

羽根切り回数と入射角・攪拌翼角度を変化させた模型攪拌実験

東京都市大学大学院 学生会員○福田 果穂
元 東京都市大学(現 大成建設) 太田 光星
東京都市大学 正会員 伊藤 和也
三信建設工業株式会社 正会員 島野 嵐

1. はじめに

日本の平野部や埋立地には軟弱地盤が多く、長期的な圧密沈下や液状化等甚大な被害が生じる可能性が高いことから地盤改良が求められる。既存の地盤改良工法の一つとして挙げられる深層混合処理工法は、軟弱地盤と改良材を原位置にて攪拌混合することで強固な地盤を形成する工法だが、共回り現象により改良体の強度が十分に発揮されないといった課題がある。そこで本研究では機械攪拌工法で作製される改良体の品質向上を目的とし、本報告では羽根切り回数及び攪拌翼の入射角、攪拌翼角度を変化させた模型実験、強度分布を調べるため深度ごとにおける未固結採取試験、針貫入試験を行い、羽根切り回数と入射角、攪拌翼角度が改良品質に与える影響について考察した。

2. 実験概要

2-1. 模型実験

表-1に入射角と攪拌翼角度を変化させた5ケースを示す。Case1では入射角を既往の研究より41°に設定し、Case2とCase3では攪拌翼角度である30°に合わせるため、Case2では回転数、Case3では昇降速度を変更した。Case4、Case5では攪拌翼角度をそれぞれ15°と45°の攪拌翼に変更し、その他はCase2と同じ実験条件で実験を行った。本実験で使用した模型攪拌装置は、攪拌翼の回転方向を正転・逆転に変更することが可能であり、インバータにより攪拌翼の回転数を0~72(rpm)、昇降速度を0~0.35(m/min)の範囲で制御が可能である。攪拌翼の先端部にはスラリ吐出口があり、攪拌機上部に接続したモノポンプからセメントスラリを流し、攪拌翼から吐出する。混合土及びセメントスラリは室内配合試験と同配合のものをを用い、混合土を塩ビ土槽(内径200mm×高さ460mm)内に湿潤密度 $\gamma_t=1.45\text{g/cm}^3$ となるよう静的に締固め、セメントスラリと攪拌混合させることで柱状改良体を2本作製した。柱状改良体は7日間養生した後、取り出して端部をコンクリートカッターで整形して一軸圧縮試験を実施した。

表-1 実験ケース

実験ケース	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
攪拌翼角度°	30	30	30	15	45
入射角°	41	30	30	30	30
羽切り回数(回/m)	350	541	541	541	541
回転数(rpm)	5.25	8.12	5.25	8.12	8.12
昇降速度(m/分)	0.15	0.15	0.10	0.15	0.15

	スペック	
	攪拌翼(枚)	4(6)
	掘削翼(枚)	2
	攪拌翼間隔(mm)	80
	攪拌翼直径(mm)	160
	軸径(mm)	16
	攪拌翼角度°	15,30,45

図-1 攪拌翼の諸元

2-2. 未固結採取試験

模型実験と同様に攪拌混合した直後の改良体からスラリー状の改良材を深度ごとに計9本を、スプーンを用いてスラリー改良土をプラモールドに投入し、タンピングを行い作製した。作製した改良体は7日間養生後、一軸圧縮試験を実施した。

2-3. 針貫入試験

模型攪拌実験で作製した改良体を三等分に切断し、各部位の上面と底面、計6つの断面に対して軟岩ペネトロ計を用いて針貫入を行った。得られたデータを一軸圧縮強度に換算し、コンター図を作製した。

3. 一軸圧縮試験結果

Case1からCase5における模型実験と室内配合試験の一軸圧縮試験結果を図-3に示す。室内配合試験の平均最大圧縮強度は1.51(MPa)と求まり、これを模型実験における目標強度とした。図-3より、模型実験の平均最大圧縮応力はCase1で0.54(MPa)、Case2で1.06(MPa)、Case3で0.94(MPa)、Case5で1.26(MPa)と求まった。しかし、Case4では初期の傾きがずれていることから供試体に不具合があったと考え、平均をとらずに正しい値とされる0.95(MPa)で評価していくものとする。ばらつき等を加味して現場強度は室内配合試験の0.33~1倍とされている²⁾。Case1では模型実験の一軸圧縮強

キーワード:機械攪拌工法, 一軸圧縮試験, 針貫入試験

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 E-mail:g2281651@tcu.ac.jp

度は室内配合試験の約 0.28 倍, Case2 では約 0.55 倍, Case3 では約 0.49 倍, Case4 では約 0.49 倍, Case5 では約 0.65 倍となったことから, Case1 を除いた全てのケースで十分な強度が得られたと考えられる。

未固結採取試験の一軸圧縮試験結果を図-4 に示す。攪拌翼角度, 入射角ともに同じ Case2, Case3 では酷似した強度分布となったが, 入射角を変えた Case1 と攪拌翼角度を変えた Case4, Case5 では強度分布が異なる結果となった。また, 入射角が攪拌翼角度より大きい Case1, Case4 では 2 ケースともに上部の強度が高い傾向にあることがわかる。このことから, 羽根切り回数と攪拌翼角度では羽根切り回数が強度に大きく寄与しており, 攪拌翼角度が攪拌挙動に大きく寄与していることがわかった。また, 入射角も攪拌挙動に寄与することがわかった。

4. 針貫入試験結果

各々の 6 つの断面のうち, 3 か所の針貫入試験結果を図-4 に示す。全体的な強度としては Case2 = Case5 > Case3 = Case4 > Case1 となっており, 一軸圧縮試験の結果と概ね一致している。また, 全てのケースにおいて渦を描くような強度分布となっており, 切断面ごとの強度差はあまりないことがわかった。

5. まとめ

模型実験では Case5 > Case2 ≧ Case4 ≧ Case3 > Case1 の順で強度が得られた。未固結採取試験では, 攪拌翼角度と入射角の両方が攪拌挙動に大きく影響を与えることがわかった。一方, 針貫入試験では, 全体的な強度は一軸圧縮試験と概ね一致したが, 面的な分布自体には大きな差は見られなかった。

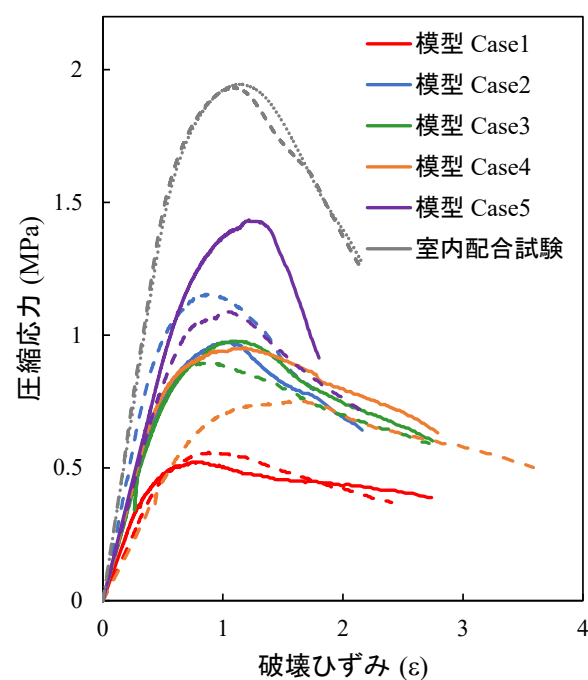


図-2 一軸圧縮試験結果

<参考文献>

- 1) 福田果穂, 伊藤和也, 柴崎瑞樹, 田代怜, 島野嵐: 機械攪拌工法で改良された地盤の高品質化に関する模型実験, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, III-88, 2021.
- 2) 社団法人セメント協会: セメント系固化材による地盤改良マニュアル第5版, 社団法人セメント協会, 技報堂出版株式会社, pp.134-135, 2021.

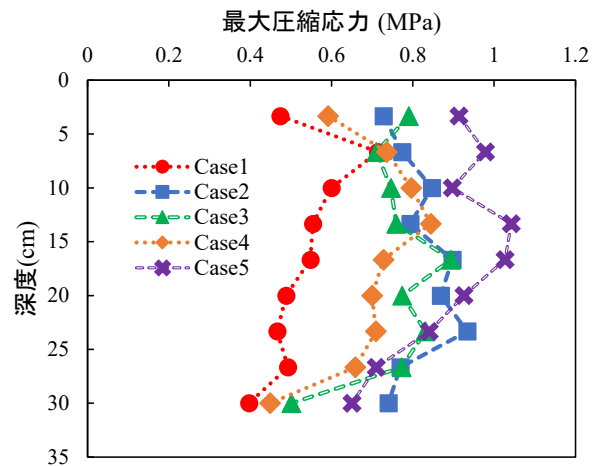


図-3 未固結採取試験結果

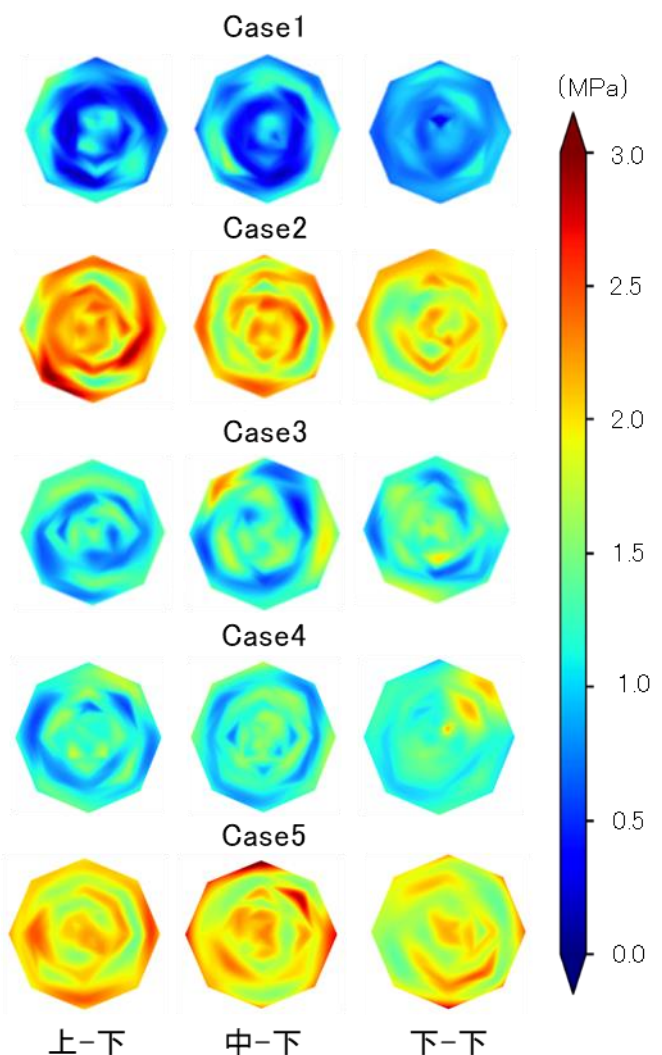


図-4 針貫入試験結果 (Case1)