

2. 大深度掘削が可能な 低空頭全自動三軸オーガ機の開発

鹿 島：*三好 勝利・鳴井 森幸
片上 公正

1. はじめに

三軸オーガ機を用いた「現位置土砂混合攪拌固化工法」は、地下工事における土留・止水壁等の構築に多用されているが、その機械高さは削孔長より7m程度高くなり、大深度施工をしようとする、40m級の機械を使用する必要がある。

近年、都市部における重機の使用において、安全性を高めた機種の開発が盛んになってきており、特に杭打機械や掘削機械は地上に数十mの装置が林立し、転倒事故も何件か発生していたことから、第三者に対して不安感・威圧感を与えない、高さが低く安定感があって低振動・低騒音の機械の開発が求められている。

低重心・低空頭の機械で、大深度を施工しようとする、オーガースクリューをジョイントしながらの施工となり、熟練を要し危険性も伴う。

そこで今回、ジョイント作業を自動化して安全性・合理性・経済性を満たした、低重心でコ



写真-1 低空頭全自動三軸オーガ機

ンパクトな全自動三軸オーガ機を開発し、実証施工を完了し良好な結果を得たので、その概要を紹介する。

2. 開発機の概要

開発機は、写真-1のように軌条走行式で、掘削機本体・オーガースクリューストック台車および、パワーユニット台車

から構成されており、各々の装置について概要を述べる。

(1) 掘削機本体

今回の開発の中心となる部分であり、開発した装置は以下のとおりである。

① スクリュー回転停止位置制御装置

従来のオーガスクリューとの互換性を基本に考えて、六角ジョイント方式を採用したため、ジョイントを嵌合させるためには、目標の回転停止位置に対して $\pm 1^\circ$ の精度でオーガの回転を停止させる必要があり、回転位置検出装置とインバータの組み合わせにより制御した。

② 上部脱着装置

オーガ減速機とオーガスクリューとの脱着の自動化であり、油圧によるクイックジョイント方式を採用した。

③ 下部脱着装置

オーガスクリュー同志のジョイントの脱着を自動化したものであり、ジョイントロック用の従来方式のピンを機械的に押し込み・引き抜きをする方式を採用した。装置の外観を写真-2に示す。

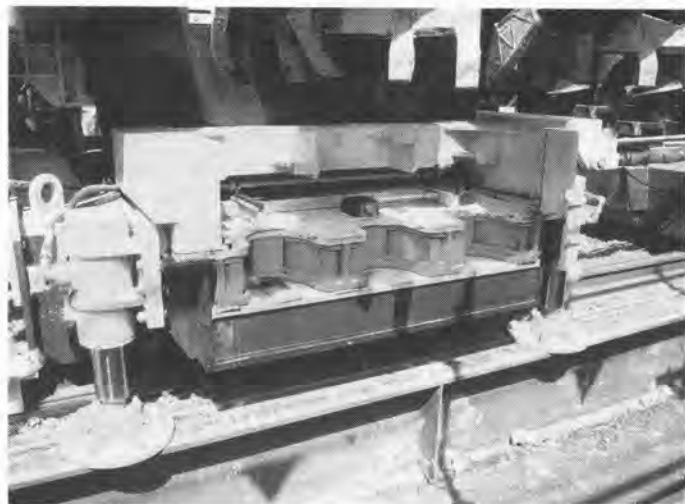


写真-2 下部脱着装置

④ オーガモータ昇降装置

N値50前後の地盤を30m程度掘削しようとするすると、10t程度の減速機の自重だけでは掘削能率が悪く、最大40tまで刃先力が加えられる様に、オーガモータの昇降を油圧モータによるチェーン駆動とした。

引き抜き力についても、60tまで加えられる構造とした。

(2) オーガスクリューストック台車

オーガスクリューの脱着を自動化しようとするすると、スクリューの収納方法を機械化する必要があり、今回の開発機では収納ラックに垂直に仮置きされたスクリューを、垂直のままチェーンコンベアでラック内に引き込み・送り出しが出来る機構とした。

オーガースクリューとオーガモータのジョイントの通り芯を合わせるためには、収納ラック全体を決められた寸法だけ、ジャッキにより本体側に引き寄せる構造とした。

(3) パワーユニット台車

掘削機本体・および、スクリーストック台車の動力操作盤および、制御のための110kW用インバータ盤を設備した台車であり、これらを制御するためのマイコン機能は、写真-3に示すように、掘削機のオペレーターハウス内の集中操作盤に装着した。

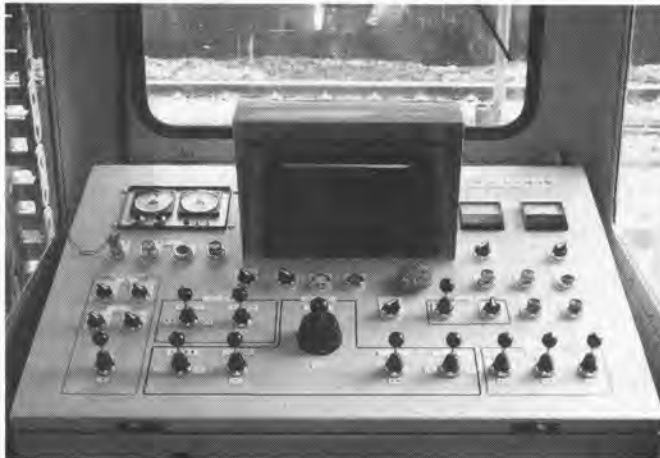


写真-3 集中操作番（運転室内）

把持し、オーガモータとのジョイントを切り離す。

3. 機械の動作

機械の仕様については、表-1に示すとうりであるが、機械の初期状態として、掘削機本体にはヘッド付オーガースクリューが1本装着されており、8本がラックに収納されていることを前提に動作順序を説明する。

- (1) 1本目のスクリーューで削孔する。
- (2) 1本目のスクリーューを

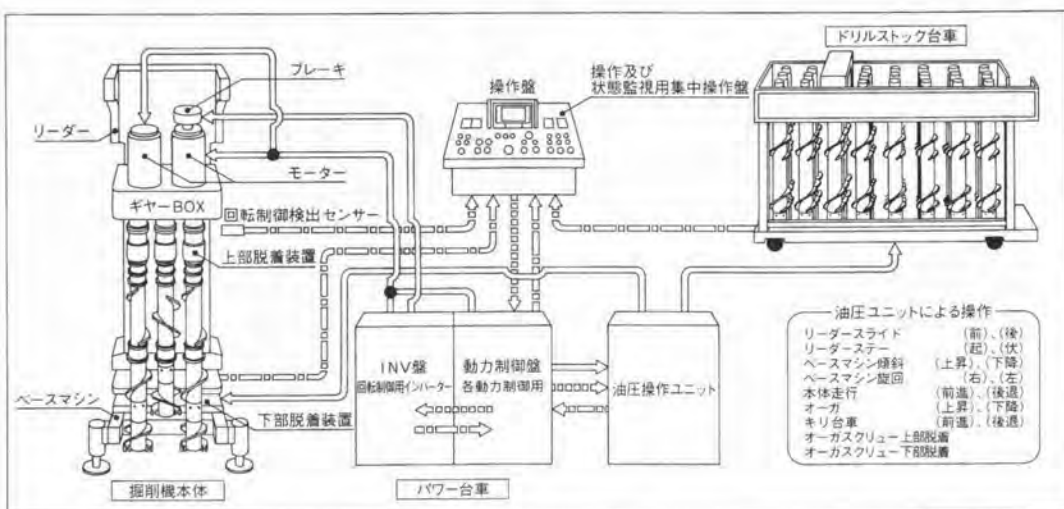


図-1 制御系統フロー図

- (3) オーガモータを上昇させ、本体を90° 旋回させ収納ラックを待つ。
- (4) 収納ラックを引き寄せオーガモータを下降させる。
- (5) クイックジョイントとスクリューを嵌合させジョイントをロックする。
- (6) オーガモータを上昇させ、収納ラックを後退させる。
- (7) 本体を90° 元に戻し、1本目と2本目のスクリューの通り芯を合わせる。
- (8) オーガモータを下降させ、1本目と2本目のジョイントを嵌合させロックする。
- (9) 1本目のスクリューの把持を解除し、2本目の削孔を行う。

表-1 全自動三軸オーガ機仕様

| 項目 | 仕様 |
|-----------|------------------------------------|
| 型式 | 低空頭・軌条式 |
| 全高・全長・全巾 | 7.5m・15.5m・4.3m |
| 掘削機本体重量 | 45ton (内オーガ10ton) |
| オーガ用電動機 | 55kw×2 (ブレーキ付) |
| 掘削深度 | 31.5m (3.5m×9本) |
| オーガ・スクリュー | ヘッド：φ580, 攪拌：φ550 |
| 作業用油圧ユニット | 動力：55kw, 油圧：210kgf/cm ² |
| 均等厚掘削機構 | カム駆動爪スイング式 |

以下、9本目のスクリューまで上記の動作を繰り返し、削孔混練が完了する。

引き抜き混練については、ほぼ削孔混練の動作を逆にたどることによって完了し、最終的な状態は収納ラック内に8本のスクリューがあり、掘削機本体にヘッド付オーガスクリューが一本装着された状態となって、1エレメント分の施工を完了する。

4. 制御系統

制御系統については図-1に示す通りであり、掘削機本体には、①オーガモータの位置、②上部脱着装置の作動状況、③回転停止制御用

エンコーダの出力、④下部脱着装置の作動状況、⑤オーガスクリュー把持装置等の情報を得るための約30点のセンサ、オーガスクリューストック台車には、①スクリュー供給台車前後進装置、②スクリュー引き込み用チェーンコンベア等に設置された、約20点のセンサーが組み込まれている。

これらのセンサーから得られた情報は、オペレーターハウス内の集中操作盤に集められ、マイクロコンピュータで判断して、パワー台車、スクリューストック台車、および掘削機本体の種々の装置に適格な指令信号を出し、各装置を作動させる。

それぞれの装置の動作状況は再び集中操作盤にフィードバックされ、操作盤上のモニター画面にリアルタイムに表示される。

5. 均等厚掘削機構

前項までに、三軸オーガ機の自動化について記述してきたが、以下に新しい発想に基づく開発について述べる。

従来の三軸オーガ機での削孔形状は、図-3のハッチング部のように串形となっており、止水性および、有効壁厚設定の面から改善が望まれていた。

図-3の黒塗り部に示すように掘り残し部を除去し、ミキシングウォール化することにより壁厚の均等化が図れるとともに、応力材の建込み位置が自由に設定できることから、ソイルミキシングウォールの設計において合理化が図れることになる。

掘削機構としては、図-2に示すように、オーガスクリューのロッドに取り付けたカム板が、スクリュー連結用のホルダに組み込まれた半月形の軸付カムを叩き、軸の先端の超合金チップ付きの刃物ホルダを動かす。

チップの動きは、 40° の範囲での首振り動作であり、オーガスクリュー1回転につき2往復の首振りを行い、掘り残し部の地山を切削する。



図-2 均等厚掘削機構

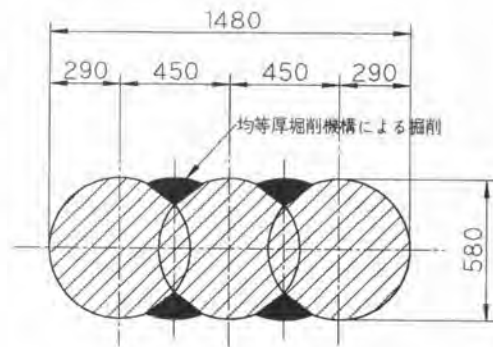


図-3 均等厚掘削機構による掘削形状

6. 本工法の特徴

今回開発した全自動三軸オーガ機には次の様な特徴がある。

- (1) オーガスクリューの自動脱着装置の採用により、ロックピンの打ち込み作業が不用となり、高所作業・指詰め等の危険作業がなくなる。
- (2) 自動脱着装置の採用により、脱着作業時間が大幅に短縮できる。
- (3) オーガスクリューをラック内に垂直に保管するため、コンパクトで安全な保管ができる。
- (4) オーガスクリューストック台車に自動供給・自動収納機能を持たせているため、補助クレーンが不必要である。
- (5) 回転停止位置制御方式を確立し、同一回転停止位置の再現性が確保できたため、従来方式のオーガスクリューが使用できる。

- (6) 硬質地盤への根入れおよび大深度掘削が可能のように、三軸オーガ機としては現時点で最大級の150馬力の電動機を採用している。
- (7) 施工能力アップのために、電動機の上昇下降をチェーンを介した油圧モータで補助しており、押し込み力40t、引き抜き力60tを確保している。
- (8) 今回、開発した機械の全高は、7.5mであるが、オーガとオーガースクリューを改造することにより、5.0mから15mまで対応可能となっている。
- (9) 均等厚掘削機構付のヘッドスクリューを装着することにより、仕上がり壁面が平滑な等厚連続壁の施工が可能であり、止水・土留の品質向上が図れる。

7. おわりに

幹線鉄道からの離隔距離が2m程度の非常に狭隘な場所での実証施工が完了し、安全性・機能性が十分に確認できた。

今後、狭隘な場所での施工および、低空頭仕様の工事への適用は当然の事ながら、民家密集地および繁華街・交通量の多い道路など、低重心化を必要とする工事への適用も考えなければならない。

また今回の開発の基本となっているスクリューの自動脱着・回転停止制御および、オーガースクリュー自動収納方式等の技術を展開し、クローラータイプの移動式三軸オーガ機の全自動化および、一軸のオーガースクリュー式杭打機の自動化等に取り組む所存である。