

沈降分析の自動化への試み（その4）

(協)関西地盤環境研究センター ○三好 功季, 藤村 亮, 林 峻平, 松川 尚史, 中山 義久, 西形 達明

1. はじめに

土の粒度試験(JIS A 1204)は、ふるい分析と沈降分析で実施される。筆者らは5年前より、沈降分析の自動読取りの可能性を評価した²⁾。成果として、比重浮ひょうの目盛り読取りはその頭部変位をレーザー測器で読取り、浮ひょう読み値への変換が可能であることを示した³⁾。JIS法では沈降分析開始前にメスシリンダー内の懸濁液の密度を均質化するため約1分間、手で上下に振とうすることになっている。沈降分析の自動化を図るため、JIS法(1分間の両手による攪拌)に替わる方法が必要であるが、JIS法をそのまま自動化することは費用・期間・実用面からも困難であるため簡易的に自動化できる方法が必要である。本報告はJIS法と今回提案する2種類の攪拌方法で沈降分析時の攪拌を行い、比較検討したものである。

2. 使用した試料と比較試験方法

比較試験は物理的性質の異なる粘性土7種類を使用し、1試料あたり3供試体ずつ実施した。表-1にはそれらの液性限界、塑性限界、塑性指数を示す。比較試験で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。提案法の攪拌方法は図-1の通りであり、アルミパイプをメスシリンダーの底部から5cm程度上に設置し、圧縮空気を放出し攪拌する方法(以下、提案法①と呼ぶ)とメスシリンダー内に攪拌子を入れマグネチックスターラー(攪拌機)で攪拌子を回転させ、発生する渦を利用し攪拌する方法(以下、提案法②と呼ぶ)である。表-2の通り、提案法①の空気圧は10kPa, 20kPa, 30kPa, 50kPaに設定し、攪拌時間はそれぞれ1分, 2分に設定した。提案法②の回転数は500rpm, 1000rpm, 1500rpmに設定し、攪拌時間は1分に設定した。

各方法の攪拌静置直後のメスシリンダー内の密度均一性の測定方法は図-2の通りであり、本来ならばJIS法と2つの提案法で攪拌静置直後(t=0min)のメスシリンダー内の密度状態の比較が重要であるが、静置後直ぐに浮ひょうを設置することが困難であるため、本実験は静置後1分の浮ひょうの読み(密度)を測定し、比較検討を行った。

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
カオリン1	59.9	32.5	27.4
カオリン2	24.2	17.6	6.6
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
粘性土①(CLS)	42.9	17.3	25.6
粘性土②(CH)	101.4	32.1	69.3

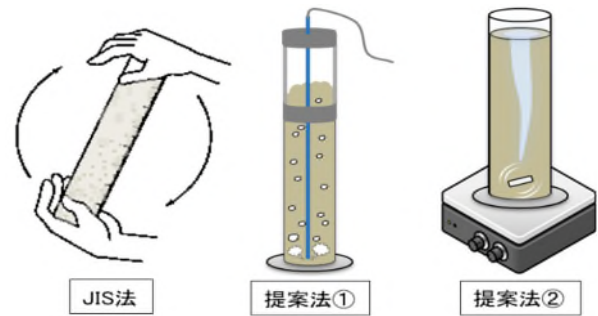


図-1 JIS法・提案法の攪拌方法

表-2 試験方法と種類

試験方法	攪拌条件				攪拌時間
	10kPa	20kPa	30kPa	50kPa	
提案法① 空気圧	10kPa	20kPa	30kPa	50kPa	1分,2分
提案法② 回転数	500rpm	1000rpm	1500rpm	-	1分

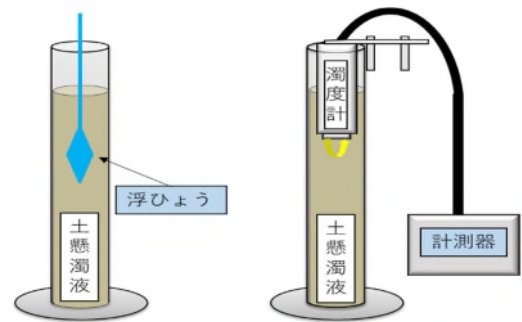


図-2 浮ひょう読取り・濁度測定方法

た。

3. JIS法と提案法の試験結果とその検討

図-3に今回試験した7試料について、JIS法および提案法の密度(3回平均)の結果を示す。提案法①の空気圧10kPa, 20kPa, 30kPaはJIS法に比べると、密度がやや低い結果となっており、攪拌時間を増加しても変化がない。50kPaの場合は、1分および2分の場合でもJIS法と同等の結果である。提案法②は回転数500rpmの場合、密度がやや低い結果となっており、1000rpmについてはJIS法と同等の結果を示している。1500rpmの場合は、回転数が大きくメスシリンダー上部から懸濁液が溢れ出る問題があったため、試験を中止した。さらに、これらの結果から提案法①(空気圧50kPa)と提案法②(回転数1000rpm)の併用型の試験も実施した。図-3の結果より併用型の場合でも、JIS法と同等の結果であることも確認できた。

また、密度以外の均質性の確認方法として、提案法①: 空気圧10kPa, 30kPa, 50kPaと提案法②: 回転数1000rpmの2つの方法で攪拌し、静置後1分後のメスシリンダー内の濁度を測定した。使用した試料の量は、濁度計の測定

範囲の関係上、炉乾燥質量約25gとした。測定方法は図-2のように、メスシリンダーの水面下約20cmの懸濁液の濁度を測定した。その結果を図-4に示す。密度測定の結果と同様に、空気圧50kPaがJIS法と同等の濁度であることが確認できた。また、回転数1000rpmについてもJIS法と同等の濁度である事が確認できた。これらの結果より、提案法①を行う場合は空気圧50kPaが必要であり、提案法②の回転数は1000 rpm 必要であることが分かった。

これらの結果を踏まえ、提案法①(空気圧50kPa)と提案法②(回転数1000rpm)について、攪拌静置後1分の測定のみならず、沈降分析(24時間読みまで測定)を実施し、時間経過による変化も併せて調べた。

図-5に7試料の中から塑性指数が最も高い粘性土②試料のJIS法および提案法①のそれぞれ3回の粒径加積曲線とその平均の粒径加積曲線を示す。JIS法および提案法①において、どの攪拌方法でも粒径加積曲線に有意な差は見られないことが確認できた。提案法②も同様に粘性土②試料のそれぞれ3回の粒径加積曲線とその平均の粒径加積曲線を図-6に示す。これらすべての粒径加積曲線には顕著な差は見られず、ほぼ同等の結果である。

これらのことから、JIS法と提案法による攪拌方法の違いが粒径加積曲線の形状に与える影響は、非常に小さいことが明らかである。今回実施した比較試験から、2つの攪拌方法(提案法)を実務に用いても問題がないものと考えられる。

4. まとめ

沈降分析の攪拌の自動化を目的として、物性の異なる粘性土7試料を用いてJIS法と提案法①および②の3つの方法での沈降分析を行った。攪拌静置後1分後の密度、濁度を計測した結果、空気圧50kPaと回転数1000rpmはJIS法と同等の攪拌力を持っていることが分かった。さらに両者の粒径加積曲線を比較検討した結果、JIS法と提案法の結果には有意な差はみられず、提案法の有効性が確認できた。

今後は提案法の実用化に向け、攪拌器具の改良とともに、より広範囲な物性値を有する試料を用いて試験を実施し、沈降分析の自動化を実用化したい。

《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, 中山義久, 松川尚史, 澤孝平, 西形達明：粒度試験(沈降分析)における浮ひよう読み取りの自動化への試み, *kansai Geo-Symposium2022*論文集, pp.241~244, 2022.
- 3) 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)における浮ひよ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.

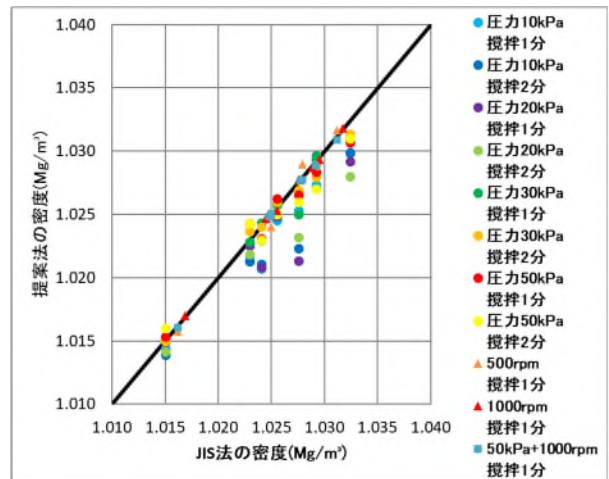


図-3 JIS法・提案法の攪拌後1分後の密度

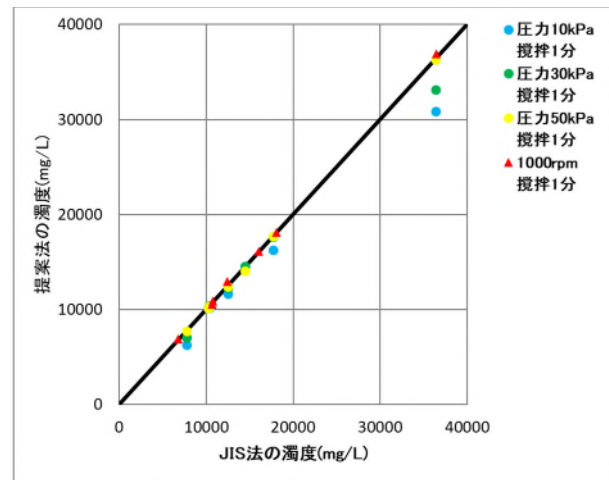


図-4 JIS法・提案法の攪拌後1分後の濁度

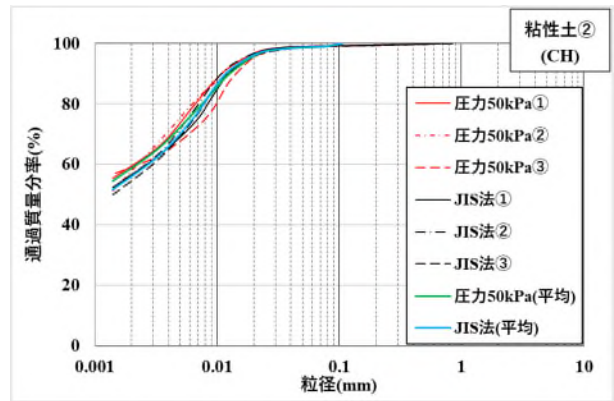


図-5 提案法①(空気圧50kPa)粒径加積曲線

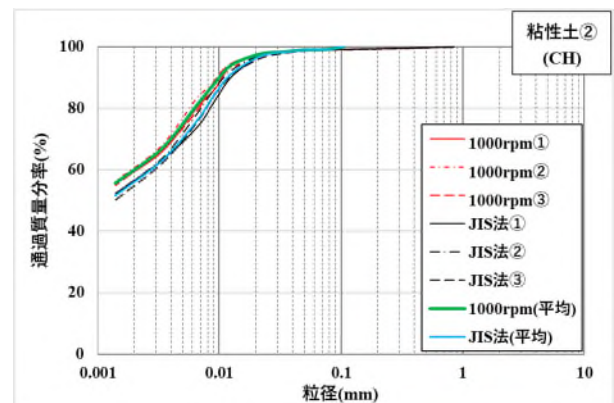


図-6 提案法②(回転数1000rpm)粒径加積曲線