

リバーズ式拡底杭工法（JSHR 工法）の施工報告

Bell pile by reverse circulation (JSHR method) execution report

松藤 陽一*	内藤 昌彦*
Youichi Matsufuji	Masahiko Naito
尾崎 昌宏*	小椋 由之*
Masahiro Ozaki	Yoshiyuki Ogura
堀内 貴史*	
Takashi Horiuchi	

要 約

本工事は、静岡県浜松市の JR 浜松駅より徒歩 5 分圏内に位置する共同住宅（246 戸）及び商業・業務施設を主用途とした第一種市街地再開発事業である。

建物は地上 30 階建て鉄筋コンクリート造であり、場所打ちコンクリート杭を採用している。

当初より着工時期が遅れたことにより工期短縮が命題であった。本報告では、工期短縮を目的としたリバーズ式拡底杭工法（JSHR 工法）の施工結果について報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工程短縮への取り組みについて
- § 3. 施工結果
- § 4. おわりに

§ 1. はじめに

本工事を行う旭・板屋地区は、戦後復旧土地区画整理事業により基盤整理されたが、駅周辺の整備状況と比べると旧態依然としていたことから、市街地再開発事業により土地の合理的かつ健全な高度利用と都市機能の更新を図り、これにより駅正面に都市拠点を形成する。併せて周辺地区との機能結節を図り、中心市街地の活性化に寄与することを目的としている。B 地区および C 地区はすでに事業を完了しており、残すは A 地区のみとなっている。配置計画図を図-1 に示す。

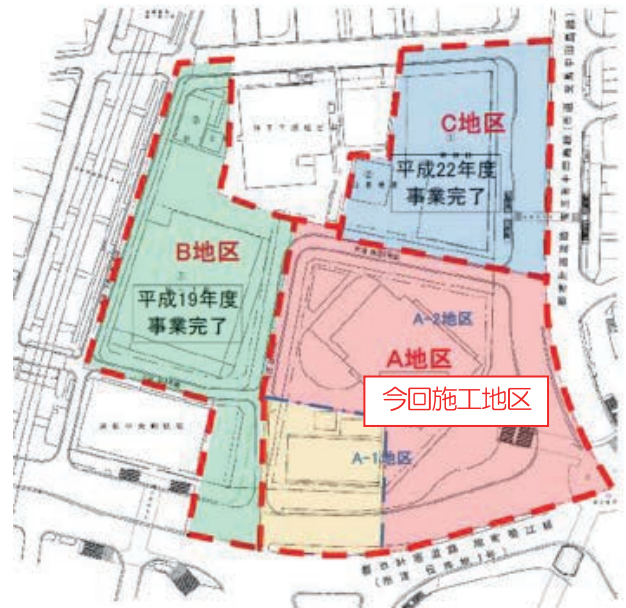


図-1 配置計画図

§ 2. 工期短縮への取り組みについて

2-1 工事の課題及びその背景

本工事は、当初設計の建物内自走式駐車場から建物内機械式立体駐車場への変更及び制振壁の追加により構造評定の審査時期が遅れ、工程短縮への取組みが必要であった。

場所打ちコンクリート杭の工法を見直し、今回採用し

たりバーズ式拡底式工法（JSHR 工法）の施工結果を報告する。

2-2 対策の検討と施工計画

当初、拡底掘削をアースドリル掘削機にて計画していた。工期短縮するにあたり、アースドリル掘削機を 2 台に増やす計画を検討したが、アースドリル機 2 台・クローラクレーン 3 台を配置することは施工範囲が狭く困難であり、拡底掘削を短縮できるリバーズ工法の採用を

* 西日本（支）浜松建築（工）

検討した。今回採用した JSHR 工法は、協力会社でもあるジャパンパイル(株)にとっても開発してから初めての実施工であった。ここで、JSHR 工法について述べる。

(1) JSHR 工法の開発の経緯

現在、場所打ち杭拡底工法は拡底径の大型化が進み 5 m を超える工法も出現してきたが、アースドリル拡底工

適用可能なコンクリート

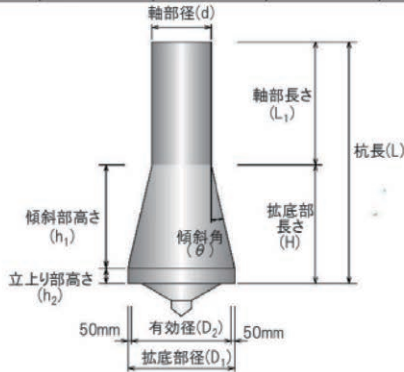
本工法により打設されるコンクリートの許容応力度は、平成13年国土交通省告示第1113号第8第1項第一号の表中のくい体の打設の方法(一)に該当するもの。

普通コンクリート：18N/mm²以上45N/mm²以下
 高強度コンクリート（45N/mm²を超え60N/mm²以下）
 ：大臣認定を受けたコンクリート

※セメントの種類は、最大拡底径が4.1mを超え、かつコンクリートの設計基準強度が45N/mm²を超える場合は、中庸熱ポルトランドセメント・低熱ポルトランドセメント又は、フライアッシュセメントB種を使用する。

《《 施工寸法 》》
 < 拡底掘削機の種類と適用範囲 >

掘削機種名	適用杭径		最大拡底率	最大傾斜角 θ
	軸部径 d(mm)	拡底径 D(mm)		
I 型	1000~2300	1100~2300	4.00	12°
II-2型	1200~2700	1300~2700	4.00	12°
III-2型	1400~3900	1500~3900	4.46	12°
IV-2型	2000~4500	2100~4500	4.62	12°
V 型	2300~5100	2400~5100	4.73	12°
VI 型	2000~5100	2100~5100	4.73	12°



- ① 拡底部の鉛直に対する傾斜角 θ は 12° 以下とする。
- ② 拡底部の立上がり部高さは 50mm 以上。
- ③ 有効径は「拡底径 - 100mm」とする。
 拡底しない場合は、有効径 = 軸部径とする。
- ④ 拡底率は有効底面積 / 軸部断面積

図-2 掘削機の種類と適用範囲

法は掘削した土砂をバケットに沈降し取り込むことに時間を要し、拡底掘削に多くの時間を割いている。さらに、拡底縁端部のスライム除去に複雑な機構を使用しているためトラブルの原因になりやすく、スライム処理に時間を要するにも関わらず、十分にスライムの除去が出来ていないのではないかという不信感を払しょくできているとは言い難い状況である。そこで、こういった問題を解決すべく、リバース工法による拡底杭工法は開発されたものである。

(2) JSHR 工法の特徴

JSHR 工法は、杭の軸部を通常の場所打ちコンクリート杭工法で使用される掘削機（オールケーシング・リバース・アースドリル）によって支持層の所定の深度まで掘削した後、JSHR 拡底掘削機を用いてリバース工法によって拡底掘削し、杭先端を拡大することで高い支持力を得る工法である。

特徴としては、拡底掘削と同時に、そのまま継続してスライム吸引することにより、拡底部底面全域のスライム除去が可能となり、高品質な杭の構築が可能である。

また、N 値 <100 程度の砂層、砂礫層の支持層であれば、アースドリル拡底に比べ 6~8 倍の速度で拡底掘削が出来るため、拡底径・拡底率が大きくなると、拡底時間が短縮できる。JSHR リバース掘削機のポンプは、スライムクリーナーの約 4 倍の能力を有しているため、拡底掘削完了後のスライム処理時間もアースドリル拡底に比べ早く、大幅な工期短縮が可能である。

適応可能なコンクリート及び拡底掘削機の種類と適応範囲について図-2 に示す。

(3) リバース式拡底杭工法（JSHR 工法）とアースドリル式拡底杭工法との比較

それぞれの工法についてメリット・デメリットを表-1 に示す。これらの特徴と当現場での工程・支持層の種類・杭径を鑑みた場合に、十分検討できると判断した。

まず、工程を短縮するためのポイントとして1つ目は、水槽の配置検討であった。JSHR 工法は安定液を多く使

表-1 リバース式拡底杭工法とアースドリル式拡底杭工法との比較

	リバース式拡底杭工法（JSHR 工法）	アースドリル式拡底工法
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・軸部の掘削方法は種類を問わない。 ・スライム処理に要する時間が、アースドリル工法と比較して大幅に短縮できる。 ・拡底掘削時間がアースドリル工法と比較して大幅に短縮できる。（メリットが大きくなるのは拡底径 4.1 m 以上） ・N 値 <100 程度の砂層、砂礫層の支持層に有効である。 ・全周回転掘削機による障害物撤去後継続して施工でき、埋戻し土、残土処分のコストが削減できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一番安価な工法である。 ・掘削機の保有数が多く施工実績が多い。 ・仮設が容易で準備期間が少ない。 ・敷地境界近傍でも施工が可能。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・アースドリル工法と比べ泥水処理量が多く、泥水処分費が多くなる。 ・安定液を多く使用するために、大型タンクが必要になり、敷地にスペースが必要。 ・拡底掘削機の保有数が少ない。 ・必要な機材が多い。 ・機材及び水配管等の設備準備に時間がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・拡底掘削に時間を要する。 ・スライム処理に時間を要する。 ・大礫、玉石等の地盤の掘削が困難。

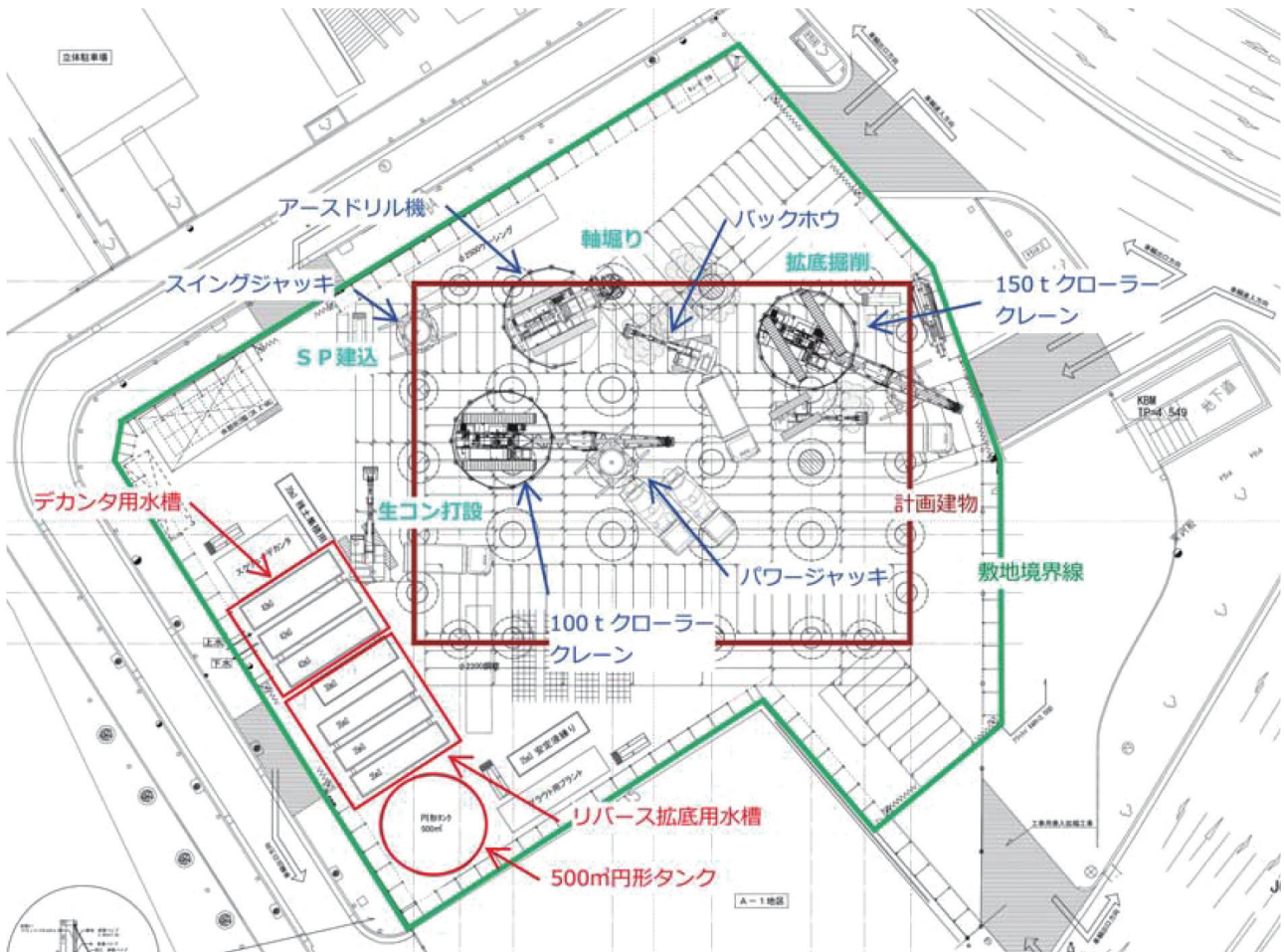


図-3 配置計画図

	リバース拡底掘削																						
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1日目	クレーン②Sジャッキ ケーシング 建込み			クレーン② Sジャッキ ケーシング建込 み ハンマー掘り			クレーン② Sジャッキ ジャッキ撤去																
2日目	軸掘削			アースドリル機 軸掘削																			
3日目	クレーン② Pジャッキ② ジャッキ準備			Pジャッキ② 掘削						クレーン ② Pジャッキ 片付けジャ ッキ													
4日目	クレーン① Pジャッキ① 孔壁測定 鉄筋・鋼管 建込み トレ ミ 2次ス ライム 段 取り			クレーン① Pジャッキ① 生コン打設 片 付け ケーシ ング抜き																			
5日目	クレーン②Pジャッキ② ケーシ ング 抜き			クレーン Pジャッキ 生コン打設 片 付け ケーシ ング抜き																			
6日目	クレーン②Pジャッキ② ケーシ ング 抜き																						

	アースドリル拡底掘削																						
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1日目	クレーン②Sジャッキ ケーシング 建込み			クレーン Sジャッキ ケーシング建込 み ハンマー掘り			クレーン Sジャッキ ケーシング撤去 ジャッキ撤去																
2日目	軸掘削			アースドリル機 軸掘削 拡底 準備																			
3日目	アースドリル機 拡底掘削			アースドリル機 拡底掘削																			
4日目	スライムクリーナー 底ざらい			一次スライム 処理			スライムクリーナー Pジャッキ 一次スライム 処理			スライムクリーナー Pジャッキ 段 取り ケーシ ングセット ジャッキセット													
5日目	クレーン Pジャッキ 孔壁測定 鉄筋・鋼管 建込み トレ ミ 2次ス ライム 段 取り			クレーン Pジャッキ 生コン打設 片 付け ケーシ ング抜き																			
6日目	クレーン②Pジャッキ② ケーシ ング 抜き																						

図-4 サイクル工程の比較

用するため、大型タンクを配置する必要があり、水槽の移動をした場合に多くの時間を要する懸念があったが、500 m³の円形タンクや水槽を建屋外に全て配置することによりタンクを移動する必要のない配置計画とした。今回は、軸部の掘削をリバー式工法で行うと更にタンクが必要となるため、軸部掘削をアースドリル工法で検討した。配置計画図を図-3 に示す。

2つ目にリバー式拡底杭工法とアースドリル式拡底杭工法の工程を比較検討した。リバー式工法は拡底掘削中に安定液を循環させるため、スライム処理に要する時間が短縮できる。そのため、ケーシング建込・掘削・拡底・生コン打設の4つの作業が同時並行で可能となり、施工計画の効率化を図ることができた。リバー式拡底杭工法とアースドリル式拡底杭工法のサイクル工程の比較を図-4 に示す。

§3. 施工結果

当現場は、表層ケーシング深さ GL-12 m までクラムシエルにて掘削、GL-36.5 m までアースドリルにて軸部掘削、リバーにて拡底掘削を行った。

500 m³の円形タンクと7機の水槽を設置し、敷地境界際にリバー用配管を設置した。

重機は150tと100tのクローラークレーン、アースドリル掘削機、パワージャッキ2台、スイングジャッキ1台、バックホウ1台、クラム1台を使用した。施工状況を写真-1 に示す。

施工は、1日目にスイングジャッキにてケーシング（スタンドパイプ）を建込み、2日目にアースドリル軸部掘削、3日目にリバー式拡底掘削、4日目に鉄筋籠・鋼管建

込み・コンクリート打設、5日目にケーシング（スタンドパイプ）引き抜きという流れで、5日/本の施工を行った。実施した施工サイクル工程を図-5、施工ステップ断面図を図-6、それに関連した写真を写真-2、写真-3 に示す。

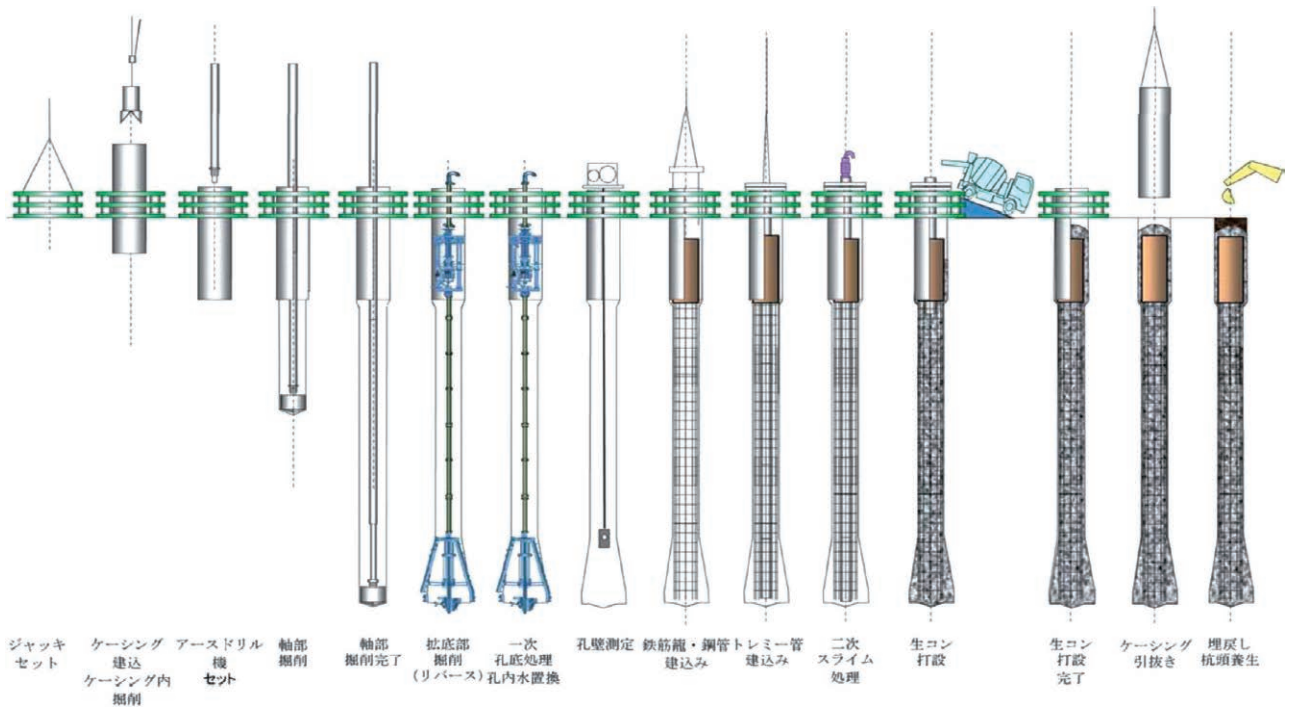
施工中の問題点と改善点として、当初はパワージャッキ1台とスイングジャッキ1台で施工を進めていたが、ジャッキの取外しや移動に多くの時間を要したため、パワージャッキを1台追加することで、段取りに費やした時間を短縮した。また、支持層の砂地盤の上にある固結粘性土層が、拡底ビット（写真-4）の上部2~3mに該当し、当初は拡底掘削に半日近く時間を要したが、拡底ビットの爪に小さい爪を取付けて食い込みが良くなるように改善することで拡底掘削時間を短縮した（写真-5）。



写真-1 施工状況

	1日目								2日目								3日目								4日目								5日目															
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8								
乳A	ケーシング建込み (3名) クレーン① Sジャッキ								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削(30m)								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								拡底掘削 (3名) クレーン① Pジャッキ ジャッキ準備								生コン打設 (4名) クレーン② Pジャッキ BH(クラム) 生コン打設								片付け (3名) クレーン③ Pジャッキ 軸掘削							
乳B	ケーシング建込み (3名) クレーン① Sジャッキ								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削(30m)								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								拡底掘削 (4名) クレーン① Pジャッキ ジャッキ準備								生コン打設 (4名) クレーン② Pジャッキ BH(クラム) 生コン打設															
乳C	ケーシング建込み (3名) クレーン① Sジャッキ								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削(30m)								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								拡底掘削 (4名) クレーン① Pジャッキ ジャッキ準備															
乳D	ケーシング建込み (3名) クレーン① Sジャッキ								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削(30m)								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削															
乳E	ケーシング建込み (3名) クレーン① Sジャッキ								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削								軸掘削 (3名) アースドリル機 BH 軸掘削															
軸掘削/排水	給水	0	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130	給水	50	給水	130												
	回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収		回収													
	0		130		180		310		360		490		540		490		540		490		540		490		540		490		540		490		540		490													

図-5 サイクル工程図



図一6 施工ステップ断面図

■軸部掘削



アースドリル工法

■拡底部掘削



JSHRリバー式掘削機



JSHR拡底掘削状況



排泥状況



JSHR拡底掘削機
(閉翼時)



JSHR拡底掘削機
(拡翼時)

写真一2 サイクル工程1



孔壁測定結果
写真一3 サイクル工程2



写真-4 拡底部ビット



写真-5 拡底ビット改善状況

§4. おわりに

リバース式拡底杭工法（JSHR 工法）は、現場職員だけでなく専門業者も実施工が初めてであり、施工手順や打設順序について多くの時間を割いて検討を重ねた。このため、当初は残業が続く日もあったが、現場職員・協力会社の頑張りにより、予定していた工期を守ることができた。