

30. 4軸ソイルオーガー工法の開発

竹中工務店 谷 藤 文 信
佐 藤 光 寿

1. まえがき

我が国における山止め壁造成の柱列工法の歴史は、昭和29年、アメリカからプレパクトの技術が導入され、アースオーガーによる掘削し土詰めセメントミルクを混合・攪拌するMIP工法、その後、32年に開発されたオーガー中空軸からモルタルを注入しながら、下方から掘削土砂と置換えるPIP工法などの場所打ち杭工法を主流にして、昭和35年頃より場所打ち杭を連続させる柱列山止め壁工法として本格的に採用されるようになり市街地における建設公害の問題と併せて急激に需要が伸び、施工技術も多くの実績とともに一段と進歩してきている。ここでは4軸ソイルオーガー機と4軸ソイルオーガー工法の概要について紹介する。

2. 竹中式オーガーパイル工法と竹中式ソイルパイル工法

竹中式オーガーパイル工法は、昭和32年、無騒音・無振動による場所打ち杭工法として鋼管の中をアースオーガーで穿孔し、オーガーマシンの自重を利用して鋼管を押し込み、その後、鋼管内の土砂を排土して、無筋または鉄筋コンクリート杭を造成するものとして開発された。その後、アースオーガーマシンは鋼管にも動力を与えるよう改良し、かつ、回転方向はオーガとは逆方向として施工能率の向上、および杭の掘削精度の向上に成果を挙げた。

竹中式ソイルパイル工法は、竹中式オーガーパイル工法と並行して開発されたもので、オーガーマシンによる地盤中に、その位置の土壌とグラウト液を混合して、杭や地中壁を造成するものである。そしてソイルパイルまたは、これに鉄筋・鉄骨・コンクリートパイルなどを芯材として造成した、複合体のものまで含めて総称している。このソイルパイル柱列の施工は、従来、1軸によるソイルオーガーマシンで1本ずつ繰返して施工を行っていたが、これを4軸ソイルオーガーマシンにより、同時に4本のソイル壁を施工する4軸ソイルオーガー工法をこの度開発した。以下に本工法について、その概要を述べる。

3. 4軸ソイルオーガー工法

3-1 4軸ソイルオーガーマシン

4軸ソイルオーガーマシンは、壁厚に応じて杭心のピッチを400~600mmまで5段階に変えることができ、それぞれ450~650φmmの刃先を使用しオーガーオーバーラップさせることにより、柱列の止水性能は完璧を期することができる。4軸ソイルオーガーマシン駆動部は、2軸のオーガーを1台の電動機で駆動する方式を

表1 4軸ソイルオーガーマシン仕様

穿孔軸数	4軸(2軸に分割可能)
壁厚(杭径)	450, 500, 550, 600, 650mm
壁幅	1,600, 1,800, 2,000, 2,200, 2,400mm
穿孔深さ	4軸-18m, 2軸-28m
オーガー型式	TS-752, (2分割可能) 55kW 4/8P-2台
機型式	KH-180-70S型(回転リダー)
全重量	約85t
平均接地圧	1.14kg/cm ²

採用している。それぞれの2軸駆動装置は個々にフレーム内に納められており、それらのフレームを分割することにより、2台の2軸ソイルオーガーマシンとして使用することができる。

4軸ソイルオーガーマシンの仕様を表-1に示す。

3-2. ベースマシン(杭打ち機)

4軸ソイルオーガーマシンのベースマシンは、4軸ソイル柱列および2軸ソイル柱列の施工、コーナー部の施工などを考慮し回転式パイルドライバー(KH180-70S)を採用している。4軸ソイルオーガーマシンを回転式パイルドライバーに架装した状態を図-1に示す。KH180をベースマシンとした場合、4軸式でGL-18mの穿孔が、2軸式でGL-28mの穿孔が可能である。

3-3. 施工法と管理

a. 穿孔順序について

穿孔方法には大別して二つの方法がある。図-2に示すように1ユニット飛びに穿孔し、その後、それらのユニット間を穿孔する飛び石施工法と、図-3に示すように隣のユニットへ順次移動して穿孔する連続施工法とがある。従来の1軸マシンによるソイル柱列の施工はほとんど飛び石施工であるが、4軸ソイルオーガーマシンでは穿孔軸が4軸であるため、1軸に比較してソイルロッドの剛性が高まるとにより連続施工が可能となった。

図-2 穿孔方法Ⅰ(飛び石施工法)

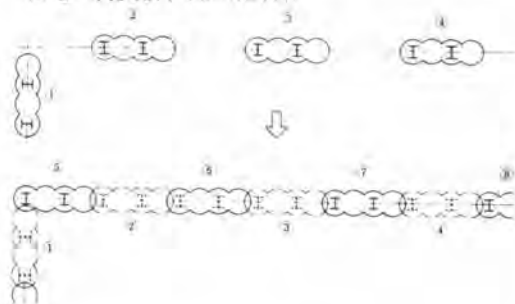
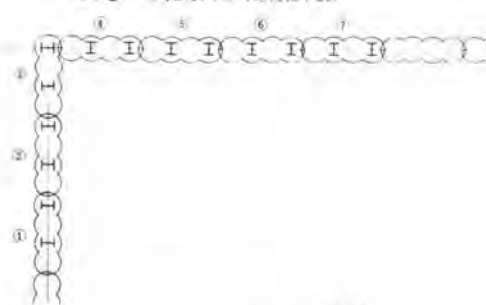


図3 穿孔方法Ⅱ(連続施工法)



b. 近接障害物との接近距離について

4軸ソイルオーガーマシンの大きな特徴の一つとして隣接建物などの既設障害物に対し近接してソイル柱列の施工が可能であることが挙げられる。図-4に示すようにオーガーマシンの前面と穿孔軸心間寸法は、240mmと非常に小さい。

このように敷地境界ギリギリに止め壁の施工が可能なのは、市街地における地下階の敷地面積を有効に利用でき、都市部での工事には大きく威力を発揮する。

図-1 4軸ソイルオーガーマシン架装図

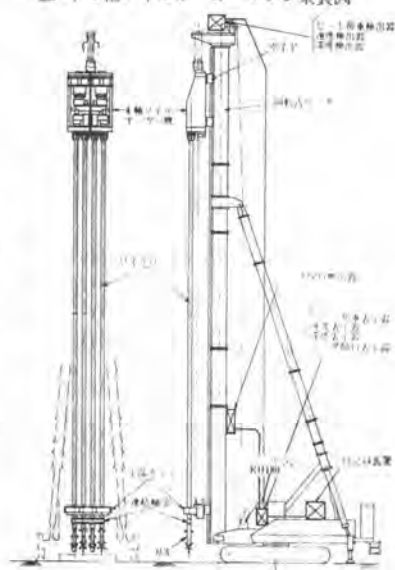
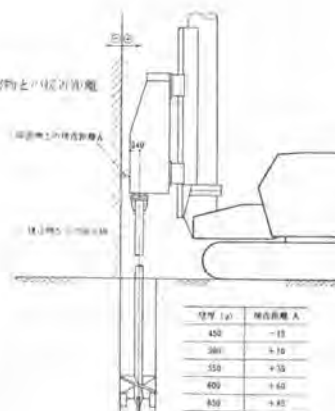


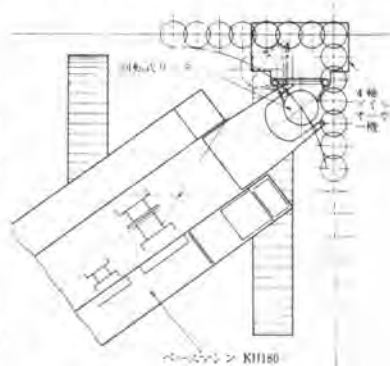
図-4 近接障害物との接近距離



C. コーナ部の施工

コーナ部の施工は、ベースマシンの旋回と回転式リーダの回転を組合せることにより行なう。この回転式リーダは、右回転45度、左回転45度の計90度の回転角度をもっている。また、オーガマシンの接近寸法（障害物と杭心距離）が240mmと微小であるため、鉤の手に隣接建造物がある場合にも、図-5のよう施工可能である。

図-5 コーナ部分の施工



d. 施工管理について

図-1に示すようにリーダトップ部に設置された検出器により ①穿孔深度、②貫入・引抜き速度、③ビット荷重、④傾斜角等が検出される量値にそれぞれメータ表示される。

オペレータはこれらのメータ表示値より、杭の打ち止め深度の確認、穿孔精度、地層とビット荷重および速度との適応、ミキシング時の引抜き速度の制御および安全などの施工管理ができる。

また、これらの検出された値はペンタイプの自記録装置により記録され、根切り時に確認できる山止め壁の品質と対応させ、施工品質の向上へフィードバックさせている。

4. 4軸ソイルオーガ工法の施工実績

4-1. 山止め計画と規模

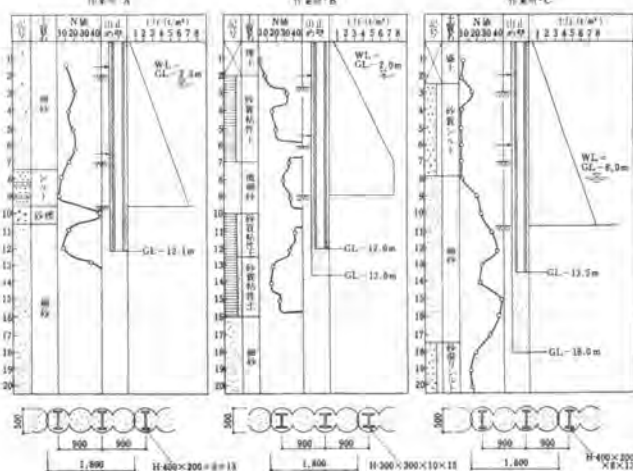
3件の施工実施作業所の、山止め壁の規模を表-2に、土質柱状図、N値山止め壁にかかる工圧および山止め壁の概要を図-6に示す。また、4軸ソイルオーガ工法の採用理由をみると、その重要度の順位に差はあるが、止水性・コスト低減・工期の短縮の点が共通している。

表-2 山止め壁規模

項目名	A	B	C
幅員(m)	900	900	300
壁厚(m)	12.1	13.6	16.15
壁周長(m)	190.4	111.9	171.3
埋込長(m)	1,577	1,120	2,000
柱本数(本)	266	224	282
1軸×1軸数	74	62	98

B作業所での山止め壁において山止め芯材の根入れ深さと、ソイルパイルの根入れ深さとに1.6mの差が生じている。この理由として、GL-7m以深の高い根圧水の防止策としてGL-12.5m以深の砂質粘性土の不透水層へ根入れを計画し実施した。同様にC作業所においてもGL-17.4m以深の砂混りシルト層の不透水層へ根入れを計画し、芯材よりも深いソイルパイルの施工を実施し良好な結果を得ることができた。

図-6 土質柱状図と山止め壁の概要

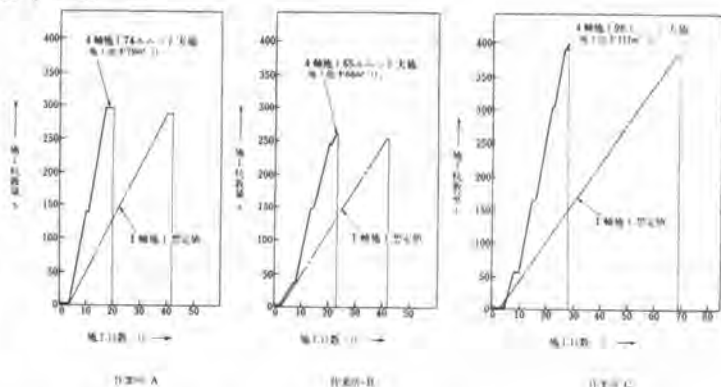


4-2. 施工実績

前述の3作業所における施工の結果、山止め壁の止水性、コストの低減、工期の短縮など、作業所の要望事項についてすべて達成することができた。

ここでは工期（施工能率）について説明する。図-7に4軸ソイルオーガー工法による工期短縮の結果を示す。A作業所において1軸オーガーマシンを使用して施工する場合の想定値

図-7 工期短縮の比較



(当社施工実績より)によると42日(組立・解体・休日含む)かかると思われる工期が、4軸ソイルオーガー工法で実施した結果、20日で完了し、施工能率79m/日及び工期短縮率52%となった。B作業所においては施工能率66m/日で、1軸の想定値42日が4軸の実施結果、23日となり短縮率45%であった。C作業所においては施工能率111m/日で、1軸の想定値69日が4軸の実施結果、28日となり、短縮率57%となった。

3作業所のうち、特にC作業所の施工能率が111m/日と高い理由としては、4軸施工時の機械仕様(max GL-18m)と作業所の穿孔深さが一致した結果といえる。

このように当社比較では4軸ソイルパイル柱列の施工は、従来の1軸ソイルパイル柱列の施工に比べて、工期を約半分に短縮することができる。

5. 工法の特徴

- ① 従来の1軸ソイルオーガー工法に比較して、約50%の工期短縮ができる。
- ② 壁厚に応じて杭径、杭ピッチを自由に調整できる。
- ③ 運転席に設置されている計測装置により、掘削状況を管理して施工精度、安全性が確保できる。
- ④ 約15%のコストダウンが可能である。

6. おまけ

以上4軸ソイルオーガー工法について記述した。4軸ソイルオーガーマシン開発の成巧により、当初の目標は十分に満足することができた。しかしながら、建設公害・資源の有効利用などに対応べく、今後の課題として、各機器の無騒音・無振動化の促進、芯材などの回収を考慮したトータル的な山止め工法の開発が挙げられる。