

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

東京都市大学 学生会員○福田果穂, 正会員 伊藤和也

株式会社フジタ(元 東京都市大学) 柴崎瑞稀

東京都市大学大学院 学生会員 田代伶

三信建設工業株式会社 正会員 島野嵐

1. はじめに

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であり、多くの施工実績を有している。しかし、地盤と固化材の攪拌混合が均一に行われなかった場合には改良強度が十分得ることができない等の品質の低下が懸念される。そこで機械攪拌工法による改良地盤の品質向上を目的として模型攪拌実験を行い、室内配合試料、未固結採取試料で得られた一軸圧縮強度と比較した。また、作成された改良体の強度分布を調べるため改良体断面に針貫入試験を行った。

2. 実験概要

写真-2 に示す模型攪拌装置を用いて模型地盤改良体を作製した。実験で使用した攪拌翼を写真-3 に、諸元を表-1 にそれぞれ示す。本実験で使用した掘削翼は凹凸をつけることで掘削性能の向上を図り、実機と軸径と翼径の寸法比が同程度となるように設計した。スラリー吐出孔は掘削翼先端部にあり、攪拌機上部に接続したモノポンプからセメントスラリーを圧送して吐出する。原地盤は珪砂 7 号と青粘土をそれぞれ 7:3 の割合で混合した混合土に水を加えることで軟弱地盤を想定した試料を作製し、塩ビ土槽（内径 200mm×高さ 440mm）内に静的に締固めた（湿潤密度 1.45g/cm³）。作製した模型地盤に固化材重量比（セメント：水＝）1:1 の割合で混合したセメントスラリーを攪拌混合させ柱状改良体を作製した。なおスラリー吐出は攪拌下降時のみとした。また、改良体下部における攪拌によるムラを少なくするためにダブリングを実施した。また、羽根切り回数は現場で一般的に採用されている 350 回/m とした。改良体を 4 本作製し、2 供試体を一軸圧縮試験に、各々 1 供試体を未固結採取、針貫入試験に使用した。未固結採取試料は、模型攪拌実験で攪拌混合した直後の改良体からスラリー状態の改良土をプラモールド（内径 50mm×高さ 100mm）にスプーンを用いて投入し、空気を抜く為に振動を加えた。供試体は上・中・下から各 3 本の計 9 本を作製した。作製した改良体は水槽養生室（室温 25℃）にて 7 日養生後、一軸圧縮試験を実施した。

模型攪拌実験で作製した改良体を用いて改良体の強度のバラツキを把握するために針貫入試験を実施した。養生 7 日の改良体を乾式コンクリートカッターによって三等分に切断し、各部位の上面と下面、計 6 つの切断面に対して軟岩ペネトロ計を用いて針貫入を行った。得られた針貫入勾配データを一軸圧縮強度に換算し、コンター図を描いた。

次に、模型攪拌実験で作製する改良体の室内配合強度を把握するため、室内配合試験を実施した。珪砂 7 号と青粘土をそれぞれ 7:3 の割合で作製した混合土に、固化材重量比においてセメント：水＝1:1 の割合で混合したセメントスラリーを加え 10 分間攪拌し、プラモールド(内径 50mm×高さ 100mm)に詰め、空気を抜くために振動を加え改良体を 3 本作製した。その後、養生水槽室（室温 25℃）にて 7 日養生し、精密万能試験機オートグラフ



写真-1 共回り現象



写真-2 模型攪拌装置

表-1 攪拌翼の諸元

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°	30

写真-3 攪拌翼の形状

キーワード：セメント地盤改良土、機械攪拌工法、高品質化、一軸圧縮試験

〒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：g1818082@tcu.ac.jp

(島津製作所製、以下、オートグラフという)を用いて一軸圧縮試験を実施した。

3. 実験結果と考察

(1) 一軸圧縮試験結果

室内配合試料、未固結採取試料、模型攪拌実験試料の応力～ひずみ関係を図-1に示す。10分間攪拌混合して作成した室内配合試料の3本の平均一軸圧縮強度(1.35MPa)を模型攪拌実験における目標強度とした。未固結採取試料では上・中・下から採取した改良体の強度は約0.50～0.70(MPa)の範囲にあり、概ね約0.60～0.70(MPa)に集中していることが分かった。下部から採取した試料に一軸圧縮強度のばらつきが若干確認できる。これは塩ビ土槽からスプーンを使用してプラモールドに詰める際に原地盤の土が混入したこと、吐出口が下方であるためセメントスラリーが集中した場所から採取したことが要因ではないかと考えられる。

次に模型攪拌実験の一軸圧縮強度は平均0.22(MPa)となった。模型攪拌実験にて作成した2つの改良体は応力～ひずみ関係も類似していることから、攪拌混合の再現性は高いものと考えられる。現場では既往の研究等から現場試験結果は室内配合試験の1/3倍～1倍とされており¹⁾、今回の実験では模型攪拌試料の一軸圧縮強度は室内配合試料のその約0.16倍と低めとなった。模型攪拌試料は強度に及ぼす種々のバラツキを含んだ供試体全体の特性値を示しており、供試体寸法比でも3.5:1と大きい寸法効果や供試体整形に伴う端面の鉛直度等の差も室内配合試験よりも強度が低下した一因として考えられる。一方、スラリー状態から抽出した未固結採取試料は室内配合試験結果の0.4倍～0.7倍とされている¹⁾。今回の実験では、未固結採取試料の一軸圧縮強度は室内配合試料のその0.38～0.66倍となり、概ね既往の研究と類似した結果となった。

模型攪拌実験・室内配合試験・未固結採取試験の一軸圧縮強度～湿潤密度の関係を図-2にそれぞれ示す。一軸圧縮強度～湿潤密度の関係(図-2)から、供試体の湿潤密度と一軸圧縮強度に相関性が見られており、模型攪拌試料の一軸圧縮強度が低かったのは湿潤密度の違いであることがわかる。室内配合試験と未固結採取試験はモールド内にスラリー試料を投入する際に空気を抜くために振動を与えており、それにより密となったものと考えられる。

(2) 針貫入試験による横断面の強度分布測定

軟岩ペネトロ計を用いた針貫入試験結果から得られる換算一軸圧縮強度をコンター図にまとめたものを図-3に示す。6つの断面を見てみると中心からその周りに円を描くように強度が発現していることが分かる。これはスラリー吐出口が攪拌翼の下部にあるため、中心からスラリーが拡散されていき、攪拌翼の回転に伴いスラリーが円を描くように攪拌混合されていたためだと考える。また、中部は上部・下部に比べるとやや強度が低い。これは、上部では軸廻りから出る余剰スラリーの影響、下部はダブリングの影響で強度が高まったと考えられる。

4. まとめ

本報告では模型攪拌実験を行い、一軸圧縮強度や改良体断面の針貫入試験から改良体の強度分布・品質の傾向を調べた。その結果、室内配合試料と模型攪拌実験によって作られた改良体の強度比は既往文献よりも低くなった。その要因として密度の影響があり、供試体作製方法について今後検討が必要である。また、改良体断面の強度分布は攪拌翼の機能やダブリングによって若干の差がみられるが概ね均一な強度分布であることを確認できた。

参考文献

1) 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4版, 社団法人セメント協会, 技報堂出版株式会社 pp. 152-155, 2012年10月10日

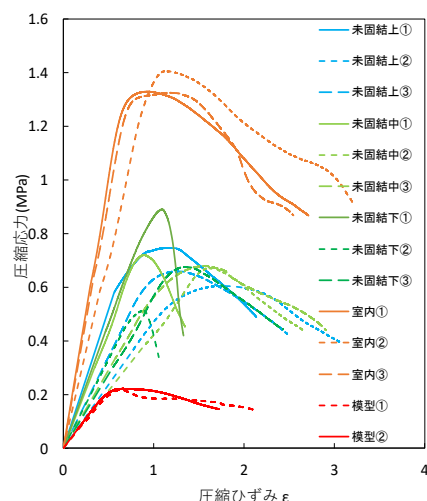


図-1 一軸圧縮試験結果

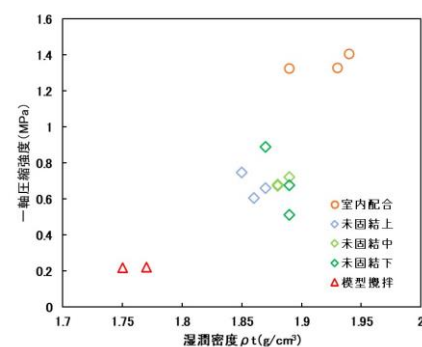


図-2 一軸圧縮強度～湿潤密度関係

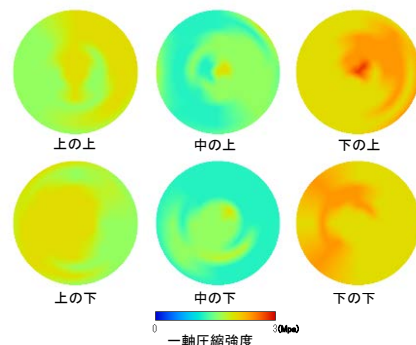


図-3 針貫入試験結果