中部ミニフォーラム

粒度(沈降)分析における砂分の影響について

中部土質試験協同組合　○大橋　翔　石原 聖子　法安 章二　坪田 邦治※
久保 裕一　加藤 雅也

1.はじめに

土の粒度試験(JIS A 1204)[1)]において沈降分析に用いる試料は，2mmふるいを通過した砂分を含む試料としているが，測定の対象は粒径75μm未満の細粒分である。

本研究では，砂分混入量を変化させた同一の試料を用いて粒度(沈降分析)試験を実施し，試験手順の違いが粒度分布に与える影響について比較を行った。この結果，細粒分が多い試料ほど沈降分析の初期の測定値に差が見られることが判明したので報告する。

2.試験試料

試験に用いる試料として，青粘土と珪砂6号を準備し，細粒分と砂分が所定の比率付近になるように各試料を配合することで試料A，試料B，試料Cの3種類の混合土を作成した。また，細粒分の多い試料も比較するために，青粘土のみの試料を試料Dとした。

青粘土と珪砂6号の最大粒径は2mm未満であるため，全ての試料が礫分を含まないものとする。各試料の細粒分と砂分の割合，および土粒子の密度を表-1に示す。

表-1　試験に用いた試料

試料名	細粒分 (%)	砂分 (%)	土粒子の密度 (g/cm³)
試料 A	25	75	2.679
試料 B	50	50	2.718
試料 C	75	25	2.738
試料 D(青粘土)	89	11	2.755

3.試験手順

本研究では，目開き2mmふるい通過分の試料を用いて沈降分析を行う方法を2mm法，目開き75μmふるい通過分のみの試料を用いて沈降分析を行う方法を75μm法と称し，以下の手順で粒度(沈降分析)試験をそれぞれ行った。各試験の実施手順を図-1に示す。

①2mm法による試験

試料の分散方法はJIS A 1204に従った。なお，過酸化水素は試験条件を揃えるため，塑性指数I_pに関わらず100mlを加えた。メスシリンダーに試料と蒸留水を入れて体積を1000mlにした後，内容物を約1分間攪拌することで均一な懸濁液にして静置し，1，2，5，15，30，60，240，1440分後の浮ひょうの目盛りを計測した。

沈降分析後の試料全量を目開き75μmふるいに通し，水洗いを行った。残留分を24時間炉乾燥させ，JIS A 1204に従って850μm～75μmでふるい分けを行い，それぞれの質量を測定した。

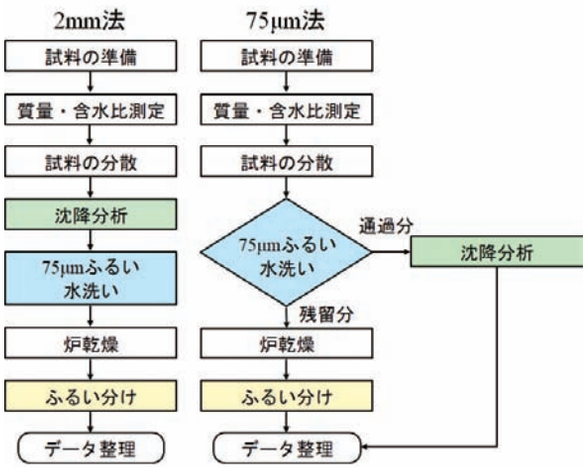

図-1　各試験の実施手順

②75μm法による試験

①と同様に試料の分散を行った後，試料全量を目開き75μmふるいの上で水洗いを行いながら通過分をメスシリンダーに入れ，体積が1000mlになるよう沈降分析試料を作成した。その際，ふるいに細粒分が残留しないよう留意した。その後は①と同様に沈降分析および目開き75μmふるいの残留分のふるい分けを行った。

4.試験結果および考察

2mm法では，沈降分析による試料の通過質量百分率$P(d)$を式(1)で算出する。

$$P(d)=\frac{m_s-m_{0s}}{m_s}\cdot\frac{V}{m_{1s}}\cdot\frac{\rho_s}{\rho_s-\rho_w}\cdot R\cdot\rho_w\times 100 \qquad \cdots(1)$$

ここに，m_sは全試料の乾燥質量，m_{0s}は2mmふるい残留分の乾燥質量，m_{1s}は沈降分析用試料の乾燥質量である。また，Rは浮ひょうの読みγとメニスカス補正C_mおよび懸濁液の温度に対する補正係数Fの和である。

また，ふるい分析による試料の通過質量百分率$P(d_i)$を式(2)で算出する。

$$P(d_i)=\frac{m_s-m_{0s}}{m_s}\cdot\left(1-\frac{\Sigma m(d_i)}{m_{1s}}\right)\times 100 \qquad \cdots(2)$$

ここに，$m(d_i)$はふるいの目開きd_iの各ふるいに残留した試料の乾燥質量であり，目開きd_i以上の全てのふるいについて$m(d_i)$の総和を$\Sigma m(d_i)$と表す。

一方，75μm法では沈降分析による試料の通過質量百分率$P(d)$を式(3)で算出する。

$$P(d)=\frac{m_s-m_{0s}-m_s^{(s)}}{m_s}\cdot\frac{V}{m_s^{(f)}}\cdot\frac{\rho_s}{\rho_s-\rho_w}\cdot R\cdot\rho_w\times 100 \quad \cdots(3)$$

ここに，$m_s^{(s)}$は75μmふるい残留分の乾燥質量，$m_s^{(f)}$は沈降分析に用いた試料の乾燥質量である。

また，ふるい分析による試料の通過質量百分率$P(d_i)$を式(4)で算出する。

$$P(d_i)=\frac{m_s-m_{0s}}{m_s}\cdot\left(1-\frac{\Sigma m(d_i)}{m_s^{(s)}+m_s^{(f)}}\right)\times 100 \quad \cdots(4)$$

なお，本研究で用いた試料は礫分を含まないため，2mmふるい残留分の通過質量百分率の式示は割愛する。

各試料について，2mm法および75μm法によって得られた粒径加積曲線を図-2～図-5に示す。

まず，ふるい分析で得られた75μm以上の粒度分布を比較すると，どの試料についても概ね同一の曲線が得られている。このことから，2つの試験方法の違いがふるい分析結果に及ぼす影響は非常に小さいと考えられる。

次に，沈降分析結果を比較すると，試料A，試料Bの粒度分布はほとんど差が無いことが分かる。一方，細粒分の多い試料C，試料Dについては，75μm法の曲線が2mm法の曲線よりも上側に位置している。それら2つの曲線は，沈降分析開始直後の測定値に差が生じた後，同程度の差のまま並行し，時間の経過とともに徐々に合流していく様子が分かる。

沈降分析を行う際，細粒分の分散が不十分である場合は，団粒化によって沈降速度が大きくなり，本来よりも大きい粒径として観測されるため，測定値は低くなる。

このことから，細粒分の比率が大きい試料C，試料Dにおいて，沈降分析の試料作成時に75μmふるい上で試料を水洗いしながら通過させる75μm法が，2mm法よりも細粒分の分散がより良好になったと考えられる。

5.まとめ

本研究では青粘土と珪砂6号を用いた混合土に対し，砂分を含めた場合と，砂分を取り除いた場合で，粒度(沈降分析)試験をそれぞれ実施し，試験方法の違いが粒度分布に与える影響について比較を行った。

この結果，ふるい分析については試験方法の違いが粒度分布に及ぼす影響は非常に小さいことが分かった。

一方，沈降分析については，75μm法の方が2mm法よりも細粒分の分散がより良好となり，細粒分が多い試料ほど沈降分析の初期の測定値に差が見られた。

なお，本研究の75μm法の試験では，沈降分析の後に行われていたふるい分けを並行して実施できるため，試験期間を短縮できる利点がある。一方で，粒子破砕を生じやすい特殊土などは75μm法の手順が試料の粒径を変化させてしまう可能性があるため，留意が必要である。

今後は，様々な土質性状の試料に対して，同様の試験を実施し，試験手順の影響や各種試料に対する適正な試験方法を提案し，試験の高品質化に貢献していきたい。

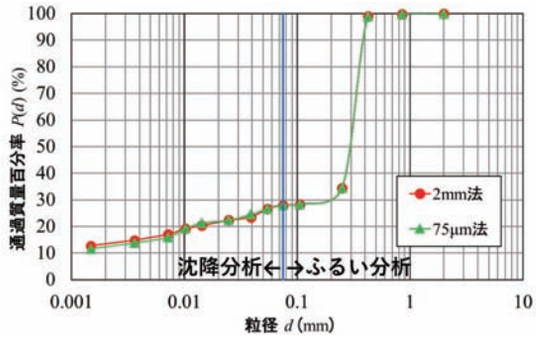

図-2　試料Aの粒径加積曲線

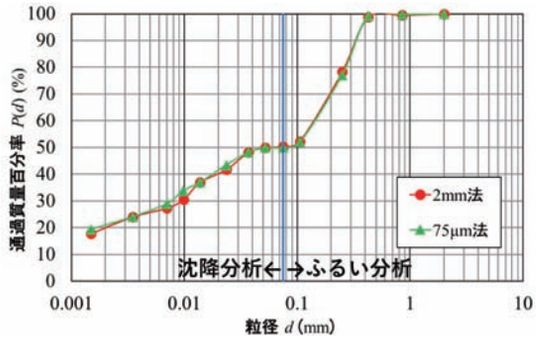

図-3　試料Bの粒径加積曲線

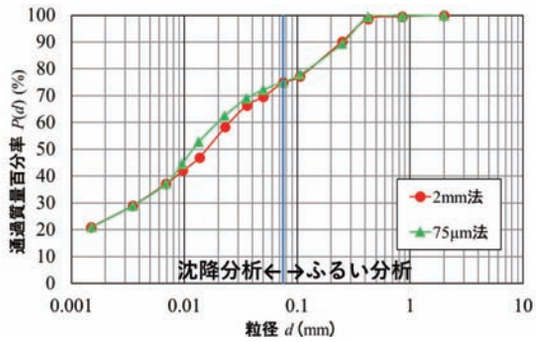

図-4　試料Cの粒径加積曲線

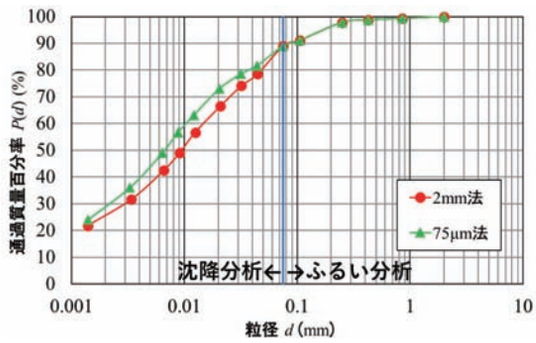

図-5　試料Dの粒径加積曲線

※2020年10月より，株式会社シマダ技術コンサルタントに所属変更

引用・参考文献

1)地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-，pp.121-127，2009.