

# 既製杭無排土(無廃土)埋設工法

## —BSS工法—

細田 豊・田中 祐介

近年、公害問題に対する意識の高まりとともに、騒音、振動に関する法規制が厳格化されたため、低騒音、低振動で施工できる埋設工法およびその工法用の基礎機械の需要が高くなっている。それに加えて、建設現場で発生する残土は産業廃棄物として問題視され、建設発生残土の抑制は社会的要請となってきている。そのような背景により数多くの低公害型の工法が開発されているなかで、開発目標に建設発生残土のゼロを掲げ、本工法はその開発に成功したといっても過言ではない。同時に新しい装置も完成できたので、あわせてここで紹介する。

キーワード：基礎、既製杭、無排土、発生残土ゼロ、新工法、

### 1. はじめに

建設発生残土の抑制という社会的要請の背景により数多くの低公害型の新工法が開発されているが、既製杭(中でもコンクリート杭)埋設工法においては、その大多数が建設発生残土を低減することに留まっているように見受けられる。

そういった五十歩百歩の新工法の中で、既製杭無排土埋設工法(以下、BSS工法)は完全に建設発生残土をゼロにする目標で、大同コンクリート工業株式会社が1999年6月に開発に着手した。2003年7月には国土交通大臣の認定を取得し、現在に至っている。

ここでは、「BSS工法」を施工するための最大の特徴である推進ビットを効果的に活用するための装置について紹介する。

### 2. 装置の概要

まず「BSS(Boring and Shut System)工法」の装置の、3点杭打ち機に装着するフロントアタッチメントの構成について簡単に紹介する。

主としてアースオーガ、油圧装置、繫留装置、杭埋設用の回転ロッド、推進ビットで構成される(図—1)。

プレボーリング工程時には、プレボーリング用のスクリュウロッド、ヘッド(図示省略)は、図—1中の杭埋設用の回転ロッド、推進ビットと交換して施工を行う。

各装置の役割は、アースオーガが回転駆動するということは言うまでもなく、中間ロッド、回転ロッドは、そのアースオーガの回転駆動力を推進ビットへ伝達する。推進ビットは、回転ロッドの先端に設けられたクラッチで接続され、かつ杭の下面に覆いかぶさるように取付けられる。

繫留装置は、杭の頭部を繫留し、杭の自重沈下を抑さえ、推進ビットと杭下面の接触による供回りを防止する。

油圧装置は、シリンダにより杭下面と推進ビットの高さ位置を適正に保つ役割を持っている。

### 3. 施工の概要

まずBSS工法の施工概要について簡単に説明する。

第1工程として、杭径と同径またはそれ以下のスクリュウとヘッドを取付け、杭径と同径または同径以下の孔で所定深度まで削孔する。所定深度まで到達したら次工程に備え、微量の先端固定液を必要量注入し、排土量を低減する目的で逆転引抜きを行い、プレボーリング工程を完了する。

第2工程として、プレボーリング時に使用したスクリュウ・ヘッドを取外し、推進ビット回転用の回転ロッドを仕込んだ杭をアースオーガに装着する。装着後、推進ビットを回転ロッドに取付ける。

杭中心位置と杭鉛直度を確認し、杭と推進ビットの軸方向クリアランスを油圧装置のシリンダで、調整(接触するかしないかのゼロクリアランス調整)した後、杭は非回転の状態为推进ビットのみを回転させ、

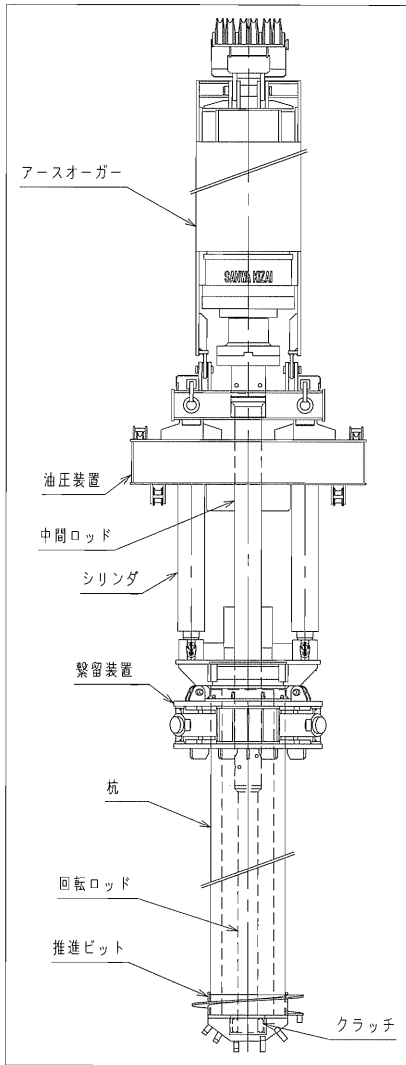


図-1 BSS工法の装置概要説明図

杭埋設を行い着底させる。

着底させたら、逆転駆動して推進ビットと回転ロッドとのクラッチを外し、推進ビットは杭の下に置いたまま回転ロッドを回収し、1サイクルを終了する(図-2)。

#### 4. 開発に至る経緯

BSS工法は従来工法である中掘圧入工法を数多く経験する中で生まれた、「ある発想」を具現化させた工法である。

中掘圧入工法では埋設する杭の体積分 ( $V_1$ ) の削孔体積 ( $V_2$ ) を削孔し、杭に圧入力を与え、削孔と同時に杭を埋設するという合理的かつ優れた工法(図-3)である。

しかしながら削孔体積分の土砂 ( $V_2$ ) は積極的に排土(廃土)する必要があり、かつ非削地盤の取込みを円滑に行うために注水を行い、非削地盤の軟化効果を

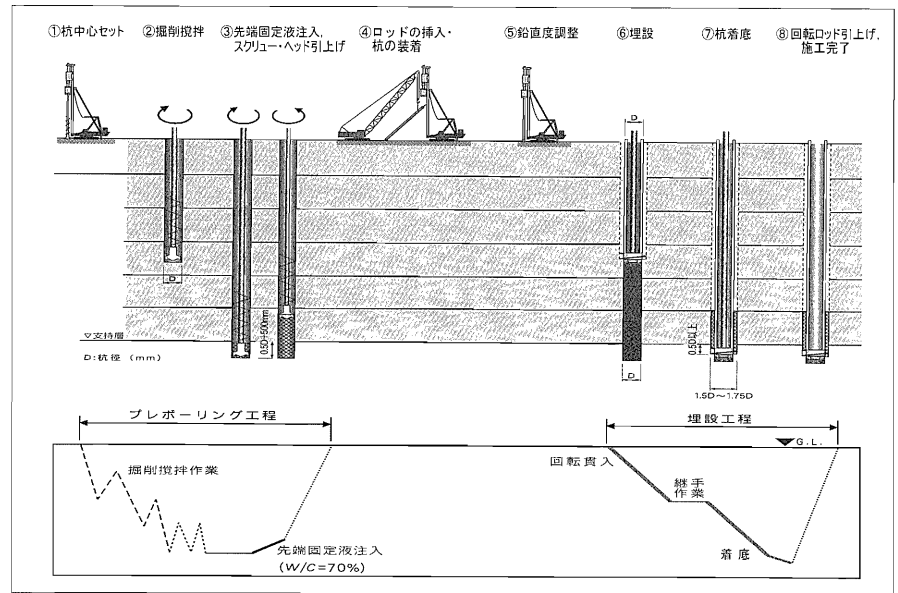


図-2 BSS工法の施工手順

得ていた。したがって排土される土砂は多くの水を含み、また土量も多いため工事現場内で処理することは困難で多くの場合、産業廃棄物となっていた。

前述の「ある発想」とは、中掘圧入工法において一番重要と思われる排土を無くしてしまうことである。中掘圧入理論に長けている方には非難的となりそうであるが完全無排土に向けてあえて無排土という課題に取り組むことを目標に置いたのである。

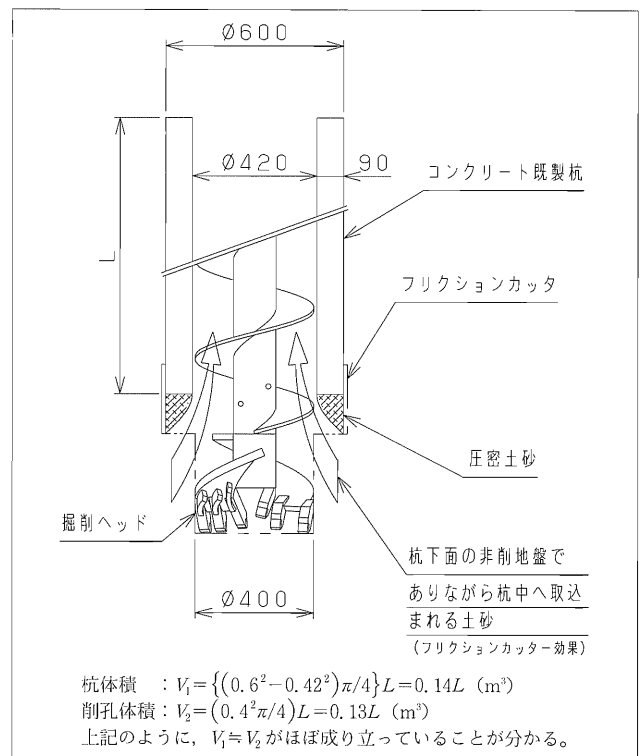


図-3 中掘圧入工法のみかた (φ600事例)

## 5. 開発の概要

### (1) 推進ビット

工法の一番重要な一因を排除するためには、その重要性の「メカニズム」を理解し、その代わりとなる「メカニズム」を採用することが不可欠となった。

その「メカニズム」とは、前述と重複するが埋設する杭の体積 ( $V_1$ ) 相当分を掘削ヘッドにより削孔 ( $V_2$ ) し、削孔径よりも大きな杭径の下面に存在する杭体積分の土砂 ( $V_1$ ) を杭中へ置換していることだと推測した。

本工法では杭中へ土砂を取込む代わりに、杭外周へ土砂を押しつけるように推進ビットの形状を決めた。推進ビットは地中へ置き捨ててくる部材のため安価でなければならなかった。しかし機能的には確実に土砂を杭外周へ押しつけることが出来、かつ杭の推進力を生み出す形状が必要であった。

そこで大型フィッシュテールの採用と同時にクラッチ収納スペースを杭径の 1/2 程度の径 (クラッチ構造の必要径のみ) に小径化することにより、圧縮土砂により円錐の先端が自然に生成されやすい形状とした。また、外羽根形状については、より推進力に期待が持てるスパイラル形状 (一条) を採用した。

さらに杭と推進ビットのカップ部との空隙からの僅かな土砂侵入も軽減する目的で、カップ上端にリングを設け、施工中に何らかの目的で一時的に杭を上げた際にも土砂侵入を低減することに配慮した (図-4)。

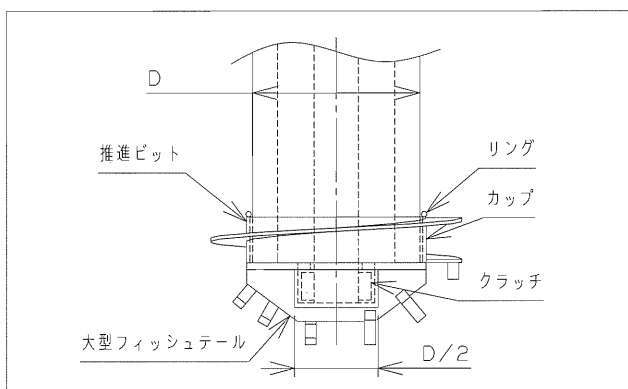


図-4 BSS工法の推進ビット形状

ここまでの説明のような推進ビットの形状工夫とプレボーリング併用による埋設抵抗の低減によって、杭中へ土砂を取込まずに杭外周へ土砂を搬送しつつ杭を埋設することが可能になった。

### (2) プレボーリング効果

次に BSS 工法におけるプレボーリングの効果を簡単に説明する。

杭径と同径または同径以下のプレボーリングによりプレボーリング孔内は、設定深度まで地盤がほぐされ、土砂はスクリュウによりある程度の量が一時的に地上へ搬出されることより一時的に不飽和または低飽和状態の土が構成される。この不飽和状態の土で構成されたプレボーリング孔内の密度は、後に行う埋設工程時に杭外周へ圧縮される際、埋設負荷とならない程度まで低減すると思われる。

プレボーリング孔はすべての土砂を一時排土することを主目的で行っているのではなく、先端地盤との杭体の一体化のための先端固定液注入作業と杭径または杭径以下の範囲に不飽和状態の土を構成することによる埋設工程時のガイドを目的として行っている。またそのとき地盤状況にもよるが、最大でプレボーリング孔体積を 1/2 程度に低減することが、無排土理論上、可能である。

その仮定は、下記の計算式に基づいている。ここで、杭径 ( $D$ ) =  $\phi 600$  mm, プレボーリング径 ( $D$ ) =  $\phi 600$  mm とおくと、拡大径 ( $1.5D$ ) =  $\phi 600 \times 1.5 = \phi 900$  mm となる。したがって、杭外側体積 ( $V_3$ ) は、

$$V_3 = \{(0.9^2 - 0.6^2)\pi/4\}L = 0.35L \text{ (m}^3\text{)}$$

杭径体積 ( $V_4$ ) は、

$$V_4 = (0.6^2\pi/4)L = 0.28L \text{ (m}^3\text{)}$$

プレボーリング孔低減後体積 ( $V_5$ ) (空隙量は含まない) は、

$$V_5 = (0.6^2\pi/4)L/2 = 0.14L \text{ (m}^3\text{)}$$

一時的排土体積 ( $V_6$ ) は、

$$V_6 = V_5 = (0.6^2\pi/4)L/2 = 0.14L \text{ (m}^3\text{)}$$

杭内径体積 ( $V_7$ ) は、

$$V_7 = (0.42^2\pi/4)L = 0.14L \text{ (m}^3\text{)}$$

圧縮度合 ( $A$ ) は、

$$A = (V_3 + V_4)/V_3 \\ = (0.35L + 0.28L)/0.35L = 1.8$$

圧縮度合 ( $B$ ) は、

$$B = (V_3 + V_5)/V_3 \\ = (0.35L + 0.14L)/0.35L = 1.4$$

上述のように  $V_6 = V_7$  であるから一時的に土砂を地上に搬出しても施工終了時に杭中にすべての土砂は埋戻すことが可能である。

また、プレボーリングを行うことによって、杭外周の圧縮度合を  $A$  から  $B$  に低減することが出来、無理なく埋設することが可能となった。

(3) 油圧装置および繫留装置

本工法において推進ビットの次に大事な装置が油圧装置および繫留装置である。

まず油圧装置は杭と推進ビットの軸方向位置を確実に保持できるように油圧シリンダを採用している。また、油圧装置と繫留装置間をレーザ距離計により計測することにより、より軸方向位置の管理を確実なものとした。

次に繫留装置であるが、本工法開発において一番注力を注ぐべき重要な推進ビット形状よりも実は設計に一番時間が掛かってしまったかもしれない。

まず対象となる杭がコンクリート既製杭および鋼管杭の両立であったことが難関であった。

鋼材の場合、鋼材の肉厚を両側から挟み込み、かつその構造自体が、杭がチャックピースから下がろうとすると、より締付け力が増加する効果（以下、くさび効果という。ただし全旋回機などのくさび式チャックとは異なる）を持つチャッキングの技術は既に確立され活用されていたが、コンクリート既製杭の繫留となると、その技術の流用では些か不安があった。

理由の第1は鋼管杭に比べ肉厚が厚いこと、

理由の第2はくさび効果によるチャッキングのため引抜き力を与えた際に、引抜き力が大きければ大きいほど杭への圧縮荷重が増加し杭を割ってしまう恐れがあること、

理由の第3には、スペーサにより自由に杭径に対応することが難しいこと、などがその理由であった。

全旋回機にはバンドチャックという技術も存在していたが、本工法への採用は、杭へ全周から均等に締付け荷重を与えることが難しいために控えた。

また、全旋回機で多く採用されているくさび式チャックもBSS工法においては装置が大型化してしまうために採用を控えた。

これらの、問題点の解消のため、本工法の繫留装置には、外側締付け放射状四配列油圧シリンダ直動式を採用した（図-5）。

これによりくさび効果は無くなり、油圧シリンダの先にスペーサを追加すれば簡単に各杭径に対応することが可能になり、杭へ全周から均等に締付け荷重を与えることが可能になった。

また、スペーサ交換は作業の安全性にも配慮し、すべての作業が繫留装置本体の上側から行えるように設計した。

BSS工法は、これらの機械装置の開発と並行して施工管理装置の開発も進め、Super Vision 2という

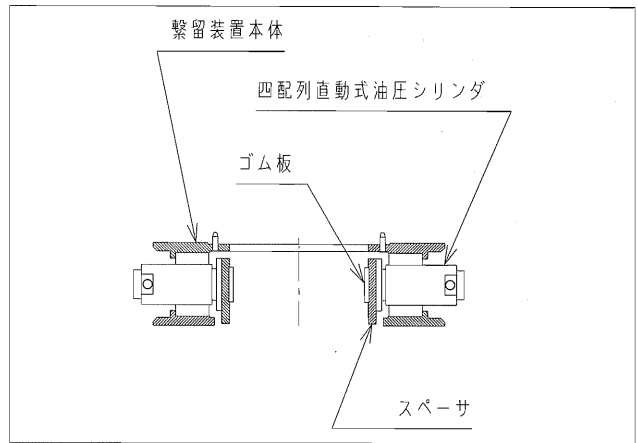


図-5 BSS工法の繫留装置の形状

施工管理システムも完成させた。それによって施工の信頼性も向上し（図-6、写真-1）、「BSS工法（type

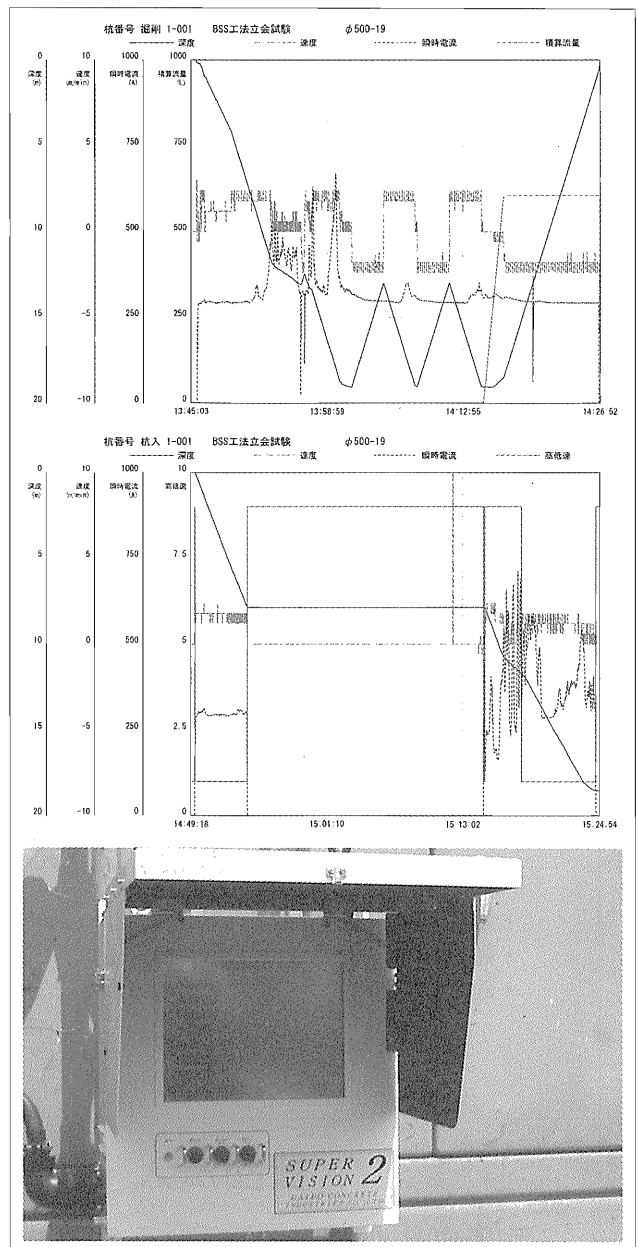


図-6 Super Vision 2 システム（帳票、装置本体）

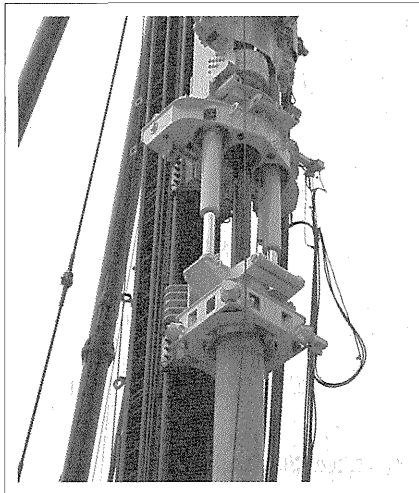


写真-1 BSS施工の一例

表-1 施工代表例

No.	工事名称	杭径 (mm)	数量 (本)	施工長 (m)
1	静岡県相良町 学校給食センター	450φ他	81	2,025
2	特別養護老人ホーム 野菊の里	600φ他	106	2,438
3	鳥取海上保安署 (国土交通省)	450φ他	32	704
4	鳥取県営住宅行徳団地	350φ他	78	2,106
5	佐賀県千代田文化ホール	600φ他	211	4,862
6	クラレ岡山機械設備 基礎建設	400φ他	217	5,425
7	愛知県五条汚泥 再生処理センター	600φ他	330	6,600
8	徳島県阿南警察庁舎	600φ他	122	2,928
9	M.C.S. 第三工場建設	400φ他	539	10,241
10	福岡市アイランドシティ 小学校校舎	600φ他	238	4,998

1)」の開発を完了させることができました。

今後は、1工程での施工などを実現し、支持力などの品質向上と施工効率向上を目標に (type 2) の開発を進める予定である。

## 6. 施工例

表-1に平成18年10月までの施工実績の一例を示す。10月末現在、60現場、延べ5,560本、延べ98,270mを超え、順調に実績を積んでいるところである。

## 7. おわりに

紙幅の都合上、支持力算出式などの詳細を割愛した

が、完全無排土（無廃土）工法「BSS工法」については下記のホームページ、<http://www.daido-conc.co.jp/method/bss/index.html> などご覧頂くことができます。

JCMIA

### 【筆者紹介】



細田 豊 (ほそだ ゆたか)  
大同コンクリート工業株式会社  
施工技術本部  
取締役本部長



田中 祐介 (たなか ゆうすけ)  
三和機材株式会社  
技術部  
オーガーグループ  
主任

# 建設機械用語集

- 建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- 建設機械関係基本用語約2000語（和・英）を収録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価2,100円（消費税込）：送料600円  
会員1,890円（消費税込）：送料600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289