

沈降分析浮ひょう読取り自動化システムの開発

(協) 関西地盤環境研究センター ○三好 功季, 中山 義久, 八谷 誠,
松川 尚史, 藤村 亮, 細川 奏太

1. はじめに

土の粒度試験 (JIS A 1204) は 1950 年に制定され、ふるい分析 (粒径が 75mm～75μm) および沈降分析 (75μm 未満) で実施される。制定から約 75 年が経過した現在においても、沈降分析の試験方法は大きく変わることなく運用されている。沈降分析では、試験開始から 60 分間、試験者はメスシリンダーの近傍を離れることができず、さらに開始後 240 分および 1440 分まで測定することになっており、試験者の長時間拘束という大きな課題が存在する。

筆者らはこの課題を解決すべく、7 年前より粒度試験 (沈降分析) における浮ひょう読取りの自動化について取り組んできた。成果として、浮ひょうの頭部変位をレーザー測器で読取り、浮ひょう読み値に変換することを可能にした²⁾。さらに 2024 年度には中小企業団体中央会の補助金を活用し、『レーザー測器を用いた沈降分析浮ひょう読取り自動化システム』 (=沈降くん) として開発を進め、実用化が可能になったので報告する。

2. 自動化システムの測定概要

自動化システムの全体構成は写真-1に示す通りである。本システムでは、従来の試験器具とは異なり、レーザー測器を専用の固定器具により机上に直接設置し、1 台の机に最大16台のレーザー測器を取り付ける構成としている。これにより、複数試料の同時測定が可能となり、試験処理能力の向上が図られた。

従来の実証実験では、浮ひょう頭部にレーザーを照射するためにターゲット板を貼り付けていたが、今回のシステムでは、浮ひょう頭部を平坦に改良し、黒色絵具を塗布することにより、ターゲット板を使用せずとも安定した測定が可能となった (写真-2)。

また、浮ひょうの浮遊防止 (揺れ止め) としては、木製 (黒檀) のフタを採用している (写真-2)。これが試験結果に与える影響については、過年度の研究により有意な差がないことを確認している³⁾。

測定開始は、操作スイッチの押下により自動的に攪拌カウンタダウン (60秒) が開始され、その後レーザーによる測定が自動でスタートする。試験中の測定状況は卓上モニターにリアルタイムで表示されるため、攪拌後に浮ひょうをメスシリンダー内に設置すれば、試験者はその場を離れても問題ない。なお、自動化システムにおける浮ひょうの読取りでは、沈降分析中の浮ひょうの出し入れが作業上困難であるため、浮ひょうは実験開始から終了まで入れたままで測定する。浮ひょうの出し入れが



写真-1 自動化システム

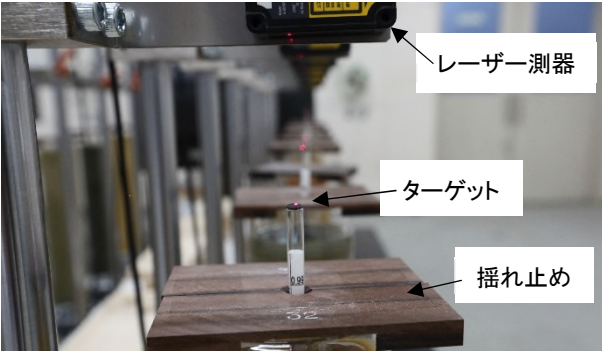


写真-2 測定状況

沈降分析に及ぼす影響についても過年度の研究により有意な差がみられない事を確認している³⁾。

本システムでは、測定時間ごとに浮ひょう頭部の高さをレーザー測器で読取り、整理ソフトにより浮ひょうの読み値に自動変換する。

3. JIS 法と自動化システムの比較試験結果

比較試験は物理的性質の異なる試料を7種類使用し、1試料を16台の試験機で沈降分析を実施した。表-1にはそれらの液性限界、塑性限界、塑性指数を示す。比較試験における試験方法は、従来通り炉乾燥質量に換算した約50gを分取し、1lの懸濁液にして試験を行った。JIS 法による試験を16台の試験機で実施した後、同一の懸濁液を用いて自動化システムによる試験を行った。これらを

表-1 使用した試料の物性値

試料名	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数
笠岡	57.5	21.7	35.8
荒木田	46.5	24.0	22.5
藤ノ森	39.8	19.7	20.1
カオリン	24.2	17.6	6.6
中間土①	37.2	17.7	19.5
中間土②	30.4	16.4	14
砂質土	NP	NP	NP

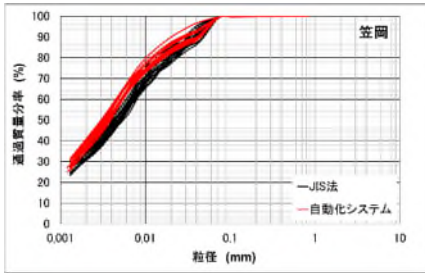


図-1 笠岡 粒径加積曲線

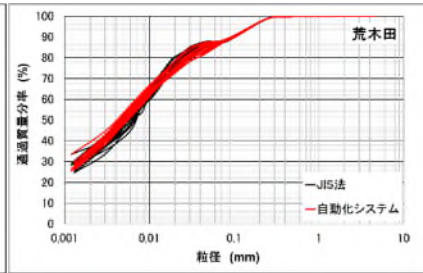


図-2 荒木田 粒径加積曲線

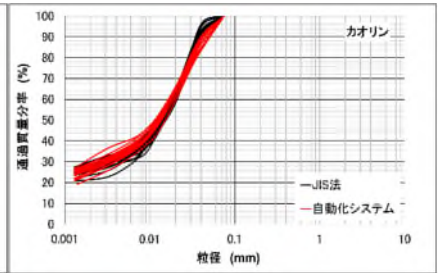


図-3 カオリン 粒径加積曲線

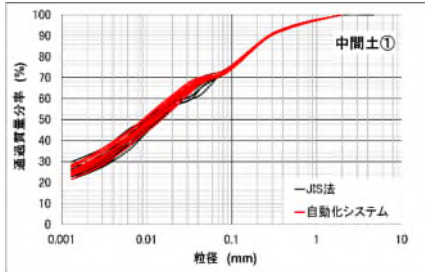


図-4 中間土① 粒径加積曲線

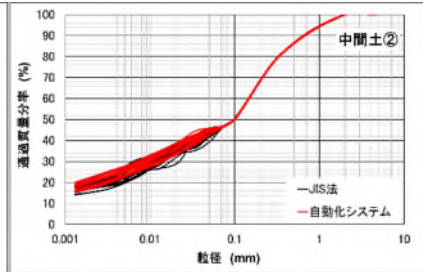


図-5 中間土② 粒径加積曲線

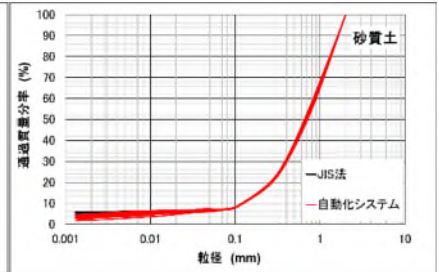


図-6 砂質土 粒径加積曲線

同時に行うことで、試料ごとのばらつきが除かれ、測定法の違いによる影響のみに着目できる。

図-1～6に今回用いた7試料のうち、代表的な6試料のJIS法および自動化システムの結果を示す。これらの結果から、JIS法と自動化システムから得られた粒径加積曲線に顕著な差はなく、ほぼ同等の結果が得られていることが確認できる。さらに、JIS法および自動化システムで求められた粒径加積曲線の形状の違いを明確にするため、粒径0.05mm、0.02mm、0.005mm、0.002mmにおける通過質量分率を求め、両者を比較²⁾した(図-6)。この結果からもJIS法と自動化システムにより得られた通過率は、実用上無視できる程度⁴⁾であり、自動化システムを実務に供しても十分に信頼できる試験結果が得られることが確認された。

4. まとめ

中小企業団体中央会の補助金を活用し、レーザー測器を用いた沈降分析浮ひょう読取り自動化システムを開発した。本システムを実務に供するための検証を行い、実用化に向けて問題がないことを確認した。今後は、今年度中の実用化を目指して、さらなる改良と検証を進めていく予定である。

本システムを導入することで、従来のJIS法において試験者が長時間拘束されるという課題を大幅に軽減でき、作業の効率化・省力化が実現される。これにより、土質試験業務における働き方改革の推進にも大きく寄与することが期待される。

今後は、ソフトウェアの機能強化、測定対象土の拡張、さらには他の試験への応用を通じて、土質試験業務のさらなる効率化を目指したい。

5. 謝辞

本研究の一部は、2024年度中小企業団体中央会の補助

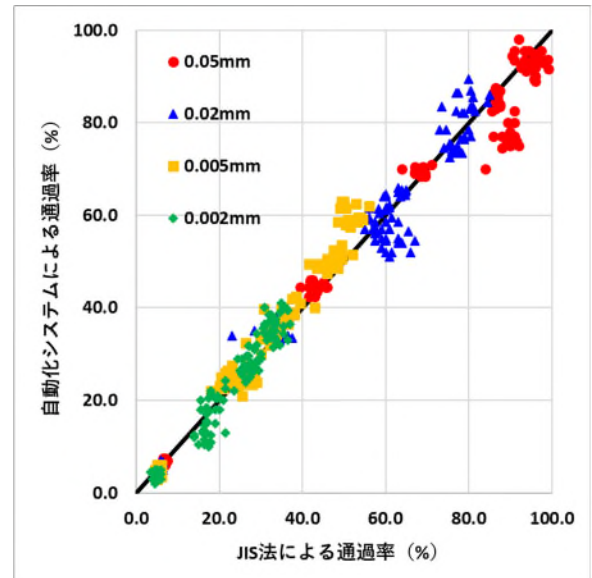


図-6 同一粒径での通過率の比較

金による助成を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表する。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説，二分冊の1，pp. 132～157，2020。
- 2) 三好功季，藤村亮，松川尚史，中山義久，澤孝平，西形達明：粒度試験（沈降分析）における浮ひょう読み取りの自動化への試み（その3），全地連技術フォーラム2022論文集，論文No. 40，2022。
- 3) 三好功季，藤村亮，中山義久，松川尚史，澤孝平，西形達明：粒度試験（沈降分析）における浮ひょう読み取りの自動化への試み，kansai Geo-Symposium2022論文集，pp. 241～244，2022。
- 4) 中山義久，日置和昭：土質試験結果のばらつき要因と技能評価，基礎工，Vol. 52，No. 9，pp. 90～93，2024。