

【土木・建築基礎工事と機材の専門誌】

基礎工

2015
Vol.43, No.8

THE FOUNDATION ENGINEERING &
EQUIPMENT, Monthly

8

特集 ▶ 杭基礎・最近の話題

すこしエコな工法
新しい耐震杭



すこしエコで、ちょっと未来

 丸門建設
MARUMON CONSTRUCTION

報文

高支持力埋込み杭の施工管理事例 1

—杭心ずれ低減対策および既存杭干渉時対策について—

土屋 富男*

1 はじめに

高支持力埋込み杭の施工時にしばしば問題になる項目として、「杭心ずれ」があげられる。また、市街地での既存建物の建替え需要が多くなり、「既存杭の干渉」の問題が多々見られる。そこで本報告では、これら2項目を取り上げ、杭心ずれ低減対策と既存杭干渉時対策についての施工管理例について示す。

2 杭心ずれ防止対策の施工管理例

高支持力埋込み杭は、一般に定められている施工管理を実施しても、杭心の正規の位置からのずれ、いわゆる「杭心ずれ」は管理値100mmを超える場合があるとの報告¹⁾がある。杭心ずれが発覚するのは、杭施工が終了して掘削工程に移り、杭頭が掘り出されたときであり、杭心位置を実測して初めて分かることである。100mm以上の場合には、何も検討していない場合には構造的な検討を行う必要がある。

ここでは、杭心ずれ低減を目的に施工精度向上に向け、削孔時から杭心観測を行う「杭心観測型施工」を試行し、杭頭掘出し後の杭心ずれを確認した例²⁾を示す。

2.1 現状の施工管理の限界

現状の施工では、図-1に示すように、地表面に杭心の位置を出す墨出し工程、杭打ち機による削孔工程、セメントミルク注入後の杭建込み工程の3工程がある。

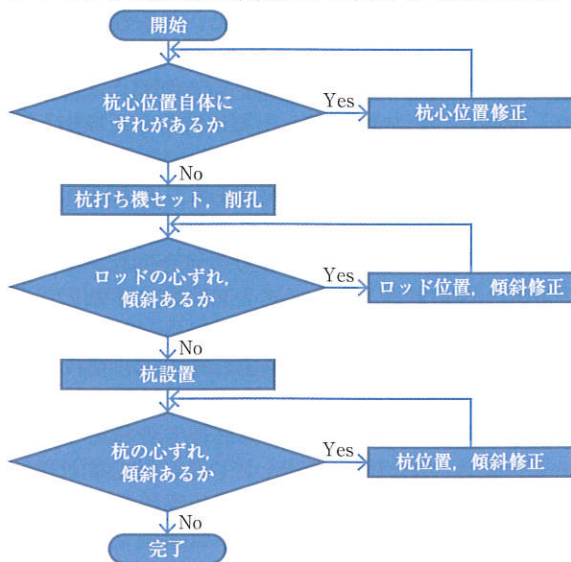


図-1 杭施工管理フロー

まず墨出し工程では、杭心位置に鉄筋棒の目印杭を打つが、これは掘削機とオーガーヘッドを設置するまでに使われる目印で、削孔するとなくなってしまう。そこで、施工中は杭心から数メートル逃がした「逃げ心杭」をx、y 2方向に設置し、これを基準に確認する。

削孔時のロッド心の確認については、この「逃げ心杭」を基準にするが、「逃げ心杭」自体の設置精度が低い。さらに、ロッド外周表面から「逃げ心杭」までの距離の確認には、栈木にテープなどでマーキングした「検尺棒」を用いており、確認精度が低い。また、確認頻度は特に決められておらず、数メートルに一度程度である。ロッドの傾斜の確認には「下げ振り」あるいは「トランシット」を用い目視で確認するにすぎず、傾斜の確認精度が低い。

杭建込み時の杭心の確認については、ロッドと同様、「逃げ心杭」と「検尺棒」を用いており、同様の理由から確認精度が低い。さらに、もともと杭孔自体の掘削精度が不足して孔自体に心ずれや傾斜がある場合、いくら杭の建込み精度を向上させても杭孔と杭とのクリアランスが少ないため、杭孔の精度なりにしか建込みができず、杭心ずれは発生してしまう。

杭心ずれの精度向上のためには削孔精度と杭の建込み精度の向上がともに必要で、どちらの精度も不足すると、杭心ずれが生じる可能性が高まる。削孔精度向上には現状の施工管理では限界がある。

3工程のどの過程の施工管理を怠っても、杭心ずれの発生の可能性は高まる。また、前工程の施工精度不足が次工程に大きく影響することになる。杭建込みは、前工程の掘削孔に沿って行われ、掘削はその前工程の墨出しによる杭心位置に従って行われるためである。

2.2 杭心ずれ低減対策としての杭心観測型施工の概要

図-2に示すように、トランシットに三次元光波位置

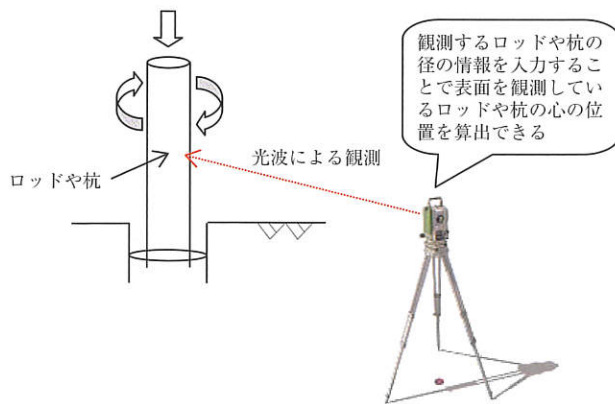


図-2 光波による三次元位置測量方法の概要

*TSUCHIYA Tomio (株)竹中工務店 東京本店 技術部 部長 技術担当 | 東京都江東区新砂 1-1-1

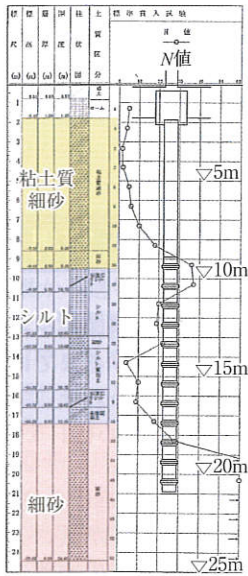


図-3 地盤の概要

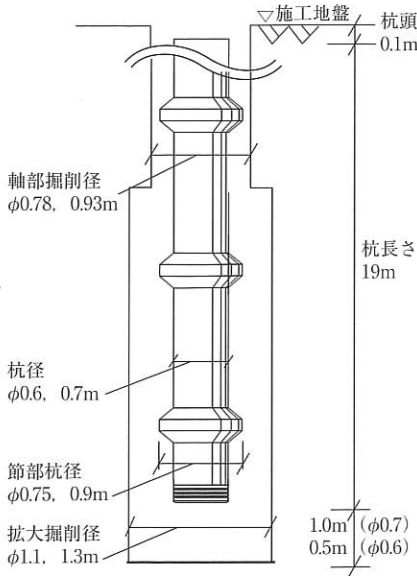


図-4 杭の概要



写真-1 掘削時の光波測量の状況例



写真-2 杭建込み時の光波測量の状況例

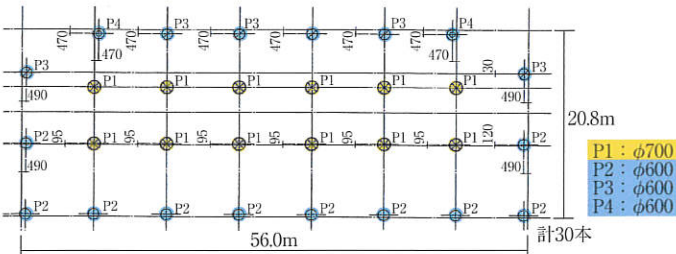


図-5 杭配置図

測定機構を組み込んだ測量器があるが、この測量器には照射した光波の反射光から照射した点の三次元位置が把握できる機構が備わっている。把握したい照射位置に反射板のようなものは必要ない。さらに、これには太さのあるロッドや杭の表面に光波を照射するだけで、パイプ形状の心位置が算出でき、正規の位置とのずれを把握できる機能がある。

上記の測量器を用いることで、直接観測できる杭心位置の確認はもとより、パイプ形状のために心位置を直接観測できない削孔時のオーガやロッド心の位置が算出できること、ロッド上方であっても心が算出できることから、ロッドの傾斜を算出できる。杭も同様で建込み時の杭材の心位置および傾斜を算出することが可能となる。

ここで、基本的な施工管理方法は図-1を用い、その管理値と測定頻度を設定することとした。そのうえで、削孔時にはロッド心の水平位置およびロッド心の傾斜が管理値を超えた場合に修正を加えるフローとした。杭建込み時には、杭材心の水平位置および杭心の傾斜が管理値を超えた場合に修正を加える施工管理方法とした。

2.3 適用した地盤および杭の概要

適用した地盤の概要を図-3に、適用した杭の概要を図-4に示す。杭径は0.6、0.7m、節部杭径0.75、0.9m、軸部掘削径0.78、0.93m、拡大掘削径1.1、1.3m、杭長さは19m、総本数30本である。杭配置図を図-5に示す。杭は2本継である。施工地盤を杭頭レベル+100mmとし、リーダー長さを調整することでロッドの切継ぎなしに施

工できるように計画した。

2.4 施工管理の方法および杭施工の管理値

杭心ずれ低減対策の施工管理方法は図-1を用いた。まず、杭心位置自体を確認する。削孔時にはオーガ心を杭心位置に合わせ削孔開始し、削孔中はロッドの心位置を観測(写真-1掘削時の例)して正規の心位置と比較し、心ずれが管理値を超えた場合は修正する。ロッド心の傾斜はロッドの下方と上方のロッド心から算出し、傾斜が管理値を超えた場合は修正する。杭設置時には掘削ロッドと同様に、杭心位置を観測(写真-2杭建込み時の例)して、杭心ずれが管理値を超えた場合は修正する。また、傾斜については下方と上方の杭心から算出し、管理値を超えたら修正することとしている。

観測頻度は削孔時・杭設置時ともに1mごと、杭心ずれの管理値はx、y方向それぞれ水平30mm、傾斜1/300とした。杭設置時はロッドに取り付けた回転キャップで杭を把持し最終設置した。そのため、杭心ずれの最終値は回転キャップの心とした。

2.5 杭建込み時および杭頭掘出し時の杭心ずれの結果

杭建込み時最終の杭心ずれの結果を図-6に示す。x、y2方向の杭心ずれの管理値から合成した杭心ずれのベクトルの長さの絶対値で表現している。杭心ずれは20mm以内、平均値は6.5mmであった。杭頭掘出し時の杭心ずれの結果を図-7に示す。杭心ずれは50mm以内、平均値は19.3mmであった。

杭頭掘出し時の値は、施工管理を実施したにもかかわらず

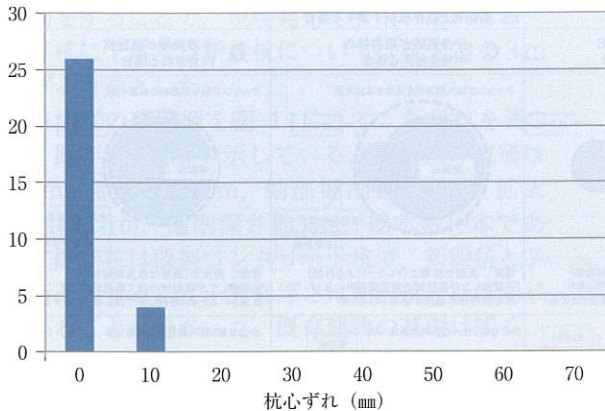


図-6 杭建込み時の杭心ずれの結果

らず杭建込み時最終の値と異なっていた。掘出し時の心ずれと建込み時の心ずれとの差は平均で約13mm、最大で約30mmであった。ここで、杭建込み最終時に管理したのは真の杭心位置ではなく、回転キャップ心位置であったことから、掘出し時の値は杭設置時の値にこの「ガタ」を加えた値となったものと考えられる。

したがって、掘出し時の杭心ずれをある範囲に収めるためには、この「ガタ」分を差し引いた管理値にすればよいことが分かる。この事例で掘出し時杭の杭心ずれを50mm以内に収めるには、杭設置時に管理値を20mmにすることで実現できることが分かる。

3 既存杭干渉時対策についての施工管理例

高支持力埋込み杭の施工管理には、既存杭干渉時の施工管理方法は定められていない。既存杭がある場合には、既存杭に干渉しないよう新設杭の位置を計画することが第一である。どうしても干渉が避けられない場合には、既存杭除去を検討しなければならない。既存杭除去の方法は各種あり、地盤状況や既存杭の杭種・径・長さ、新設杭との干渉の大小で最適と考えられる方法を選定することになる。

そのため、既存杭の位置や杭種の情報は重要で、杭の品質や施工にかかる工期やコストに大きく影響する問題である。設計者には関係ない問題ではなく、施工者と協力して検討すべき重要な問題と認識してもらいたい。既存杭の位置は、事前に把握できれば新設杭の位置変更や既存杭除去の方法を十分検討可能であるが、工事途中に既存杭の存在が発覚する場合も多く、その場合には対策費を計上していないなど大きな問題となる。

3.1 一般的な既存杭除去方法の問題

既存杭が既製杭の場合には、ケーシングによるかぶせ掘りで、既存杭の周囲の地盤を縁切りした後、杭をワイヤーで引き上げ除去する方法が採用されることが多いが、除去工事が最優先となりがちで、除去後の孔の処理に配慮を欠き、その処理が適切でないがために、後工程である杭工事の際に種々の障害が生じる場合がある。以下に問題を示す。

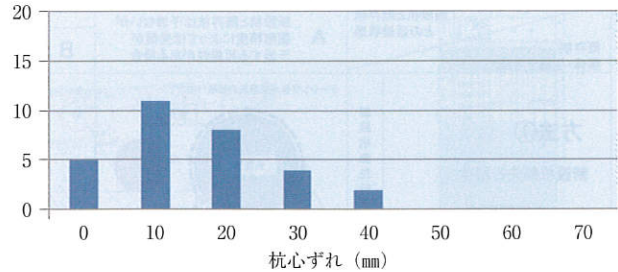


図-7 杭掘出し時の杭心ずれの結果

①杭の削孔障害や施工精度不足

- ・既存杭除去が不完全であると杭の掘削が不可能となる。
- ・既存杭除去後の埋戻し土の強度が不均一であると、杭心ずれや孔曲り、高止まりが生じやすい。
- ・既存杭除去後の埋戻し土の強度が原地盤に比べ高いと、杭掘削が困難な場合や、埋戻し土をその方向に杭心ずれや孔曲りが生じやすい。強度が低いと、埋戻し土の方向に杭心ずれや孔曲りが生じやすい。

②杭の鉛直支持力不足や水平抵抗のアンバランス

- ・既存杭除去により支持地盤が乱されると、新設杭の先端支持力が低下する。
- ・既存杭除去の埋戻し土の強度が原地盤より低いと、新設杭の周面摩擦力や水平抵抗力が減少する。
- ・既存杭除去の埋戻し土の強度が原地盤より高いと、杭の水平抵抗力が増加するため、その杭に建物全体の水平力が集中しやすくなりバランスを欠く場合がある。

3.2 既存杭干渉時対策についての方針

既存杭干渉時には上記の問題を考慮して、対策を講じる必要がある。それには、既存杭除去工事と杭工事とを一体として考え、杭の施工性や品質を損なうことのないよう配慮することが重要である。

図-8に既存杭干渉時の対策方針例を示す。既存杭解体、引抜き方法としては2方法を示している。

方法①は新設杭部先行解体による方法で、新設杭の打設に支障のある部分のみを先行して解体除去する方法である。特徴は、CD工法などの全周回転式オールケーシング工法による解体とするため確実に実施できるが、コストが高い。留意事項として、既存杭との干渉程度を軽微なAから完全に重複するDまで示しているが、特にCのケースはCD工法などのケーシング径を拡大する必要があり、解体除去の範囲が新設杭の施工範囲外まで及ぶため、埋戻しには流動化処理土などにより原地盤相当の強度とすることが必要となる。C以外のケースにおいても、ケーシング径を拡大した場合には同様の埋戻しが必要となる。なお流動化処理土の埋戻しには、強度を確保するためにトレミーによる打設が望ましい。

方法②は既存杭引抜き撤去による方法で、新設杭の打設に支障のある範囲の既存杭をすべて引き抜き撤去する方法である。特徴は、引抜き本数が多くなるため、比較的簡易なかぶせ掘りによる撤去方法で可能な場合に限定される。コストは①に比べ低いが、杭種によっては確実な引抜き除去が困難な場合があり、その場合には方法①に

| 新設杭と既存杭との近接状態 | | 新設杭と既存杭が干渉する場合 | | | |
|---|----------|--|--|---|--|
| 既存杭解体・引抜き方法 | | A | B | C | D |
| | | 新設杭と既存杭は干渉しないが掘削精度によっては先端が干渉する可能性がある場合 | 干渉範囲が既存杭の半径を超えない場合 | 干渉範囲が既存杭の半径を超える場合 | 干渉範囲が新設杭に含まれる場合 |
| 方法① 新設杭部先行解体 (全周回転式オールケーシング工法による解体) | 新設杭部先行解体 | | | | |
| | 埋戻し | 埋戻し: 現場発生土(表層は改良剤添加) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲内にあり改良されるため(埋戻し土が残る場合Cとする) | 埋戻し: 現場発生土(表層は改良剤添加) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲内にあり改良されるため(埋戻し土が残る場合Cとする) | 埋戻し: 流動化処理土(トレミーによる打設) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲外に及び原地盤相当の強度が必要となるため | 埋戻し: 現場発生土(表層は改良剤添加) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲内にあり改良されるため(埋戻し土が残る場合Cとする) |
| 方法② 既存杭引抜き撤去 新設杭部先行掘り (かぶせ掘り撤去) | 既存杭引抜き撤去 | | | | |
| | 埋戻し | 埋戻し: 流動化処理土(トレミー方式での打設) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲外に及び原地盤相当の強度が必要となるため | 埋戻し: 流動化処理土(トレミー方式での打設) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲外に及び原地盤相当の強度が必要となるため | 埋戻し: 流動化処理土(トレミー方式での打設) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲外に及び原地盤相当の強度が必要となるため | 埋戻し: 現場発生土(表層は改良剤添加) ※埋戻し土が新設杭の施工範囲内にあり改良されるため |
| | 新設杭部先行掘り | | | | |
| | 埋戻し | 埋戻し: セメントミルク(埋込み杭軸部施工相当) | 埋戻し: セメントミルク(埋込み杭軸部施工相当) | 埋戻し: セメントミルク(埋込み杭軸部施工相当) | 埋戻し: セメントミルク(埋込み杭軸部施工相当) |

図-8 既存杭干渉時の対策例(平面計画)

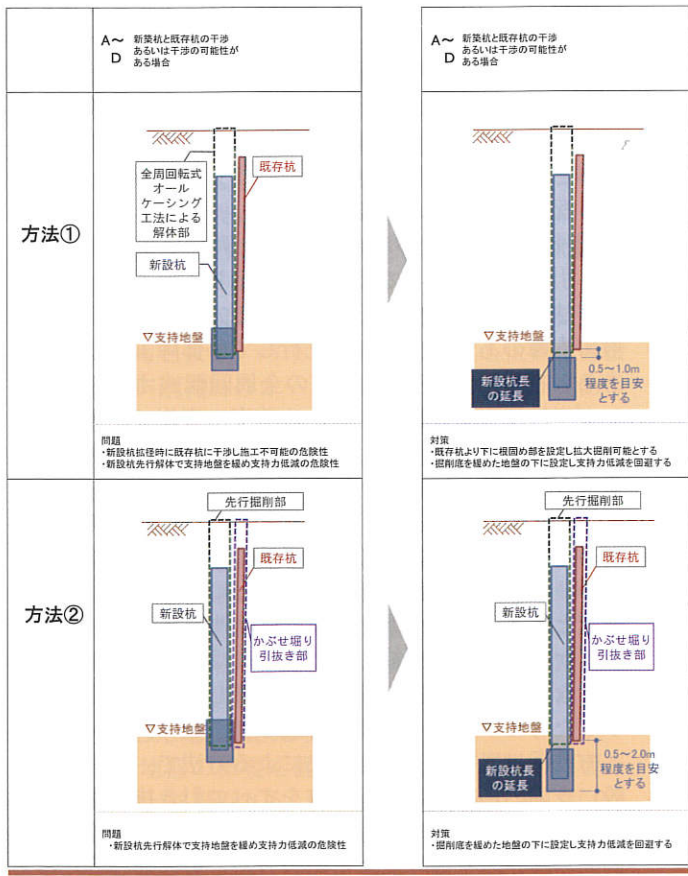


図-9 既存杭干渉時の対策例(断面計画)

変更することになる。留意事項として、D以外は既存杭の引抜き部分を原地盤相当の強度に埋戻す必要がある。流動化処理土を、孔の下端よりトレミーに準じる方法で打設する方法が望ましい。新設杭部の地盤は、この埋戻しにより一部が埋め戻されるため、杭心ずれや孔曲りを生じやすい。そのため、新設杭部分を先行掘りすることが望ましい。特に干渉程度の高いBからDの場合には、剛性の高いケーシングによる先行掘削を行うことが望ましい。

図-9に断面計画を示す。方法①・②の場合ともに、既存杭を解体し引き抜く場合には、既存杭の先端地盤は乱されるため、乱された地盤の深さが新設杭の支持地盤に干渉する場合には、鉛直支持力確保のため、乱されていない深度まで杭を伸ばさなければならない。中間支持地盤の場合には掘削底面以深の支持地盤の層厚が低下するため、支持力の確認が必要となる。

3.3 方法①および②の適用例

方法①の適用例を図-10に示す。新設杭を青○で、既存杭を赤●で示している。新設杭の杭径は0.5~1.1m、節部径0.65~1.3m、軸部掘削径0.68~1.33m、拡大掘削径0.78~1.83m、掘削深さ約42m、総本数54本である。既存杭は既製コンクリート杭で、新設杭と9ヵ所干渉すること、先端深さは新設杭とほぼ同じであることが分かった。新設杭の径がそれほど大きくないため、CD工法の汎用機の範囲で施工可能であり、コストを抑えられると判断し、方法①を採用した。埋戻し土はCのケースのみ流動化処理土を用いた。それ以外のケースはCD工法のケーシングとほぼ同じ径の

掘削をすることで、現場発生土を用いた。なお、既存杭に干渉する新設杭については杭先端を3m下げる計画とした。

方法②の適用例を図-11に示す。新設杭を青○で、既存杭を赤●で示している。新設杭の杭径は0.7m、節部径0.75m、軸部掘削径0.78m、拡大掘削径1.1m、掘削深さ約30m、総本数19本である。既存杭は既製コンクリート杭で、新設杭と7ヵ所干渉すること、先端深さは新設杭とほぼ同じであることが分かった。既存建物の基礎は浅く、除去されており、既存杭も既製杭で継手部分も健全で、かぶせ掘りによる既存杭除去が可能と判断し、方法②を採用した。埋戻し土には流動化処理土を用いた。なお、既存杭に干渉する新設杭については、既存杭先端より杭先端掘削深さを0.5m下げ、拡大掘削径をφ1,100からφ1,500として、埋戻し土部を除いた根固め部の底面積と周面積が当初計画以上となるような計画とした。

3.4 既存杭干渉時対策の施工管理の結果

既存杭干渉時の施工管理において、方法①や②などの1例を示した。いずれの事例も、大きな問題なく施工が完了し、品質も確保できた。方法①の場合には、新設杭部分の障害物を完全に除去する方法であるので、施工管理は容易である。方法②は既存杭を引き抜き除去する方法であるので、先端まですべて引き抜けることが条件となる。施工管理としては、先端まですべて引き抜けたことを確認することが重要である。打込み工法による既製コンクリート杭で先端シュー付の杭があるが、先端シューが落下すると、この方法では除去不可能となるので注意が必要である。

4 おわりに

高支持力埋込み杭の施工管理例として、杭心ずれ低減対策、および既存杭干渉時対策について示した。

杭心ずれ低減対策については、杭心観測型の施工管理を示した。この方法は、杭心ずれ低減に有効であることが分かった。また、杭掘削時に杭心ずれを把握でき、杭心ずれが生じると先に進まずいったん立ち止まり、杭を建て込むか、再掘削するかを判断する機会が得られる。杭頭を掘削して初めて杭心ずれが発覚していた従来の方法と比較し、不具合が未然に防げるようになる有効な方法と考えられる。

既存杭干渉時対策については、最近、既存杭への干渉が増加してきており、杭心ずれや孔曲り、高止まりなどの不具合が問題になっていることから、その問題を事前に回避できるように、既存杭解体・引抜き方法例としてまとめて示したものである。この方針で既存杭干渉の対策を計画し、同時に杭心ずれ低減対策の施工管理も行う

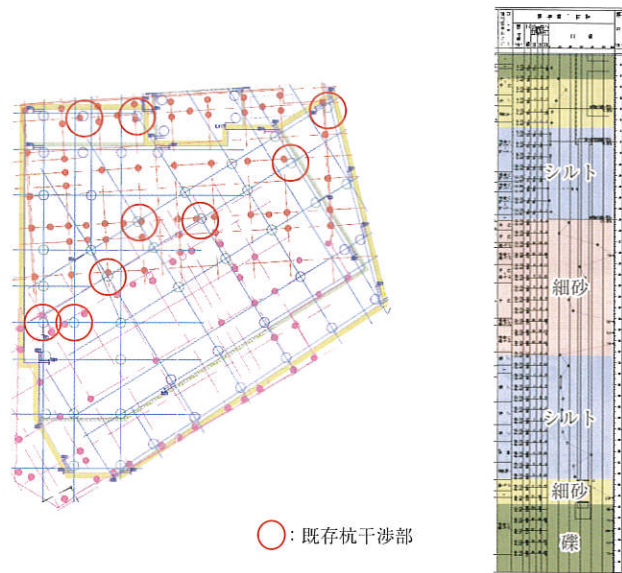


図-10 新設杭部先行解体（方法①）例

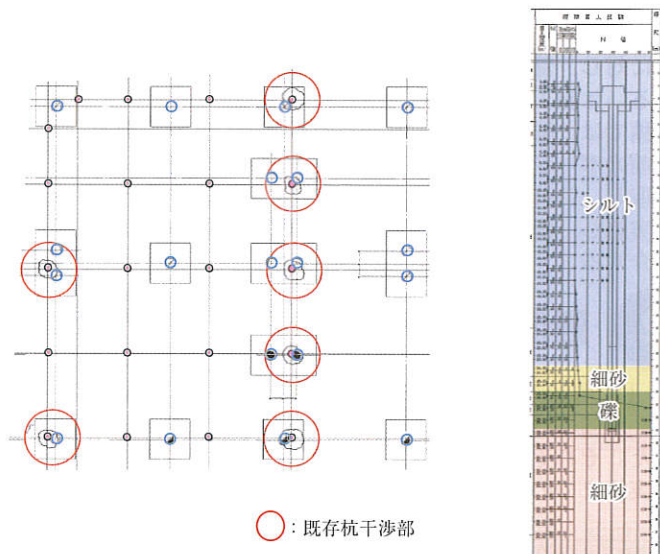


図-11 既存杭引抜き除去新設杭先行掘り（方法②）例

うことで、精度よい杭の施工が可能となるものと考えられる。

最後に、杭心ずれ低減対策の推進にご協力いただいた田屋裕司さん、大島壮雄さん、木谷好伸さんに深く感謝いたします。また、既存杭干渉時対策の検討にご協力いただいた吉岡典哉さん、堀内康史さん、菊池亮人さん、麓哲二さん、宮下昭広さんに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本建築学会：基礎構造設計指針 第9章施工管理，pp. 390～395，2001.
- 2) 土屋富男，菊池亮人：杭心観測型施工による高支持力埋込み杭の杭心ずれ管理例，日本建築学会学術講演梗概集，2015（掲載予定）.