

## 柱状地盤改良工法の効率的な攪拌方法の検討に関する基礎的研究

東京都市大学 学○杉村晃嗣 正 伊藤和也 正 末政直晃  
三信建設工業(株) 非 島野 嵐

## 1.はじめに

日本は国土の60%が山地で占めており、人口が集中する低地や台地の面積が少ない。また、少ない低地のほとんどが軟弱地盤であり、構造物の沈下対策や地震時に対する安定対策として地盤改良が施されることが多い<sup>1)</sup>。地盤改良の代表的な工法として深層混合処理工法がある。その代表例としてスラリー攪拌工法がある。スラリー攪拌工法は、今までに海上、陸上共に多くの施工実績を残している。一方、「共回り現象」という施工不良を起こすような課題も未だに存在している。

図-1 に実施工において共回りして攪拌翼に試料が付着した様子を示す。共回りの対策として共回り防止翼があるが、バラツキの少ない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、現場での実績も多く、技術的にも確立されている深層混合処理工法について、共回りのような施工不良を引き起こしうる模型地盤を作成し、施工品質の向上及び新しい攪拌翼の検討をするための基礎的な研究として模型攪拌機を用いた模型実験を実施した。

## 2. 実験概要

セメントスラリーの吐出口が下部攪拌翼の片側のみにあるものと、両側にある二種類の攪拌翼を使用し、吐出口の違いが攪拌性能に及ぼす影響を確認するための模型攪拌機を用いた模型実験を実施した。

図-2 に使用した攪拌翼を示す。使用した攪拌翼は吐出口以外基本的な構造は同一のものを使用した。攪拌翼の直径は120mmであり、下部攪拌翼と上部攪拌翼の中心距離は任意に設定可能であるが今回は攪拌翼直径の1/2である60mmに設定した。実験ケースは、表-1 に示すように吐出口が片側のケースを1ケース、両側のケースを2ケースの全3ケースについて実施した。

模型地盤は、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を実施した。なお、模型攪拌機は攪拌翼の回転数0~72(rpm)、昇降速度0~0.35(m/min)の範囲でインバータ制御されている。モノポンプの吐出流量はインバータ制御されており、60~1500(ml/min)の範囲で調整できる。

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



図-1 実施工で共回りを起こした際の攪拌翼の様子



図-2 使用した攪拌翼

表-1 実験ケース

ケース	吐出口	試験
1	片側	一軸
2	両側	
3		針貫入

表-2 補正係数

高さ/直径	補正係数 k
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

キーワード：地盤改良，スラリー攪拌工法，共回り現象，攪拌翼

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学地盤環境工学研究室 g1218042@tcu.ac.jp

切り回数 1500(回/m),吐出流量 736(ml/分)と設定した。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てケース 1~2 は一軸圧縮試験を, ケース 3 は針貫入試験をそれぞれ実施した。

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 一軸圧縮試験

取り出した改良体の端部を成形した後, ケース 1~2 では一軸圧縮試験を実施した。なお, 成形した改良体の高さが直径の 2 倍を下回ってしまったため得られた荷重に補正係数(表-2)を乗じて一軸圧縮強度を算定した<sup>2)</sup>。図-3 に試験結果を示す。吐出口が両側にあるケース 2 の方がケース 1 より  $E_{50}$  が 1.95 倍, 一軸圧縮強度が 1.25 倍となった。これは両側からセメントスラリーが吐出されることによって均等に攪拌・混合されたためと考えられる。

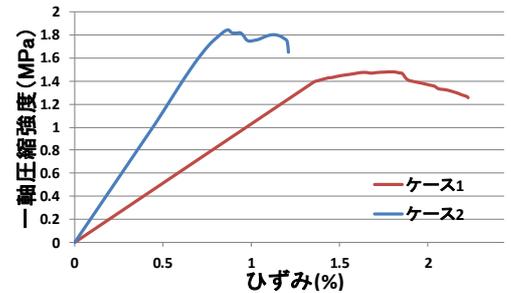


図-3 一軸圧縮試験結果

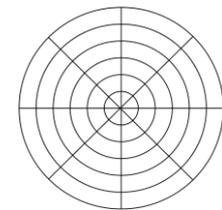


図-4 針貫入地点

#### (2) 針貫入試験

成形したケース 3 の改良体を高さが 1/3 になるようにコンクリートカッターで切断し, 6 つの切断面に対して針貫入試験を実施して改良体の強度分布を把握した。試験には軟岩ペネトロ計(丸東製作所製)を用いた。これは、「土木学会基準針貫入試験方法」に準じて軟質な岩石の力学的性質に関する指標を簡便かつ迅速に求めるための試験方法<sup>3)</sup>であり, 供試体に針を貫入させるときの貫入力と貫入量の関係から針貫入勾配を求め, その針貫入勾配と一軸圧縮強度の回帰式から一軸圧縮強度を換算するものである。図-4 に針貫入地点を示す。円と線の交差している点及び中心点を試験実施点として 1 つの切断面に対して 49 点の貫入試験を実施した。図-5 に試験結果を示す。図-5 から全体的に内側の強度の方が低く, 外側の強度が高い傾向が見られた。また, 同じ円周上でも強度にばらつきがあり, 強度が高い位置が螺旋状となっていることから攪拌時の吐出口と昇降速度等が影響しているものと考えられる。また, 下部から上部にかけて強度が低くなっているが, これは吐出されたセメントスラリーと試料が攪拌・混合する際にコラプス沈下が発生し下部の改良体の密度が増加したこと等が考えられる。

### 4. まとめ

模型攪拌機を用いた模型実験を行い作製した改良体について一軸圧縮試験と針貫入試験を実施した。その結果, 吐出口の違いにより強度や剛性が異なることが分かった。また, 改良体内部の強度分布は同じ円周上でもばらつきがあり, 強度が高い位置が螺旋状となっていることから攪拌時の吐出口と昇降速度等が影響しているものと考えられる。今後, 攪拌翼の形状や位置等も変化させた実験を行い施工品質の向上につながるパラメータ算定を行いたい。

#### 参考文献

- 1)安井成豊: 浅層から中層地盤改良の施工技術, 基礎工, Vol.42, No.8, pp.5-8, 2014
- 2)JISC 日本工業標準調査会: コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法:  
<http://www.jisc.go.jp/app/pagerid=183222>
- 3)土木学会: 軟岩の調査・試験の指針(案), 土木学会, 56p, 2004

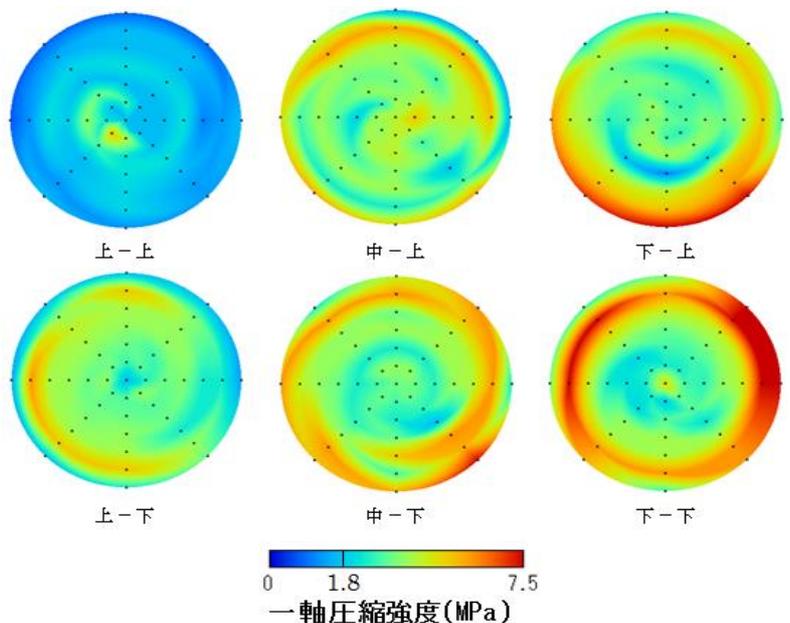


図-5 針貫入試験強度分布