

偏心拡底掘削技術を用いた 大底面場所打ちコンクリート拡底杭工法の開発 花びら拡底杭工法

眞野 英之・阿部 一茂・西川 裕

建物の超高層化の進展に伴いより大きな支持力を有する杭が望まれている。しかし、拡底バケットの大型化は限界に来ており現状以上の大型の拡底杭の築造は困難であった。今回、偏心拡底掘削技術により従来の拡底バケットを用いて最大拡底幅6.7m、底面積を最大2倍にできる拡底杭工法花びら拡底杭工法（以下「本工法」という）を開発した。本稿では開発した本工法の概要と最大拡底幅で杭を実際に築造し、掘り出し確認により形状や杭体品質を確認した結果について紹介する。

キーワード：場所打ちコンクリート拡底杭、支持力、高強度コンクリート、スライム処理、掘り出し確認

1. はじめに

大都市圏を中心に大型の再開発計画が数多く進行している。進行中の再開発計画では、従来にもまして超高層化や大スパン化が進んでいる。また、重要なインフラに近接することも多く、これらインフラへの影響の軽減と工期短縮の観点から逆打ち工法が採用される場合も多い。逆打ち工法では床付けが完了するまでは杭のみで建物荷重を支持するため、床づけまでに施工できる地上の階数が杭の支持力で決まる。工期短縮のため杭にはより大きな支持力が求められるようになってきている。一方、拡底杭を築造するための拡底バケットは、掘削機の揚重能力（吊り荷重や揚程）から大型化の限界を迎えており、現状の最大拡底径4.7～4.8mが限界とされてきた。本稿では今回、偏心拡底掘削技術を確立し、既往の拡底バケットを用いて従来の約2倍の底面積を有する拡底杭（以下、本拡底杭と記す）工法を開発したので以下に紹介する。

2. 本工法の概要

(1) 施工手順

本拡底杭の形状・名称を図-1に、代表的な底面形状を図-2に示す。本拡底杭の築造に用いる拡底バケットは、既往の場所打ちコンクリート拡底杭工法で用いられているバケットの底面にスタビライザーと呼ぶ長さ300～600mmのピン状の部材を取り付けたものである。図-1に示すように拡底バケットを杭の軸心から偏心させて孔底に接地させ拡底掘削を行う

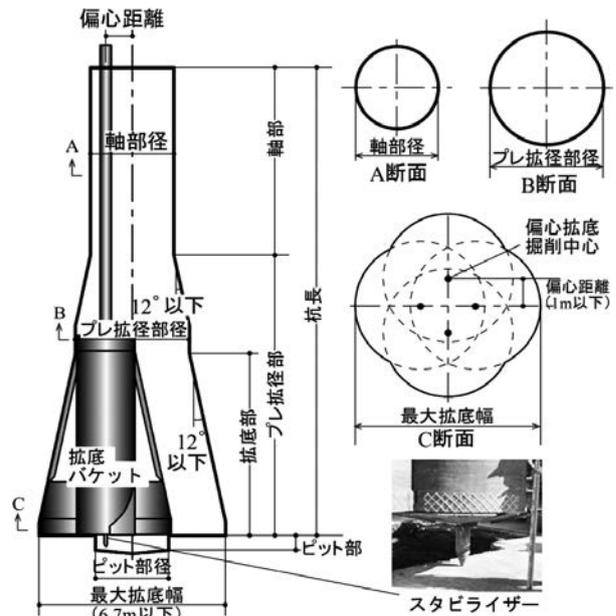
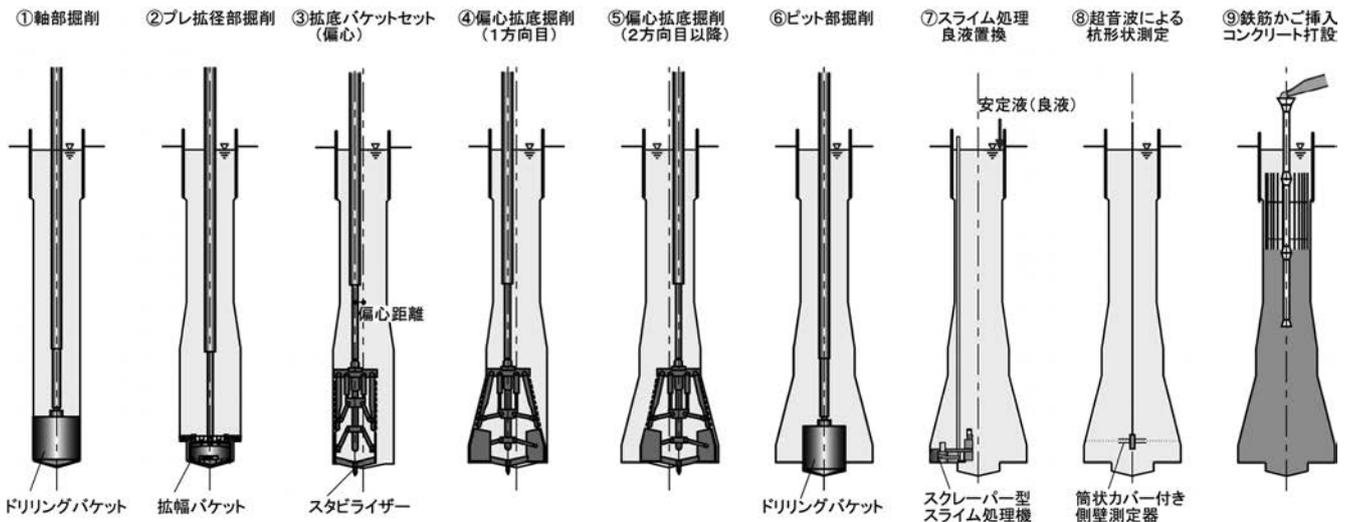


図-1 開発した拡底杭の形状

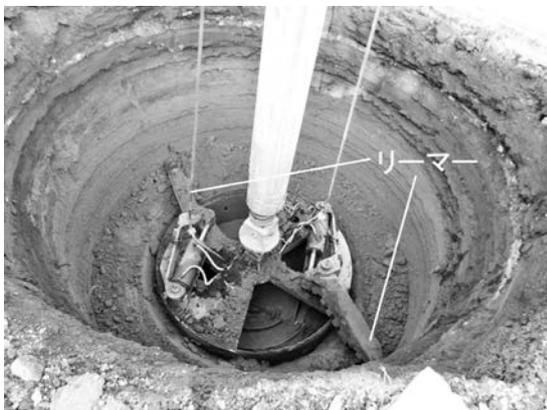


図-2 代表的な杭底面形状

ことにより、拡底バケットの大きさよりも大きな底面積の杭を築造できる。図中の偏心距離は、拡底前の掘削半径と閉じた状態の拡底バケット半径との差が最大となる。このため孔底から拡底バケット高さの範囲をプレ拡径することで、偏心距離は最大1mまで大き



図—3 杭の施工手順



写真—1 拡幅バケットによる掘削（浅層施工試験）



写真—2 スクレーパー型スライム処理機

くすることができる。最大拡底幅（底面が円形でないため幅と記す）は6.7 mで、設計用有効底面積は最大33.46 m²である。

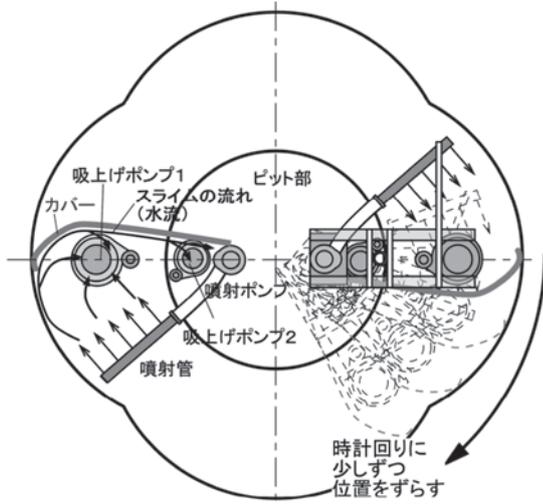
本拡底杭の主な施工手順を図—3に示す。最初にドリリングバケットによって軸部を掘削する（図—3①）。プレ拡径は、前述のように拡底バケットの偏心距離を大きく取るために行う。プレ拡径はまず、拡径開始深度において拡底バケットにて肩部分を掘削した後、上部に開閉するリーマーのついた拡幅バケット（写真—1）を用いてビール瓶のような形状に掘削を行う（同②）。プレ拡径部掘削後、拡底バケットを杭心から所定の距離だけ偏心させて孔底に設置し、スタビライザーを支持層に貫入させる（同③）。スタビライザーを芯にして偏心拡底掘削を行う（同④）。位置を変えて偏心拡底掘削を複数方向で行う（同⑤）ことで、図—2に例として示した底面形状を有する孔を掘削する。

底面が拡底バケット径より大きいことから掘削土の一部がバケット外側に逃げるため、底ざらえを繰り返

し行って除去する。最後にスタビライザーの貫入により緩んだ可能性のある地盤の範囲を除去して良質な支持層に確実に支持させるためスタビライザー長さ分ピット部を掘削する（同⑥）。ピット部の径は軸径と同じとすることを基本とする。その後、スライム処理（同⑦）、鉄筋かご建込み、コンクリートを打設して杭を築造する（同⑨）。

(2) スライム処理

本拡底杭は、既往の拡底杭よりも底面積が最大で2倍と大きいことから、従来の噴射式処理機では、底面外周部における水流が弱くなり、スライム処理の確実性に懸念が残った。このため新たに写真—2に示すスクレーパー型スライム処理機を開発した。スクレーパー型スライム処理機は、図—4左側に示すように直線形の噴射管より水流を噴射し、これを孔壁に接するカバーで受けてスライムを杭の中心方向に流し、2つの吸上げポンプで吸引除去するものである。底面外周にそって少しずつ処理機を移動させて処理を行う



左) スクレーパー型スライム処理機による水流の模式図 右) スライム処理機の移動例

図-4 スライム処理の模式図

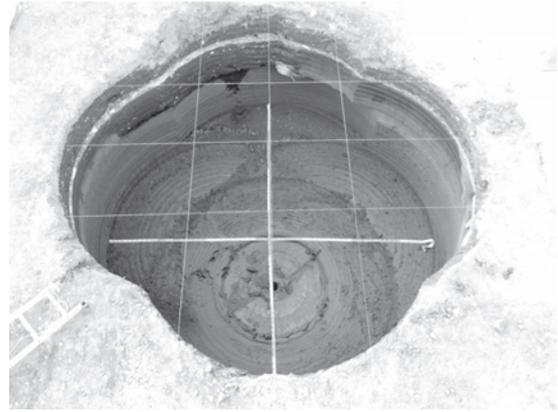


写真-4 浅層施工試験における掘削孔



写真-5 杭底面外周部のコンクリート断面

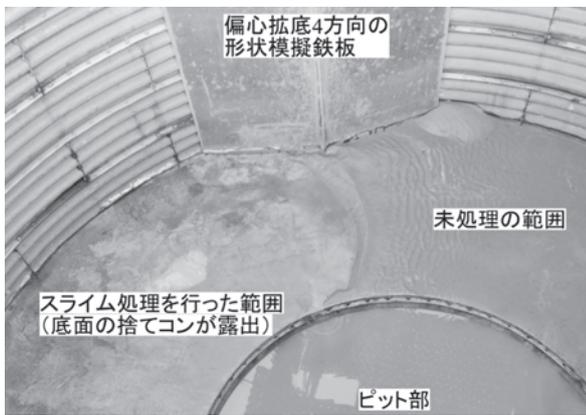


写真-3 スライム処理試験結果

(図-4 右側参照)。吸い上げきれなかった一部のスライムはピット部に堆積するので、最後に通常の吸上げポンプでピット部の処理を行うことにより、杭底面全面のスライム除去が確実にできる。写真-3に直径6.7m、深さ3mの孔を用いたスライム処理試験の結果を示す。写真では、効果がわかりやすいように全面の1/4の範囲の処理を行った。未処理の範囲には模擬スライムとして用いた砂が堆積しているが、スライム処理を行った範囲は、砂が除去され孔底面の捨てコンが底面外周まで露出しており、本処理機でスライムが確実に除去できることを確認した。

3. 施工試験

本拡底杭の施工が確実にでき、品質の良い杭が築造できることを確認するために、原位置にて浅層施工試験や深層施工試験、杭体築造試験等を実施した。

浅層施工試験は、ローム層にて深さ3m、最大拡底

幅6.7m、偏心拡底4方向の掘削を行った。掘削は問題なく行え、写真-4に示すように計画した底面形状の孔が掘削できた。掘削完了後、孔内に安定液を満たし、中央に設置したトレミー管1本を用いて、杭先端部にコンクリート(中庸熱ポルトランドセメント、 $Fc80\text{ N/mm}^2$ 、スランプフロー65cm)を厚さ50cm打設してコンクリートの充填性およびジャンカの有無などの品質を確認した。底面外周部のコンクリートの縦断面を写真-5に示す。孔中央から杭底面外周部まで3.35mあるが、杭外周部まで良質なコンクリートを打設できることを確認した。

杭体築造試験の概要を図-5に示す。試験杭は軸径3m、プレ拡径部径4.1m、最大拡底幅6.7m、杭先端深度G.L.-18m、偏心拡底4方向とした。地盤はG.L.-15mまで洪積粘性土層で先端部はN値60以上の砂礫層である。偏心拡底の掘削時の状況を写真-6に示す。掘削、スライム処理が完了した後、鉄筋かごを建込み、中庸熱ポルトランドセメント、 $Fc80\text{ N/mm}^2$ 、スランプフロー65cmのコンクリートを地表から5.2mの位置まで打設した。養生期間を取った後、深礎により杭体を掘り出し、杭体の形状、コンクリート強度調査などを行った。

掘り出した杭の外観を写真-7に、先端近傍の杭水平断面を写真-8に示す。写真-7、8に示すように孔壁崩壊等による形状不良は見られず、また余盛り

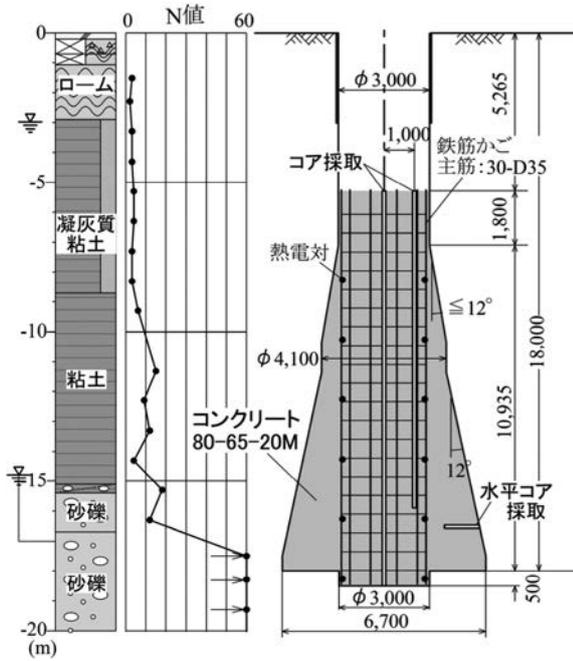


図-5 杭体築造試験の概要

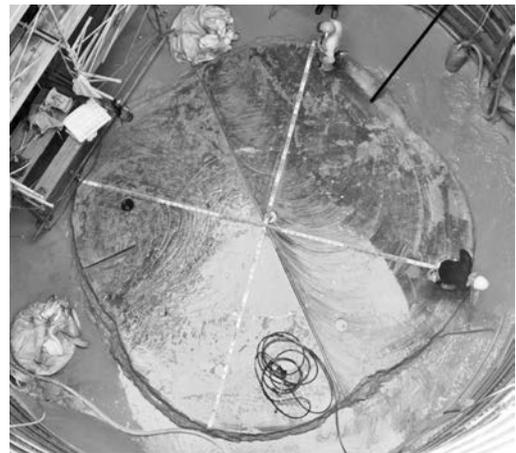


写真-8 底面近傍の杭水平断面

部も含めひび割れは全く生じていなかった。本杭は非常に大きなコンクリートボリュームとなるが、発熱量の小さいセメントを用いたことと、地中では地盤による保温効果があるため、温度ひび割れが発生しにくいといえる¹⁾。スクレーパー型スライム処理機を用いたスライム処理結果も良好で、底面にスライムがほとんど存在しないことを確認した。

図-5に示した位置においてコンクリートコアを採取し、材齢91日ないし119日のコンクリート圧縮強度を調べた。結果を図-6に示す。打設したコンクリートは、拡底部外周部分から採取したコアを含め91～119日強度で設計基準強度を十分上回る強度が確保できており、標準養生供試体の28日強度とほぼ同等であった。

深層施工試験は、本地盤のほかN値が10～40程度の砂地盤でも行い、掘削直後とその3日後に超音波による孔壁測定を行った。3日の間に孔壁形状に変化



写真-6 偏心拡底掘削時の状況



写真-7 掘り出した杭体全景

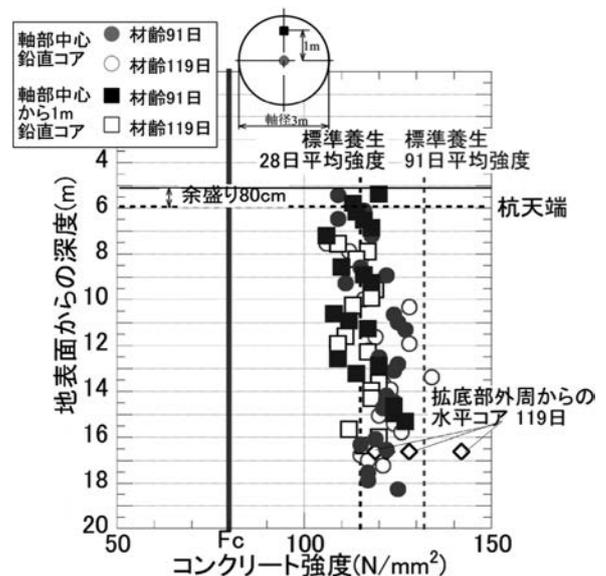


図-6 杭体のコンクリート圧縮強度分布

はなく計画した杭形状は確保されていた。このことから砂地盤においても孔壁安定性に問題はないことを確認した。

4. おわりに

本稿では、偏心拡底掘削という新しい技術を用いて従来の拡底杭の2倍の底面積を有する杭を築造できる本工法花びら拡底杭工法の概要と最大拡底幅で行った施工試験結果について報告した。試験の結果、杭体形状、ひび割れ、杭体のコンクリート強度とも計画で規定した数値、品質を満足することを確認した。杭の支持力が大きくなることで、本工法は超高層建築をはじめとして建物の設計の自由度を広げることには貢献できると考える。

JCMA

《参考文献》

- 1) 藤田敏郎, 眞野英之, 阿部一茂: 偏心拡底掘削による大底面積場所打ちコンクリート拡底杭の開発 その4: マスコン検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), B-1, pp. 425-426, 2020

【筆者紹介】

眞野 英之 (まの ひでゆき)
清水建設㈱
生産技術本部
主査



阿部 一茂 (あべ かずしげ)
清水建設㈱
生産技術本部 建築技術部



西川 裕 (にしかわ ひろし)
清水建設㈱
生産技術本部 建築技術部
主査

