

高層住宅基礎杭におけるキャプテンパイル工法の施工報告

Construction report of the CapTen Pile method of construction adoption to a high-rise house foundation pile

沖 正人* 藤原 哲彦*
 Masahito oki Tetsuhiko fujiwara
 名畑 淳* 雨宮 和久*
 Jyun nabata Kazuhisa amemiya

要 約

本工事は、都心部建築密集地での地上24階、地下1階の共同住宅（分譲）新築工事であり、在来の杭工法よりも基礎梁や杭の断面が小さくできる杭頭半固定接合法のキャプテンパイル工法を採用した事例である。キャプテンパイル工法は、地震時に杭頭に集中する応力を低減し震災時に問題となる杭材の損傷を軽減できるという最大の利点は勿論、施工性・経済性においても有意で環境負荷にも優れた工法である。本論文では、一連の施工内容と施工時の課題とその対策内容を報告する。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要及び工法概要
- §3. 施工課題と対策の検討
- §4. 施工結果
- §5. まとめ

§1. はじめに

現場は、駅周辺の再開発が進む東京都で、都内屈指の人通りでにぎわう商店街に隣接した敷地である。場所打ちコンクリート杭は計34本が計画された。杭頭接合部を半固定にすることにより杭頭曲げモーメントの低減を図るキャプテンパイル工法（杭頭半固定工法）の採用は、地震時における杭頭の曲げモーメントが低減でき、杭材の損傷が在来工法に比べて少なく耐震性が向上するほか、杭頭ハツリ時に引張鉄筋がないため施工が早くて容易である。また、基礎梁や杭の断面が小さくできるためコンクリート量・鉄筋量・掘削土量の削減にもつながり、振動・騒音といった施工時の公害発生の抑制にも効果が期待された。

§2. 工事概要及び工法概要

2-1 工事概要

対象建物は、地下1階地上24階の鉄筋コンクリート造建物である。タワー内部に設置した制震壁によって、



図-1 完成予想CG

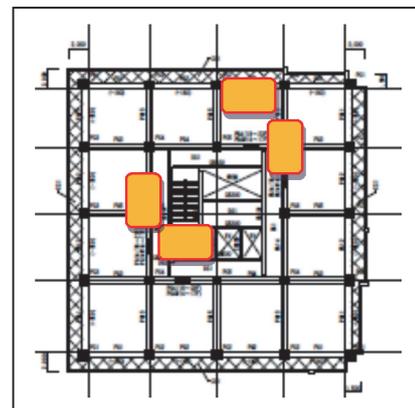


図-2 制震壁配置図

* 関東建築(支)中野5丁目(出)

地震による揺れを抑え、建物の損傷を軽減する「制震構造」が採用されている。

- ・支店名：関東建築支社
- ・工事場所：東京都
- ・工期：2015年5月18日～2017年9月28日
- ・構造：RC造・一部S造
- ・規模：地下1階 地上24階 PH1階
- ・敷地面積：1,928.27 m²
- ・建築面積：1,432.0 m²
- ・延床面積：17,985.87 m²
- ・軒高：82.82 m
- ・最高高さ：89.32 m
- ・最高階高：4.95 m
- ・最大スパン：7.55 m
- ・用途：共同住宅 店舗

2-2 工法概要

キャプテンパイル工法は、場所打ち杭を対象にコンクリート製のリング（PCリング）を杭頭に被せ、杭と基礎を接合する工法である。このPCリングを介して地震時に生じる上部構造からのせん断力を杭に伝達させる。杭頭を半固定状態とすることで、杭頭に集中する地震時の応力を緩和できるため杭材の損傷を軽減できるだけでなく、杭や基礎梁などの断面を小さくでき、コスト低減が図れる。加えて、品質も安定し、コストパフォーマンスに優れた工法である。以下に特徴をまとめる。

〈耐震性の向上〉

杭と基礎を半固定接合として、地震時の杭頭及び基礎梁の曲げモーメントを低減し損傷を軽減できる。

〈基礎の合理化〉

杭頭曲げモーメントの低減により、①杭径の縮小②基礎梁の縮小③掘削土量の削減 等が図れ、コスト低減と工期短縮ができる。

〈施工性と品質の向上〉

杭頭処理時に杭定着筋がないので杭頭のハツリが容易になり、鉄筋の損傷が避けられる。杭頭接合部はPCリングを設置するだけというシンプルな納まりなので、施工性及び品質が向上

〈適用範囲〉

全ての建物用途、構造種別等に適用できる。適用杭種は場所打ちコンクリート杭及び場所打ち鋼管コンクリート杭。（杭径 800 φ～3000 φ）

〈一般評定を取得〉

本工法は、10社（鹿島建設(株)、西松建設(株)、(株)奥村組、五洋建設(株)、戸田建設(株)、飛鳥建設(株)、(株)長谷工コーポレーション、松井建設(株)、三井住友建設(株)、高周波熱錬(株)）による共同開発で、日本建築センターの一般評定を取得している。

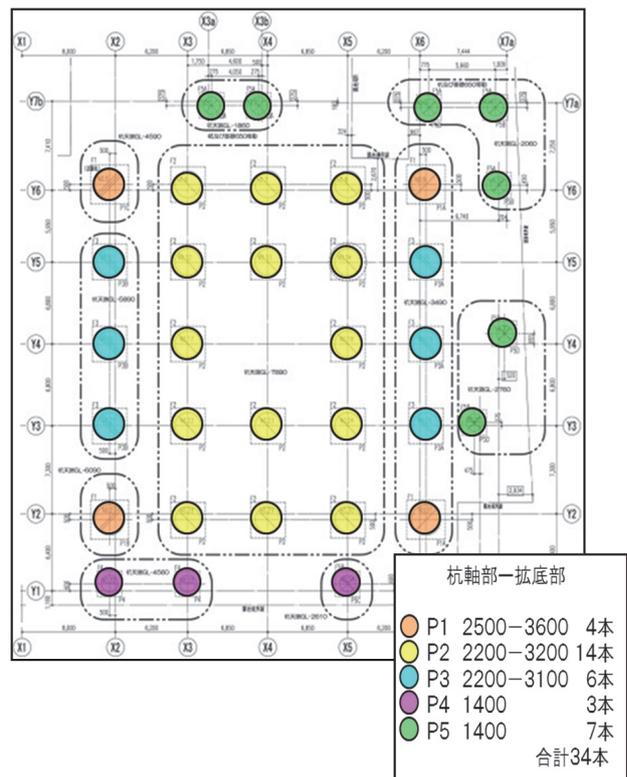


図-3 基礎杭配置図

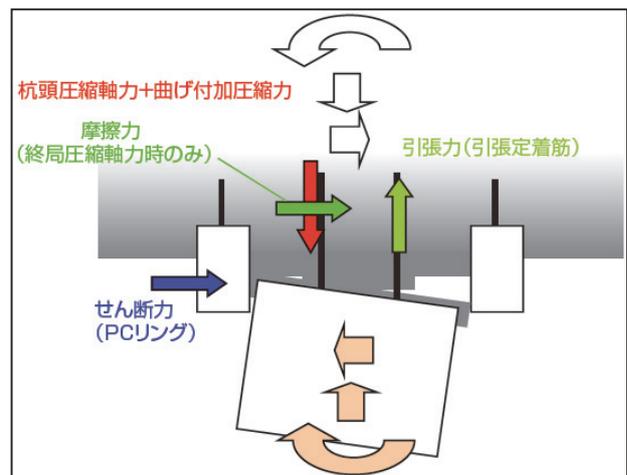


図-4 キャプテンパイル工法の応力伝達メカニズム¹⁾

〈評定取得・NETIS登録〉

(財)日本建築センター

一般評定 (BCJ 評定-FD0230-02:平成26年12月22日時点)

国土交通省 新技術情報提供システム

NETIS 登録番号 KT-100082

§3. 施工課題と対策の検討

3-1 施工課題

キャプテンパイル工法の施工フローを図-5に示す。以降では、施工段階での課題について述べる。

(1) 杭コンクリートの充填性

一般的に鉄筋かごは杭頭に近くなるにつれ鉄筋間隔が密であり、キャプテンパイル工法ではさらに引張定着筋用のシース管の設置により、コンクリートの充填不良が懸念された。また、トレミー管を杭中央に設置しコンクリートを打設するため、鉄筋かご内の外にコンクリートが回らないことも予想されたため、解消する方法としてバイブレーターを挿入する必要がある。しかし、バイブレーターを使用するだけでは、バイブレーターが確実に杭頭レベルに達しているか、最大杭径2.5mの範囲を均一に充填できるかという課題は残り、また、バイブレーターがシース管を直撃して曲げや落下などが起きる可能性もあった。

(2) 杭径整形ガイドリングの変形防止

キャプテンパイル工法における杭径整形ガイドリングは、杭頭形状を確保する役割を担っており、また杭頭に

被せるPCリングを預けるものであるため、その形状を保たなければPCリング設置精度に支障をきたすだけでなく、最悪の場合PCリングの設置自体が出来なくなることが考えられたため、ガイドリングを変形させることなく鉄筋かごを杭孔に設置する必要がある。また、ガイドリングは鉄筋かご径よりも20mm大きいため、鉄筋かご工場製作後の運搬時と現場での吊り込み時に、変形する恐れがあった。

(3) 杭頭処理時の周辺環境に対する騒音振動対策

場所打ちコンクリート杭の施工本数は34本あり、近隣家屋に3方向囲まれた現場であるため、杭頭処理の騒音振動対策が重要であった。なおかつ杭頭処理後のコンクリートガラは碎石として現場で使用することが出来ないため、搬出方法についても検討する必要がある。

(4) 杭頭定着筋と地中梁鉄筋との納まり

杭施工時に鉄筋かごの回転や杭芯のズレ等が起これうと考えられるため、杭頭処理後に、シース管の位置及び定着筋の位置がそれぞれどこにあるかを確認する必要がある。また事前の検討で定着筋と地中梁筋が干渉してしまい梁主筋が通らないという問題があった。



① 鉄筋かご組立



② 杭の施工



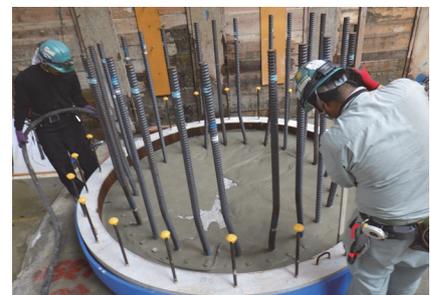
③ 杭頭処理
レベル調整 CON



④ PCリング
設置



⑤ 引張定着筋
グラウト



⑥ 杭頭部
モルタル

図-5 キャプテンパイル工法の施工フロー図

3-2 対策の検討

(1) 杭コンクリートの充填性

4本のバイブレーターを正方形に取り付け作動できる専用の架台を作成し、打設の際に使用することとした。架台によるレベル管理と、平面的なバイブレーターの固定によりシース管への接触を防ぐこととした。

また、コンクリートのスランプを18cmから21cmに変更し充填性向上を行った。(写真-1, 写真-2)

(2) 杭径整形ガイドリングの変形防止

鉄筋かごの運搬および揚重時に、変形を防止する対策として、ガイドリングと鉄筋かごを分けて搬入し現場で取り付けることとした。固定方法はガイドリングの内側と鉄筋かごの外側にフラットバーを3箇所ずつ予め仕込んでおき、鉄筋かごを落とし込む直前に溶接固定にて接続することとした。(写真-3)

(3) 杭頭処理時の周辺環境に対する騒音振動対策

杭頭処理には静的破碎剤(太平洋マテリアル社製)を使用することとした。この静的破碎剤は、コンクリート打設時にコンクリート中の水分と反応をさせ膨張圧をゆるやかに発現させることで、硬化後の余盛コンクリートにクラックを発生させ縁を切り、根切作業時にクレーンやバックホウなどを使用して余盛コンクリートを塊りで撤去するものである。また、取り付け方法は鉄筋かごに予め結束線と専属取付金具にてセットするのみである。当現場では鉄筋工場にてセットして搬入を行ったが、雨対策として防湿カバーに包まれているため鉄筋かご挿入時にカバーを取り外した。今回のキャブテンパイル工法の特徴の一つである杭主筋のシース管方式は、余盛部分に杭主筋が存在しない為バックホウで倒すことで簡単に撤去ができ、そのまま車両への積み込みが可能であった。(写真-4, 写真-5)

(4) 杭頭定着筋と地中梁鉄筋との納まり

干渉を回避する解決案として定着筋を折り曲げ加工し、シース管を軸に定着筋を回転することで予め地中梁鉄筋が通る位置を避けてセットし、梁主筋をまっすぐに通すこととした。定着筋の折り曲げについては、折り曲げ基準内に納める必要があることと、D38・D41の鉄筋を現



写真-2 専用架台設置状況

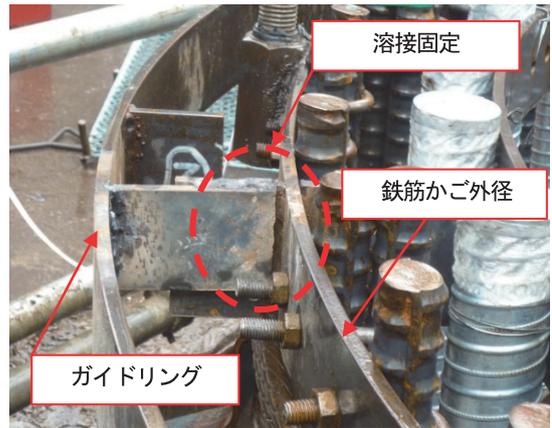


写真-3 現場組立溶接状況

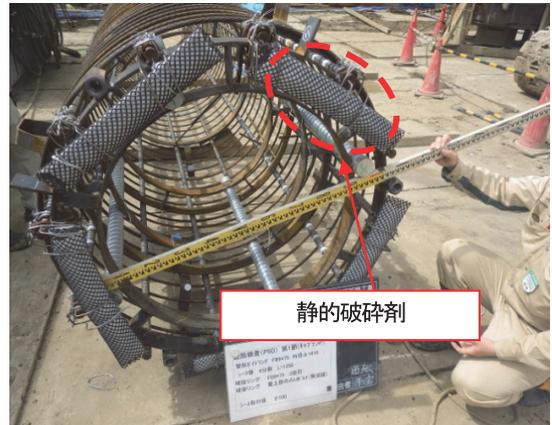


写真-4 静的破碎剤取付状況

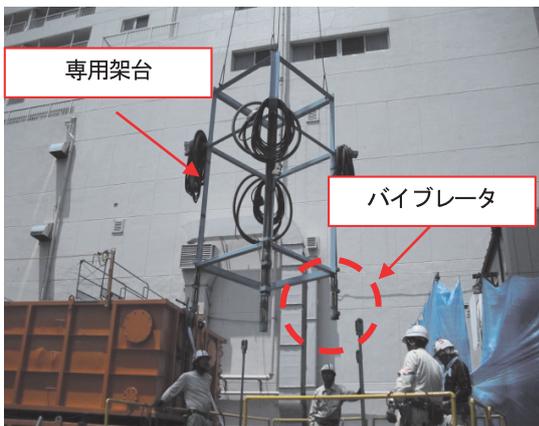


写真-1 専用架台吊り込み状況



写真-5 水平クラック確認状況

場で折り曲げるのは困難であるため工場加工とした。加工本数については杭芯ズレや鉄筋かごの回転を検討した上で本数を決定した結果、総本数の約8割を折り曲げ鉄筋とした。

定着筋を地中梁鉄筋が通る位置を避けてセットすると述べたが、梁主筋の位置出しをどのようにするかを検討した。梁鉄筋の空きは約75mm～100mmでその間に定着筋D41をセットするが、梁鉄筋のレベルが杭頭よりも下筋で450mm、上筋で680mm程度高い位置を通り、定着筋の曲がった斜めの範囲に梁鉄筋がきた場合、平面的な位置に加えて立面的な位置も同時に考慮できるような対策が必要であった。杭頭に梁鉄筋芯の位置を墨出しているも、実際に避けているのか不明確であり確認することも困難であることが予想され、1本の杭に対して梁主筋が16本から20本あるため、地墨のみで位置出しをすることは施工ミスを生じる可能性が高いと判断したためである。3次元で位置出しを行うために、当現場ではセット用の架台を作成し、杭頭上に設置し実際に梁鉄筋が通る所にほぼ同径の塩ビパイプを取り付けることとした。架台については軽量化を図るために木製とし基準墨にセットして固定するためにコンクリートビス止めとした。塩ビパイプは脱着式とすることで運搬と設置を行いやすくしかつスライド方式とすることで長さも短くした。(図-6、写真-6)

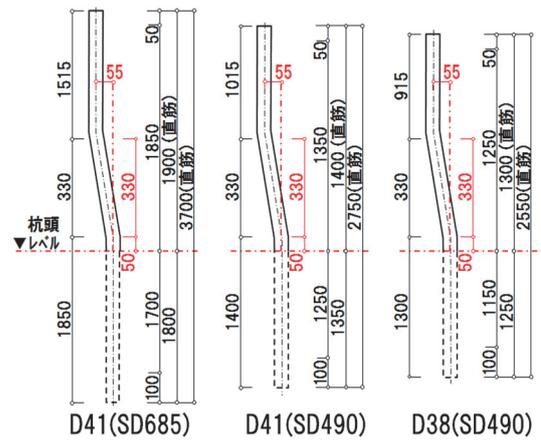


図-6 定着筋折り曲げ詳細図

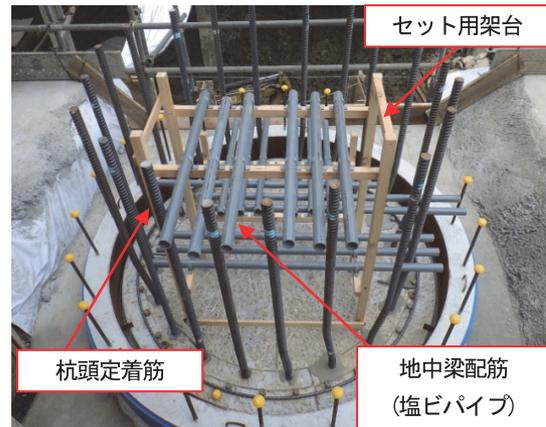


写真-6 セット用架台設置状況

§4. 施工結果

(1) 杭コンクリートの充填性

最大杭径が2500mmで鉄筋間隔が密でありシース管の曲げや落下を防ぎつつコンクリートの充填性を高めることが課題だったが、専用の架台で4本のバイブレーターをかけた事で、コンクリートを密実に打設出来た。シース管の落下も無く、多少のレベル差や傾きが出たものの杭頭定着筋の施工に問題は無い程度であった。またコンクリート上面が平滑になるため余盛部分も少なくすることが出来た。(写真-7、写真-8)

(2) 杭径整形ガイドリングの変形防止

揚重・運搬時の変形を防ぐ為に、現場で杭径整形ガイドリングを取付た事で、PCリング設置に影響を及ぼすことなく施工ができた。しかし、問題点としては杭径整形ガイドリングを固定する作業の手間が予想よりも掛かったことである。円周を計算して作成し理論上では問題ない材料を用意したが、4点計測し直径を合わせても円周全てが同じ数値にならず規定値に納める作業に時間を要した。今後は工場で4点計測点の罫書きを行うことや円形の目安となるテンプレート等を作成するといった工夫が必要である。

(3) 杭頭処理時の周辺環境に対する騒音振動対策

騒音振動対策として杭頭処理に静的破碎剤を採用した結果、根切をしてすぐに、余盛部分を容易に撤去搬出す



写真-7 鉄筋間隔

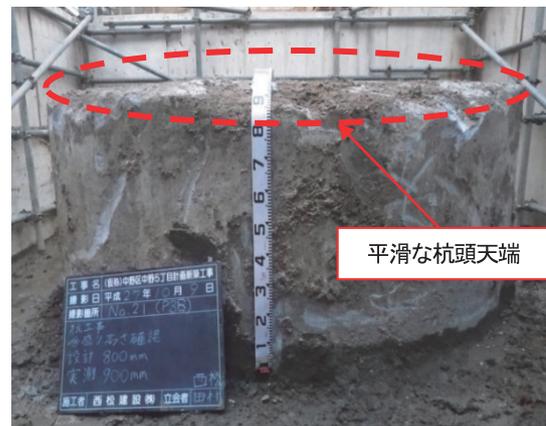


写真-8 杭打設完了後(ハツリ前)状況

ることが出来たので成功したと言える。また、バックホウ等で倒したことによる杭本体への影響も全く見られなかった。取り付けも容易であり特に不具合は見られなかったため、今後も積極的に使用するべきである。ただし、杭径と運搬車両の荷台の大きさの関係で、余盛部分を一塊で乗せる事が出来ない場合もあるので搬出方法を検討する必要がある。(写真-9, 写真-10)

(4) 杭頭定着筋と地中梁鉄筋との納まり

地中梁鉄筋をかわすために杭頭定着筋は折り曲げ加工をし、その定着筋取り付け時には地中梁鉄筋の位置を出すために架台をセットしたことで、干渉することなく地中梁を配筋することが出来た。杭頭定着筋の折り曲げ加工は、キャプテンパイル工法では非常に有効であるため材質・強度に問題がないことを確認できれば利用していくべきである。また架台は地中梁と杭頭定着筋の鉄筋量が多く間隔が狭い場合の施工精度を上げるためには有効である。ちなみに当現場では杭頭定着筋が4本の杭については架台を用いずに地墨で地中梁筋を表現したが、鉄筋間隔も広がったため容易に施工できた。これについては全ての杭の配筋検討図を作図した結果判断できたので、事前の検討をした後にどちらで実施するべきか判断する必要がある。(写真-11, 写真-12)

§5. まとめ

当社では施工実績の少ないキャプテンパイル工法について課題及び対応策について述べた。

施工で一番能力・コストを費やしたのは鉄筋の本数が多く間隔に余裕がなかった地中梁及び杭頭引張定着筋の納まりに関してであった。この部分を改善出来れば定着筋の加工や地中梁との干渉チェック用架台など不要となり施工の品質、工程、原価において大きく向上出来ると考えられる。

また、本工法での最大利点は杭残土及び杭コンクリートが在来工法に比べ少ないことであり、工事車両の抑制にもつながるため、環境負荷の低減に配慮が必要な現場条件においても有意であると考えられる。

本工事で実施した対応策等が今後のキャプテンパイル工法の発展において一助となることを願っている。

参考文献

- 1) 吉松ほか：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その1 開発背景と工法概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.349-350, 2006年9月



写真-9 杭頭ハツリ後状況



写真-10 余盛部解体後状況

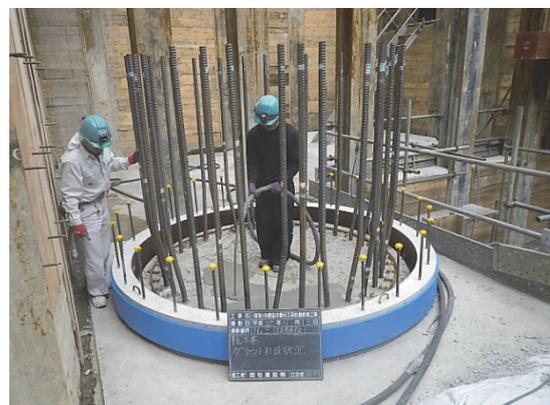


写真-11 定着筋・グラウト施工状況

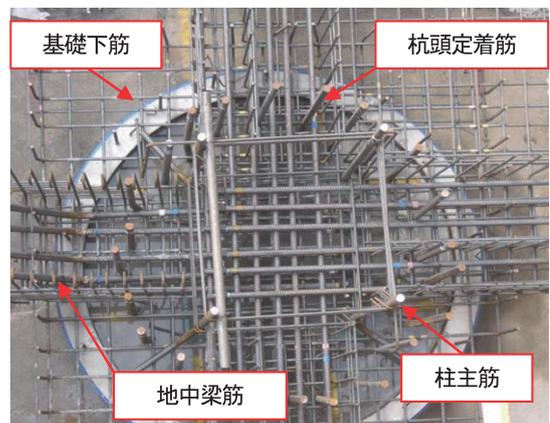


写真-12 配筋完了