

支持層確認のための追加地盤調査方法

2019年 5月

一般社団法人 日本建設業連合会
一般社団法人 コンクリートパイル建設技術協会

はじめに

一般に、杭の設計にあたっては、当該敷地内外において地盤調査を実施し、その調査結果に基づいて杭長が設定される。設計杭長は、支持層の傾斜を考慮して安全側に設定されるべきであるが、調査数が少ないために支持層の傾斜が不明確な場合もある。また、施工段階になって、設計時の地盤調査数が不十分と思われる事例もある。支持層の傾斜や不陸、地盤調査数の不足が判明した場合は、手戻りなく杭を確実に支持層に到達させるために、地盤調査の追加実施が必要である。

本資料は、杭の支持層深度の確認を目的とした地盤調査を追加実施する際に、その調査方法の選定や比較の目安を示したものである。なお、地盤調査には様々な方法があるが、「杭の支持層深度の確認」に不向きなものは除外している。地盤調査方法ごとにメリット・デメリットがあるため、個々の工事での適否を検討する際の参考としていただきたい。

本書が杭工事の品質確保・向上の一助になれば幸いである。

■資料の説明

本資料は以下の3点で構成されている。

・「支持層確認のための追加地盤調査方法」

杭の支持層深度の確認を目的とした地盤調査方法の主なものについて、概要、適用深度、試験装置写真、メリット・デメリット比較等を一覧表にまとめた。一般的な内容を記載しているので、調査実施の際には、個々の現場での適用可否について地盤調査会社や専門部署等に詳細を確認していただきたい。

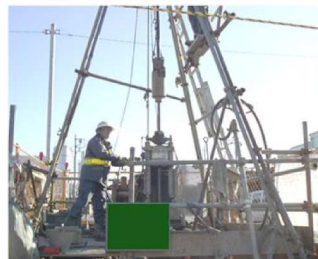



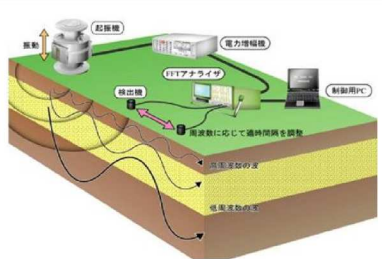

・「地盤調査方法の選定例」

各種地盤調査方法について選定条件と適合性を一覧表にまとめた。現地の条件に照らし合わせ、調査方法選定時の目安として活用していただきたい。

・「地盤調査方法別のコスト・工程試算例」

モデルケースにおけるコスト・工程試算例を各調査方法別にまとめた。官積算をベースとした参考値だが、概算ベースで比較する際の目安として活用していただきたい。

支持層確認のための追加地盤調査方法

調査方法	標準貫入試験 JIS A 1219	オートマチック・ラム・サウンディング試験 JGS 1437-2014	ミニ オートマチック・ラム・サウンディング試験 JGS 1437-2014	電気式コーン貫入試験 JGS 1435-2012	表面波探査	杭打機による試掘調査
概要	ボーリングにて試験深度まで削孔し、孔底まで下ろしたSPTサンブラーを300mm打ち込むのに必要な打撃回数(N値)を測定する。	コーンを連続して地中に打ち込む試験であり、コーンを200mm打ち込むのに必要な打撃回数を連続して測定する。	コーンを連続して地中に打ち込む試験であり、コーンを200mm打ち込むのに必要な打撃回数を連続して測定する。	ロッド先端に取付けた電気式コーンを地盤に静的に押し込み、連続的にコーン貫入抵抗(qc)、周面摩擦(fs)や間隙水圧(u)などを測定する。	起振器と受信機で人工的に発生させた表面波(レイリー波)速度を測定し、地盤強度に相関性のあるS波速度(Vs)構造を推定する。	既製コンクリート杭を施工する杭打機により、任意の場所で掘削(試掘)を行い、掘削抵抗(電流値や積分電流値など)により、地盤構成(支持層)を推定する。 ※試掘調査により土質サンプルを採取する場合は、ソイルセメント未固結試料採取との併用は不可とする。
適用地盤 (土質などの条件による汎用性)	玉石、転石を除く全土質	粘性土、砂質土 (支持層が浅いN値30以上の中間層がある場合は、貫入不可の可能性あり)	粘性土、砂質土 (支持層が浅いN値30以上の中間層がある場合は、貫入不可の可能性あり)	粘性土、砂質土 (適応N値≦15)	全土質	全土質
評価基準 (得られる指標)	N値	打撃回数Nd (Nd≒N値)	打撃回数Nd (Nd/2≒N値)	qc、fs、u(いずれも推定値)	地盤のS波速度(Vs)分布	掘削抵抗・施工機械の振動・ヘッド付着土砂など
最大適用深度	基本的に制限なし	30m	15~20m	20m	15m	杭打機的能力範囲
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 杭の支持層を判断するN値が得られる。 土の種類や硬軟を問わず試験が実施できる。 N値にて地盤の強度定数などが推定できる。 土質試料が採取されるので目視による土質確認ができる。 地下水位が確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 標準貫入試験と比べて、簡便である。 深度方向に連続してデータが取れる。 N値との相関性が良い。 標準貫入試験よりも狭い所での作業が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> オートマチック・ラムサウンディング試験と比べて、より小型で簡便である。 他は同左。 	<ul style="list-style-type: none"> 標準貫入試験と比べて簡便で調査効率が良い。 深度方向に連続してデータが得られる。 地盤強度に関する情報(粘着力・内部摩擦角・液状化抵抗、圧密評価など)を推定することができる。 コーンによっては、せん断波の測定なども可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 硬軟互層地盤にも適用可能。 表面波にて解析することから、雑振動の多い市街地でも探査可能である。 非破壊でレイリー波速度から間接的に地盤の強度の推定が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 既製コンクリート杭を施工する杭打機で実施できる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ボーリングを必要とするので資機材が多くなる。 ボーリング削孔時に作業用水が必要となる。 他の試験よりも調査に時間や作業スペースを要する。 	<ul style="list-style-type: none"> 礫・ガラなどが連続して分布すると貫入不能となる。 目視で土質確認できない。 支持層が浅いN値30以上の中間層がある場合は、支持層までの試験が不能となることがある。 支持層の不陸が大きい場合(30°以上)、ロッドに曲りが生じ支持層を深く判定する可能性あり。 先端コーン(φ40mm、h=100mm程度)が残留となる。 高低差の大きい現場での作業が困難。 	同左	<ul style="list-style-type: none"> コーンを静的に押込むため、反力としてスクリーアンカーを打設するため、埋設物確認が必要。 締まった砂質土や硬質な粘性土では、貫入不能となる。 支持層の不陸が大きい場合(30°以上)、ロッドに曲りが生じ、支持層を深く判定する可能性がある。 高低差の大きい現場での作業が困難。 目視で土質確認できない。 	<ul style="list-style-type: none"> 地中障害物の反射波の影響を考慮する必要がある。 表面波にて解析することから、雑振動の多い市街地でも探査可能である。 非破壊試験であるため、結果の検証ができるボーリングデータが必要。 深度が増すに従い精度が低くなる。 現地調査時間は短いですが、解析に時間がかかる。 解析精度は1~2m程度の誤差がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 基本、当初施工計画に無い本施工以外での掘削作業となることから、工程に影響する。 掘削抵抗および振動など技術的根拠を示すことは難しく、定量的に示せない。
試験装置概要						
調査作業場所の条件 (作業スペースや装置設置位置での傾斜など)	平面4m×5m、H=5.5m程度 (不陸がある場合は足場仮設にて対応可能)	1.5m×3m程度 (機械の設置範囲は水平に整地する必要あり)	1.5m×1.5m程度 (機械の設置範囲は水平に整地する必要あり)	3m×3m程度 (機械の設置範囲は水平に整地する必要あり)	25m程度の測線 (平坦もしくは単傾斜)	18m×35m程度(三点式杭打機) (平坦、敷鉄板)
調査効率(m/日) ※1	10~15m/日	60m/日	30m/日	30m/日	1測線(35m)/時間 (解析時間3日)	40m/日
組立・解体時間(h) ※1	組立12h・解体9h	組立4.5h・解体4.5h	組立4.5h・解体4.5h	組立6h・解体6h	組立3h・解体1.5h	掘削機を搬入する場合、組立24h・解体16h
参考調査コスト ※1 (歩掛りベース)	20m全長試験の場合 41,000円/m	15mまで素掘り、5m試験の場合 34,000円/m	21,000円/m	17,000円/m	24,000円/m	多チャンネル:40,000円/水平測線距離m 機械損料他750,000円/日
参考調査コスト ※1 (モデルケース) 20m x 3ヶ所	1,900,000円 (うち固定費450,000円)	1,560,000円 (うち固定費450,000円)	1,000,000円 (うち固定費240,000円)	900,000円 (うち固定費240,000円)	1,180,000円 (うち固定費240,000円)	※多チャンネル、L=35m×1測線の場合 1,150,000円 (うち固定費120,000円)
実績数	非常に多い	少ない	少ない	少ない	極めて少ない	杭打ち機組立済みの場合 1,500,000円 (うち固定費0円) 杭打ち機未搬入の場合 6,200,000円 (うち固定費4,700,000円) 多い

※1 コスト・工程は官積算をベースとしています。

地盤調査方法の選定例

			標準貫入試験	ラム・オートマチック・デッキング	ラムニ・オートマチック・デッキング	電気式コーン貫入試験	表面波探査	杭打機による 試掘調査
施工条件	調査に要するスペース(m)		4x5	1.5x3	1.5x1.5	3x3	25m程度の 測線距離	18x35
	作業場所が傾斜地の場合		○	△ ^{※1}	△ ^{※1}	△ ^{※1}	△ ^{※1}	△ ^{※1}
地盤条件	支持層の 深度H(m)	H ≤ 20	○	○	○	○	△	○
		20 < H ≤ 30	○	○	×	×	×	○
		30 < H	○	×	×	×	×	○
	※2 中間層のN値	N ≤ 15	○	○	○	○	○	○
		15 < N ≤ 30	○	○	○	×	○	○
		30 < N	○	△	×	×	○	○
支持層調査結果の精度			◎	○	○	○	×	△
調査で得られる その他情報	地盤定数の推定		○ ^{※3}	○ ^{※4}	○ ^{※4}	○ ^{※5}	×	×
	土質サンプルの採取		◎ ^{※3}	×	×	×	×	△ ^{※6}

◎:最も適合性が高い ○:適合性が高い △:条件付きで適合性がある ×:適合しない

※1 機械の設置範囲は、水平に整地する必要がある。

※2 当該試験装置で貫通可能な、支持層以浅の中間層N値の上限をさす。

※3 得られるN値から換算式を用いて各種地盤定数が推定可能。またサンプリングにより物理試験を行うことが可能。

※4 得られるNd値から換算式を用いて各種地盤定数が推定可能。

※5 コーンの先端抵抗・周面摩擦・間隙水圧より、土質判定・粘着力Cu・せん断抵抗角Φ・液状化抵抗・圧密評価などの推定が可能。

※6 施工条件によってはオーガヘッドに付着した土砂から土質サンプルを採取することも可能な場合がある。

地盤調査方法別のコスト・工程試算例

- 試算モデル：東京都内 平坦敷地 調査深度20m 調査地点3ヶ所
- 地盤条件：GL±0～GL-20m・・・N値10程度の粘性土
GL-20m以深・・・N値50程度の砂礫（杭の支持層）
- ※コスト・工程は官積算をベースとした参考例です。

標準貫入試験CASE1（20m全長試験の場合）					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	運搬・仮設	150,000	3箇所	450,000
	変動費	ボーリング	10,000	60m	600,000
		標準貫入試験	5,000	60回	300,000
		データ整理	80,000	3回	240,000
		諸経費	310,000	1式	310,000
合計				1,900,000	
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	機械搬入・仮設		12	12	
	削孔・標準貫入試験		30	42	
	機械搬出		9	51	
					(≒6.4日)

オートマチック・ラム・サウンディング試験					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	運搬・仮設	80,000	3箇所	240,000
	変動費	試験	8,000	60m	480,000
		データ整理	40,000	3回	120,000
		諸経費	160,000	1式	160,000
		合計			
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	機械搬入・仮設		4.5	4.5	
	試験		12	16.5	
	機械搬出		4.5	21	
					(≒2.7日)

電気式コーン貫入試験					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	運搬・仮設	80,000	3箇所	240,000
	変動費	試験	10,000	60m	600,000
		データ整理	50,000	3回	150,000
		諸経費	190,000	1式	190,000
		合計			
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	機械搬入・仮設		6	6	
	試験		18	24	
	機械搬出		6	30	
					(≒3.8日)

杭打機による試掘調査CASE1（杭打機組立済みの場合）					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	組立解体・運搬費			0
	変動費	機械損料	400,000	2	800,000
		労務費	250,000	2	500,000
		雑費	200,000	1	200,000
		合計			
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	試掘調査		12	12	
					(≒1.5日)

標準貫入試験CASE2（15mまで素掘り、5m試験の場合）					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	運搬・仮設	150,000	3箇所	450,000
	変動費	ボーリング	10,000	60m	600,000
		標準貫入試験	5,000	15回	75,000
		データ整理	60,000	3回	180,000
		諸経費	255,000	1式	255,000
合計				1,560,000	
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	機械搬入・仮設		12	12	
	削孔・標準貫入試験		18	30	
	機械搬出		9	39	
					(≒4.9日)

ミニ オートマチック・ラム・サウンディング試験					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	運搬・仮設	80,000	3箇所	240,000
	変動費	試験	6,500	60m	390,000
		データ整理	40,000	3回	120,000
		諸経費	150,000	1式	150,000
		合計			
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	機械搬入・仮設		4.5	4.5	
	試験		15	19.5	
	機械搬出		4.5	24	
					(≒3.0日)

表面波探査（多チャンネル、L=35m×1測線として）					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	運搬・設置	120,000	1測線	120,000
	変動費	測定	14,000	35m	490,000
		データ整理	10,000	35m	350,000
		諸経費	190,000	1式	190,000
		合計			
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	搬入・測線設置		3	3	
	試験		2.5	6	
	機械搬出		1.5	7	
					(≒0.9日)

杭打機による試掘調査CASE2（杭打機未搬入の場合）					
コスト			単価	数量	金額
	固定費	組立解体・運搬費	4,700,000	1	4,700,000
	変動費	機械損料	400,000	2	800,000
		労務費	250,000	2	500,000
		雑費	200,000	1	200,000
		合計			
工程	工程		時間(h)	累計時間(h)	
	杭打ち機搬入組立		24	24	
	試掘調査		12	36	
	杭打ち機解体搬出		16	52	
					(≒6.5日)

「支持層確認のための追加地盤調査方法」作成関係委員

(敬称略、順不同)

一般社団法人日本建設業連合会 建築生産委員会 施工部会
既製コンクリート杭施工管理専門部会

施工部会長	木谷	宗一	・・・	株式会社竹中工務店
主 査	温品	秀夫	・・・	大成建設株式会社
副 主 査	岡本	秀雄	・・・	株式会社大林組
副 主 査	土屋	富男	・・・	株式会社竹中工務店
	福島	隆	・・・	鹿島建設株式会社
	岸田	了	・・・	清水建設株式会社
	秋月	通孝	・・・	大成建設株式会社
	細田	光美	・・・	コンクリートパイル建設技術協会
	西村	裕	・・・	コンクリートパイル建設技術協会
	松木	靖紀	・・・	コンクリートパイル建設技術協会
	千種	信之	・・・	コンクリートパイル建設技術協会
	朝妻	雅博	・・・	コンクリートパイル建設技術協会
	木谷	好伸	・・・	コンクリートパイル建設技術協会