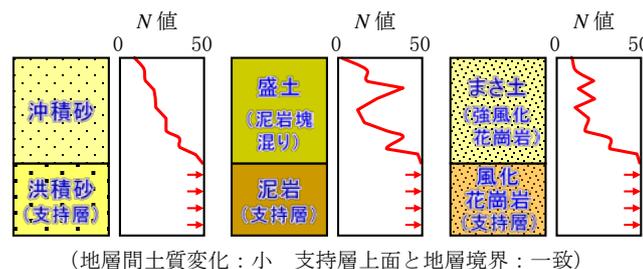


図 5.1-11 掘削土の観察で支持層確認が困難な地盤例<sup>②6)</sup>

最近、施工過程における支持層確認のための新たな技術開発の動きも見られるが、現時点では一般に利用可能な信頼できる確認手法の開発には至っていない。施工過程での支持層確認が難しい地盤においては、事前の地盤調査で支持層を正確に確認しておくことが極めて重要である。

(4) 計画段階で特に注意すべき不具合の生じやすい地盤条件

表 5.1-1 に、計画段階で特に注意すべき不具合の生じやすい地盤条件を、自然地盤と人工改変地盤に大別して示す。ここでは、これらの地盤条件に対して注意すべき事項を示す。

表 5.1-1 不具合の生じやすい地盤条件

地盤条件		想定される不具合
自然 地盤	①巨礫・玉石が出現する地盤	・掘削不能
	②硬質な土・岩が出現する地盤	・掘削不能
	③帯水層が複数ある地盤	・孔壁崩壊
	④支持層の不陸・傾斜，層厚変化や不連続性の程度が大きな地盤	・孔曲がり ・高止まり ・支持層未到達(支持力不足)
	⑤細砂（特に微細砂）が厚く堆積する地盤	・杭頭部コンクリート不良
	⑥緩い砂や礫などの崩壊しやすい土が堆積する地盤	・孔壁崩壊 ・杭頭部コンクリート不良
人工 改変 地盤	①丘陵地の切盛造成地盤	・孔曲がり ・高止まり ・支持層未到達(支持力不足)
	②セメント・生石灰で改良された地盤	・安定液の劣化に伴う 孔壁崩壊等
	③締固め砂杭工法で改良された地盤	・孔曲がり ・孔壁崩壊
	④既存基礎・地下躯体解体後に埋戻された地盤	・孔壁崩壊 ・杭頭部コンクリート不良
	⑤既存杭撤去後に埋戻された地盤	・孔壁崩壊 ・孔曲がり ・杭形状不良

(a) 注意すべき自然地盤

① 巨礫・玉石が出現する地盤

粒径 300mm 以上の礫を含む礫層・玉石層はドリリングバケットの土砂取り入れ口より大きい掘削が困難となる。また、粒径が 150mm 以上の礫・玉石（写真 5.1-2）が多く混入していると掘削に時間を要し施工性が著しく低下する恐れがある。このような地盤では、長尺

ケーシングを用いた補助工法の採用 (写真 5.1-3)、オールケーシング工法への変更、地下水位が低い場合には深礎工法への変更など、施工法の見直しが必要である。

なお、図 5.1-12 に示すように、礫の最大径をボーリングで確認するのは一般に難しい。杭の施工法の選定に際しては、ボーリング結果だけに頼らず、地形・地質、近隣の工事実績等の情報も加え、総合的に検討することが重要である。



写真 5.1-2 粒径が 150mm 以上の礫・玉石



写真 5.1-3 油圧ハンマグラブによる玉石除去例

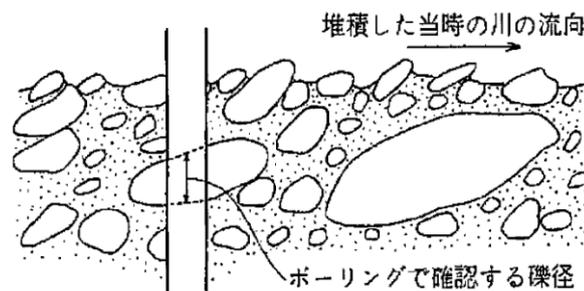


図 5.1-12 ボーリングと礫径<sup>9)</sup>

② 硬質な土・岩が出現する地盤

換算 N 値が 180 以上を示すような硬質な土・岩は、ドリリングバケットの爪が食い込まないため掘削不能となる。このような土・岩が出現する地盤では、長尺ケーシングを用いた補助工法の採用、オールケーシング工法への変更など、施工法の見直しが必要である。

③ 帯水層が複数ある地盤

安定液の液圧で孔壁を保持するためには、安定液水位を地下水位（自然水位および被圧水位）より高く保つ必要がある。帯水層が複数ある場合には、各帯水層の水位を確認し、安定液の水位が各帯水層の水位より 1.5m 以上高くなるよう計画することが基本である（図 5.1-13）。

一般に地下水位には季節変動が見られ、また、周辺の揚水の影響や海岸付近では潮の干満の影響を受けて変化する点にも注意が必要である。

遮水山留め壁で囲まれた中で杭を施工する場合には、安定液の浸透や降雨により、場内の地下水位が上昇することにも注意が必要である。

表層をすき取って「盤下げ施工」する場合など安定液の水位を地下水位より 1.5m 以上高く維持できない恐れがある場合は、ディープウェルを設け地下水位を低下させるなど適切な対応が必要である（図 5.1-14）。

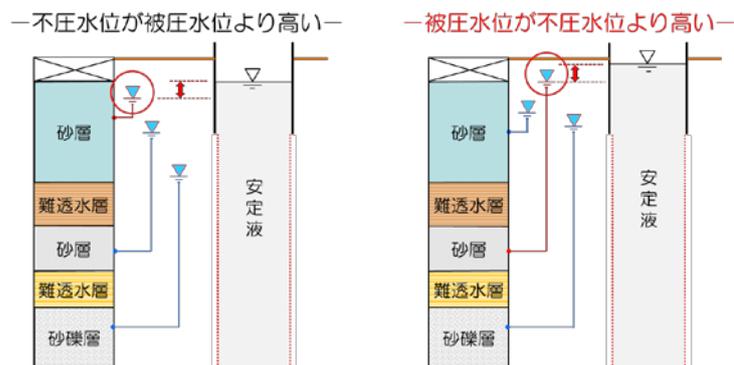


図 5.1-13 各帯水層の水位と安定液の水位の関係

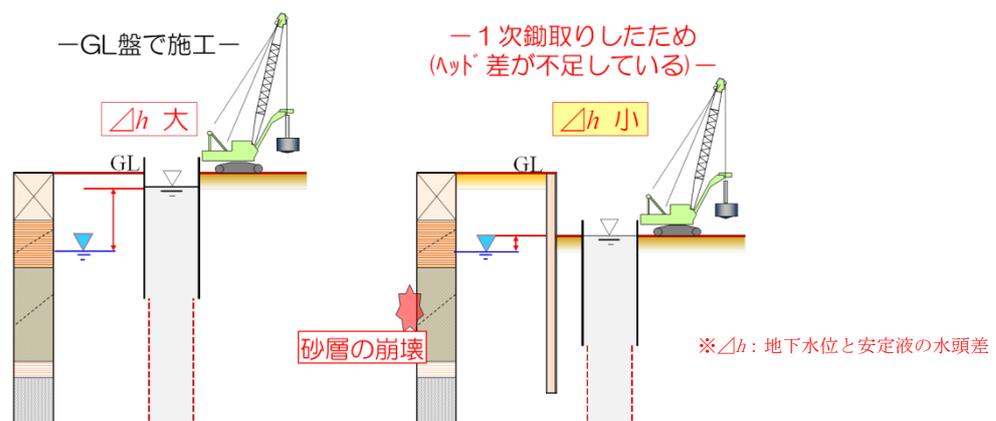


図 5.1-14 盤下げ施工をする際の注意点

④ 支持層の不陸・傾斜、層厚変化や不連続性の程度が大きな地盤

自然地盤において支持層の不陸・傾斜、層厚変化や不連続性の程度が大きくなる傾向がある地盤としては、次のような地盤が挙げられる。

- ・埋没谷や埋没丘陵などの埋没地形が伏在する地盤
- ・砂質土層と粘性土層が互層状に堆積した地盤（互層地盤）
- ・強風化花崗岩（まさ土）と風化花崗岩など風化度の異なる岩・土で構成された地盤（図 5.1-15）
- ・地殻変動や断層活動の影響を大きく受けた地盤
- ・扇状地の粗粒堆積物、土石流堆積物、火砕流堆積物が不規則に堆積した地盤

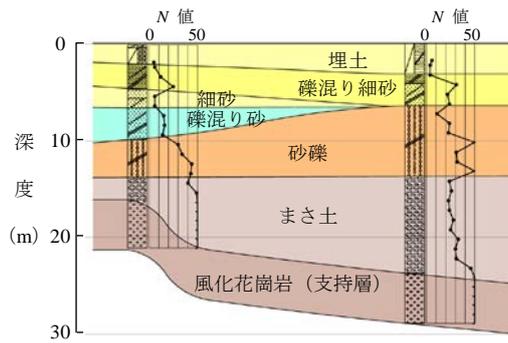


図 5.1-15 まさ土と風化花崗岩が堆積する地盤例<sup>10)</sup>

支持層に大きな不陸・傾斜がある地盤では、計画段階で地盤調査により支持層を正確に確認しておかないと、孔曲がり、高止まり、支持層未到達などの不具合を招く恐れがある（図 5.1-16、図 5.1-17）。このうち、孔曲がり、高止まりは、施工過程で不具合に気づき、修正掘りや掘削工法の変更などにより対応できるケースが多いと考えられる。一方、支持層未到達は、先述の通り、施工過程で支持層を確認できる地盤に限られるため、施工過程では不具合に気づかず建物の不同沈下・傾斜に直結する恐れがあることに注意が必要である。

支持層の不陸・傾斜、層厚変化や不連続性の程度が大きな地盤で不具合を回避するためには、計画段階で密な間隔で地盤調査を行い支持層の特性を正確に確認し、その特性に応じた工法を選定し杭を設計することが重要である。

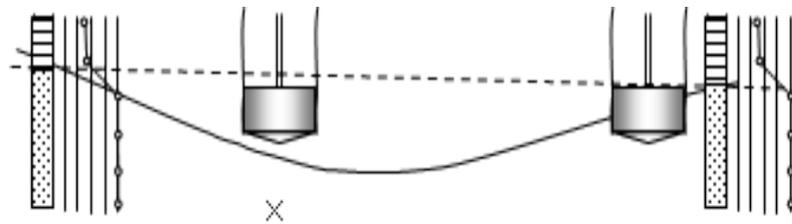


図 5.1-16 支持層に不陸がある地盤

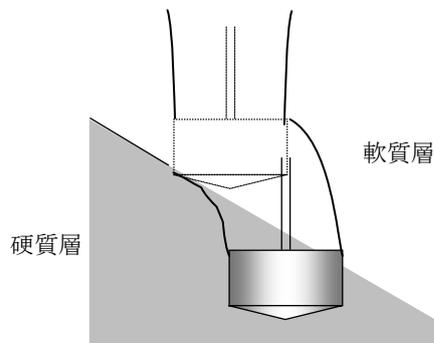


図 5.1-17 支持層傾斜による孔曲がり

⑤ 細砂が厚く堆積する地盤

細砂が厚く堆積する地盤（図 5.1-18）では、安定液中に浮遊している細砂が沈降に時間を要し、沈殿待ち後の底ざらいだけでは十分に除去することは難しい。安定液中に一定量以上の細砂が浮遊した状態でコンクリートを打込みむと、沈降した細砂がコンクリート天端に堆積し、コンクリート中に巻き込まれたりコンクリートの流動性を阻害し、コンクリートの品質不良や充填不良を引き起こす恐れがある（図 5.1-19 写真 5.1-4）。特に微細砂が厚く堆積する地盤においては、このような現象が生じやすい。細砂が厚く堆積する地盤でこのような不具合を避けるためには、1 次孔底処理過程で良液置換（水中ポンプなどで砂分を多く含んだ安定液を排除し良質な安定液に置換すること）を実施することが最も有効である。

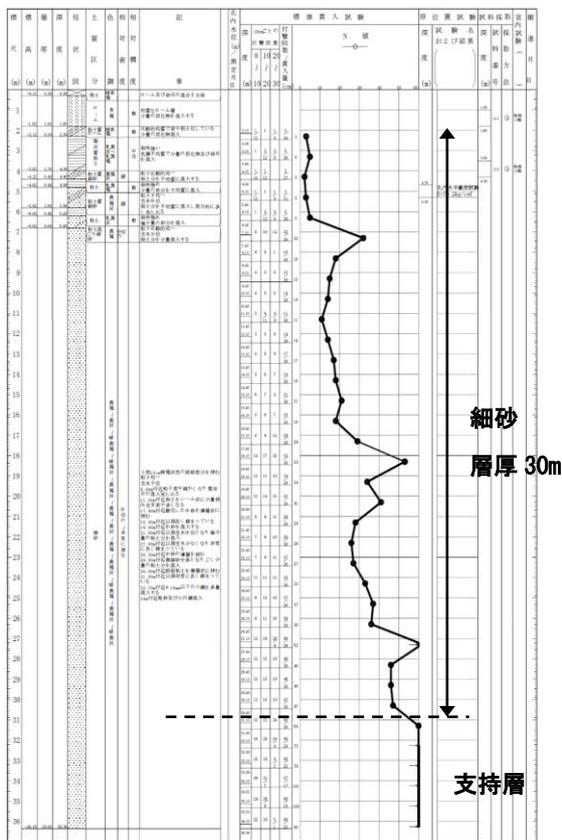


図 5.1-18 細砂が厚く堆積する地盤例  
（千葉・成田層）

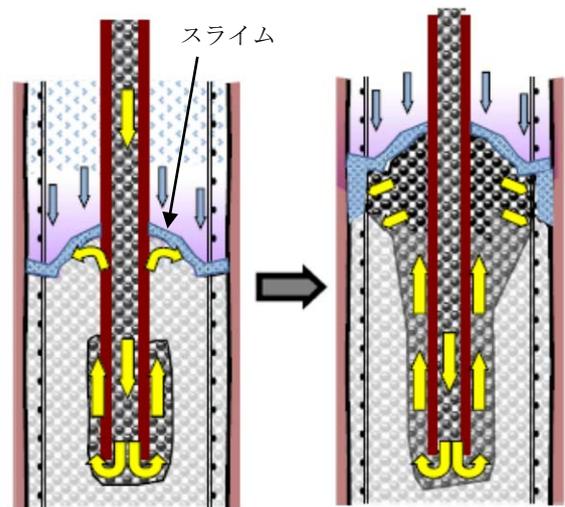


図 5.1-19 砂分による充填不良略断面図



写真 5.1-4 微細砂スライムによる杭頭不良

⑥ 緩い砂や礫などの崩壊しやすい土が堆積する地盤

緩い砂や礫などの崩壊しやすい土が堆積する地盤において、先行掘りしてケーシングを建て込むと、ケーシング裏側と地盤の間に空隙が生じることが多い。ケーシング裏側と地盤の

間に空隙が生じた状態でコンクリート打設すると、空隙部にコンクリートが回り込み、杭頭部の形状不良、余盛不足、コンクリートの品質不良などの不具合を引き起こすことがある。崩壊しやすい土が堆積する地盤では、ケーシング建て込み時の先行掘りは避ける必要がある。

(b) 注意すべき人工改変地盤

① 丘陵地の切盛造成地盤

丘陵地の切盛造成地盤では、支持層に大きな不陸・傾斜があるケースが多い。先述の通り、支持層に大きな不陸・傾斜がある地盤では、計画段階で地盤調査により支持層を正確に確認しておかないと、孔曲がり、高止まり、支持層未到達などの不具合を招く恐れがある。不具合を回避するためには、計画段階で密な間隔で地盤調査を行い支持層の特性を正確に確認し、その特性に応じた工法を選定し杭を設計することが重要である。

② セメント・生石灰で改良された地盤

セメント、生石灰で改良された地盤では、改良地盤中のセメントや塩分の混入により安定液が劣化（ゲル化し比重、粘性、ろ過水量の増大）し、所期の性能を満足しなくなることがある（表 5.1-2）。特にベントナイトを主材料とするベントナイト系安定液はこの傾向が顕著である。このような地盤では、CMC を主材料とするポリマー系安定液の採用や、改良地盤と安定液の接触回避に有効な長尺ケーシングの採用などを、事前に検討しておくことが重要である。

表 5.1-2 セメントの混入による安定液の劣化

測定値 管理項目	小	大
比 重		適正領域 →
ファンネル粘性		→
p H		適正領域 →
ろ過水量	適正領域	→

③ 締固め砂杭工法で改良された地盤

締固め砂杭工法で改良された地盤に場所打ちコンクリート杭を施工すると、場所打ちコンクリート杭に砂杭が干渉し、掘削時に孔壁崩壊や孔曲りを引き起こすことがある。このような不具合を避けるためには、次のような対策を講じることが重要である。

- ・地盤改良が施工済み場合：砂杭が干渉する杭は長尺ケーシングを用いて施工する。
- ・地盤改良が未施工の場合：杭に干渉しないよう砂杭を配置する（図 5.1-20）。杭と砂杭の離隔距離の目安は 50cm 以上である（図 5.1-21）。

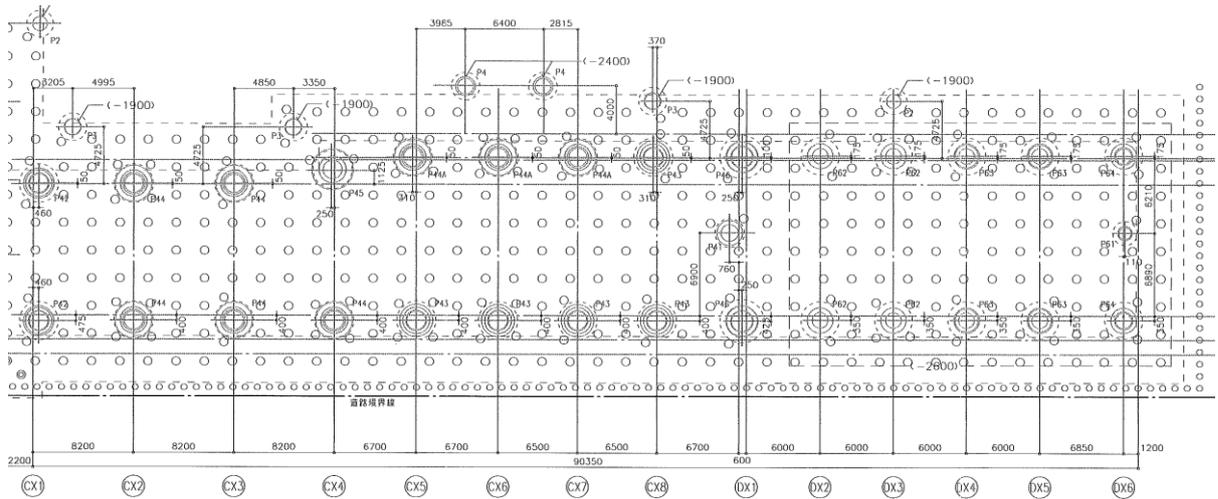


図 5.1-20 干渉しないように調整した砂杭と場所打ちコンクリート杭の配置例

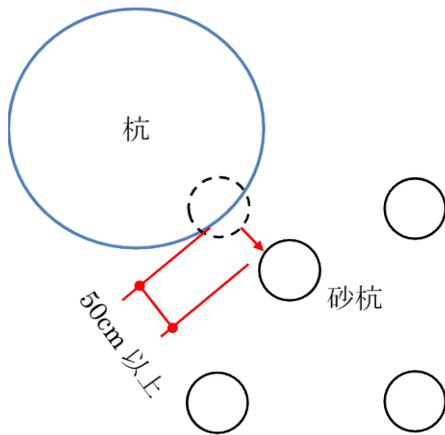


図 5.1-21 干渉した砂杭の対策例



写真 5.1-5 既存基礎解体状況例

④ 既存基礎・地下躯体解体後に埋戻された地盤

既存基礎・地下躯体解体後に緩く埋戻された地盤では、掘削時に孔壁崩壊が生じやすいので、埋戻し部の下端までケーシングを入れるか、流動化処理土などの改良土で埋め戻すことが基本である。緩く埋戻された地盤に先行掘りしてケーシングを建て込むと、ケーシング裏側と地盤の間に空隙が生じ、コンクリート打設～ケーシング引抜き過程で、空隙部にコンクリートが回り込み、杭頭部の形状不良、余盛不足、コンクリートの品質不良などの不具合を引き起こすことがあるので注意が必要である。緩く埋戻された地盤では、ケーシング建て込み時の先行掘りは避ける必要がある。

なお、既存基礎・地下躯体の解体が先行して実施されている場合は、解体範囲・深度、埋戻し方法等、解体工事の詳細を発注者を通じて確認しておくことが重要である。

⑤ 既存杭撤去後に埋戻された地盤

既存杭撤去後に埋戻された地盤では、埋戻し部と干渉する位置にアースドリル工法で新設場所打ちコンクリート杭を施工する際に不具合が生じやすい傾向がある。最近では埋戻しに流動化処理土や泥水固化がよく用いられているが、その埋戻し部が固化不良の場合、アースドリル機で掘削する際に埋戻し部崩壊による孔曲がりや、崩壊部に打設コンクリートが流れ込むことによる杭形状不良を生じることがある<sup>11)</sup> (図 5.1-22)。

こうした不具合の発生は既存杭と新設杭の干渉度合に大きく依存し、図 5.1-23 に示す干渉度合の「部分ラップ」と「ラップしないが直近」の場合に特に注意する必要がある。このような場合には、埋戻し部の固化不良を想定し、埋戻し部に干渉する範囲を保護できる長尺ケーシングを利用するなどの対策をあらかじめ施工計画に盛り込んでおくことよい。しかし既存杭の杭長が新設杭と同程度の場合は、新設杭の施工法をアースドリル工法ではなく、オールケーシング工法や全周回転機併用アースドリル工法に変更するなどの対策も選択肢として考える必要がある。新設杭の設計段階においても、埋戻し部の固化不良を想定して余裕度を持たせた設計をするなどの配慮が必要となる。

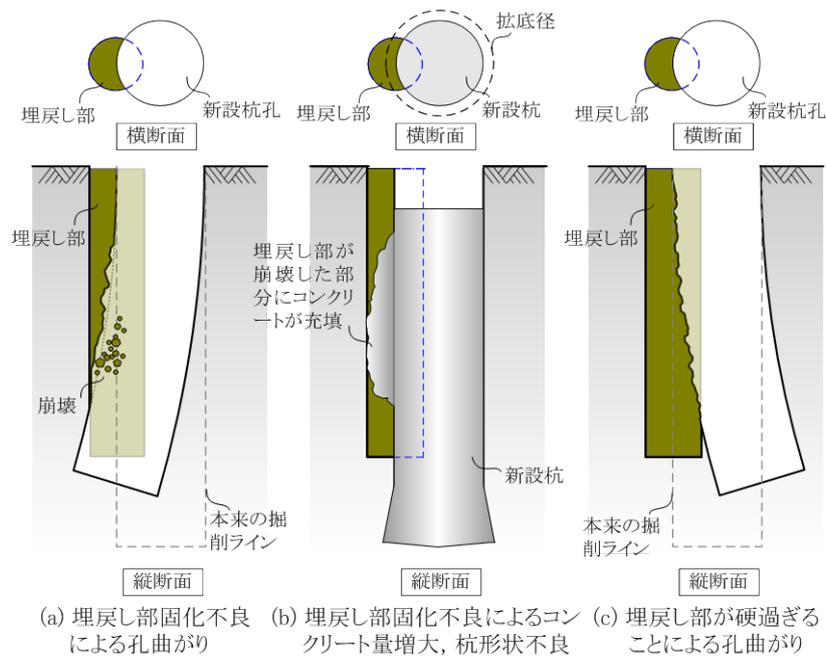


図 5.1-22 既存杭撤去後の埋戻しに起因する不具合例<sup>11)</sup>

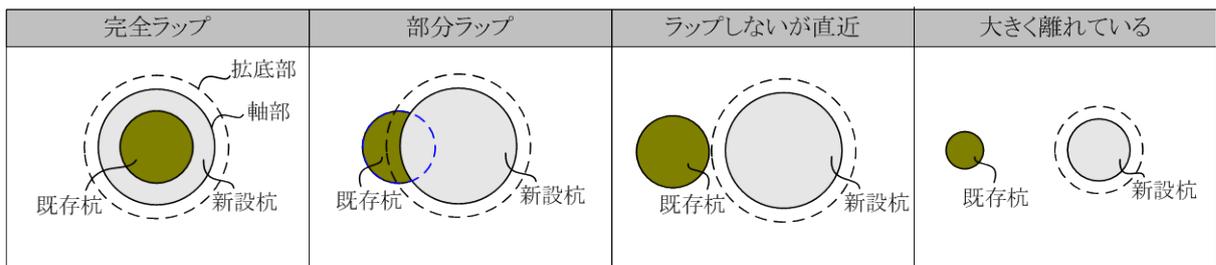


図 5.1-23 既存杭と新設杭の干渉度合<sup>11)</sup>

既存杭を撤去した業者と新設杭の施工者が異なる場合は、表 5.1-3 に示すような既存杭撤去・埋戻し工事の記録を新設杭の施工者に引き継ぐことが必要である。この施工記録を抛り所とすることで、上述した不具合を回避できる新設杭の施工計画を立てることが可能となる。施工記録をきちんと残すためには、発注者・事業者が既存杭撤去工事の発注条件にその旨を明記し、施工記録を自ら保管しておくことが望ましい。

表 5.1-3 既存杭撤去・埋戻し工事で残すべき施工記録の例<sup>1)</sup>

項目		例
既存杭撤去工法名称 (施工会社名)		オーガーケーシング工法 (〇〇建設株式会社)
埋戻し土の種類		流動化処理土
埋戻し方法		杭孔先端まで挿入した注入管にて打ち上げる
埋戻し土の品質基準		一軸圧縮強さ: 130 kN/m <sup>2</sup> 以上, 550 kN/m <sup>2</sup> 以下
		フロー値: 180~300 mm
		ブリーディング率: 1 %未満
埋戻し土の配合		固化材: 高炉セメントB種120 kg/m <sup>3</sup>
		調整泥水: 1500 kg/m <sup>3</sup> 処理土密度: 1.50g/cm <sup>3</sup> 以上
埋戻し土の圧縮試験結果		平均420 kN/m <sup>2</sup>
既存杭 1本 ごとの 施工 記録	杭種, 杭径, 杭長, 杭 頭レベル, 1本杭or群 杭(本数), その他	杭種: PC杭, 杭径: φ 400 mm, 杭長: 8 m, 杭頭レベル: GL-2 m, 1本杭, その他: 折れ曲がっていて抜けなかった場合 の処置など
	埋戻し土の数量	流動化処理土の場合: 投入した流動化処理土 の数量 (m <sup>3</sup> )
		泥水固化の場合: 投入したセメントベントナイト の数量 (m <sup>3</sup> )
埋戻し部直径, 深さ		φ 700 mm(ケーシング外径), 深さ10 m
撤去した既存杭の図面		平面図(杭伏図), 断面図(杭姿図)

【参考文献】

- 1) 国土交通省：基礎ぐい工事の適正な施工を確保するため講ずべき措置，平成 28 年国土交通省告示第 468 号，2016.3.
- 2) 国土交通省：基礎ぐい工事における工事監理ガイドラインの策定について，平成 28 年 3 月 4 日付け国住指第 4239 号，2016.3.
- 3) 国土交通省：基礎ぐいの適正な設計について，平成 28 年 3 月 4 日付け国住指第 4240 号，2016.3.
- 4) 日本建築学会：建築基礎設計のための地盤調査計画指針，2009.
- 5) 日本建築学会：建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A，2015.
- 6) 武居幸次郎：先端支持力の性能確保のための支持層確認，基礎工，Vol.44, No.3, pp.8-11, 2016.

- 7) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭の施工と管理， p.162， 2014.
- 8) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭施工指針・同解説， pp.45-46， 2016.
- 9) 全国地質調査業協会連合会：ボーリング野帳記入マニュアル 土質編， pp. 102-103， 2000.
- 10) 地盤工学会：杭基礎のトラブルとその対策（第1回改定版）， pp. 66-67， 2014.
- 11) 崎浜博史， 宮田勝利， 川幡栄治：既存杭と干渉する位置における場所打ちコンクリート杭施工の留意点， 基礎工， Vol.44， No.3， pp.33-36， 2016.

## 5.1.2 安定液に関わる留意事項

### (1) 安定液の機能

場所打ちコンクリート杭（アースドリル工法）の施工に用いる安定液の機能を以下に示す。

#### (a) 孔壁の崩壊防止

ベントナイトまたはCMCを主体とする安定液を用いると、孔壁面にマッドケーキ（不透水膜）が形成され、杭孔内から周辺地盤への安定液の逸水が抑止される。この状態で孔内水位を周辺の地下水位より高く保つことで孔壁面に安定液の水頭圧が作用することにより、孔壁の崩壊を防止する。

#### (b) スライムの孔底への沈降促進

掘削で生じた土砂などのスライムが孔底に沈降した状態でコンクリートが打込まれた場合、杭先端にスライムが残存して杭の支持性能に悪影響を及ぼす可能性がある。また、スライムがコンクリートに巻き込まれることによりコンクリートの品質を低下させる恐れがある。そこで、コンクリートを打込む直前に水中ポンプ等を用いて実施するスライム処理を効果的に行うために、安定液の配合により孔内に浮遊するスライムを短時間に孔底に沈降させる。

#### (c) コンクリートとの良好な置換性

コンクリートの打込み中に、安定液がコンクリートに巻き込まれることなく、良好な置換性を確保することでコンクリートの品質を確保する。砂分を多く含んだ比重の大きい安定液や粘性の高い安定液の場合、コンクリートとの置換性が低下して安定液を巻き込むことによりコンクリートの品質に悪影響を及ぼす恐れがある。

### (2) 安定液の配合計画および施工中における留意事項

安定液の配合計画時および施工中における主な留意事項を以下に示す。

#### (a) 地盤条件に適合した安定液の仕様

地盤条件に適合した安定液の仕様を設定するために、施工地盤における地盤調査結果や近隣の施工実績等の情報を整理する。地下水位が高い地盤、透水性が良好な地盤や崩壊性を有する地盤においては、孔壁の安定性を確保することが難しくなるので、慎重に安定液の配合を検討する。また、改良地盤や埋戻し地盤のような人工改変地盤においては、安定液に対して化学的な影響を及ぼす可能性があることにも留意する。

#### (b) 留意する地盤調査項目

安定液の配合計画に当たっては、地盤調査報告書に記載されている調査項目に関して、施工地盤の地歴、土質の種類、地下水位、N値の深度分布、ボーリング柱状図の記事内容や調査実施時期等に留意する。地下水位については、孔壁の安定性を確保するために不圧水位および被圧滞水層の被圧水頭にも留意して、安定液の孔内水位を設定する。ボーリング柱状図

の記事等から逸水層が想定される場合には、補助剤を使用するなど安定液の配合を検討する。また、地下水位には、顕著な季節変動が伴う地域もあるので、地盤調査時期についても留意する。

(c) 安定液の劣化について

施工中の安定液は、掘削土砂の混入、コンクリートのセメント成分や金属イオンの影響により劣化するため、安定液の性状を定期的に確認し、計画時に設定した管理項目（比重、ファンネル粘性、砂分、ろ過水量、pH など）の計測値が管理基準値の範囲内に収まるように管理する。

(d) 安定液の二元管理（良液置換）について

掘削終了後に行うスライム処理については、コンクリートとの良好な置換性を確保するため、水中ポンプ等でスライムを吸い上げると同時に、杭頭不良を予防する観点からも杭孔内の安定液を原則として良質な安定液（良液）に置換する。また、これにより、コンクリート打込み直前に行う二次スライム処理が容易となる。施工中の安定液管理において、掘削中とコンクリート打込み直前の2段階に分けて、安定液のファンネル粘性、比重や砂分等を管理（二元管理）することを推奨する。

【参考文献】

- 1) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭の施工と管理（第5版），2009年
- 2) 公共建設協会：建築工事監理指針（上巻）平成28年版，2016年

### 5.1.3 コンクリートに関わる留意事項

#### (1) コンクリートの打上がりについて

##### (a) 既往文献に示されている知見

昭和 34 年に米国から導入されたアースドリル工法は、場所打ち杭の代表的な機械式掘削工法として発展し、今日では建築基礎分野の場所打ち杭工法として広く普及している。場所打ち杭の施工管理に関する既往文献は数多くあるが、その中からコンクリート打設時の杭孔内におけるコンクリートの打上がりについて記述した文献を紹介して、文献中に説明されているコンクリートの打上がり状況に関する知見を示す。

文献 1)の「場所打ちぐいによるトレミーコンクリートの打ち方」の項では、**図 5.1-24** を用いて「トレミー工法」が説明されている。その中でコンクリートの打上がりについて以下のような記述がある。「トレミーから（孔底に）流れ出たコンクリートは横方向および上面に流動し、古いコンクリートを押し広げて、あたかもキャベツの玉が成長するような形で広がっていく。コンクリートは上へ上へと広がり、コンクリートの投入が進むにつれて、打ったコンクリートとトレミー内のコンクリートは圧力が平均して流れなくなる。このときトレミーを適宜引き上げるとコンクリートは再び流れ出す。」。

コンクリートの打上がり状況について実験等で確認しているわけではなく、あくまで想像による記述のようであるが、トレミー管を用いたコンクリートの打設方法であるので、先に打設されたコンクリートは下方に位置するトレミー管先端より後から打設されるコンクリートにより杭孔内を上方へ押し上げられると考えられていたと思われる。

文献 2)の「レイタンスと余盛り」の項には、設計杭頭以上に余分に打設する「余盛りコンクリート」の説明に関連して、以下のようなコンクリートの打上がり状況に関する記述がある。「トレミーを使って水中（安定液）コンクリート打ちをする場合、コンクリートはトレミー内では安定液に接触しないが、トレミーから噴出したあと安定液に接触したり、沈殿物を巻込んで強度が落ちる。これらは、連続して打設されるコンクリートによって押し上げられ、壊されて根伐土とともに処分される。（中略）したがって、余盛り（この工法では通常 0.5～1.0m）の上部は、ほとんど強度が期待できないレイタンスであり、設計杭頭に近い下部は良質のコンクリートとなる。その関係を示したのが**図 5.1-25**である。

この記載もコンクリートの打上がり状況について想像に基づいて記述されたものと思われるが、文献 1)に比べて詳細に説明がなされている。すなわち、コンクリート打設開始後にトレミー管から噴出したコンクリートは安定液に接触したり、沈殿物を巻込んで強度が落ちるが、劣化したコンクリートは後から打設されるコンクリートによって上方へ押し上げられ、設計杭頭以上に余分に打設される余盛りを構成することになり、設計杭頭以深には良質なコンクリート

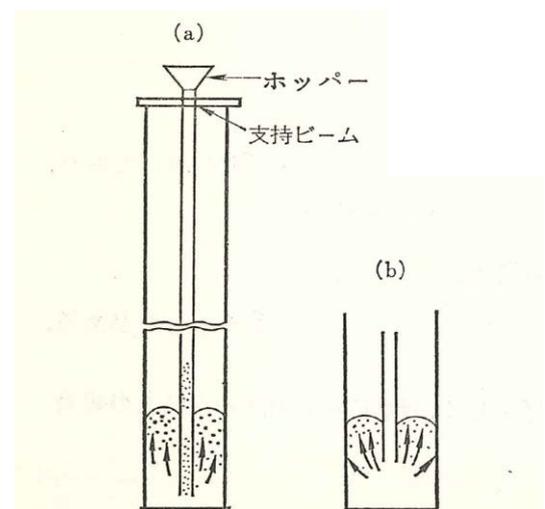


図 5.1-24 コンクリート打上がり状況<sup>1)</sup>

が充填されると考えられている。

トレミー管を用いた場所打ち杭のコンクリート打設における杭孔内のコンクリートの打上がり状況については、文献 1)、2)に示されている内容が多くの実務者のこれまでの認識であったと思われる。

文献 2)とほぼ同時期に発刊された文献 3)の「コンクリートの品質」の項には、コンクリートの打上がりについて文献 2)とは異なる知見が示されている。「順次打設されるコンクリートが、打設終了後、杭のどの位置にあるのかを調べた報告によると打設途中に最上部にあったコンクリートが、終了時にも最上部にあるとは限らないことがわかっている」(p. 42)とし、「コンクリートの上ののっているスライム」(p. 42)をコンクリートに巻き込む恐れを指摘して、コンクリート打設前のスライム処理の重要性を説明している。また、杭頭部に断面欠損が生じる原因のひとつとして、「打設途中のコンクリートの上面が地表面に近づきトレミー管を徐々に引抜く場合に、トレミー管のコンクリートへの挿入長さが短くなるとトレミー管の先端から出たコンクリートはトレミー管に沿って上方に流動するようになり、スライムやレイタンスは押し上げられずに周囲に残された状態となる」(p. 42)ことを説明している。文章中にある調査報告の出典が明らかにされていないものの、これまでの文献のようにコンクリートの打上がり状況に関して想像だけではなく、何らかの調査結果に基づいた説明がなされている。文献 3)では、コンクリートの打上がり状況について、トレミー管のコンクリートへの挿入長さが短くなった場合ではあるが、トレミー管の先端から吐出したコンクリートがトレミー管に沿って上方に流動するため、先に打設されたコンクリートが必ずしも上方へ押し上げられない状態になることを指摘している。

文献 4)の「コンクリートの打設」(p. 6)には、文献 5)に示された実験結果に基づいて、コンクリートの打上がり状況が説明されている。実験はトレミー管を用いた地中連続壁のコンクリート打設時にミキサー車ごとにコンクリートの色を変えて打設し、硬化後に壁体を掘出して切断し、打設されたコンクリートが壁体のどこにあるかを調べたものであり、調査結果が図 5.1-26 に示されている。コンクリートは 6 回に分けて打設され、トレミー管の先端は、1~3 回目の打設時には孔底付近にあるが、4 回目以降は順次トレミー管が引き上げられてコンクリートが打設されている。トレミー管のコンクリートへの挿入長さは、3 回目の打設開始時には約 3m、4 回目以降では約 1m である。文献 4)にはコンクリートの打上がり状況について、

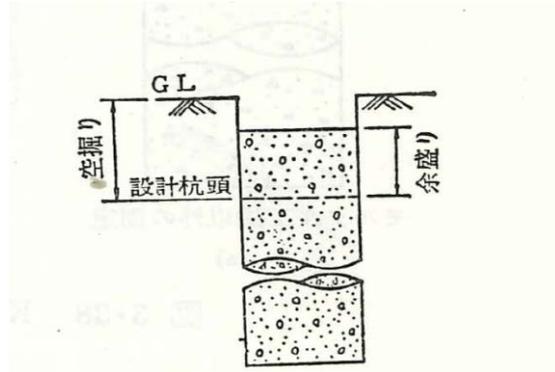


図 5.1-25 設計杭頭と余盛り<sup>2)</sup>

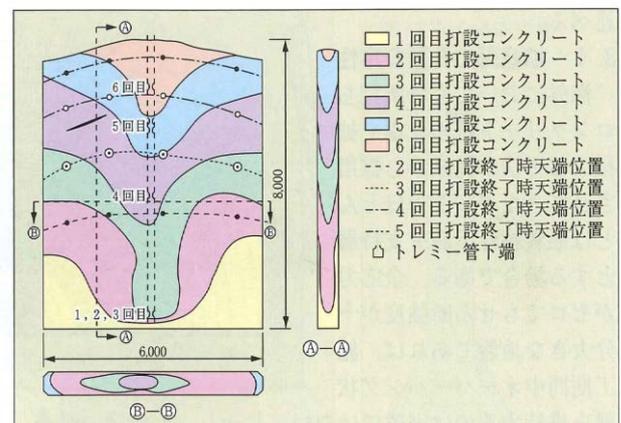


図 5.1-26 地中連続壁におけるコンクリートの打上がり状況<sup>4)</sup>

「打設されたコンクリートはその前に打設されたコンクリートを上に押し上げるのではなく、外側に押広げるとともに、先に打設されたコンクリートの上部に来ている。トレミー管先端を出たコンクリートは、トレミー管外周面を伝ってコンクリート表面に達し、表面に覆い被さるように外側に向かって流れていく」として、「安定液には常に新たなコンクリートが接するので、コンクリートの劣化と安定液の成分をコンクリートに巻き込む恐れがあること」に留意することを喚起している。

(b) 実際のコンクリートの打上り状況について

トレミー管を用いた杭孔内のコンクリートの打上り状況は、文献3) および4)に示された実験結果に基づく記述を参考にする、トレミー管の先端から吐出したコンクリートがトレミー管に沿って上方に流動し、コンクリート表面に達し、表面に覆い被さるように外側に向かって流れていくものと考えられる。したがって、後から打設されるコンクリートがその前に打設されたコンクリートを上方に押し上げるのではなく、外周側に押広げるとともに、先に打設されたコンクリートの上に覆い被さるような現象が生じているものと考えられる。図 5.1-27 に、文献3) および4)を参考にして推定した杭孔内におけるコンクリートの打上り状況を示す。

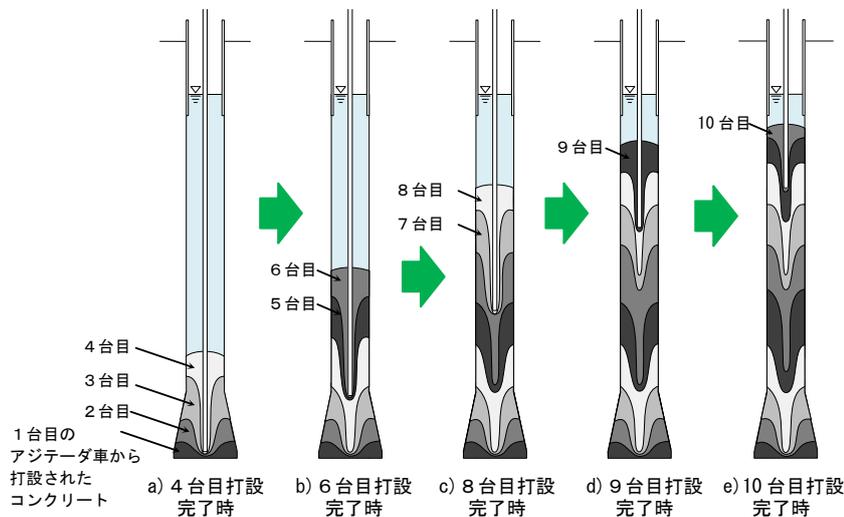


図 5.1-27 杭孔内におけるコンクリートの打上り状況推定図

(2) スランプについて

図 5.1-28a のように、コンクリートはトレミー管から先行打設のコンクリートを押し広げるように鉄筋かごの外側へ流れる。そのため、コンクリートの流動性が悪いと鉄筋かごの外側まで到達できないまま打ち上がってしまう、いわゆるトウモロコシ現象となる可能性が高くなる。

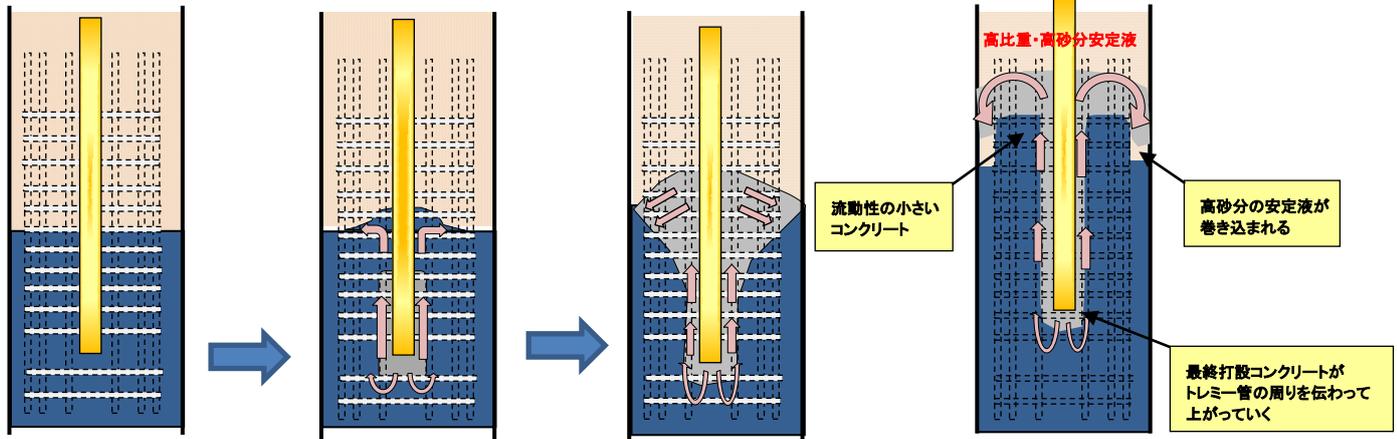


図 5.1-28 a コンクリートの上がり状況推定図

図 5.1-28b 杭頭不良状況図

また、流動性が悪いと鉄筋かごの内側と外側でコンクリート天端の高低差が大きくなり、余盛り部分のコンクリート打設時、第一フープ（帯筋）より上から外周部にコンクリートが落下してスライムを挟み、杭頭不良を起こすことがある。（図 5.1-28b 参照）

写真 5.1-6 と 5.1-7 は、それぞれ、スランプ 18cm と 21 cm で指定したコンクリートで、杭径を 3m で模擬した打設実験における杭頭部の充填状況の結果である。スランプ 18 cm で指定したコンクリートでは、2 台目の荷卸し時試験で許容下限値内である 15.5cm があり、そのコンクリートを打設したところ、写真のように著しい充填不良が見られた事例<sup>6)</sup>である。同じ配筋条件でもスランプ 21 cm を指定し、荷卸し時の試験結果が 22.0~22.5 cm のコンクリートでは不具合が見受けられなかった実験例である。



写真 5.1-6 充填不良の事例<sup>6)</sup>



写真 5.1-7 スランプ 21 cm の杭頭部外観<sup>6)</sup>

3.2節で述べたように、「トウモロコシ現象」と呼ばれるコンクリートの充填不良の推定要因は複数あり、それぞれの要因がどの程度重きをなしているかを定量的に評価するのは極めて困難である。WGで収集した不具合事例には、コンクリート打設前に安定液の良液置換を実施しても、コンクリートの流動性が確保できずに「トウモロコシ現象」が生じた事例もあった。設計時のスランプ 18 cm に対して、荷降ろし時の検査で 15.5 cm～16.0 cm の値が通過した結果、トレミー管内でさらに流動性が低下して杭頭不良に至ったことが最大の要因と判断された。

まして近年の杭は設計基準強度が高く、単位水量を確保するために高性能 AE 減水剤等を添加するケースが増えており、従来に比べて粘性の高いコンクリートを打設する傾向にある。さらに杭の大径化に伴い、トレミー管周囲から出たコンクリートが外周部へ到達するまでに流動性が失われるリスクも大きくなっている。杭頭鉄筋の過密化を含めてこれらを鑑みると、「コンクリートの流動性の低下」という不具合要因を事前に1つでも排除しておくことが必須であり、計画段階ではコンクリートのスランプを 21 cm とすることを推奨するに至った。

一方、プラントからの運搬やコンクリート打設までの待機時間が長くなるとスランプロスが生じる。スランプの経時変化を事前に把握しておくことなど、流動性の低下に対する意識と心構えを持って工事にあたることも重要である。流動性の低下は、細骨材率や混和剤の種類、細骨材と混和剤の相性、単位水量の多寡、外気温等に影響を受けるため、プラントにより異なった経時変化を示す。プラント毎に試し練りを実施する際、スランプの経時変化試験を併せて実施し、コンクリートの練上がりから打設されて鉄筋かごの外側に移動するまでの時間を鑑みて流動性の低下を予測することも重要である。流動性の低下が懸念されるのであれば、遅延型の混和剤を用いる等の措置も施す。

### (3) 余盛りについて

コンクリートの流動性や鉄筋のあき寸法の違いにより中央部付近と外周ではコンクリートの天端に差が生じる。この天端の差  $\alpha$  は、杭径が大きいほど、コンクリートの呼び強度が高いほど、またコンクリートの流動性が小さいほど大きくなり、300 mm～500 mm になる。この  $\alpha$  値を先ず試験杭にて確認する（図 5.1-29）。

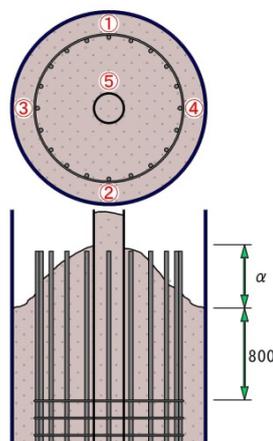


図 5.1-29 コンクリートの余盛り

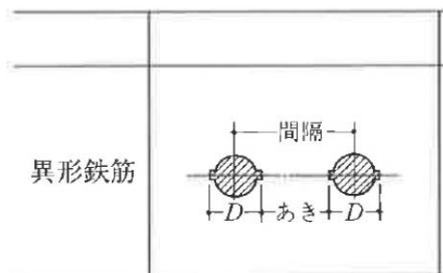
杭径やコンクリート強度と  $\alpha$  値との関係が定量的に評価されていない現状では、事前に必要な余盛り高さを推定するのは極めて困難である。特記仕様書では、余盛り高さの設定値のみだけで

なく、現場における余盛り測定の管理手法を記述することが最低限必要となる。その際、余盛り高さを多めに設定することも1手段である。さらには当初設定以上のはつり量が生じた場合にその清算方法を工事請負契約に記すことができれば望ましい。

#### 5.1.4 鉄筋かごに関わる留意事項

計画段階では、施工性についても十分配慮した配筋仕様を心掛けるべきである。コンクリートが孔壁まで十分に流れるように、主筋の純間隔は100mm以上確保することが望ましい<sup>7)</sup>。鉄筋の間隔と“あき”は混同されやすい。鉄筋の間隔は鉄筋中心間の距離であり、あきは鉄筋の純間隔である(図5.1-30)。間隔は同一でも鉄筋径が大きくなることによりあきは狭くなる。そこで、鉄筋間の有効寸法として100mm以上が確保できるよう、“あき”での管理を推奨する。また、杭頭の帯筋についてもこれに準拠して150mm以上が目安となる。

図面上の鉄筋のあきが100mm以上確保されていない場合には、束ね筋にする、鉄筋径を太くして鉄筋本数を減らす、帯筋であれば間隔を広げるなどの対応を考慮する。また、特に杭頭部は鉄筋だけでなく、写真5.1-10に示すように補強鋼材などを取り付ける場合も多いため、あらかじめ留意する必要がある。



【注】D：鉄筋の最外径

図5.1-30 鉄筋間隔とあき寸法  
(日本建築学会 JASS 5 より)



写真5.1-10 鉄筋かごの杭頭部の納まり

#### 【参考文献】

- 1) 京牟礼和夫：「場所打ちぐいの施工管理〈ベント、リバース、アースドリル〉」，(株)山海堂，pp.184-185，昭和49年7月
- 2) 宮澤政・山本公夫：「アースドリル工法 —その施工とベントナイト安定液—」，理工図書(株)，p.63-64，昭和56年5月
- 3) 土質工学会講習会等委員会編：「杭施工の問題点とその対策」，(社)土質工学会，昭和56年11月(引用した項の執筆者：佐藤輝行・伴野松次郎)
- 4) 桑原文夫：「最近の場所打ちコンクリート拡底杭の動向と課題」，基礎工，Vol.37，No.8，pp.2-7，2009年
- 5) 奥村組技術研究年報No.4：「(実験5) コンクリートの流動性状」，pp.238，1978年9月。
- 6) 山内真也・上田学・池本宏文・柳博文：「大口径場所打ち杭を模擬したコンクリート打設実験」，土木学会第66回年次学術講演梗概集，VI-367，pp.733-734，2011.09.
- 7) 地盤工学会：杭基礎のトラブルとその対策(第一回改訂版)，2014年11月。

## 5.2 施工管理で特に留意すべき事項

場所打ちコンクリート杭の施工段階における管理項目を表5.2-1に示す。このうちより良い品質の杭を構築するために特に重要と思われる管理項目を「重点管理項目」としてピックアップし、管理ポイントを表5.2-2にまとめた。図5.2-1は、管理ポイントが杭工事のどの管理項目に対応するかをフローに示したものである。

5.2.2に重点管理項目の解説文を記した。施工計画書への反映が基本であるが、積算時点で業者と打合せて、工事費や工程に盛込むべき内容も多く含まれている。

表5.2-1 場所打ちコンクリート杭（アースドリル杭）工事における管理項目

工 程	品質管理	
	管理対象	管理項目
準備工	機械の整備状況	故障・整備不良はないか
	作業床・作業地盤	平坦度、強度
	表層ケーシング	長さ
	安定液	主材料（ベントナイト系・ポリマー系）
	鉄筋かごの製作	かごの径・長さ、主筋の径・本数・材質、フープの径・ピッチ・材質・溶接長
	スパーサー	配置
	鉄筋かごの継手	鉄筋かごの継手長
	杭芯出し	杭芯位置
重機据付け	クレーバのセット	杭芯セット、鉛直性
ケーシング建込み	表層ケーシング	位置、鉛直性、下端深度
掘削	掘削孔	掘削孔の直径（バケット径）・深度・鉛直度
		掘削時間と孔壁の安定性
		土質の種類
		拡底部の直径
	掘削機械	支持層の土質の種類、支持層への根入れ長
		掘削速度、バケットの引き上げ速度
	掘削機の水平度、クレーバの鉛直度	
	安定液	比重、粘性、造壁性、pH、砂分、水位
一次孔底処理	残留スライム	スライムの厚さ
	孔底	孔底の整形
孔壁測定	孔壁	水平変位量、鉛直度、軸径及び拡底径
鉄筋かご建込み	鉄筋かご	鉄筋かごの設置高・傾斜・偏り、重ね継ぎ手長さ・結束
トレミー管挿入	ブランジャー	ブランジャー挿入
	トレミー管	トレミーと孔底のあき
二次孔底処理	残留スライム	スライムの厚さ
	安定液	砂分率
コンクリート打込み	受け入れコンクリート	スランプ、エア量
	鉄筋かご	レベル
	トレミー管	コンクリートへの挿入長さ
	打上り高さ	1台毎の打ち上がり高さ
	コンクリートの打設時間	出荷～打設終了までの所要時間
	コンクリートの流動性	外気温
	安定液水位	
	コンクリートの天端	コンクリートの天端位置レベル
	余盛り	余盛り天端レベル
埋戻し	表層ケーシング	引抜き速さ、引抜く時期
基礎掘削	掘削・杭間洗い	
杭頭処理	研り、毀し	

## 5.2.1 作業工程と重点管理項目

表 5.2-2 重点管理項目における管理ポイント

工程	重点管理項目	解説No.	管理ポイント
準備工	表層地盤の安定性の確保(崩壊対策)	1	表層が崩壊しやすい地盤では、表層改良等の対策を施す
	表層ケーシングの長さ	2	表層ケーシングの長さを、専門者と事前に協議する。
	安定液の主材料・種類	3	安定液の主材料や種類が、地盤の掘削や崩壊防止に適した選択であるかを確認する。
	鉄筋かごの偏心・傾斜対策	4	スパーサーは杭径に応じて、同一深さの円周方向に 4~8 箇所以上かつ偶数個取り付ける。特に杭長が短い場合、コンクリート打設時の傾斜対策も併せて施す。
掘削	表層ケーシングの据付けと掘削時の精度管理	5	表層ケーシングの据付け精度や掘削時の精度の管理値と管理方法を設定する。特に掘削深さや鉄筋かごの天端については、レベルの具体的な測定方法を決め、施工計画書に明記する。
	掘削速度・バケットの引き上げ速度	6	掘削速度を緩めて慎重に掘削すべき地層、バケットを急速に引き上げると崩壊が懸念される地層等、地盤の特性を把握し、適切な掘削や引き上げ時の速度を専門家(オペレータ)と話し合う。
	掘削時の安定液の管理	7	掘削時の投入液の安定液試験を 1 日 1 回、かつ杭 1 本ごとに実施する。孔壁の崩壊や逸水、さらには安定液の劣化が懸念される場合は、配合の調整や添加剤の追加等の対策を検討する。
	安定液の水位	8	安定液の水位を適宜監視し、孔壁の崩壊防止に努める。特に、遮水壁で囲まれた状態で施工する場合、安定液の逸水や降雨による地下水位の上昇を防ぐ方策を検討する。
	支持層確認	9	支持層と判断した土塊を土質試料や柱状図の記事と照合する。さらに掘削深さを柱状図の支持層天端レベルと照合する。
1次孔底処理	1次スライム処理(良液置換)	10	1次スライム処理では、スライム処理ポンプを用いた「良液置換」を実施することを原則とする。
	1次スライム処理(砂分率)	11	良液置換では、「砂分率」の管理値を定めて砂分測定を実施し、置換の完了を確認する。併せて、管理値を達成するための追加設備の必要性を協議する。
孔壁測定	孔壁精度	12	掘削径・鉛直精度・地中部の孔壁の状況確認と記録を残す目的で、孔壁測定は全数実施する。
トレミー管挿入	トレミー管の組合せ	13	トレミー管をコンクリート天端から深く入れ過ぎる状況が起これらぬよう、管の継ぎ計画をたて、コンクリートの打上がり毎の挿入長さを確認する。
2次孔底処理	検測と2次スライム処理	14	トレミー管建込み後に孔底を検測し、スライムの有無を確認する。
コンクリート打込み	コンクリートの流動性の維持	15	コンクリートは連続して打上げる。出荷から打設完了までの時間を想定し、流動性の低下が懸念される場合は事前に対応策を施す。
	鉄筋かごの浮き上がり対策	16	コンクリート打設中は鉄筋かごの天端を常時監視する。かつ、鉄筋かごが浮き上がらないよう、コンクリートの打設速度を管理する。
	余盛り高さ	17	余盛り高さは、外周部の検測で決定する。

解説No.



: 本章で取り上げた重点管理項目

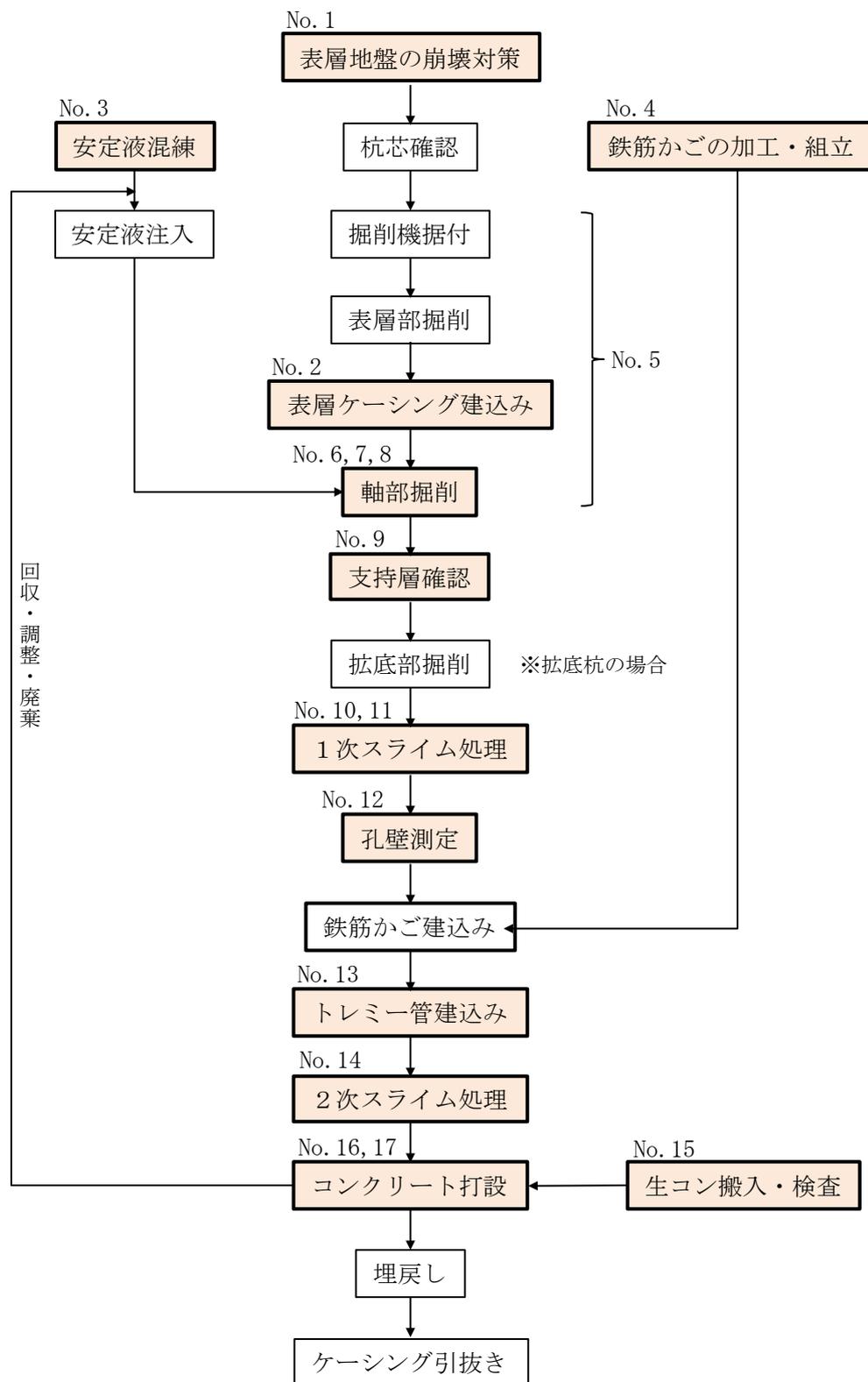


図 5.2-1 場所打ちコンクリート杭（アードリル杭）の工事フローと本節で取り上げた重点管理項目

## 5.2.2 重点管理項目の解説

### No.1 表層地盤の安定性の確保（崩壊対策）

**表層が崩壊しやすい地盤では、表層改良等の対策を施す。**

表層の掘削や表層ケーシングを建込む際、周囲の地盤が崩壊すると、ケーシングに心ずれや傾斜が生じやすくなる。表層ケーシングには鉄筋かごの心ずれ防止の役割があるので、ケーシングを精度良く建込む必要がある。また、崩壊し易い地盤（写真 5.2-1）では、ケーシングと表層地盤の間に空隙が出来て、ケーシングの裏側にコンクリートが廻り込み、ケーシングを引き抜く際に不良コンクリートが杭頭に残る原因となる。

杭心ずれや杭頭不良を引き起こさないためにも、試掘等で表層地盤の状況を確認し、崩壊が懸念される場合は、表層改良等の対策を施しておく。



写真 5.2-1 表層ケーシング周囲の表層の崩壊

なお、既存杭を引抜いた後の地盤や、既存建物の基礎や地下を解体して埋戻された地盤は、孔壁崩壊をはじめとした種々の「リスク要因」を有している。その対応策の要否を検討し、必要であれば質疑等で発注者や設計者と協議する。その結果が質疑回答や設計図書、契約条件等にフィードバックされ、情報共有されることが望ましい。

**表層ケーシングの長さを、専門者と事前に協議する。**

緩い砂層や逸水が懸念される地盤、既存の地下や基礎を解体して埋戻した地盤等で、安定液のみによる孔壁保護が困難と考えられる場合は、下部の安定した地山まで表層ケーシングを挿入する（図 5.2-2）。

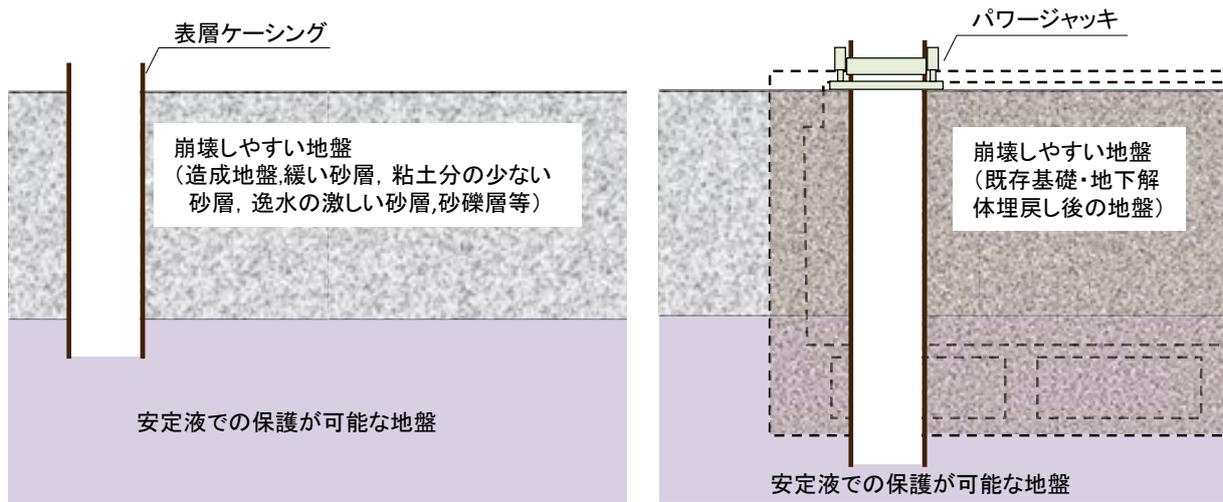


図 5.2-2 表層ケーシングの長さの決定

専門者が提示する表層ケーシングの仕様は、専門者の判断で長さに差が生じる場合が多い。ケーシングが長いとそれを引抜くパワージャッキやスイングジャッキを段取る必要があり、工事費や工期が大きくなる。一方、合番機が入らない狭い敷地では、本体機の揚重能力でケーシングの長さが決まるので、一概に地盤条件のみで長さを決定することもできない。表層ケーシングの仕様について専門者と協議し、提示されたケーシング長さで問題がないかを判断する。

なお、ケーシング建込み時に崩壊した地盤は、コンクリート打設時に、余盛りを多くするなどに対応が必要となるため、建込み時の状況を記録に残し、コンクリートの打設管理に反映する。

安定液の主材料や種類が、地盤の掘削や崩壊防止に適した選択であることを確認する

安定液には、ベントナイト系と CMC 系の 2 種類があり、掘削する地盤の土質構成や硬軟、地下水位や水質、掘削深さ等の施工条件に応じて使い分けられている。工事に用いる安定液の主材料や種類・配合等が、地盤の掘削や崩壊防止に適した選定であることを確認する。

必要に応じて安定液材料の専門家も交え、選定の妥当性を確認する(表 5.2-3、表 5.2-4)。特に、セメント系の材料で表層改良された地盤を掘削する場合や、気温の上昇で安定液の腐敗が懸念される場合は、重曹を準備するなどの「劣化対策」を併せて計画書に記載する。

表 5.2-3 ベントナイト系安定液と CMC 系安定液の特性の比較<sup>1)</sup>

		ポリマー系安定液	ベントナイト系安定液
性状特性	1) スライム沈降分離性	○土砂保持能力が小さく、沈降分離性が良い。 ○スライムの沈降分離速度が比較的速いので沈降待ち時間が短くて済む。	○土砂保持能力が大きいので、沈降分離性が悪い。 ○結果として、スライムの沈降分離待ちの時間が少なくなる。
	2) 凝集劣化性	○通常の濃度ではほとんど影響を受けない。したがって、回収率も高い。 ○海水でも調合できる(ただし、配合率を若干換える必要がある)。	○簡単に凝集劣化するので、粘性、ろ水量、比重が高くなる。 ○影響を受けやすいので、廃棄分が多く、回収率が低い。
	3) ジョイント部や配筋へのマッドケーキの付着性	○コンクリート、金属イオン類による凝集劣化が少ないので、ジョイント部や配筋へのマッドケーキの付着は比較的薄い。 ○作業時間が比較的短くて済む。	○安定液がコンクリートと接触してゲル化するので、ジョイント部はマッドケーキが厚くなりやすい。 ○配筋部への付着、スライムの巻き込みが多く、抗体の品質面に影響が大きい。
調剤管理の作業特性	1) 調剤作業効率	○材料種は多いが、諸材料の数量は少なく、保管場所が狭くて済む。	○ベントナイト量が多く、材料保管場所が広く必要である。 ○作業時間が比較的長く、使用水に制限がある。
	2) 安定液管理特性	○劣化要因が少ないのでポリマーの増減程度でほぼ対応できる。 ○廃棄水量が少ないので、補給安定液量も少なくて済む。 ○安定液が劣化しても再生が比較的容易である。	○劣化要因が多く、専門知識と経験が必要で、再生は比較的困難である。 ○劣化を受けやすいので、廃棄水量が多く、そのための経費負担が大きい。 ○補給安定液が多量に必要で、経費が掛かる。
	3) 逸泥対策	○逸泥防止剤を配合し、少量の逸泥は粘土・ベントナイトを混合し高比重にする。 ○大量の逸泥は戻し直し、逸泥防止剤を入れた高比重・高粘性安定液で掘る。	○逸泥防止剤を配合し、少量の逸泥は粘土を入れ高比重にする。 ○多量の逸泥はセメントなどを投入し、ゲル化させるか戻しを行う。

表 5.2-4 安定液の標準的な配合と新液の性状(上段:ベントナイト主体, 下段:CMC 主体)<sup>2)</sup>

地盤		シルト・粘土	砂質土	砂礫
配合	ベントナイト (%)	2~4	4~6	5~8
	CMC (%)	0.05~0.1	0.05~0.1	0.05~0.2
	分散剤 (%)	0~0.2	0~0.2	0~0.1
	逸水防止材 (%)	-	0~0.25	0~0.5
初期性状	ファンネル粘性(sec)	23~26	24~30	28~40
	比重	1.01~1.03	1.02~1.04	1.03~1.05
	pH	9~10.5	9~10.5	9~10.5

注 Na 型または Na 交換型ベントナイト, エーテル化度 0.5~1.0 の CMC を使用する場合の数値を示す。

地盤		シルト・粘土	砂質土	砂礫
配合	ベントナイト (%)	1~2	1~3	2~4
	CMC (%)	0.1~0.2	0.2~0.3	0.2~0.4
	分散剤 (%)	0.1~0.3	0.1~0.3	0.1~0.3
	炭酸ソーダ	0~0.2	0~0.2	0~0.2
	逸水防止材 (%)	-	0~0.25	0~0.5
初期性状	ファンネル粘性(sec)	21~25	23~28	24~35
	比重	1.01~1.02	1.01~1.02	1.01~1.03
	ろ過水量 (ml)	15以下	12以下	12以下
	pH	10~11.5	10~11.5	10~11.5

注 Na 型または Na 交換型ベントナイト, エーテル化度 1.2 以上の CMC を使用する場合の数値を示す。

スペーサーは杭径に応じて、同一深さの円周方向に4～8箇所以上かつ偶数個取り付ける。  
特に杭長が短い場合、コンクリート打設時の傾斜対策も併せて施す。

コンクリート打設時の偏心を防止するため、スペーサーは、杭径φ1500未満の場合は4箇所、φ1500以上φ2500未満の場合は6箇所、φ2500以上の場合は8箇所以上を目安に取り付けることを推奨する。また、杭径が大きい場合は、最上部のスペーサーの数を標準の2倍とすることも考慮する。

杭天端が表層ケーシング下端より上にある場合は(図5.2-3)、表層ケーシングの内径に合わせたスペーサーを設置する。この配慮不足による鉄筋かごの偏心の不具合が少なからずあるので、ピッチを含めてその寸法を確認し、仕様を施工計画書に記載する。

特に軸部の短い拡底杭では、拡底後に有効に機能するスペーサーの数が極端に少なくなる(図5.2-4)。鉄筋かごが軽いので、この状態でコンクリートを打設すると鉄筋かごが傾斜する場合があります、コンクリート打設時の傾斜対策(鉄筋かごの保持方法)を事前に協議しておく(図5.2-5)。

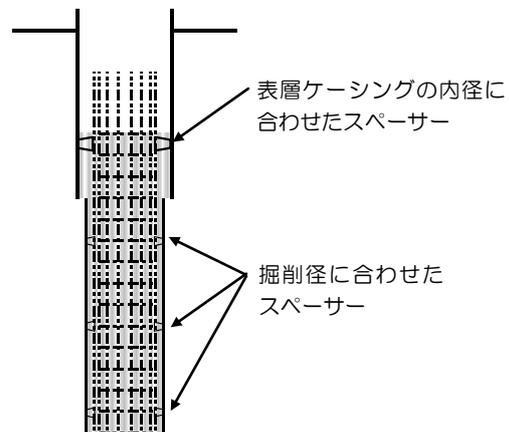


図 5.2-3 表層ケーシング内径および掘削径に合わせたスペーサーの設置

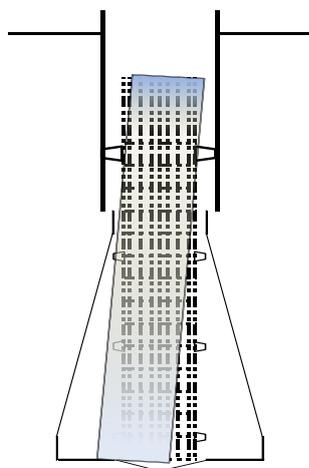


図 5.2-4 軸部の短い拡底杭のコンクリート打設時の傾斜

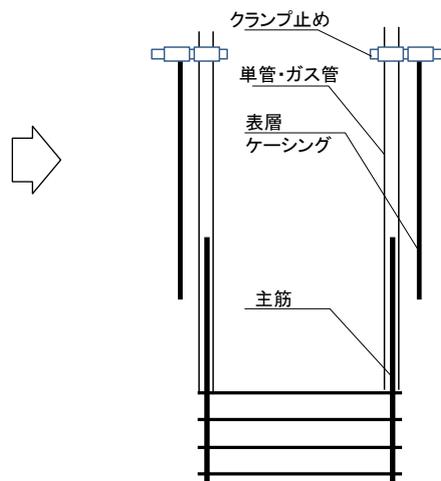


図 5.2-5 単管・ガス管を主筋に被せてケーシングに固定し鉄筋かごを保持した事例

## No.5 表層ケーシングの据付けと掘削時の精度管理

**表層ケーシングの据付け精度や掘削時の精度の管理値と管理方法を設定する。特に掘削深さや鉄筋かごの天端については、レベルの具体的な測定方法を決め、施工計画書に明記する。**

表層ケーシングは掘削の定規となるものであるため、据付精度を高精度に保つ必要がある。表層ケーシングの建込みは杭心位置を確認する際に設置した逃げ心（4点）を利用して水平据付精度を確認しながら行う。

表層ケーシングを建て込むための掘削は、掘削バケットにリーマナイフを取り付けて行う。この掘削精度が、表層ケーシングの建て入れ精度に大きく影響するため、この間の掘削はトランシット・下振りでもケリーバの鉛直性を確認するほか、回転速度を落として慎重に行う。表層ケーシングの建込み時も鉛直性をトランシット・下振りなどで確認しながら行う。

軸部の掘削は、トランシットや下振りによって、直交する2方向よりケリーバの鉛直性を随時確認しながら行う。特に施工盤から杭天端レベルまでは、掘削孔の鉛直精度の確保に留意する。

なお、表層ケーシングはブラケットを介して敷鉄板上に設置されるので、ケーシング自体の沈下は生じにくい。しかしながら、ケーシングの天端は、検測テープを用いて掘削深さを随時測定する基準となるので、工事中は敷地内の基準レベルとの照合を適宜行って、レベルの管理に努める。

## No.6 掘削速度・バケットの引き上げ速度

**掘削速度を緩めて慎重に掘削すべき地層、バケットを急速に引き上げると崩壊が懸念される地層等、地盤の特性を把握し、適切な掘削や引き上げ時の速度を設定する。**

地盤条件（土質の種類・硬軟）、掘削径、掘削機的能力、オペレータの技量や経験、付近の実績をもとに、適切な掘削や引き上げ時の速度を設定する。

掘削速度が速いと、軟弱な粘性土地盤では孔が螺旋状となり杭断面が確保できない場合がある。また、ドリリングバケットの引き上げ速度が速い場合には、地盤とバケットの間にバキューム現象やバケットと孔壁の間の安定液に急激な流れが生じ、孔壁を崩壊させることがある（図 5.2-6）。特に、緩い砂質土地盤の場合には、引き上げ速度の影響による崩壊の危険性が大きいので十分注意する。

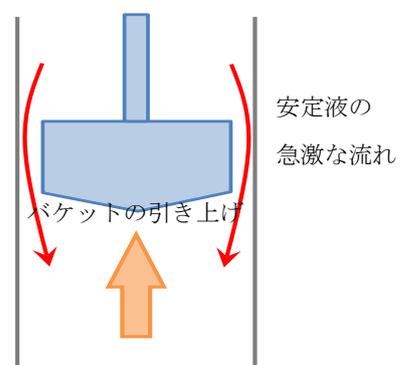


図 5.2-6 バケットと孔壁の間の安定液の急激な流れ例

掘削時の投入液の安定液試験を1日1回、かつ杭1本ごとに実施する。孔壁の崩壊や逸水、さらには安定液の劣化が懸念される場合は、配合の調整や添加剤の追加等の対策を検討する。

安定液は掘削やコンクリート打設に伴い劣化する。掘削時は、少なくとも1日に1回かつ杭ごとに掘削前とコンクリート打設前後に安定液試験を実施する。

表 5.2-5 に投入液の管理値の設定例を示す。

試験結果が管理値を超える場合には廃棄するか配合調整を行う。安定液の劣化により表れる現象とその要因および修正対策を表 5.2-6 に示す。

表 5.2-5 安定液の管理値の例（太枠が掘削中の管理値）<sup>2)</sup>

管理項目	単位	ベントナイト系安定液		CMC系安定液		使用機器および測定方法
		掘削中 <sup>(1)</sup>	コンクリート打込み前	掘削中 <sup>(1)</sup>	コンクリート打込み前	
比重	-	1.02~1.15	-	1.01~1.15	-	マッドバランス
ファンネル粘性	sec	22~30	-	20~30	-	ファンネル粘度計 (500m <sup>3</sup> /500m <sup>2</sup> の流失時間)
砂分率	%	-	5以下 <sup>(2)</sup> (1以下) <sup>(3)</sup>	-	5以下 <sup>(2)</sup> (1以下) <sup>(3)</sup>	砂分計
ろ過水量	m <sup>3</sup>	20以下	-	30以下	-	ろ過試験器 加圧力294kPaで30分
ケーキ厚	mm	3以下	-	3以下	-	ろ過試験器 加圧力294kPaで30分
pH	-	7~10.5	-	7~11.5	-	pHメータ、pH試験紙

表 5.2-6 安定液の劣化原因と修正対策<sup>1)</sup>

現象	要因	対策
粘性低下	掘削土砂への吸着増	高濃度CMC液の添加
	地下水混入による希釈	高濃度CMC液の添加
	塩水、セメント混入	分散剤添加、イオン封鎖剤添加
	バクテリアによる変質	変質防止対策(変質防止剤、アルカリ剤添加)
粘性上昇	微細掘削土砂の混入	分散剤添加、イオン封鎖剤添加
	金属イオン混入でゲル化	分散剤添加、イオン封鎖剤添加
ろ過水量増加	掘削土砂への吸着増	高濃度CMC液の添加
	粘土粒子の混入増	高濃度CMC液の添加、分散剤添加
	塩水、セメント混入	分散剤添加、イオン封鎖剤添加
	バクテリアによる変質	変質防止対策(変質防止剤、アルカリ剤添加)
高比重化	微細掘削土砂の混入	水、CMC液の添加、デカンタで強制除去
	砂分分離不良	分散・解膠材の増量、または土砂分機の点検
	高粘性安定液	安定液の粘性(分離・解膠剤の添加)
pH低下	酸性度掘削	アルカリ剤添加(炭酸ソーダ0.1~0.2%添加)
	バクテリアの増殖	高pH(10以上)の維持、変質防止剤の添加
ゲル化	塩分、セメントの混入	分散剤添加、イオン封鎖剤添加
	粘土粒子の混入増	CMC液の添加、デカンタで強制除去
変質(腐敗)	バクテリアの増殖	高pH(10以上)の維持、変質防止剤の添加
	粘土粒子の混入増	CMC液の添加、デカンタで強制除去
安定性不良	安定液の低粘性化	高粘性安定液添加
	pH低下	アルカリ剤添加(炭酸ソーダ0.1~0.2%添加)
	安定液変質	高pH(10以上)の維持、変質防止剤の添加

安定液の水位を適宜監視し、孔壁の崩壊防止に努める。特に、遮水壁で囲まれた状態で施工する場合、安定液の逸水や降雨による地下水位の上昇を防ぐ方策を検討する。

安定液の液圧で孔壁を保持するため、安定液の水位を地下水位（自然水位および被圧水位）より高く保つ。潮汐、降雨、掘削バケットの昇降による水位変動を考慮し、その水位差を 1.5m以上となるよう管理する。

特に、海岸に近接して潮の干満による影響を受ける敷地では、安定液面が満潮時の地下水位以上となるように孔内水位を管理する必要がある。それゆえ、地下水位の変動を事前に調査しておくことも重要である。

また、遮水壁（山留め壁）で囲まれた中で杭を施工した現場では、降雨が地盤に浸透し、場内の地下水位が急激に上昇して孔壁が崩壊した事例がある。表層から透水性の高い砂層で構成される地盤において生じやすいトラブルであり、場内に観測井を設けて地下水位を監視し、事前にディープウェル等で場内の水位を低下させておくことが必要となる。（図 5.2-7）。

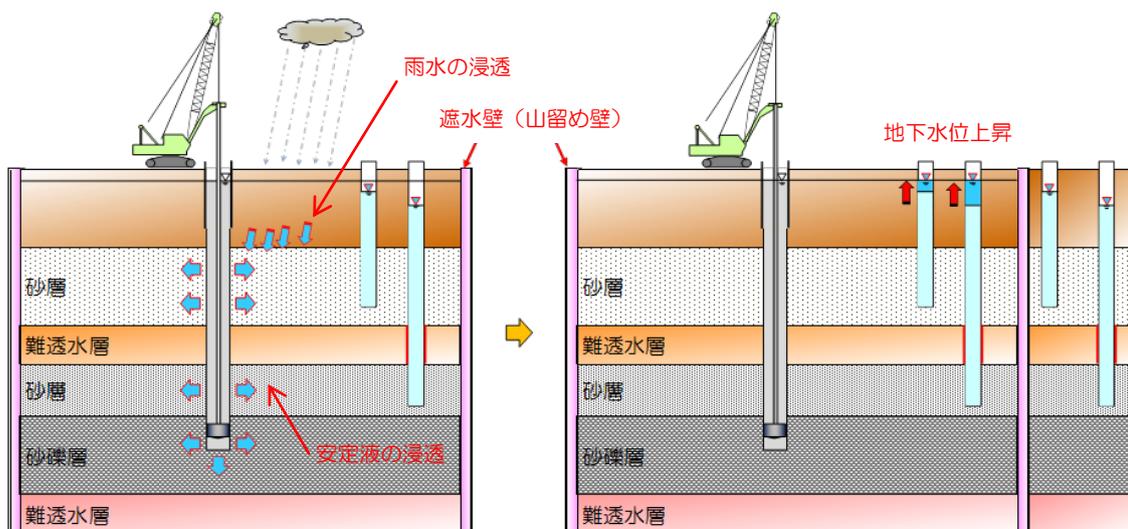


図 5.2-7 遮水壁（山留め壁）を難透水層まで根入れした場合の孔内水位の上昇現象

また、敷地をすき取って「盤下げ施工」する場合や、既存地下解体後に埋戻しを行わずに構台上から施工する場合（写真 5.2-2）も、安定液の液面と地下水位面との差が小さくなって崩壊の危険性は高くなる。表層の水位や杭先端の被圧地下水の水位を、現場透水試験等で把握したうえで、安定液の水位が確保できるかを判断する。



写真 5.2-2 構台上での施工

バケツで採取した土を土質サンプルやボーリング柱状図の記事と照合し、支持層への到達を確認する。

試験杭では、1 mピッチでバケツで採取した土塊を土質サンプルやボーリング柱状図の記事と照合する（写真 5.2-3）。

支持層付近に達したら、掘削速度を落として丁寧に掘削する。支持層が砂礫や堅固な地層であれば、ケリーバが振動したりゴリゴリ音が聞こえたりする。重機のオペレータと感触をやりとりし、掘削深さとその状況を施工記録に残すことも重要である。

支持層の確認では、先ずバケツで採取した土塊をボーリング調査時の土質試料（サンプル）やボーリング柱状図の記事と照合する。次に、その掘削深さを支持層天端レベルと照合する（写真 5.2-4）。掘削中は、検測テープを表層ケーシング天端にあてて深度の測定を常時行うが、表層ケーシングが若干沈下している場合もあるので、掘削深さの最終確認は、基準点から直接レベルで測定する。支持層確認と掘削深さの最終確認は全ての杭で実施する。

なお、支持層や掘削深さの確認に疑義が生じた場合は、監理者にその旨を質疑として上げ、設計者・監理者の指示を仰ぐ。



写真 5.2-3 土質標本（サンプル）との照合作業（試験杭時、1m ピッチ）



写真 5.2-4 土質標本（サンプル）との照合作業（掘削完了・支持層確認）

1次スライム処理では、スライム処理ポンプを用いた「良液置換」を実施することを原則とする。

1次スライム処理の目的は、孔底のスライムを除去して設計時の支持力を発揮させること、ならびに、安定液中の砂分を極力除去して良いコンクリートを打設することである。

5.1で述べたように、打設されたコンクリートはトレミー管周囲から外周部へ流れ出るといふ挙動を想定すれば、その上部の安定液中に浮遊している砂分を事前に除去してコンクリートの流動性を保つことが必要である。

その方策として、底浚いを実施した後に、専用のスライム処理ポンプを用いた「良液置換」を実施することを原則とした。この方法は、孔底にスライム処理ポンプを設置し、孔底から安定液を吸引するものである。表面から砂分を除去した安定液を送りつつ行うので、時間の経過とともに孔内全体が砂分の少ない安定液に置換される(図 5.2-8)。拡底部では、先ず中央部である程度吸引し、適宜ポンプを拡底部周囲に寄せて端部のスライムを吸い上げる(図 5.2-9)。

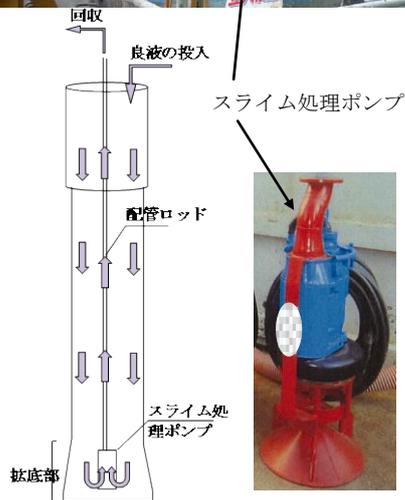


図 5.2-8 スライムポンプと良液置換の例

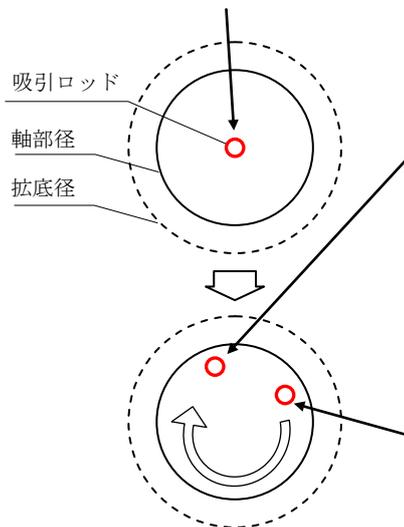


図 5.2-9 良液置換の手順の例

良液置換を併用した1次スライム処理は、現在関東を中心に実施されて成果が上っている方法であるが、施工指導や設計図書への記載を通じて全国へ展開されることを期待する。なお、良液置換を実施するには杭体積の2.5~3倍程度の安定液を混練できる水槽の確保が基本であるが、狭い敷地では水槽の確保が困難な場合が多い。このような現場では、従来どおり底浚い後の沈殿待ちの管理となるが、沈殿待ちに十分な時間を持たせた工程を組むなどの配慮が必要となる。

良液置換では、「砂分率」の管理値を定めて砂分測定を実施し、置換の完了を確認する。  
管理値を達成するための追加設備の要否を併せて検討する。

良液置換に要する時間は、杭長、安定液中の砂分の量、掘削時の安定液の性状によって異なる。砂分率の管理値が低いほど要する時間は長くなり、所要時間を事前に推測することが難しくなる。試験杭にて所要時間を把握し、場合によりその後の工程を調整する。

良液置換中は、掘削底面の検測に加え、適宜砂分測定を実施する。砂分測定は、スライムポンプの吸引ロッドから回収した安定液で行う。回収の方法は、ロッド天端に分岐バルブを設ける方法や、回収槽の手前で柄杓やバケツで採取する方法などがある。

良液置換は、砂分（%）が管理値以下であることを確認して完了する（写真 5.2-5）。



写真 5.2-5 砂分率の測定

砂分率の管理値は、良液置換を実施するという前提で3%以下で設定されている事例が多く見受けられる。近年は工事の発注者側から一義的に定められる場合も多い。WG参加各社のアンケート調査では、設計・施工の場合、概ね3%以下に設定されていた。発注者側の仕様や設計図書に管理値の記載があればその仕様を優先して対応策を検討する。前述のとおり、敷地の広さで設置できるプラントの容量が決まるので、砂分率の管理値を杭長や地盤の性状等と併せて見比べ、必要となる安定液の容量や良液置換に要する時間を設定する。

なお、細砂や微細砂層が厚く堆積して砂分が多量に存在する地盤では、安定液の容量を十分確保できても、良液置換に膨大な時間を要する可能性がある。そのような場合は、良液置換を効率的に処理する追加設備を考える。

追加設備には、振動ふるい方式や遠心力分離方式の砂分除去装置があり（写真 5.2-6）、スライム処理ポンプの回収ホースを直結して、先ず砂分を強制的に除去する方法をとる。管理値を達成するためにこれらの追加設備の要否も併せて検討する。



写真 5.2-6 砂分除去装置

**掘削径・鉛直精度・地中部の孔壁の状況確認と記録を残す目的で、孔壁測定は全数実施する。**

孔壁測定の目的は、主に杭径、鉛直精度、掘削時の孔壁の状態（大きな崩壊の有無）の確認にある。鉛直精度や掘削時の孔壁の状態は目視確認できないので、孔壁測定が唯一の検証作業となる。品質管理の記録を残すことが重要課題であることから、孔壁測定は全数実施することとした。

**トレミー管をコンクリート天端から深く入れ過ぎる状況が起これぬよう、管の継ぎ計画をたて、コンクリートの打上がり毎の挿入長さを確認する。**

トレミー管のコンクリート中への挿入長さが長い場合は、トレミー管先端からのコンクリート押出時（吐出時）の抵抗が大きくなる。特に、杭頭部が浅い場合には、トレミー管先端でのコンクリート吐出圧が小さいので、挿入長さが長いと流動性が確保できなくなる。

そこで、トレミー管のコンクリートへの挿入長さは、杭天端付近では2m以上4m以下とし、以深では2m以上8m以下で管理することとした。そのために、コンクリート打設量とコンクリートの打ち上り高さ、トレミー管を引抜くタイミングを施工計画書に記載する。

なお、『杭の工事監理チェックリスト』（社団法人日本建築構造技術者協会）では「杭頭部付近で配筋が密であることや落差が小さくなりコンクリートの流動性が悪くなる場合には、トレミー管の挿入長さを1.5m程度の範囲まで引抜き流動性を促す」ことも謳われている。

打設管理表(例)を表5.2-7に、打設管理表例を図化したものを図5.2-10に示す。

**【杭施工概要】**

- ・杭径：φ2000（ストレート）
- ・掘削深さ：GL-20.1m、杭天端：GL-2.0 m
- ・ケーシング/トレミー管天端：GL+0.5m
- ・トレミー管全長：L=20.5m
- ・トレミー管は、3m、2m、1m、0.5mを組合せ
- ・ $V = 4.25m^3$  (10t ミキサー車のコンクリート体積)
- ・トレミー管切断は、ミキサー車入れ替え時に実施
- ・余盛り：90cm(ケーシング引抜き沈降考慮)

表 5.2-7 コンクリート打設管理表 (例)

2015.07.09(木)									
コンクリート打設管理表(例)									
工事名		No.		記録者		***			
杭番号	No.	**	P.	**	X	**	-	Y	**
設計GL - 20.1 m		掘削長：ケーシング天端 - 20.6 m		ケーシング天端 設計 GL + 500 mm		トレミー管天端 設計 GL + 500 mm		杭天端：GL - 2.0 m	
設計打設量(Vo)		63.88 m <sup>3</sup>		実打設量(Va)		68.0 m <sup>3</sup>		余打率 = V ÷ Vo = 107.40 %	
台数	打設時刻	コンクリート		トレミー管			備考		
		打設量(m <sup>3</sup> )	検尺値(掘削天端)	打上げ高(m)	トレミー管長(m)	トレミー管引抜き長さ(m)		トレミー管挿入長さ(m)	
0	～	0.00	20.6	0.0	20.5		0.0		
1	～	4.25	19.6	1.0	20.5		0.9		
2	～	4.25	18.5	1.1	20.5		2.0		
3	～	4.25	17.3	1.2	20.0	0.5	3.2		
4	～	4.25	16.2	1.1	20.0		2.7		
5	～	4.25	15.1	1.1	18.0	2.0	3.8		
6	～	4.25	13.8	1.3	18.0		4.9		
7	～	4.25	12.5	1.3	18.0		2.9		
8	～	4.25	11.3	1.2	18.0		4.2		
9	～	4.25	10.0	1.3	12.0	6.0	5.5		
10	～	4.25	8.7	1.3	12.0		8.0		
11	～	4.25	7.4	1.3	12.0		2.0		
12	～	4.25	6.1	1.3	9.0	3.0	3.3		
13	～	4.25	4.8	1.3	9.0		4.2		
14	～	4.25	3.7	1.1	6.0	3.0	5.3		
15	～	4.25	2.7	1.0	5.0	1.0	2.3		
16	～	4.25	1.6	1.1	5.0		3.3		
17	～						2.3		
								3.4	余盛 900mm

1) ケーシング(φ2200；長さ=5.0m) 天端+0.5m  
 2) トレミー管(φ250；長さ=20.5m) 天端+0.5m  
 トレミー管構成：3.0+2.0+1.0+3.0+3.0+3.0+2.0+0.5 m  
 下端～ ～上端

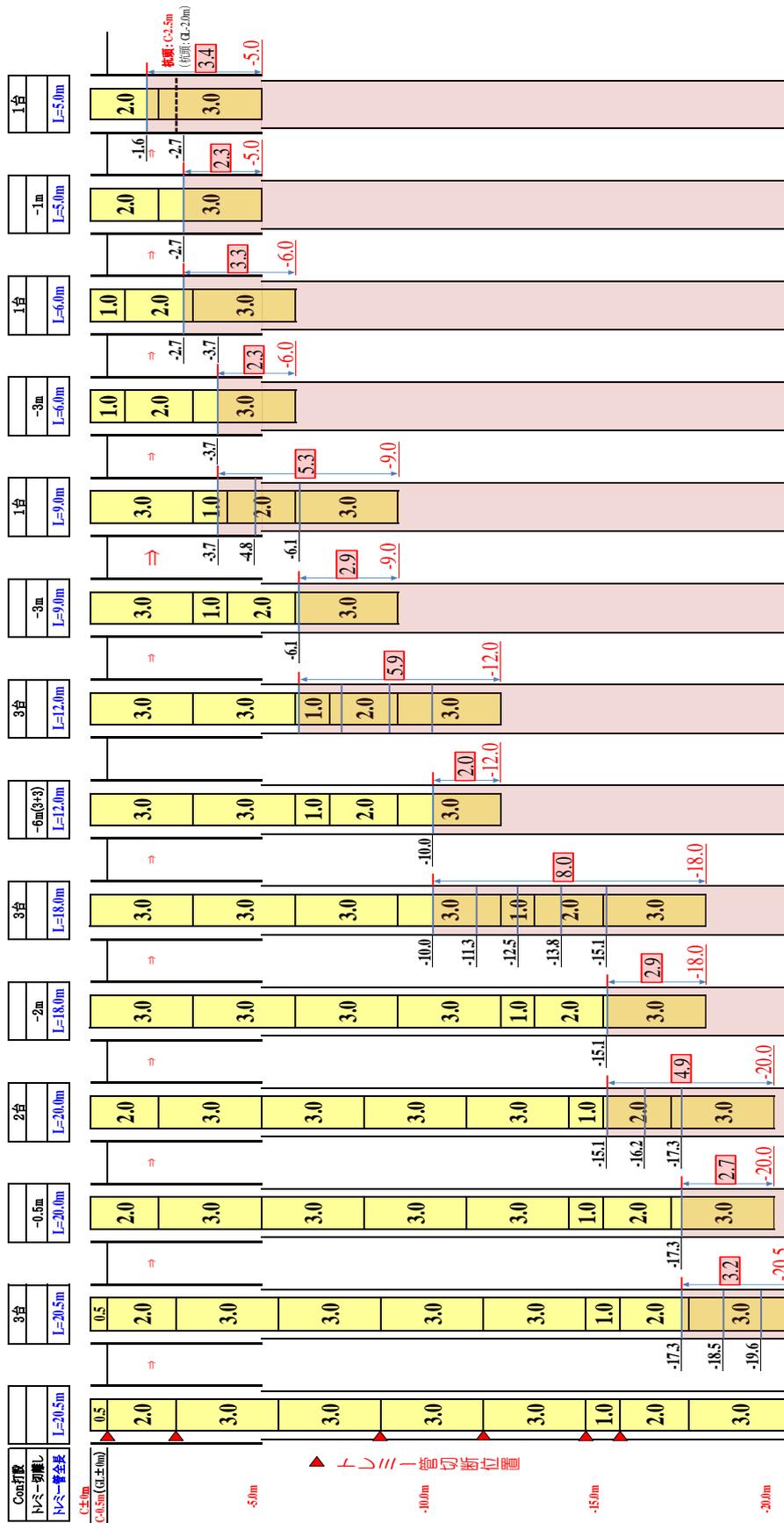


図 5.2-10 トレミー管の継ぎ計画の例

トレミー管建込み後に、スライムの有無を検測する。

1次スライム処理で良液置換を実施した場合は、トレミー管建込後に検測を実施しても、スライムが確認されなかった事例が多い。良液置換によって安定液中を浮遊する砂分を一定値以下にする効果は極めて大きく、検測にて孔底の“コツコツ感”が得られる場合がほとんどである。

したがって、1次スライム処理で良液置換を実施した場合に限り、トレミー管建込み後の検測でスライム厚さが管理値未満であれば、2次スライム処理を実施しなくてもよいこととした(図5.2-11)。

1次スライム処理を専用バケットによる「底浚い」のみで実施する場合は、2次スライム処理を必ず実施する。2次スライム処理は、トレミー管に専用のポンプを設置して行う方法(ポンプリフト方式)が一般的である(写真5.2-7)。なお、トレミー管を用いての吸引は、杭の中央部でしか実施できず、支持層が砂層の場合は過度の吸引により支持層をえぐることもあるので、注意を要する。

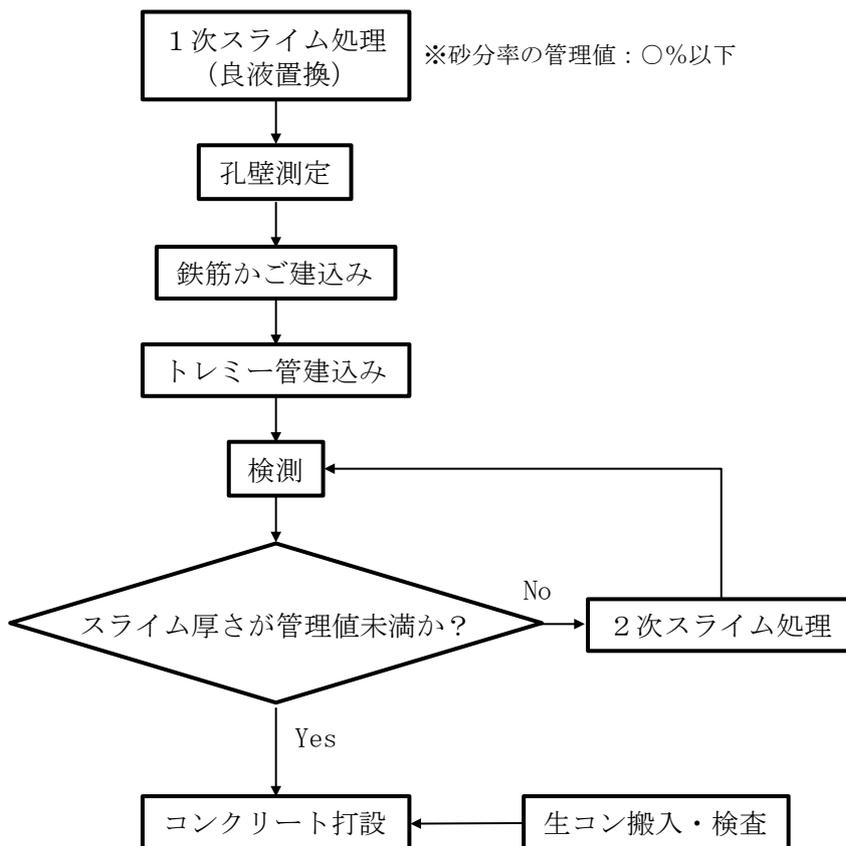


図 5.2-11 1次スライム処理で良液置換を実施した場合のフロー

写真 5.2-7 2次スライム処理用ポンプ

**コンクリートは連続して打上げる。出荷から打設完了までの時間を想定し、流動性の低下が懸念される場合は事前に対応策を施す。**

コンクリートのスランプロスを抑えて流動性を確保するポイントを以下に記す。

- 1) コンクリートは連続して打設し、打設間隔をあけない。
- 2) 出荷から打設完了までの時間を想定し、それぞれのプロセスにおいて流動性を保持する対応策を事前に施す。

杭頭付近ではコンクリートの打設圧が小さくなり、鉄筋が密だとコンクリートの流動性が低下して、かぶり部分へ達し難くなる。特に杭頭が浅い場合は、杭頭部が地表面の気温の影響を受けてコンクリートの硬化が早まりやすくなる。敷地内に生コン車の待機場所を確保することや（写真 5.2-8）、最終打設量の調整による手待ちを無くすることが重要である。なお、待機場所が確保できない場合は、プラントと連携をとって連続して出荷できるよう調整する。

夏場の施工や交通渋滞によりプラントから作業所までの運搬時間が長くなることが考えられる場合には、“フレッシュコンクリートの経時変化試験（スランプロス試験）”を行って、流動性の低下の傾向を把握しておく。ここでは、練り混ぜ後から打設完了までの最大時間を想定し、スランプ（スランプロス）、空気量、コンクリート温度を測定する（図 5.2-12）。極度なスランプロスが懸念される場合は、混和剤に遅延型を用いるなどの対応を施す。

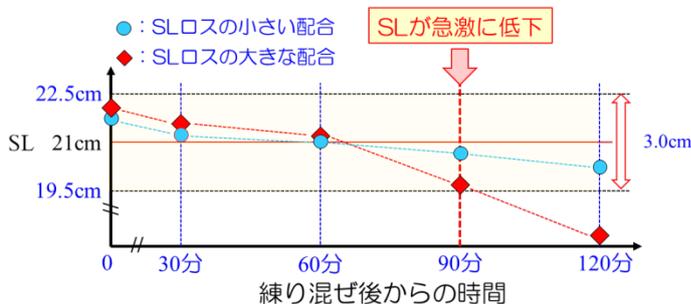


図 5.2-12 フレッシュコンクリートの経時変化試験



写真 5.2-8 生コン車の待機場所の確保

**コンクリート打設中は、鉄筋かごの天端を常時監視し、鉄筋かごが浮き上がらないようコンクリートの打設速度を管理する。**

杭が小径で鉄筋かごの重量が軽い場合には、コンクリートの打設圧で浮き上がる場合がある。事前に鉄筋かご先端部に井型鉄筋を取付けるなどの浮き上がり防止対策を施し、打設中は、鉄筋かごの天端を常時監視する。また、初期のコンクリートの打設速度が速いと、鉄筋かごが押し上げられるため打設速度を落とし、トレミー管のコンクリートへの根入れを 2m 程度としてこまめにトレミー管の切り離しを行う。

**余盛り高さは、外周部の検測で決定する。**

検測テープを用いたコンクリート天端の測定では、中央付近（トレミー管周り）と外周4箇所程度を検測する。

5.1 で述べたように、杭頭付近では打設したコンクリートはトレミー管の周囲から上がり、杭の外周部（かぶり）へ流れ出る。したがって、杭頭付近は常にトレミー管周囲のコンクリート天端が高くなる。コンクリートの流動性が保持されていれば、中央部と外周部の天端の高低差（ $\alpha$ ）はほとんど無くなる。一方、設計基準強度が大きい場合や高性能AE減水剤を用いて単位水量が極端に小さくなった場合は、粘性が大きくなるので流動性の低下に伴って高低差 $\alpha$ （図5.2-13）が大きくなる。特に杭径が大きい場合は300～500mmに達する場合がある。

中央付近（トレミー管周り）のみの検測結果で余盛り高さを決定すると、外周部が脆弱な杭頭が出来上がる不具合が生じる場合があるので、余盛り高さは外周部の検測結果で決定することとした（写真5.2-9）。

なお、外周部の検測は、コンクリート打設中に検測テープが流されて鉄筋かごに絡みつ়くことがあるので慎重に行う。さらに、第一フープより上からコンクリートが落下してスライムを挟むことがあるため、第一フープ付近では中央と外周とで極端な高低差がつかずに上昇していることを確認する

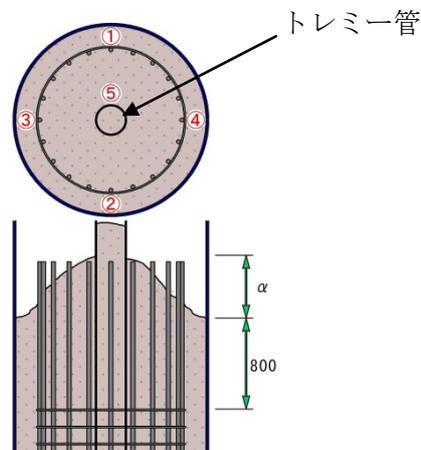


図 5.2-13 コンクリートの天端状況と測定位置（①～⑤）

【参考文献】

- 1) 栗田工業(株)作成資料
- 2) 日本建設基礎協会,「場所打ちコンクリート杭 施工指針・同解説」,平成 28 年 6 月



中央部でコンクリート天端を検測



外周部でコンクリート天端を検測

写真 5.2-9 コンクリート天端の検測手順

### 5.3 場所打ちコンクリート杭特記仕様書の例

節末に品質確保に関わる課題を解決するために留意すべき事項を反映した「場所打ちコンクリート杭特記仕様書(例)」を載せているので参考にして頂きたい。この中で特に重要な項目は赤字(アンダーライン)にしている。以下にこの項目の詳細を述べる。

#### (1) 設計仕様

##### 1. 一般事項

d. <b>その他の留意事項</b> <input type="checkbox"/> <b>既存杭の引抜き埋戻し</b> ( <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし) <b>報告書・図面</b> ( <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし) <input type="checkbox"/> <b>既存躯体撤去後の埋戻し土</b> ( <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし) <input type="checkbox"/> <b>汚染土壌撤去後の埋戻し土</b> ( <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし)
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.1 に示すように、既存杭撤去後に埋戻された地盤に新設杭を施工する場合は、撤去した既存杭と新設杭の位置関係がラップしている場合は、孔曲がりおよび孔壁崩壊が生じる可能性が高いので、既存杭の引抜き埋戻しの「あり/なし」、ある場合の報告書・図面は重要な情報なので設計図に明記することとしている。

また、既存躯体撤去後と汚染土壌撤去後の埋戻し土がある場合は、ケーシング長さの考慮等が必要なので「あり/なし」を明記することとしている。

##### 2. コンクリート

c. <b>所要スランプ</b> ・ <b>21cm</b> <input type="checkbox"/> ( )cm
e. <b>単位水量</b> ・ <b>200kg/m<sup>3</sup>以下</b> <input type="checkbox"/> ( )kg/m <sup>3</sup> 以下

JASS5 の水中コンクリートの仕様を採用することとし、スランプは21cmにしている。

スランプが18cmの場合は、スランプの許容範囲は18±2.5cmで下限値は15.5cmまで許容される。15.5cmでは流動性が劣り、よい杭を造ることは難しいと考えられる。スランプ21cmの場合は、スランプの許容範囲は21±1.5cmでありスランプ19.5cmを確保できる。なお、呼び強度27以上で高性能AE減水剤を使用した場合は21±2cmでありスランプ19cmを確保できる。

##### 4. 鉄筋

a. <b>鉄筋のあきの最小寸法</b> ・ <input type="checkbox"/> <b>100mm</b> <input type="checkbox"/> ( )mm
------------------------------------------------------------------------------------------------

5.1 に記述があるように、鉄筋のあき(鉄筋の純間隔)は100mm以上確保することを推奨する。

## 6. スペーサー

- c. 円周方向の個数
- ・4個 6個 8個  ( )個
  - ・**最上部は数量を2倍にする**

スペーサー間隔が大きいと孔内で鉄筋が動く幅が大きくなるので、鉄筋位置を固定するために最上部のスペーサーの数量を2倍にするのを標準としている。

## (2) 監理仕様

### 2. ケーシング

- b. 長さ
- ・軟弱層・埋戻し層を保護する
  - ・**ケーシングの下端をGL-( )m以深とする**

軟弱地盤をケーシングで保護しないと孔壁崩壊等の不具合が発生する。また、杭施工時にケーシング長さを指示しても対応できない可能性があるため、設計図にケーシング長さを明示している。

### 3. 支持層の確認

- ・**掘削時に採取した土砂を土質調査の土質柱状図および土質試料と対比して確認する**

試験杭で土質柱状図と実際の土層構成の整合を確認する。施工時には想定外の状態が発生することもあるので、支持層の確認は全ての杭において行う。

## 5. スライム処理

- a. 一次処理(鉄筋かご建て込み前)
- ・良液置換(スライムポンプ) 底ざらい
- b. 検測と二次処理(コンクリート打込み前)
- ・スライム量が多い場合はトレミー管を用いたポンプリフトにより実施する

一次処理では、スライムポンプを用いた良液置換がスライムを生じさせない最良の方法なので、採用を原則とする。

## 9. コンクリートの品質管理

- d. 試験練り
- ・**フレッシュ性状の経時変化試験**を( 行う 行わない)
  - ・練り混ぜ後、30分、60分、90分でスランプ、スランプフロー、空気量、コンクリート温度を測定し、経時による変化が少ないことを確認する
  - ・出来るだけ実際に使用するコンクリートに近い状態で行う

5.1 で示しているようにコンクリートはトレミー管に打ち込まれた後に長時間流動する。そのため、健全な構造体を造るためにはコンクリートが長時間流動性を保持している必要がある。試験練り時にフレッシュ性状の経時変化試験を行うことを指示できるようにしている。

## 10. コンクリート打設

- c. **コンクリート天端の管理**
- ・杭天端付近は、鉄筋かごの内側と外側のレベルを測定する
  - ・余盛の高さは、鉄筋かごの内側と外側を測定し、一番低い位置で所定の高さを確保する

5.1 で示しているようにコンクリートはトレミー管に沿って上昇し上面で鉄筋かごの外側に流れる。コンクリートは鉄筋かごの抵抗があるので、鉄筋かごの外側のレベルは内側のレベルよりも低くなる傾向があるので、鉄筋かごの内側と外側のレベルを測定する。

健全な構造体を造るためには所定の高さの余盛りが必要となるので、一番低い位置で所定の余盛り高さを確保することとしている。

## 11. トレミー管

- a. トレミー管の組合せ
- ・杭天端付近 **2m以下の組合せ**
  - ・上記以外 **6m以下の組合せ**
- b. 組合せ図
- ・**トレミー管の組合せ図を作成する**
- c. コンクリートへの挿入長さ
- ・杭天端付近 **2m以上4m以下**
  - ・上記以外 **2m以上8m以下**

杭天端付近は打設圧が小さいので打ち込まれたコンクリートが上面に上がってくるためには、トレミー管下端から上面の距離を小さくする必要がある。そのため、杭天端付近は 2m 以下のトレミー管の組合せになるようにする。また、組合せ図を作成してコンクリート天端とトレミー管の切り離しの管理を行う。

## 12. 施工記録

- ・施工記録が必要な項目
- 杭先端深度、杭長、支持層への根入長
  - コンクリートの品質記録
  - コンクリートの打設記録(トレミー管の切り離し記録を含む)
  - 鉄筋の品質シート
  - コンクリート打設前の安定液の管理記録**
  - スライム処理の実施記録
  - 孔壁測定結果
  - その他( )

従来、安定液の管理記録は、どの時点で採取された記録であるかが不明確であった。不具合が起きた場合の原因究明のためには、コンクリート打設前の管理記録が重要と位置付けた。

設計仕様

- 1. 一般事項
  - a. 本仕様書は、アースドリル工法で設計基準強度36N/mm<sup>2</sup>以下のコンクリートを打設する場合に適用する
  - b. 試験杭
    - ・□有 ( )本 □無
  - c. 載荷試験
    - ・□有 □無
  - d. その他の留意事項
    - 既存杭の引抜き埋戻し**(□あり □なし)
    - 報告書・図面**(□あり □なし)
    - 既存躯体撤去後の埋戻し土**(□あり □なし)
    - 汚染土撤去後の埋戻し土**(□あり □なし)
    - ( )
- 2. コンクリート
  - a. 設計基準強度
    - ・( )N/mm<sup>2</sup>
  - b. 構造体強度補正值
    - ・□3N/mm<sup>2</sup> □( )N/mm<sup>2</sup>
  - c. 所要スランプ
    - ・**21cm** □( )cm
  - d. 単位セメント量
    - ・□330kg/m<sup>3</sup>以上 □340kg/m<sup>3</sup>以上 □( )kg/m<sup>3</sup>以上
  - e. 単位水量
    - ・**200kg/m<sup>3</sup>以下** □( )kg/m<sup>3</sup>以下
  - f. 水セメント比
    - ・□60%以下 □55%以下 □( )%以下
  - g. 空気量
    - ・4.5%
  - h. セメントの種類
    - ・□普通ポルトランドセメント □高炉セメントB種 □( )
- 3. 余盛
  - ・□80cm □( )cm
- 4. 鉄筋
  - a. **鉄筋のあきの最小寸法**
    - ・□**100mm** □( )mm
- 5. 鉄筋のかぶり
  - ・□100mm □150mm □( )mm
- 6. スペーサー
  - a. 形状
    - ・FB( )×( )
    - ・鉄筋かこの最上部がケーシングの中にあるときは、ケーシングの大きさに合わせて高くする
  - b. 深度方向ピッチ
    - ・( )mm以下
  - c. 円周方向の個数
    - ・□4個 □6個 □8個 □( )個
    - ・**最上部は数量を2倍にする**
  - d. 深度方向の配置
    - ・千鳥配置とする

- 7. 鉄筋かこの組立における無溶接工法の採用
  - ・鉄筋かこの組立で、主筋及び帯筋に対して鉄筋かこの組立て上の形状保持のための溶接を行わない無溶接工法を(□採用する □採用しない)

監理仕様

- 1. 一般事項
  - a. 本仕様書に記載されていない事項は以下による
    - JASS4 □JASS5 □( )
  - b. 施工計画書
    - ・施工の前に施工計画書・施工要領書を作成する
- 2. ケーシング
  - a. 径の大きさ
    - ・杭径+( )mm
  - b. 長さ
    - ・軟弱層・埋戻し層を保護する
    - ・**ケーシングの下端をGL-( )m以深とする**
  - c. 鉛直精度
    - ・□1/100 □( )
- 3. 支持層の確認
  - ・**掘削時に採取した土砂を土質調査の土質柱状図および土質試料と対比して確認する**
- 4. 安定液水位
  - ・孔内水位は地下水位と水頭差1.5m以上を保持する
- 5. スライム処理
  - a. 一次処理(鉄筋かご建て込み前)
    - ・□**良液置換(スライムポンプ)** □底ざらい
  - b. 検測と二次処理(コンクリート打込み前)
    - ・スライム量が多い場合はトレミー管を用いたポンプリフトにより実施する
- 6. 安定液管理
  - a. コンクリート打設前の砂分率
    - ・□3%以下 □( )%以下
    - ・位置: 杭先端付近で採取

- 7. 孔壁測定
  - a. 測定頻度
    - ・□全数 □( )
  - b. 鉛直精度
    - ・□1/100 □( )
- 8. 鉄筋かこの製作
  - ・鉄筋かこの製作に溶接を使用する場合は以下による
    - a. 溶接技能者
      - ・溶接作業は、(一社)日本溶接協会の行う技能試験(JIS Z 3801「手溶接技術検定における試験方法及び判断基準」またはWES8201「手溶接技術者の資格認証基準」)に合格した有資格者が行う
    - b. 溶接作業
      - ・断面欠損(アンダーカット)が生じないようにする
      - ・雨中や風速10m以上での作業は行わない
      - ・外気温が5℃以下の場合には予熱を実施する
      - また、外気温が0℃以下での作業は行わない
- 9. コンクリートの品質管理
  - a. 1日に2本以上打設する場合は1本毎にb.cの品質管理を行う
  - b. 生コンクリートの受入検査
    - ・強度検査
      - ・回数 1回かつ150m<sup>3</sup>ごと
      - ・供試体の養生方法 標準養生
      - ・合格判定値 1回の試験が調合管理強度の85%以上
      - 3回の試験の平均値が調合管理強度以上
    - ・フレッシュ性状検査
      - ・スランプ
        - ・回数 最初の運搬車および供試体採取時
        - ・合格判定値
          - ・スランプ21cmの場合
          - 21±1.5cm以内
          - (調合管理強度27N/mm<sup>2</sup>以上で高性能AE減水剤を使用する場合 21±2cm以内)
      - ・空気量
        - ・供試体採取時に行う
        - ・合格判定値 4.5±1.5%
      - ・コンクリート温度
        - ・供試体採取時に行う
        - ・合格判定値 35℃以下(寒中の場合は10~20℃)
      - ・塩化物量
        - ・1回行う
        - ただし、海砂など塩化物を含むおそれのある骨材を用いる場合は打設当初および150m<sup>3</sup>に1回以上行う
        - ・合格判定値 防錆対策がない場合 0.30kg/m<sup>3</sup>以下
        - 防錆対策がある場合 0.60kg/m<sup>3</sup>以下
  - c. 構造体コンクリートの圧縮強度検査
    - ・回数 1回かつ150m<sup>3</sup>ごと
    - ・供試体の養生方法 標準養生
    - ・合格判定値 1回の試験が調合管理強度以上
  - d. 試験練り
    - ・実施の前に試験練りを(□行う □行わない)
    - ・試験練りを行う場合の試験項目(判定値)
      - 圧縮強度(呼び強度を保證する材齢で呼び強度以上)
      - スランプ(9.bによる)
      - スランプフロー(( )cm以上)
      - 空気量(9.bによる)
      - コンクリート温度(9.bによる)
      - 塩化物量(9.bによる)
    - ・**フレッシュ性状の経時変化試験**(□行う □行わない)
      - ・練り混ぜ後、30分、60分、90分でスランプ、スランプフロー、空気量、コンクリート温度を測定し、経時変化を確認する
      - ・出来るだけ実際に使用するコンクリートに近い状態で行う

- 10. コンクリート打設
  - a. コンクリートは連続して打設する
  - b. コンクリート打設前にアジテータ車のドラムを30秒間高速回転を行う
  - c. **コンクリート天端の管理**
    - ・杭天端付近は、鉄筋かこの内側と外側のレベルを測定する
    - ・余盛の高さは、鉄筋かこの内側と外側を測定し、一番低い位置で所定の高さを確保する
- 11. トレミー管
  - a. トレミー管の組合せ
    - ・杭天端付近 **2m以下の組合せ**
    - ・上記以外 **6m以下の組合せ**
  - b. 組合せ図
    - ・**トレミー管の組合せ図を作成する**
    - ・11.aを確認する
  - c. コンクリートへの挿入長さ
    - ・杭天端付近 **2m以上4m以下**
    - ・上記以外 **2m以上8m以下**
- 12. 施工記録
  - ・施工記録が必要な項目
    - 杭先端深度、杭長、支持層への根入長
    - コンクリートの品質記録
    - コンクリートの打設記録(トレミー管の切り離し記録を含む)
    - 鉄筋の品質シート
    - コンクリート打設前の安定液の管理記録**
    - スライム処理の実施記録
    - 孔壁測定結果(全数)**
    - その他( )
- 13. 検査
  - a. 杭頭の状況検査
    - ・杭頭の状況を目視検査する
    - ・補修を行う場合は要領書を作成する

一般社団法人 日本建設業連合会  
場所打ちコンクリート杭 特記仕様書(例)

場所打ちコンクリート杭の品質管理のポイント

平成 29 年 6 月発行

一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部

〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-5-1 東京建設会館 8 階

TEL : 03-3551-1118 FAX : 03-3555-2463

©JAPAN FEDERATION OF CONSTRUCTION CONTRACTORS 2017

本誌掲載内容の無断転載を禁じます