

電磁式自動ふるい装置を用いた高品質な粒度試験の提案

中部土質試験協同組合 ○加藤 雅也
" 石原 聖子
" 坪田 邦治

1. はじめに

土の物理的性質を求める試験として、土粒子の密度・含水比・粒度・液性限界・塑性限界試験などがある。この中で、粒度試験は、地盤材料を構成する土粒子の粒径分布（粒度）を求める試験であり、地盤材料である土を工学的に分類し、この分類から土の透水性の推定、地盤の液状化の判定などに適用するなどの最も基本的な試験の一つである。粒度試験は、地盤を構成する土粒子径の分布状態を全重量に対する百分率で表した通過質量百分率(%)と粒径の相関図を作製する。このために、ふるい分析(粒径：75～0.075mm)と沈降分析(粒径：0.075mm 未満)の2種類の試験を実施する。

本研究では、上記2種類の試験の内、ふるい分析試験において、地盤工学会：土質試験の方法と解説¹⁾(以下、土質試験法と表記)に規定された手動による方法(手動法)と、従来から実務で適用されている電動式ロータップ型自動ふるい装置(従来法)と、新規に電磁式の自動ふるい装置(電磁法)を用いて、試験結果を比較した。この結果、電磁法を用いた粒度（ふるい）試験が、再現性が高く、高品質であり、効率化においても良好な結果が得られたのでここに報告する。

2. 試験方法

以下に示す3種類のふるい方法により検証した。なお、ここで試験に適用した試料は、ふるい時間により、通過率が異なると思われる粗砂・スラグ・珪砂の3試料を用いて測定した。なお、粗砂については、粒度調整して、2mm以下とした試料についても実施した。

(1) 手動による方法(手動法)

土質試験法に準じ、試験用網ふるい（75～0.075mm）を上下左右に動かし、手でたたく（図-1）など軽い衝撃を加えた。測定時間は、手動による方法は、5～15分で1分間に通過する量が残留分の約1%以下になるのを確認し同一試料について5回行った。

(2) 電動式ロータップ型自動ふるい装置(従来法)

自動ふるい装置（図-2）を用いて、所定の時間になるまでふるった後、網ふるいを取り外し、軽い衝撃を加え1分間に通過する量が残留分の約1%以下になるまで試験を行った。なお、ふるい振とう時間を1分、2分、3分、4分、5分、10分、20分、30分で行った。

(3) 電磁式自動ふるい装置(電磁法)

自動ふるい装置（図-3）を用いて、所定の時間になるまでふるった後、網ふるいを取り外しそのまま測定した。

電磁法でも、ふるい振とう時間は、(2)の従来法と同様とした。

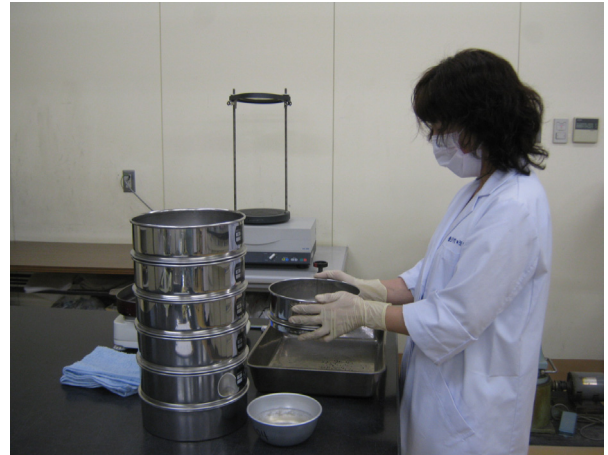


図-1 手動による方法（手動法）



図-2 電動式ロータップ型自動ふるい装置（従来法）
((株)マルイ製 MIC-113-0-01)



図-3 電磁式の自動ふるい装置（電磁法）
((株)レッチェ製 AS-200)

表-1 本試験で適用したふるい振とう機の概略仕様

(株)マルイ製:MIC-113-0-01		(株)レッチェ製:AS-200	
特徴	モーター内蔵型で省スペース実現	特徴	縦、横、ねじれの三次元効果の分級
方式	ローテーション・タップ運動	方式	三次元運動、断続運転可能
仕様	フルイ直径φ=200×60mm	仕様	フルイ直径φ=100、150、200、203mm
	最高フルイ積数:7段		最高フルイ段数:450mm(H=50mmなら9段)まで可能
	電動機:単相100V、0.2KW		測定範囲:20μm~25mm
	電動機:単相		

なお、本試験で適用した試験器の仕様を表-1に示す。ここで適用している電磁式は、表-1に記載している以外にも、試験室内で使用するにあたり、大変静かな試験器であることも従来法と比較して大きな特徴と実感している。

3. 試験結果と考察

(1) 網ふるいの標準偏差分布

本試験の結果を、再現性のばらつきの状況を、標準偏差(σ)として表現し、図-4にまとめた。この図から、標準偏差の値が大きいほど、再現性が低いといえる。この試験結果をまとめて表-2に整理した。これらにより以下のことが判明した。

- ① 手動法では、粗砂、珪砂、粗砂(2mm以下)は、平均で0.40%以下の偏差、スラグで、0.48%を示した。
- ② 従来法では、粗砂、珪砂、粗砂(2mm以下)は、平均で1.0%以下の偏差、スラグで、1.52%を示した。
- ③ 電磁法では、粗砂、スラグ、珪砂、粗砂(2mm以下)全てで平均が、0.30%以下の偏差と低い値を示す。

これらのことから、粗砂、スラグ、粗砂(2mm以下)の手動法と従来法で標準偏差が大きいのは、粗砂・中砂と呼ばれる2.0mm~0.25mmであることが判る。これらは、左右に動かす機械的動作により、粒径のスリヘリ、細粒化を起しているものと思われる。

(2) 粒度試験におけるふるい時間・回数

前項の試験結果をより明確にするために、ふるい時間を変化させた試験結果を粒径加積曲線で比較してみた(図-5)。

この結果、硬質な珪砂では3手法とも大きな変化は見あたらないが、軟質なスラグについては、従来法では、ふるい時間が増加すると、著しく細粒化を起して、粒径加積曲線に大きな変化が生じていることが判る。スラグに

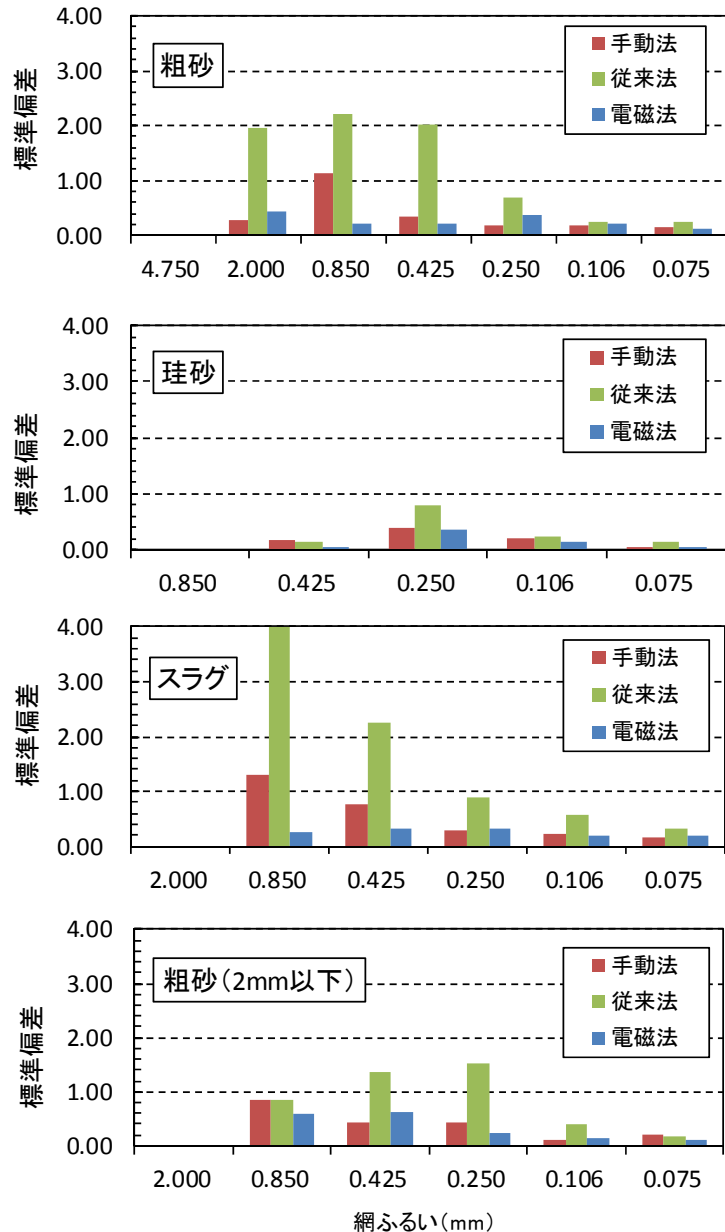


図-4 各試料における網ふるいの標準偏差分布

限らず、近似した性質を有する地盤材料では、試験方法に留意したい点であるといえる。少し判読しにくいのが、手動法でも一部に変化が見られる。これらに対して、電磁法では大きな変化が見られず、非常に再現性が高いことが判る。

表-2 各手法における試験結果一覧表

試料種別	①手動法	②従来法	③振動法
粗砂	①0.85mm通過の偏差では1.0%を超える。 ②他のふるい目では0.3%以下と低い。 ③平均でも0.37%と低い。	①2.0~0.425mm通過の偏差では2%前後を示す。 ②他のふるい目では1.0%以下を示す。 ③平均では0.97%を示す。	①全体で0.43%~0.15%の偏差を示し、0.5%以下と低い値を示す。 ②平均でも0.15%と低い値を示す。
粗砂 (2mm以下)	①0.85mm通過の偏差では0.84%を示す。 ②他のふるい目では0.5%以下と低い。 ③平均でも0.30%と低い。	①0.425mm通過が1.36%、0.25mm通過が1.51%とやや高い。 ②他のふるい目では0.88%以下を示す。 ③平均でも0.63%を示す。	①全体で0.62~0.10%の偏差で、0.5%以下と低い値を示す。 ②平均でも0.26%と低い値を示す。
珪砂	①0.425mm通過の偏差では0.4%を示す。 ②他のふるい目では0.2%以下と低い。 ③平均でも0.16%と低い。	①0.25mm通過の偏差では0.81%を示す。 ②他のふるい目では0.22%以下と低い。 ③平均でも0.31%と低い値を示す。	①全体で0.35~0.05%の偏差を示し、0.4%以下と低い値を示す。 ②平均でも0.14%と低い値を示す。
スラグ	①0.85mm通過の偏差では1.3%を示す。 ②0.425mmが0.75%を示す。 ③その他のふるい目では0.3%以下と低い。 ④平均でも0.48%と低い。	①0.85mm通過が3.99%、0.425mm通過が2.26%とやや高い値を示す。 ②その他のふるい目では0.9%以下を示す。 ③平均では1.52%とやや高い値を示す。	①全体で0.34~0.12%の偏差を示し、0.4%以下と低い値を示す。 ②平均でも0.12%と低い値を示す。

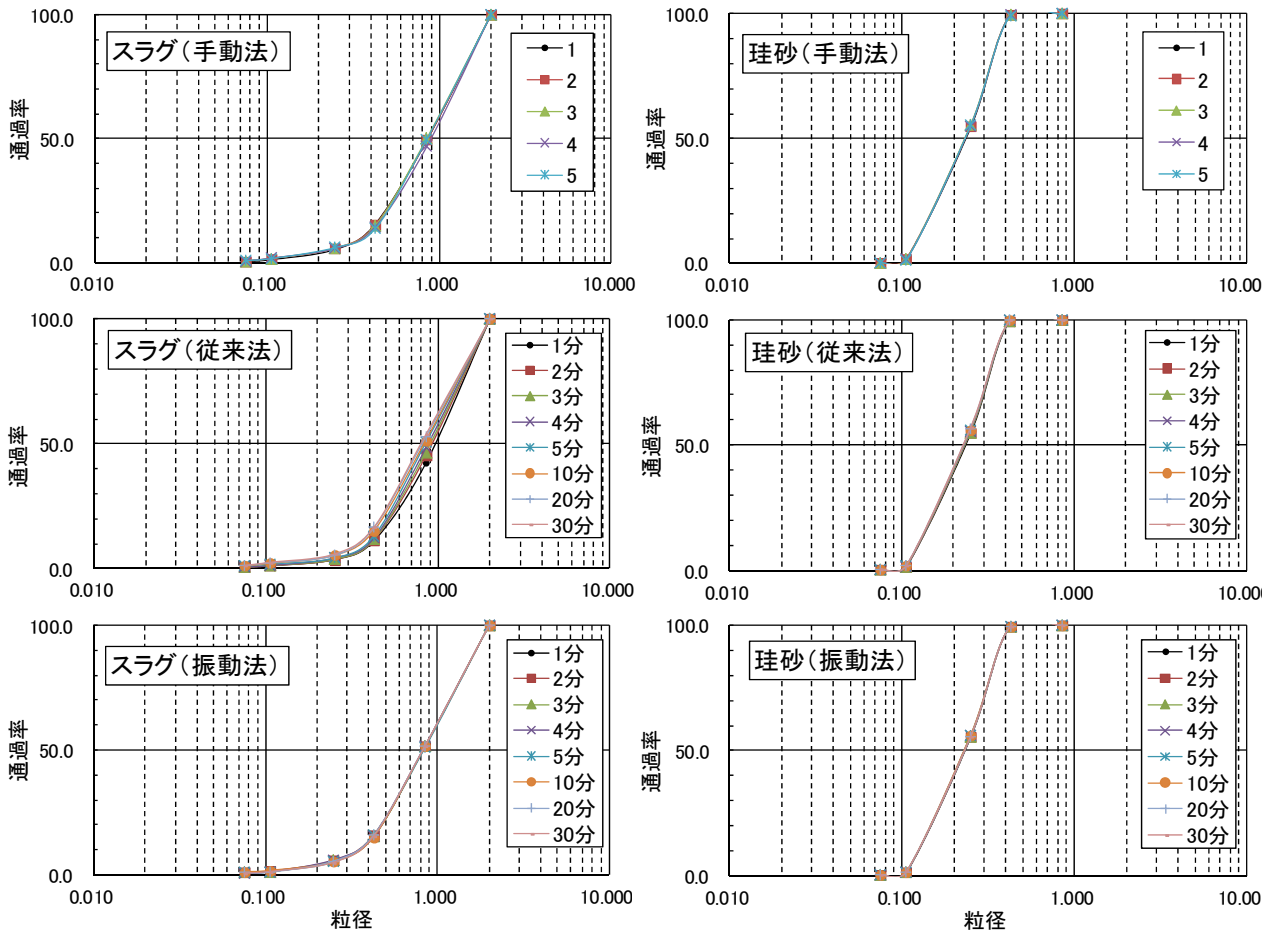


図-5 スラグと珪砂における粒径加積曲線でのふるい時間、回数での比較

(3) 平均値での粒径加積曲線の比較

今回実施した粒度（ふるい）試験において、平均値で粒径加積曲線を記載した結果を、図-6の上部に示す。大きな差が生じていないことが判る。図-5と併せて、この結果をみると、電磁法ではふるいに要する時間は、1分でも良いこととなる。繁忙期においては、この試験時間の短縮化は業務の効率化に大きく寄与することとなる。

同様に、図-6の下部を見ると、10分間ふるいを実施した結果を比較したが、大きな差異は生じていない。

粗砂について考察してみると、2.0mm以上を含む試料では、従来法においては細粒化を起こして、0.425~2.0mmの標準偏差が比較的大きい（図-4）。

このことから、2.0mm以上を除去した粗砂(2.0mm以下)の試料で試験を行うと、従来法でも標準偏差が0.8~

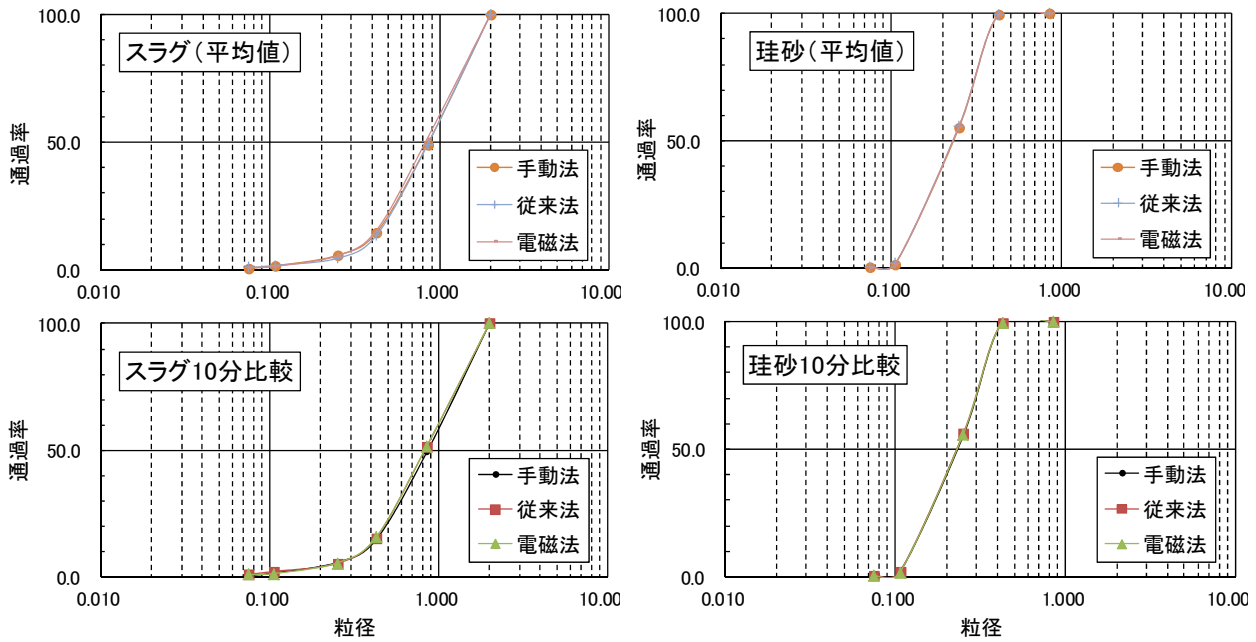


図-6 スラグと珪砂における粒径加積曲線比較 (平均値、10分後)

1.5となり、やや高いもののがかなり軽減していることが判った。これらのことから、粗砂においても、0.425mm以上の比較的大きな粒径では、試験時に細粒化が発生していると考えられる。

図-7に、粗砂における手法別の粒径加積曲線をプロットした。スラグの事例と同様に、従来法において時間経過と共に、粒径加積曲線が上方移動し、細粒化していることが読み取れる。一方、手動法は比較的差異の発生が少なく、電磁法は最も再現性が高いことが判る。

4. まとめ

- ①ここで実施した比較検証試験から、軟・硬質試料についても、電動式の自動ふるい装置（電磁法）がスリヘリによる細粒化を起こさず、再現性が高いことにより、品質の高い粒度試験結果が得られるものといえる。
- ②この電磁法では、1～30分での粒度曲線に変化がないことから、実務における測定時間を短縮できると考える。ただ、現段階で、どこまで短縮が可能については、各種の地盤材料試験を実施した上で判断したい。

今後は、更なる試料数を行なって、電磁法を用いた粒度試験（ふるい試験）を確立していきたい。

筆者らは、土粒子密度においても各種の工夫を行って、高い品質の成果を得られることを公表している。現行の試験法を工夫・改善することで、より効率的で高い品質の地盤材料試験値を得ることで、社会資本整備に貢献していきたいと考えている。この意味でも、現行の試験法に満足せず、工夫・改善を行っていく意味があるといえる。また、当組合では、業務として毎日、地盤材料試験のデータを蓄積している。さらに考察を加えていくことで、東海地域の地盤に関する相談所としての役割も果たしていきたいと考えている。

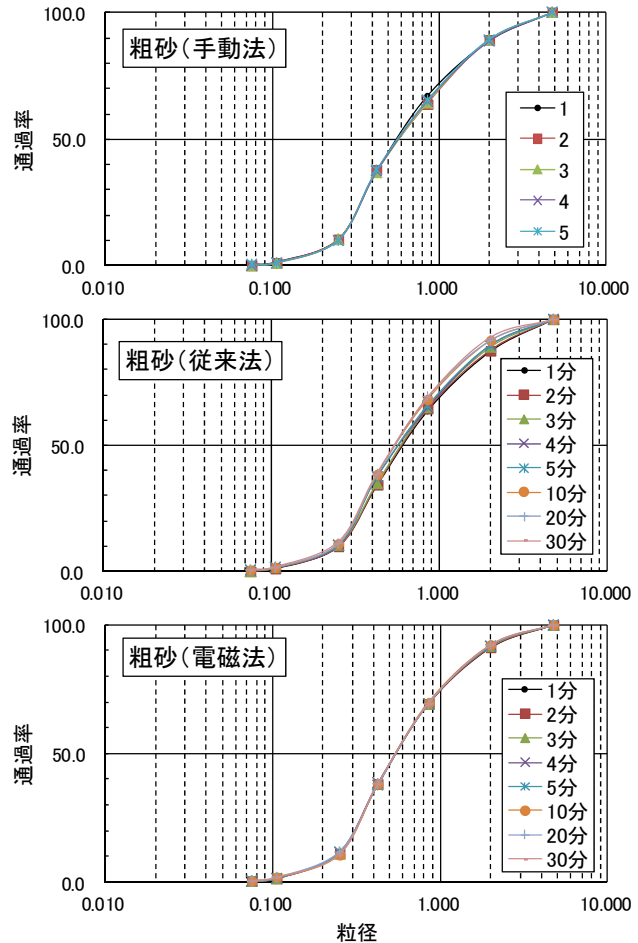


図-7 粗砂における手法別の粒径加積曲線比較

《引用・参考文献》

- 1) (社)地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 -二冊の1-、粒度試験、pp.115～136、2009.11.
- 2) 石原聖子、加藤雅也、久保裕一、坪田邦治：土粒子の密度試験の高品質化による一考察、中部地質調査業協会ミニフォーラム、2008.11.