

若年技術者のための基礎知識

基礎杭（場所打ち杭）編

坂田建設株式会社 技術部長
鈴木 正司

基礎杭として、確実な出来形・品質の信頼性・施工性・経済性に優れた特徴のある場所打ち杭は、オールケーシング工法です。

今号は、場所打ち杭の施工経験が少ない若い技術者が、オールケーシング工法によって品質を確保し、トラブルを未然に防止するノウハウとして活用いただければと思います。

1 軟弱地盤（N値＜2）で杭頭寸法が不足する

場所打ち杭の杭頭部の直径が、軟弱地盤（N値＜2）で設計の杭径より30～50mm不足するケースがよく発生します。

場所打ち杭の施工が完了し、構造物掘削を行い、均しコンクリートを打設し、杭頭処理をした後、杭の出来形計測をしている時に杭径が不足していることに気づきます。翌日からフーチングの鉄筋組立作業を開始する工程でしたが、出来高不足の

ために原因追及と対策計画の立案で、工事は1か月程度ストップしてしまいます。出来形が不足する位置の図面を作成し、不足している深さも測定します。不足している深さは、計画高さから30～50cm程度となります。基礎杭とフーチングの接合部は、応力が大きくなる場所なので、慎重にトラブルの対応を行うしかありません。

軟弱地盤（N値＜2）で、場所打ち杭の杭頭寸法が不足する

オールケーシング工法によって施工した場所打ち杭の杭頭部の直径が、設計より30～50mm以下となるケースがよく発生する。

●原因

- ① ケーシングパイプを抜いた後、コンクリート静圧力（設計高さ+50cm）が少ないので、杭周辺の地盤が移動し、杭径の欠損箇所が発生する
- ② クローラークレーンでケーシングを引き上げる時は、ケーシングパイプを直上からゆっくり引き上げることが必要であるが、引抜速度が早いと負圧が発生し、周辺土砂が移動する
- ③ 杭頭まで土被りが少ない場合、ケーシングパイプを引き抜く時にクレーンの吊り角度が鉛直になっていないと、ケーシングパイプの重量で周辺の土砂が移動し、杭頭直径が欠損する

●対処方法

- ① 発注者にすぐ報告する
- ② 杭の設計高さから30～50cm程度掘削して杭の直径欠損部を図化する
- ③ 欠損箇所は主鉄筋内のコンクリートに影響のないようにピックなどでハツリ、型枠を設置し

て所定の杭径を確保し、同種コンクリートを打設する

- ④ 掘削した箇所は、切り込み碎石（生コンで対応したこともある）を充填してよく転圧をする
- 予防処置として
 - ① 杭頭寸法の不足の予防処置は、余盛りコンクリートを設計高さ+1 mとする
 - ② ケーシングパイプを引き上げる時、クレーンのオペレーターに杭頭の設計天端高さ±1 m（合計2 m）は、時間（1分/m程度の引き上げ速度）をかけて引き上げるよう指示する

2 玉礫地盤でも杭頭寸法が不足する

河川内の橋脚工事に見られるトラブルです。軟弱地盤ではあるけれど、床付け地盤辺りが玉礫層となっている地層でも設計の杭径より100～150mm不足するケースが発生します。ケーシングパイプを引き抜いた後、被り部分のコンクリート中に、玉礫が主鉄筋まで入り込むことがあります。杭頭断面を上から見ると、ところどころ歯が抜けたような出来形となります。玉礫が被り部分に入り込んでいた深さを調査すると、軟弱地盤（N値<2）と同様に計画高さから30～50cm程度となっていました。

このことは、非常に興味深い結果です。場所打ち杭のコンクリート打設高さは、設計計画高の+50cmとなっています。これは、ケーシングパイプ内の打設したコンクリート上部には、ケーシングパイプ最下端の取りきれなかったスライムが混入しているため、コンクリートの打ち止め高さを50cm高くして、後からその50cmのスライムが混入した部分を取り除くためです。そこで、コンクリートの打ち止め高さを正確に管理することが必要とな

りますが、杭頭寸法が不足する深さは、軟弱地盤（N値<2）でも玉礫地盤でも、余盛りコンクリート天端からほぼ1 m程度です。つまり、フレッシュコンクリートの深さ1 mの静圧力は、周辺地盤の動きや玉礫の移動も食い止めていることになります。そこで、余盛りコンクリートは設計計画高の+50 cmですが、あと50cm高くすることで解決できます。しかし、杭頭処理のボリュームは増えますので、実行予算に反映させる必要があります。

さらに施工上の原因として、ケーシングパイプの引き上げ方に問題があると考えます。一般的に杭の設計計画天端高は、地盤面からフーチングが地中に隠れる2～6 m程度のフーチング下面より+10cmとなります。特に、土被りが無い場合は、一気にケーシングを引き上げると、ケーシングパイプ内のコンクリートも一気に上昇し、負圧が発生します。当然、周辺地盤や玉礫を引き込むことになり、杭頭寸法が不足します。

結論として、杭頭寸法の不足の予防処置は、余盛りコンクリートを設計計画高の+1 mとします。

床付け地盤が玉礫だと、場所打ち杭の杭頭寸法が不足する

礫層、転石が床付け部に存在する場合も軟弱地盤（N値<2）と同種のケースが発生する。オールケーシング工法によって施工した場所打ち杭の杭頭部の直径が、被り部分に玉礫が食い込み、設計より直径が100～300mm程度減少する。

- 現象
 - ① 礫層が床付け位置にある場合には、ケーシングパイプを引き上げた時に杭の被り部分に礫が入り込み、杭径の確保ができない場合がある

- ② 特に玉石がある場合は、被り部分に玉石が相当部分入り込んでしまうケースがあった
- ③ 主鉄筋の内部までは玉礫は混入しないので、主鉄筋より内側は問題ない

● 原因

1の「軟弱地盤（N値＜2）で、場所打ち杭の杭頭寸法が不足する」と同様

● 対処方法

床付け地盤が玉礫層の場合、杭頭欠損が発生すること及びその対策を事前に協議する。杭頭欠損があった場合、1の「軟弱地盤（N値＜2）で、場所打ち杭の杭頭寸法が不足する」と同様

● 予防処置として

1の「軟弱地盤（N値＜2）で、場所打ち杭の杭頭寸法が不足する」と同様

3 鉄筋の共上がりの原因を考える

オールケーシング工法の場合、トレミー管を使用してコンクリートを打設しながら、ケーシングパイプを引き上げます。この時にケーシングパイプ内に建て込んだ鉄筋かごと一緒に上がってしまうことがあります。その対応を間違えると取り返しのつかない事態へと発展します。

なぜ、鉄筋が共上がりをするのかというと、ケーシングパイプと組み立てた鉄筋が接触しているという単純で簡単なものです。

その原因は、ケーシングパイプ・鉄筋かご・コンクリート打設にあります。

1 ケーシングパイプが原因の場合

- ケーシングパイプの建て込み時の鉛直精度が悪かった場合

ファーストチューブ4mを押し込み、6mのケーシングパイプを連結して建て込んだ時、上下で3cmの誤差があれば、30m下では15cmとなり、ケーシングパイプと主鉄筋の間には被り部分がなくなつて接触し、ケーシングパイプを引き上げる時に一緒に鉄筋かごが上がってしまう可能性があります。また、正確な鉛直性を保つためには、X・Y方向からの鉛直性の確認が大切となります。

2 鉄筋かごが原因の場合

- 組み立てた鉄筋が楕円状に変形しているか主鉄筋が鉛直でない場合
鉄筋かごが正確な円形でないと、ケーシングパ

イプに接触してしまいます。

- 上下の組み立てた鉄筋の継ぎ手が鉛直でない場合
鉄筋かごを鉛直に設置したつもりでも、ケーシングパイプと主鉄筋の間は、被り部分がなくなつて接触し、ケーシングパイプを引き上げる時に共上がりする可能性があります。
- 組み立てた鉄筋が重さで座屈してしまう場合
杭の上部の鉄筋量は下部に比べて多くなっています。また、組み立てた鉄筋を建て込みコンクリートを打設開始した時に、重さによって下部の主鉄筋が座屈することがあります。そのため、下部の主鉄筋には、鉄筋の全重量やコンクリート重量と打設時の衝撃がかかるので、細長比により許容座屈長さを計算して、座屈が起きないようなピッチで、主鉄筋の内側に補強鉄筋を配置します。

3 コンクリート打設が原因の場合

- スライム除去時に取り残した玉石が、コンクリートを最初に打設した直後に移動し、ケーシングと鉄筋かごの隙間に挟まった場合
- 帯鉄筋のフックの角度が大きいと、コンクリート打設中にトレミー管とせり合い、トレミー管を引き上げる時に鉄筋かごを上昇させる場合
帯鉄筋の形状が重ね継ぎ手で、定着がフックとなっている場合は、事前に協議を行い、フレアー溶接に変更しておくことが大切です。

杭主鉄筋の座屈の計算の例

このセルに数値を入力する

座屈防止用補強鉄筋ピッチを右のセルが
"OK" になるようにトライアル入力する

使用鋼材 1: SD295 2: SD345

杭 1 本当たりの鉄筋全重量 W

杭下部主鉄筋の径

杭下部主鉄筋の本数 n

座屈防止用補強鉄筋ピッチ L

帯鉄筋ピッチ B

コンクリート加算重量と衝撃係数 (安全率) f

鉄筋の断面積 A

鉄筋の断面 2 次モーメント I

鉄筋の断面 2 次半径 i

細長比 $\lambda = L / i$

限界細長比 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 E}}$

安全率 $\nu = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$

座屈許容応力度 (短期に生じる力に対する圧縮材の座屈の許容応力度)

$\lambda \leq \Lambda$ のとき $f_c = \frac{1 - \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2}{\nu} \times F$

$\lambda > \Lambda$ のとき $f_c = \frac{18 F_y}{\lambda^2} \times 1.5$

座屈許容応力は、平成 13 年 6 月 12 日国土交通省
告示第 1024 号より引用した

杭の下部主鉄筋 1 本数にかかる荷重

$P = \frac{W}{n} \times f$

$\sigma = \frac{P}{A}$

座屈防止用補強鉄筋の配置ピッチ

配置ピッチ H

$H1 = \frac{L}{2} \times \frac{B}{2}$

補強鉄筋のみで杭の鉄筋全重量とコンクリート加算重量と衝撃を受けるとする

$H = \frac{H1}{2} \times \frac{B}{0.300}$

※ 技士会 HP の機関誌「DOBOKU 技士会 東京」バックナンバー 第 46 号 (2010 年 4 月号) からダウンロードできます

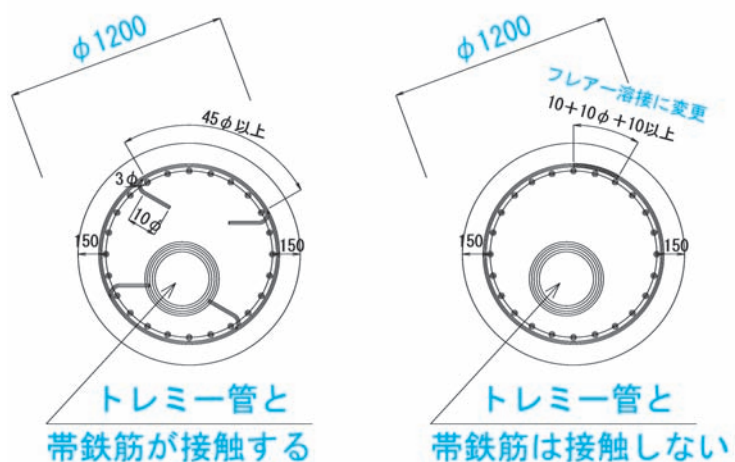
4 鉄筋の共上がりの原因を施工に生かそう

鉄筋を共上がりさせない対処方法は、その原因を理解することで対処することができます。原因から考えられる管理のポイントは、以下の通りです。

- 1) ケーシングパイプを傾斜させない
 - 建て込み時、X・Y 方向での鉛直性を確保する
- 2) ケーシングパイプが傾斜してしまったら
 - 傾いている側の被り部分のスペーサーを傾きに対応する大きさとする
- 3) 鉄筋かごを変形させない
 - 円形の組立用鉄筋 (座屈防止用補強鉄筋) を使用し、主鉄筋と確実に溶接固定する
 - 鉄筋加工組立治具により、まっすぐに組み立てる
 - 仮置き時や鉄筋運搬時に鉄筋かごを変形させない

- 4) 鉄筋かごをケーシングパイプの中心で鉛直に建て込む
 - 継ぎ手部分では、鉄筋かごの上下が鉛直になるように結束する
- 5) 鉄筋を座屈させない
 - 杭長が長い杭は鉄筋重量が多くなるので、下部の鉄筋には補強鉄筋を入れる

場所打ち杭帯鉄筋は、フレアー溶接に変更する



- 6) 鉄筋かごが片側により、被り不足となる
→ 適正なスペーサーを用いて適正な被りを確保する
- 7) スライム内にある玉石がケーシングパイプと鉄筋かごの間に挟まる

- 鉄筋底部の異形鉄筋のピッチを100mm以下とし、コンクリート打設による玉石の舞い上がりを防止する
- 8) 帯鉄筋はフレアー溶接にする
→ 事前に発注者と協議して了解を得ておく

5 鉄筋が共上がりしてしまったら迅速な処置を取ろう

鉄筋の共上がりが発生した場合、ケーシングパイプを上下に動かしたり、揺動をかけたりして、ケーシングパイプと鉄筋かごの接触を切ることで、どうしても鉄筋の共上がりを抑えることができない場合は、以下の通り処置しましょう。

- ① コンクリートが固まらないうちに早急に鉄筋を引き抜きます
- ② 底部にコンクリートを残さないように排出します
- ③ 再度、鉄筋を建て込み、コンクリートを打設し直します

6 鉄筋の高止まり、鉄筋天端やコンクリート天端が低くなった時の手順を決めておこう

1 鉄筋が高止まりした時の手順

施工途中で分かった場合は、前述の通りに行いますが、基礎杭工事が完了し、構造物掘削を行って、均しコンクリートを打設してから、鉄筋が高止まりしていることが分かった場合には、

- ① すぐに発注者に報告する
- ② 杭の載荷試験による確認が必要となる
- ③ 場合によっては設計の見直しから増し杭が必要になることがある

などの対応が必要となります。

その原因は、鉄筋の共上がりに気づけなかったか、測量のミスが考えられます。杭の載荷試験の結果、支持力が得られない場合は、増し杭が必要になるケースがあります。その時は、構造設計をやり直してからの対応となります。施工費の増大だけでなく、設計費用もかかり、3か月程度は工事がストップします。

2 鉄筋天端が低くなっていた時の手順

- ① すぐに発注者に報告する
- ② 低くなった分の主筋をガス圧接して設計の

高さを確保する

- ③ 帯鉄筋が下がっているのを、コンクリートをハツリ込み、設置するなどの対応が必要となります。

その原因は、支持地盤を深掘して地盤を乱し、コンクリート打設の衝撃によって鉄筋かごが沈下したか、測量のミスが考えられます。極端に低くなければ、ガス圧接による主鉄筋のいも継も認められますが、50cm程度の千鳥組にガス圧接する場合があります。

3 余盛りコンクリート (設計計画高より+50cm) が下がっている時の手順

- ① すぐに発注者に報告する
 - ② 沈下した分のコンクリートをハツリ込み、設計高さまでコンクリートを打設する
 - ③ 杭の周囲を掘削した場合は、埋戻しに切り込み砕石 (生コンで対応できることもある) を充填してよく転圧する
- などの対応が必要となります。

その原因は、測量のミス以外にはありません。

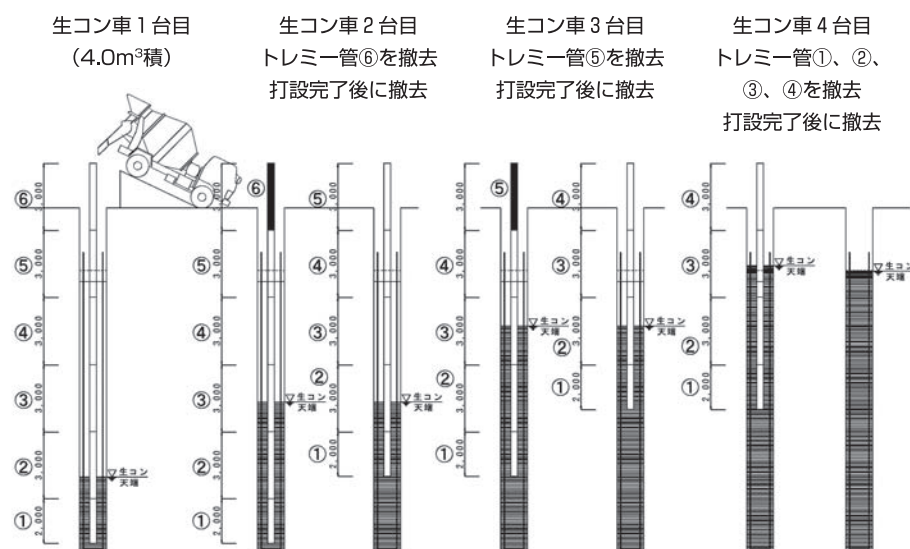
7 コンクリート打設には、トレミー管とミキサー車の関係を明示しよう

場所打ち杭のコンクリート打設には、施工上重要なポイントがあります。最初に打設したコンクリートは、杭先端に残留したスライムが混入します。また、ケーシングパイプ内に水が充填されている場合には、水中コンクリートになります。コンクリートを杭の上部から流し込むとスライムや水と混ざり、良質なコンクリートになりません。そこで、常にコンクリート上面から2 m以上トレミー管の下端を押し込んだ状態で、コンクリート打設します。そうすることで、下からどんどん押し上げるようにコンクリートを打設しますので、スライムが混じった最初のコンクリートが常に最上部にきます。同様に、水中でも比重差からコンクリートと水は混じることなく、良好な品質を確保することができます。つまり、場所打ち杭のコンクリート

を打設する時は、トレミー管の下端がコンクリート天端より常に2 m以上押し込まれているように管理することです。

その管理手法としては、トレミー管の引き上げの時期とコンクリートミキサー車の台数の関係を図示し、現場に掲示して、毎日、作業開始前に確認し、新規入場者にも教育できるようにしておくことが良いでしょう。

トレミー管と生コン車打設台数との関係



8 主鉄筋が二重に配置された杭には気を付けよう

場所打ち杭の主鉄筋が二重に配置された設計では、フーチングの主鉄筋が配置できるスペースがなくなり、鉄筋のピッチを正確に配置することができません。これは、施工前に分かることなので、CADで鉄筋の配置が不可能であることを事前に協議しておきましょう。落とし所は、「一定の間隔内に設計上の主鉄筋が配置されていれば、配置ピッチが乱れても良い」ということになります。

土壇場で、協議をした場合は2週間程度工事がストップします。

対処方法は、次の通りです（深礎杭でも同様）。

- ① CADによる杭鉄筋とフーチング鉄筋を原寸で作図する
- ② 最小の鉄筋の移動で配筋ができるスペースをつくる
- ③ 事前に検討結果の承諾を得る