

ISSN 0836-7858
土木研究所資料第 4098 号

土木研究所資料

オールケーシング工法を用いた
場所打ち杭の出来形に関する調査

平成20年3月

独立行政法人土木研究所
構造物研究グループ基礎チーム

Copyright © (2008) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

オールケーシング工法を用いた 場所打ち杭の出来形に関する調査

構造物研究グループ（基礎） 上席研究員 中谷 昌一
主任研究員 竹口 昌弘
研 究 員 野々村佳哲
交流研究員 中村 祐二
交流研究員 齋藤 隆*

* 交流研究員在職期間：平成17年4月～平成19年3月

要 旨

場所打ち杭の施工において、オールケーシング工法は適用地盤が広く、孔壁の崩壊防止が確実な工法として道路橋基礎に数多く採用されている。しかし、軟弱地盤でオールケーシング工法を用いた場合に杭頭部付近で杭径が大きく細る事例が報告されたため、その原因究明と防止対策の検討を目的として杭径不足が生じた現場での実態調査を行った。

調査結果の整理や分析により、軟弱地盤でのオールケーシング工法における杭径の細り現象は、N値1以下のごく軟弱な地盤での施工に集中していること、ケーシング引抜き時のヒービング現象や孔壁の内外圧のバランスにより概ね評価可能であることなどが確認できた。

キーワード：オールケーシング工法、軟弱地盤、杭径不足、ヒービング

目 次

1. はじめに	1
2. 軟弱地盤におけるオールケーシング工法を用いた杭施工の実態調査	3
2.1 調査概要	3
2.2 調査項目	4
2.3 調査結果	5
(1) 調査対象一覧	5
(2) 杭仕様による整理	7
(3) 地盤種別・物性による整理	12
(4) 施工条件による整理	16
(5) 杭径不足量と各調査項目との相関	18
3. 杭径の細り現象に対する定量的評価	21
3.1 発生のメカニズムの考察	21
3.2 躯体側面に働く圧力差に関する検証	22
3.3 ヒービングによる検証	25
4. まとめ	28
参考文献	29
付属資料	
I. 施工実態調査データ一覧	30
II. 「杭基礎設計便覧/杭基礎施工便覧（平成 18 年度改訂版）」への反映内容	45
III. 場所打ち杭における杭径の施工誤差が杭基礎の設計に及ぼす影響試算	47
IV. オールケーシング工法における杭細り対策工（二重ケーシング）の試験施工例	55

1. はじめに

場所打ち杭の施工において、オールケーシング工法は比較的に適用地盤が広く、孔壁の崩落防止が確実な工法として道路橋基礎に数多く採用されている。平成 16 年度の国土交通省直轄の道路橋工事における施工実績調査¹⁾によると、杭基礎が全基礎の 75.8%を占め、杭基礎のうち場所打ち杭（深礎工法除く）が 76.3%、さらに場所打ち杭（深礎工法除く）の 9 割以上でオールケーシング工法が採用されている。すなわち、オールケーシング工法による場所打ち杭基礎は 40%以上の工事で採用されているが、このオールケーシング工法で軟弱地盤に場所打ち杭を施工した場合に、杭頭部付近で、杭径が大きく細くなった事例が報告されている。

平成 17 年度に国土交通省が全国の直轄の道路橋下部工工事（平成 15 年度～平成 17 年度の施工分）を対象に実施したオールケーシング工法の施工実績調査によると、杭頭部付近の杭径が設計径に対して 30mm 以上の細くなった杭の大半がN値 2 以下の、さらにはそのうち 9 割以上がN値 1 以下のごく軟弱な土層での施工であった（表-1.1）。

そこで、本調査では、国土交通省が実施した上記の施工実績調査で杭径に出来形不足があった基礎に対して、より詳細な施工実績データ（地盤条件、施工条件、施工管理記録、出来形記録など）を各地方整備局の協力の下に収集し、杭径の細り現象と各施工データとの関係の整理、分析を行った。そして、軟弱な土層にオールケーシング工法で場所打ち杭を施工した場合に生じた杭径の細り現象に対して、その発生メカニズムと判定方法について検討した。

なお、国土交通省および土木研究所が実施した一連の調査・分析結果は、以下に示すとおり平成 19 年 1 月に発刊された「杭基礎設計便覧／杭基礎施工便覧（平成 18 年度改訂版）（社）日本道路協会」^{2),3)}や平成 19 年 4 月に改定された国土交通省の「出来形管理基準及び規格値」に反映されている。

（研究成果の反映）

- 杭基礎設計便覧／杭基礎施工便覧（平成 18 年度改訂版）平成 19 年 1 月
軟弱地盤におけるオールケーシング工法の適用性、施工上の留意点の解説
（付属資料-Ⅱ参照）
- 国土交通省 出来形管理基準及び規格値 平成 19 年 4 月
場所打ち杭の杭径の出来形規格値の改定
{設計径（公称径）} 以上 → {設計径（公称径）-30mm} 以上
（付属資料-Ⅲ参照）

表-1.1 オールケーシング工法による場所打ち杭 24,185 本の施工実績調査結果(国土交通省調べ)

		杭頭付近の N 値		合計
		N 値 $\leq$ 2	N 値 $\geq$ 3	
設計径に対する 杭径不足量	0～30mm	176 本(0.7%)	106 本(0.4%)	282 本(1.2%)
	30mm 超	75 本(0.3%) <u>このうち、N 値 0～1 が 72 本</u>	5 本(0.0%)	80 本(0.3%)
合計		251 本(1.0%)	111 本(0.5%)	362 本(1.5%)

備考)・調査対象：平成 15 年度～17 年度に施工された直轄土木工事のうち場所打ち杭（オールケーシング工法）で施工された橋梁下部工事

・（ ）内の数字は、全調査杭本数（24,185 本）に対する比率

2. 軟弱地盤におけるオールケーシング工法を用いた杭施工の実態調査

2.1 調査概要

平成 18 年 1 月に国土交通省が直轄の道路橋下部工工事（平成 15 年度～平成 17 年度の施工分）を対象に実施したオールケーシング工法の施工実績調査によると、杭径が設計径に対して 30mm より大きく細った杭は杭頭部付近の土層の N 値が 1 以下のごく軟弱な地盤に集中していることが確認された。そこで、本調査では、杭細りの発生原因とその判定方法を検討することを目的に、杭径不足があった基礎の詳細な施工データを収集し、杭径の細り現象と様々なパラメータとの関係を整理・分析した。調査対象は以下のとおりである。

【調査対象条件】

上記の国交省が実施したオールケーシング工法施工実績調査で杭径の出来形不足があった道路橋の杭基礎

【調査対象機関】

北海道開発局，東北地方整備局，北陸地方整備局，関東地方整備局，中部地方整備局，近畿地方整備局，中国地方整備局，四国地方整備局，九州地方整備局

2.2 調査項目

調査項目は必須項目と詳細項目に分け、以下の通りとした。

1. 工事データ

- 1-1 年度
- 1-2 事務所名, 路線名, 工事名
- 1-3 施工場所
- 1-4 工期(うち杭施工期間)

2. 必須調査項目(必ず情報提供願いたい項目)

- 2-1 地盤データ(*できればボーリング柱状図に、施工基盤レベル、杭頭レベル等の情報を図示したもの)
 - 2-1-1 N 値(地表～杭頭部付近)
 - 2-1-2 地盤改良の有無(地盤改良を行っている場合はその仕様)
 - 2-1-3 地盤種別(特に有機質土、腐植土を含む場合はそれがわかるように)
 - 2-1-4 地下水位レベル
- 2-2 杭仕様
 - 2-2-1 杭径, 杭長, 杭本数および杭配置
 - 2-2-2 杭頭レベル, 施工基盤レベル
- 2-3 施工記録
 - 2-3-1 コンクリート余盛り高さ
 - 2-3-2 杭体コンクリートの品質(スランプ値, 空気量)
 - 2-3-3 杭頭部埋戻しの高さおよび埋戻時期(ケーシング引抜前/後/硬化後)
- 2-4 出来形計測記録
 - 2-4-1 杭頭部の杭径

3. 詳細調査項目(可能な範囲で情報提供願いたい項目)

- 3-1 地盤データ
 - 3-1-1 ボーリング本数(*調査本数の柱状図で代用可)
 - 3-1-2 粘着力 C , 内部摩擦角 ϕ , 一軸圧縮強度 q_u , 単位体積重量 γ
- 3-2 杭仕様
 - 3-2-1 杭体のコンクリート仕様(セメント種別, 設計基準強度)
 - 3-2-2 杭体の配筋(一般部および杭頭部)
- 3-3 施工記録
 - 3-3-1 施工管理グラフ(コンクリート打設速度, ケーシングやトレミー管の引抜速度がわかるもの)
 - 3-3-2 施工機器重量もしくは機器型番(掘削機, 補助クレーン)
 - 3-3-3 水中掘削, 水中コンクリート打設実施の有無
- 3-4 出来形計測記録
 - 3-4-1 杭頭部の杭径(2方向), 杭頭部周長
 - 3-4-2 深度方向の杭径分布(どの範囲が杭径不足かわかるもの)

2.3 調査結果

(1) 調査対象一覧

調査対象機関からの回答のうち、対象条件に合致する橋梁基礎の一覧を表-2.3.1 に示す。データ整理および分析時に用いる橋梁名および基礎 No. を表内のとおり設定する。これら 29 基の基礎 (No.18,24 が欠番^{注)}) の各調査項目の回収状況を次ページの表-2.3.2 に示す。

表-2.3.1 調査対象基礎一覧表

地方整備局	橋梁名	年度	対象基礎数	基礎 No.
北海道	なし	---	なし	---
東北	橋梁 A	16	3 基	1, 2, 3
	橋梁 B	16	4 基	4, 5, 6, 7
関東	橋梁 C	15	3 基	8, 9, 10
	橋梁 D	15	2 基	11, 12
北陸	橋梁 E	17	1 基	13
	橋梁 F	16	1 基	14
	橋梁 G	16	1 基	15
	橋梁 H	16	2 基	16, 17
中部	なし	---	なし	---
近畿	橋梁 I	17	1 基	18
中国	橋梁 J	16	2 基	19, 20
	橋梁 K	17	4 基	21, 22, 23, 24
四国	橋梁 L	16	1 基	25
	橋梁 M	17	2 基	26, 27
九州	橋梁 N	16	1 基	28
	橋梁 O	17	1 基	29
	橋梁 P	16	1 基	30
	橋梁 Q	16	1 基	31

注) 基礎 No. 18 (橋梁 I) は杭径不足の原因が施工ミスにより発生したのが明らかなため、基礎 No. 24 (橋梁 K) は必須データの殆どが不足していたため、以降のデータ整理・分析において対象から除外し欠番とした。

表-2.3.2 回収データ一覧表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31
事務所、路線名、工事名、																													
施工場所、工期																													
ボーリング図																													
N値																													
地盤改良																													
地盤種別																													
地下水レベル																													
杭径																													
杭長																													
杭本数																													
杭配置																													
杭頭レベル																													
施工レベル																													
余盛り																													
スランプ																													
空気量																													
埋戻高さ																													
埋戻し時期																													
杭頭部杭径																													
ボーリング柱状図																													
粘着力C																													
内部摩擦角φ																													
一軸圧縮強度qu																													
単位体積重量																													
セメント種別																													
設計基準強度																													
主筋配筋																													
スターループ																													
施工管理グラフ(引抜速度)																													
機器重量(掘削機)																													
機器重量(クレーン)																													
掘削時孔内水レベル																													
水中掘削・水中コンの有無																													
杭頭部周長																													
杭径の深度方向分布																													
工事データ																													
必須データ																													

データ有り

データ値の再評価が必要

データ不足

データ無し

◎ データ有り ○ データ値の再評価が必要 △ データ不足 × データ無し

注1) 基礎 No.18, 24は欠番

注2) 「データ値の再評価が必要」とは、他項目との整合性や測定方法などを確認する事が必要であるという意。「データ不足」とはその基礎の全ての杭に対するデータが揃っておらず、データの無い杭が含まれているという意

(2) 杭仕様による整理

各基礎の杭本数、杭寸法および杭径不足の発生本数を表-2.3.3に示す。ここで、杭径不足とは、設計径に対して出来形が不足していることである。なお、土中に構築する場所打ち杭の現状の施工能力や出来形不足が杭基礎の設計に及ぼす影響度を検討した結果、杭径不足量の30mm程度は施工誤差として許容できる範囲と考えられる（付属資料-Ⅲ参照）。したがって、ここでは杭径不足量30mmを閾値とし、主としてそれ以上の杭径不足が生じた場合を杭の細り現象であると考え、30mm未満の杭径不足は単なる施工誤差によるものとした。

表-2.3.3 各基礎の杭仕様および杭径不足の発生本数

基礎 No.	杭径 (mm)	杭長 (m)	杭本数 (本)	杭径不足の発生本数 (本)	
					30mm 以上
1	1200	21.5	20	20	0
2	1200	15.5	15	15	1
3	1200	11	12	7	0
4	1200	15	12	12	9
5	1200	13.5-15	12	12	11
6	1200	8.5	16	15	12
7	1200	6.5	16	16	13
8	1500	21	8	4	0
9	1500	21.5	10	4	0
10	1500	19	16	11	0
11	1500	17.5	10	8	0
12	1500	15.5	10	5	0
13	1200	14	6	6	0
14	1200	28	8	8	5
15	1500	14.5	9	9	8
16	1200	36.5	12	12	9
17	1200	36.5	12	8	2
19	1200	9	5	5	0
20	1200	9	6	6	1
21	1200	18	6	6	3
22	1200	20	8	8	0
23	1200	20	6	6	0
25	1200	3.55-7.55	6	3	2
26	1000	6	8	7	2
27	1000	5.5-8.5	12	9	0
28	1200	14	15	11	0
29	1200	7	24	9	0
30	1000	39.5	10	1	0
31	1200	32	25	24	0
合計			335	267	78

表-2.3.3 より、杭仕様の各項目と杭径不足の発生本数と対象本数に対する発生割合について整理した結果を表-2.3.4～表-2.3.6 及び図-2.3.1～図 2.3.3 に示す。いずれのパラメータも杭の細りへの影響はみられなかった。

表-2.3.4 杭径と杭径不足の発生本数

杭径	基数	対象本数	杭径不足 発生本数	%	杭径不足 30mm 以上	%
φ 1000	3 基	30 本	17 本	57%	2 本	7%
φ 1200	20 基	242 本	209 本	86%	69 本	29%
φ 1500	6 基	63 本	41 本	65%	7 本	11%
計	29 基	335 本	267 本	80%	78 本	23%

表-2.3.5 基礎の杭本数と杭径不足の発生本数

杭本数	基数	対象本数	杭径不足 発生本数	%	杭径不足 30mm 以上	%
5 本	1 基	5 本	5 本	100%	0 本	0%
6 本	5 基	30 本	27 本	90%	6 本	20%
8 本	4 基	32 本	27 本	84%	7 本	22%
9 本	1 基	9 本	9 本	100%	8 本	89%
10 本	4 基	40 本	18 本	45%	0 本	0%
12 本	6 基	72 本	60 本	83%	31 本	43%
15 本	2 基	30 本	26 本	87%	1 本	3%
16 本	3 基	48 本	42 本	88%	25 本	52%
20 本	1 基	20 本	20 本	100%	0 本	0%
24 本	1 基	24 本	9 本	38%	0 本	0%
25 本	1 基	25 本	24 本	96%	0 本	0%
計	29 基	335 本	267 本	80%	78 本	23%

表-2.3.6 杭長と杭径不足の発生本数

杭長	基数	対象本数	杭径不足 発生本数	%	杭径不足 30mm 以上	%
3m～	8 基	93 本	70 本	75%	30 本	32%
10m～	5 基	54 本	45 本	83%	19 本	35%
15m～	6 基	69 本	57 本	83%	13 本	19%
20m～	5 基	52 本	42 本	81%	0 本	0%
25m～	1 基	8 本	8 本	100%	5 本	63%
30m～	1 基	25 本	24 本	96%	0 本	0%
35m～	3 基	34 本	21 本	62%	11 本	32%
計	29 基	335 本	267 本	80%	78 本	23%

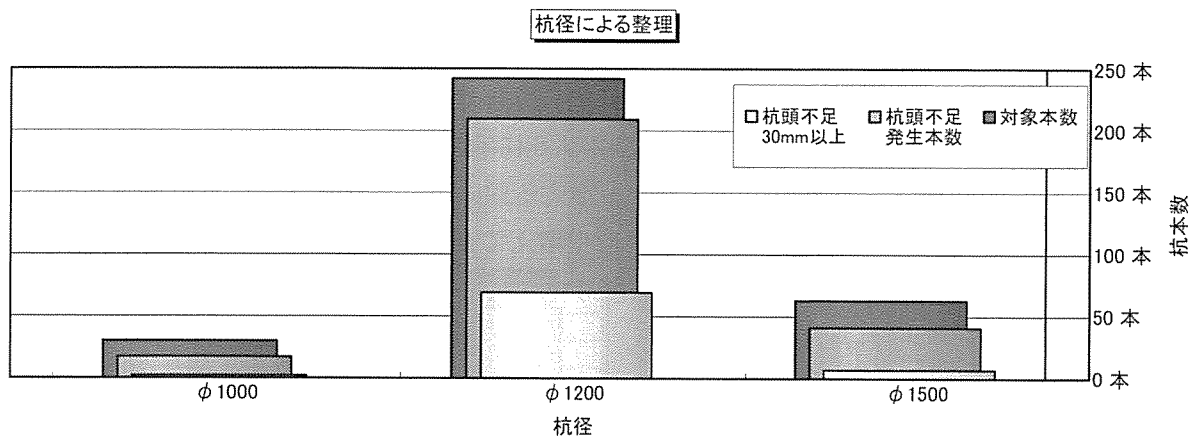


図-2.3.1 杭径と杭径不足の発生本数

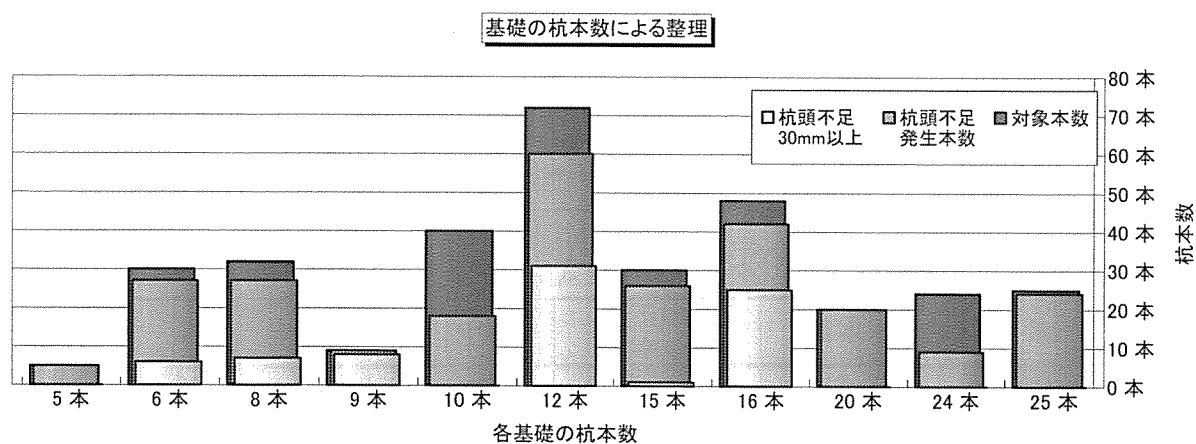


図-2.3.2 基礎の杭本数と杭径不足の発生本数

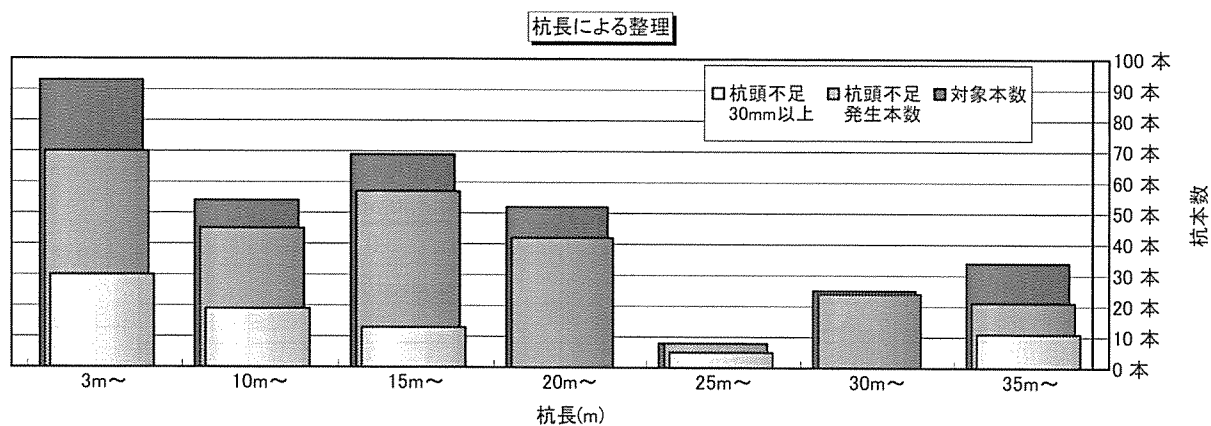


図-2.3.3 杭長と杭径不足の発生本数

次に、杭仕様のうち鉄筋コンクリートの仕様に着目し、打設前コンクリートのスランプ及び空気量、軸方向鉄筋の主鉄筋比（杭断面に対する鉄筋の面積比率）について整理を行った。それらの結果を表-2.3.7～表-2.3.9 及び図-2.3.4～図-2.3.6 に示す。

スランプ値が大きい場合に杭細りの発生割合が増える傾向がみられる。また、空気量は小さめ、主鉄筋比は小さめの場合に杭細りの発生割合がやや増えているようにみえる。これらのパラメータはコンクリートの流動性・充填性に影響を及ぼすもので、流動性や充填性が高いほど杭径の細りが生じやすい傾向がみられた。

表-2.3.7 コンクリートのスランプ値と杭径不足の発生本数

スランプ	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
13cm～	2 本	2 本	100%	1 本	50%
14cm～	32 本	17 本	53%	2 本	6%
15cm～	72 本	58 本	81%	0 本	0%
16cm～	56 本	42 本	75%	3 本	5%
17cm～	52 本	44 本	85%	13 本	25%
18cm～	70 本	63 本	90%	34 本	49%
19cm～	33 本	31 本	94%	23 本	70%
不明	18 本	7 本	39%	0 本	0%
計	335 本	264 本	79%	76 本	23%

表-2.3.8 コンクリートの空気量と杭径不足の発生本数

空気量	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
3.5%～	17 本	12 本	71%	0 本	0%
4%～	98 本	74 本	76%	21 本	21%
4.5%～	173 本	144 本	83%	45 本	26%
5%～	28 本	25 本	89%	10 本	36%
5.5%～	1 本	1 本	100%	0 本	0%
不明	18 本	7 本	39%	0 本	0%
計	335 本	263 本	79%	76 本	23%

表-2.3.9 杭の主鉄筋比と杭径不足の発生本数

主鉄筋比	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0.5%～	6 本	6 本	100%	0 本	0%
1%～	68 本	54 本	79%	19 本	28%
1.5%～	36 本	33 本	92%	29 本	81%
2%～	106 本	91 本	86%	22 本	21%
2.5%～	18 本	8 本	44%	0 本	0%
3%～	20 本	13 本	65%	0 本	0%
不明	81 本	59 本	73%	6 本	7%
計	335 本	264 本	79%	76 本	23%

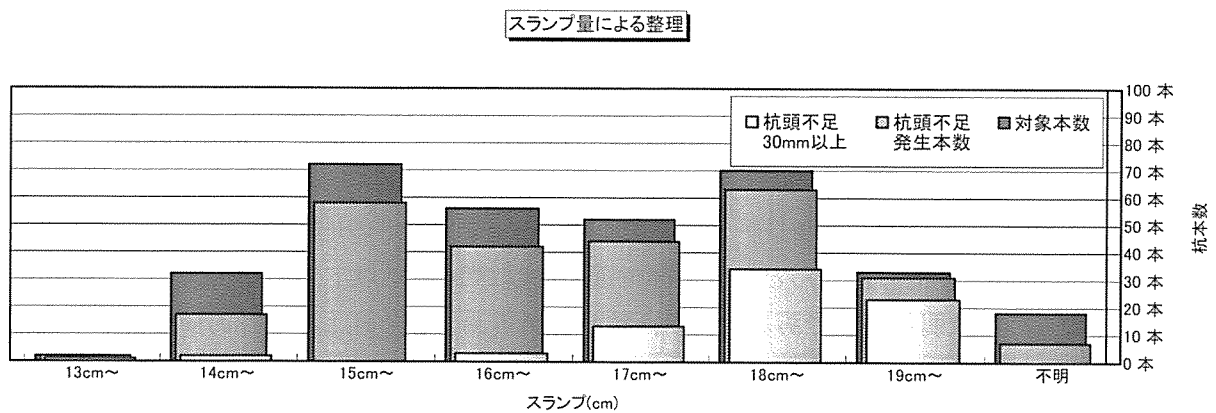


図-2.3.4 コンクリートのスランプ値と杭径不足の発生本数

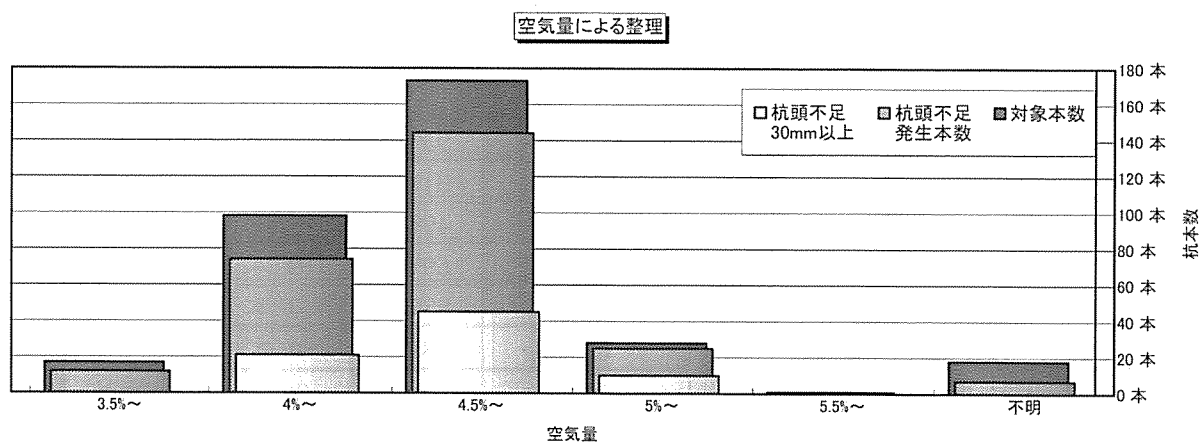


図-2.3.5 コンクリートの空気量と杭径不足の発生本数

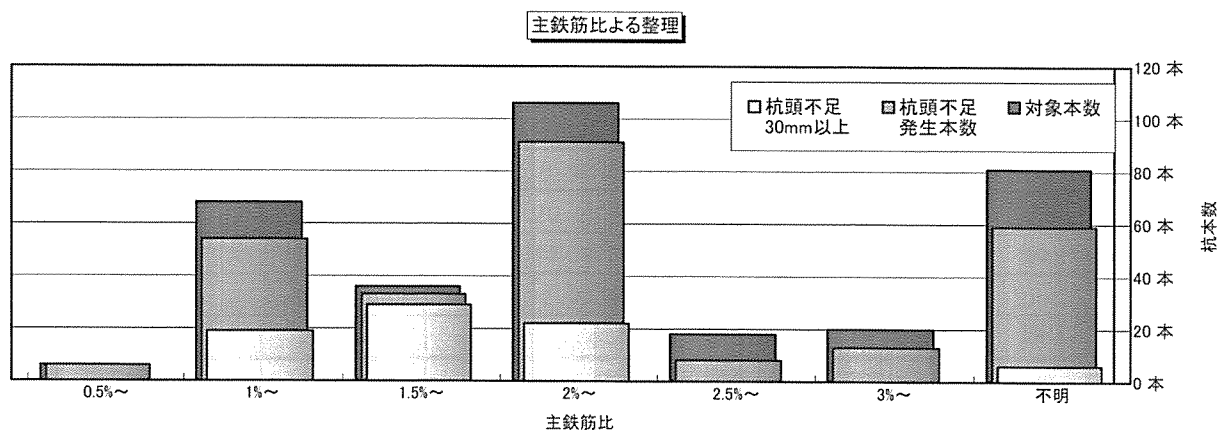


図-2.3.6 杭の主鉄筋比と杭径不足の発生本数

(3) 地盤種別・物性による整理

杭の細り量に影響を与えると思われる地盤のデータとして、杭頭部付近の地盤種別、N 値、粘着力 C (kN/m^2)、単位体積重量 γ_1 (kN/m^3)、および杭頭レベルより上部の地盤の単位体積重量の平均値 γ_2 (kN/m^3) について整理を行った。それらの結果を表-2.3.10～表-2.3.14 及び図-2.3.7～図-2.3.11 に示す。

杭径不足量 30mm 以上の杭細りが生じているのは、杭頭部付近の地盤種別が粘性土または腐植土含む粘性土であり、そのほとんどが杭頭部付近の地盤が N 値 1 以下、あるいは粘着力 30 kN/m^2 未満と評価された軟弱な場合である。なお、杭頭部付近およびそれより上部の地盤の単位体積重量と杭の細り発生との傾向は特にみられない。

表-2.3.10 杭頭部付近の地盤種別と杭径不足の発生本数

地盤種別	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
粘性土	194 本	181 本	93%	78 本	40%
腐植土を含む粘性土	28 本	17 本	61%	0 本	0%
砂質土	67 本	33 本	49%	0 本	0%
腐植土を含む砂質土	16 本	11 本	69%	0 本	0%
礫質土	18 本	15 本	83%	0 本	0%
風化砂岩	12 本	7 本	58%	0 本	0%
計	335 本	264 本	79%	78 本	23%

表-2.3.11 杭頭部地盤の N 値と杭径不足の発生本数

杭頭 N 値	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0	136 本	124 本	91%	62 本	46%
1	52 本	44 本	85%	11 本	21%
2	18 本	12 本	67%	0 本	0%
3,4	57 本	39 本	68%	5 本	9%
5～8	5 本	5 本	100%	0 本	0%
9～12	43 本	31 本	72%	0 本	0%
不明	24 本	9 本	38%	0 本	0%
計	335 本	264 本	79%	78 本	23%

表-2.3.12 杭頭部地盤の粘着力 C 値(kN/m²)と杭径不足の発生本数

杭頭 C 値	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0～	38 本	26 本	68%	5 本	13%
10～	80 本	75 本	94%	56 本	70%
20～	20 本	20 本	100%	9 本	45%
40～	12 本	7 本	58%	0 本	0%
不明	185 本	136 本	74%	8 本	4%
計	335 本	264 本	79%	78 本	23%

表-2.3.13 杭頭部地盤の γ_1 (kN/m³)と杭径不足の発生本数

杭頭地盤 γ_1	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
13	84 本	80 本	95%	50 本	60%
16	33 本	29 本	88%	19 本	58%
17	23 本	18 本	78%	1 本	4%
18	10 本	1 本	10%	0 本	0%
不明	185 本	136 本	74%	8 本	4%
計	335 本	264 本	79%	78 本	23%

表-2.3.14 杭頭レベルより上部地盤の平均 γ_2 (kN/m³)と杭径不足の発生本数

上部平均 γ_2	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
12～	56 本	55 本	98%	45 本	80%
13～	20 本	12 本	60%	5 本	25%
14～	20 本	20 本	100%	0 本	0%
15～	9 本	9 本	100%	8 本	89%
16～	24 本	20 本	83%	11 本	46%
17～	11 本	11 本	100%	1 本	9%
18～	10 本	1 本	10%	0 本	0%
不明	185 本	136 本	74%	8 本	4%
計	335 本	264 本	79%	78 本	23%

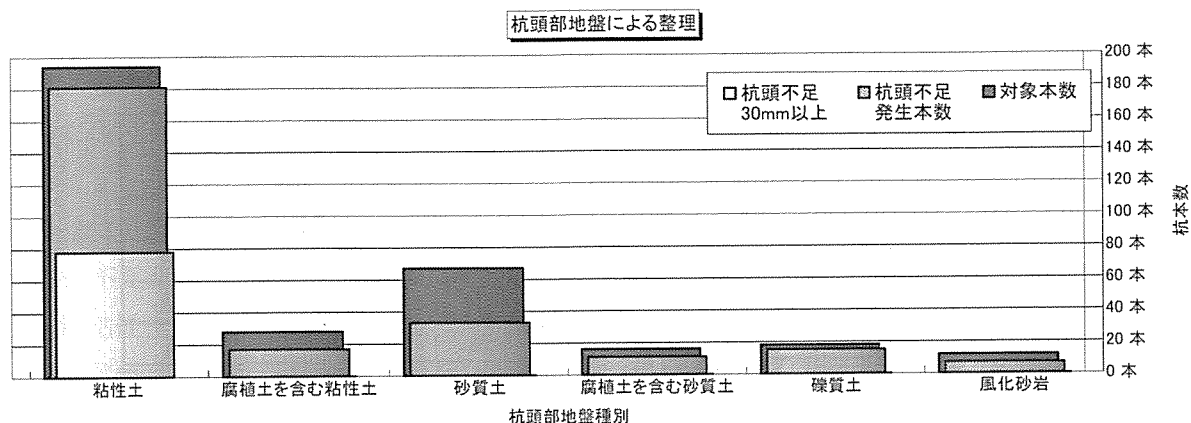


図-2.3.7 杭頭部の地盤種別と杭径不足の発生本数

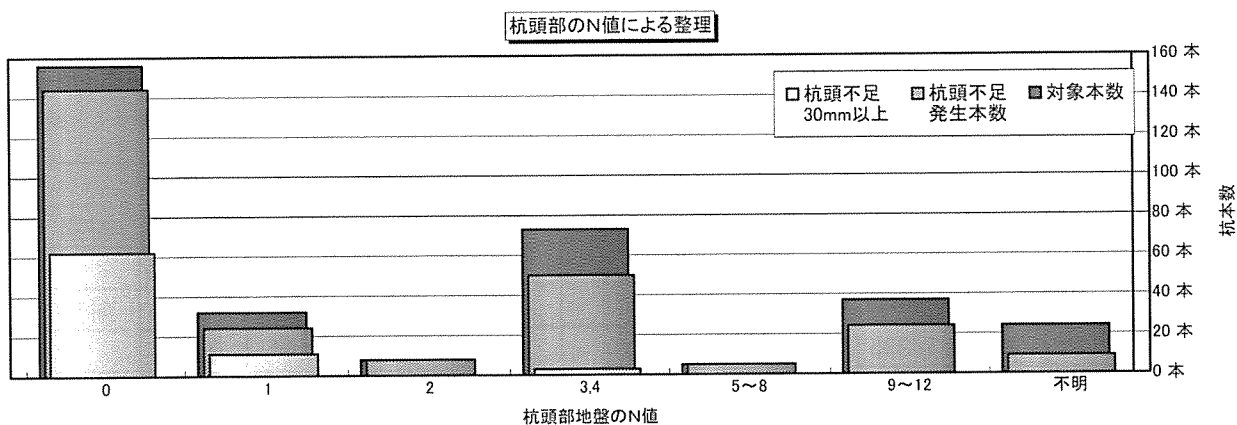


図-2.3.8 杭頭部地盤の N 値と杭径不足の発生本数

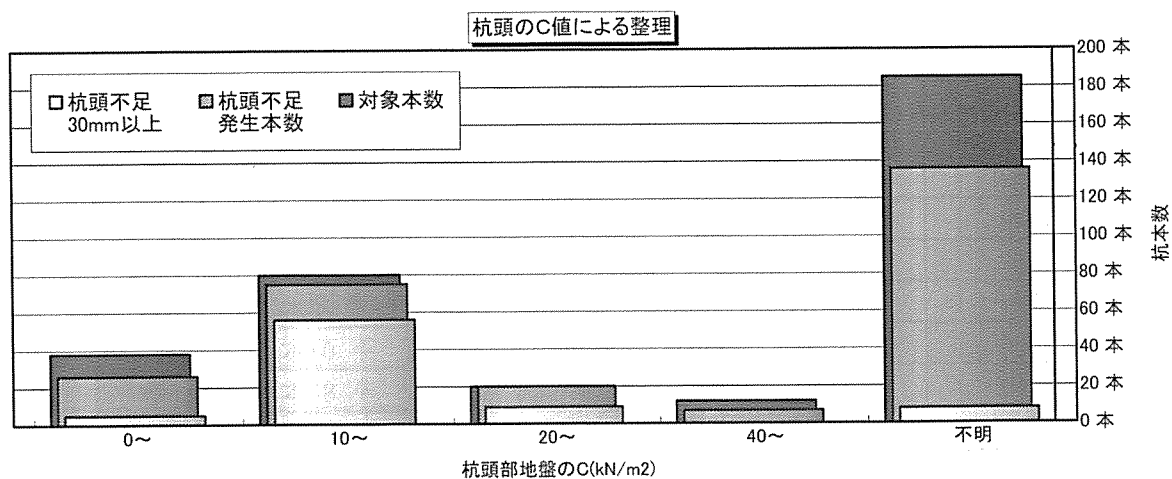


図-2.3.9 杭頭部地盤の C 値 (kN/m²) と杭径不足の発生本数

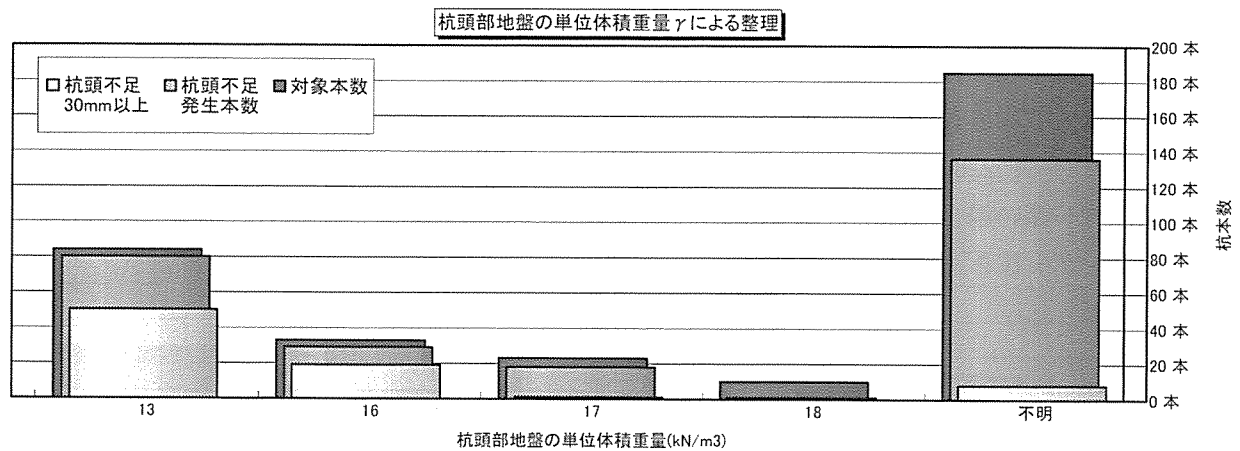


図-2.3.10 杭頭部地盤の γ_1 (kN/m³)と杭径不足の発生本数

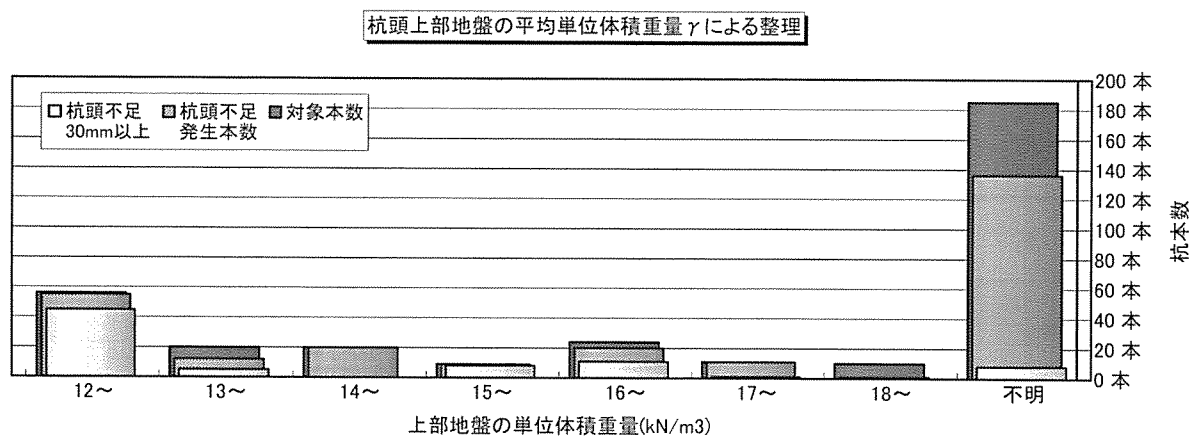


図-2.3.11 杭頭レベルより上部地盤の平均 γ_2 (kN/m³)と杭径不足の発生本数

(4) 施工条件による整理

施工条件については、施工面からの杭頭深度（GL-m：施工レベルと杭頭レベルの差）、コンクリートの余盛り高さ（m）、最終ケーシングの引抜き速度（m/分）について整理した。それらの結果を表-2.3.15～表-2.3.17 及び図-2.3.12～図-2.3.14 に示す。

杭頭深度が深い場合は、杭の細り発生割合が増える傾向がみられる。一方、余盛り高さ及び最終ケーシング引抜き速度については杭の細りとの明瞭な関係はみられなかった。

表-2.3.15 施工面からの杭頭深度（GL-m）と杭径不足の発生本数

杭頭深度	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
1m～	24 本	15 本	63%	0 本	0%
2m～	165 本	131 本	79%	62 本	38%
3m～	137 本	109 本	80%	6 本	4%
5m～	9 本	9 本	100%	8 本	89%
計	335 本	264 本	79%	76 本	23%

表-2.3.16 余盛り高さ（m）と杭径不足の発生本数

余盛り高	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0.5m～	84 本	71 本	85%	33 本	39%
1m～	81 本	59 本	73%	10 本	12%
1.5m～	114 本	96 本	84%	21 本	18%
2m～	39 本	26 本	67%	12 本	31%
不明	17 本	12 本	71%	0 本	0%
計	335 本	264 本	79%	76 本	23%

表-2.3.17 最終ケーシング引抜き速度（m/分）と杭径不足の発生本数

引抜き速度	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0.2～	18 本	15 本	83%	11 本	61%
0.4～	78 本	69 本	88%	11 本	14%
0.6～	15 本	10 本	67%	1 本	7%
0.8～	23 本	16 本	70%	1 本	4%
1～	43 本	28 本	65%	14 本	33%
1.2～	60 本	43 本	72%	28 本	47%
1.4～	52 本	44 本	85%	7 本	13%
不明	46 本	39 本	85%	3 本	7%
計	335 本	264 本	79%	76 本	23%

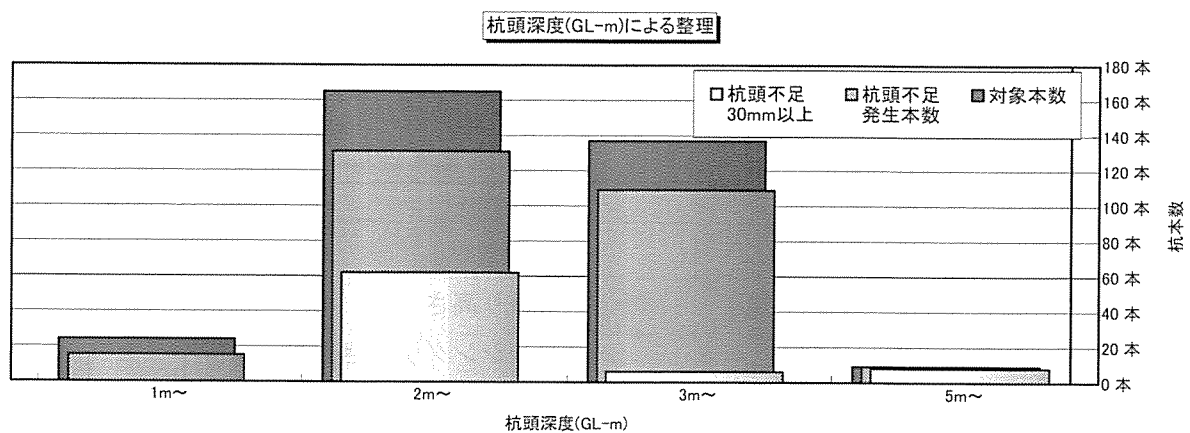


図-2.3.12 杭頭深度(GL-m)と杭径不足の発生本数

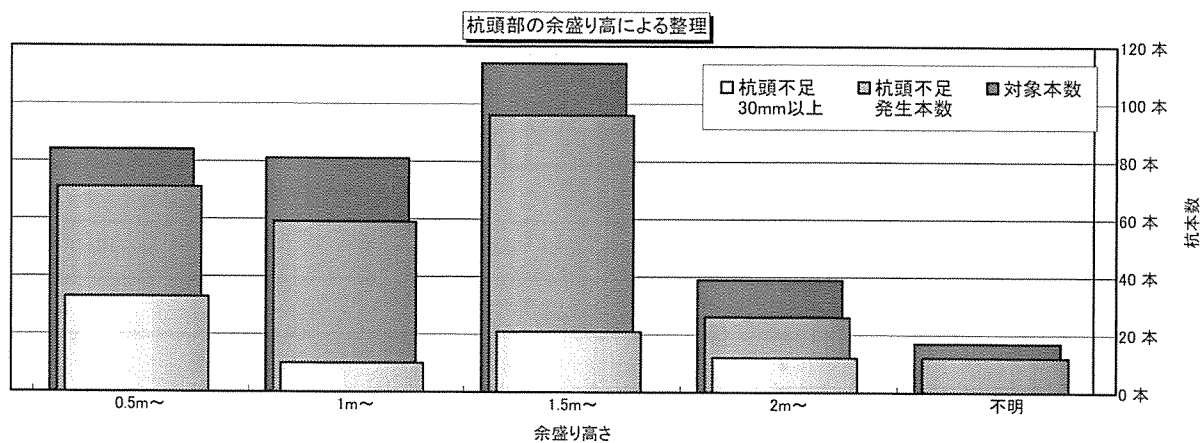


図-2.3.13 余盛り高さ(m)と杭径不足の発生本数

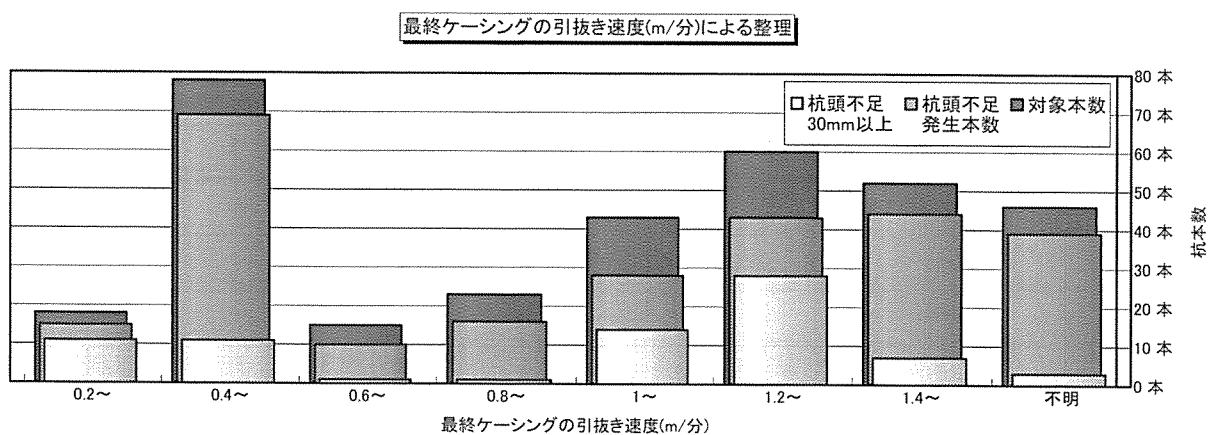


図-2.3.14 最終ケーシング引抜き速度(m/分)と杭径不足の発生本数

(5) 杭径不足量と各調査項目との相関

各調査項目と細りの発生本数について整理を行ったが、ここでは杭径不足量に着目し、調査項目毎のグラフ化による整理を行った。グラフ化は(2)～(4)で採り上げた項目のうち、関連が高いと考えられる以下の8項目について行った(図-2.3.15～図2.3.22)。

- | | |
|---------------|-------------|
| ・杭頭部地盤のN値 | ・主鉄筋比 |
| ・杭頭部地盤の粘着力C | ・杭頭深度 |
| ・コンクリートのスランプ値 | ・余盛り高さ |
| ・コンクリートの空気量 | ・ケーシング引抜き速度 |

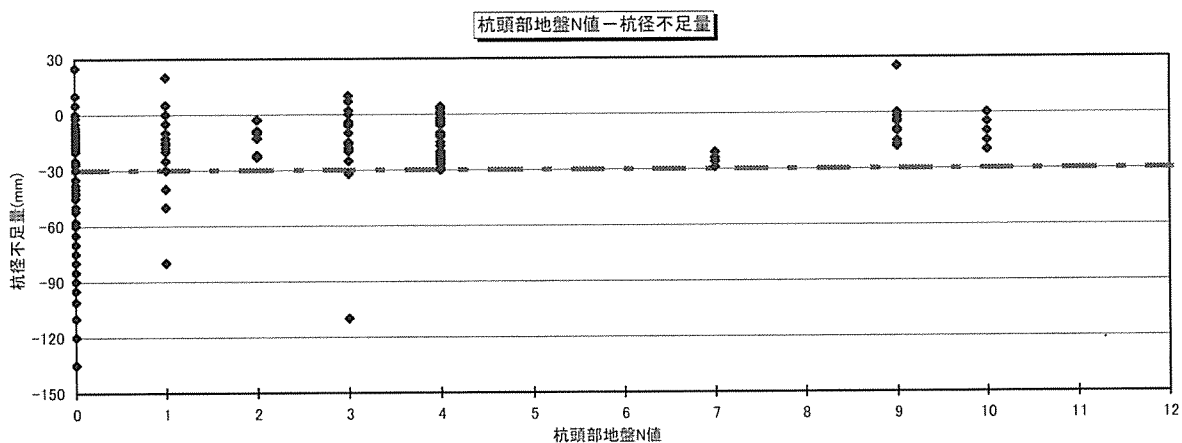


図-2.3.15 杭頭部地盤のN値－杭径不足量の分布

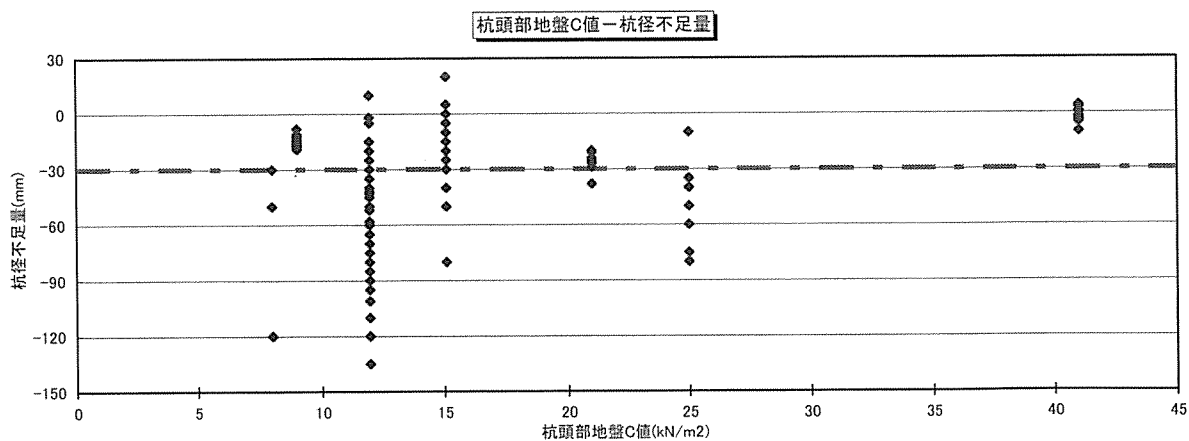


図-2.3.16 杭頭部地盤の粘着力C－杭径細り量の分布

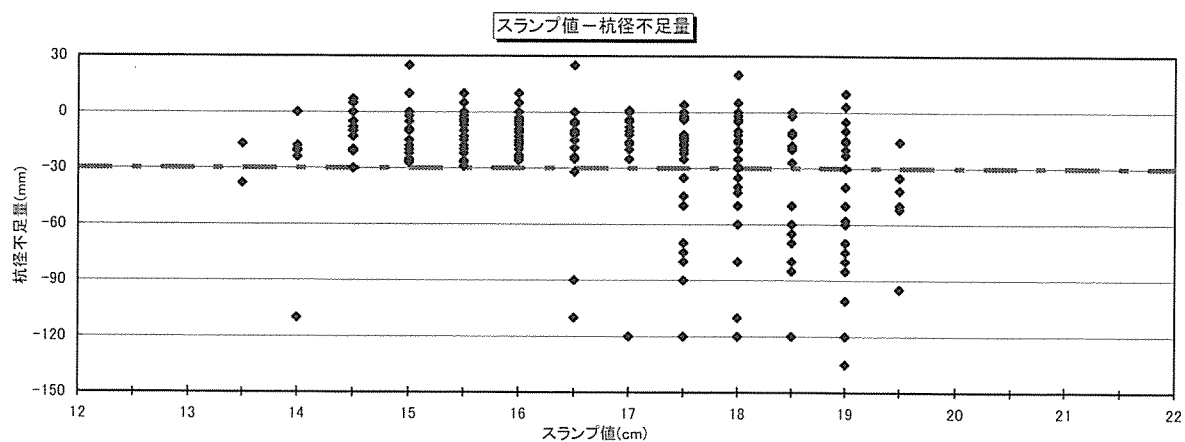


図-2.3.17 コンクリートのスランプ値－杭径不足量の分布

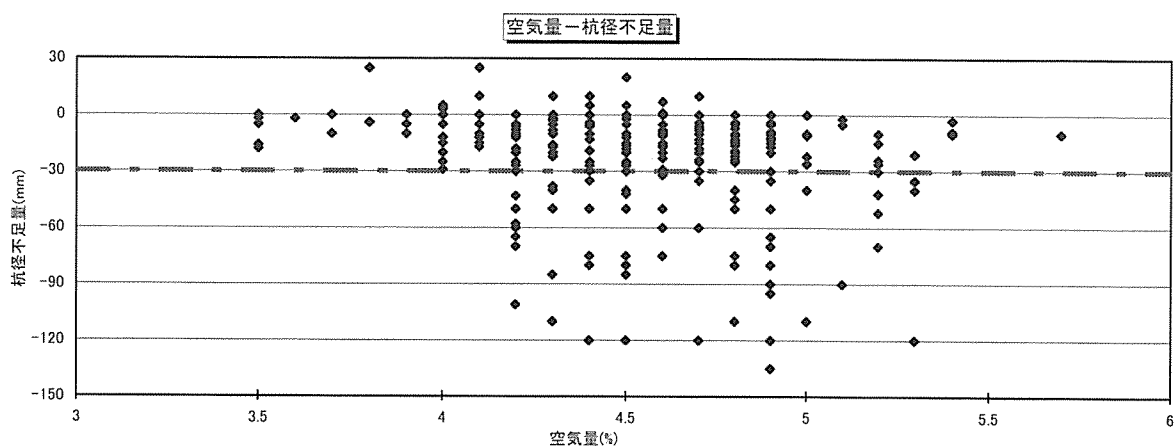


図-2.3.18 コンクリートの空気量－杭径不足量の分布

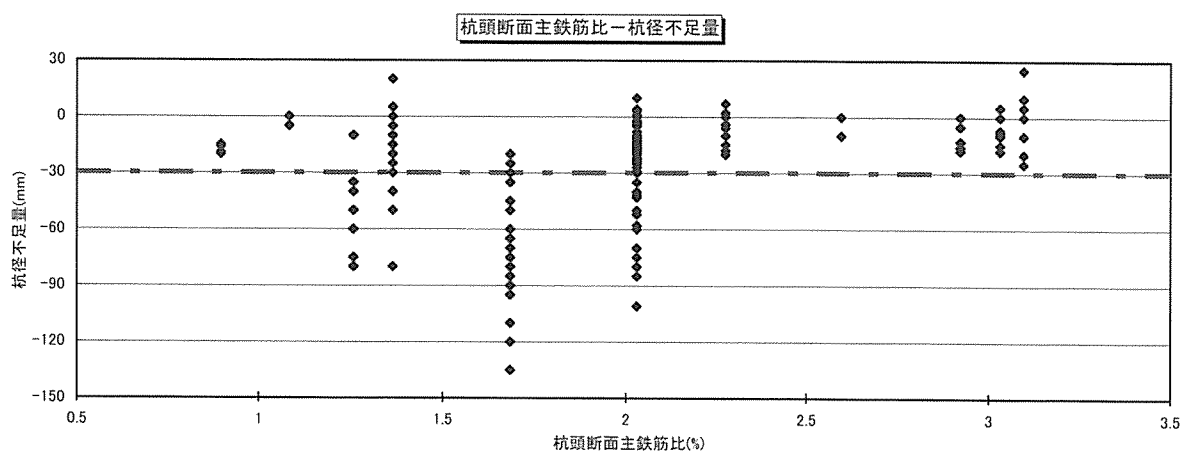


図-2.3.19 杭断面の主鉄筋比－杭径不足量の分布

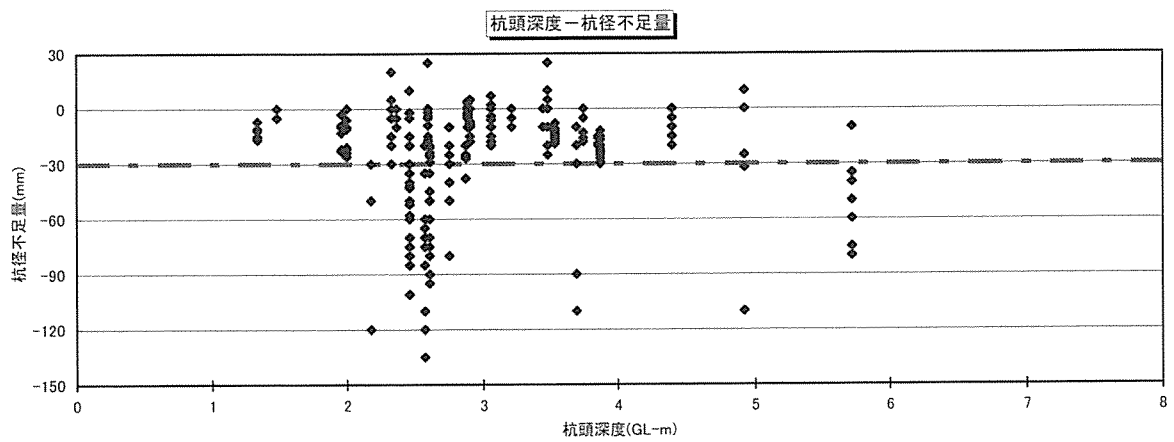


図-2.3.20 杭頭深度－杭径不足量の分布

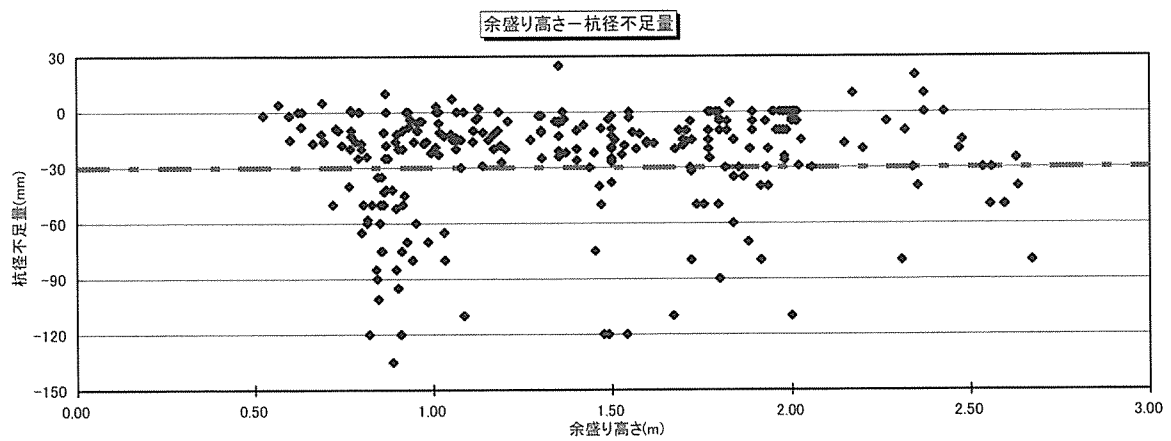


図-2.3.21 杭頭部の余盛り高さ－杭径不足量の分布

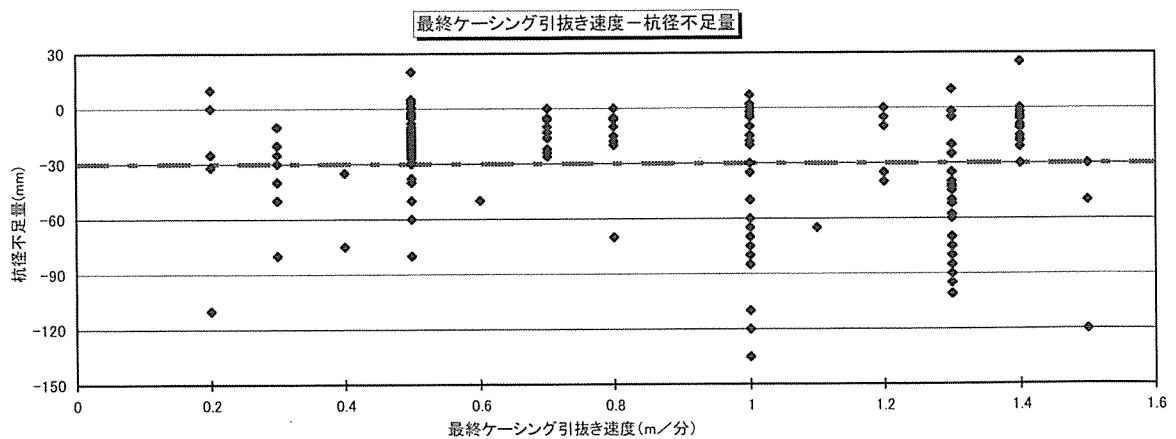


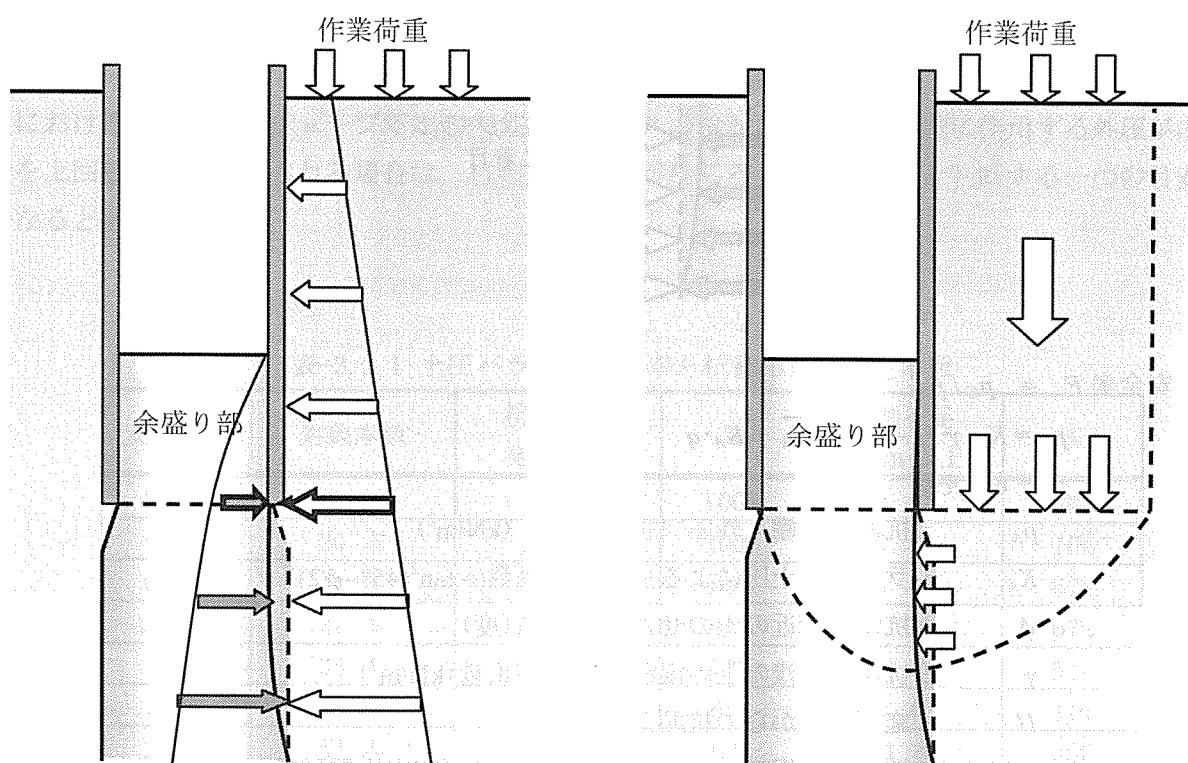
図-2.3.22 最終ケーシング引抜き速度－杭径不足量の分布

3. 杭径の細り現象に対する定量的評価

3.1 発生メカニズムの考察

施工された場所打ち杭の杭径が設計径より小さくなる現象が発生するメカニズムとして、従来の想定では、打設するコンクリートの流動性・充填性が悪い場合にコンクリートがケーシングチューブの内径のみに留まって外径（設計径）まで行き渡らないことが要因で生じると考えられていた。しかし、今回行った調査結果によると、コンクリートの流動性や充填性が高いほど、杭径の細りが生じやすい傾向がみられ、従来の考え方とは逆の傾向となっていた。また、今回集計した各事例の特徴として、ごく軟弱地盤の場合や施工面からの杭頭深度が深い場合に、杭径の細りが生じやすい傾向がみられた。

これらの傾向から、杭径の細り現象は図-3.1.2に示すように、ケーシングチューブを抜いた後に土圧によって周辺地盤が寄ってくる影響、または杭頭部付近が軟弱な場合にヒービングのような現象が生じる影響で引き起こされるものと考えられる。そこで次節以降に、杭体側面に働く荷重を算定し発生要因に関する検証を行う。



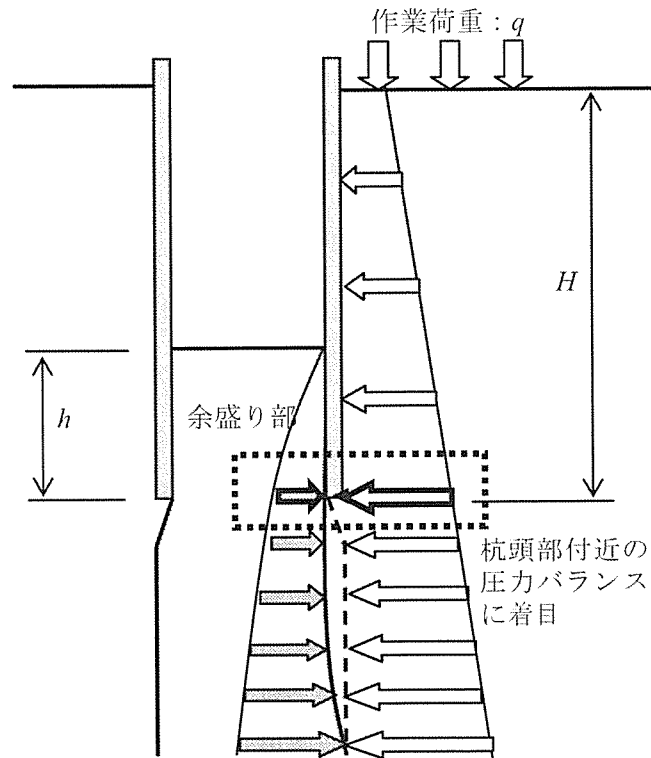
(a) 杭体の内外の圧力差

(b) ヒービングのような現象による杭径の細り

図-3.1.2 杭径の細り現象の発生メカニズムの推定

3.2 杭体側面に働く圧力差に関する検証

杭頭部の細りは、ケーシングチューブ下端位置において、孔壁に作用する内圧（コンクリートの側圧など）と外圧（土水圧、上載圧など）との圧力バランスが崩れることによるものと考え、安全率を算出し細りの評価を行った。



$$\text{安全率 } F = p_C / p_A$$

$$p_A = K_A \cdot \gamma \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_A} + K_A \cdot q$$

$$p_C = K_C \cdot \gamma_C \cdot h$$

ここに、 p_A : 杭頭部に働く外圧（主働土圧）(kN/m²)

K_A : ランキン土圧による主働土圧係数(= $\tan^2(45^\circ - \phi/2)$)

ϕ : 杭頭部付近の土のせん断抵抗角(度)

γ : 杭頭部以浅の土の湿潤単位体積重量(kN/m³)

H : 施工基面からの杭頭深度(m)

c : 杭頭部付近の地盤の粘着力(kN/m²)（室内土質試験による推定値）

q : 作業荷重などの上載荷重(= 10kN/m²)

p_C : 杭頭部に働く内圧(kN/m²)

K_C : フレッシュコンクリートの側圧係数(= 1)

γ_C : コンクリートの単位体積重量(= 24 kN/m³)

h : 余盛りコンクリート高さ(m)

安全率の計算は前述の式を用い、次に示す条件の下で実施した。

- ・ 杭頭部付近の粘着力 c について、 N 値からの推定値のみが示されているケース、室内土質試験による推定値が示されていないケースは計算対象から除外した。これは今回の整理対象では N 値 0～2 程度の軟弱土層が多く、 N 値からの推定した c の信頼性が低いためである。
- ・ せん断抵抗角 ϕ のデータに欠損があるものについては、砂質土では 30° を粘性土では 0° を仮定した。
- ・ 土の単位体積重量 γ のデータに欠損があるものについては、道路橋示方書(共通編 平成 14 年)の表-解 2.2.4 に従い、砂質土で 17 kN/m^3 、粘性土で 14 kN/m^3 を仮定した。
- ・ 上載荷重 q についてはアンケートで施工荷重を訊いていたが、施工機材による集中荷重としてしかわからないため、一律で 10 kN/m^2 を仮定した。
- ・ フレッシュコンクリートの側圧係数 K_c は、場所打ち杭のコンクリートの打設速度が $0.5 \sim 1.5 \text{ m/min}$ と速いためコンクリート標準示方書⁴⁾を参考に 1 と仮定した。
- ・ 余盛りコンクリート高さ h の記載が無い杭は、同一基礎での平均値を用いた。

検討結果を表-3.2.1 および図-3.2.1 に示す。

ケーシングチューブ引抜き後の孔壁に作用する内外圧バランスの安全率と杭径不足 30mm 以上の細りの関係をみると、安全率 $F_s \leq 1.6$ の範囲において杭径が 30mm 以上細くなった比率が 50% 以上の高い値を示している。また、細りの度合いも大きい。このことから、ここに示した杭頭部におけるケーシングチューブ下端の内外圧バランスの検討において、孔壁に作用する外圧が内圧を上回ることが想定される場合は、杭の細り現象が生じる可能性がある判断する一つの目安になると考えられる。

表-3.2.1 土圧バランス安全率と杭径不足の発生本数

安全率 F	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0.0～	2 本	2 本	100%	0 本	0%
0.5～	20 本	20 本	100%	2 本	10%
0.8～	9 本	8 本	89%	6 本	67%
1.0～	27 本	26 本	96%	18 本	67%
1.2～	35 本	27 本	77%	18 本	51%
1.5～	54 本	35 本	65%	6 本	11%
2.0～	57 本	51 本	89%	20 本	35%
計	204 本	169 本	83%	70 本	34%

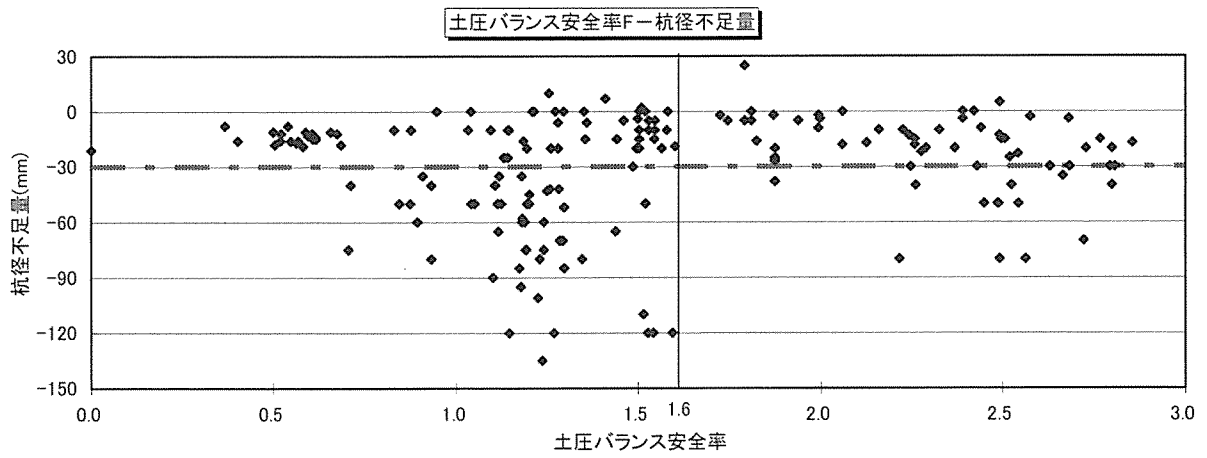
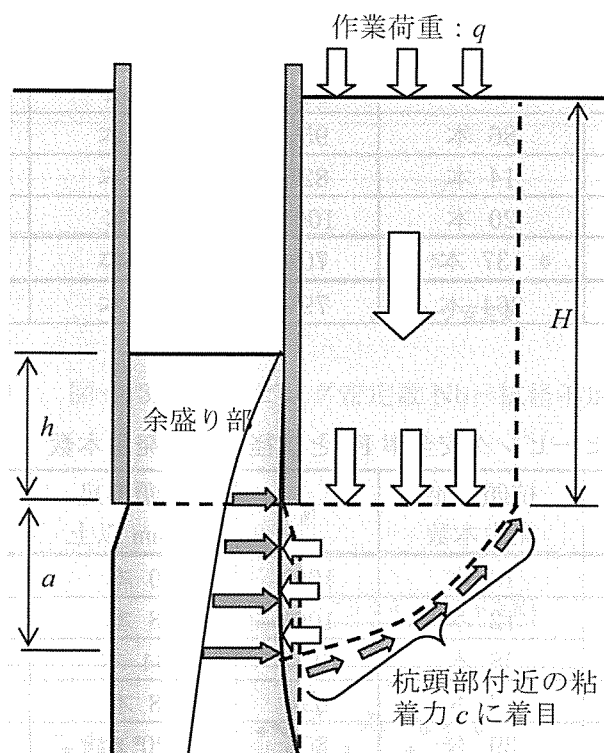


図-3.2.1 土圧バランス安全率—杭径不足量の分布

3.3 ヒービングによる検証

杭頭部の細りがケーシングチューブ下端からの周辺地盤の回り込み（ヒービング挙動）によるものと考え、「道路土工 仮設構造物指針（H11.3）」⁵⁾のヒービングの検討方法を用いて安全率を算出し細りの評価を行った。



$$\text{安全率 } F_s = Kc \cdot \gamma_c \cdot (h+a/2) \cdot a / ((\gamma \cdot H - c \cdot \pi/2 + q) \cdot a)$$

ここに、 a : ヒービングすべり円の半径(m)

なお、安全率の計算は、前節 3.2 に示した各条件に下記の条件を追加して実施した。

- ・ 杭頭部付近地盤が粘性土のケースのみを対象とした。
- ・ ヒービングすべり円の半径は杭径の半分と仮定した。

検討結果を表-3.3.1, 表-3.3.2 および図-3.3.1, 図-3.3.2 に示す。ヒービング安定数・安全率と杭径不足量とに、ある程度の相関関係があることがわかる。ヒービング安定数と杭径不足 30mm 以上の細りの関係をみると、 $Nb \leq 3.14$ 、さらに安全側を見れば $Nb = 3.7$ で細り本数の増加が顕著である。また、ヒービング安全率についても、 $F_s \leq 1.8$ で杭径不足 30mm 以上の細り件数が多くなっており、ヒービング挙動と杭頭部の細りという 2 つの現象に対して、ある程度の関連性が認められたと考えられる。

以上より、ここに示した杭頭部におけるケーシングチューブ下端のヒービング現象の検討において、ヒービング現象の発生が懸念される場合は、杭の細り現象が生じる可能性があるとは判断する一つの目安になると考えられる。

表-3.3.1 ヒービング安定数 Nb と杭径不足の発生本数

安定数 Nb	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0.80～	12 本	7 本	58%	0 本	0%
2.00～	91 本	86 本	95%	57 本	63%
3.00～	17 本	14 本	82%	13 本	76%
5.00～	20 本	20 本	100%	0 本	0%
不明	195 本	137 本	70%	6 本	3%
計	335 本	264 本	79%	76 本	23%

表-3.3.2 ヒービング安全率 Fs と杭径不足の発生本数

安全率 Fs	対象本数	杭頭不足 発生本数	%	杭頭不足 30mm 以上	%
0.5～	18 本	18 本	100%	0 本	0%
0.8～	12 本	12 本	100%	8 本	67%
1.0～	39 本	38 本	97%	34 本	87%
1.2～	19 本	17 本	89%	8 本	42%
1.5～	49 本	39 本	80%	20 本	41%
2.0～	3 本	3 本	100%	0 本	0%
不明	195 本	127 本	65%	70 本	36%
計	335 本	254 本	76%	140 本	42%

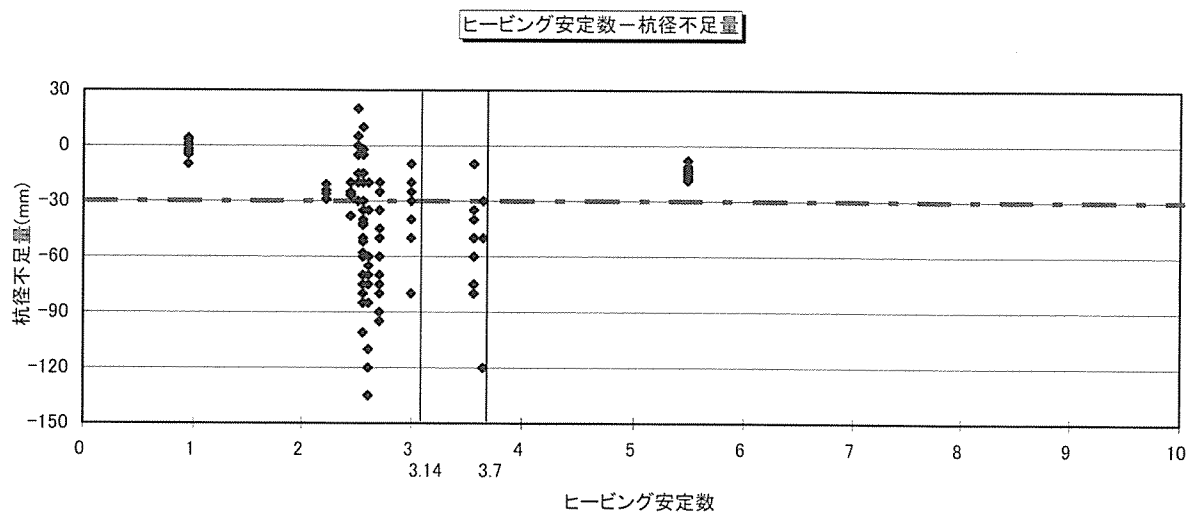


図-3.3.1 ヒービング安定数 N_b －杭径不足量の分布

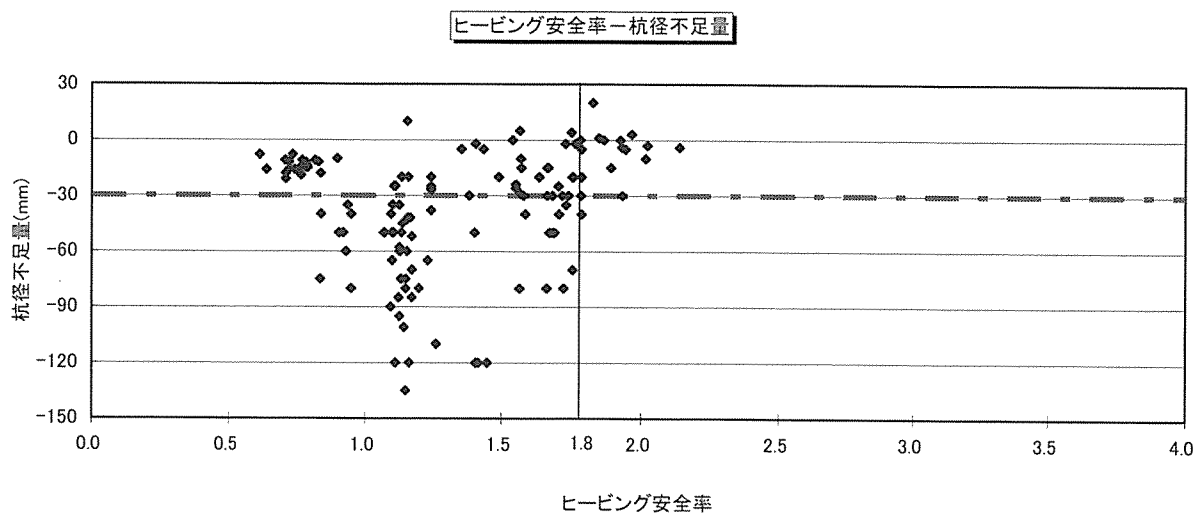


図-3.3.2 ヒービング安全率 F_s －杭径不足量の分布

4. まとめ

本調査では、平成 17 年度に国土交通省が全国の直轄の道路橋下部工工事（平成 15 年度～17 年度の施工分）を対象に実施したオールケーシング工法の施工実績調査で杭径の出来形不足があった基礎に対して、詳細な施工実績データ（地盤条件、施工条件、施工管理記録、出来形記録など）を各地方整備局の協力の下に収集し、杭径の細り現象と各施工データとの関係の整理、分析を行った。そして、軟弱な土層にオールケーシング工法で場所打ち杭を施工した場合に生じた杭径の細り現象に対して、その発生メカニズムと発生の判定方法について検討した。その結果、確認された事項は以下のとおりである。

- ① 杭径不足量 30mm 以上の杭細りが生じているのは、杭頭部付近の地盤種別が粘性土または腐植土を含む粘性土であり、そのほとんどが杭頭部付近の地盤が N 値 1 以下、あるいは粘着力 30 kN/m² 未満と評価された軟弱な場合である。
- ② 杭頭深度が深いほど杭細りが生じる傾向がみられた。
- ③ 一般に杭の細り対策として有効と考えられるコンクリートのスランプ値、空気量、余盛り高さについて、それらの値が大きい場合に杭の細りが抑制される傾向は今回の調査では確認できなかった。これは、杭の細り現象には多くの要因が関連するが、特に杭頭付近の地盤条件（地盤種別、強度）が大きく影響しているものと思われる。
- ④ 杭の細り現象は、杭頭部におけるケーシングチューブ引抜き時のヒービング現象や孔壁に作用する内外圧のバランスにより概ね評価可能である。

最後に、本実態調査の実施にあたり、多大なご協力を頂いた国土交通省各地方整備局ならびに関係機関の各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (独) 土木研究所：橋梁基礎形式の選定手法調査，土木研究所資料，第 4037 号，2007. 2
- 2) (社) 日本道路協会：杭基礎設計便覧（平成 18 年度改訂版），2007. 1
- 3) (社) 日本道路協会：杭基礎施工便覧（平成 18 年度改訂版），2007. 1
- 4) (社) 土木学会：コンクリート標準示方書[施工編]耐久性照査型，2000. 3
- 5) (社) 日本道路協会：道路土工仮設構造物工指針，1999. 3

付属資料

付属資料 I 施工実態調査データ一覧

No.1: A橋梁, P3 (東北地方整備局, 平成16年度)

杭配列	全本数		杭径不足本数	
	4×5	20	20	
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)
	1200	21.5	D35-24	118
地盤データ:	主筋2段目間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スターラップ	鉄筋透過面積率 (%)
	—	2.030	D16@150	71.7
セメント種別	強度 (N/mm ²)			
	BB		30	
施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値 (杭頭)
	13.427	9.898	13.027	-3.529
層厚 (m)	土質	N値	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭) (degree)
	—	—	9	0
1層目	0.90	盛土	—	—
	—	—	—	—
2層目	4.90	粘土	1	9
	—	—	—	—
3層目	0.40	粘土質細粒砂	1	—
	—	—	—	—
4層目	2.70	砂質粘土	0	36
	—	—	—	—
5層目	4.85	粘土質細粒砂	2	0
	—	—	—	—
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期	最終孔内水位 (m)	水中施工
	116.4	ケーシング引抜後	—	管理グラフ
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲高さ (m)
	—	—	—	—
1	0.975	1183	-17	—
	—	—	—	—
2	1.065	1186	-14	—
	—	—	—	—
3	0.631	1192	-8	—
	—	—	—	—
4	1.067	1185	-15	—
	—	—	—	—
5	0.896	1184	-16	—
	—	—	—	—
6	0.933	1192	-8	—
	—	—	—	—
7	0.863	1189	-11	—
	—	—	—	—
8	1.055	1185	-15	—
	—	—	—	—
9	1.008	1181	-19	—
	—	—	—	—
10	1.138	1189	-11	—
	—	—	—	—
11	1.168	1188	-12	—
	—	—	—	—
12	0.870	1182	-18	—
	—	—	—	—
13	1.187	1182	-18	—
	—	—	—	—
14	1.050	1188	-12	—
	—	—	—	—
15	0.900	1188	-12	—
	—	—	—	—
16	1.019	1189	-11	—
	—	—	—	—
17	1.031	1187	-13	—
	—	—	—	—
18	0.982	1184	-16	—
	—	—	—	—
19	0.947	1184	-16	—
	—	—	—	—
20	0.693	1184	-16	—
	—	—	—	—
集計データ:	ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
	5.49	0.32	41.41	0.57
5.49	0.35	41.41	0.62	
	—	—	—	—
5.49	0.21	41.41	0.37	
	—	—	—	—
5.49	0.35	41.41	0.62	
	—	—	—	—
5.49	0.30	41.41	0.52	
	—	—	—	—
5.49	0.31	41.41	0.54	
	—	—	—	—
5.49	0.28	41.41	0.50	
	—	—	—	—
5.49	0.35	41.41	0.61	
	—	—	—	—
5.49	0.33	41.41	0.58	
	—	—	—	—
5.49	0.38	41.41	0.66	
	—	—	—	—
5.49	0.39	41.41	0.68	
	—	—	—	—
5.49	0.29	41.41	0.50	
	—	—	—	—
5.49	0.39	41.41	0.69	
	—	—	—	—
5.49	0.35	41.41	0.61	
	—	—	—	—
5.49	0.30	41.41	0.52	
	—	—	—	—
5.49	0.34	41.41	0.59	
	—	—	—	—
5.49	0.34	41.41	0.60	
	—	—	—	—
5.49	0.32	41.41	0.57	
	—	—	—	—
5.49	0.31	41.41	0.55	
	—	—	—	—
5.49	0.23	41.41	0.40	
	—	—	—	—

No.2: A橋梁, P4 (東北地方整備局, 平成16年度)

杭配列	全本数		杭径不足本数	
	3×5	15	15	
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)
	1200	15.5	D35-24	118
地盤データ:	主筋2段目間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スターラップ	鉄筋透過面積率 (%)
	—	2.030	D16@150	71.7
セメント種別	強度 (N/mm ²)			
	BB		30	
施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値 (杭頭)
	13.854	9.984	13.154	-3.87
層厚 (m)	土質	N値	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭) (degree)
	—	—	—	—
1層目	1.50	盛土	8	—
	—	—	—	—
2層目	3.50	粘土	4	—
	—	—	—	—
3層目	1.00	シルト質細粒砂	1	9
	—	—	—	—
4層目	1.00	有機質粘土	0	20
	—	—	—	—
5層目	3.60	礫混り砂質粘土	13	0
	—	—	—	—
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期	最終孔内水位 (m)	水中施工
	116.4	ケーシング引抜後	—	管理グラフ
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲高さ (m)
	—	—	—	—
21	0.815	1176	-24	—
	—	—	—	—
22	0.599	1185	-15	—
	—	—	—	—
23	0.663	1183	-17	—
	—	—	—	—
24	1.137	1171	-29	—
	—	—	—	—
25	1.016	1177	-23	—
	—	—	—	—
26	0.687	1188	-12	—
	—	—	—	—
27	0.800	1183	-17	—
	—	—	—	—
28	0.995	1178	-22	—
	—	—	—	—
29	0.800	1180	-20	—
	—	—	—	—
30	1.056	1185	-15	—
	—	—	—	—
31	1.078	1170	-30	—
	—	—	—	—
32	1.064	1180	-20	—
	—	—	—	—
33	0.791	1175	-25	—
	—	—	—	—
34	1.189	1173	-27	—
	—	—	—	—
35	1.302	1175	-25	—
	—	—	—	—
集計データ:	ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—
—	—	—	64.18	—
	—	—	64.18	—

No.3: A橋梁, P5 (東北地方整備局, 平成16年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数							
	3×4	12	7							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	11	D35-24	118	—	2.030	D16@150	71.7	BB	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	16.67	13.779	11.97	-2.891	4	41	35	17	13.4	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	0.85	機混じりシルト		—	—	—	—	—	
	2層目	1.95	粘土		2	9	0	—	13	
	3層目	3.55	強風化凝灰質砂岩		4	41	35	—	17	
	4層目	3.80	粗粒砂岩		50	76	40	2500	20	
	5層目									
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	116.4	ケーシング引抜後		—	—	有り				
	杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スラップ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)		
	36	1.365	1196	-4	—	17.5	4.4	0.5		
	37	0.926	1200	0	—	18.5	4.1	0.5		
	38	1.112	1190	-10	—	19.0	4.4	0.5		
	39	0.770	1201	1	—	17.0	4.6	0.5		
	40	1.124	1197	-3	—	17.5	4.3	0.5		
	41	0.633	1200	0	—	17.5	4.5	0.5		
	42	0.964	1195	-5	—	17.0	4.5	0.5		
	43	1.009	1203	3	—	19.0	4.0	0.5		
	44	0.937	1196	-4	—	18.0	3.8	0.5		
	45	0.525	1198	-2	—	17.5	3.5	0.5		
	46	0.597	1198	-2	—	18.0	3.6	0.5		
	47	0.568	1204	4	—	17.5	4.0	0.5		
集計データ:										
	ヒールビंग 安定数	ヒールビंग 安全率								
	0.94	2.30								
	0.94	2.24								
	0.94	2.31								
	0.94	2.17								
	0.94	2.32								
	0.94	2.12								
	0.94	2.25								
	0.94	2.27								
	0.94	2.24								
	0.94	2.07								
	0.94	2.10								
	0.94	2.09								

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
0.94	2.30	—	—
0.94	2.24	—	—
0.94	2.31	—	—
0.94	2.17	—	—
0.94	2.32	—	—
0.94	2.12	—	—
0.94	2.25	—	—
0.94	2.27	—	—
0.94	2.24	—	—
0.94	2.07	—	—
0.94	2.10	—	—
0.94	2.09	—	—

No.4: B橋梁, A1 (東北地方整備局, 平成16年度)

	杭配列	全本数	杭径不足本数							
	4×3	12	12							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	15	D35-24	115	—	2.030	D19@150	66.4	N	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	0.44	-2.026	—	-2.466	0	12	0	13	12.4	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	1.50	有機質粘土		1	12	0	—	12	
	2層目	10.50	粘性土		0	12	0	35.7	13	
	3層目	3.50	中砂		3	0	25	—	17	
	4層目	5.67	軟岩・風化岩		50	64	39	2600	19	
	5層目									
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	85	コンクリート硬化後		0	無し	有り				
	杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スラップ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)		
	48	1.934	1180	-20	—	19.0	4.7	1.0		
	49	1.934	1160	-40	—	18.0	4.3	1.2		
	50	1.725	1185	-15	—	19.0	4.7	1.0		
	51	1.930	1170	-30	—	19.0	5.2	1.4		
	52	1.883	1180	-20	—	18.5	4.2	1.0		
	53	1.934	1160	-40	—	18.0	4.3	1.2		
	54	1.722	1120	-80	—	19.0	4.9	1.0		
	55	1.839	1165	-35	—	18.0	4.4	1.2		
	56	1.815	1170	-30	—	19.0	4.9	1.0		
	57	1.852	1170	-30	—	19.0	4.4	1.4		
	58	1.757	1150	-50	—	18.5	4.2	1.0		
	59	1.879	1130	-70	—	19.0	5.2	0.8		
集計データ:										
	ヒールピン	ヒールピン								
	安定数	安全率								
	2.55	0.98								
	2.55	0.99								
	2.55	0.88								
	2.55	0.99								
	2.55	0.96								
	2.55	0.99								
	2.55	0.88								
	2.55	0.94								
	2.55	0.93								
	2.55	0.95								
	2.55	0.90								
	2.55	0.96								

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
2.55	0.98	16.58	2.80
2.55	0.99	16.58	2.80
2.55	0.88	16.58	2.50
2.55	0.99	16.58	2.79
2.55	0.96	16.58	2.73
2.55	0.99	16.58	2.80
2.55	0.88	16.58	2.49
2.55	0.94	16.58	2.66
2.55	0.93	16.58	2.63
2.55	0.95	16.58	2.68
2.55	0.90	16.58	2.54
2.55	0.96	16.58	2.72

No.5: B橋梁, A2 (東北地方整備局, 平成16年度)

杭配列	全本数	杭径不足 本数	
	4×3	12	

杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	13.5-15	D32-24	118	—	1.685	D19@150	68.2	N	30

地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良	
	0.59	-1.988	—	-2.578	0	12	0	13	12.1	無し	
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)		
	1層目	2.30	有機質粘性土		0	12	0	26	12		
	2層目	7.20	シルト質粘性土		0	12	0	35	13		
	3層目	0.70	中砂～粗砂		15	0	25	—	17		
	4層目	4.80	細粒泥岩		50	64	39	—	19		
	5層目	1.28	細粒泥岩		50	231	21	—	19		

施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ	
	85	コンクリート硬化後		—	有り	有り	
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スラップ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)
60	0.855	1125	-75	—	19.0	4.6	1.0
61	0.887	1065	-135	—	19.0	4.9	1.0
62	0.846	1165	-35	—	17.5	5.3	1.0
63	0.841	1115	-85	—	18.5	4.3	1.0
64	0.800	1135	-65	—	18.5	4.2	1.1
65	0.910	1080	-120	—	18.5	4.9	1.0
66	0.852	1140	-60	—	19.0	4.7	1.0
67	1.031	1135	-65	—	18.5	4.9	1.0
68	0.904	1180	-20	—	19.0	4.9	1.0
69	0.821	1080	-120	—	19.0	5.3	1.0
70	0.928	1130	-70	—	18.5	4.2	1.0
71	1.085	1090	-110	—	18.0	4.3	1.0

集計データ:			
ヒールング 安定数	ヒールング 安全率		
2.60	0.43		
2.60	0.43		
2.60	0.41		
2.60	0.41		
2.60	0.39		
2.60	0.45		
2.60	0.42		
2.60	0.51		
2.60	0.44		
2.60	0.40		
2.60	0.45		
2.60	0.53		

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
2.60	0.43	17.19	1.19
2.60	0.43	17.19	1.24
2.60	0.41	17.19	1.18
2.60	0.41	17.19	1.17
2.60	0.39	17.19	1.12
2.60	0.45	17.19	1.27
2.60	0.42	17.19	1.19
2.60	0.51	17.19	1.44
2.60	0.44	17.19	1.26
2.60	0.40	17.19	1.15
2.60	0.45	17.19	1.30
2.60	0.53	17.19	1.51

No.6: B橋梁, P1 (東北地方整備局, 平成16年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数							
	4×4	16	15							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	8.5	D35-24	118	—	2.030	D16@150	71.3	N	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	0.17	-2.296	-0.23	-2.466	0	12	0	13	12.4	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	1.50	腐食物混りシルト		0	12	0	—	12	
	2層目	5.50	シルト		0	12	0	—	13	
	3層目	1.39	凝灰岩		50	64	39	—	19	
	4層目									
	5層目									
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	85	コンクリート硬化後		—	有り	有り				
	杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スラップ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)		
	72	0.897	1115	-85	—	19.0	4.5	1.3		
	73	0.816	1140	-60	—	18.0	4.2	1.3		
	74	0.868	1210	10	—	19.0	4.3	1.3		
	75	0.765	1160	-40	—	18.0	4.8	1.3		
	76	0.847	1099	-101	—	19.0	4.2	1.3		
	77	0.887	1158	-42	—	19.5	4.5	1.3		
	78	0.897	1148	-52	—	19.5	5.2	1.3		
	79	0.719	1150	-50	—	19.0	4.6	1.3		
	80	0.858	1125	-75	—	19.0	4.5	1.3		
	81	0.830	1150	-50	—	19.0	4.2	1.3		
	82	1.293	1198	-2	—	18.5	4.3	1.3		
	83	1.207	1195	-5	—	18.0	4.8	1.3		
	84	0.817	1142	-58	—	19.0	4.2	1.3		
	85	0.864	1157	-43	—	18.0	4.2	1.3		
	86	0.870	1158	-42	—	19.5	5.2	1.3		
	87	1.339	1195	-5	—	19.0	4.3	1.3		
集計データ:										
	ヒーピング		安定数		ヒーピング		安全率			
	2.55		0.45		2.55		0.41			
	2.55		0.44		2.55		0.39			
	2.55		0.43		2.55		0.45			
	2.55		0.45		2.55		0.46			
	2.55		0.43		2.55		0.42			
	2.55		0.65		2.55		0.61			
	2.55		0.41		2.55		0.44			
	2.55		0.44		2.55		0.68			

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
2.55	0.45	16.58	1.30
2.55	0.41	16.58	1.18
2.55	0.44	16.58	1.26
2.55	0.39	16.58	1.11
2.55	0.43	16.58	1.23
2.55	0.45	16.58	1.28
2.55	0.45	16.58	1.30
2.55	0.36	16.58	1.04
2.55	0.43	16.58	1.24
2.55	0.42	16.58	1.20
2.55	0.65	16.58	1.87
2.55	0.61	16.58	1.75
2.55	0.41	16.58	1.18
2.55	0.44	16.58	1.25
2.55	0.44	16.58	1.26
2.55	0.68	16.58	1.94

No.7: B橋梁, P2 (東北地方整備局, 平成16年度)

杭配列	全本数	杭径不足 本数
4×4	16	16

杭体データ:

杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
1200	6.5	D32-24	118	—	1.685	D19@150	68.2	N	30

地盤データ:

施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
0.33	-2.282	-0.67	-2.612	0	12	0	13	12.4	無し
層厚 (m)	土質			N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
1層目	1.65	腐食物混りシルト			0	12	0	—	12
2層目	4.75	シルト			0	12	0	—	13
3層目	0.92	細粒砂岩			50	64	39	—	19
4層目									
5層目									

施工データ:

施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ			
85	コンクリート硬化後		無し	無し	有り			
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)	
88	0.921	1155	-45	—	17.5	4.8	1.3	
89	0.986	1130	-70	—	17.5	4.9	1.3	
90	0.862	1150	-50	—	18.5	4.4	1.3	
91	1.033	1120	-80	—	17.5	4.9	1.3	
92	0.857	1165	-35	—	19.5	4.9	1.3	
93	0.952	1140	-60	—	18.5	4.7	1.3	
94	0.844	1110	-90	—	17.5	4.9	1.3	
95	0.913	1125	-75	—	17.5	4.8	1.3	
96	0.867	1175	-25	—	17.5	4.8	1.3	
97	0.916	1150	-50	—	17.5	4.8	1.3	
98	0.805	1150	-50	—	19.5	4.9	1.3	
99	0.943	1120	-80	—	18.5	4.4	1.3	
100	0.916	1180	-20	—	17.5	4.8	1.3	
101	0.875	1175	-25	—	17.5	4.8	1.3	
102	0.854	1150	-50	—	17.5	4.8	1.3	
103	0.903	1105	-95	—	19.5	4.9	1.3	

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒーピング 安全率
2.70	0.45
2.70	0.48
2.70	0.42
2.70	0.50
2.70	0.42
2.70	0.43
2.70	0.38
2.70	0.41
2.70	0.39
2.70	0.41
2.70	0.36
2.70	0.42
2.70	0.41
2.70	0.38
2.70	0.37
2.70	0.39

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
2.70	0.45	18.39	1.20
2.70	0.48	18.39	1.29
2.70	0.42	18.39	1.13
2.70	0.50	18.39	1.35
2.70	0.42	18.39	1.12
2.70	0.43	18.39	1.24
2.70	0.38	18.39	1.10
2.70	0.41	18.39	1.19
2.70	0.39	18.39	1.13
2.70	0.41	18.39	1.20
2.70	0.36	18.39	1.05
2.70	0.42	18.39	1.23
2.70	0.41	18.39	1.20
2.70	0.38	18.39	1.14
2.70	0.37	18.39	1.11
2.70	0.39	18.39	1.18

No.8: C橋梁, P16 (関東地方整備局, 平成15年度)

杭配列			全本数	杭径不足 本数						
2×2×2基			8	4						
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1500	21	D35-36.18	105	171	2.923	D19@150	58.2	30-15-20BB	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	11.64	7.9	10.34	3.74	1	-	-	-	-	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	3.80	腐植土混じりシルト		1	-	-	-	-	
	2層目	8.35	細砂		34	-	-	-	-	
	3層目	1.05	粘土		15	-	-	-	-	
	4層目	3.55	細砂		50	-	-	-	-	
	5層目	5.35	シルト		12	-	-	-	-	
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	112	-		-	無し	有り				
	杭 No.	余盛り高 (mm)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)		
	104	0.795	1500	0	-	16.0	4.2	0.7		
	105	0.783	1484	-16	-	-	-	0.7		
	106	0.932	1500	0	-	15.0	4.8	0.8		
	107	0.773	1500	0	-	16.5	4.3	0.8		
	108	0.774	1500	0	-	17.0	4.9	0.7		
	109	0.969	1495	-5	-	16.0	4.5	0.7		
	110	0.771	1487	-13	-	16.0	4.8	0.7		
	111	0.745	1482	-18	-	15.5	4.7	0.8		
									集計データ:	
									ヒービング 安定数	ヒービング 安全率
									-	-
									-	-
									-	-
									-	-
									-	-
									-	-
									-	-
									-	-

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—
—	—	62.36	—

No.9: C橋梁, P18 (関東地方整備局, 平成15年度)

杭配列

全本数

杭径不足本数

2-1-2×2基

10

4

杭体データ:

杭径(mm)

杭長(m)

主鉄筋

主筋間隔(mm)

主筋2段目間隔(mm)

主鉄筋比(%)

スターラップ

鉄筋透過面積率(%)

セメント種別

強度(N/mm²)

1500

21.5

D35-32.16

118

192

2.598

D19@150

61.4

30-15-20BB

30

地盤データ:

施工基盤(GL±m)

杭頭(GL-m)

地下水(GL-m)

杭頭深度(m)

N値(杭頭)

C(杭頭)(kN/m²)

φ(杭頭)

γ(杭頭)(kN/m³)

γ(杭以浅)(kN/m³)

地盤改良

10.84

7.4

9.74

3.44

9

-

-

-

-

無し

層厚(m)

土質

N値

c(kN/m²)

φ(degree)

qu(kN/m²)

γ(kN/m³)

1層目

2.70

腐植土

0

-

-

-

-

2層目

2.30

細砂

9

-

-

-

-

3層目

1.80

微細砂

16

-

-

-

-

4層目

1.95

細砂

40

-

-

-

-

5層目

0.65

砂質シルト

21

-

-

-

-

施工データ:

施工荷重(kN)

埋戻時期

最終孔内水位(m)

水中施工

管理グラフ

112

-

-

無し

有り

杭No.

余盛り高(m)

計測径(mm)

不足量(mm)

不足範囲高さ(m)

スランプ(cm)

空気量(%)

最終引抜速度(m/分)

112

1.066

1500

0

-

17.0

4.3

1.2

113

0.870

1500

0

-

16.5

4.0

1.0

114

0.916

1490

-10

-

15.5

4.6

0.7

115

0.735

1490

-10

-

16.5

4.9

0.7

116

0.792

1500

0

-

15.5

4.9

0.7

117

1.012

1500

0

-

14.5

4.6

1.0

118

0.958

1490

-10

-

16.0

5.0

0.8

119

0.956

1490

-10

-

15.0

4.5

1.4

120

1.016

1500

0

-

14.5

4.6

0.7

121

1.085

1500

0

-

17.0

4.4

1.4

集計データ:

ヒービング安定数

ヒービング安全率

杭頭土圧(kN/m²)

土圧バランス安全率

-

-

20.07

1.27

-

-

20.07

1.04

-

-

20.07

1.10

-

-

20.07

0.88

-

-

20.07

0.95

-

-

20.07

1.21

-

-

20.07

1.15

-

-

20.07

1.14

-

-

20.07

1.21

-

-

20.07

1.30

No.10: C橋梁, P21 (関東地方整備局, 平成15年度)

杭配列

全本数

杭径不足
本数

3-2-3×2基

16

11

杭体データ:

杭径
(mm)

杭長
(m)

主鉄筋

主筋間隔
(mm)

主筋2段目
間隔 (mm)

主鉄筋比
(%)

スター
ラップ

鉄筋透過
面積率(%)

セメント
種別

強度
(N/mm²)

1500

19

D35-28.14

135

224

2.274

D19@150

64.7

30-15-20BB

30

地盤データ:

施工基盤
(GL±m)

杭頭
(GL-m)

地下水
(GL-m)

杭頭深度
(m)

N値(杭頭)

C(杭頭)
(kN/m²)

φ(杭頭)

γ(杭頭)
(kN/m³)

γ(杭以浅)
(kN/m³)

地盤改良

10.56

7.5

9.06

3.06

3

-

-

-

-

無し

層厚
(m)

土質

N値

c
(kN/m²)

φ
(degree)

qu
(kN/m²)

γ
(kN/m³)

1層目

2.75

腐植土

0

-

-

-

-

2層目

1.00

腐植土混り細砂

3

-

-

-

-

3層目

2.05

細砂

13

-

-

-

-

4層目

4.90

微細砂

24

-

-

-

-

5層目

0.70

シルト

17

-

-

-

-

施工データ:

施工荷重
(kN)

埋戻時期

最終孔内
水位 (m)

水中施工

管理グラフ

112

-

-

無し

有り

杭

余盛り高
(mm)

計測径
(mm)

不足量
(mm)

不足範囲
高さ (m)

スランプ
(cm)

空気量
(%)

最終引拔速
度(m/分)

No.

122

1.181

1500

0

-

15.0

4.5

1.0

123

1.179

1490

-10

-

15.5

4.5

1.0

124

1.168

1480

-20

-

14.0

4.5

1.0

125

1.119

1496

-4

-

17.0

4.4

1.0

126

0.771

1490

-10

-

16.0

4.2

0.8

127

1.054

1507

7

-

14.5

4.6

1.0

128

1.016

1494

-6

-

16.5

4.7

0.7

129

1.127

1502

2

-

-

-

1.0

130

1.077

1485

-15

-

15.0

4.9

1.0

131

2.000

1496

-4

-

15.5

4.7

1.0

132

1.491

1496

-4

-

17.0

4.9

1.0

133

1.153

1485

-15

-

16.0

4.6

1.0

134

1.537

1482

-18

-

16.0

4.5

1.0

135

1.181

1500

0

-

15.5

4.5

1.0

136

0.957

1494

-6

-

16.0

4.2

0.8

137

1.010

1500

0

-

16.0

4.8

0.8

集計データ:

ヒービング
安定数

ヒービング
安全率

杭頭土圧
(kN/m²)

土圧バラン
ス安全率

-

-

17.92

1.58

-

-

17.92

1.58

-

-

17.92

1.56

-

-

17.92

1.50

-

-

17.92

1.03

-

-

17.92

1.41

-

-

17.92

1.36

-

-

17.92

1.51

-

-

17.92

1.44

-

-

17.92

2.68

-

-

17.92

2.00

-

-

17.92

1.54

-

-

17.92

2.06

-

-

17.92

1.58

-

-

17.92

1.28

-

-

17.92

1.35

No.11: D橋梁, P32 (関東地方整備局, 平成15年度)

杭配列	全本数	杭径不足 本数
	2-1-2×2基	10 8

杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1500	17.5	D35-28.28	135	112	3.031	D19@150	64.7	30-15-20BB	30

地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	9.61	6.703	8.91	2.907	0	-	-	-	-	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	3.35	有機質粘性土		0	-	-	-	-	
	2層目	1.40	細砂		12	-	-	-	-	
	3層目	0.95	微細砂		28	-	-	-	-	
	4層目	2.00	細砂		37	-	-	-	-	
	5層目	1.50	微細砂		26	-	-	-	-	

施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ	
	112	-	-	-	無し	有り	
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)
138	0.728	1491	-9	-	15.0	4.6	-
139	-	1485	-15	-	16.5	4.6	-
140	-	1492	-8	-	14.5	4.2	-
141	-	1492	-8	-	14.5	4.6	-
142	-	1505	5	-	15.5	4.4	-
143	0.622	1500	0	-	16.5	4.8	-
144	-	1490	-10	-	15.5	4.7	-
145	-	1482	-18	-	15.0	4.2	-
146	-	1485	-15	-	16.5	4.1	-
147	-	1493	-7	-	16.0	4.8	-

集計データ:			
ヒーピング 安定数	ヒーピング 安全率		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-	-		
-</			

集計データ:

ヒーピング 安定数	ヒーピング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-
-	-	50.70	-

No.12: D橋梁, P33 (関東地方整備局, 平成15年度)

杭配列	全本数		杭径不足 本数	
	2-1-2×2基	10	5	

杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1500	15.5	D38-32.16	118	192	3.097	D19@150	61.4	30-15-20BB	30

地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	10.33	6.854	8.93	3.476	0	-	-	-	-	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	3.80	腐植土混りシルト		0	-	-	-	-	
	2層目	3.00	シルト質砂		6	-	-	-	-	
	3層目	4.30	細砂		36	-	-	-	-	
	4層目	1.20	粘土		12	-	-	-	-	
	5層目	3.30	細砂		38	-	-	-	-	

施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ
	-	-		-	無し	有り

杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)
	148	0.768	1480	-20	-	16.0	4.0
149	-	1480	-20	-	15.5	4.8	-
150	-	1525	25	-	15.0	3.8	-
151	-	1475	-25	-	15.0	4.7	-
152	-	1490	-10	-	15.5	4.1	-
153	0.690	1505	5	-	16.0	4.5	-
154	-	1510	10	-	15.0	4.7	-
155	-	1505	5	-	14.5	4.0	-
156	-	1500	0	-	16.0	4.9	-
157	-	1480	-20	-	15.0	4.8	-

集計データ:	
ヒービング 安定数	ヒービング 安全率
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

集計データ:

ヒーピング 安定数	ヒーピング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-
-	-	58.66	-

No.13: E橋梁, A1 (北陸地方整備局, 平成17年度)

杭配列

全本数

杭径不足
本数

3×2列

6

6

杭体データ:

杭径
(mm)

杭長
(m)

主鉄筋

主筋間隔
(mm)

主筋2段目
間隔 (mm)

主鉄筋比
(%)

スター
ラップ

鉄筋透過
面積率(%)

セメント
種別

強度
(N/mm²)

1200

14

D25-20

141

—

0.896

D16@150

71.8

BB

30

地盤データ:

施工基礎
(GL±m)

杭頭
(GL-m)

地下水
(GL-m)

杭頭深度
(m)

N値(杭頭)

C (杭頭)
(kN/m²)

φ (杭頭)

γ (杭頭)
(kN/m³)

γ (杭以浅)
(kN/m³)

地盤改良

111

107.147

110.3

3.853

3

—

—

—

—

無し

層厚
(m)

土質

N値

c
(kN/m²)

φ
(degree)

qu
(kN/m²)

γ
(kN/m³)

1層目

2.70

礫混り砂質シルト

3

—

—

—

—

2層目

1.60

砂礫

3

—

—

—

—

3層目

8.50

礫混り土

7

—

—

—

—

4層目

3.50

腐食物混り細砂

9

—

—

—

—

5層目

泥岩(支持層)

92

—

—

—

—

施工データ:

施工荷重
(kN)

埋戻時期

最終孔内
水位 (m)

水中施工

管理グラフ

96

ケーシング引抜後

無し

無し

有り

杭
No.

余盛り高
(m)

計測径
(mm)

不足量
(mm)

不足範囲
高さ (m)

スラップ
(cm)

空気量
(%)

最終引抜速
度(m/分)

158

1.710

1184

-16

—

19.0

4.8

—

159

1.400

1180

-20

—

18.5

4.6

—

160

1.200

1180

-20

1

17.0

4.3

—

161

1.110

1184

-16

—

19.5

3.5

—

162

1.500

1181

-19

—

18.5

4.4

—

163

1.270

1185

-15

—

17.5

4.6

—

集計データ:

ヒーピング
安定数

ヒーピング
安全率

杭頭土圧
(kN/m²)

土圧バラン
ス安全率

—

—

22.47

1.83

—

—

22.47

1.50

—

—

22.47

1.28

—

—

22.47

1.19

—

—

22.47

1.60

—

—

22.47

1.36

No.14: F橋梁, P6 (北陸地方整備局, 平成15～平成16年度)

	杭配列		全本数	杭径不足 本数						
	3-2-3(3×3中央無)		8	8						
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	28	D32-24	115	—	1.685	D16@150	64.5	—	—
地盤データ:	施工基礎 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	1.2	-0.98	0.17	-2.18	0	8	0	13	13.4	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	0.85	砂混じりシルト		—	—	—	—	—	
	2層目	5.15	シルト質粘土		0	8	0	14.6	13	
	3層目	10.60	シルト質粘土		0	18	0	25.9	13	
	4層目	11.80	礫混じり粘土		6	41	0	226	17	
	5層目									
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	—	コンクリート硬化後		無し	無し	有り				
	杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量	不足範囲 高さ (m)	スラップ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)		
	164	1.470	1150	-50	0.7	17.5	4.3	1.5		
	165	1.437	1170	-30	0.7	18.0	4.2	1.5		
	166	1.877	—	—	0.7	18.0	4.4	1.5		
	167	1.477	1080	-120	—	17.5	4.5	1.5		
	168	1.472	—	—	—	18.0	5.0	1.5		
	169	1.491	1080	-120	—	17.0	4.7	1.5		
	170	1.300	—	—	—	17.5	4.5	1.5		
	171	1.543	1080	-120	—	18.0	4.4	1.5		
集計データ:										
	ヒーピング 安定数	ヒーピング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)		土圧バラン ス安全率					
	3.65	0.65	23.21		1.52					
	3.65	0.64	23.21		1.49					
	3.65	0.83	23.21		1.94					
	3.65	0.66	23.21		1.53					
	3.65	0.65	23.21		1.52					
	3.65	0.66	23.21		1.54					
	3.65	0.56	23.21		1.34					
	3.65	0.66	23.21		1.60					

No.15: G橋梁, P3 (北陸地方整備局, 平成15～平成16年度)

杭配列	全本数		杭径不足 本数							
	3×3		9							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1500	14.5	D32-28	132	—	1.258	D19@150	66.2	33-18-25BB	33
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	9.57	3.85	9.21	-5.72	0	25	0	16	15.6	無し
			土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	1.46	盛土	—	—	—	—	—	14	
	2層目	2.30	シルト	3	19	0	—	—	16	
	3層目	0.85	礫混じり砂	4	—	—	—	—	17	
	4層目	4.05	粘土	0	25	0	—	—	16	
	5層目	0.50	シルト質砂	2	—	—	—	—	17	
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	—	コンクリート硬化後	無し	無し	有り					
杭	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)			
	No.							集計データ:	ヒービング 安定数	ヒービング 安全率
172	1.465	1460	-40	—	19.0	5.3	0.5	49.23	0.71	0.85
	1.737	1470	-30	—	18.5	4.8	0.5			
174	1.709	1490	-10	—	17.0	4.5	0.5	49.23	0.83	0.71
	1.453	1460	-40	—	17.5	4.4	0.4			
176	1.837	1465	-35	—	19.0	4.6	0.5	49.23	0.90	0.91
	1.866	1465	-35	—	18.0	4.7	0.4			
178	1.797	1470	-30	—	17.5	4.6	0.6	49.23	0.88	0.93
	1.914	1460	-40	2	18.0	4.8	0.5			
180	1.913	1460	-40	—	18.0	5.0	0.5	49.23	0.93	0.93

No.16: H橋梁, A1 (北陸地方整備局, 平成15～平成16年度)

杭配列	全本数		杭径不足 本数							
	4×3		12							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	36.5	D29-24	115	—	1.363	D16@150	66.8	—	—
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	9.5	6.743	7.31	-2.757	1	15.1	0	16	16.4	無し
			土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	0.99	埋文掘削土砂	—	—	—	—	—	—	
	2層目	2.00	シルト質粘土	1	15.1	0	30.38	16	—	
	3層目	4.10	粘性土	1	16.6	0	33.3	16	—	
	4層目	6.90	砂質シルト	2	33.4	0	66.79	17	—	
	5層目	0.75	シルト質砂	3	0	21	—	18	—	
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	74.5	コンクリート硬化後	—	無し	有り					
杭	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)			
	No.							集計データ:	ヒービング 安定数	ヒービング 安全率
181	2.320	1190	-10	0.4	18.0	4.5	0.3	25.01	2.23	2.45
	2.554	1150	-50	0.6	18.0	4.5	0.3			
183	2.627	1175	-25	0.4	18.0	4.5	0.3	25.01	2.52	2.49
	2.593	1150	-50	0.6	18.0	4.5	0.3			
184	2.470	1180	-20	0.4	18.0	4.5	0.3	25.01	2.37	2.49
	2.595	1150	-50	0.6	18.0	4.5	0.3			
187	2.356	1160	-40	0.6	18.0	4.5	0.3	25.01	2.26	2.56
	2.671	1120	-80	0.6	18.0	4.5	0.3			
189	2.534	1170	-30	0.4	18.0	4.5	0.3	25.01	2.43	2.53
	2.632	1160	-40	0.4	18.0	4.5	0.3			
191	2.310	1120	-80	0.6	18.0	4.5	0.3	25.01	2.22	2.25
	2.342	1170	-30	0.4	18.0	4.5	0.3			

No.17: H橋梁, A2 (北陸地方整備局, 平成15～平成16年度)

杭配列

全本数

杭径不足本数

4×3

12

8

杭体データ:

杭径(mm)

杭長(m)

主鉄筋

主筋間隔(mm)

主筋2段目間隔(mm)

主鉄筋比(%)

スターラップ

鉄筋透過面積率(%)

セメント種別

強度(N/mm²)

1200

36.5

D29-24

115

—

1.363

D16@150

66.8

—

33

地盤データ:

施工基盤(GL±m)

杭頭(GL-m)

地下水(GL-m)

杭頭深度(m)

N値(杭頭)

C(杭頭)(kN/m²)

φ(杭頭)

γ(杭頭)(kN/m³)

γ(杭以浅)(kN/m³)

地盤改良

9

6.667

7.31

-2.333

1

15.1

0

16

16.2

無し

層厚(m)

土質

N値

c(kN/m²)

φ(degree)

qu(kN/m²)

γ(kN/m³)

1層目

0.49

埋文掘削土砂

—

—

—

—

2層目

2.00

シルト質粘土

1

15.1

0

30.38

16

3層目

4.10

粘性土

1

16.6

0

33.3

16

4層目

6.90

砂質シルト

2

33.4

0

66.79

17

5層目

0.75

シルト質砂

3

0

21

—

18

施工データ:

施工荷重(kN)

埋戻時期

最終孔内水位(m)

水中施工

管理グラフ

74.5

コンクリート硬化後

—

無し

有り

杭No.

余盛り高(m)

計測径(mm)

不足量(mm)

不足範囲高さ(m)

スランプ(cm)

空気量(%)

最終引抜速度(m/分)

193

2.428

1200

0

—

18.0

4.5

0.5

194

2.268

1195

-5

0.6

18.0

4.5

0.5

195

2.028

1185

-15

0.6

18.0

4.5

0.5

196

2.558

1170

-30

0.6

18.0

4.5

0.5

197

1.838

1185

-15

0.6

18.0

4.5

0.5

198

2.201

1180

-20

0.6

18.0

4.5

0.5

199

2.058

1170

-30

0.6

18.0

4.5

0.5

200

2.478

1185

-15

0.6

18.0

4.5

0.5

201

1.678

1180

-20

0.6

18.0

4.5

0.5

202

1.828

1205

5

—

18.0

4.5

0.5

203

1.776

1200

0

—

18.0

4.5

0.5

204

2.348

1220

20

—

18.0

4.5

0.5

集計データ:

ヒーピング安定数

ヒーピング安全率

杭頭土圧(kN/m²)

土圧バランス安全率

2.50

1.01

17.59

3.31

2.50

0.88

17.59

3.09

2.50

0.79

17.59

2.77

2.50

1.00

17.59

3.49

2.50

0.72

17.59

2.51

2.50

0.86

17.59

3.00

2.50

0.80

17.59

2.81

2.50

0.97

17.59

3.38

2.50

0.65

17.59

2.29

2.50

0.71

17.59

2.49

2.50

0.69

17.59

2.42

2.50

0.92

17.59

3.20

No.19: J橋梁, P34 (中国地方整備局, 平成15～16年度)

杭配列

全本数

杭径不足本数

2-1-2×1基

5

5

杭体データ:

杭径
(mm)

杭長
(m)

主鉄筋

主筋間隔
(mm)

主筋2段目
間隔 (mm)

主鉄筋比
(%)

スター
ラップ

鉄筋透過
面積率(%)

セメント
種別

強度
(N/mm²)

1200

9

—

—

—

—

—

—

BB

30

地盤データ:

施工基盤
(GL±m)

杭頭
(GL-m)

地下水
(GL-m)

杭頭深度
(m)

N値(杭頭)

C (杭頭)
(kN/m²)

φ (杭頭)

γ (杭頭)
(kN/m³)

γ (杭以浅)
(kN/m³)

地盤改良

5.09

2.474

3.49

2.526

7

21

0

17

17.8

無し

層厚
(m)

土質

N値

c
(kN/m²)

φ
(degree)

qu
(kN/m²)

γ
(kN/m³)

1層目

2.16

盛土

10

30

0

—

18

2層目

0.60

粘性土

7

21

0

—

17

3層目

1.05

粘性土

0

21

0

—

17

4層目

2.80

腐植土

0

25

0

—

12

5層目

1.25

粘性土

0

29

0

—

19

施工データ:

施工荷重
(kN)

埋戻時期

最終孔内
水位 (m)

水中施工

管理グラフ

—

ケーシング引抜後

—

—

有り

杭
No.

余盛り高
(m)

計測径
(mm)

不足量
(mm)

不足範囲
高さ (m)

スランプ
(cm)

空気量
(%)

最終引抜速
度(m/分)

205

0.000

1179

-21

—

14.0

5.3

0.5

206

1.980

1176

-24

—

14.0

5.2

0.5

207

2.020

1171

-29

—

15.5

4.0

0.5

208

1.980

1174

-26

—

16.0

4.5

0.5

209

1.980

1176

-24

—

16.5

4.7

0.5

集計データ:

ヒーピング
安定数

ヒーピング
安全率

杭頭土圧
(kN/m²)

土圧バラン
ス安全率

2.22

0.21

14.56

0.00

2.22

0.84

14.56

3.26

2.22

0.86

14.56

3.33

2.22

0.84

14.56

3.26

2.22

0.84

14.56

3.26

No.20: J橋梁, P35 (中国地方整備局, 平成15-16年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数							
	3×2列	6	6							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	9	—	—	—	—	—	—	BB	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	4.836	1.96	3.49	2.876	0	21	0	17	17.8	無し
		層厚 (m)	土質	N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)		
	1層目	2.16	盛土	10	30	0	—	18		
	2層目	0.60	粘性土	7	21	0	—	17		
	3層目	1.05	粘性土	0	21	0	—	17		
	4層目	2.80	腐植土	0	25	0	—	12		
	5層目	1.25	粘性土	0	29	0	—	19		
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
	—	ケーシング引抜後		—	—	有り				
	杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)		
	210	1.500	1174	-26	—	15.0	5.0	0.5		
	211	1.500	1173	-27	—	15.5	4.2	0.5		
	212	1.500	1175	-25	—	16.5	4.0	0.5		
	213	1.500	1162	-38	—	13.5	4.3	0.5		
	214	1.500	1173	-27	—	15.0	4.4	0.5		
	215	1.500	1180	-20	—	15.0	4.9	0.5		
集計データ:										
	ヒーピング 安定数		ヒーピング 安全率							
	2.44		0.60							
	2.44		0.52							
	2.44		0.52							
	2.44		0.52							
	2.44		0.52							
	2.44		0.52							

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
2.44	0.60	19.19	1.88
2.44	0.52	19.19	1.88
2.44	0.52	19.19	1.88
2.44	0.52	19.19	1.88
2.44	0.52	19.19	1.88
2.44	0.52	19.19	1.88

No.21: K橋梁, R-RP2B (中国地方整備局, 平成16年度)

杭配列	全本数		杭径不足 本数								
	2×3	6	6								
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)	
	1200	18	—	—	—	—	—	—	30-15-20BB	30	
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C(杭頭) (kN/m ²)	φ(杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良	
	1.3	-2.39	-0.2	3.69	0	—	—	—	—	無し	
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)		
	1層目	1.90	埋土・粘土		2	—	—	—	—		
	2層目	8.10	シルト質粘土		0	—	—	—	—		
	3層目	1.30	砂質シルト		0	—	—	—	—		
	4層目	1.60	砂礫		17	—	—	—	—		
	5層目	1.10	礫混じり粗砂		10	—	—	—	—		
	施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ				
		40	ケーシング引抜後 約1.5h後		—	有り	無し				
杭 No.		余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)			
216		1.690	1190	-10	0.4	16.5	5.2	—			
217		2.000	1090	-110	2.6	16.5	5.0	—			
218		1.800	1110	-90	1.1	16.5	5.1	—			
219		1.720	1170	-30	0.4	14.5	4.6	—			
220		1.570	1180	-20	0.4	15.0	4.9	—			
221		1.710	1190	-10	0.4	15.5	4.4	—			
集計データ:											
ヒーピング 安定数		ヒーピング 安全率									
—		—									
—		—									
—		—									
—		—									
—		—									
—		—									

集計データ:

ヒービング 安定数	ヒービング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
—	—	61.66	—
—	—	61.66	—
—	—	61.66	—
—	—	61.66	—
—	—	61.66	—
—	—	61.66	—

No.22: K橋梁, R-RP1B (中国地方整備局, 平成16年度)

杭体データ:	杭配列	全本数	杭径不足 本数										
	2×4	8	8										
地盤データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)			
	1200	20	—	—	—	—	—	—	30-15-20BB	30			
	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良			
	1.524	-0.437	-0.75	-1.961	2	—	—	—	—	無し			
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)				
	1層目	2.14	盛土(砂質)		2	—	—	—	—				
	2層目	8.85	粘土		0	—	—	—	—				
	3層目	0.75	シルト質砂		12	—	—	—	—				
	4層目	6.50	シルト混じり砂礫		29	—	—	—	—				
	5層目	0.95	粘土		18	—	—	—	—				
施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ							
	40	ケーシング引抜後 約1.5h後		—	有り	無し							
杭 No.		余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)	集計データ:				
									ヒービング 安定数	ヒービング 安全率			
222		1.400	1190	-10	0.4	15.5	4.5	—	—	—			
223		1.370	1178	-22	0.4	15.5	4.8	—	—	—			
224		1.470	1191	-9	0.4	16.0	5.4	—	—	—			
225		1.350	1187	-13	0.4	14.5	4.7	—	—	—			
226		1.500	1187	-13	0.4	15.5	4.9	—	—	—			
227		1.530	1177	-23	0.4	16.0	4.6	—	—	—			
228		1.300	1190	-10	0.4	14.5	4.7	—	—	—			
229		1.550	1197	-3	0.4	16.0	5.4	—	—	—			

No.23: K橋梁, R-RA1B (中国地方整備局, 平成16年度)

杭体データ:

杭配列	全本数	杭径不足本数
2×3	6	6

杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スターラップ	鉄筋透過面積率(%)	セメント種別	強度 (N/mm ²)
1200	20	—	—	—	—	—	—	30-15-20BB	30

地盤データ:

施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
1.15	-0.192	0.05	1.342	0	—	—	—	—	無し
	層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
1層目	1.00	埋土		—	—	—	—	—	
2層目	8.90	シルト質粘土		0	—	—	—	—	
3層目	1.40	シルト質細砂		2	—	—	—	—	
4層目	6.30	砂礫		24	—	—	—	—	
5層目	1.00	粘土		20	—	—	—	—	

施工データ:

施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内水位 (m)	水中施工	管理グラフ
40	ケーシング引抜後約1.5h後		—	有り	無し

集計データ:

杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速度(m/分)	ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
230	1.420	1193	-7	0.4	15.5	4.7	—	—	—	31.74	—
231	1.580	1188	-12	0.4	16.5	4.1	—	—	—	31.74	—
232	1.560	1189	-11	0.4	16.0	4.2	—	—	—	31.74	—
233	1.600	1184	-16	0.4	16.0	4.3	—	—	—	31.74	—
234	1.620	1183	-17	0.4	16.0	4.1	—	—	—	31.74	—
235	1.510	1185	-15	0.4	15.5	4.8	—	—	—	31.74	—

No.25: L橋梁, A1 (四国地方整備局, 平成16年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数
	2×3	6	3

杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	3.55～7.55	—	—	—	—	—	—	BB	30

地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	8.95	4.027	—	4.923	3	—	—	—	—	
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	無し
	1層目	1.76	盛土		—	—	—	—	—	
	2層目	1.70	礫混じりシルト質粘土		2	—	—	—	—	
	3層目	2.70	シルト質粘土		3	—	—	—	—	
	4層目	3.80	礫混じりシルト質粘土		5	—	—	—	—	
	5層目									

施工データ:	施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ		
	43	コンクリート硬化後		—	—	有り		
	杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)
	236	1.723	1168	-32	2	16.5	4.6	0.2
	237	1.773	1175	-25	0.9	16.0	4.4	0.2
	238	2.373	1210	10	—	16.0	4.1	0.2
	239	1.673	1090	-110	2	14.0	4.8	0.2
	240	2.373	1200	0	—	14.0	4.7	0.2
	241	2.173	1210	10	—	15.5	4.4	0.2

集計データ:			
ヒーピング 安定数	ヒーピング 安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バラン ス安全率
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—

集計データ:

ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—
—	—	84.34	—

No.26: M橋梁, P1 (四国地方整備局, 平成17年度)

杭配列

全本数

杭径不足本数

2×4

8

7

杭体データ:

杭径(mm)

杭長(m)

主鉄筋

主筋間隔(mm)

主筋2段目間隔(mm)

主鉄筋比(%)

スターラップ

鉄筋透過面積率(%)

セメント種別

強度(N/mm²)

1000

6

—

—

—

—

—

—

BB

30

地盤データ:

施工基盤(GL±m)

杭頭(GL-m)

地下水(GL-m)

杭頭深度(m)

N値(杭頭)

C(杭頭)(kN/m²)

φ(杭頭)

γ(杭頭)(kN/m³)

γ(杭以浅)(kN/m³)

地盤改良

3

1

-0.4

2

4

—

—

—

—

無し

腐厚(m)

土質

N値

c(kN/m²)

φ(degree)

qu(kN/m²)

γ(kN/m³)

1層目

1.60

シルト質礫

6

—

—

—

—

2層目

1.40

礫混じり砂質シルト

4

—

—

—

—

3層目

3.50

シルト混じり砂歴

34

—

—

—

—

4層目

5層目

施工データ:

施工荷重(kN)

埋戻時期

最終孔内水位(m)

水中施工

管理グラフ

85

コンクリート硬化後

—

有り

有り

杭No.

余盛り高(mm)

計測径(mm)

不足量(mm)

不足範囲高さ(m)

スランプ(cm)

空気量(%)

最終引抜速度(m/分)

242

1.800

1000

0

—

14.0

5.0

0.7

243

1.450

970

-30

—

15.0

5.0

0.7

244

1.300

990

-10

—

15.5

5.4

1.4

245

1.350

978

-22

—

14.5

5.3

1.4

246

1.350

987

-13

—

16.0

4.4

1.4

247

1.400

970

-30

—

15.5

5.2

0.7

248

1.300

983

-17

—

16.0

4.8

1.4

249

1.350

972

-28

—

16.0

4.8

0.7

集計データ:

ヒービング安定数

ヒービング安全率

杭頭土圧(kN/m²)

土圧バランス安全率

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

—

—

42.80

—

集計データ:

ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—
—	—	42.80	—

No.27: M橋梁, A2 (四国地方整備局, 平成17年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数							
	2×6	12	9							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1000	5.5~8.5	—	—	—	—	—	—	BB	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	3.6	1	0.5	2.6	9	—	—	—	—	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	3.00	シルト質礫		9	—	—	—	—	
	2層目	10.00	礫混じり砂礫		50	—	—	—	—	
	3層目									
	4層目									
	5層目									

施工データ:

施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ		
85	コンクリート硬化後		—	有り	有り		
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引抜速 度(m/分)
250	1.500	985	-15	—	15.5	5.1	1.4
251	1.700	980	-20	—	14.0	4.5	1.4
252	1.350	995	-5	—	17.0	3.5	1.4
253	1.800	995	-5	—	16.0	4.8	1.4
254	1.600	980	-20	—	13.5	4.1	1.4
255	1.700	984	-16	—	15.0	4.6	1.4
256	1.500	985	-15	—	16.0	4.9	1.4
257	1.300	996	-4	—	15.0	4.5	1.0
258	2.150	980	-20	—	17.0	4.3	1.4
259	1.550	1000	0	—	14.5	4.0	1.4
260	1.800	1000	0	—	15.0	4.6	1.4
261	1.350	1010	10	—	16.5	4.1	1.4

集計データ:

ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
—	—	18.07	1.99
—	—	18.07	2.26
—	—	18.07	1.79
—	—	18.07	2.39
—	—	18.07	2.13
—	—	18.07	2.26
—	—	18.07	1.99
—	—	18.07	1.73
—	—	18.07	2.86
—	—	18.07	2.06
—	—	18.07	2.39
—	—	18.07	1.79

No.28: N橋梁, A2 (九州地方整備局, 平成15年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数							
	5×3	15	11							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	14	D35-24	118	—	2.030	D16@150	62.8	BB	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ (杭頭) (kN/m ³)	γ (杭以浅) (kN/m ³)	地盤改良
	21.58	17.18	17.08	4.4	10	—	—	—	—	無し
		層厚 (m)	土質		N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	5.00	埋土1(砂質土)		10	—	—	—	—	
	2層目	0.55	埋土2(腐食土シルト)		10	—	—	—	—	
	3層目	1.05	埋土3(砂質土)		11	—	—	—	—	
	4層目	1.10	埋土4(粘性土)		12	—	—	—	—	
	5層目									

施工データ:

施工荷重 (kN)	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ		
100	コンクリート硬化後 (1日後)		—	—	有り		
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)
262	1.770	1200	0	—	16.0	4.5	0.8
263	1.790	1200	0	—	16.0	4.5	0.8
264	1.770	1185	-15	—	15.0	4.8	0.8
265	1.770	1185	-15	—	15.5	5.2	0.8
266	1.800	1190	-10	—	16.0	5.7	0.8
267	1.720	1195	-5	—	15.0	4.8	0.8
268	1.800	1195	-5	—	16.5	4.5	0.8
269	1.770	1190	-10	—	14.5	3.9	0.8
270	1.770	1185	-15	—	16.5	4.5	0.8
271	1.820	1190	-10	—	15.0	4.3	0.8
272	1.790	1200	0	—	15.0	3.5	0.8
273	1.770	1200	0	—	17.0	4.4	0.8
274	1.820	1195	-5	—	15.0	4.6	0.8
275	1.770	1180	-20	—	14.5	4.3	0.8
276	1.770	1185	-15	—	15.0	4.0	0.8

集計データ:

ヒービング安定数	ヒービング安全率	杭頭土圧 (kN/m ²)	土圧バランス安全率
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.52
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.53
—	—	28.27	1.46
—	—	28.27	1.53
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.55
—	—	28.27	1.52
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.55
—	—	28.27	1.50
—	—	28.27	1.50

No.29: O橋梁, A1 (九州地方整備局, 平成15年度)

[illegible][illegible]

No.30: P橋梁, A1 (九州地方整備局, 平成16年度)

[illegible][illegible]

No.31: Q橋梁, A2 (九州地方整備局, 平成16年度)

	杭配列	全本数	杭径不足 本数							
	2×9+1×7	25	24							
杭体データ:	杭径 (mm)	杭長 (m)	主鉄筋	主筋間隔 (mm)	主筋2段目 間隔 (mm)	主鉄筋比 (%)	スター ラップ	鉄筋透過 面積率(%)	セメント 種別	強度 (N/mm ²)
	1200	32	D29-24	118	—	1.363	D16@150	67.4	BB	30
地盤データ:	施工基盤 (GL±m)	杭頭 (GL-m)	地下水 (GL-m)	杭頭深度 (m)	N値(杭頭)	C (杭頭) (kN/m ²)	φ (杭頭)	γ(杭頭) (kN/m ³)	γ(杭以浅)	地盤改良
	2.69	-0.519	0.89	-3.209	0	—	—	—	—	無し
	腐厚 (m)	土質			N値	c (kN/m ²)	φ (degree)	qu (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	
	1層目	1.80	盛土			1	—	—	—	
	2層目	1.75	粘性土			0	—	—	—	
	3層目	1.95	砂質土			5	—	—	—	
	4層目	2.80	砂質土			15	—	—	—	
	5層目	9.20	粘性土			0	—	—	—	

施工データ	埋戻時期		最終孔内 水位 (m)	水中施工	管理グラフ		
	ケーシング引抜後 硬化前						
	78	—					
杭 No.	余盛り高 (m)	計測径 (mm)	不足量 (mm)	不足範囲 高さ (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最終引拔速 度(m/分)
311	1.890	1195	-5	—	15.0	4.8	1.4
312	1.890	1190	-10	—	14.5	4.5	1.4
313	1.890	1190	-10	—	15.5	4.4	1.4
314	1.890	1190	-10	—	16.0	4.9	1.4
315	1.890	1190	-10	—	15.0	4.3	1.4
316	1.890	1190	-10	—	15.5	4.9	1.4
317	1.890	1190	-10	—	14.5	5.2	1.4
318	1.890	1195	-5	—	16.0	4.4	1.4
319	1.890	1190	-10	—	15.0	4.4	1.4
320	1.890	1195	-5	—	15.0	3.9	1.4
321	1.890	1195	-5	—	15.5	4.8	1.4
322	1.890	1190	-10	—	15.5	4.8	1.4
323	1.890	1190	-10	—	15.0	4.4	1.4
324	1.890	1195	-5	—	15.5	3.9	1.4
325	1.890	1195	-5	—	15.5	4.1	1.4
326	1.890	1190	-10	—	15.0	4.2	1.4
327	1.890	1200	0	—	14.5	3.9	1.4
328	1.890	1195	-5	—	15.5	4.4	1.4
329	1.890	1195	-5	—	14.5	3.9	1.4
330	1.890	1195	-5	—	16.0	4.2	1.4
331	1.890	1195	-5	—	15.0	4.0	1.4
332	1.890	1195	-5	—	15.5	5.1	1.4
333	1.890	1195	-5	—	14.5	4.8	1.4
334	1.890	1190	-10	—	15.5	4.4	1.4
335	1.890	1195	-5	—	15.0	4.9	1.4

集計データ:

[illegible]

付属資料Ⅱ 「杭基礎設計便覧/杭基礎施工便覧（平成 18 年度改訂版）」への反映内容

1. 「杭基礎設計便覧（平成 18 年度改訂版）」への反映内容

1.4-1-2 工法の選定 「表-1.4.2 基礎形式選定表」の注釈（P14～15）より

注) 軟弱地盤にオールケーシング工法で杭を構築する場合、コンクリート打込み時において、ケーシング引抜き後の孔壁に作用する外圧（土圧、上載圧など）と内圧（コンクリートの側圧など）のバランスやコンクリートの充填性等により杭径が細ることがある。この現象は、以下の理由などにより、杭頭部付近で生じやすい。

- ①作業基面に近い深度であるため施工時荷重による偏圧の影響を受けやすい
- ②コンクリートの最終打込み部分であるためコンクリートの自重による側圧などが小さい
- ③鉄筋が密に配置されているためコンクリートの充填に対する環境が厳しい

上記のことから軟弱地盤にオールケーシング工法を適用する場合は、地盤改良や鉄板敷設による作業地盤の補強などの事前対策に加え、スランプ値、余盛りコンクリート高さの割増し、空掘り部の早期埋戻しなど適切な施工管理を行うなど、所定の杭径を確保するために十分な配慮が必要である。なお、 N 値が 1 以下のごく軟弱な粘性土や有機質シルトがある地盤においては、このような対策や施工管理を実施したにも関わらず杭頭部付近で杭径に細りが生じた事例もある。したがって、杭頭部付近にこのような地盤がある場合は、オールケーシング工法の採用の可否も含めて、杭径の細り対策を検討し、設計で想定した所定の杭径となるよう、慎重な対処が必要である。

2. 「杭基礎施工便覧（平成 18 年度改訂版）」への反映内容

II. 2-1-2(8) オールケーシング工法の軟弱地盤における施工上の留意点 「表-II. 2.27 軟弱地盤における施工上の留意点」（P280）より

表-II. 2.27 軟弱地盤における施工上の留意点

作業項目	留 意 点	備 考
機械据付け および掘削	・ 所定のケーシングチューブ、カッティングエッジ使用 ・ 機械据付け地盤の強度確認 ・ 鉄板敷設などによる作業地盤の補強 ・ 孔内水位管理（掘削中）	2. 1. 2 施工 (1) 機械据付けおよび掘削 (2) 孔壁の安定および孔内水を参照
鉄筋工事	・ コンクリート充填を妨げる物の取付けに注意 ・ 孔内の中心に設置（均一なかぶりの確保）	2. 1. 2 施工 (5) 鉄筋工事 (7) 杭頭処理を参照
コンクリート打込み	・ 充填性の良いコンクリートを使用 ・ コンクリートスランプ値の管理 ・ ケーシングチューブ内のトレミーの適正な位置確保 ・ 孔内水位管理（コンクリート打込み中） ・ ケーシングチューブの引抜きは鉛直性を保持し、特に杭頭部付近でのケーシングチューブ引抜きを急激に行わない ・ 打込み最終段階（杭頭部付近）のコンクリート天端調整と確認 ・ 余盛りコンクリート高さの割増し ・ 空掘り部の早期埋戻し	2. 1. 2 施工 (6) コンクリート打込みを参照
計測管理	・ コンクリート打込み中、以下の項目を計測管理 1. コンクリート打込み量 2. コンクリート天端 3. ケーシングチューブ引抜き長 4. トレミー引抜き長 5. コンクリート降下長	2. 1. 3 施工管理を参照

・ 具体策は、各項目と施工管理の要点を参照。

付属資料Ⅲ 場所打ち杭における杭径の施工誤差が杭基礎の設計に及ぼす影響試算

1. 試算モデル

場所打ち杭の施工誤差による杭径の出来形不足が杭本体の部材設計に及ぼす影響度を試算により確認した。試算を行った杭基礎のモデルは表-付Ⅲ.1 および図-付Ⅲ.1～図-付Ⅲ.4 に示すとおりである。試算モデルの選定においては、杭径は平成 16 年度の直轄工事における場所打ち杭の施工実績調査結果¹⁾から最小径の 1,000mm と最も使用実績が多かった 1,200mm とした。また、それぞれの杭径については、杭長が比較的短い場合（10m 程度）と長い場合（20～40m 程度）を考え、さらに表層付近の N 値の大小も考慮した。なお、杭体の発生応力度や耐力は、杭径、杭長、杭配置、地盤剛性など種々の条件に影響されるが、本試算結果により、場所打ち杭の施工誤差による杭径の出来形不足が杭体の発生応力度や耐力に及ぼす影響は概ね評価できるものとする。試算では、杭径の施工誤差を-30～0mm（設計径）までを想定し、10mm 刻みでレベル 1 地震時の杭体の応力度（曲げ引張り応力度）と杭体の降伏曲げモーメントを求め、その影響度を確認した。なお、ここで想定した最大の施工誤差マイナス 30mm は、次の二つの理由から定めた。

- ① 国土交通省が平成 15 年度～17 年度の直轄工事を対象に実施したオールケーシング工法の施工実績調査によると、ほとんどの杭が（全調査杭本数の 99.7%の杭）が設計径のマイナス 30mm 以内で施工されており、道路橋示方書の規定に基づき施工された場所打ち杭の現状の施工能力を反映できているものと考えられる。
- ② 一般に、土中で施工される鉄筋コンクリート構造物の場合であってもマイナス 30mm 程度の施工誤差を認めており、マイナス 30mm の施工誤差は、土中に構築する場所打ち杭の施工管理の困難さを考慮した場合に妥当な値と考えられる。

表-付Ⅲ.1 試算モデル

	設計杭径 D(mm)	杭長 L(m)	1/β の範囲 の平均 N 値
杭基礎①	1000	9.4	6
杭基礎②	1000	22.4	20
杭基礎③	1200	12.9	17
杭基礎④	1200	35.4	2.5

杭基礎① (φ1000)

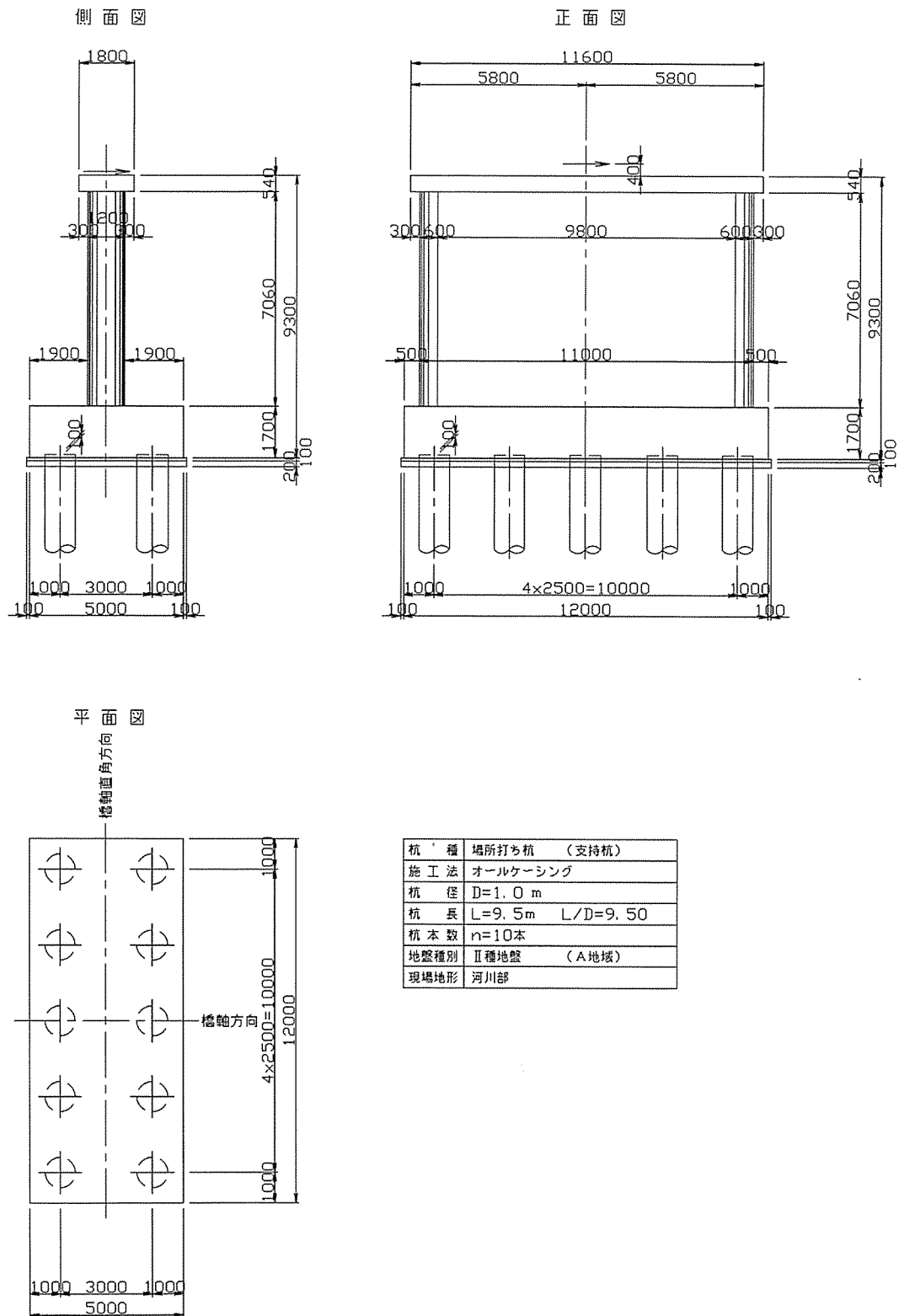


図-付Ⅲ.1 試算モデル (杭基礎①)

杭基礎2 (φ1000)

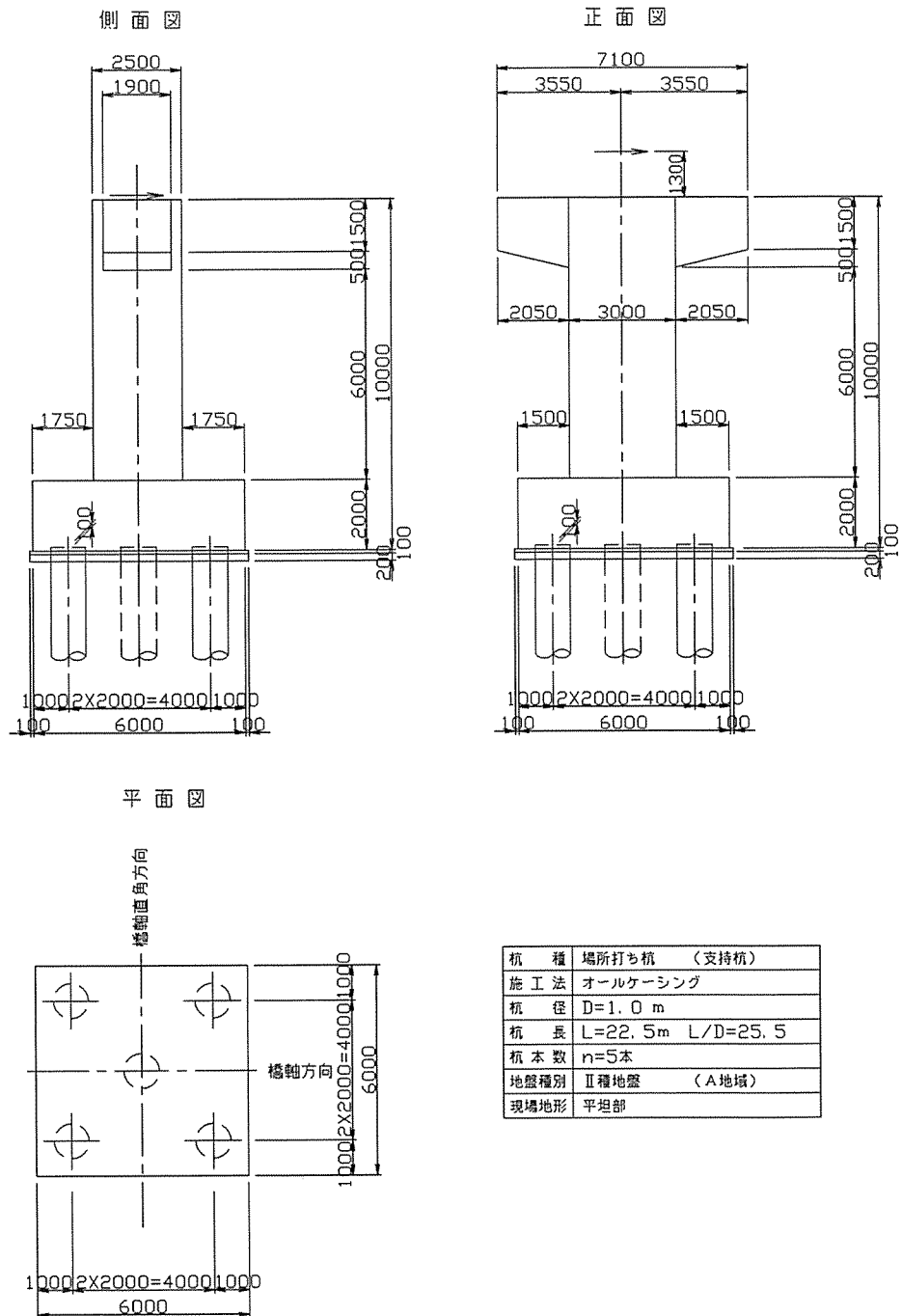


図-付Ⅲ.2 試算モデル (杭基礎②)

（2051）△型基礎

比較的大きい

圧縮力の

杭基礎3（ $\phi 1200$ ）

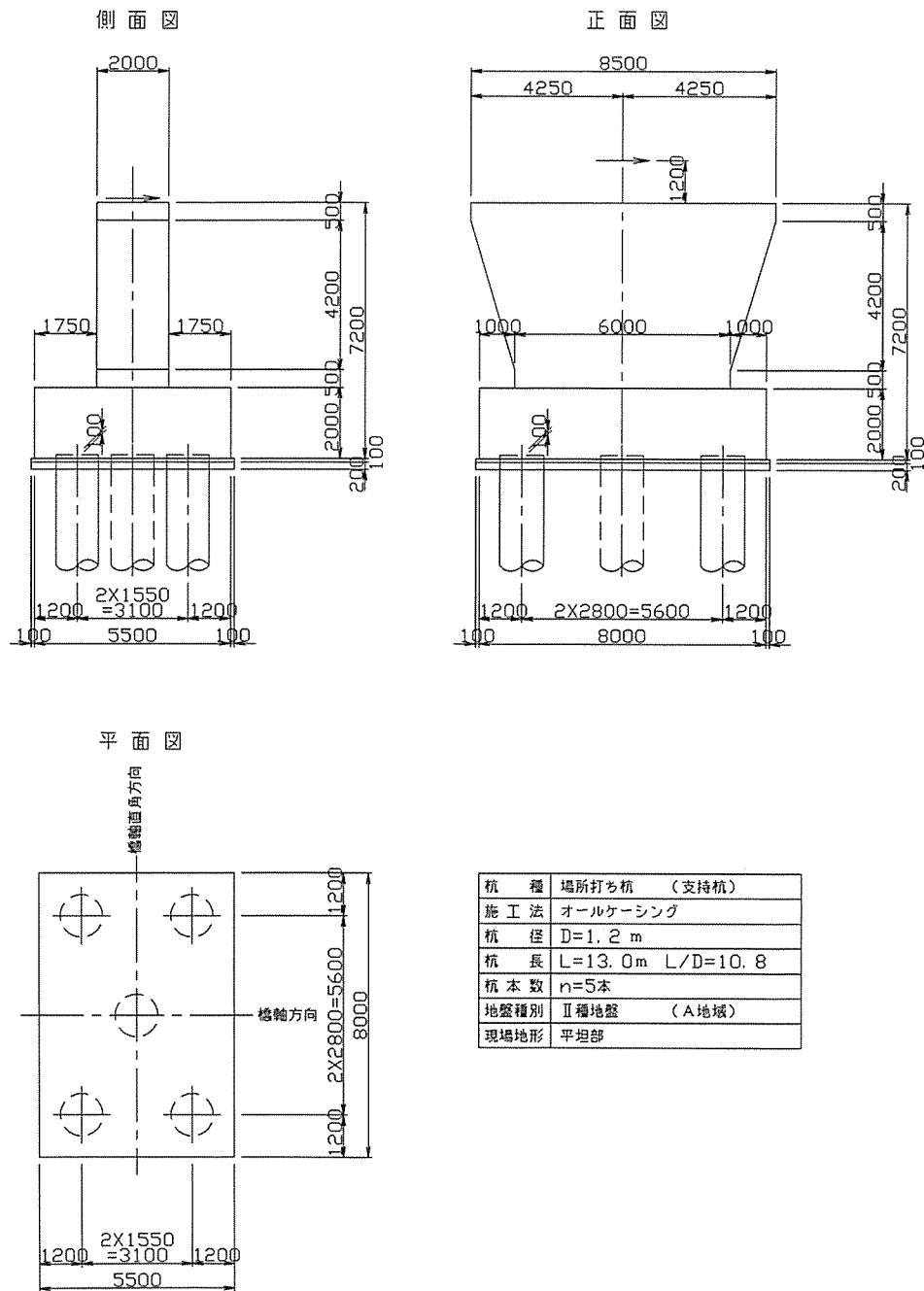


図-付Ⅲ.3 試算モデル（杭基礎③）

杭基礎4 (φ1200)

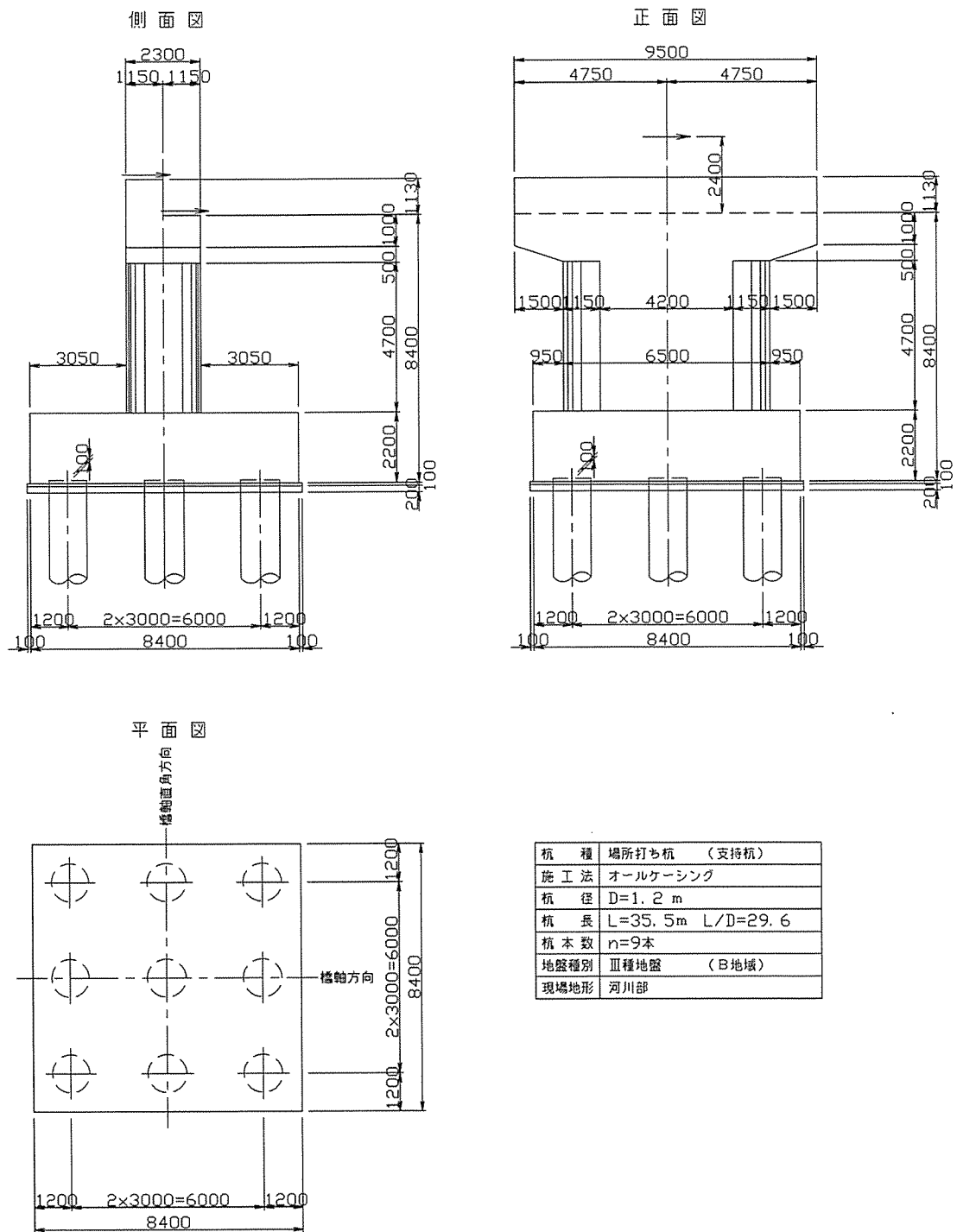


図-付Ⅲ.4 試算モデル (杭基礎④)

2. 試算結果

図-付Ⅲ. 5,6 に試算結果を示す。場所打ち杭は、一般に杭径が 1,000mm 以上と比較的に大きい
ため、杭径に 30mm 程度の誤差が生じた場合でも、場所打ち杭に発生する応力度や杭体の耐力の
変動は、設計径で計算された値の 1～3%程度と小さい。

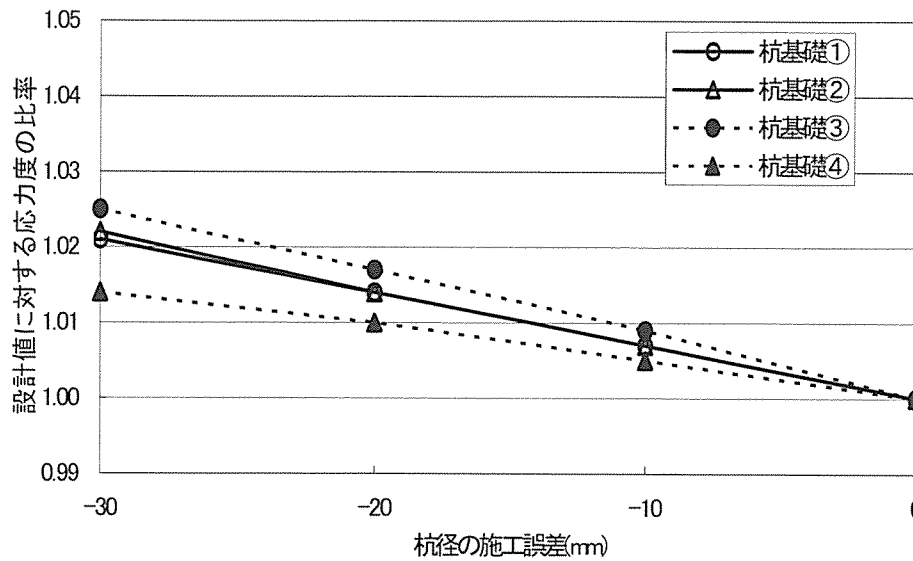


図-付Ⅲ. 5 杭体の曲げ引張応力度の設計値に対する比率

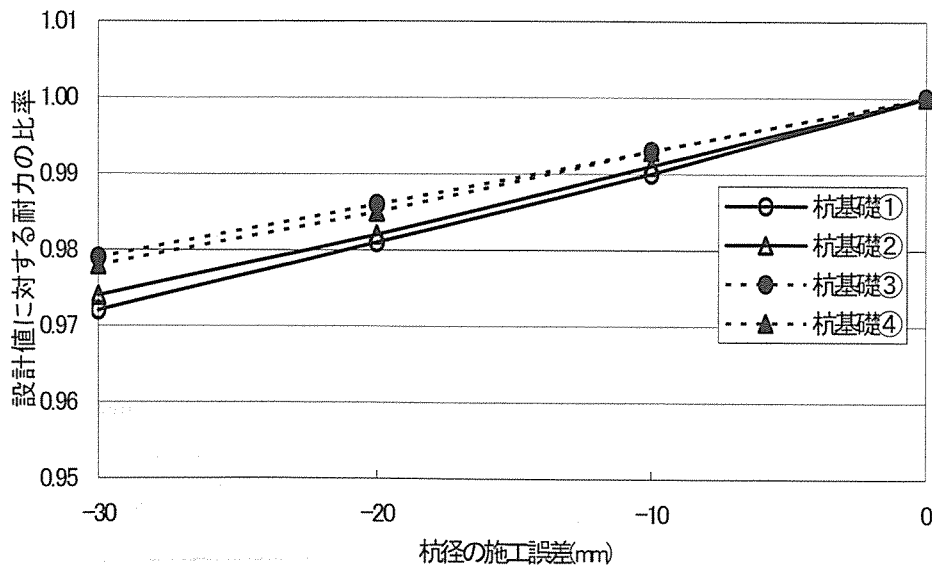


図-付Ⅲ. 6 杭体の曲げ降伏耐力の設計値に対する比率

なお、施工誤差により杭径に出来形不足が生じると、杭体の応力度や耐力などに影響を及ぼすほか、部材の耐久性や基礎の安定性にも影響を及ぼすことが考えられる。

部材の耐久性については、所用の鉄筋のかぶりを確保する必要があるが、道路橋示方書では最小かぶり量が規定されている（表-付Ⅲ.2）。ここで、場所打ち杭（深礎工法除く）の最小かぶり量は 120mm であるが、これはコンクリートと鉄筋との付着の確保、鉄筋の防食・保護といった基本的な必要かぶりに、供用時に水中及び土中に位置することによる維持管理の困難さを加味した 70mm に加え、施工性や施工精度等の 50mm も考慮された設計時の規定である。したがって、場所打ち杭の出来形としては、所用の品質のコンクリートで 70mm 以上の鉄筋かぶりを確保することが要求されていると解釈できる。

基礎の安定性については、道路橋示方書の基礎の安定照査における杭の鉛直支持力などの規定は、道路橋示方書の規定に基づき施工された多数の杭の載荷試験結果を統計処理して定められたものであり、これらには、杭径の施工誤差が既に反映されている。したがって、道路橋示方書の規定に基づき施工された場所打ち杭に生じる施工誤差は、新たに基礎の安定性照査に影響を及ぼすものではないと考えられる。

以上のことから、道路橋示方書の規定に基づき施工された場所打ち杭に生じる施工誤差は、新たに杭の部材設計や基礎の安定照査に影響を及ぼすものではないと考えられる。

本検討結果は、国土交通省における場所打ち杭の杭径に関する出来形管理基準の改定（平成 19 年 4 月）に反映されている（図-付Ⅲ.7）。

表-付Ⅲ.2 道路橋示方書で規定する下部構造物の鉄筋の最小かぶり

部材		柱, 壁	フーチング	場所打ち杭		地中連続壁
				深礎工法	オールケーシング工法 リバース工法 アースドリル工法	
環境	施工時	大気中			水中	
	供用時	大気中	水中及び土中			
鉄筋の最小かぶり	① 付着の確保, 防食, 防護等	40mm				
	② 維持管理の困難さ	—	30mm			
	③ コンクリート締固めの困難さ, 鉄筋かごの建て込み誤差等	—			50mm	60mm
	計	40mm	70mm		120mm	130mm

出来形管理基準及び規格値

編 号	章 節	条 款	技 術	工 種	測 定 項 目	規 格 値
3 土木工事共通編	2 一般施工	4 基礎工	3 2	基礎工（護岸） （プレキャスト）	基 準 高 ∇	± 30
					延 長 L	-200
3 土木工事共通編	2 一般施工	4 基礎工	4	既製杭工 （既製コンクリート杭） （鋼管杭） （H鋼杭）	基 準 高 ∇	± 50
					根 入 長	設計値以上
					偏 心 量 d	$D/4$ 以内かつ 100 以内
3 土木工事共通編	2 一般施工	4 基礎工	5	場所打ち杭工	基 準 高 ∇	± 50
					根 入 長	設計値以上
					偏 心 量 d	$D/4$ 以内かつ 100 以内
					杭 径	（設計径（公称径）） -30 以上
3 土木工事共通編	2 一般施工	4 基礎工	6	基礎工	基 準 高 ∇	± 50
					根 入 長	設計値以上
					偏 心 量 d	150 以内

1-56

※ 従前の場所打ち杭の出来形管理基準値：設計径（公称径）以上

図-付Ⅲ. 7 場所打ち杭の出来形管理基準値
（国土交通省「出来形管理基準及び規定値」H19.4より抜粋加筆）

付属資料Ⅳ オールケーシング工法における杭細り対策工(二重ケーシング)の試験施工例

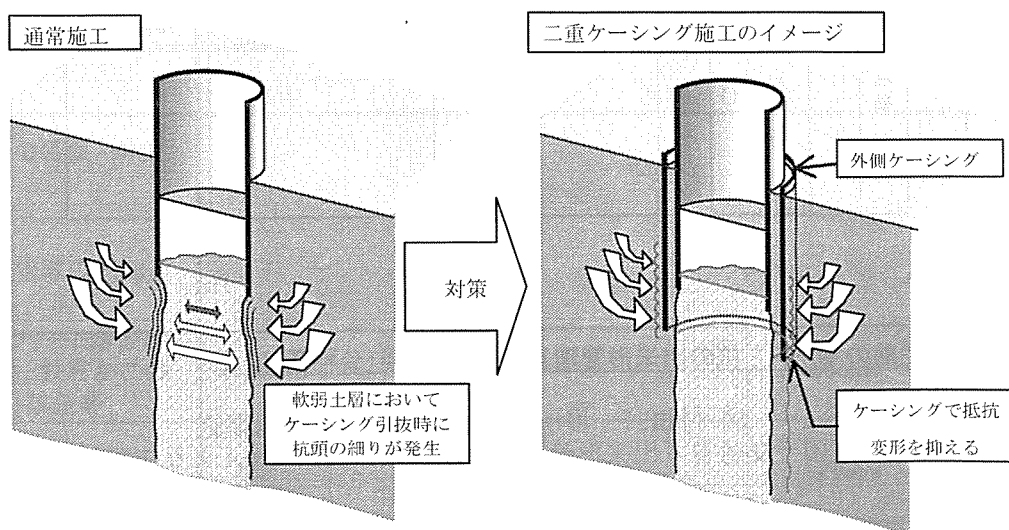
1. 概 要

軟弱粘性土層にオールケーシング工法で場所打ち杭を施工した際に、一部の杭の杭頭部付近に細り（写真・付Ⅳ.1）が生じた現場において、二重ケーシングによるオールケーシング工法の細り対策の試験施工が実施された。二重ケーシングによるオールケーシング工法の細り対策とは、図・付Ⅳ.1 に示すとおり掘削時の孔壁防護に用いる通常のケーシングより一回り径の大きいケーシング（外側ケーシング）を杭頭部以深まで設置しておき、その外側ケーシングによりコンクリート打設時におけるケーシング引抜き後の孔壁の内向きへの変形（杭細り）を抑制しようとするものである。

ここでは、オールケーシング工法における杭細り対策として実施された試験施工結果について紹介する。なお、当該現場の地盤は、N 値 0、一軸圧縮強度 20 kN/m² 程度のごく軟弱な粘性土層が最大 15m 程度堆積している。



写真・付Ⅳ.1 杭頭部の細り状況



図・付Ⅳ.1 二重ケーシングによるオールケーシング工法の施工イメージ

2. 二重ケーシングによるオールケーシング工法の試験施工

(1) 試験杭の概要

φ1200, L=14.5m×1 本 (杭頭防護用の外側ケーシング φ1500, L=7.5m)

作業基面レベル	GL+0.5m
杭頭レベル	GL-2.5m
外ケーシング範囲	GL+0.7～-6.8m
杭先端レベル	GL-17.0m

(2) 施工要領

二重ケーシングによるオールケーシング工法の試験施工の施工手順を表-付IV.1 に、施工要領を図-付IV.2 に、使用機械を表-付IV.2 に示す。

表-付IV.1 二重ケーシングによるオールケーシング工法の施工手順

手順	作 業 項 目	通常施工からの 追加項目
①	回転掘削機据付, 杭心セット	
	外ケーシング建込み	○
②	外ケーシング回転圧入	○
③	外ケーシング沈下防止金具取付け, 外ケーシング切離し	○
④	杭径変更用クランプカラー (ライナー) 取付け	○
⑤	内側ケーシング建込み	
⑥	内側ケーシング回転圧入, 掘削	
⑦	支持層確認, 孔底スライム処理	
⑧	掘削深度検測	
⑨	鉄筋かご建込み, トレミー管建込み	
⑩	生コン打設, 内側ケーシング・トレミー管引き上げ	
⑪	杭径変更用クランプカラー (ライナー) 取外し	○
⑫	外側ケーシング継足し	○
⑬	外側ケーシング引抜き	○
	回転掘削撤去, 移動	

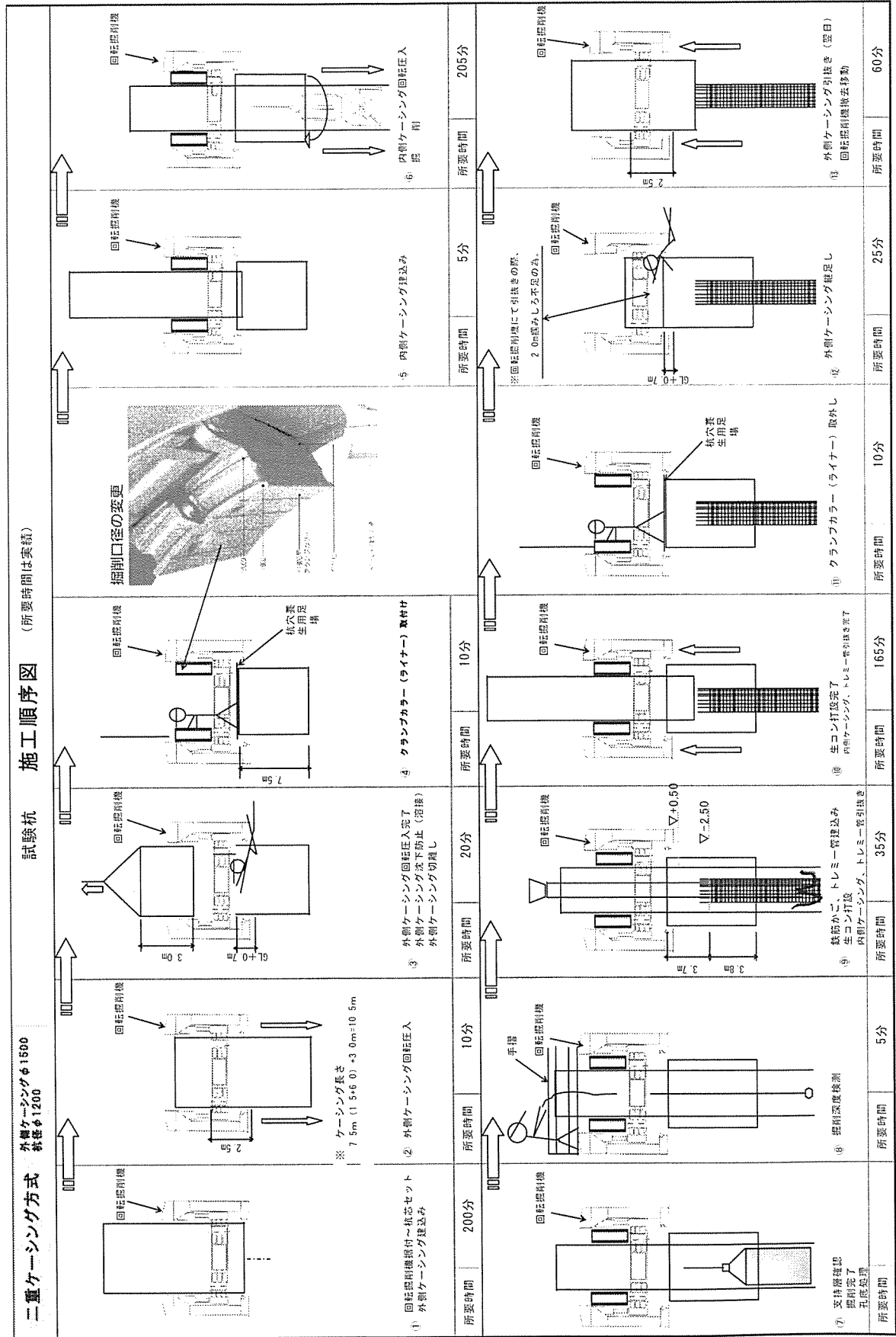


図-付IV.2 二重ケーシングによるオールケーシング工法の施工要領図

表-付IV.2 二重ケーシングによるオールケーシング工法の使用機材一覧

機 械 名 称	規 格 ・ 仕 様	数 量	用 途
クローラクレーン	65t 吊、ブーム長 21m	1 台	中堀、施工相判
全周回転掘削機	φ 1000～φ 1500	〃	ケーシング圧入・引抜
油圧ユニット		〃	全周機動力源
操作室	1 間簡易ハウス	〃	全周機操作
反力棒		〃	回転反力取り
ハンマグラフ	φ 1200 用	〃	中堀
ファーストチューブ	φ 1200×1.0m	1 本	堀削（切削）
ケーシングチューブ	φ 1200×6.0m	2 本	堀削（孔壁保護）
	φ 1200×4.0m	1 本	〃
	φ 1200×2.0m	〃	〃
	φ 1200×1.0m	〃	〃
ファーストチューブ	φ 1500×1.5m	1 本	外側ケーシング
ケーシングチューブ	φ 1500×6.0m	1 本	〃
	φ 1500×3.0m	1 本	〃
チゼル	φ 1200 用	1 台	障害物破碎
スライムバケツ	〃	〃	水汲、スライム処理
トレミー管	φ 250×1m～6m	必要 m	生コン打設
生コン車登板台		1 台	〃
発電機	50kVA	1 台	各種動力源
エンジンウェルダー	300A	〃	機材補修（溶接）
高圧洗浄機		〃	機材洗浄
水槽	20m ³ , 3m ³	各 1 台	ハイウォッシャー給水
水中ポンプ	4 インチ	〃	孔内排水
〃	2 インチ	〃	給排水
酸素・アセチレン器具		1 式	機材補修（溶断）
鉄板	6.0m×1.5m×22mm	必要数	重機足場養生
バックホウ	0.4m ³	〃	残土集積
ベッセル	6.0m ³	1 台	残土集積
2 t ダンプトラック		1 台	残土小運搬

(3) 試験施工結果

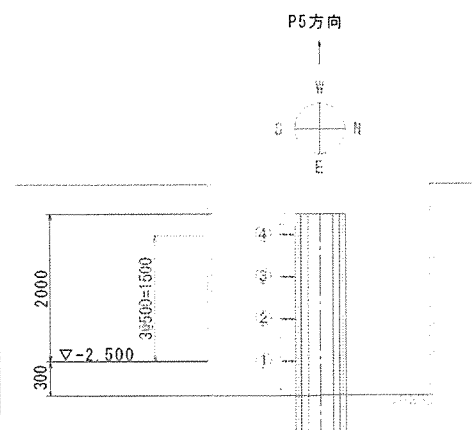
① 出来形

杭径と偏心量の計測結果を表-付IV.3 に、杭頭部の出来形の状況を写真-付IV.2 に示す。杭径の出来形は設計径に対してマイナス 10mm 程度と二重ケーシングによる杭細りの抑制効果は概ね良好であることが確認された。

表-付IV.3 出来形計測結果（単位：mm）

計測位置 位置	杭径（設計径：1,200mm）				偏心量
	円周測定値からの換算値	差	直交2方向の 平均値	差	
①（杭頭）	1,190	-10	1,187	-14	30
②	1,187	-13	—	—	—
③	1,186	-14	—	—	—
④	1,184	-16	—	—	—

計測位置図



(a) 杭頭処理前



(b) 杭頭処理後

写真-付IV.2 杭頭部の出来形

② 施工性

施工状況写真を写真-付IV.3～写真-付IV.14に示す。二重ケーシングによるオールケーシング工法の施工では、杭径の異なる内・外ケーシングの設置・撤去が必要であり、今回の試験施工では、通常の場合打ち杭施工の約1.5～2倍近くの時間を要する結果となった。特に、今回の試験施工では、コンクリート打設後の内側ケーシング引抜き時に外側ケーシングが共上がりし、その対処に多くに時間を要することとなった。ケーシングが共上がりした経緯は、図-付IV.3に示すとおり、外側ケーシング設置後、内側ケーシング回転圧入時に、内外ケーシング間に空隙が発生した。この空隙にコンクリートが回り込み、出来形が設計径と大きく異なること、及び翌日の外側ケーシングの引抜きが困難になることを想定し、土砂を投入した。その後、内側ケーシング引抜き時に、ケーシング間に投入した土砂がよく締まり、外側ケーシングの共上りを助長したものと思われる。

今回の試験施工で、N値0のごく軟弱な粘性土層においても、二重ケーシングにより杭頭部の細りが抑制されることが確認された。しかしながら、実用化に向けては、施工時間の短縮、施工コストの縮減が課題であることが明らかであり、まだまだ改良を図っていくことが望まれる。特に今回確認された内外ケーシングの共上がり現象については、内外ケーシングの施工手順の見直しなどより抑制することが今後の課題であると思われる。

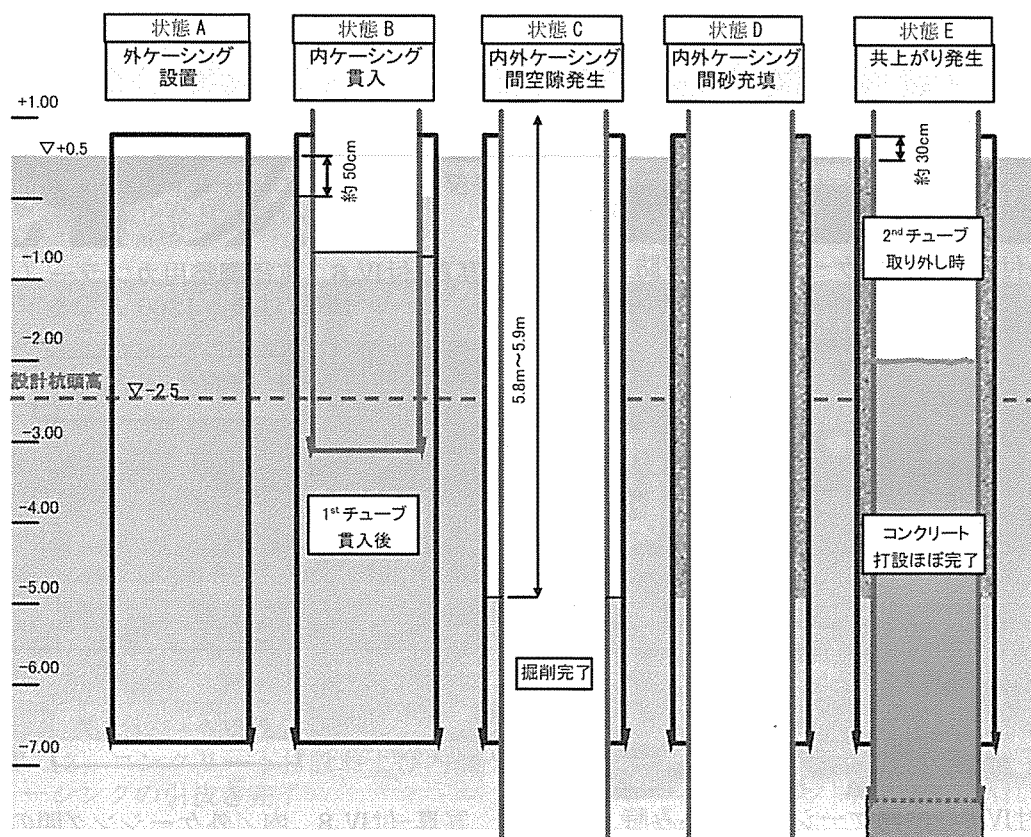


図-付IV.3 内外ケーシングの共上がり現象

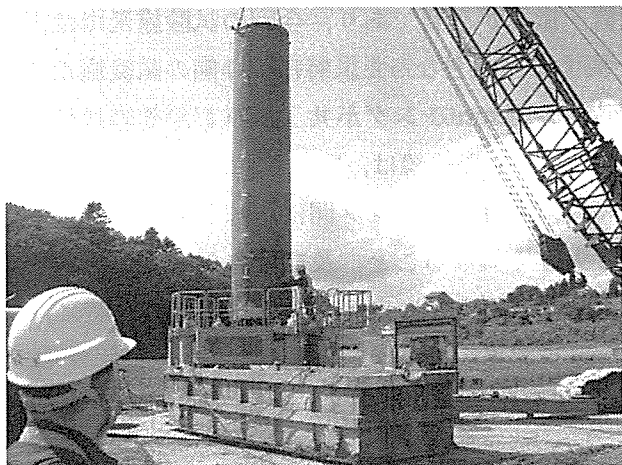


写真-付IV.3 外側ケーシング建込み
($\phi 1500$ 杭施工時に用いる通常のケーシング)



写真-付IV.4 外側ケーシング建込み後の内部地盤

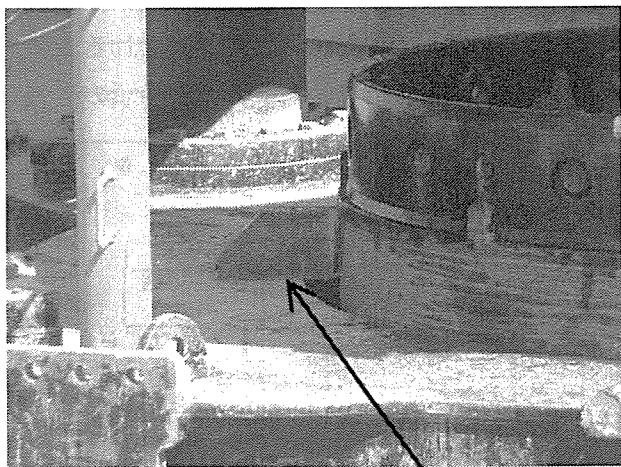


写真-付IV.5 外側ケーシング落下防止金具
(ケーシングの外側に仮溶接)

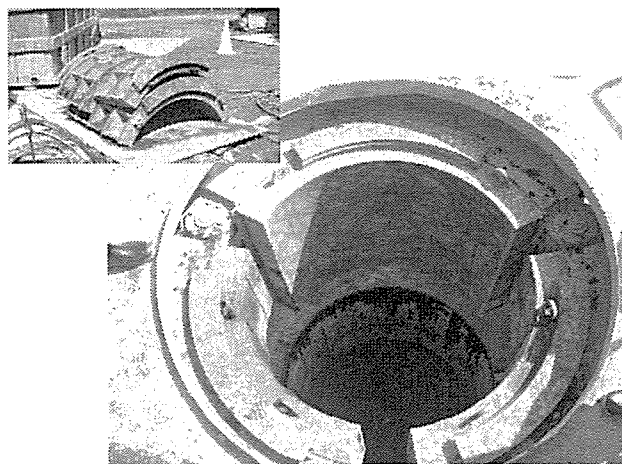


写真-付IV.6 杭径調整用カプラー (1組3ピース)
(取付け後 $\phi 1200$ となる：下写真)



写真-付IV.7 内側ケーシング建込み時

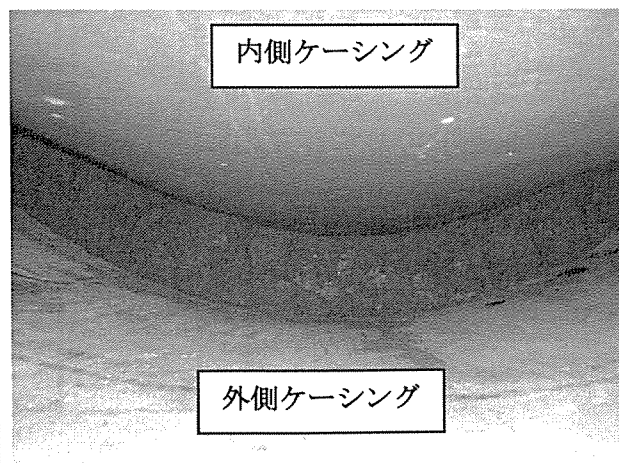


写真-付IV.8 内／外ケーシング間の土砂
(内側ケーシング 1st チューブ建込み時)

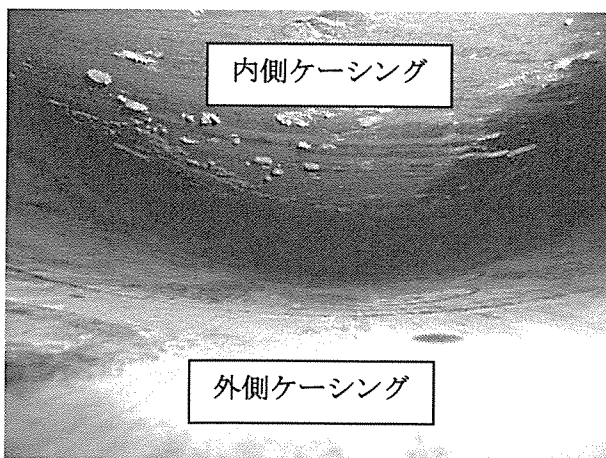


写真-付IV.9 内／外ケーシング間の土砂沈降状況
(掘削完了時：天端より 5.8m, 目視確認不能)

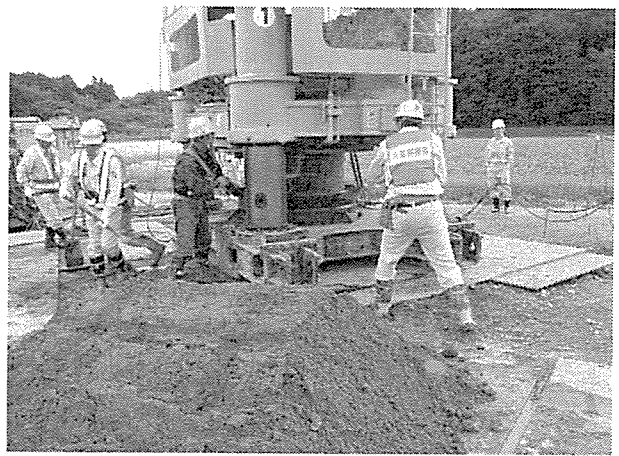


写真-付IV.10 内／外ケーシング間への土砂投入
(内側ケーシング 1st チューブ建込み時)

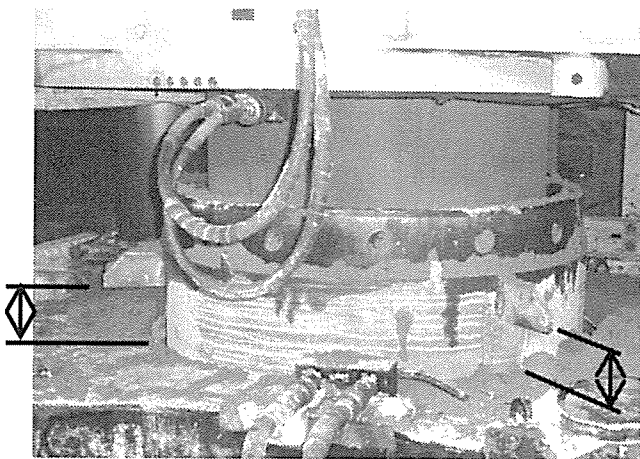


写真-付IV.11 内／外ケーシング共上がり発生
(落下防止金具が浮いている)

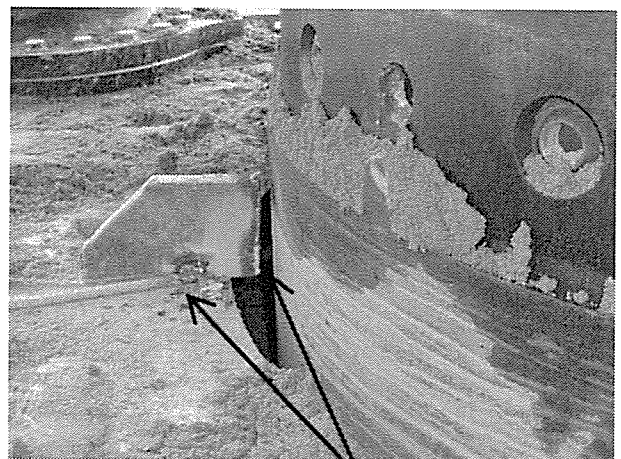


写真-付IV.12 落下防止金具の溶接部
(ジャッキ側もケーシング側も破断を繰り返す)

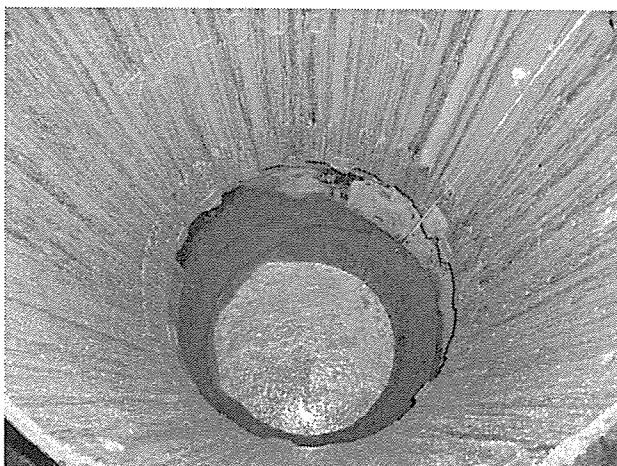


写真-付IV.13 コンクリート打設および内側ケーシングの引抜き完了

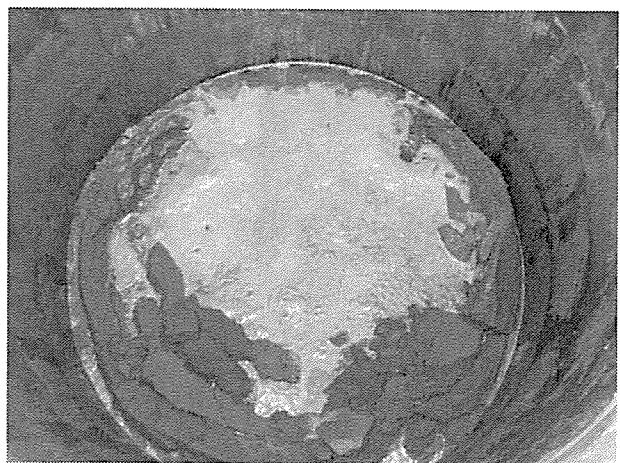


写真-付IV.14 外側ケーシング引抜き開始後
(内／外ケーシング間の土砂が崩れてくる)

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4098 March 2008

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754