

## 2. 杭工法

### 2.1 杭工法の分類

ここでは、当委員会において対象とする杭工法およびその分類を示す。

#### 2.1.1 大分類(第1レベル～第2レベル)

当委員会においては、構造物基礎を直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎および特殊基礎に大別し(第1レベル)、そのうちの杭基礎を調査・設計の対象とした。

さらに、杭基礎を製造方法により既製杭および場所打ち杭に分類した(第2レベル)。

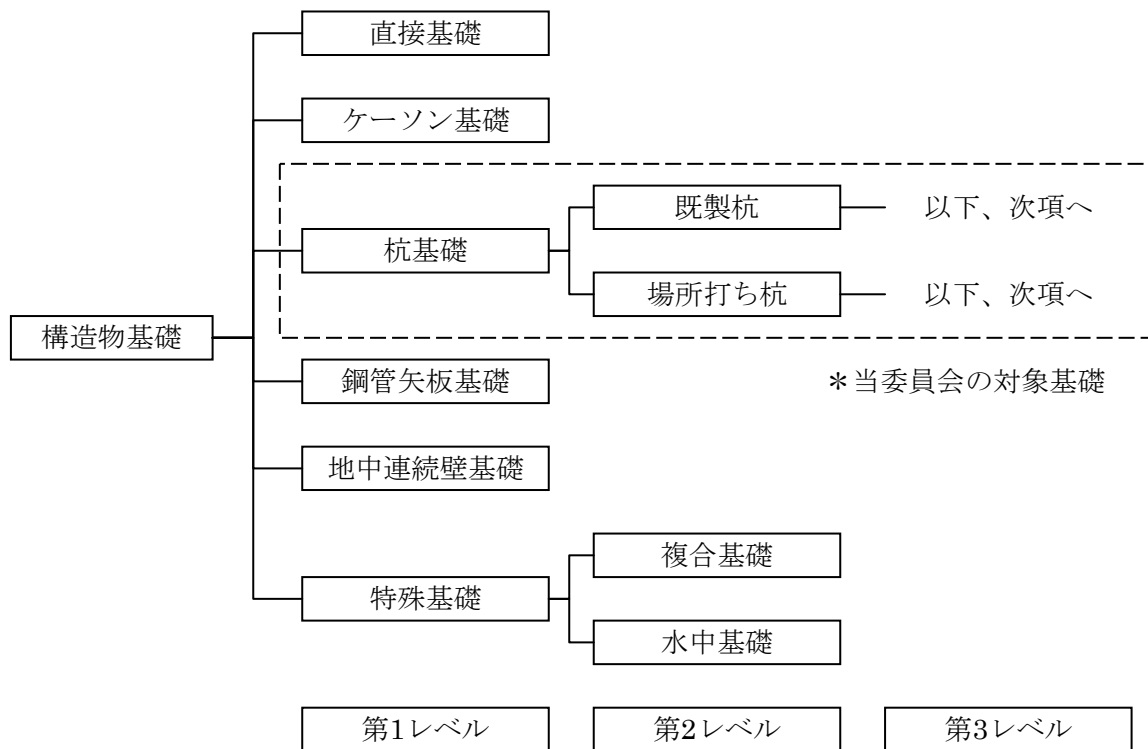


図-2.1.1 構造物基礎の大分類(第1レベル～第2レベル)

#### 2.1.2 中、小分類(第3レベル～)

##### 2.1.2.1 既製杭

既製杭は杭の設置方法により打込み杭と埋込み杭に分類し(第3レベル)、さらに、施工方法により細分化した(第4レベル)。

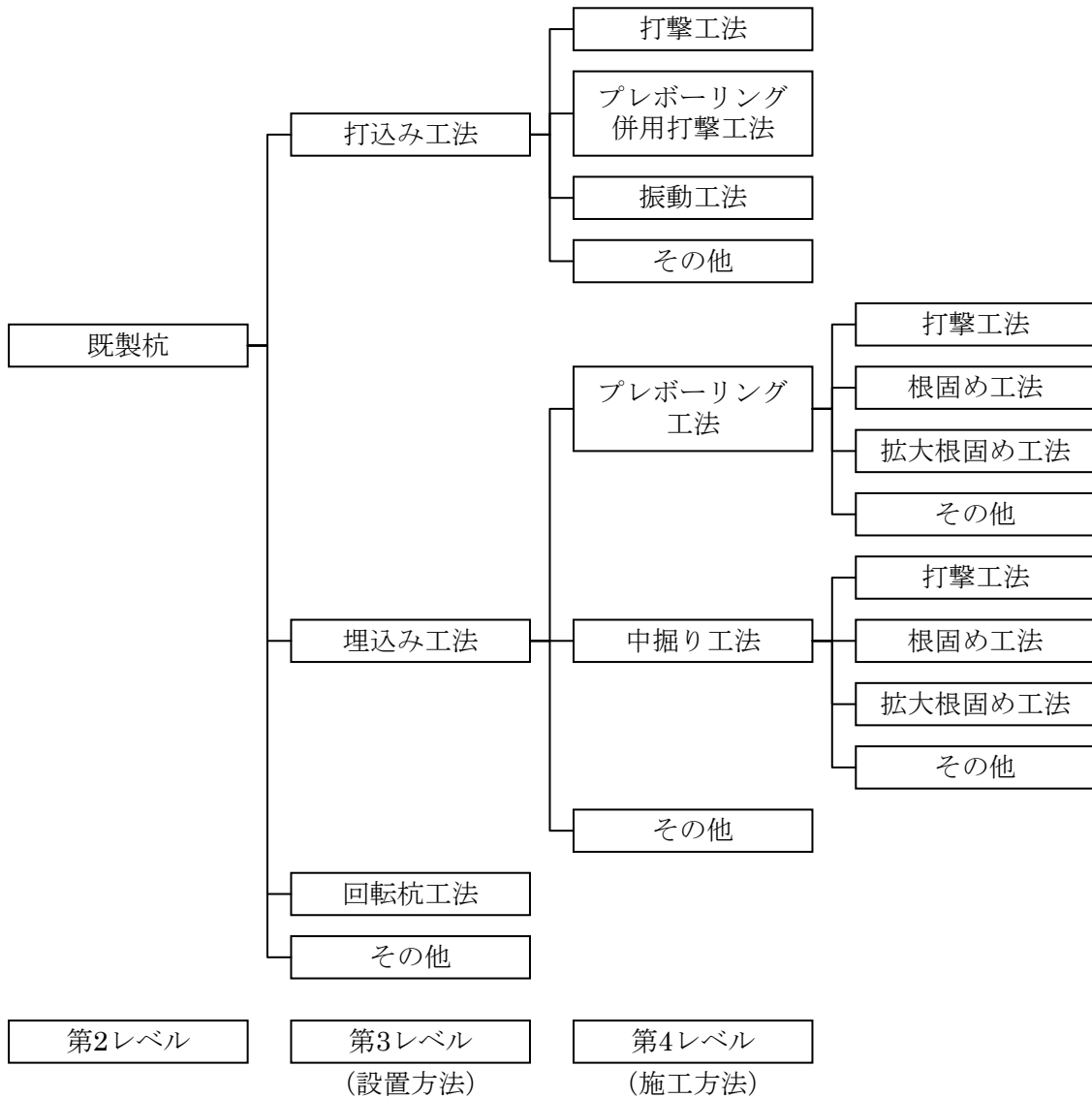


図-2.1.2 既製杭における杭工法分類(第3レベル~第4レベル)

### 2.1.2.2 場所打ち杭

場所打ち杭は施工方法によりリバースサーキュレーション工法、オールケーシング工法、アースドリル工法、BH工法に大別し(第3レベル)、さらに、掘削方式により細分した(第4レベル)。

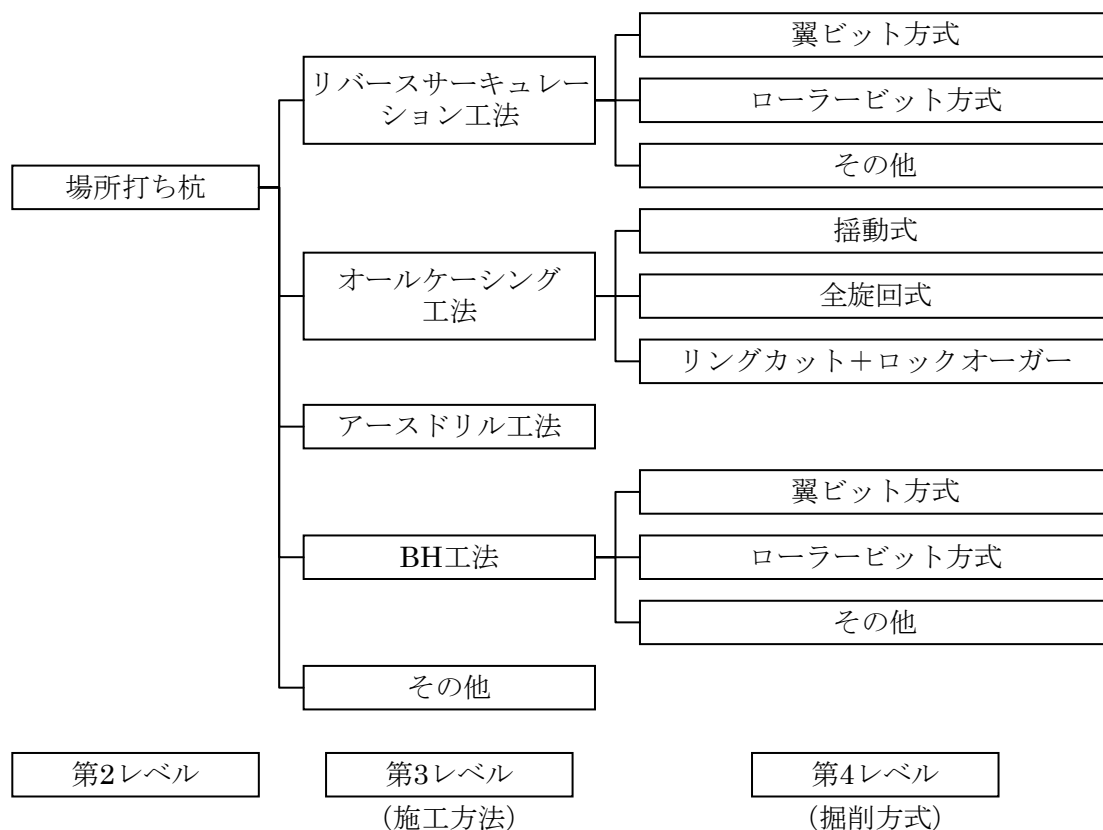


図-2.1.3 場所打ち杭における杭工法分類(第3レベル～第4レベル)

## 2.2 杭工法の選定

基礎形式は大別して直接基礎、ケーソン基礎、杭基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎、特殊基礎(複合基礎、水中基礎)に分けられる。しかし、ここでは、杭基礎に限定して工法の選定について述べる。

杭の工法を決定する際の条件としては、施工条件、地質および地形条件、環境条件、荷重条件が考えられる。

杭の工法はこれらの条件を満足するものを対象として、工費・工期等を考慮した比較設計により決定されることになる。しかしながら、これらの選定条件の抽出や各施工法の適合性の判断には高度の技術的判断が必要となり、設計者の設計・施工の経験が重要となってくる。しかし、実際には工法全般に豊富な経験を持つ設計担当者は限られており、これらの判断を補助する意味で各機関の設計基準等に、その選定の方針が示されているのが現状である。

しかし、適合性に対する評価も各現場によって微妙に異なっており、また、工費や工期などの条件に対する判断も複雑であるため、工法選定の手法を画一化することは困難である。したがって、ここでは、適当と思われる2、3種の工法の絞り込み

が可能な情報を、アンケート調査結果を基本として整理・修正し提供するものとした。

### 2.2.1 アンケート調査

杭工法選定に際し、杭工法の現状および最新の工法・知見の把握を目的とし、アンケート調査を実施した。

アンケートは、既製杭および場所打ち杭に分けてそれぞれ実施した。

#### 2.2.1.1 アンケート内容

アンケートの内容は、杭選定図表の選定項目に基づき決定した。

施工費については、施工条件および土質条件(既製杭：1 ケース、場所打ち杭：2 ケース)を提示し、その条件で回答して頂く方式とした。また、自由提案として、荷重条件のみ提示し、その荷重条件を満足する杭径・杭本数を回答していただく方式も併せて実施した。

表-2.2.1～表-2.2.4 にアンケート調査票(既製杭、場所打ち杭)を示す。

表-2.2.1 アンケート調査票(既製杭)[1/2]

1. 基本内容

商品名または工法名	
会社名	
部署	
住所	
電話番号	
回答者	

2. 杭工法および杭の種類

該当工法に○を記入

打込み工法	打撃工法		
	プレボーリング併用打撃工法		
	振動工法		
	その他 ( )		
埋込み工法	プレボーリング工法	打撃工法	
		根固め工法	
		拡大根固め工法	
		その他 ( )	
	中掘り工法	打撃工法	
		根固め工法	
		拡大根固め工法	
		その他 ( )	
その他 ( )			
回転杭工法			
その他 ( )			

3. 施工条件

杭長 (m)	施工実績		施工対応可能	
	上限		上限	
	下限		下限	
杭径 (mm)	施工実績		施工対応可能	
	上限		上限	
	下限		下限	
斜杭の施工最大角度 (°)				
最小作業空間 (※1)	長さ L (m)			
	幅 B (m)			
	高さ H (m)			
	最近接距離 (m)			
施工機械 (※1)	本体全装備重量 (tf)	接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )		
施工可能な最大地表面傾斜角 (°)				
水上施工の実績水深 (m)				

4. 環境条件

騒音 (db (a))	10m地点	30m地点	50m地点
振動 (db)	10m地点	30m地点	50m地点
産業廃棄物の発生			
水質汚染			
CO2排出量の抑制対策			

5. 地形および地質条件

○: 施工可能 △: 対応可能 ×: 施工不可能

中間層の状態	粘性土	N値<4	4~10	10~20	
	砂質土	N値<15	15~30	>30	
	礫 (玉石)	5cm以下	5~10cm	10~15cm	15cm以上
支持層の状態	砂質土	N値30~50		N値>50	
	礫玉石	5cm以下	5~10cm	10~15cm	15cm以上
	土丹 (N/mm <sup>2</sup> )	qu<1.0		1.0<qu	
	傾斜	30°以下		30°~45°	
	地下水の状態	地下水位が地表面に近い			
	湧水量が極めて多い				
	被圧地下水	0~2m	2m以上		
	流動地下水 3m/min以上				

※1: 最小値~最大値を記入

6. 特許等の有無

該当箇所○を記入

特許	有 (特許番号: )	
	無	
NETIS	有 (登録番号: )	
	申請中	
	申請予定	
	申請予定無	
技術審査証明	有 (登録番号: )	
	申請中	
	申請予定	
	申請予定無	
実用新案	有 (特許番号: )	
	無	
開発年度		年度
施工実績		件

7. 使用構造物種別

該当構造物種別に○を記入

橋梁基礎	
ボックスカルバート基礎	
擁壁基礎	
建築基礎	
その他 ( )	

8. 施工対応地区

該当施工対応地区に○を記入

全国	
北海道地区	
東北地区	
関東地区	
北陸地区	
中部地区	
関西地区	
中国地区	
四国地区	
九州地区	
沖縄地区	

【 次頁に続く 】

表-2.2.2 アンケート調査票(既製杭)[2/2]

8. 施工に関する事項

区分		標準案	自由提案																								
区分	使用用途	橋梁基礎	同左																								
	見積要領	発注者向け提出見積	同左																								
	杭径・施工本数	φ600mm、25本×2基=50本 (ただし、施工機械は1セットとする)	(下記荷重条件を満足する杭径、本数)×2基分 (ただし、施工機械は1セットとする)																								
	杭長	30m	同左																								
	施工場所	貴社より50km圏内	同左																								
	作業時間	8時間(昼間)	同左																								
	付帯工事	杭工事、各種試験などの付帯工事は含まない	同左																								
その他	(特有な条件があれば記入)	(特有な条件があれば記入)																									
施工条件																											
概要図																											
		<p>※ 荷重条件(フーチング下面中心位置)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>鉛直力 V (kN)</th> <th>水平力 H (kN)</th> <th>モーメント M (kN・m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>常時</td> <td>17000</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>地震時</td> <td>17000</td> <td>3400</td> <td>34000</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 自由提案における杭諸元</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">杭径 (mm)</th> <th rowspan="2">杭本数 (本/基)</th> <th colspan="3">杭構成</th> </tr> <tr> <th>上杭</th> <th>中杭</th> <th>下杭</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN・m)	常時	17000	0	0	地震時	17000	3400	34000	杭径 (mm)	杭本数 (本/基)	杭構成			上杭	中杭	下杭					
	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN・m)																								
常時	17000	0	0																								
地震時	17000	3400	34000																								
杭径 (mm)	杭本数 (本/基)	杭構成																									
		上杭	中杭	下杭																							
施工能力 (m/日)																											
施工費	機械組立解体費																										
	機械損料																										
	材料費																										
	施工費																										
	その他																										
備考																											

【 以上、ご協力ありがとうございました 】

表-2.2.3 アンケート調査票(場所打ち杭)[1/2]

1. 基本内容

商品名または工法名	
会社名	
部署	
住所	
電話番号	
回答者	

2. 杭工法および杭の種類

該当工法に○を記入

リバースサーキュレーション工法	翼ビット方式	
	ローラービット方式	
	その他(専用ビット(拡底))	
オールケーシング工法	揺動式	
	全旋回式	
	リングカット+ロックオーガー	
	その他( )	
アースドリル工法		
BH工法	翼ビット方式	
	ローラービット方式	
	その他( )	
その他( )		

3. 施工条件

杭長 (m)	施工実績		施工対応可能	
	上限		上限	
杭径 (mm)	施工実績		施工対応可能	
	上限		上限	
斜杭の施工最大角度 (°)				
最小作業空間 (※1)	長さ L (m)			
	幅 B (m)			
	高さ H (m)			
	最近接距離 (m)			
施工機械 (※1)	本体全装備重量 (tf)	接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )		
施工可能な最大地表面傾斜角 (°)				
拡底 (※1)	施工の可否		拡底の比率	

※1: 最小値~最大値を記入

4. 環境条件

騒音 (db (a))	10m地点	30m地点	50m地点
振動 (db)	10m地点	30m地点	50m地点
CO <sub>2</sub> 排出量の抑制対策			

5. 地形および地質条件

○: 施工可能 △: 対応可能 ×: 施工不可能

中間層の状態	粘性土	N値<4	4~10	10~20	
	砂質土	N値<15	15~30	>30	
	礫(玉石)	5~10cm	10~15cm	15~50cm	50cm以上
支持層の状態	砂質土	N値30~50		N値>50	
	礫玉石	5~10cm	10~15cm	15~50cm	50cm以上
	土丹 (N/mm <sup>2</sup> )	qu<1.0	1.0~5.0	5.0<qu	
	岩 (N/mm <sup>2</sup> )	qu<5.0	5.0~15	15~30	
		30~60	60~80	80<qu	
傾斜	30°以下		30°~45°		
地下水の状態	地下水位が地表面に近い				
	湧水量が極めて多い				
	被圧地下水	0~2m	2m以上		
	流動地下水 3m/min以上				

6. 特許等の有無

該当箇所○を記入

特許	有(特許番号: )	
	無	
NETIS	有(登録番号: )	
	申請中	
	申請予定	
	申請予定無	
技術審査証明	有(登録番号: )	
	申請中	
	申請予定	
	申請予定無	
実用新案	有(特許番号: )	
	無	
開発年度		年度
施工実績		件

7. 使用構造物種別

該当構造物種別に○を記入

橋梁基礎	
ボックスカルバート基礎	
擁壁基礎	
建築基礎	
その他( )	

8. 施工対応地区

該当施工対応地区に○を記入

全国	
北海道地区	
東北地区	
関東地区	
北陸地区	
中部地区	
関西地区	
中国地区	
四国地区	
九州地区	
沖縄地区	

【 次頁に続く 】

表-2.2.4 アンケート調査票(場所打ち杭)[2/2]

8. 施工に関する事項

区分		標準案	自由提案															
施工条件	使用用途	橋梁基礎	同左															
	見積要領	発注者向け提出見積	同左															
	杭径・施工本数	φ1500mm、9本×2基=18本 (ただし、施工機械は1セットとする)	(下記荷重条件を満足する杭径、本数)×2基分 (ただし、施工機械は1セットとする)															
	杭長	実長22m	同左															
	施工場所	貴社より50km圏内	同左															
	作業時間	8時間(昼間)	同左															
	主要材料	鉄筋:SD295A コンクリート:単位セメント量350kg/m <sup>3</sup>	同左															
	付帯工事	杭工事、各種試験などの付帯工事は含まない	同左															
	その他	(特有な条件があれば記入)	(特有な条件があれば記入)															
概要図		<p><b>※ 荷重条件 (フーチング下面中心位置)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>鉛直力 V (kN)</th> <th>水平力 H (kN)</th> <th>モーメント M (kN・m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>常時</td> <td>17000</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>地震時</td> <td>17000</td> <td>3400</td> <td>34000</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>※ 自由提案における杭諸元</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>杭径 (mm)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>杭本数 (本/基)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN・m)	常時	17000	0	0	地震時	17000	3400	34000	杭径 (mm)		杭本数 (本/基)	
	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN・m)															
常時	17000	0	0															
地震時	17000	3400	34000															
杭径 (mm)																		
杭本数 (本/基)																		
見積条件	見積条件(1)	見積条件(2)	見積条件(1)	見積条件(2)														
施工能力 (m/日)																		
施工費	機械組立解体費																	
	機械損料																	
	材料費																	
	施工費																	
	その他																	
備考																		

【 以上、ご協力ありがとうございました 】



## 2.2.1.2 アンケート結果

### (1) 回答比率

#### 1) 全体

全回答件数は 55 件であり、既製杭は 42 件、場所打ち杭は 12 件であった。

#### 2) 既製杭

回答に占める既製杭の各工法の割合を図-2.2.1 に示す。

既製杭の内訳は、打込み工法 1 件、埋込み工法 30 件(プレボーリング工法 26 件、中掘り工法 2 件、その他 2 件)、回転杭工法 10 件であり、その他工法が 1 件であった。

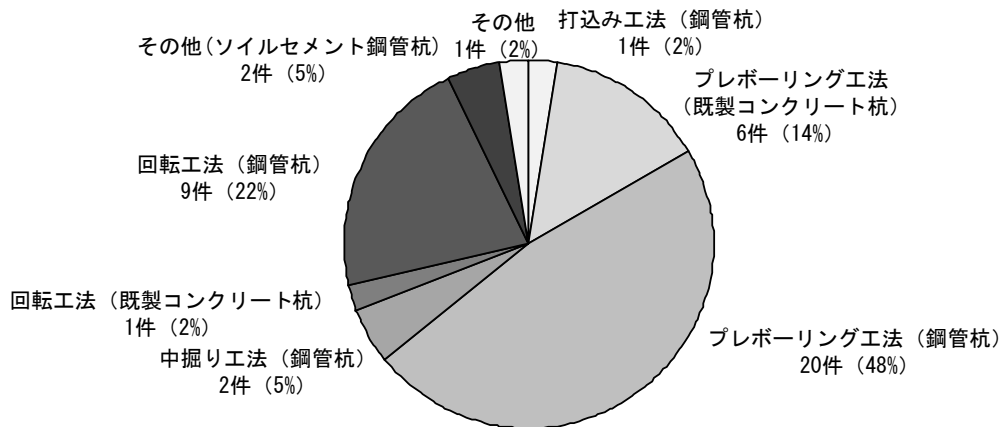


図-2.2.1 既製杭の回答内訳

### 3) 場所打ち杭

回答に占める場所打ち杭の各工法の割合を図-2.2.2に示す。

場所打ち杭の内訳は、リバース工法 2 件、オールケーシング工法 5 件、アースドリル工法 8 件、BH 工法 1 件(重複回答含む)であった。

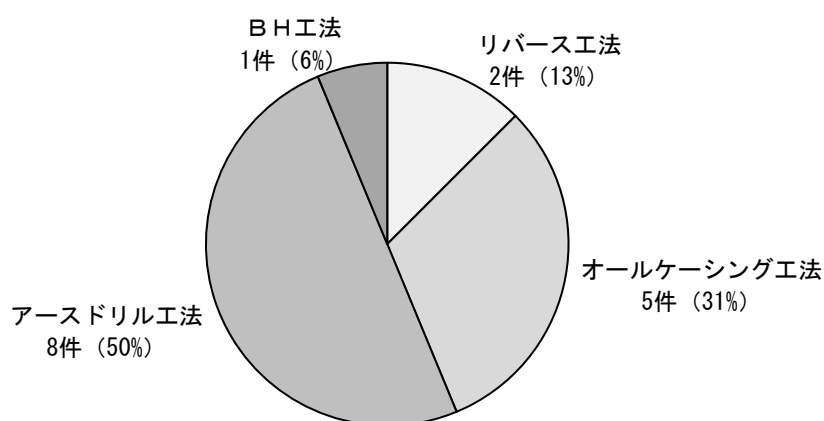


図-2.2.2 場所打ち杭の回答内訳

## 2.2.2 既製杭工法

### 2.2.2.1 選定項目

表-2.2.5～表-2.2.6 既製杭選定表の選定項目参照。

### 2.2.2.2 選定手法

当初、当委員会では、アンケート結果に基づいた選定手法を提案する予定であったが、杭選定の実情を勘案すると、ツリー型選定手法等の方法による選定は、各選定者の各選定項目の重み付けに差異があり、一義的に選定フローを提案することは困難であると判断し、選定項目の分析に重きをおき、選定の判断は各選定者に任せることとし、アンケート結果を重視した杭選定図表を提案するにとどめた。表-2.2.5～表-2.2.6に既製杭選定図表を示す。

なお、選定表の各工法にはアンケート回答件数も記載してある。データの適合性判断等における参考として頂ければ幸いである。

表-2.2.5 既製杭選定表(1)

杭工法および杭の種類 アンケート 回答件数 選定項目			既製杭							
			打込み 工法	埋込み工法			回転工法		ソイルセメント その他 鋼管杭	その他
				プレボーリング工法	中掘り工法	コンクリート既製 鋼管杭	鋼管杭			
			鋼管杭	コンクリート既製 鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	コンクリート既製 鋼管杭	鋼管杭	ソイルセメント その他 鋼管杭	その他
1	6	20	2	1	9	2	1			
施 工 条 件	掘削深さ(杭長) ※1 ——— : 実績 - - - - : 可能	10 (m)	1	4	3	3		1	1	6
		20	2			4			2	
		30								
		40					35			
		50	45					50		
		60	60							58
		70							70	60
		80		80	77	80		77		
		90			95					
		100				100				
施 工 条 件	施工断面(杭径) ※1 ——— : 実績 - - - - : 可能	20 (cm)					30	9	11	
		30							20	
		40	30	30	30					
		50	40			40				
		60					60			50
		70								
		80		750						
		90				100				
		100								
		120		120	120	120		120		
130	130		130							
140										
150							150	150		
180										
施 工 条 件	斜杭の施工最大角度 (°)		20	0	15	7	0	30	20	30
		※2 長さ L (m)	4.3~8.0	8.8~35	10~40	40	30	3~30	50	5
		幅 B (m)	4.0~6.7	7~20	10~25	15~20	20	1.5~20	8	3
		高さ H (m)	10~23	10~30	15~31	31	20	3~25	15	2.4
		最近接距離 (m)	9~20	0.8~1.2	0.8~2.0	2	0.9~1.2	0.4~4.1	0.5~1.5	1.2
		※1 施工 機械 本体全装備重量 (tf)	50~160	16~120	23~145	60~150	50~105	7~105	6~135	45
		接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	50~90	20~400	20~400	80~400	68~122	50~122	60~400	0
		施工可能な最大地表面傾斜角 (°)	5	5	5	5	5	30	15	80
		水上施工の実績水深 (m)	25	0	2	5	0	10	4	10
		地 形 お よ び 地 質 条 件	中 間 層	粘性土	N値<4	○	○	○	○	○
4~10	○				○	○	○	○	○	○
10~20	○				○	○	○	△	○	○
層	砂質土		N値<15	○	○	○	○	○	○	○
			15~30	○	○	○	○	○	○	○
			>30	○	○	○	○	△	○	○
状 態	礫 (玉石)		5cm以下	○	○	○	○	○	○	○
			5~10cm	○	○	○	○	△	○	○
			10~15cm	○	○	△	○	△	△	△
			15cm以上	○	○	△	△	△	△	△

注) 地形および地質条件は、アンケート結果 ○:施工可能, △:対応可能, ×:施工不可能 の内、回答比率の多いものを示す。  
※1:下限値の最小値~上限値の最大値を示す。※2:最小値~最大値を示す。

表-2.2.6 既製杭選定表(2)

杭工法および杭の種類 アンケート 回答件数 選定項目				既製杭							
				打込み 工法	埋込み工法			回転工法		ソイルセメント その他 鋼管杭	その他
					プレボーリング工法	中掘り工法	コンクリート既製 鋼管杭	鋼管杭			
鋼管杭	コンクリート既製 鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	コンクリート既製 鋼管杭	鋼管杭	ソイルセメント その他 鋼管杭	その他				
				1	6	20	2	1	9	2	1
地形および地質条件	支持層の状態	砂質土	N値30~50	○	○	○	○	○	○	○	○
			N値>50	○	○	○	○	○	○	△	○
		礫玉石	5cm以下	○	○	○	○	○	○	○	○
			5~10cm	○	○	○	○	△	○	○	○
			10~15cm	○	○	△	○	△	△	△	△
			15cm以上	○	○	△	△	△	△	△	△
	土丹 (N/mm <sup>2</sup> )	qu<1.0	○	○	○	×	×	○	○	○	
		1.0<qu	○	○	△	×	×	○	△	△	
	傾斜	30°以下	○	○	○	○	△	○	△	○	
		30°~45°	○	×	△	○	×	×	○	○	
	地下水の状態	地下水水位が地表面に近い 湧水量が極めて多い		○	○	○	○	○	○	○	○
				○	△	△	○	△	○	○	○
被圧地下水		0~2m	○	○	○	○	△	○	○	○	
		2m以上	○	○	×	○	×	○	△	○	
流動地下水	3m/min以上	○	×	×	×	×	○	×	○		
環境条件	騒音 <sup>※3</sup> (dB(A))	10m地点	80	70~79	70~82	67~82	70~75	57~103	75~	63	
		30m地点	76	66~80	65~72	64~72	65~70	65~68	69~	50	
		50m地点	73	65	60~66	61	—	60	63	45	
	振動 <sup>※3</sup> (dB)	10m地点	57	53~60	45~75	45~62	55~60	36~60	52~	45	
		30m地点	52	42~50	38~53	38~53	—	24~50	46~	40	
		50m地点	42	45	45~46	42	—	45	40	35	
	産業廃棄物の発生			○	×	×	○	×	○	×	○
	水質汚染			×	○	○	○	○	○	○	○
	CO2排出量の抑制対策			○	○	○	×	○	○	○	○

注) 地形および地質条件は、アンケート結果 ○:施工可能, △:対応可能, ×:施工不可能 の内、回答比率の多いものを示す。  
環境条件は、アンケート結果 ○:無し, △:不明, ×:有り の内、回答比率の多いものを示す。  
※3:最小値~最大値を示す。

### 2.2.2.3 選定項目の分析

#### (1) 杭長

##### 1) 実績

図-2.2.3 に各杭工法の杭長実績を示す。杭径とも関係するが、中掘り工法(鋼管杭)の100mが最大で、プレボーリング工法(鋼管杭)が90mで続いている。回転工法は最大で50mと他の工法に比較して短くなっている。

##### 2) 対応可能杭長

対応可能杭長を図-2.2.4 に示すが、各工法とも実績に対して、大きな増減はない。

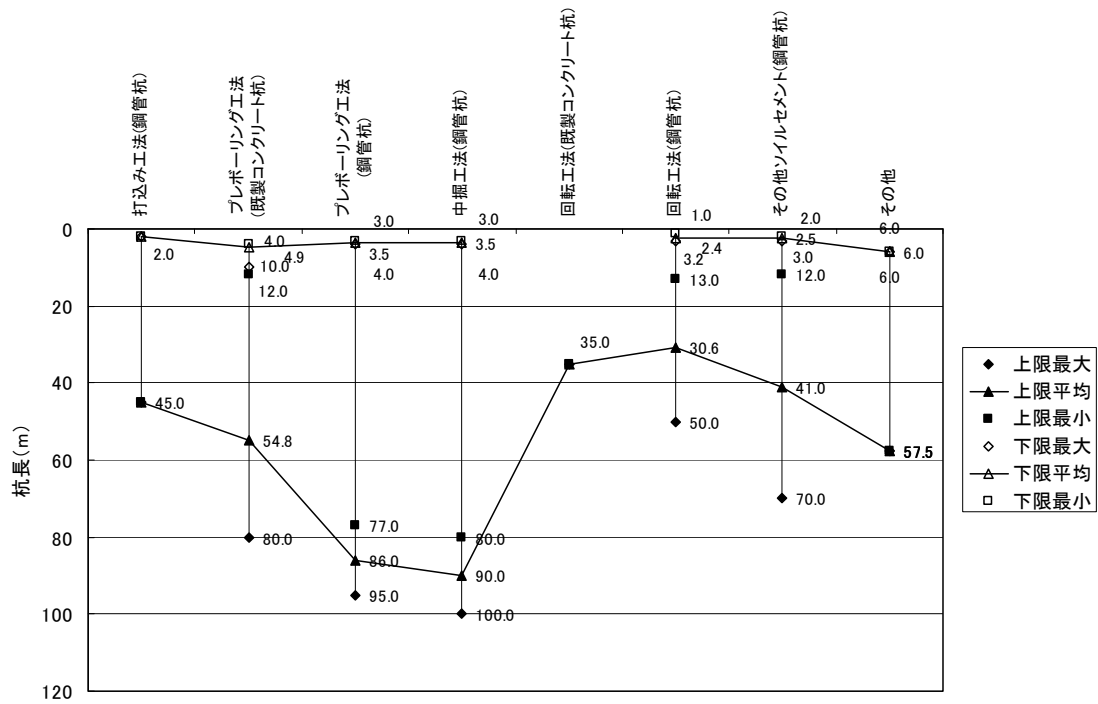


図-2.2.3 各杭工法の杭長施工実績

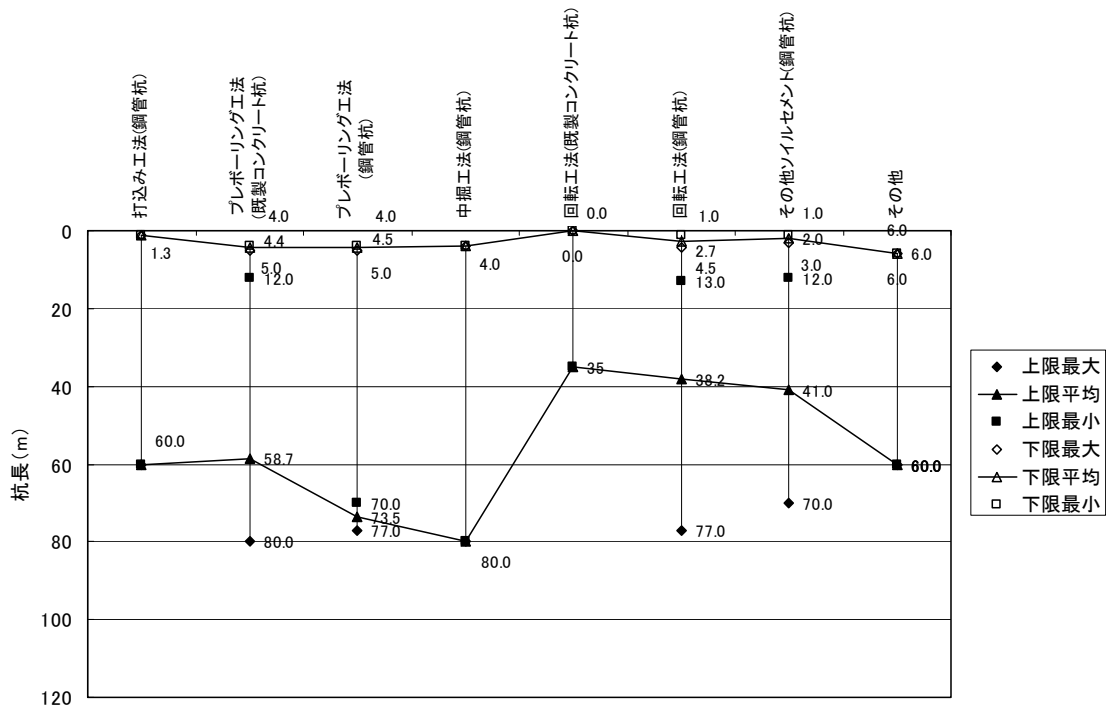


図-2.2.4 各杭工法の対応可能杭長

## (2) 杭径

図-2.2.5 に杭径施工実績を示す。実績杭径はその他(ソイルセメント鋼管杭)の 1.5 m が最大で、打込み工法(鋼管杭)およびプレボーリング工法(鋼管杭)の 1.3m、中掘り工法(鋼管杭)の 1.2m の順になっている。最小杭径は、各工法で概ね 0.2m~0.4m である。

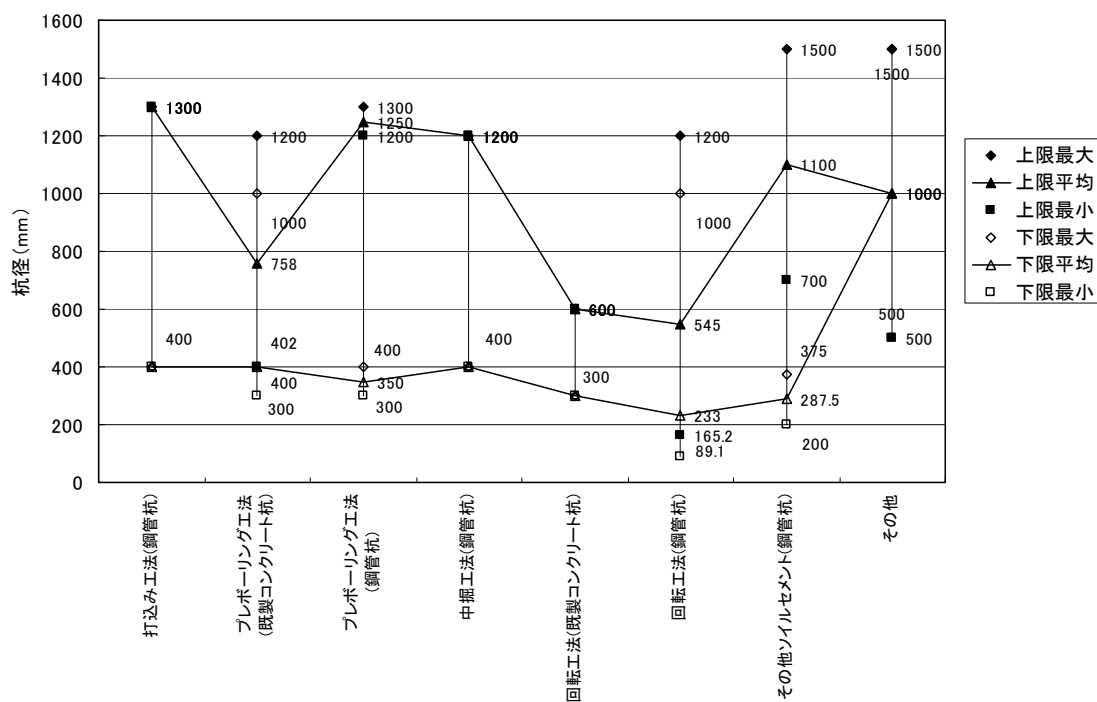


図-2.2.5 各杭工法の杭径施工実績

## (3) 斜杭の施工最大角度

打込み工法は 20°、回転杭工法は 30° 以内で施工が可能である。

## (4) 最小作業空間

### 1) 最小空間長さ

杭径の大きさによって値は変化するが、平均的な値としては、各工法ともいずれも 10m~20m の範囲となっている。

### 2) 最小空間幅

平均的な値としては、各工法ともいずれも 3m~9m の範囲となっている。

### 3) 最小空間高さ

回転工法を除いてその平均値は 10m～30m の範囲となっている。

### (5) 施工機械(本体全装備重量)

それぞれの工法で最大約 100tf～160tf となっている。

### (6) 地表面傾斜角度

地表面の傾斜角は 0° もしくは 5° 程度が大半を占めるが、一部 10° を超えても施工可能な工法がある。(最大 30° )

### (7) 水上施工実績

水上施工の実績がない工法が大半を占めるが、2～10m の施工実績を有する工法も見受けられる。

### (8) 土質条件への対応

#### 1) 中間層の状態

##### a) 粘性土

N 値 10 以下であれば、全ての工法で施工可能であるが、N 値 10～20 においては、打込み工法(鋼管杭)以外の工法は、一部対応可能となる。

##### b) 砂質土

N 値 15 以下であれば、全ての工法で施工可能であるが、N 値 15～30 においては、回転工法(鋼管杭)は、一部対応可能となる。N 値 30 以上となると、施工可能な工法は、打込み工法(鋼管杭)、プレボーリング工法(鋼管杭)、中掘工法(鋼管杭)以外においては、一部対応可能となり、回転工法(鋼管杭)においては、一部施工不可能となる。

##### c) 礫、玉石

礫径 5cm 以下の礫地盤は、プレボーリング工法(既製コンクリート杭)の一部を除き施工可能である。礫径 5～10cm においては、プレボーリング工法(既製コンクリート杭)の一部が施工不可能となり、回転工法が一部対応可能となる。礫径 10～15cm においては、施工可能である工法が回転工法を除く鋼管杭に限られ、回転工法(鋼

管杭)が施工不可能となる。礫径 15cm 以上においては、施工可能である工法が打込み工法(鋼管杭)のみとなる。(図-2.2.6~図-2.2.8 参照)

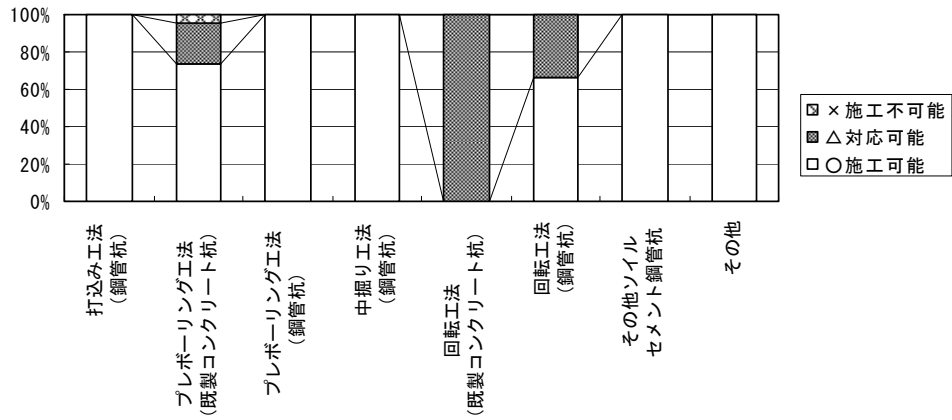


図-2.2.6 中間層の状態 (礫径 5~10cm) と各杭工法の施工性の関係

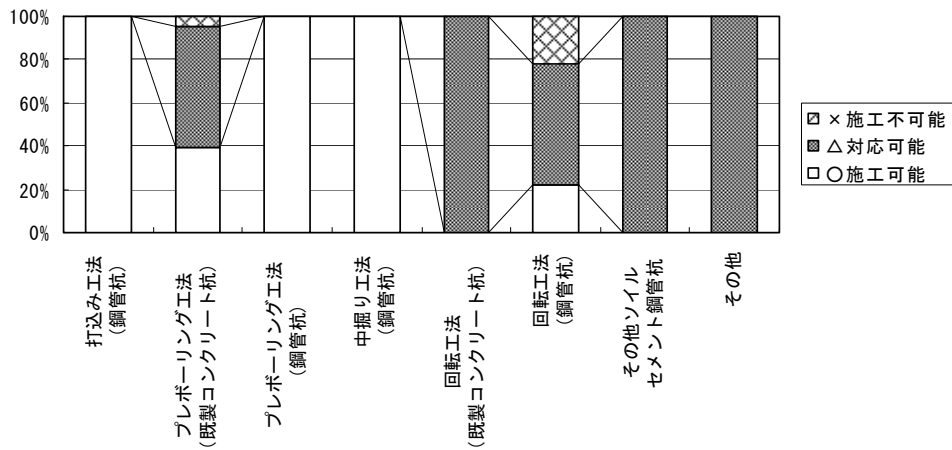


図-2.2.7 中間層の状態 (礫径 10~15cm) と各杭工法の施工性の関係

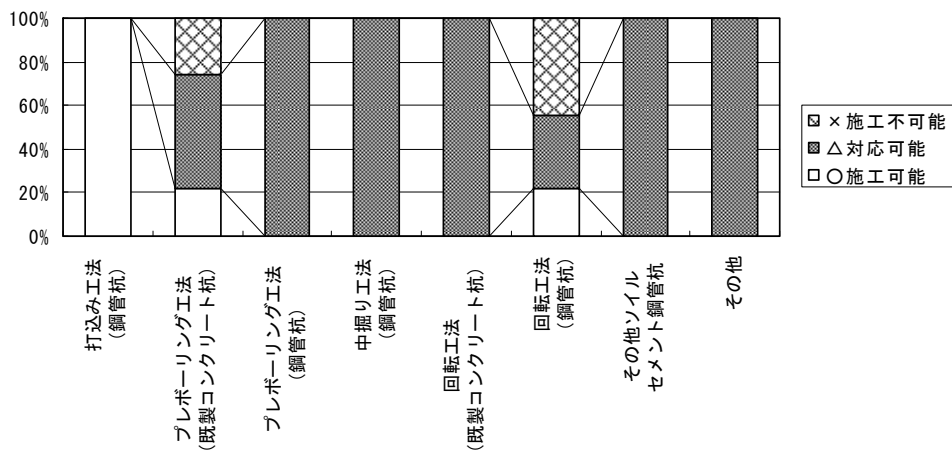


図-2.2.8 中間層の状態 (礫径 15cm 以上) と各杭工法の施工性の関係



## 2) 支持層の状態

### a) 砂質土

図-2.2.9 に砂質土の N 値と各杭工法の施工性の関係を示す。N 値 50 以下の砂質土に対しては、全ての工法が施工可能か対応可能であるが、N 値が 50 以上となると、同図に示すようにプレボーリング工法(既製コンクリート杭)と回転工法(鋼管杭)の一部の工法は施工不可能となっている。

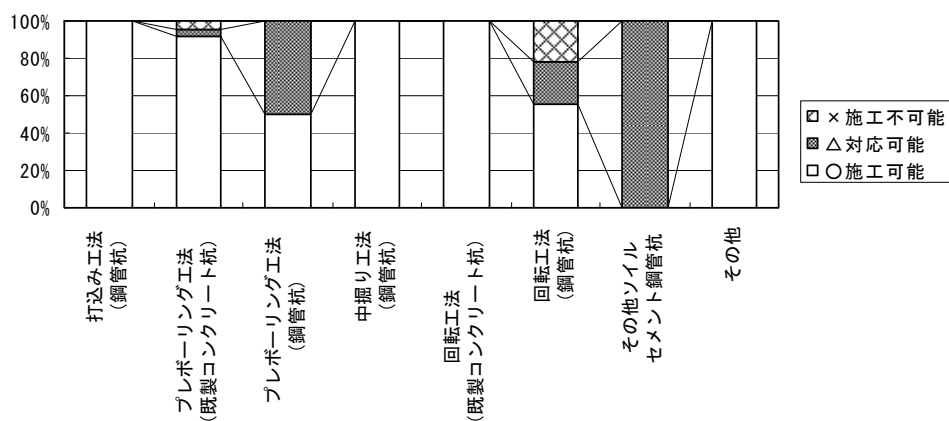


図-2.2.9 支持層の状態 (砂質土 N 値 50 以上) と各杭工法の施工性の関係

### b) 礫、玉石

図-2.2.10～図-2.2.11 に礫径と各杭工法の施工性の関係を示す。礫径 10cm 以下の地盤に対しては、ほとんどの工法が施工可能か対応可能となっているが、礫径が 10cm 以上の地盤になると、同図に示すようにプレボーリング工法(既製コンクリート杭)と回転工法(鋼管杭)で施工不可能となる工法が出てくる。

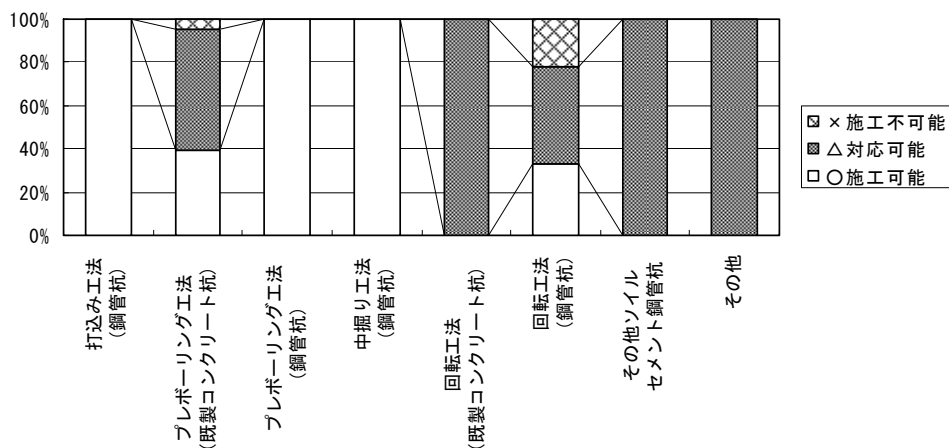


図-2.2.10 支持層の状態 (礫径 10~15cm) と各杭工法の施工性の関係

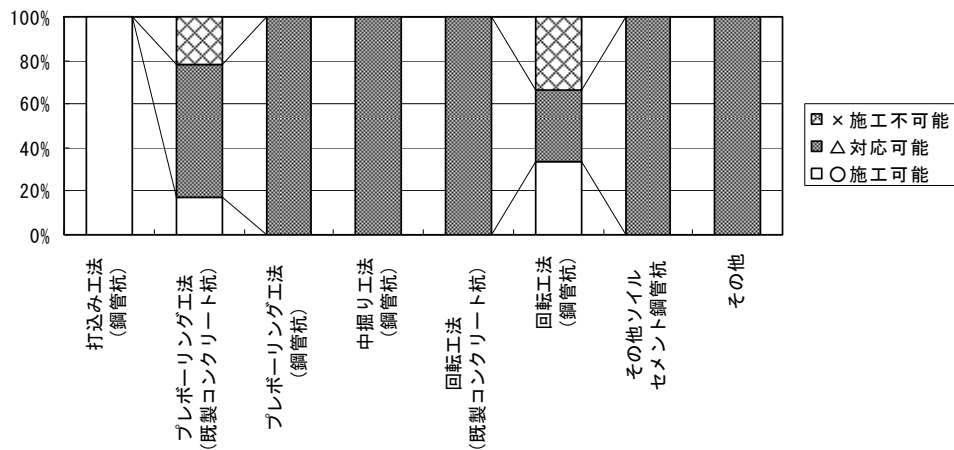


図-2.2.11 支持層の状態(礫径 15cm 以上)と各杭工法の施工性の関係

c) 土丹

図-2.2.12～図-2.2.13 に土丹の一軸圧縮強度( $q_u$ )と各杭工法の施工性の関係を示す。

プレボーリング工法(既製コンクリート杭)の約半数と中掘り工法(鋼管杭)および回転工法(既製コンクリート杭)は、土丹の  $q_u$  によらず施工不可能となっている。また、回転工法(鋼管杭)の一部の工法は  $q_u$  が  $1.0\text{N}/\text{mm}^2$  以上の地盤となると施工不可能となる。それ以外の工法については、 $q_u$  の大きさにより施工可能か対応可能となっている。

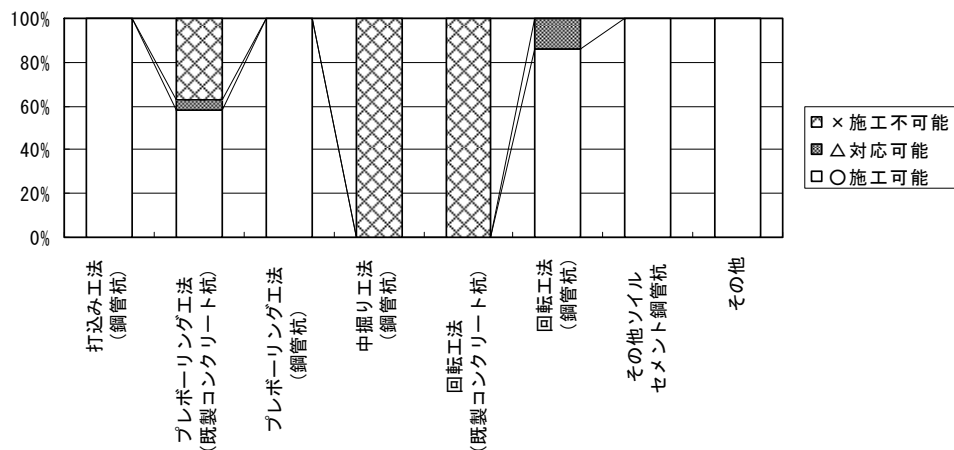


図-2.2.12 支持層の状態(土丹  $q_u=1.0\text{N}/\text{mm}^2$  以下)と各杭工法の施工性の関係

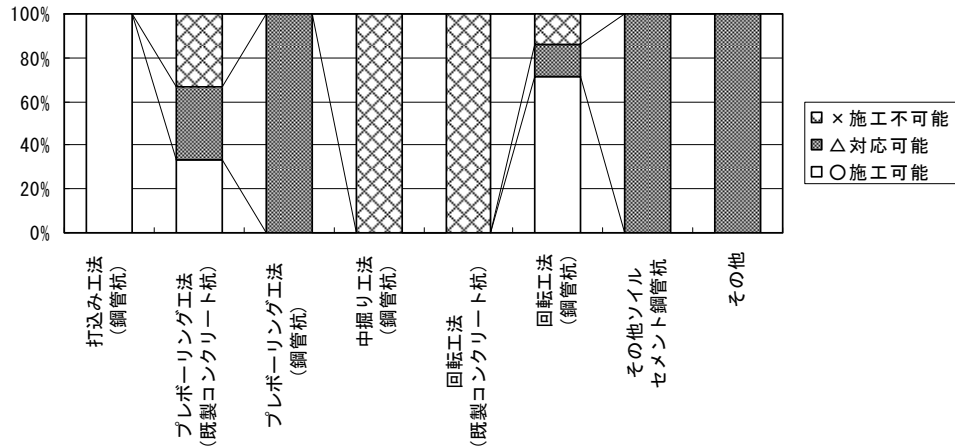


図-2.2.13 支持層の状態 (土丹  $q_u=1.0\text{N/mm}^2$  以上) と各杭工法の施工性の関係

### 3) 支持層の傾斜

図-2.2.14～図-2.2.15 に支持層の傾斜角と各杭工法の施工性の関係を示す。

支持層の傾斜角が  $30^\circ$  以下の場合、ほぼ全ての工法が施工可能か対応可能となっている。しかし、傾斜角が  $30^\circ$  以上の地盤では、回転工法(既製コンクリート杭)は施工不可能となる。また、プレボーリング工法(既製コンクリート杭)と回転工法(鋼管杭)についても、施工可能または対応可能な工法は半数程度に減少する。

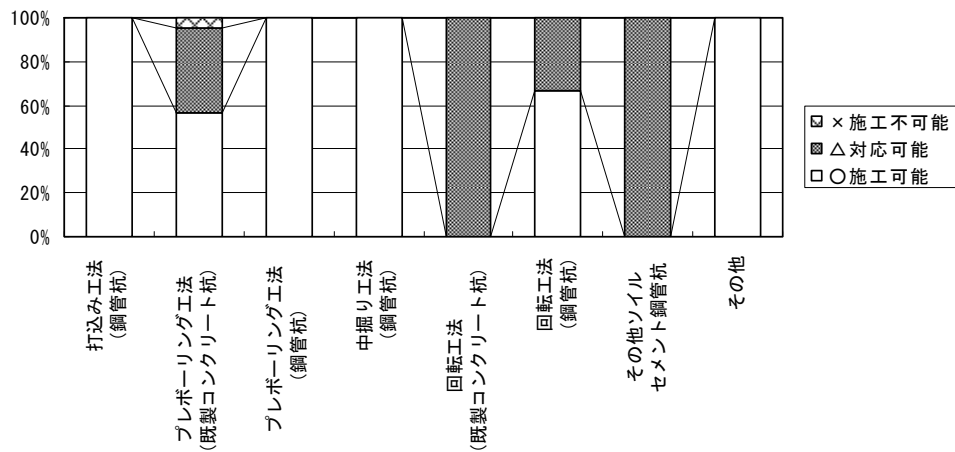


図-2.2.14 支持層の傾斜角 ( $30^\circ$  以下) と各杭工法の施工性の関係

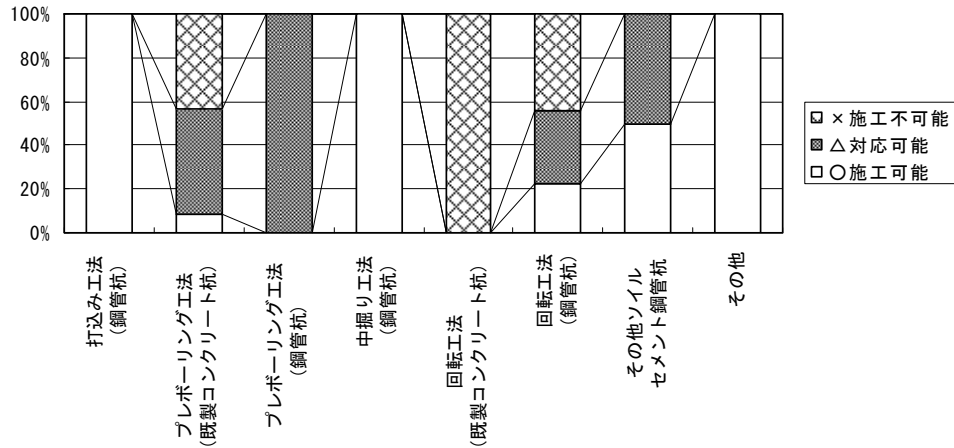


図-2.2.15 支持層の傾斜角(30° ~ 45°)と各杭工法の施工性の関係

## (9) 地下水の状態

### 1) 地下水が地表面に近い

すべての工法が施工可能か対応可能という結果になっている。

### 2) 湧水量が極めて多い

打込み工法(鋼管杭)、中掘り工法(鋼管杭)および回転工法(鋼管杭)はほぼ施工可能である。しかし、プレボーリング工法は施工不可能比率が約 20%あり、全体的にみても施工困難なケースが多い。

### 3) 被圧地下水

被圧地下水が 0~2m の場合、すべての工法で施工可能であるが、2m 以上の場合プレボーリング工法(鋼管杭)では、地下水位低下工法等の補助工法が必要となる。

### 4) 流動地下水

地下水流速が 3m/min の場合、打込み工法(鋼管杭)、回転工法(鋼管杭)は施工可能か対応可能であるが、プレボーリング工法、中掘り工法(鋼管杭)では大半が施工不可能となっている。

## (10) 環境条件

### 1) 騒音

打込み工法(鋼管杭)とプレボーリング工法、中掘り工法(鋼管杭)の最大値は大差な

いが、これは最終打撃工法による。その他の工法は、一部の例外を除けば、全体的に打込み工法に比較して小さな値である(図-2.2.16 参照)。

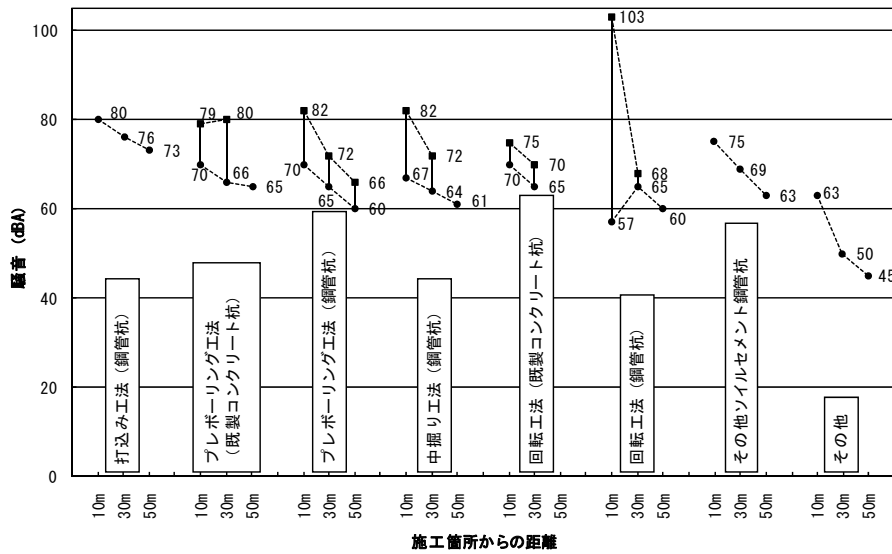


図-2.2.16 各杭工法の騒音実測値

## 2) 振動

工法により大差はないが、プレボーリング工法(鋼管杭)や中掘り工法(鋼管杭)は、若干ではあるが最大値が大きくなっている(図-2.2.17 参照)。

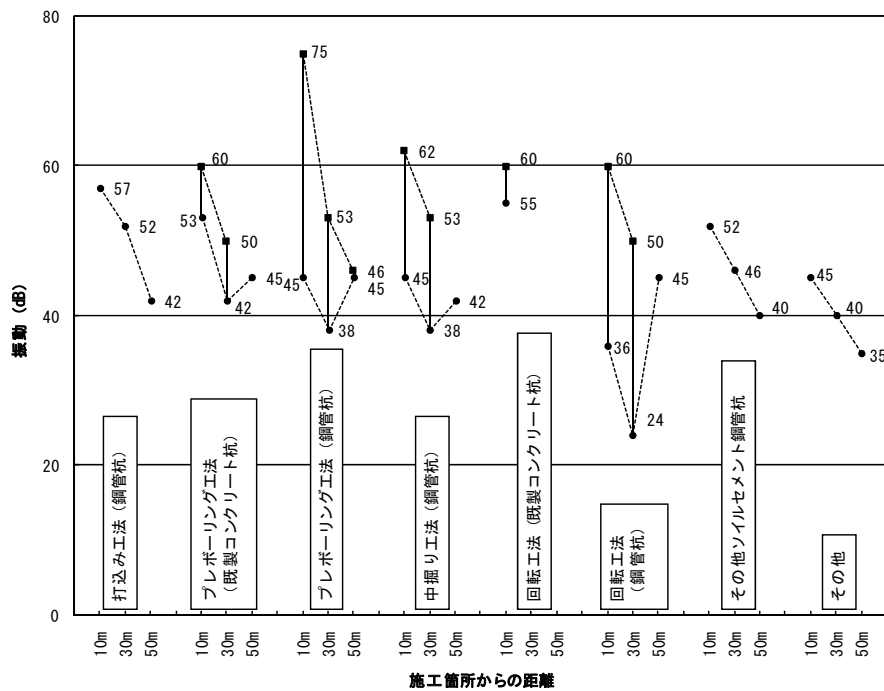


図-2.2.17 各杭工法の振動実測値

### 3) 産業廃棄物の発生

プレボーリング工法の場合、産業廃棄物の発生が生じると回答した比率は約 80% である。

### 4) 水質汚染

打込み工法(鋼管杭)とプレボーリング工法の一部で水質汚濁の発生を回答している。

### 5) CO2 排出量の抑制対策

ほぼ全ての工法において、主に排出ガス対策型建設機械を用いることで対応可能となっている。ただし、同一工法内でも対策がない場合もあるので、事前に確認が必要である。

### (11) 施工費および施工能率

当委員会において杭工事の施工費に関わるアンケート調査を行った。この調査は、ある施工条件および土質条件を提示し、その条件での施工費を記入してもらう方法であり、以下の3点を主な目的として行ったものである。

- ① 設定した施工場所における既製杭および場所打ち杭の工事費の目安を把握することによって、施工法毎の特徴を考察する。
- ② 杭工法の選定要因のうち、施工費が占める重要度を考察する。
- ③ 施工費の面から既製杭の特徴を比較する。

ただし、この項目については未回答が多く、アンケートとして有用と思えるほどのサンプル数を得ることができなかつたため、この項目は記載を省略する。

## 2.2.3 場所打ち杭工法

### 2.2.3.1 選定項目

表-2.2.7～表-2.2.8 場所打ち杭選定表の選定項目参照。

### 2.2.3.2 選定手法

既製杭と同様とする。

表-2.2.7 場所打ち杭選定表(1)

杭工法および杭の種類 アンケート 回答件数 選定項目			場所打ち杭				
			リ バ ー ス 工 法	オ ー ル ケ ー シ ン グ 工 法	ア ー ス ド リ ル 工 法	B H 工 法	
			2	5	8	1	
施 工 条 件	掘削深さ(杭長)※1	10 (m)	5	0	1	5	
		20	10		3	6	
		30					
		40	38				
		50				42	
		60	50			50	
		70		66			
		80			77		
		90			81		
		100					
施 工 条 件	施工断面(杭径)※1	20 (cm)				20	
		30					
		40					
		50					
		60				50	
		70	60				
		80					
		90	80	80	80		
		100				90	
		110					
120							
130							
140							
150	200		360				
150	250	300	400	150			
機 械 施 工	拡底	施工の可否	×	○	○	×	
		拡底の比率※2	—	1.08~3.06	1.06~4.00	—	
	最小作業空間	長さ L (m)	20	10~35	15~50	10	
		幅 B (m)	4	7~20	10~30	2.5	
		高さ H (m)	5	3~30	19~30	4	
		最近接距離 (m)	1.5	0.3~7	0.3~2	1	
	機械	本体全装備重量 (tf)	7	15.8~127	42~127	3.5	
接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )		—	9.5~16.2	14~162	—		
地 形 お よ び 地 質 条 件	中 間 層	粘性土	N値<4	○	○	○	○
			4~10	○	○	○	○
			10~20	○	○	○	○
	層	砂質土	N値<15	○	○	○	○
			15~30	○	○	○	○
			>30	○	○	○	○
	状 態	礫 (玉石)	5~10cm	○	○	○	○
			10~15cm	△	○	○	○、※3△
			15~50cm	×	○	×	○、※3△
			50cm以上	×	○	×	○、※3△

※1: 下限値の最小値~上限値の最大値を示す。

※2: 最小値~最大値を示す。

※3: 杭径600mm以上の場合

表-2.2.8 場所打ち杭選定表(2)

杭工法および杭の種類 アンケート 回答件数 選定項目			場所打ち杭				
			リ バ ー ス 工 法	オ ー ル ケ ー シ ン グ 工 法	ア ー ス ド リ ル 工 法	B H 工 法	
			2	5	8	1	
地形 および 地質 条件	支持 層の 状態	砂質土	N値30~50	○	○	○	○
			N値>50	△	○	○	○
		礫玉石	5~10cm	○	○	○	○
			10~15cm	△	○	○	○、※3△
			15~50cm	×	○	△	○、※3△
			50cm以上	×	○	×	○、※3△
		土丹 (N/mm <sup>2</sup> )	qu<1.0	○	○	○	○
			1.0~5.0	△	○	×	○、※3△
			5.0<qu	×	○	×	○、※3△
		岩 (一軸圧縮 強度) (N/mm <sup>2</sup> )	qu<5.0	○	○	×	○
			5.0~15	○	○	×	○
			15<30	△	○	×	○、※3△
	30<60		×	○	×	○、※3×	
	60<80		×	○	×	○、※3×	
	80<qu	×	○	×	○、※3×		
	傾斜	30°以下	△	○	○	△	
		30°~45°	△	△	△	△	
	地下水 の状態	地下水位が地表面に近い		○	○	△	○
湧水量が極めて多い		△	△	△	△		
被圧地下水 (水頭)		0~2m	○	○	△	○	
		2m以上	○	△	×	○	
流動地下水	3m/min以上	×	○	×	×		
環境 条件	騒音※4 (dB(A))	10m地点	—	71~78	75~78	—	
		30m地点	—	67~70	70~76	—	
		50m地点	—	55~64	53~70	—	
	振動※4 (dB)	10m地点	—	46~60	57~65	—	
		30m地点	—	39~55	48~60	—	
		50m地点	—	35~55	42~60	—	
CO2排出量の抑制対策		—	○	○	—		

※4:杭径600mm以上の場合  
 ※5:最小値~最大値を示す。

### 2.2.3.3 選定項目の分析

#### (1) 杭長

##### 1) 実績

図-2.2.18 に各杭工法における杭長の施工実績を示す。実績杭長は、アースドリル工法の76.5mが最大で、オールケーシング工法が66mで続いている。



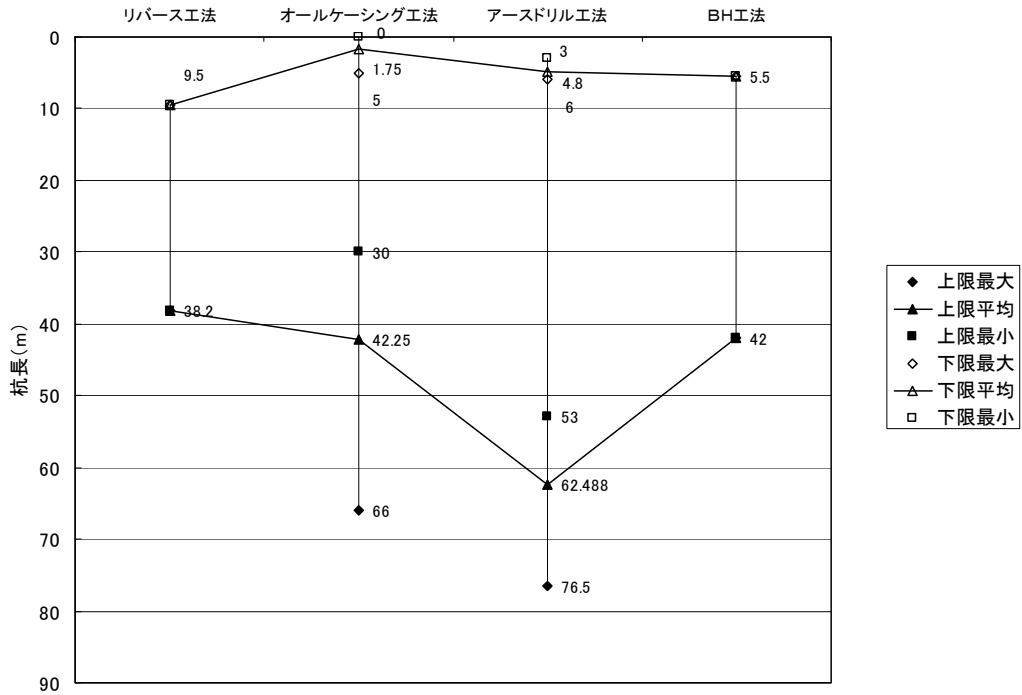


図-2.2.18 各杭工法の杭長施工実績

## 2) 対応可能杭長

対応可能杭長を図-2.2.19に示す。各工法ともに実績とほぼ同等である。

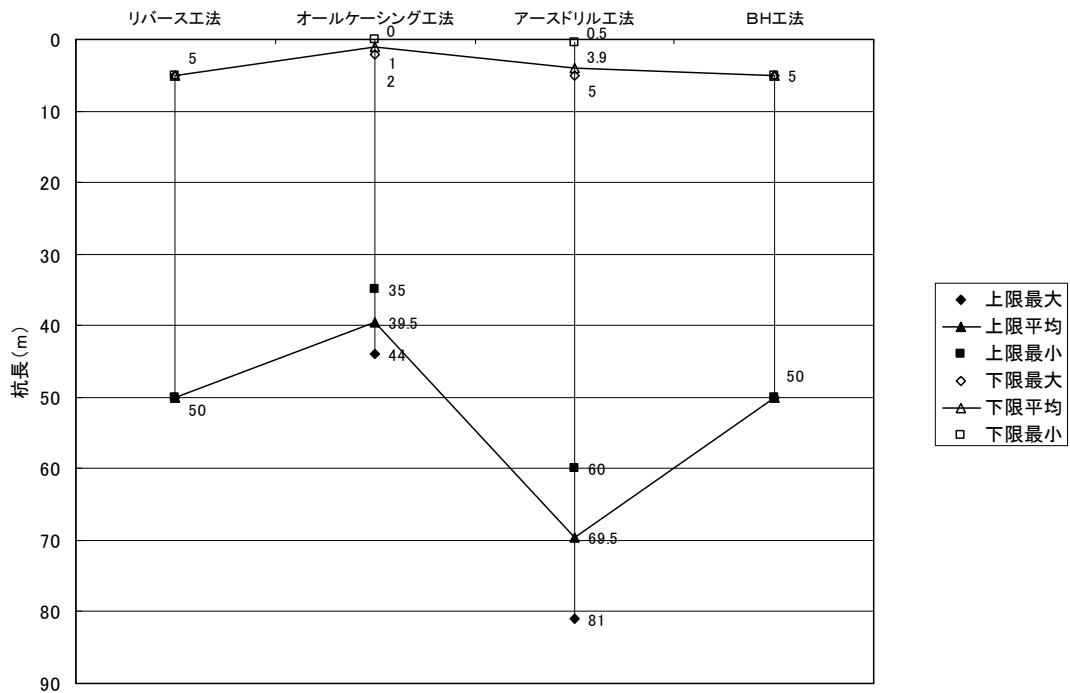


図-2.2.19 各杭工法の対応可能杭長

## (2) 杭径

図-2.2.20 に各杭工法における杭径施工実績を示す。実績杭径はアースドリル工法の 3.6m が最大で、ついでオールケーシング工法の 3.0m、リバース工法の 2.0m の順になっている。最小杭径は、各工法ともに 0.8m~1.0m となっている。

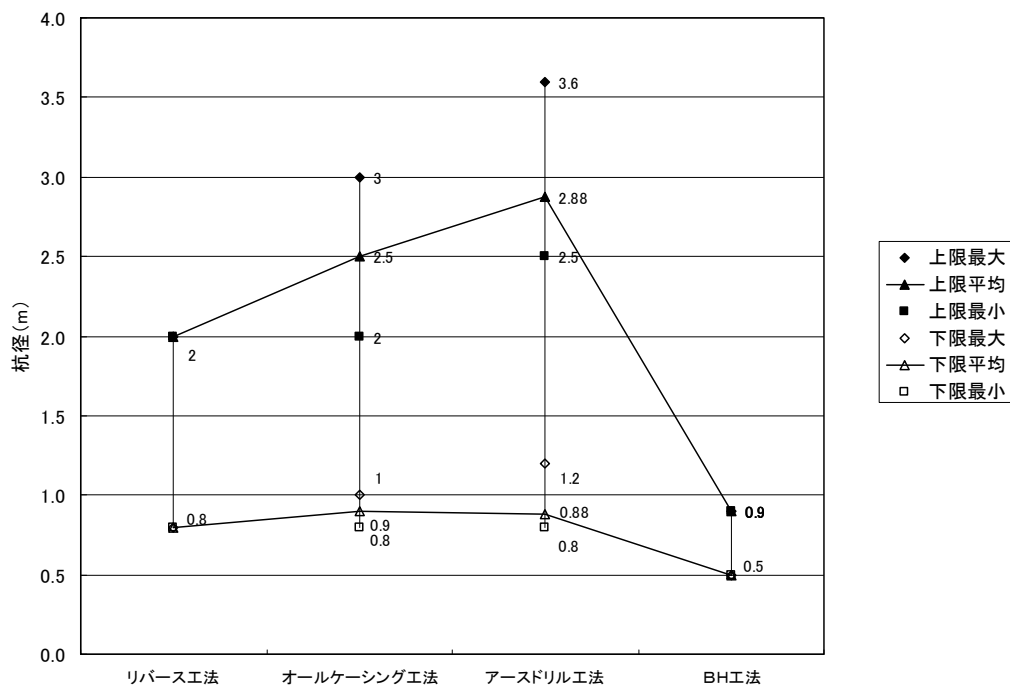


図-2.2.20 各杭工法の杭径施工実績

## (3) 最小作業空間

### 1) 最小空間長さ

杭径の大きさによって値は変化するが、平均的な値としては、各工法ともいずれも 20m~27m の範囲となっている。

### 2) 最小空間幅

平均的な値としては、リバース工法が 4m、その他が 13m~17.4m の範囲である。

### 3) 最小空間高さ

平均的な値としては、アースドリル工法が 22.5m、ついでオールケーシング工法が 15m となっている。

#### (4) 施工機械(本体全装備重量)

機械重量の平均値では、アースドリル工法が最も重く約 90tf、オールケーシング工法が約 68tf となっている。

#### (5) 地表面傾斜角度

地表面の傾斜角は 0° もしくは 5° 程度が大半を占めるが、一部 30° にて施工可能な工法がある。

#### (6) 土質条件への対応

##### 1) 中間層の状態

##### a) 粘性土

N 値 10 以下であれば、全ての工法で施工可能であるが、N 値 10～20 においては、アースドリル工法は、一部対応可能となる。

##### b) 砂質土

N 値 15 以下においては、アースドリル工法は一部対応可能となるが、N 値 15 以上であれば、全ての工法で施工可能である。

##### c) 礫、玉石

礫径 5cm 以下の礫地盤は、全ての工法で施工可能である。礫径 5～10cm においては、リバース工法の全ておよびアースドリル工法の半数が対応可能となる。礫径 10～15cm においては、リバース工法の全ておよびアースドリル工法の半数が施工不可能となる。礫径 15cm 以上においては、アースドリル工法の全てが施工不可能となり、オールケーシング工法は一部対応可能となる。(図-2.2.21～図-2.2.23 参照)

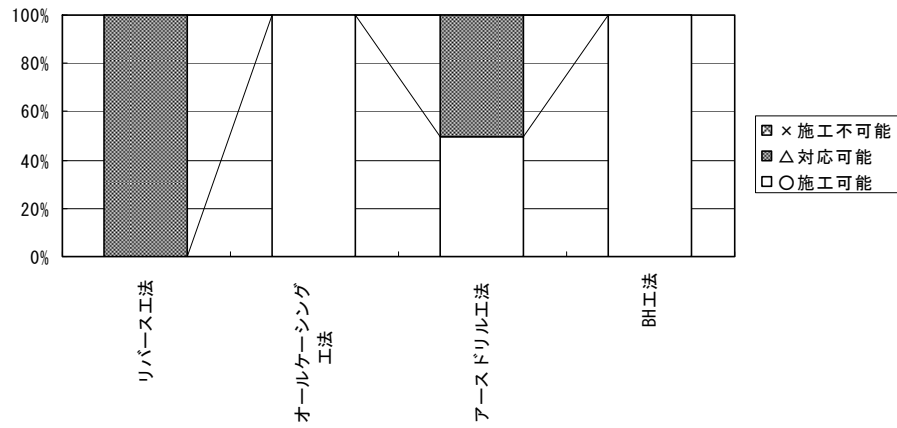


図-2.2.21 中間層の状態（礫径 5～10cm）と各杭工法の施工性の関係

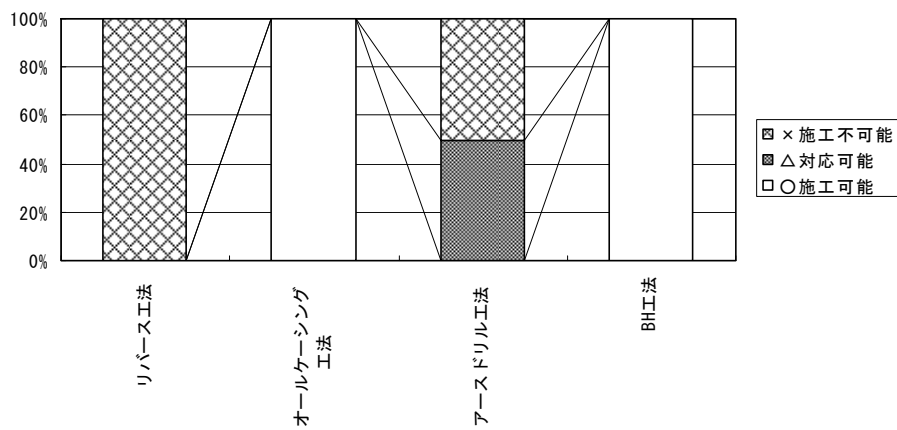


図-2.2.22 中間層の状態（礫径 10～15cm）と各杭工法の施工性の関係

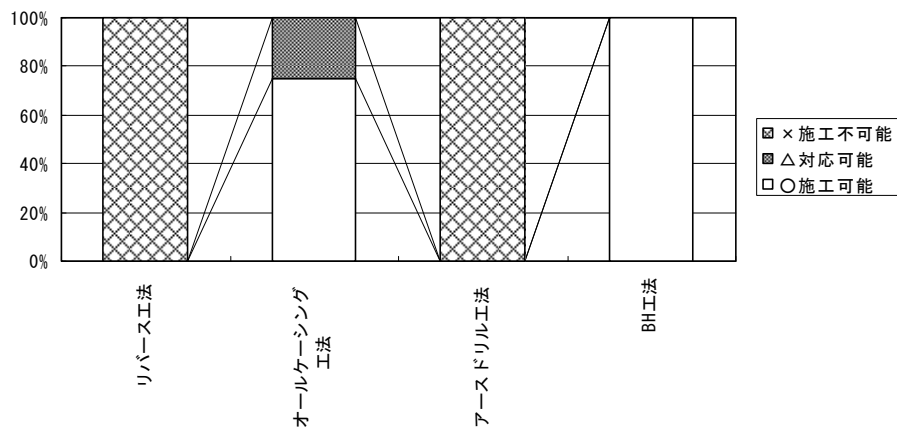


図-2.2.23 中間層の状態（礫径 15cm 以上）と各杭工法の施工性の関係

## 2) 支持層の状態

### a) 砂質土

砂質土の支持層に対しては、全ての工法が施工可能か対応可能となっている。

### b) 礫、玉石

図-2.2.24～図-2.2.26 に礫径と各杭工法の施工性の関係を示す。

礫径 5～10cm の地盤に対しては、全ての工法が施工可能か対応可能となっている。しかし、リバース工法は礫径が 10cm 以上となると施工不可能となる。また、アースドリル工法も礫径が大きくなるにつれて、施工不可能な割合が増加する。

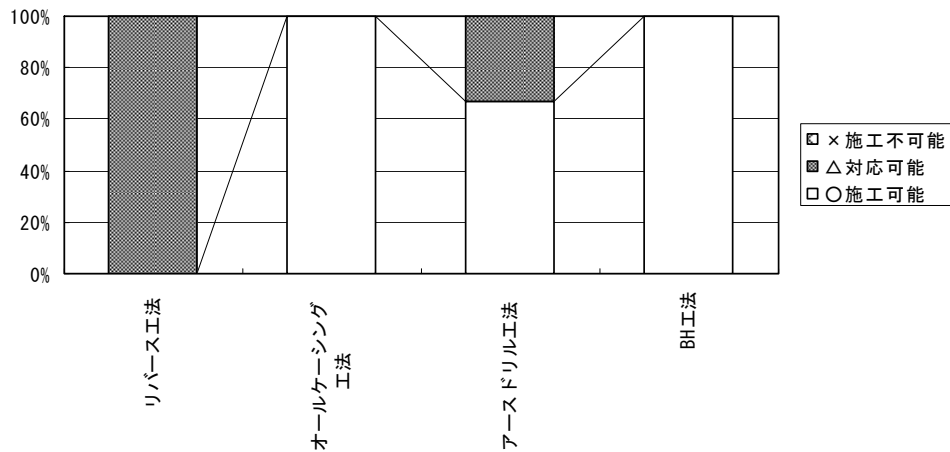


図-2.2.24 支持層の状態 (礫径 5～10cm) と各杭工法の施工性の関係

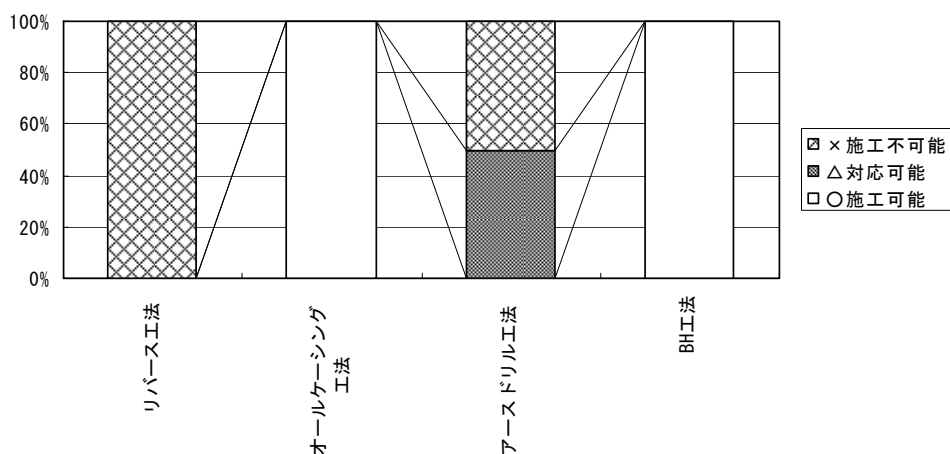


図-2.2.25 支持層の状態 (礫径 10～15cm) と各杭工法の施工性の関係

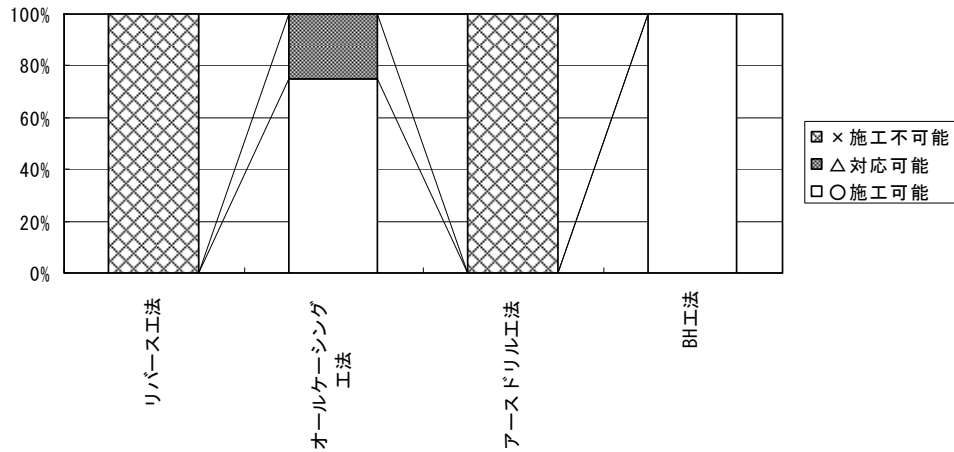


図-2.2.26 支持層の状態(礫径 15cm 以上)と各杭工法の施工性の関係

c) 土丹

図-2.2.27～図-2.2.28 に土丹の一軸圧縮強度( $q_u$ )と各杭工法の施工性の関係を示す。

$q_u=1.0\text{N/mm}^2$  以下の地盤に対しては、全ての工法が施工可能となっている。 $q_u=1.0\sim 5.0\text{N/mm}^2$  の地盤となると、アースドリル工法での施工は難しい。 $q_u=5.0\text{N/mm}^2$  以上の地盤となると、オールケーシング工法と BH 工法のみが施工可能または対応可能な工法となるようである。

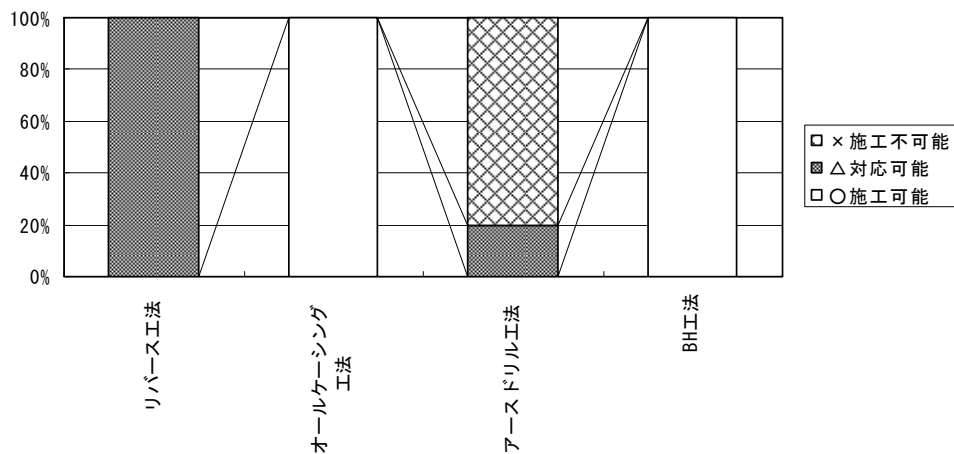


図-2.2.27 支持層の状態(土丹  $q_u=1.0\sim 5.0\text{N/mm}^2$ )と各杭工法の施工性の関係

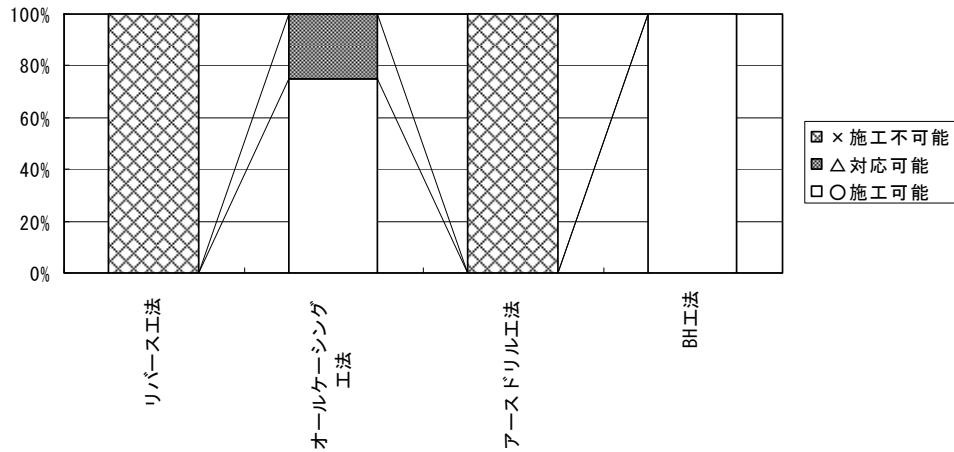


図-2.2.28 支持層の状態(土丹  $q_u=5.0\text{N/mm}^2$  以上)と各杭工法の施工性の関係

d) 岩

図-2.2.29～図-2.2.32 に岩の一軸圧縮強度( $q_u$ )と各杭工法の施工性の関係を示す。 $q_u=30\text{N/mm}^2$ 以下の岩に対しては、図-2.2.29 および図-2.2.30 に示すようにリバース工法、オールケーシング工法、BH工法が施工可能か対応可能となっている。 $q_u=30\sim 80\text{N/mm}^2$ の岩に対しては、図-2.2.31 に示すようにオールケーシング工法とBH工法が施工可能か対応可能となっている。 $q_u=80\text{N/mm}^2$ 以上の岩に対しては、図-2.2.32 に示すようにオールケーシング工法の75%とBH工法が施工可能か対応可能となっている。

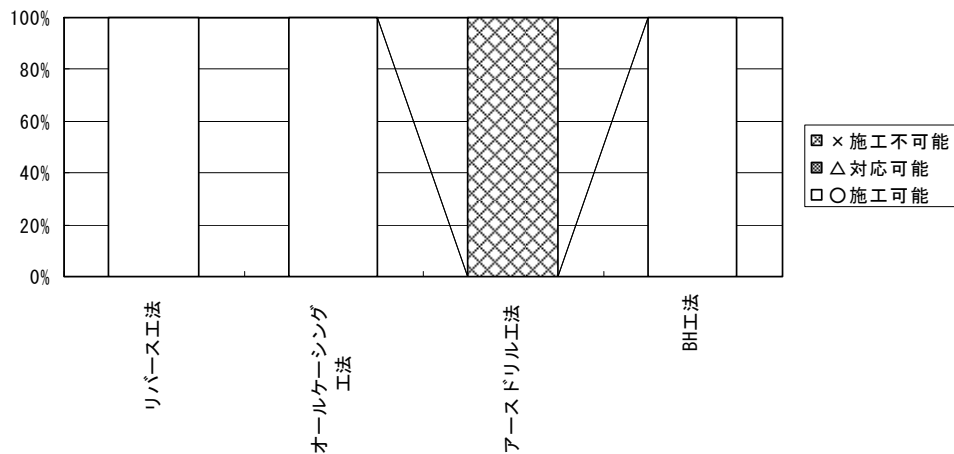


図-2.2.29 支持層の状態(岩  $q_u=15.0\text{N/mm}^2$  以下)と各杭工法の施工性の関係

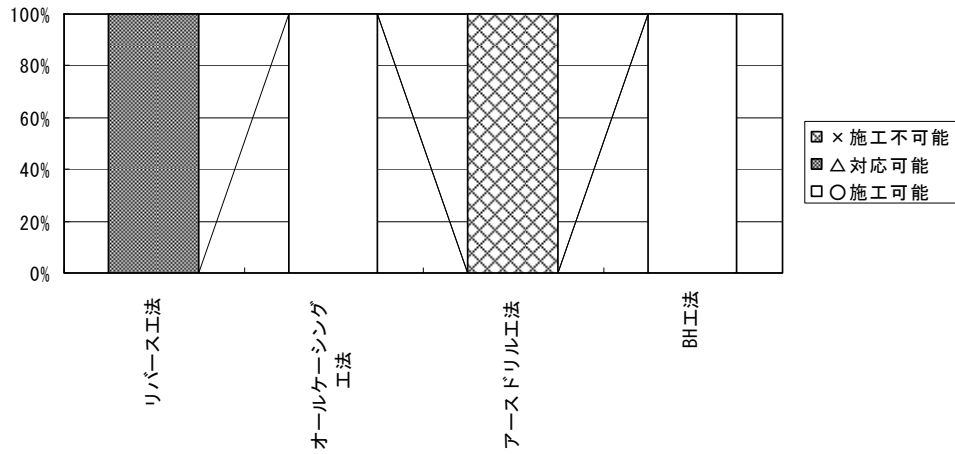


図-2.2.30 支持層の状態(岩  $q_u=15.0\sim 30.0\text{N/mm}^2$ )と各杭工法の施工性の関係

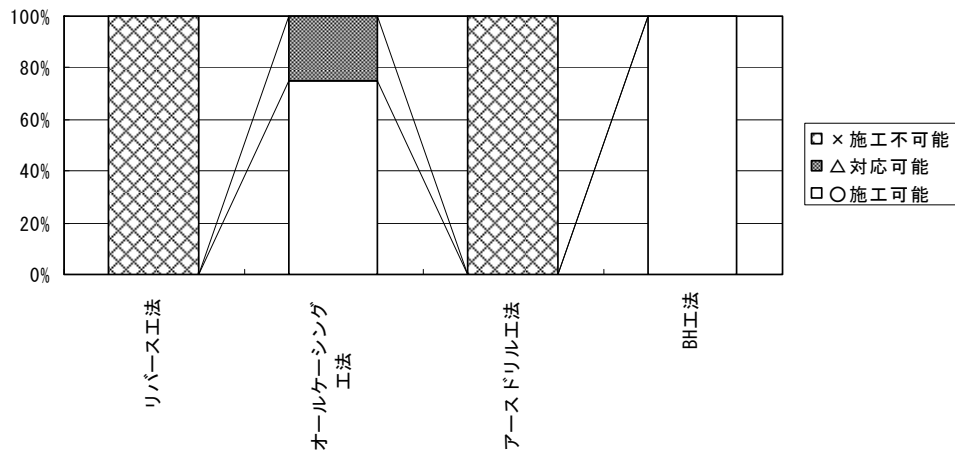


図-2.2.31 支持層の状態(岩  $q_u=30.0\sim 80.0\text{N/mm}^2$ )と各杭工法の施工性の関係

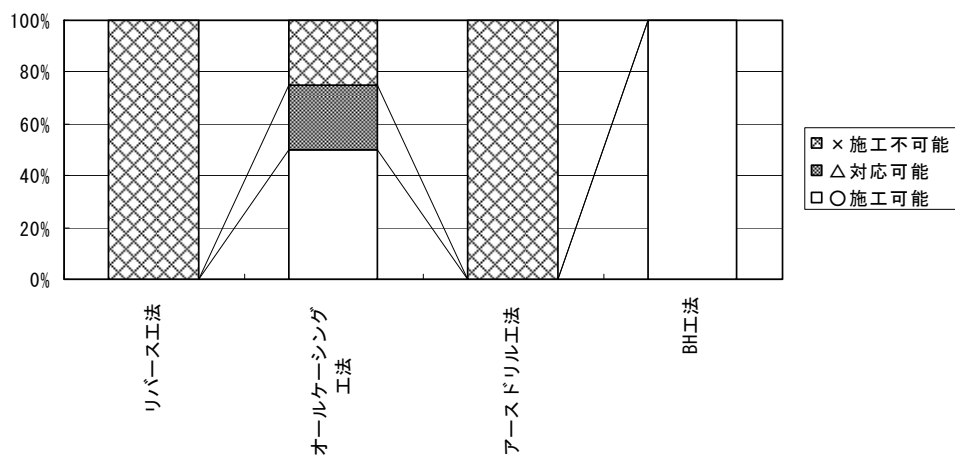


図-2.2.32 支持層の状態(岩  $q_u=80.0\text{N/mm}^2$ 以上)と各杭工法の施工性の関係



### 3) 支持層の傾斜

図-2.2.33～図-2.2.34 に支持層の傾斜角と各杭工法の施工性の関係を示す。

支持層の傾斜角が 30° 以下の場合、オールケーシング工法の一部を除く全ての工法が施工可能か対応可能である。支持層の傾斜角が 30° 以上となると、アースドリル工法の一部の工法も施工不可能となる。

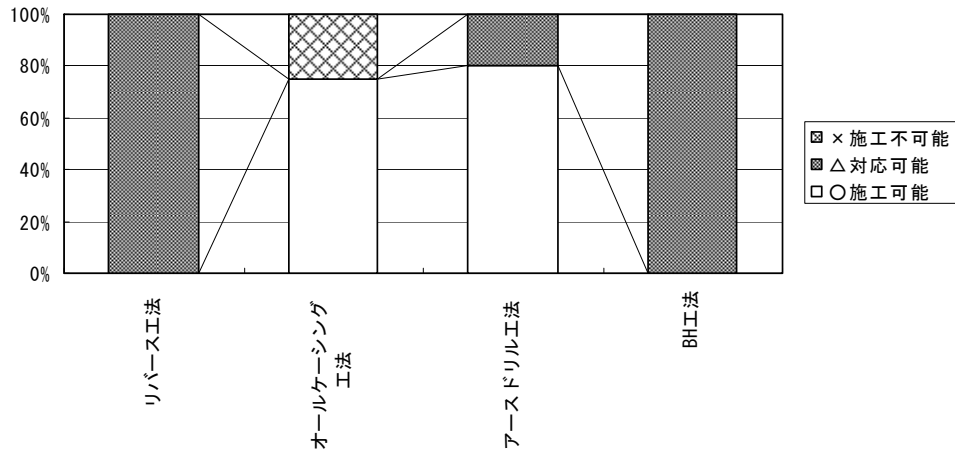


図-2.2.33 支持層の傾斜角 (30° 以下) と各杭工法の施工性の関係

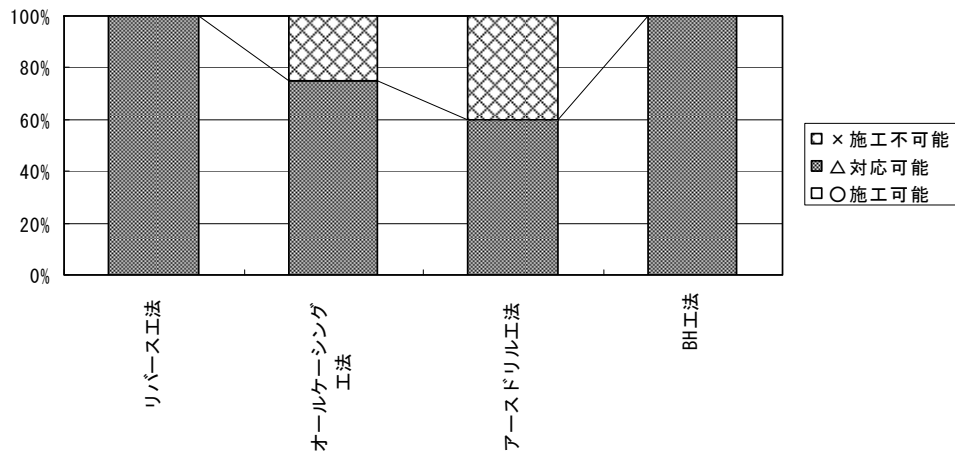


図-2.2.34 支持層の傾斜角 (30° ~ 45°) と各杭工法の施工性の関係

### (7) 地下水の状態

#### 1) 地下水が地表面に近い

すべての工法が施工可能か対応可能という結果になっている。

## 2) 湧水量が極めて多い

ほぼ全ての工法で対応可能だが、アースドリル工法の一部で施工不可能となっている。

## 3) 被圧地下水

被圧地下水が 2m 以下では、全ての工法で施工可能もしくは対応可能となっているが、2m を越えると施工不可能となる工法が出てくる。特にアースドリル工法では、施工不可能の比率が 50% を越える。

## 4) 流動地下水

流動地下水の流速が 3m/min を越える場合は各杭工法とも施工不可能の比率が高い。施工可能と回答があったのはオールケーシング工法だけであった。

## (8) 環境条件

### 1) 騒音

図-2.2.35 に各杭工法における騒音実測値を示す。

回答があったのはオールケーシング工法とアースドリル工法のみで、いずれも騒音規制法における規制値の 85dBA 以内に収まっている。

場所打ち杭工法は一般に騒音に対して余り問題にならない工法であるが、工事に当たっては発電機や油圧モーターなどの関連機械の騒音も含めて敷地境界での騒音が規制値内に収まっていることを確認して施工するのが望ましい。

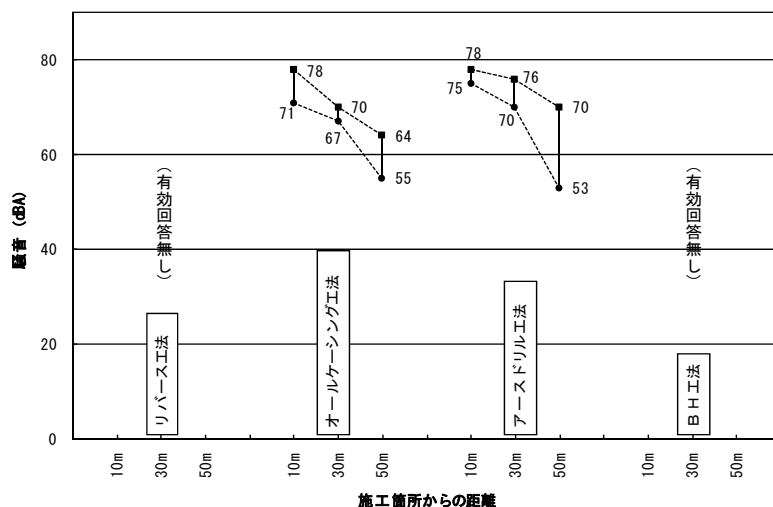


図-2.2.35 各杭工法の騒音実測値

## 2) 振動

図-2.2.36 に各杭工法における振動実測値を示す。

場所打ち杭工法は一般に振動に対しても余り問題にならない工法である。実測値も回答のあった限り、振動規制法の規制値 75dB 以下に収まっている。

工事に当たっては振動規制値も騒音規制値同様敷地境界における値であることを注意されたい。

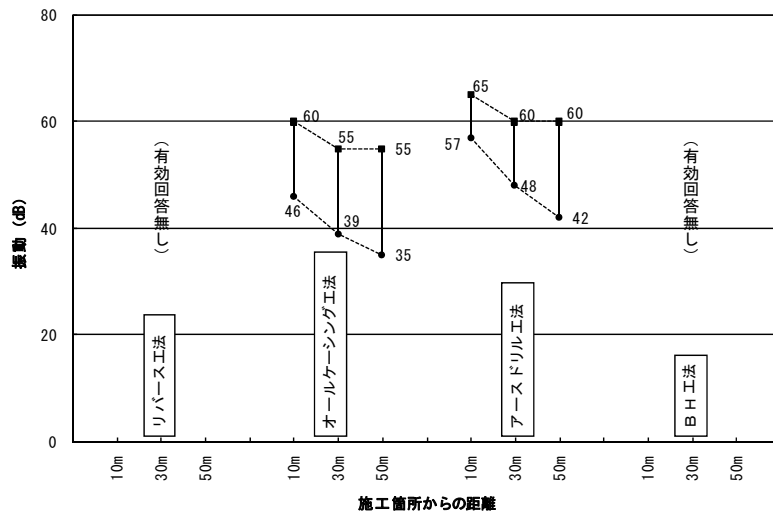


図-2.2.36 各杭工法の振動実測値

## 3) CO2 排出量の抑制対策

ほぼ全ての工法において、主に排出ガス対策型建設機械を用いることで対応可能となっている。ただし、同一工法内でも対策がない場合もあるので、事前に確認が必要である。

### (9) 施工費および施工能率

当委員会において杭工事の施工費に関わるアンケート調査を行った。この調査は、ある施工条件および土質条件を提示し、その条件での施工費を記入してもらう方法であり、以下の3点を主な目的として行ったものである。

- ① 設定した施工場所における既製杭および場所打ち杭の工事費の目安を把握することによって、施工法毎の特徴を考察する。
- ② 杭工法の選定要因のうち、施工費が占める重要度を考察する。
- ③ 施工費の面から場所打ち杭の特徴を比較する。

ただ、この項目については未回答が多く、アンケートとして有用と思えるほどのサンプル数を得ることができなかつたため、この項目は記載を省略する。