

三軸施工機によるスラリー系機械攪拌式壁杭状深層混合処理工法の開発

正会員 ○丸岡敏明*1 同 金 哲鎬*2
同 小川正宏*2 同 真島正人*3

液状化 格子状地盤改良 戸建住宅

1. 工法概要

本技術は、戸建住宅の狭小敷地においても施工可能な三軸地盤改良機を用いて、セメント系固化材スラリーを吐出しながら地盤を掘削攪拌することで、ラップ部を有する三軸壁杭状の地盤改良体を築造する機械攪拌式深層混合処理工法である。写真－1 に施工機械を示す。



写真－1 施工機械

2. 工法および施工機械仕様

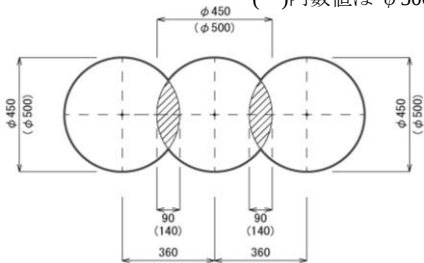
使用する施工機は、先端の掘削翼に加えてその上部に 6 枚の攪拌翼を装備した 3 軸のロッドを有しており、隣接軸の攪拌翼をラップさせるとともに逆回転させて共回り現象を防止し、改良体の品質の安定化を図ろうとするものである。地震時に水平力を受けることを考慮し、改良体のラップ長は、ラップ幅比と形状径係数との関係¹⁾や、「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル²⁾」から 20%以上とした。改良体を格子状や壁状に施工することで、地盤のせん断変形抑止による液状化対策や山留め壁として有効な格子状連壁（GRID WALL）工法としての使用も意図している。表－1 に工法仕様を示す。

表－1 工法仕様

改良形式	壁形式、ブロック形式
適用構造物	・建築物、擁壁など工作物の地盤補強 ・山留め壁などの仮設構造物
掘削ロッド数	3 軸
掘削攪拌機構	水平方向掘削攪拌機構
掘削攪拌翼枚数	6 枚×3 軸
施工サイクル	1 サイクル施工
施工速度	掘進時 1m/分以下、引抜時 2m/分以下
羽根切回数	1 軸当たり 360 回/m 以上 (副掘削翼は含めない。)
最大改良長	10m
適用地盤	砂質土、粘性土
改良径	($\phi 450\text{mm}$, $\phi 500\text{mm}$) × 3 軸
軸間距離	360mm

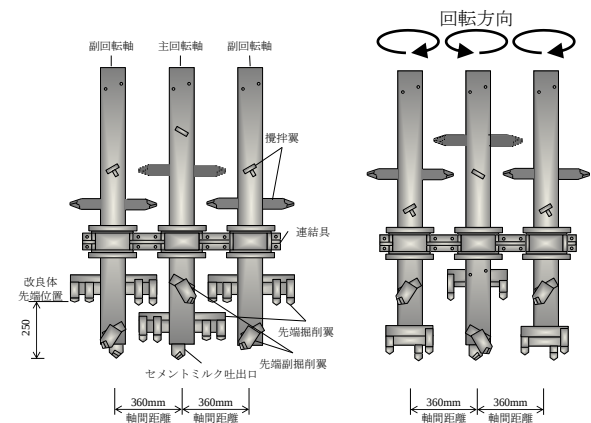
図－1 に三軸攪拌機平面寸法を、図－2 に三軸攪拌機の概要図を示す。

()内数値は $\phi 500\text{mm}$ の場合



$\phi 450\text{mm}$ ($\phi 500\text{mm}$), 軸間距離 360mm,
ラップ長 90mm=20%(140mm=28%)

図－1 三軸攪拌機平面寸法



図－2 三軸攪拌機概要図

3. 工法開発のための実験

本工法で用いる三軸地盤改良機について、その有効性の確認および目標性能を設定する目的で現場実験を実施した。実験の内容は(1)～(3)の通りである。

(1) コア採取位置によるコア強度の確認

(2) 掘り起こしによる出来形調査

(3) コア強度の平面分布確認

表－2 に工法開発のための実験概要を示す。

表－2 工法開発のための実験概要

実験内容	地点 No.	改良径 (mm)	軸間距離 (mm)	改良長 (G.L. - m)	固化材添加量 C(kg/m ³)	水固化材比 W/C(%)
(1)	1	500	360	5.4	250	60
	2	500	360	4.5	250	70
(2)	3	450	360	3.0	200	60
	4	450	360	2.7	200	70
(3)	5	450	360	4.0	300	60
	6	500	360	10	250	60

(1) コア採取位置によるコア強度の確認

本工法は、1度の施工で3軸の改良体を築造する工法であるが、固化材スラリーは主回転軸の先端から吐出される。そのため、3軸の改良体の主回転軸（A）、副回転軸（B）およびラップ部（C）から全長コアを採取し、強度の比較を行った。コアの強度試験結果を表-3に示す。

主回転軸が副回転軸およびラップ部より強度が若干ではあるが小さい傾向が見られ、ラップ部の強度が最も大きくなる結果となった。

表-3 コア強度試験結果（採取位置による比較）

地点	No.1			No.2		
採取位置	A	B	C	A	B	C
コア本数	18	18	18	11	11	11
平均値(kN/m ²)	8866	8765	10537	9413	10471	11358
標準偏差(kN/m ²)	3615	3563	3847	3205	2501	2915
変動係数	40.8	40.7	36.5	34.0	23.9	25.7

(2) 掘り起こしによる出来形調査

2現場において改良体を掘出し、その出来形を調査した。改良体の設計上の周長は3083mmであるが、礫の混入などにより計測が困難であったため、図-3に赤線で示した長さを計測した。赤線部の周長は計算では2853mmである。改良体径の測定結果を表-4に示す。改良体は所定の周長以上確保されており、問題がないことが確認できた。

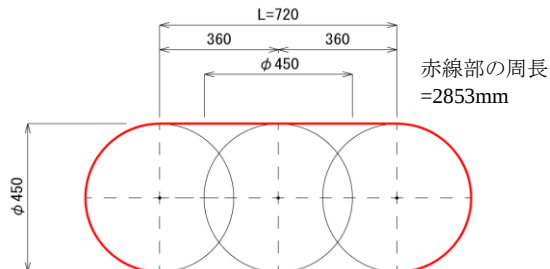


図-3 改良体周長の計測位置

表-4 掘出し調査結果

地点	No.3 (砂質土地盤)		No.4 (粘性土地盤)
深度 (G.L.-m)	周長 (mm)	直径 (mm)	周長 (mm)
0.0	3090	—	3200
0.5	3070	520	3120
1.0	3070	—	3190
1.5	3120	—	3200
2.0	3110	510	3200

(3) コア強度の平面分布確認

2現場において築造した改良体の同一断面内から複数のコアを採取し、材齢28日における一軸圧縮強さを求めた。コアの採取位置の概要を図-4に、コア強度の平面分布を図-5にそれぞれ示す。同一断面内から採取したコア強度

は、ラップ部および各軸の外周側が大きい傾向がある。また、本試験では、(1)で示したような主回転軸から採取したコア強度がラップ部から採取したコア強度より小さい傾向は顕著には認められなかった。

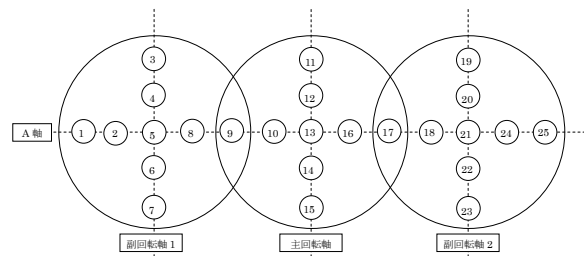
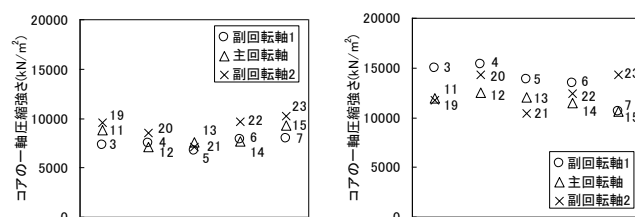


図-4 コア採取位置



(地点 No.5)

(地点 No.6)

図-5 コア強度の平面分布

4. まとめ

実験結果のまとめを以下に示す。

- (1) 主回転軸、副回転軸およびラップ部から全長コアを採取し、コア強度の分布を比較した。若干ではあるが強度に差異が見られたため、品質管理においては、強度が小さい傾向にある主回転軸から採取したコアを用いることとする。
- (2) 砂質土地盤および粘性土地盤で築造した改良体を掘出して、改良体の周長を計測した。その結果、いずれの場合も設計周長を満足していたことから、築造されるコラムの出来形に問題はないことを確認した。
- (3) 同一断面内から採取したコア強度を調査した。同一断面内において、コア強度に全長コアのようなバラツキは認められなかったことから、築造されるコラムは平面的には均一であることを確認した。

今後は、各現場で設計および施工を実施し、地盤の鉛直支持力増加としてだけでなく、液状化対策工法や山留め壁としての実績を重ね、工法の適用性を検証する。

参考文献

- 1) 日本建築センター：改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—, pp.75-79, 2010
- 2) 土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル, p.139, 2000

*1 オートセット *2 報国エンジニアリング

*3 設計室ソイル

*1 Aughtset Co., Ltd. *2 Hokoku Engineering Co., Ltd.

*3 Soil-Design Inc.