19.4軸処理機を用いた深層混合処理工法

株式会社竹中土木 〇枡田 旬祐 秀島 康史 大西 常康

1. はじめに

建設分野でのさまざまな変革に伴い、より一層の品質向上、施工効率の向上およびコスト縮減を目的に、従来の2軸処理機を基に、並列4軸処理機を開発し、砂質地盤の耐液状化格子状深層混合処理工の実工事に適用した。その結果、従来の2軸処理機と比較して、改良体の品質は同等であり、施工効率は著しく向上することが明らかになった。

本稿では、開発した4軸処理機の特長を述べるとと もに、工事の概要および適用結果について報告する。

2. 開発の背景

軟弱な地盤にセメントスラリーを添加・混合し地盤 を強化する深層混合処理工法は、建築・土木の種々の 用途に使用され、多くの施工実績をあげている工法で ある。この深層混合処理工法は、専用船による海上深 層混合処理工と3点式杭打機等を用いた陸上深層混合 処理工に大別される。専用船による海上施工では、改 良径が ø1,300mm~ ø1,600mm で撹拌軸の配置が矩形 4 軸または ϕ 900mm $\sim \phi$ 1,000mm O8 軸施工 (4 軸×2) 列)が主流である。一方、陸上施工においては、改良 径が φ 1,000mm、軸間 800mm の 2 軸施工もしくは単軸 施工が主流であるが、近年、撹拌軸を並列に3軸また は矩形に4軸配置した新しい施工機の開発および実施 工が行われている。また、深層混合処理工法ではない が、山留めなどの仮設用途のソイルセメント柱列壁工 法においては、改良径 650mm、軸間 450mm の並列 5 軸機も実施工に適用されている。

このように、使用目的と改良形状に応じたさまざまな施工機械が開発されている中で、筆者らは特に砂質地盤における液状化対策として用いられる格子状深層混合処理工に着目した。この格子状深層混合処理工では、従来の改良径 ø 1,000mm の 2 軸処理機を用いて施

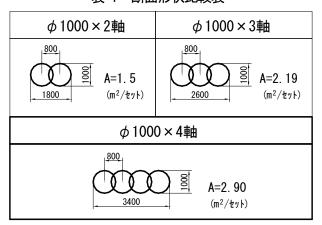


写真-1 4軸処理機の全景

工するケースが大半を占めていた。そこで今回、従来の2軸処理機を発展させて、並列4軸処理機を開発し 実施工に適用することとした。そのねらいは、ラップ 部分の減少による施工品質の向上と、施工効率の向上 による工期の短縮・コスト低減である。

開発した 4 軸処理機の全景を**写真-1** に、改良断面 形状を**表-1** に示す。

表-1 断面形状比較表



3. 4軸処理機の概要

施工機械の全体概要図を図-1 に、施工順序図を図-2 に、処理機上部のモータ部周辺を写真-2 に、処理機 の能力を表-2 にそれぞれ示す。

4 軸処理機は、2 軸処理機用モータ(90kW×2 台)と並列 4 軸装置を組み合わせて 4 本の駆動軸・攪拌翼を回転しており、駆動軸の軸間距離は800mm、改良径は φ1,000mm で、1 回の施工による改良面積は 2.9m²である。

ここでいう並列4軸装置とは、片側の1軸分オーガで2軸分を回転させる同期ギア装置を、左右に二つ組み合わせたものである。したがって、同期ギア装置による負荷分散効果が期待でき、実際には1軸あたり2軸分、つまり90kWオーガと同等の掘削トルクが期待できる。また、鉛直押込み力についても、1軸当りの

処理機重量で比較した場合、2 軸施工では 2 軸処理機用モータが 10.7 t で 1 軸当り 5.35 t であるのに対し、4 軸施工では、2 軸処理機用モータ 10.7 t +並列 4 軸装置 9.6 t = 20.3 t で 1 軸当り 5.08 t となり、ほぼ同等の鉛直押込み力がある。

4軸処理機は、従来の2軸処理機用モータを使用するため、これを運転するための動力供給は発電機600kVAが1台で可能である。

セメントスラリーの供給は、全自動プラント (24m³/h級) 2 台、スラリーポンプ 4 台で行い、セメントスラリーは4 軸全てから吐出する。施工管理システムについても、2 軸処理機の施工管理装置を 2 セット使用することにより、従来の2 軸処理機による施工の品質に対する実績を受け継ぐ形とした。

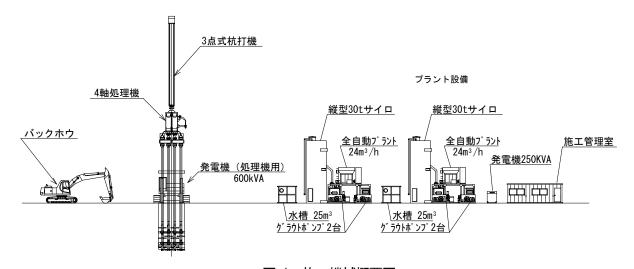
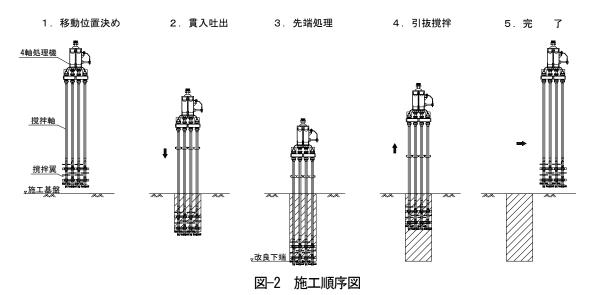


図-1 施工機械概要図



-98-

4. 実施工での4軸処理機の適用

1) 施工概要

大阪市福島区の分譲マンション新築工事における 基礎工事のうち、杭併用の耐液状化格子状深層混合処 理工に4軸処理機を適用した。

工事場所:大阪府大阪市福島区

施工時期: 平成17年11月~平成17年12月

施工目的:建築基礎地盤の液状化対策

施工内容:格子状深層混合処理工

φ1000mm×4 軸 203 セット 打設長 9.0m ラップ幅 20cm

固化材の種類:高炉セメントB種 固化材添加量:250kg/m³

水セメント比:100%

設計基準強度: 1500kN/m²

地盤はGL-4.0m までが埋土、GL-8.0m までがN値 8 \sim 23 の細粒分混じり砂層(土粒子密度 ρ t = 2.6 \sim 2.7g/cm³、含水比w = 21 \sim 25%)、それ以深が粘土質シルト層である。

改良杭・杭の配置およびコア採取位置を**図-4** に示す。 また、改良対象地盤の代表的な土質柱状図および改良 深さを**図-5** に示す

2) 改良体の品質

改良地盤の品質管理として、図-4 に示したボーリング位置から採取したコアの一軸圧縮試験を実施した。 表-3 は細粒分混じり砂層の中央部における試験結果である。統計量を除く表中の数値は3供試体の平均値である。

この土層における平均一軸圧縮強さ quf_{28} は $7,195kN/m^2$ で、合格判定値を上まわった。また、強度の変動係数は 26% であり、図-6 に示すように、砂質土の改良としては従来の 2 軸処理機の変動係数の範囲にある。 $^{1)}$

3)施工効率

作業時間は8:00~17:00の8時間施工で、打設長9mの改良杭を203セット施工し、その実稼動日数は21日間であった。施工地盤は先に述べたように、平均N値15、最大N値23であり、地盤改良工事としては



写真-2 4 軸処理機(上部)

表-2 処理機能力

項目	形式 / 能力		
モータ	90kW×4/8P×2台 (400/440V)		
	50Hz	4P	32.2
回転数		8P	16.1
(min ⁻¹)	60Hz	4P	38.7
,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		8P	19.3
掘削トルク	50Hz	4P	13.3
(1軸分に換算)		8P	26.7
/LNL \	60Hz	4P	11.1
(kN·m)		8P	22.2
改良径(mm)	φ 1000		

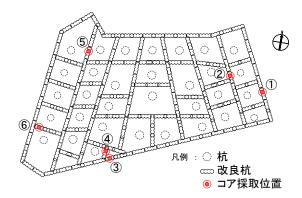


図-4 改良杭・杭の配置、コア採取位置

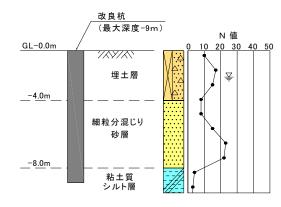


図-5 土質柱状図

表-3 品質試験結果

コア採取位置	湿潤密度 <i>ρ</i> t (g/cm³)	含水比 W (%)	一軸圧縮強さ quf ₂₈ (kN/m²)
1	1.994	19.0	9897
2	1.914	20.8	5090
3	1.991	21.7	5090
4	2.078	16.4	8283
⑤	1.920	21.3	6960
6	2.014	21.2	7850
平均値	1.985	20.1	7195
標準偏差	0.061	2.0	1888
変動係数 (%)	3.1	10.1	26.2

比較的硬い地盤での施工にも関わらず、1 日当たりの 平均施工数は9.7 セット/日となり、国土交通省の標準 積算歩掛(スラリー撹拌工)の9.0 セット/日を上まわ ることができた。また、並列4軸装置による負荷分散 効果もあり、モータの異常な温度上昇や発電機の遮断 等の障害も見られず、削孔能力は2軸処理機と同等で あると考えられる。したがって、1 回の施工で従来の2 セット分の改良が可能となり、施工日数を約半分にす ることが出来たと言える。

4) ラップ箇所の品質

格子状改良では改良壁としての一体性が重要であ り、ラップ時間は24時間以内のラップを原則としてい る。しかし、比較的大規模な工事で、従来の2軸施工 機にて施工した場合、先行して打設した改良杭の位置 に戻って施工するのに3日以上かかるケースがある。 このような場合、先行して打設した改良杭の強度発現 が大きくなり、うまくラップ出来ず、せん断耐力の低 下や遮水機能の低下の原因となることがあった。これ を防止するために従来は、ラップまでの時間が長くな りそうな改良杭については、後行杭をセメントスラリ 一の吐出なしで施工(空打ち)し、先行打設した改良 杭のラップ部分をあらかじめ乱しておく等の処置を行 っている。しかし、今回の工事では、施工速度の向上 により、片側から連続的に施工し、休日1日を挟む以 外は全て 24 時間以内でラップ施工を行うことができ た。

外周部改良土壁の掘り出し状況を**写真-3** に示す。 掘り出した側面を観察した結果、ラップ交差部または 1 セット内に漏水は認められなかった。4 軸処理機によ る施工は、2 軸処理機の施工に比べてラップ交差部自 体も半分になることから、止水に対しても有利である。

5. まとめ

開発した4軸処理機の概要と実施工に適用した結果を報告した。今後、構造物に対して、合理的な支持地盤および液状化対策として、格子状の改良地盤の採用が増えるものと予想される。その場合、格子状改良壁の一体性が確保されていることが重要となり、従来の2軸処理機よりも4軸処理機は有利になる。また、

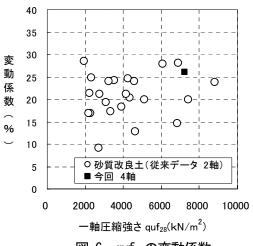


図-6 quf20の変動係数



写真-3 改良土壁

今回は打設長が比較的短い改良杭への適用であったが、 4 軸処理機の適用深度としては、液状化防止を考慮して GL-20m 程度を考えている。

今後、セメントスラリーの供給装置や施工管理システムの一本化も含めて省力化を図るとともに、円形タンク基礎のような緩い曲線への適用や汚染土壌の封じ込めといった新しい分野への適用も視野に入れていきたい。最後に、本システムの開発および適用にご協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

<参考文献>

1) 建築技術性能証明評価概要報告書 DCM-L 工法、 2004 年 (財)日本建築総合試験所