

柱状地盤改良工法の効率的な攪拌工法の検討に関する基礎的研究

東京都市大学大学院 学○花上遼太

東京都市大学(現 鹿島建設) 学 杉村晃嗣

正 伊藤和也 正 末政直晃 学 桑原 要

三信建設工業(株) 正 島野 嵐

1. はじめに

深層混合処理工法の代表例としてスラリー攪拌工法が挙げられる。本工法は、軟弱地盤の改良方法として海上、陸上共に多くの施工実績を残しているが、一方で「共回り現象」という施工不良を起こすような課題も存在している¹⁾。共回りの対策として共回り防止翼や、セメントスラリー量を増やすことなどが挙げられるが均質な改良体の築造は施工品質向上のために必要である。本研究では、深層混合処理工法の施工管理に利用される羽根切り回数や昇降速度が改良体に及ぼす影響を確認するため、室内にて模型攪拌実験を実施し、作製した改良体に一軸圧縮試験を行い強度把握を、針貫入試験を行い改良体のばらつきを把握した。

2. 実験概要

写真1に模型攪拌機を、写真2に使用した攪拌翼をそれぞれ示す。模型攪拌機は、正転/逆転ならびに攪拌翼の回転数 0~72 (rpm)、昇降速度 0~0.35 (m/分) の範囲でインバータにより制御可能である。攪拌翼の先端部にはスラリーの吐出口があり攪拌軸上部に接続したモノポンプ(兵神装備株式会社製)から、セメントスラリーを吐出することが可能である。吐出流量は 60~1500 (ml/分) の範囲で調整できる。地盤の作製方法として、塩ビ土槽(内径φ200mm×高さ460mm)に青粘土: 珪砂7号=1:3の割合とした混合土(含水比 $w=16.0\%$ 、湿潤密度 $\rho_t=1.45\text{g/cm}^3$)を投入し、ベロフラムシリンダーを用いて静的に締め固めて模型地盤を作製した。セメントスラリーは高炉セメント B 種を使用し、固化材重量比をセメント: 水=1:1の割合で作製し、模型攪拌機に接続したモノポンプによって模型地盤に流し込みながら攪拌混合することで改良体を作製した。改良体作製後7日間気中養生し、取り出した改良体を用い一軸圧縮試験及び針貫入試験を実施した。表1に実験ケースを示す。既往の研究を参考に昇降速度 0.12 (m/min)、回転数 22.5 (rpm)、羽根切り回数 1500 (回/m)、吐出流量 736 (ml/分) を基本のケースと設定した。羽根切り回数は式(1)より算出した。

$$T = \sum M \times \{(Nd/Vd) + (Nu/Vu)\} \quad (1)$$



写真1 模型攪拌機



写真2 攪拌翼

表1 実験ケース

	昇降速度 (m/分)	回転数 (rpm)	羽根切り回数 (回/m)	試験方法
Case1	0.12	22.5	1500	一軸
Case2	0.12	22.5	1500	針貫
Case3	0.06	11.25	1500	一軸
Case4	0.06	11.25	1500	針貫
Case5	0.26	11.25	350	一軸

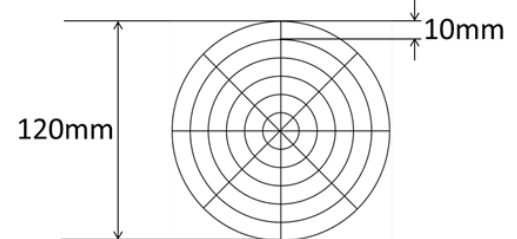


図1 針貫入地点

キーワード: 地盤改良, スラリー攪拌工法, 共回り現象, 昇降速度

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 地盤環境工学研究室 g1781711@tcu.ac.jp

ここで、 T ：羽根切り回数、 ΣM ：総羽根枚数、 N_d ：羽根切り下降時の回転数、 N_u ：羽根切り上昇時の回転数、 V_d ：下降速度、 V_u ：上昇速度である。

今回は羽根切り回数を 1500 回/m と統一し、2 種類の昇降速度で改良体を作製した。また Case5 については、羽根切り回数による傾向の差異を調べるために 350 回/m として実施している。一軸圧縮試験はアムスラー式圧縮試験機（東京衡機社製）を用いた。供試体として、塩ビ土槽から取り出した改良体（直径 $\phi 120\text{mm}$ ×高さ 300mm）をコンクリートカッターにて端面成形したものを用いた。針貫入試験用の供試体は、取り出した改良体をコンクリートカッターで成形、さらに高さ方向に 3 等分したものを使用し、分割した各供試体の上断面と下断面に針貫入試験を実施した。図 1 に針貫入地点を示す。図における円と直線が交わる計 49 点にて針貫入試験を実施し、改良体内の強度のばらつきを把握した。

3. 実験結果

図 2 に一軸圧縮試験結果を示す。一軸圧縮試験強度は Case3 が最大値を示したが、昇降速度を 2 倍とした Case1 でも、若干低いか、同程度の圧縮強度と初期勾配を示した。また、Case5 は初期勾配・圧縮強度共に他の改良体より低い結果となった。今回の範囲では改良体の一軸圧縮強度は羽根切り回数に依存し、昇降速度は影響しないことが示唆された。図 3 に Case2 の改良体における針貫入試験結果を、図 4 に Case4 の改良体における針貫入試験結果をそれぞれコンター図で示す。今回は紙面の都合上、改良体の上端と下端の試験結果は省略する。両ケース共に全体的に同じ円周上でも強度にばらつきがあり、強度が高い箇所（赤色系）が螺旋状となっている傾向が見られる。昇降速度が速い Case2 の改良体においては一部分で高い強度を示したものの、強度のばらつきが顕著に見られた。一方で、昇降速度の低い Case4 の改良体の方が均一に作製されていることがわかった。従って、昇降速度を低く設定することで、より均一な改良体を作製出来ることが示唆された。

4. まとめ

試験結果より、改良体の強度は昇降速度の違いによらず、改良体の均一性は昇降速度を低めにすることで向上することがわかった。しかし、現場での施工サイクルは昇降速度に依存するためより均質な範囲を把握する必要がある。

《参考文献》

1) CDM 工法：<http://www.cdm-gr.com/index.html>

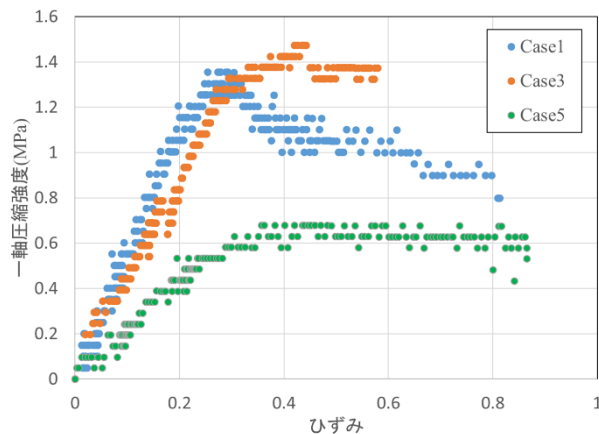


図 2 一軸圧縮試験結果

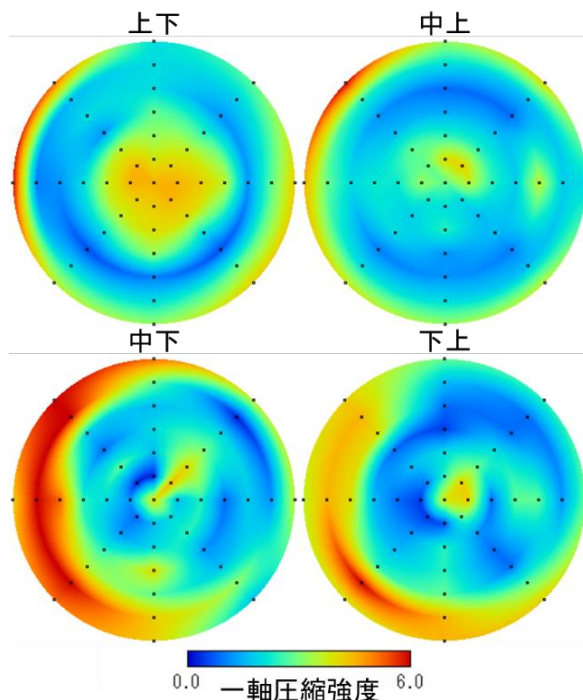


図 3 針貫入試験結果 (case2)

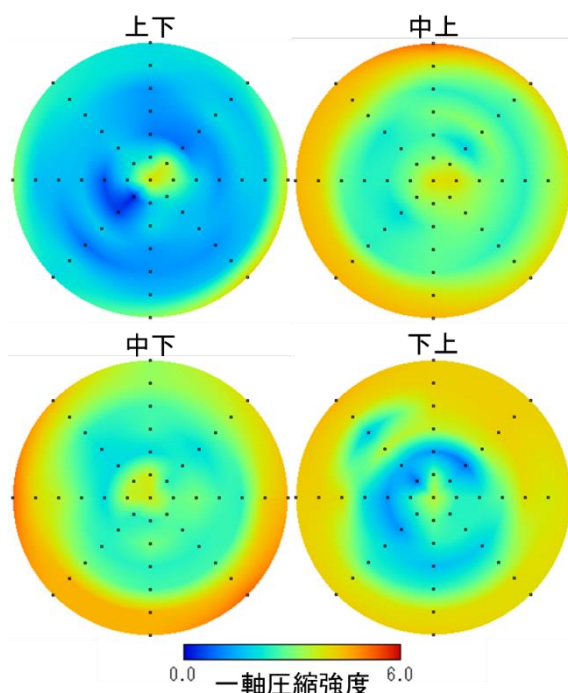


図 4 針貫入試験結果 (case4)