

**杭の施工管理における支持層到達の確認方法**  
**(既製コンクリート杭 埋込み工法)**

平成29年 2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

## 目 次

1. はじめに	1
2. 総 則	
2-1. 目的と位置付け	2
2-2. 対象工事の範囲	2
2-3. 施工管理の責任と役割分担	2
3. 支持層の定義と支持形式による分類	
3-1. 建築分野	3
3-2. 土木分野	3
3-3. 支持層の支持形式による分類と取り扱い	3
4. 支持層到達の確認方法の概要	
4-1. 確認方法と判断基準	4
4-2. 試験杭における支持層到達の確認（掘削抵抗変化を主とした方法）	5
4-3. 本杭における支持層到達の確認（掘削抵抗変化を主とした方法）	5
4-4. 支持層到達の確認フロー	5
5. 支持層到達の確認時の留意点	
5-1. 地盤調査結果に基づく確認時の留意点	6
5-2. 掘削ヘッドに付着した掘削土採取による確認時の留意点	6
5-3. オーガ駆動装置の掘削抵抗の変化による確認時の留意点	7
5-4. 施工状況の変化による確認時の留意点	13
5-5. 試掘による確認時の留意点	13
5-6. 支持層到達の確認と地盤条件	14
6. 支持層が設計時条件と異なる場合の対処	
6-1. 支持層への到達深度が計画深度よりも深い場合の例	16
6-2. 支持層への到達深度が計画深度よりも浅い場合の例	17

## 1. はじめに

国土交通省は、平成 28 年 3 月 4 日に「基礎ぐい工事の適正な施工を確保するために講ずべき措置（告示第 468 号）」を発出し、施工体制や杭の支持層到達及び施工記録に関し建設会社が遵守すべき事項を定めた。現在、これが「一般的に遵守すべき施工ルール」として周知されている。

これを受け、一般社団法人日本建設業連合会と一般社団法人コンクリートパイル建設技術協会は、「建設業団体が自ら作成する現場に即した自主ルール」として、同 3 月に「既製コンクリート杭施工管理指針（不具合の再発を防止するために）」と「既製コンクリート杭工法の施工管理要領（プレボーリング工法編）」を各々策定し、国土交通大臣へ届け出を行った。両自主ルールは、国土交通省のホームページに「関係建設業団体による自主ルールの届出」として公表されている。

本書は、杭の施工管理において特に重要な位置付けとなる「支持層到達の確認方法」について、自主ルールに定める内容を適切かつ効率的に実施していくため、基礎ぐい工事関係者の理解と判断に資するべく解説書を策定したものである。自主ルールの内容を補完する技術資料として広く活用されるとともに、支持層到達の確認方法に関する留意点等を徹底されたい。

なお、告示第 468 号の施行と同時（平成 28 年 3 月 4 日）に、国土交通省住宅局建築指導課長より各建築設計関係団体の長に対して「基礎ぐいの適正な設計について（国住指第 4240 号）」が発出され、以下の 3 項目が示されている。

1. 地盤調査に基づく適切な設計の実施
2. 十分な地盤調査の実施
3. 地盤情報等の工事施工者等の情報共有

これらの項目はいずれも「支持層到達の確認方法」と深く関連する項目である。

支持層の設定は設計者に委ねられており、施工にあたっては、事前に設計者より設計内容や注意事項の説明を十分に受け、監理者、設計者、工事施工者間で情報を共有することが重要である。

本書は、工事施工者向けの技術資料に留まらず、施主、監理者、設計者、工事施工者等が共通の理解を持つために役立つものとなれば幸いである。

平成 29 年 2 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

## 2. 総 則

### 2-1. 目的と位置付け

本書は、基礎ぐい工事における「支持層到達の確認」について、設計者が意図する設計図書の内容や設計思想・方針どおりに適正に施工及び施工管理されることに寄与するため、元請技術者、杭工事管理者等が施工管理を行うにあたって留意すべき点を示すことを主目的とする。

また、「支持層到達の確認」について、判断基準やその確認方法の具体的な事例を挙げながら解説し、自主ルールの規定内容を補完する技術資料と位置付ける。

### 2-2. 対象工事の範囲

対象範囲は、告示第 468 号の内容（“くい先端の支持力を主として考慮し、掘削孔内に既製コンクリートぐいを沈設する工法”）に準拠し、以下のとおりとする。

- ① 分 野 ⇒ 建築分野
- ② 支持形式 ⇒ 支持杭（「3-3. 支持層の支持形式による分類と取り扱い」を参照）
- ③ 杭 種 ⇒ 既製コンクリート杭
- ④ 施工方法 ⇒ プレボーリング工法

### 2-3. 施工管理の責任と役割分担

杭の品質管理における総合的な責任は元請が負うが、大臣認定を取得した杭メーカー等は、大臣認定における「基礎ぐいの許容支持力を定める際に求める長期並びに短期に生ずる力に対する地盤の許容支持力」の計算式に使用する係数（ $\alpha$ 、 $\beta$  及び  $\gamma$ ）に対して責任を負う。つまり、試験杭の評価や支持層到達の確認等、技術的な「判断責任」は杭メーカー等にある。元請は杭メーカー等がしかるべき基準で判断していることの「確認責任」を負う。以降では、杭メーカー等による支持層到達の判断とその判断基準を了承する元請の確認行為を合わせて「支持層到達の確認」と呼ぶ。

元請（元請技術者）及び杭メーカー等（杭工事管理者）は、施工前に、以下に挙げる杭の支持性能に関する諸条件を設計者に提示してもらう〔**図 2-1**〕。

以上の責任範囲や設計条件を踏まえた上で、適切な支持層到達管理を徹底されたい。

- ①杭材の支持層への根入れ長さ
- ②根固め部の掘削深さと形状（根固め部の先端深度、根固め部高さ、根固め部の径）
- ③杭材の根固め部への根入れ長さ
- ④支持層地盤の種別と支持性能の条件となる平均N値あるいは地盤のせん断強度

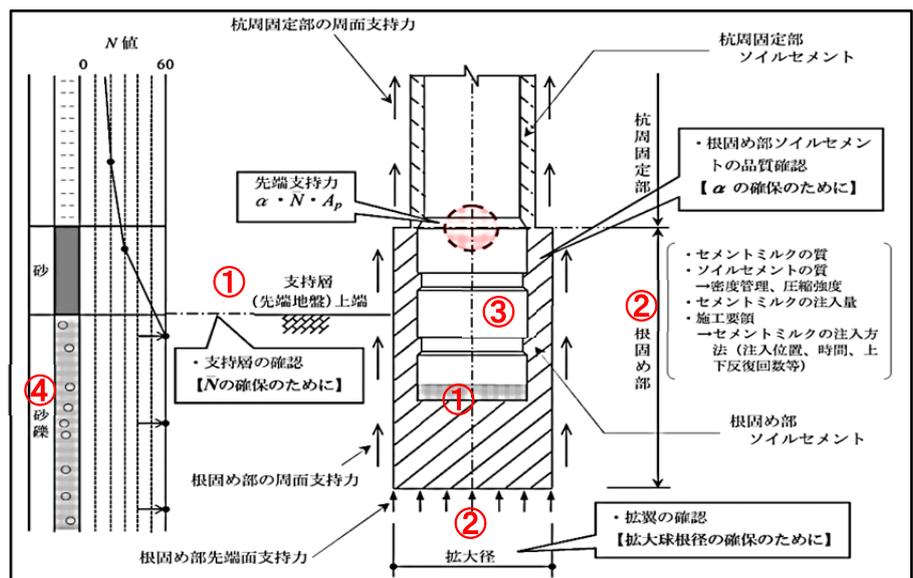


図 2-1 杭の支持性能に関する諸条件 ※2-1

<引用及び参考図書>

※2-1 既製コンクリート杭工法の施工管理要領（プレボーリング工法編）（（一社）コンクリートパイル建設技術協会 平成 28 年 3 月） pp. 65

### 3. 支持層の定義と支持形式による分類

「支持層」あるいは「良質な支持層」という用語については、建築と土木の両分野において各々以下のように定義されている。

#### 3-1. 建築分野

「日本建築学会、建築基礎設計のための地盤調査計画指針」、第3版、2009、P. 25 の記述内容

支持層とは構造物を十分に安全に支持する能力があり、かつ沈下に対しても安全である地層であり「支持地盤」ともいう。

支持層の目安は砂質土、礫質土ではN値50（または60）以上、粘性土では20～30以上とすることが多いが、地盤条件や建物の要求性能、想定される複数の基礎形式を勘案して設計者が適切に判断する。

#### 3-2. 土木分野

「道路橋示方書・同解説、IV下部構造編」、平成24年3月、P. 278 の記述内容

良質な支持層とは長期的に安定して存在し基礎を確実に支持できる地層を指す。

- i) 粘性土層は砂質土層に比べて大きな支持力が期待できず、沈下量も大きい場合が多いため支持層とする際には、十分な検討が必要であるが、N値が20以上（一軸圧縮強度 $qu$ が $0.4N/mm^2$ 程度以上）あれば良質な支持地盤と考えてよい。
- ii) 砂層、砂礫層はN値が30程度以上あれば良質な支持層と考えてよい。ただし、砂礫層では礫をたたいてN値が過大に出る傾向にあるので、支持層の決定には十分注意が必要である。

#### 3-3. 支持層の支持形式による分類と取り扱い

支持層の定義は上記のとおりであるが、杭の支持形式の観点から広義に解釈すれば「杭先端部として設定した地層（地盤）」であり、以下の3種類に大別できる。

- a) 完全支持杭形式の支持層
- b) 中間層（薄層）支持杭形式の支持層
- c) 摩擦杭形式の支持層

本書においては、告示第468号では「杭先端の支持力を主として考慮」した杭を対象としていることから、主としてa) 完全支持杭を中心に扱うものとする。

なお、b) c) については、設計者が設定した杭先端位置や掘削底のレベルによる深度管理が基本となるが、掘削抵抗による地盤確認も併用しながら管理する。しかし、支持層の層厚及び杭先端より下方の地盤情報を把握できないことや、掘削抵抗から判断するのが難しい場合もあることから、条件によってはボーリング調査本数を適切に設定することが肝要となる。

## 4. 支持層到達の確認方法の概要

### 4-1. 確認方法と判断基準

支持層到達の確認方法には、主として以下の5つがあり、地盤条件、杭の仕様、杭の施工法等によりその採否や優先度が変わる。

- ・地盤調査結果に基づく確認
- ・掘削ヘッド等に付着した掘削土採取による確認
- ・オーガ駆動装置の掘削抵抗の変化による確認
- ・施工状況の変化による確認
- ・試掘による確認

以下に上記5つの確認方法の概要を述べる。

#### 1) 地盤調査結果に基づく確認

ボーリング調査結果をもとにした掘削深度管理により支持層到達を確認する。掘削深度の管理方法は、原則として、掘削攪拌装置にレベル位置を明示（ロッドにマーキングする等）し、このレベル確認を行う方法と、施工管理装置の深度計により計測する方法による。ただし、施工管理装置の深度計は誤差が生じることがあるため、掘削攪拌装置のマーキングのレベル管理と併用し、これを正として扱う。なお、掘削深度の誤差は±100 mm以内としている工法が多い。

#### 2) 掘削ヘッド等に付着した掘削土採取による確認

試験杭または本杭位置で実施する。所定の施工方法で掘削から根固め液の注入を終え、掘削攪拌装置引き上げ回収時に、掘削ヘッド等に付着した土砂を採取・観察する。採取した土砂が、予めボーリング調査にて採取した土質標本試料や土質柱状図の記事内容等と合致していれば、支持層到達と判断できる。ただし、掘削途中での土砂採取はできないため、事後確認となる。

#### 3) オーガ駆動装置の掘削抵抗の変化による確認

支持層は他の層に比べてN値が高く、掘削抵抗が大きいため、オーガ駆動装置の電流値や積分電流値等の掘削抵抗の上昇変化・波形変化により支持層への到達を判断することが可能である。ただし、掘削抵抗値と地盤N値に定量的な関係はないため、掘削抵抗値の変化を土質（土層）の変化と捉えて判断基準とする。また、電流値が示す波形は土質（砂、礫、粘性土）によって異なるため、地盤の構成をある程度判断することもできる。

なお、掘削抵抗は地盤条件の他、杭径（掘削径）、掘削深さ、掘削速度、掘削液の採否と採用時の吐出量、排水排土状況といった条件によって変動するため、支持層確認時は各条件を極力一定に保つことが重要である。

#### 4) 施工状況の変化による確認

支持層は他の層に比べてN値が高く、掘削抵抗が大きいため、施工状況の変化（機械の振動やオーガ駆動装置の音の増大、掘削速度の低下）により支持層への到達を判断できる場合がある。

#### 5) 試掘による確認

通常、試掘は、試験杭や本杭とは別孔で実施する。試験杭は杭の建込みまでの全工程を実施するのに対し、試掘は根固め液等の注入をしない掘削工程までとなる。支持層到達の管理指標を定めることを目的とする場合は、杭の実施工と同様に掘削液を使ってオーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）の変化と施工状況（機械の振動、オーガ駆動装置の音）の変化をもとに、支持層到達を確認する。また、支持層の原土採取を目的とする場合は、掘削液の使用を最小限にとどめ、設計深度に到達した段階で掘削攪拌装置の回転を止めて静かに引上げて採取する。

#### 4-2. 試験杭における支持層到達の確認（掘削抵抗変化を主とした方法）

試験杭における支持層確認は、本杭施工時の支持層への到達を判断する管理指標を定める（監理者・設計者と協議し、目安値や範囲を決める）ために行う。特に、事前のボーリング調査で得られた土質、N 値に対する掘削抵抗（電流値、積分電流値等）の管理指標を定めるため、ボーリング調査位置直近の杭で実施することを基本とする。

まず、支持層計画深度の手前 5m 程度より、掘削抵抗の変動に影響する掘削速度や掘削液の吐出量等の条件を極力一定に保つ。この際、掘削抵抗の変化や施工状況の変化を確認し、N 値と対比して管理指標を定める。例えば、N 値 50 の支持層計画深度に達した際、積分電流値が値 X に上昇した場合、値 X を N 値 50 の支持層到達の管理指標とするといった具合である。

なお、設計条件である杭径（掘削径）・掘削深さも掘削抵抗の変動に影響するため、杭径や掘削深さに幅がある場合は、同程度の仕様でグループ分けし、その中の代表を試験杭とするとよい。また、オーガ駆動装置の能力（トルクの大小）も掘削抵抗に影響するため、掘削能力が大きく異なる掘削機を複数台使用する場合は、これを考慮して試験杭本数を設定することが望ましい。

#### 4-3. 本杭における支持層到達の確認（掘削抵抗変化を主とした方法）

本杭の支持層の確認は、原則として試験杭にて定めた管理指標に基づき行う。

この際、常に地盤調査結果の資料と付き合わせた上で、掘削抵抗（電流値、積分電流値等）の変化状況を確認しながら総合的に判断する。

なお、試験杭にて定めた管理指標（電流値、積分電流値等）の値程度にならない場合、あるいは、これらの値に上昇変化が見られない場合は、施工を中断し、試掘・追加ボーリング調査等による支持層の再確認、管理指標の再設定について監理者と協議する。その際は、試験杭や打設済みの本杭の施工記録も参考にする。

#### 4-4. 支持層到達の確認フロー

支持層到達の判断基準として重要な位置付けとなっている、オーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）の上昇変化・波形変化による確認フローの例を以下に示す〔図 4-1〕。

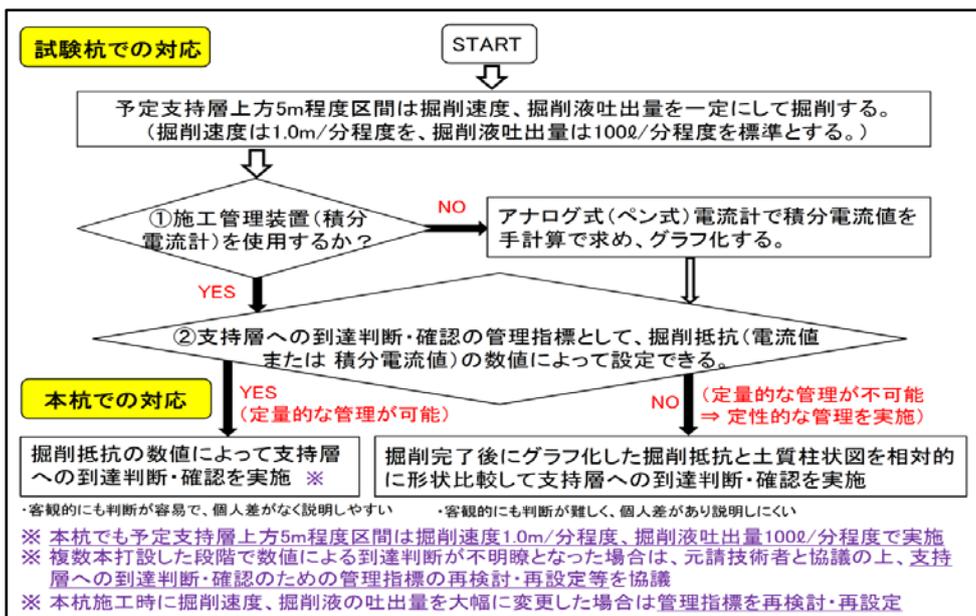


図 4-1 支持層到達の確認フロー図（例）

## 5. 支持層到達の確認時における留意点

### 5-1. 地盤調査結果に基づく確認時の留意点

当該確認方法は、予め調査されたボーリング結果をもとにした掘削深度管理により支持層到達を確認するものであるが、設計者が設定している支持層はどの層か等の大前提となる基本事項の確認を含めた準備工としての色合いも強い。施工管理の一環で判断材料として実施される **5-2. ～5-5.** とは同列に扱う管理項目や方法ではないが、以下について留意が必要である。

#### 1) 支持層の不陸・傾斜の影響が少ない場合（支持層がほぼ平坦な場合）

まず、ボーリング孔口高さ、設計 GL や FL、設計杭頭高さ、杭打ち機の設置高さ（施工基面）等の深度関係を確認する必要がある。

これらの数値を基に、杭の設置深度（杭材の先端深さ、根固め部の上下端深さ）を土質柱状図に併記し、予め支持層天端レベルからの掘削長さや杭材の根入れ長さ等を把握しておく。

ボーリング調査位置の極直近の杭であれば、事前の地盤調査で支持層深さを正確に調査していることから、この確認方法の適用が可能である。また、支持層がほぼ平坦であれば、他の杭についても同様な確認方法で問題はない。

ボーリング調査位置間の支持層深さについては、設計者の考えを事前に提示してもらい、地層推定断面図等による杭長設定の妥当性や、多少の不陸を考慮した杭の余長分を把握しておく。

#### 2) 支持層の不陸・傾斜の影響が大きい場合（支持層が平坦ではない場合）

地層推定断面図や支持層の等深図により、杭施工時に支持層の不陸・傾斜に対して注意すべき地盤かどうかを判断する。その結果、ボーリング等の調査数が不足していると思われる場合は、元請及び杭メーカー等は、監理者・設計者に追加調査の必要性を伝える。ボーリング調査位置の極直近の杭であれば、事前の地盤調査で支持層深さを正確に調査していることから、この確認方法の適用が可能である。一方、ボーリング調査位置間に傾斜が考えられる部分については深さに余裕をもったゾーニングによる杭長の設定が行われていることを確認する。

### 5-2. 掘削ヘッド等に付着した掘削土採取による確認時の留意点

この方法による確認時の留意事項を以下に示す。

- ・確認可能な時点は所定の施工終了後となるため、掘削中の根固め液注入前には確認できない。
- ・施工長さ（概ね 30m 以上）によっては、掘削土の採取が困難な場合がある。
- ・採取試料土は、掘削液やセメントミルクの注入攪拌混合により、支持層の原土状態からかなり乱された状態にて付着している場合がほとんどであり、照合による確認が困難なことが多い。

このように、当該確認方法は、試験杭・本杭について、所定の施工の事後に実施するものであり、採取の可否や支持層土質の状態変化の理由から、全てに適用できる手法ではない。

従って、当該確認方法はこれ単独では無理があることもあり、例えば **5-3. オーガ駆動装置の掘削抵抗の変化による方法** との併用により、総合的な観点から支持層到達を確認する等の対応が求められる。

### 5-3. オーガ駆動装置の掘削抵抗の変化による確認時の留意点

オーガ駆動装置の掘削抵抗としては、電流値、積分電流値、トルク値等があるが、既製コンクリート杭の埋込み杭工法の場合には電流値、積分電流値が一般的に用いられている。これらの数値を記録するために電流計や積分電流計が用いられるが、両装置とも掘削時の電氣的負荷抵抗の変化で地層の変化を間接的に読み取る装置である。

統合的な管理システム（施工管理装置）による帳票例を図5-1に示す。同じ地盤でも杭径（掘削径）や施工機械等によってその値は異なり、地盤の硬さ（N値）との直接的な相関関係は成り立ち難く、定量的な関係はないことに留意する。

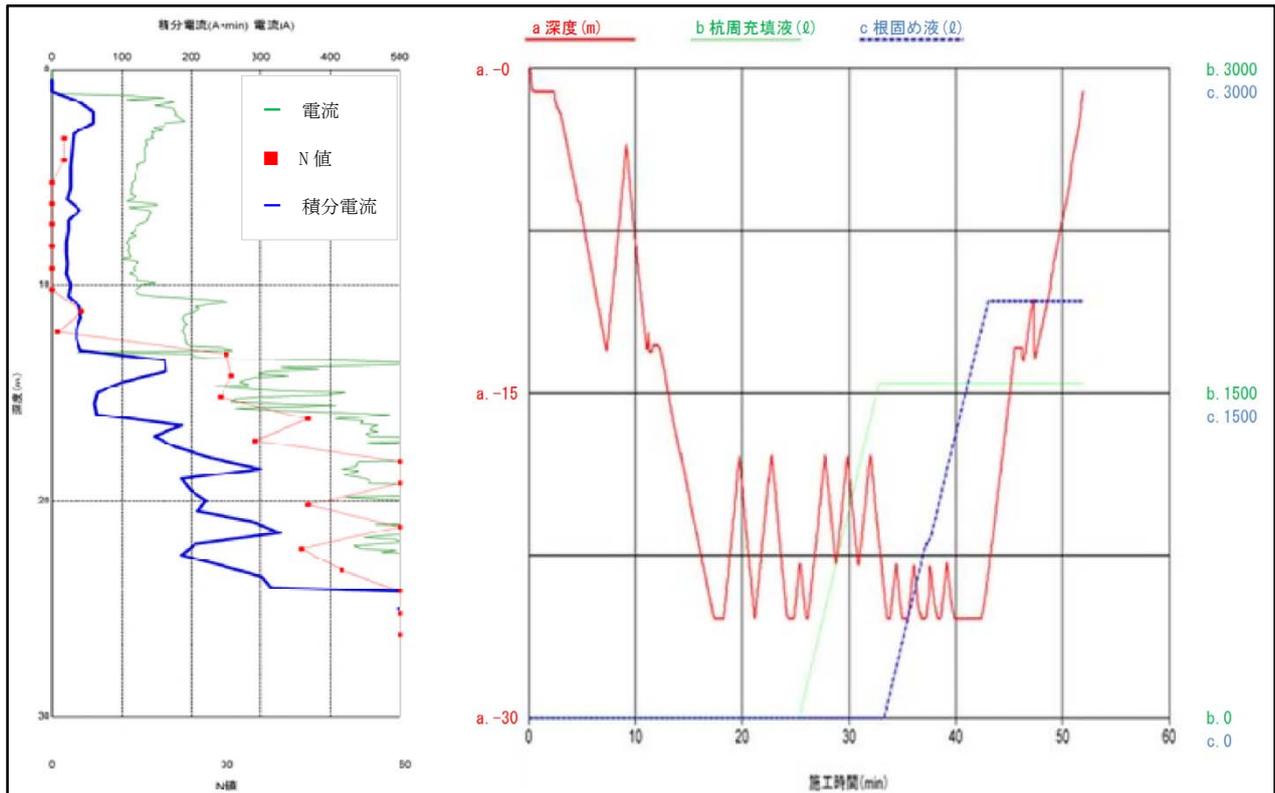


図5-1 オーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）の帳票例 ※5-1

<引用及び参考図書>

※5-1 既製コンクリート杭工法の施工管理要領（プレボーリング工法編）（（一社）コンクリートパイル建設技術協会 平成28年3月） pp. 59

#### 1) 確認方法の手順と一般的な傾向

支持層計画深度の手前 5m 程度より、掘削条件を一定に揃える観点から、掘削速度を一定（例えば、1m/分）、掘削液の吐出量を一定（例えば、100ℓ/分）に保ちながら電流値・積分電流値の変化を読み取る。これと予め調査された土質柱状図のN値との相対的な変化を対比し、支持層到達を確認する。掘削速度や掘削液量は杭径（掘削径）により異なることがある。一般的な傾向は以下ようになる。

- ・粘性土から砂層に入った場合 ⇒ 電流値は大きくなる
- ・粘性土から砂礫層に入った場合 ⇒ 電流値の振れ幅は大きくなり機械は振動する
- ・硬質粘性土に入った場合 ⇒ 電流値の振れ幅は小さくなり掘削速度は低下する

また、土質によって電流値が示す波形に特徴があり、これらの波形の違いと土質柱状図とを比較することで、地層の構成を確認する資料とできる。代表的な土質と波形の特徴を図5-2に示す。

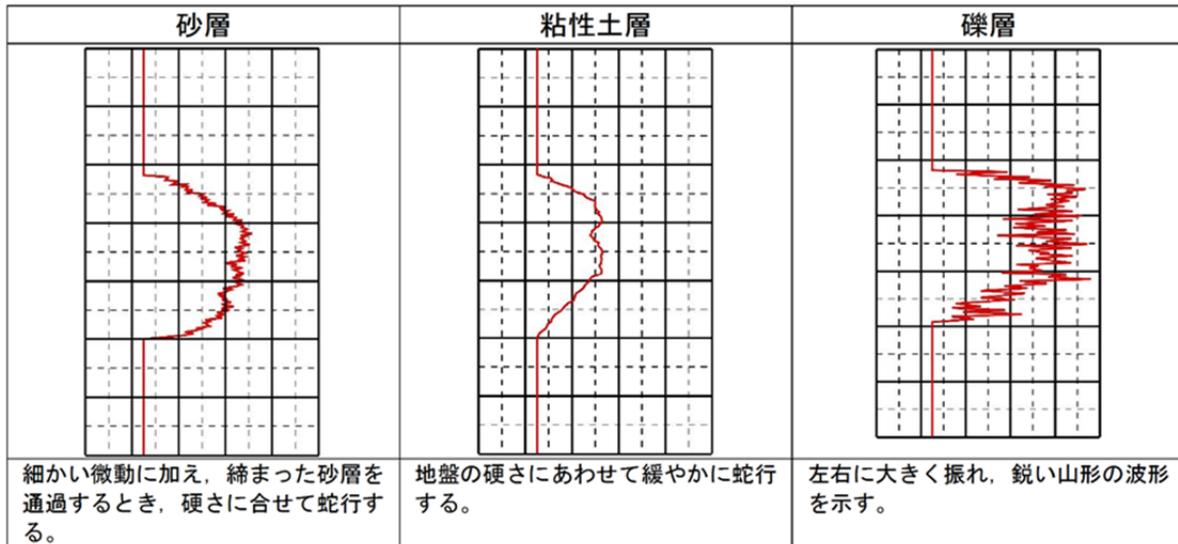


図 5-2 電流値の波形の特徴 ※5-2

<引用及び参考図書>

※5-2 既製コンクリート杭の施工管理 ((一社) コンクリートパイル建設技術協会 2013年5月) pp.261

## 2) 確認方法の位置付け

5-4. に示す機械の振動やオーガ駆動装置の音の増大等も支持層到達の確認のための判断基準の一つとなる。しかし、定量的な指標として表すことが難しいため、支持層到達の判断基準は電流値または積分電流値の変化が主となる。

## 3) 掘削抵抗の変化状況による判断方法

判断方法は以下のように分類できるが、双方から総合的に判断する必要がある。

- ・ 定量的な判断 ⇒ 掘削抵抗（電流値・積分電流値）の「数値」の変化状況。  
地盤の固さ（N 値）と対比して判断。
- ・ 定性的な判断 ⇒ 掘削抵抗（電流値・積分電流値）の「波形」の変化状況。  
砂、礫、粘土といった土質を見分ける。

ただし、掘削抵抗の数値・波形の変化の度合いは、土質条件、排土状況、杭径（掘削径）、近年の施工機械の大型化に伴う掘削能力の向上により、明確な違いが現れない場合がある。このため、杭径や杭打ち機の掘削能力（複数台で施工する場合）に応じて、試験杭の追加または試掘を実施し、細かく管理指標を設定するとよい。

## 4) 電流値と積分電流値の特性に基づく留意点

積分電流値は単位区間（通常は 1.0m または 0.5m）の積分値で掘削抵抗値を算出する。そのため、掘削速度の影響は少なく、電流値に比べてより客観的な地質変化の把握（支持層区間の判断）が可能となる。しかし、一方ではその記録が単位区間ごととなることから、支持層到達の瞬間をとらえた判断が難しい。このため、瞬時の電流値変化と併用で判断するのが良い。

なお、積分電流値の単位区間を 1.0m または 0.5m とする場合が多い理由は、N 値の測定間隔が 1.0m 間隔であることによる。単位区間が極端に短いと、グラフ上の積分電流値の打点数が多くなり、N 値との対比がしづらくなる。反対に、単位区間が長いと積分電流値の打点数が少なくなり、互層地盤で層厚が薄い場合等では地層の変化が分かりづらくなる。N 値と積分電流値を対比するのに丁度良い間隔となっている。

## 5) 積分電流値（積分電流計）の深度方向の打点位置と実際の地盤N値との関係

### ①積分電流値の積分単位区間とグラフ上の打点位置

多くの施工管理装置では、グラフ上の積分電流値は、各単位積分区間の深度の最下端に打点される。そのため、グラフとしては施工時に確認された支持層の到達深度とは異なる位置にその積分電流値が打点される場合がある。例えば、単位積分区間が 1.0m の場合においては、実際の支持層到達深度が積分区間の積分開始深度と一致した場合、その計測結果である積分電流値は支持層到達深度よりも 1.0m 深い位置に打点されることになる。つまり、支持層天端が実際より 1.0m 深く表示されることになる。

### ②積分電流値の打点深度とN値の打点深度との関係

施工前に予め施工管理装置本体にN値を入力し計測画面に表示させるが、通常N値の打点深度はボーリング調査開始の孔口高さを起点とし、深度方向へ 1.3m・2.3m・3.3m・・・と 1m 間隔で入力する。積分電流計測開始の起点についても、同じくボーリング調査開始の孔口高さを起点とする場合には、深度方向へ 1.0m・2.0m・3.0m・・・の深度に積分電流値が打点されるため、グラフ上では 0.3m の打点深度の差が生じることになる。

### ③積分電流値の深度誤差に対する措置

上述のとおり、グラフ化された積分電流値の深度には、最大で単位区間程度のずれが生じることに留意し、以下の対策（初期設定と調整）を講じる。

積分電流値の単位区間を 1.0m ではなく 0.5m 以下と密に設定することや、4) で示したとおり支持層到達の瞬間をとらえた判断を行うために、瞬時の電流値変化との併用で判断するのが良い。従前の統合的な管理システム（施工管理装置）では積分電流値と電流値を同時にモニター表示することができなかったが、現在は改善されてこれが可能となっているものが多い。

また、最終深度での積分電流値を表示させるために、最終深度に合わせた初期設定（ゼロ深度設定）と調整を実施する場合もある。ただし、この手法の場合、最終掘削深度の種類が多いと、深度設定（初期設定、基準高さとの関係）が煩雑になり、間違いが生じやすくなる点に注意する。

## 6) オーガ駆動装置の種類による影響

積分電流値等により支持層到達の確認をする場合、同一の掘削条件（掘削速度、掘削液の吐出量、オーガ回転数）で施工することが前提となる。

オーガ駆動装置が電動式の場合は、オーガ回転数を一定に保つように電流値が変化する機構になっており、掘削速度一定で施工する場合、地盤が硬くなって掘削抵抗が大きくなるとオーガ回転数を保つために電流値が大きくなる。また、掘削速度が遅くなると掘削抵抗は小さくなるため電流値は小さくなるが、掘削時間は長くなる。反対に、掘削速度が早くなると掘削抵抗は大きくなるため、電流値は大きくなるが、掘削時間は短くなる。よって、電流値×時間から求まる積分電流値として評価すれば、掘削速度の影響は少なくなる。

一方、油圧式のオーガ駆動装置は、同一の掘削条件での施工が困難な場合がある。油圧式は、ほとんどの場合小型の杭打ち機で用いられ、電動式に比べ掘削能力が小さいため、掘削抵抗が大きくなるとオーガ回転数が低下し、止まってしまう場合がある。また、地盤が硬くなって掘削抵抗が大きくなると、油圧を変化させて対応するというよりも、油圧オーガの最大能力で掘削時間をかけて掘削するため積分値としては大きくなる。

## 7) 杭工法の違いによる確認時の留意点

埋込み杭工法には、「全長同径（杭周固定部と根固め部が同径）で掘削するタイプ」と、「根固め部を拡大掘削するタイプ」がある。

全長同径で掘削するタイプの場合は、根固め部位置の上下で掘削径が変わらないので、地盤が硬くなると掘削抵抗も大きくなり支持層到達の確認は比較的容易である。

根固め部のみを拡大掘削するタイプは、工法により拡大根固め部の掘削方法が異なるものがある。たとえば、全長同径で掘削底まで掘削後に拡大掘削する「拡大掘り上げ方式」と、根固め部上部から拡大作業を開始する「拡大掘り下げ方式」である。「拡大掘り上げ方式」の場合は、全長同径で掘削するタイプと同様、支持層到達の確認は比較的容易である。一方、「拡大掘り下げ方式」の場合は、同一地盤であっても拡径により掘削抵抗が大きくなることから、積分電流値の上昇理由が地盤強度なのか、拡大作業によるものか判断が難しくなる。特に、根固め部上端深度と支持層到達深度が近い場合は、支持層到達後に根固め部を掘削する場合と根固め部の途中で支持層が出現する場合があるので、施工状況も含めて総合的に支持層到達の確認を実施しなければならないことに留意する。

このように、同じ地盤構成でも掘削方法の違いにより掘削抵抗値の傾向が異なる。掘削方法が異なる場合の出カイメージ（異なる掘削抵抗値の傾向）の例を図5-3、図5-4に示す。ただし、これらはあくまで工法ごとの一般的な傾向を示す例であり、同じ工法であれば一律同じような傾向を示すと言うわけではない。

図5-3は、プレボーリング工法で比較的多い、根固め部を拡大掘削するタイプ（「拡大掘り上げ方式」）、及び全長同径で掘削するタイプの出カイメージである。拡大掘削の影響は積分電流値に現れず、データとしては比較的N値の波形に近い傾向で積分電流値が打点されることが多い。

中掘り工法と比較すると、掘削径が杭径より大きい点や、掘削ヘッド上方に取り付けたスクリー、ロッドの抵抗も加算される点から、掘削土の抵抗を受けやすく、積分電流値はプレボーリング工法の方が全体的に大きくなる傾向にある。

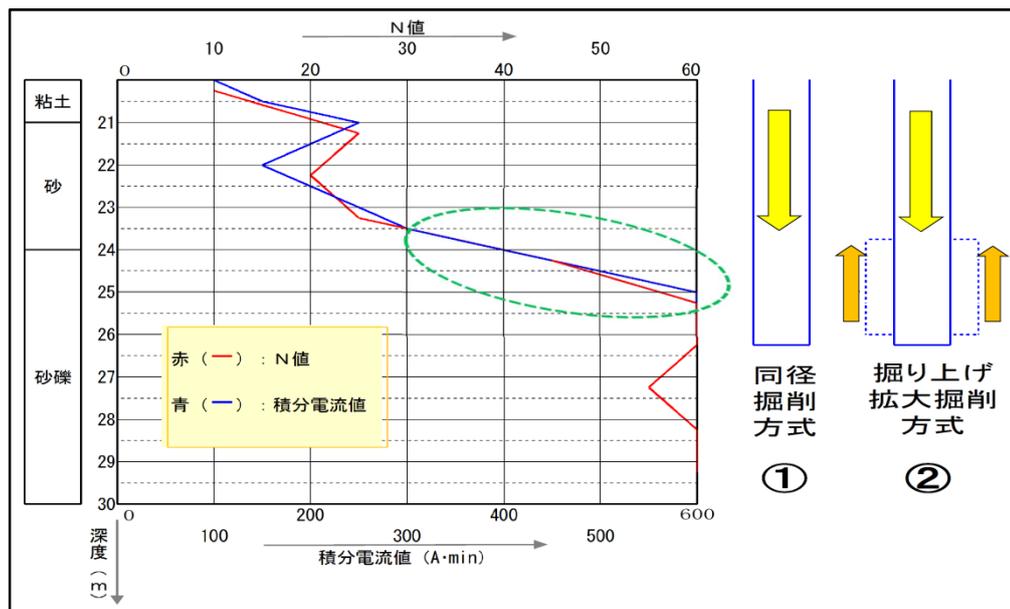


図5-3 事例1（同径掘削方式・拡大掘り上げ方式の例）

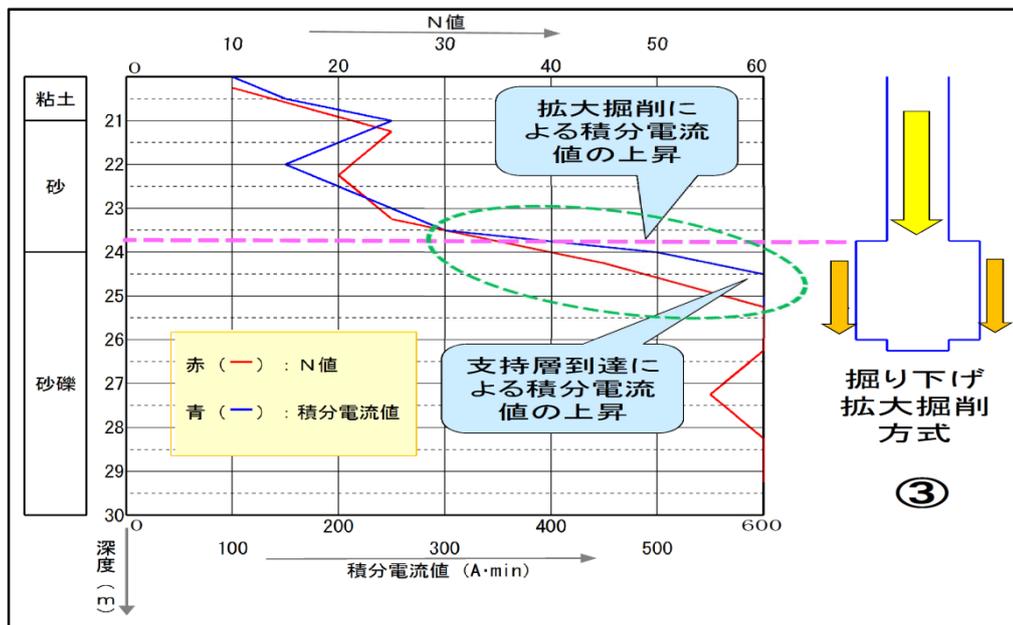


図 5-4 事例 2 (拡大掘り下げ方式の例)

図 5-4 に、根固め部上端から拡大掘削する「掘り下げ方式」の例を示す。根固め部上端以深の初期掘削を拡大状態にて掘削するため、拡大掘削により掘削抵抗が大きくなる。支持層に未達でも拡大時に積分電流値が大きくなる場合があるため、支持層到達の確認は、掘削速度の変化や施工機械の振動等から総合的に行う必要がある。データとしては N 値の波形に比較的近い傾向で積分電流値が打点されることが多い。

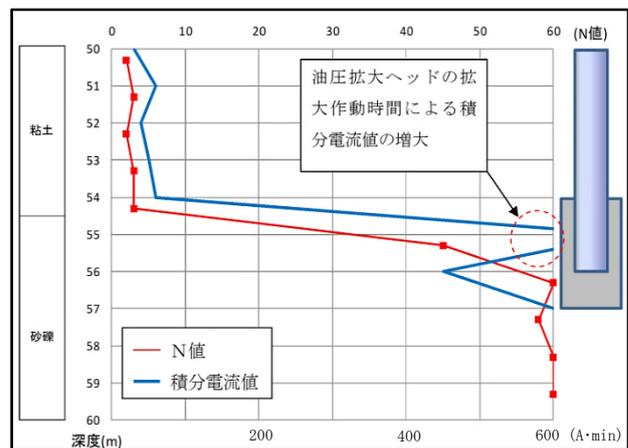


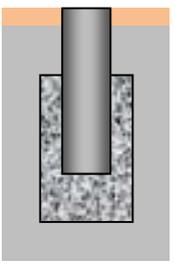
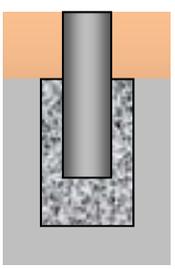
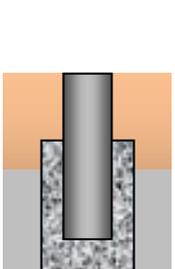
図 5-5 事例 3 (中掘り工法の例)

図 5-5 に、参考として中掘り工法の例を示す。中掘り工法で根固め部上端から油圧機構で拡大掘削する場合は、根固め部上端深度において油圧による作動時間(油圧式の場合 60 秒～90 秒程度)を要することから、見掛け上、その深度での積分電流値が大きくなる。これは、積分電流計装置のシステム上、同一深度で経過する時間を加算していくためである。その後、拡大掘削(掘り下げ)を開始すると一旦積分電流値が下がり、再度積分電流値が大きくなる傾向がある。中掘り工法では、掘削径が杭内径より小さいこと、根固め部上方については杭中空部の土砂を強制排出することから、掘削装置の抵抗が減りプレボーリング工法と比べると、積分電流値の波形は類似するが、積分電流値の値としては全体的に小さくなる傾向がある。

そのほか、根固め部より上方に杭周固定拡大掘削部(2m 程度の杭周固定液注入部)があるものもあり、拡大掘削開始深度は支持層到達深度よりも浅い深度となることが一般的である。

以上を踏まえ、杭工法(根固め部の掘削方法)の違いによる確認時の留意点のまとめを表 5-1 に示す。

表5-1 杭工法（根固め部の掘削方法）の違いによる支持層到達の確認時における留意点

支持層到達深度 と根固め部上端深度 との位置関係		根固め部の施工（掘削）方法		
		同径掘削 （拡大掘削作業 なし）	拡大掘削作業 あり	
			根固め部の 上部から拡大 （掘り下げ方式）	全長掘削後 に拡大 （掘り上げ方式）
根固め部より 上方で支持層が出現 する場合		全長同径掘削である ため、掘削抵抗が上 昇した深度で支持層 に到達したと判断で きる	杭周区間で支持層が 出現するので掘削抵 抗が上昇した深度で 支持層に到達したと 判断	根固め部底まで軸 部掘削してから拡 大掘削（掘り上げ） するので、拡大前に 掘削抵抗が上昇し た深度で支持層に 到達したと判断
根固め部上 端と同じ深 度で支持層 が出現する 場合			拡大掘削開始による 掘削抵抗の上昇か、 支持層による上昇 か、試掘結果等との 総合判断が必要	
根固め部上 端より下 方で支持層が 出現する場 合			拡大掘削と支持層へ の到達の2段階で掘 削抵抗の上昇を確認 し、掘削速度の変化 や施工機械の振動等 からの総合判断が必 要	
工法の実例 （高支持力杭工法の例）		Hyper ストレート BASIC Hybrid ニーディング II Hyper-MEGA ( $\omega=1.0$ ) HiFB	Hybrid ニーディング *New-STJ *SUPER DANK *Hyper-NAKS（杭周 固定部から拡大） *Hyper-NAKS II（杭周固 定部から拡大）	Hyper-MEGA ( $\omega>1.0$ ) MRXX HBM DYNAWING
概要 （事例の図番号）		図5-3 事例1	図 5-4 事例 2 *図 5-5 事例 3	図5-3 事例1

【注記】 \*は中掘り工法（参考明記）であり、特記なしはプレボーリング拡大根固め工法である。

#### 5-4. 施工状況の変化による確認時の留意点

N 値が高い地盤においては掘削抵抗が大きくなり、機械の振動が大きくなることや、オーガ駆動装置の音に変化・増大することによって支持層への到達を視覚的に判断できることがある。

従来からこの手法は施工現場において実行されてきた。地盤によっては、特に、硬質な砂礫層で、礫径がある程度大きいような場合は、この方法でも容易に判断できる。しかし、この確認方法は客観的な施工記録として残すことが難しいため、補助的な手段に用いるのみで、記録に残らないことが多い。そこで、自主ルールとして策定した杭の「施工管理チェックシート」では、支持層への到達深度として当該方法の記入欄を設け、元請技術者も立会うことで記録化し、判断材料の一つとしている。

支持層への到達深度の判断基準は、掘削抵抗の変化が主となるが、具体的かつ詳細な支持層到達深度の判定ができない場合もある。このため、瞬時の電流値変化や施工状況の変化（機械の振動、オーガ駆動装置の音）が、より焦点を絞った支持層到達深度の判断として有効となることがある。

#### 5-5. 試掘による確認時の留意点

試掘は、試験杭・本杭とは異なる別孔（試験杭・本杭に影響のない近傍）で実施する。その実施方法には、目的により以下の1)と2)の2種類に大別できる。

試掘実施のタイミングは、工事の初期段階や施工途中の想定外への確認対応の場合もあり、追加ボーリング調査の代替えとして実施する場合等、様々である。

杭打ち機を使用した試掘は、比較的速やかに結果が得られるため、工程に与える影響は小さいが、ボーリング調査に比べて得られる地盤情報の信頼性・確実性はやや劣ることを認識しておく必要がある。

杭を中間支持層で支持する場合、中間支持層を貫通して支持層下端深度（中間支持層の層厚）を確認する際には、試掘は有効な手法である。しかし、試掘による土砂試料採取と目視観察だけでは中間層とその下方の土質（土層）の違いが不明瞭で判断し難い場合は、ボーリング調査の実施を検討する。

##### 1) 支持層到達の管理指標の設定や試験杭で定めた指標の確認を目的とする場合

杭の実施工と同様に掘削液を使って、オーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）の変化と施工状況（機械の振動、オーガ駆動装置の音）の変化をもとに、支持層到達を判断する。

この試掘用の孔で、一連の施工を実施して未固結試料採取を併用して行うこともある。この場合は、試験杭よりも先行して管理指標の設定を行うことになる。

施工後、引き上げ回収した掘削ヘッドに支持層部の土砂が付着している場合には、支持層到達の確認がここでも可能となる。留意点としては、5-2と同様であるので参照のこと。

##### 2) 支持層の原土採取を目的とする場合

掘削液の使用を、掘進可能な最小限の量にとどめ、所定深度（掘削底）に到達した段階で掘削攪拌装置の回転を止めて静かに引上げ、支持層部の原土を採取する。この土砂が土質標本試料や土質柱状図の記事内容等と合致していれば、支持層到達と判断する。

## 5-6. 支持層到達の確認と地盤条件

### 1) 支持層到達の確認が容易な地盤条件の例

支持層到達の確認が容易な地盤条件の例としては、支持層以浅と支持層の土質変化が明瞭な場合が挙げられる〔**図 5-6**〕。支持層以浅と支持層部の地盤のN値が大きく異なるような、支持層以浅が軟弱な地盤（いわゆるL字型地盤）においては、掘削抵抗（電流値、積分電流値）の上昇変化による支持層到達の確認は容易であり、この確認方法の適用性は高い。

特に、支持層以浅から支持層に至る地盤構成の順序が、軟弱な粘性土・シルト → 砂礫（N値が高く、礫径が比較的大きい場合：**図 5-6**の上図）である場合においては掘削抵抗の上昇やその波形形状の変化も読み取りやすく、その確認も容易となることが多い。

このような地盤条件の場合は、施工状況の変化（機械の振動やオーガ駆動装置の音の増大）も顕著となることが多く、この方法も有効な確認方法である。掘削ヘッド等に付着した掘削土採取による方法や試掘による方法は、採取の可否・確実性は杭長（施工掘削長さ）にもよるが、例えば支持層の砂礫が掘削ヘッドに付着した状態で採取できることも多い。このように、支持層到達の確認においては複数の判断材料が揃うこととなり、総合的に判断するという観点からも施工管理がしやすい場合が多い。

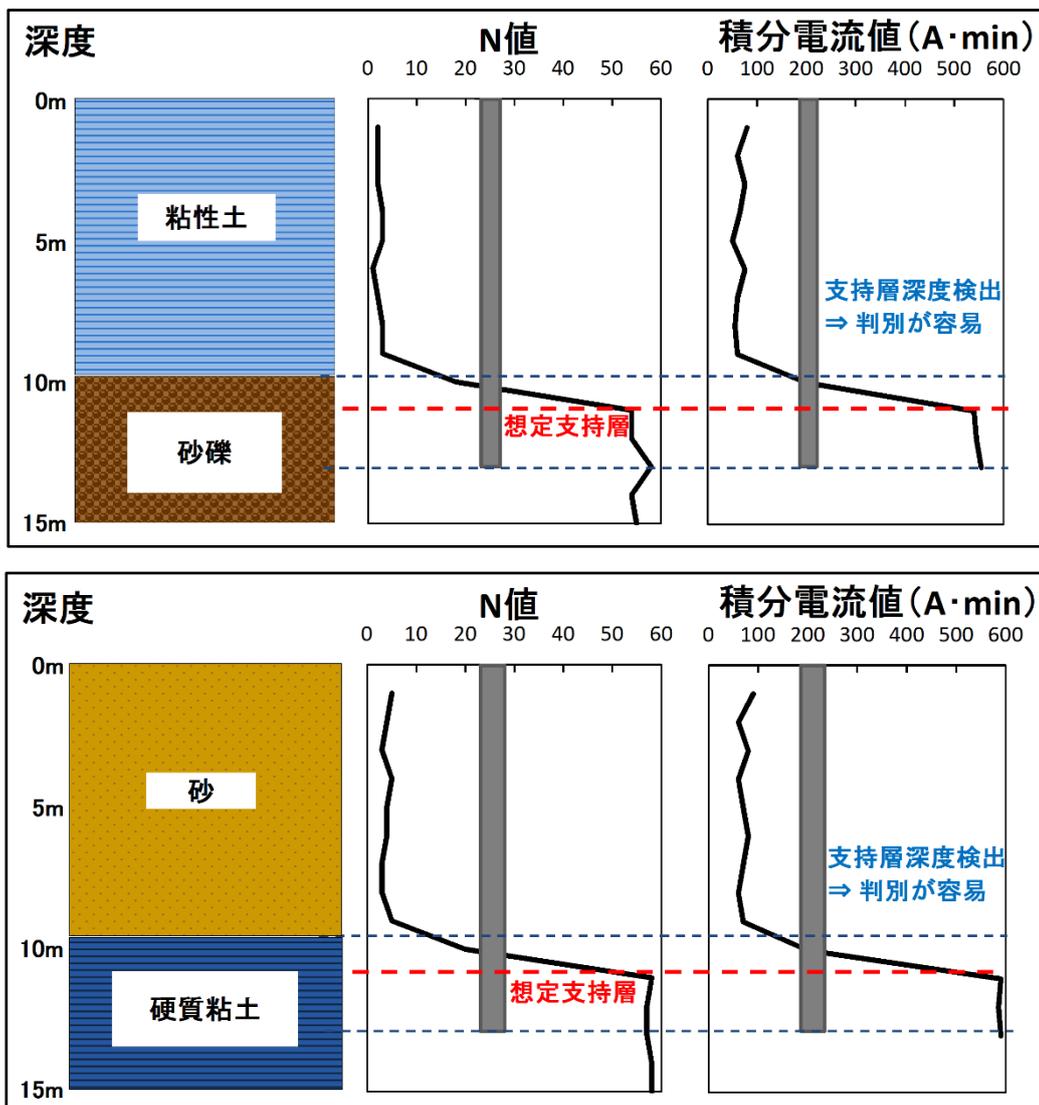


図 5-6 支持層到達の確認が容易な地盤の例

## 2) 支持層到達の確認が困難な地盤条件の例

支持層到達の確認が困難な地盤条件の例としては、支持層以浅と支持層の土質変化が不明瞭な場合が挙げられる〔**図 5-7**〕。オーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）は、地盤の締固め度合い、構成される土粒子径、粘性、含水量等の地盤条件（地盤の変化）に影響されるので、掘削抵抗の変化 $\equiv$ 土質の変化としてとらえられるが、例えばN値が35と40、45と50など僅差の場合には、顕著な違いが見られない場合が多い。

従って、支持層以浅から支持層部の地盤のN値が徐々に増加するような地盤では、掘削抵抗の変化による支持層到達の確認は困難となる。特に、同種の土質が上層から続く（砂 $\rightarrow$ 砂、粘性土 $\rightarrow$ 粘性土：**図 5-7**）場合においてはその確認は非常に難しい。また、このような場合は、掘削ヘッド等に付着した掘削土採取による方法、試掘による方法、施工状況の変化（機械の振動やオーガ駆動装置の音の増大）による方法も同様に確認が困難な場合が多い。

このような地盤では、ボーリング調査等による「地盤調査結果に基づく確認」（掘削長による管理）を主体とする。当該敷地全域の支持層の平面的深度分布を十分に把握できるだけの調査を計画段階で実施することが最も重要である。掘削抵抗の変化による確認等は、施工段階における補助的な確認方法であり、施工管理の一環として実施するものである。

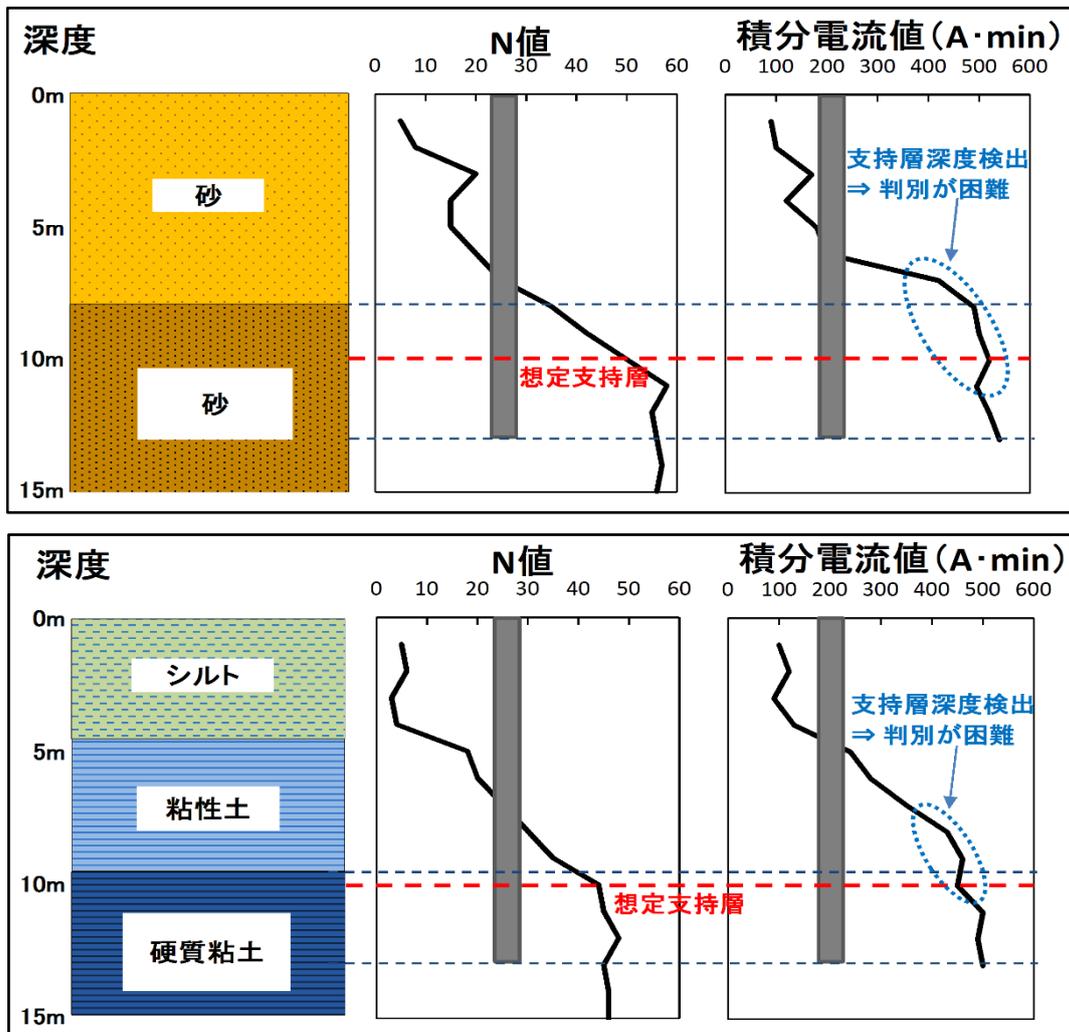


図 5-7 支持層到達の確認が困難な地盤の例

## 6. 支持層が設計時条件と異なる場合の対処

### 6-1. 支持層への到達深度が計画深度よりも深い場合の例

#### 1) 対 処

計画深度になってもオーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）の上昇変化・波形変化が現れない場合、また、試験杭で定められた管理指標の値と大きく異なる場合には、機械の振動やオーガ駆動装置の音の増大等の施工状況変化がないかも確認する。

その後、所定の最終掘削深度に至っても状況変化がない場合は、支持層への到達が確認できないものとして、これ以深への施工は直ちに中止し、杭メーカー等の杭工事管理者は元請技術者・監理者と対処方法等を協議する。

また、計画深度よりも深い位置で支持層への到達が確認された場合には、設計者が定めた必要根入れ長が確保できないことも想定される。「設計者が定めた必要根入れ長」とは、**図 2-1** ①杭材の支持層への根入れ長さを指すが、工法認定上、杭材の支持層への根入れ規定がある場合はこれに従う。根入れ長が不足すると、支持力算定式における設計先端N値が確保できなくなる場合があるため、施工前に支持層に対する設計者の意図や要求性能を確認し、管理指標等を明確にしておく必要がある。いずれにしても、杭メーカー等の杭工事管理者は、勝手な判断を行わずに元請技術者に掘削時の状況を遅滞なく報告する必要がある。

#### 2) 処置方法

①掘削抵抗の上昇変化・波形変化が確認できるまで掘削を行い、あくまでも、支持層への到達深度を当該杭心位置にて確認する。

②当該杭やその他の本杭に影響のない近傍にて追加ボーリング調査や試掘を実施し、支持層への到達深度を確認する。

#### 3) 支持層への到達深度を確認した後の対策

対策については、設計者・監理者からの指示に従うことが基本であるが、一般的に以下の事項が提案できる。ただし、これらの対策方法によっては、建築基準法上では設計変更（軽微変更を含む）の手続きが必要となる場合があることに注意する。また、杭長変更を伴う場合の納期対応による工期遅延影響、コスト等を総合的に勘案した対策が採用されることとなる。

①設計者が定めた必要根入れ長を確保するため、杭天端を下げ、基礎底面を下げて調整する（杭長変更なし：根入れ長さ不足が1 m程度と比較的小さい場合に採用）

⇒ 基礎底面を下げるのが可能かの検討〔**図 6-1**〕

②杭長を再設定する（杭長変更あり：根入れ長さ不足が1 m程度以上と大きい場合に採用）

⇒ 新規製造、在庫杭・他現場杭の転用を検討〔**図 6-2**〕

③増し杭をする（杭長変更なし）

⇒ 支持力計算による照査が必要

④杭頭上部に設計対応可能な鋼管を継ぎ足し、内部をRC補強する

⇒ 鋼管の新規製造〔**図 6-3**〕

⑤杭下部（根固め部下部）を深掘りする（杭長変更なし）

⇒ 各工法の認定内容により、本対策の採用の可否を判断する必要がある。

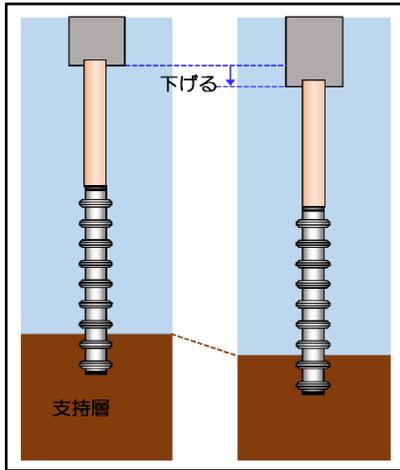


図 6-1 基礎底面と杭頭を下げる場合の例（杭長変更なし）

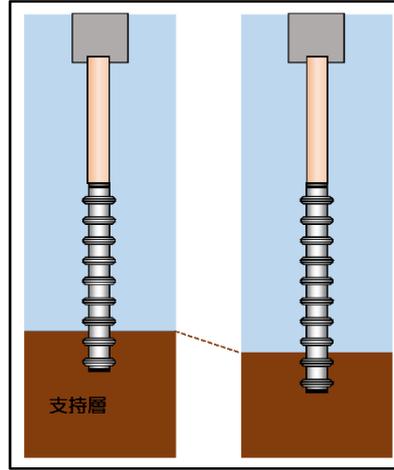


図 6-2 杭長を再設定する場合（下杭を長くする例）

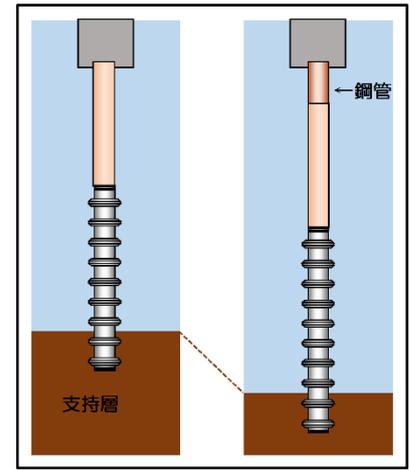


図 6-3 杭長を再設定する場合（杭頭上部に鋼管を足す例）

## 6-2. 支持層への到達深度が計画深度よりも浅い場合の例

### 1) 対処

計画深度以浅でオーガ駆動装置の掘削抵抗（電流値、積分電流値）の上昇変化・波形変化が現れ、試験杭で定められた管理指標の値程度となり、この地盤が設計者が定めた支持層であることに相違ない場合には、以下の対処方法が考えられる。

- ・設計で定めた支持層への所定の根入れ長を確保し、杭長を短く変更する対処方法  
⇒ 杭頭のカットオフ+必要に応じて補強、または、下杭・中杭の杭長変更
- ・設計で定めた杭長を変更しないで打設する対処方法  
⇒ あくまでも当初設計どおりの杭長を変更せず、支持層への根入れ長を延長

いずれにしても、杭メーカー等の杭工事管理者は、勝手な判断を行わずに元請技術者に掘削時の状況を遅滞なく報告する必要がある。

### 2) 処置方法

- ・当該杭やその他の本杭に影響のない近傍にて追加ボーリング調査や試験掘を実施し、支持層への到達深度の妥当性を確認する。  
⇒ ・杭長を短く変更する場合の杭長の再設定のための資料とする。  
・設計どおりの杭長で打設するための支持層以深の地盤情報の把握を行う。

### 3) 支持層への到達深度を確認した後の対策

対策については、設計者・監理者の指示に従うことが基本であるが、一般的に以下①～③を提案できる。ただし、対策方法によっては建築基準法上では設計変更（軽微変更を含む）の手続きが必要となる場合があることに注意する。また、新規製造による杭長変更を伴う場合は、工程遅延やコスト増等について予め監理者（施主）の了承を得る必要がある。

#### ①杭長を再設定する場合（杭長変更あり）の対策（その1）

- ⇒ 下杭または中杭の新規製造、在庫杭・他現場杭の転用を検討する〔図 6-4〕。また、支持力計算（摩擦力の低下の可能性）による照査・検討が必要である。

#### ②杭長を再設定する場合（杭長変更あり）の対策（その2）

- ⇒ 当初設計にて製造済みの杭材料を使用して杭打設を行い、上杭の杭頭をカットオフして

設計を満足する補強（鋼管補強、RC構造補強）を行う〔図 6-5〕。この際、上杭がPHC杭やPRC杭の場合には、カットオフ時のプレストレスの損失を考慮しなければならない。

また、支持力計算（摩擦力の低下の可能性）による照査・検討が必要である。

③杭長を再設定しない場合（杭長変更なしで支持層への根入れ長を延長）の対策

支持層が想定よりも浅いにもかかわらず、設計掘削長まで掘削を行うこと〔図 6-6〕は、装置への負担増や施工時間の延長等、施工管理において負荷となる。また、掘削（軸部掘削及び拡大仕様の場合の拡大掘削）の可否そのものを判断する必要もある。掘削能力が不足する場合は、能力の高い施工機械での対応や、ケーシング削孔を併用する等、掘削方法等を変更して対応する。

なお、支持層が浅い場合においては、地盤剛性によって水平力の分担割合が変わる可能性があることにも留意する必要がある。

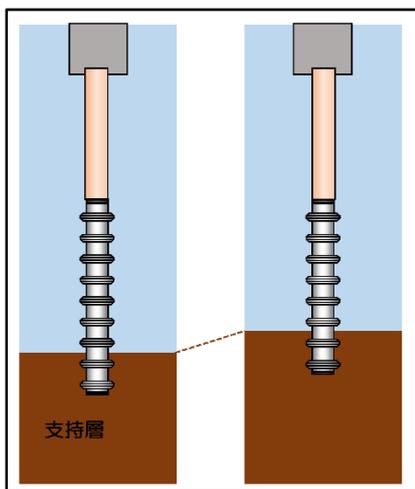


図 6-4 杭長を再設定する場合  
（下杭を短くする例）

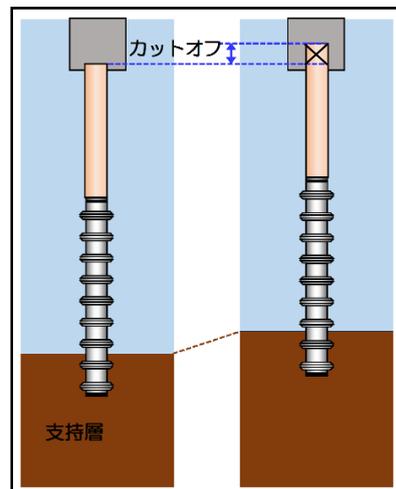


図 6-5 杭長を再設定する場合  
（上杭をカットオフする例）

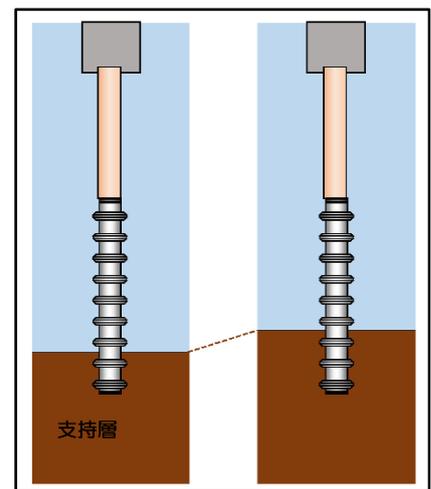


図 6-6 杭長を再設定しない場合  
（根入れを深くする例）

「杭の施工管理における支持層到達の確認方法（既製コンクリート杭 埋込み工法）」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
	森山 毅子彦	・・・	大成建設株式会社
	須見 光二	・・・	コンクリートパイル建設技術協会
	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