

# 1. 低空頭・狭隘対応場所打ち杭工法

鹿島建設(株)：○小滝 裕

## 1. はじめに

近年、都市再生事業の一環として都市土木施設のリニューアル、機能向上が図られているが、それらの一つとして既設鉄道の高架化工事や桁の架け替え工事、耐震補強工事がある。このような工事では、既設の桁下や既設構造物と隣接する位置など低空頭あるいは狭隘な箇所新たに基礎杭を施工する必要がある。このような厳しい施工条件下でも対応可能な杭の施工法としてBCH(Bottom Circulation Hole)工法とパイプドリル工法を開発した。

低空頭・狭隘対応場所打ち杭工法について報告する。

## 2. BCH工法の開発

### (1) 背景

低空頭・狭隘な場所での場所打ち杭の施工法としては正循環工法(サーキュレーション工法)や逆循環工法(リバースサーキュレーション工法)があり、それらの代表的な工法として正循環工法にはBH工法が、逆循環工法にはTBH工法が挙げられる。正循環工法は、その掘削機構上、逆循環工法よりも施工機械を小型化することが可能であるが、孔内全体に掘削ズリを浮遊させた高比重の安定液を循環させるため、孔壁にマッドケーキが形成されやすく、かつ杭先端にスライムが沈降する傾向が高い。そのため、本設構造物としての支持力特性において品質・信頼性が低いとされてきた。

一方、逆循環工法は、常に孔内を低比重の良好な安定液で満たすため、造成される杭の品質・信頼性は高く、本設構造物としての杭の造成に使用されてきた。しかしながら、逆循環工法は、施工機械が大きくなるため、超低空頭・狭隘な場所での適用性は正循環工法より劣っていた。そこで、正循環工法であるBH工法を基本としながら安定液の品質を向

上させることでTBH工法と同等の支持特性を有し、かつ、低空頭・狭隘な場所での施工を可能とする場所打ち杭工法としてBCH工法を開発した。

### (2) BCH工法の概要

BH工法とBCH工法の掘削機構を図-1に示す。BH工法では掘削ビット先端から安定液を噴出させ、安定液に掘削ズリを混入した泥水を孔口まで押し上げて孔内から排出するというものであるため、安定液の管理を怠ると所定の杭の支持力が得られないという欠点を有している。そこで、下記の改善を実施した。

- ・掘削ビット直上に揚泥管を設置して、掘削ズリが混入した泥水を、孔内を循環させずに地上に速やかに排出する。
- ・孔口から良質な安定液を供給することで、常に孔内を良質な安定液で置換する。

その結果、小型の機械でより低空頭・狭隘な場所での施工が可能で、かつ本設杭としての十分な支持力特性を有する場所打ち杭の造成を可能とした。BCH工法の概要を図-2に示し、主な特長を以下にまとめる。

- ①スライムの浮遊を防ぐため、掘削ビットの上方1.5m以内に吸引口が位置する揚泥管を新たに配置し、掘削ズリを掘削直後に吸引して孔外へ排出する。
- ②安定液の品質を良好に保持するために、ビット先端に加えて孔口からも良質な安定液を供給する。
- ③これらの杭品質の向上に向けた改良に加えて、狭隘部での施工性の向上を図るために、揚泥管にスイベル装置を設置して揚泥管の脱着を容易にする。
- ④掘削完了後、一定時間底ざらい運転を行うこと

により別工程のスライム処理を不要とした。

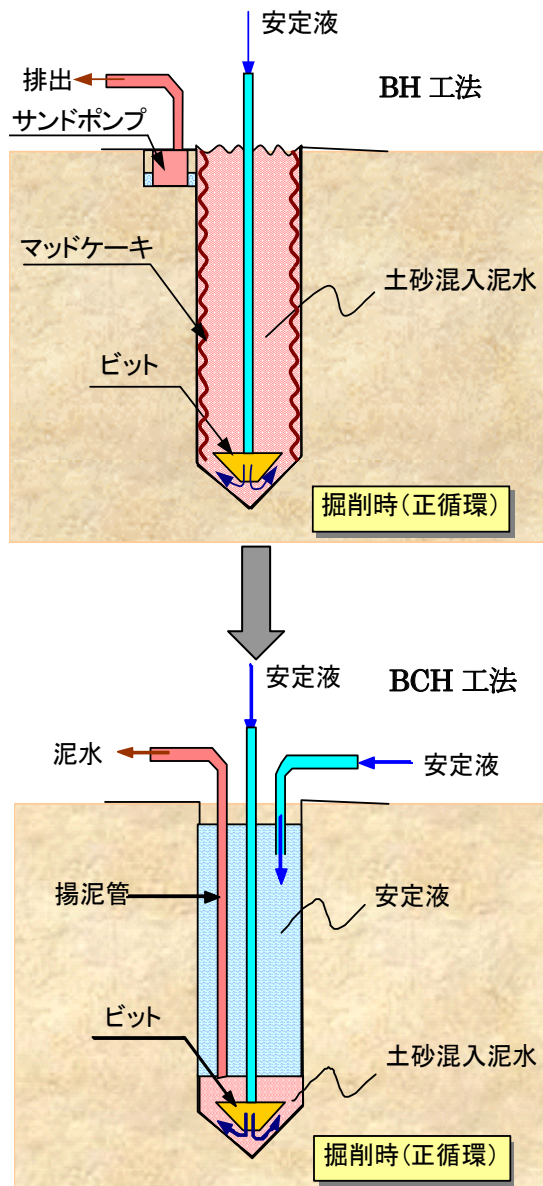


図-1 掘削機構



写真-1 施工状況

(3) 掘削試験と押し込み試験の概要と結果

BCH工法の支持力性能を定量的に把握し、構造物として十分な支持力を有することを確認するために、掘削試験と押し込み試験を実施した。試験杭は、杭径 $\Phi 0.8\text{m}$ 、杭長 $L=26.5\text{m}$ であり、対象地盤は、上部からローム、粘土及びシルトで、先端部の支持地盤は砂と礫の互層であった。

試験杭の掘削中にビット直上 ( $GL-20\text{m}$ )、孔口及びその中間地点 ( $GL-10\text{m}$ ) の3深度にて安定液を採取し、その比重を測定したが、ビット直上では1.10、孔口及びその中間地点では1.08程度と良好な結果が得られた。また、超音波孔壁測定器による杭の出来形管理も可能となった。これらにより孔内の安定液を良質に維持できることが検証された。

杭の押し込み試験 (地盤工学会基準 JIS1811) は多段階荷方式・多サイクルによった。杭先端の変位が100mm (杭径の12%) を超過し、杭頭反力13,500kNを得られた段階で押し込み試験を完了した。砂と礫の互層であり、礫の影響でN値が大きくなったと推定される区間を除き、杭の周面支持力度の試験値は設計値を上回ったことから鉛直支持力は設計値の約2倍の値となり、十分な支持力を有することを確認した。

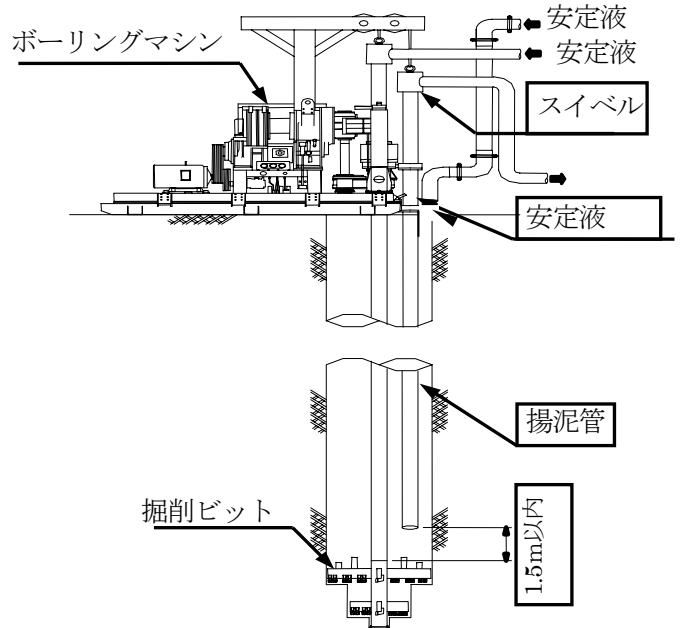


図-2 パイプドリル概要図

### 3. パイブドリル工法の開発

#### (1) 背景

営業線高架橋近傍または直下で低空頭・狭隘な場所における場所打ち杭の施工がもめられ、これらの工事は既設構造物基礎に近接した場所での施工となるため、周辺地盤の変状を抑止することが最重要課題とされる。

従来、低空頭下の場所打ち杭工法としては、TBH工法及び深礎工法が多用されてきた。しかし前者は孔壁の保持を泥水に頼っているため、泥水管理が孔壁の安定に直結していることや、それでも孔壁崩壊の危険性がゼロと言えない点で信頼性にやや難がある。また、既設杭等の障害物が存在する場合には事前に全撤去する必要があるという問題があった。一方後者は地下水位以下の施工においては補助工法を併用する必要があり、工期・安全の面で問題があった。

変状抑止が可能な工法としては、鋼管圧入工法が知られているが、ハンマーグラブを用いて揚土を行うため、高架橋下のような空頭が制限された条件下での施工はこれまで不可能であった。

そこで本工法では排土法として泥水による逆循環式（リバース工法）を採用し、更に小型全旋回圧入機（パワージャッキ）、特殊三翼ビットおよび門型槽を一体とした場所打ち杭施工システムを新たに開発することにより、変状抑止効果が高い鋼管圧入工法の長所を生かし、既存工法では成し得なかった超低空頭下での施工を実現した。



写真-2 門型槽



写真-3 掘削ビット

#### (2) パイブドリル工法の概要

パイブドリル工法は空頭制限下において鋼管圧入・削孔を実現するため、当社が開発した特殊三翼ビット・小型全旋回圧入機・門型槽で構成されたシステムを採用する。工法全体概要を図-3に示す。

##### ①特殊三翼ビット

特殊三翼ビットは、ロッド管の上下に連動して3個のピストンが出入りする機構を有している。これは図-4で示すように、3個のピストンが鋼管の回転力をビットに伝達する役割を果たしているため、地上から続く掘削ロッド管から駆動力を得る従来方式とは根本的に異なる。この機構の開発により、上部に設ける必要があったロータリテーブル及びスィベル装置をビット部に内蔵することができ、結果として地上に突出する高さの縮小並びに鋼管セット時の施工性を確保することが可能となった。また、リンク機構を採用することにより、ロッド管の上下動という簡易な動作のみで特殊三翼ビットの着脱・回収が可能となっている。

##### ②小型全旋回圧入機（パワージャッキ）

小型全旋回圧入機は、低空頭・狭隘な場所での施工に対応するため従来の鋼管圧入ジャッキよりも大幅に小型・軽量化を図りながら、回転トルク690kNm(最大860kNm)、圧入力350kNを確保している。

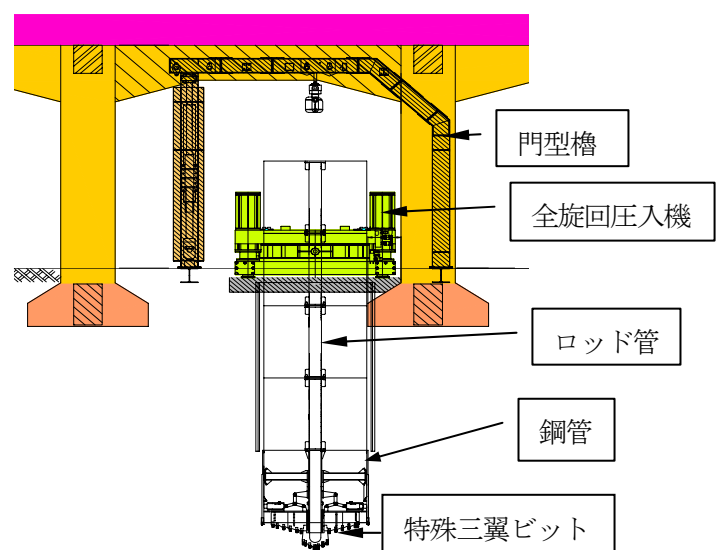


図-3 パイブドリル概要図

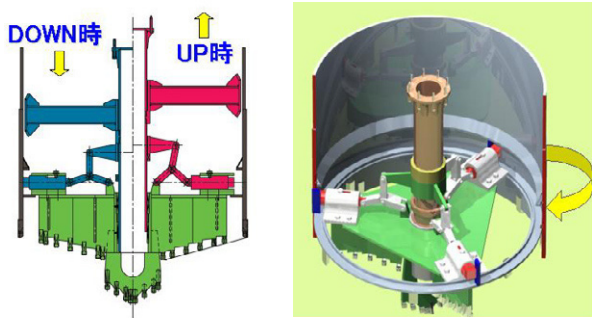


図-4 掘削ビット機構



写真-4 施工状況

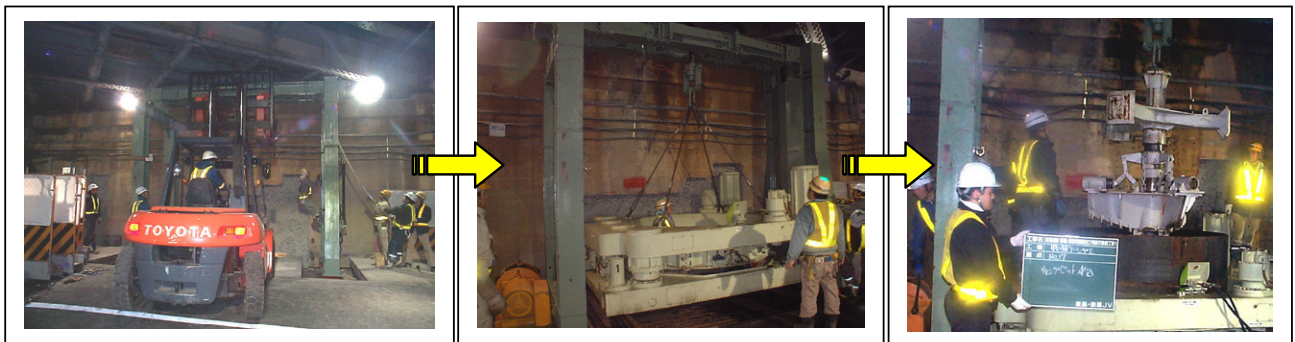
### (3) パイプドリル工法の特長

- ①鋼管による孔壁養生で既設構造物の変状を抑制できる。(営業線近傍での施工が可能)
- ②空頭が制限される施工条件下での杭施工が可能である。(高架橋下での施工が可能)
- ③低騒音・低振動で施工が可能である。(夜間対応)
- ④松杭等の地下障害物を有する条件下でも高品質な杭の施工が可能である。(障害物の事前撤去が不要)

### 4. 今後の展望

都市再生に伴い、鉄道営業線近接部における立体交差化工事ならびに既設高架橋のリニューアル工事などが今後さらに増加すると予想される。

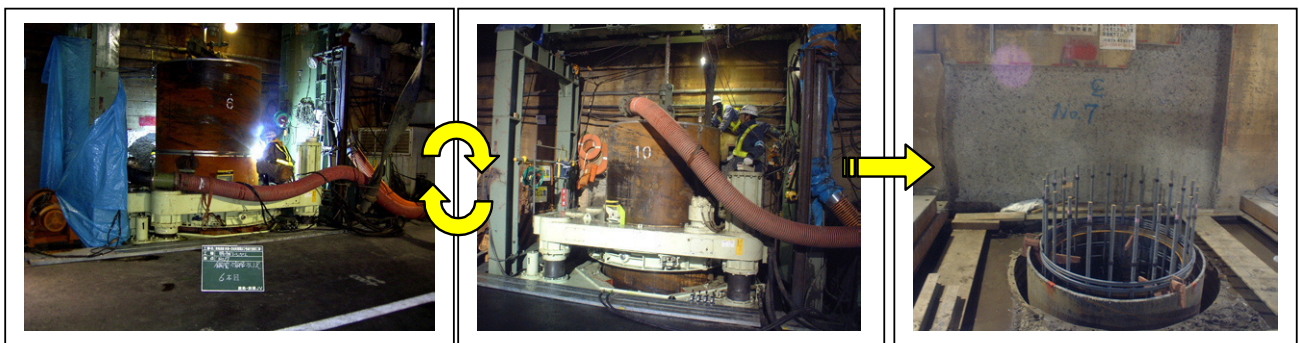
BCH工法とパイプドリル工法のさらなる高度化を進めることにより、これらの工事の品質と施工性の向上を図っていく所存です。



1. 門型ヤグラの組立

2. パワージャッキの据付け

3. 特殊三翼ビットの挿入



4. 鋼管建込・溶接 (繰り返し)

5. 削孔 (繰り返し)

6. 鉄筋籠建込

写真-5 施工順序