

(III-9) 土粒子の密度試験の自動化に関する研究

武蔵工業大学大学院 学生会員 ○ 小野塚 貴史
 武蔵工業大学 正 会 員 末政 直晃
 武蔵工業大学 正 会 員 目黒 栄治

1. はじめに

現在規定されている JIS A 1202 土粒子の密度試験(以下 JIS 法)は、土粒子の体積を正確に求めるため、煮沸することによって土粒子間の気泡を除去する方法を採っている。気泡を完全に除去するためには煮沸を長時間行う必要があり、実験を開始してから土粒子の密度が算出されるまでかなりの時間と手間を要する。

他分野では、粉体の体積を求めるために気相置換法の原理を用いた体積計を使うことがある。本研究では、より短時間で簡易に土粒子の密度を求めることを目的として、このような体積計を利用した密度試験方法を検討している。ここでは、用意した十数種類の試料について、本方法と JIS 法による結果を比較した。

2. 実験装置とその原理

体積計には、市販の機器を利用した。これは、気相置換法によって粉体や個体の体積を測定することができるものであり、マイクロプロセッサを内蔵しているため、試料をセットしスタートスイッチを押すだけで体積が自動測定され、測定結果がデジタル表示される。

体積計の模式図を図-1 に示す。本装置には、サンプルセルとエクストラセルと呼ばれる連結された容器がある。サンプルセルの体積を V_s (ℓ)、大気圧を P_a (atm)、温度を T_a (°K)、モル数を n (mol) とすると理想気体の状態方程式は、

$$P_a V_s = n R T_a$$

となり、エクストラセルの体積を V_{ex} (ℓ)、大気圧を P_a (atm)、温度を T_a (°K)、モル数を m (mol) とすると、

$$P_a V_{ex} = m R T_a$$

となる。ここで、サンプルセルに体積 V_x (ℓ)、重さ W (g) の試料を入れて、サンプルセルを He ガスで圧力 P_1 に加圧すると、

$$P_1 (V_s - V_x) = (n + \alpha) R T_a$$

となる。その後、サンプルセルとエクストラセル間のバルブを開け、平衡状態にすると、

$$P_2 (V_s - V_x + V_{ex}) = (n + \alpha + m) R T_a = P_1 (V_s - V_x) + P_a V_{ex}$$

となる。上式を整理すると、

$$V_x = V_s + 1 \left/ \left(1 - \frac{P_1 - P_a}{P_2 - P_a} \right) \right. V_{ex}$$

となり V_x が求まる。よって試料の密度 ρ_s は、

$$\rho_s = W / V_x$$

で求められる。

3. 実験概要

試料には、砂質土系で 13 種類、粘性土系で 12 種類を用意した。すべての試料は、すり鉢によって団粒化した土粒子を分離させ、その後十分に炉乾燥した。絶乾状態とした試料に対して、それぞれ体積計と JIS 法によって密度の測定を行った。体積計による密度試験の手順を、フローチャート(図-2)に示す。JIS 法に関しては、同一の試料に対して 3 回測定を行い、その平均値もしくは代表値を採用した。

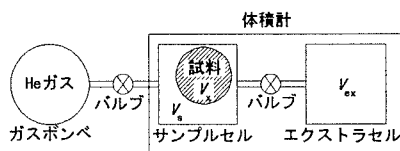


図-1 体積計の模式図

4. 実験結果および考察

実験の所要時間は、JIS 法では試料によって異なるが 20 時間前後である。それに対し、体積計を用いた方法では、電源を入れてから装置が安定状態になるまで多少時間がかかるため、1 つ目の試料の測定には 2 時間ほどかかるが、その後他の試料を測定する場合には 1 時間程度となり、JIS 法に比べ実験時間は大幅に短縮される。計測方法も体積計を用いた方法は、JIS 法に比べてかなり簡易である。

体積計による試料の体積測定値と測定回数の関係の一例を、図-3 に示す。測定値は測定回数

とともに変動するため、安定するまで数回連続測定する必要があり、測定結果には安定後の測定値を採用した。この図から、粘性土は砂質土に比べ測定値が安定しにくく、その変動の割合も大きい。

図-4 に、体積計による密度と JIS 法による密度の関係を示す。砂質土では、体積計による密度は JIS 法とほぼ同じ値となった。一方、粘性土ではそのほとんどが JIS 法による値とは異なり、JIS 法よりも小さな値が得られた。これは、粘性土のような細粒材では粒子間の空隙が小さいために、置換ガスである He ガスが粒子間に浸透しにくい、もしくは粒子間から解放されにくいことによると思われる。そのため内容物の体積が見掛け上大きくなり、密度が低下したものと考えられる。細粒材については、圧力平衡のための時間をもっと大きくすることや、バキュームにより空気を除去するなど測定方法に何らかの工夫、改良が必要である。

5. まとめ

今回、他分野で使われている体積計を利用し、土粒子の密度の測定を行った。本方法は、JIS 法に比べ実験時間が大幅に短縮され、実験方法も簡易であった。得られた土粒子の密度は、JIS 法と比較して、砂質土では良い一致を見せたが、粘性土ではかなり異なった値が得られた。このことから本方法は、砂質土に関しては高い適用性を持つが、粘性土に関しては適用が難しいということが言える。

今後の課題として、すべての土に適用できるように本方法を見直し工夫していくとともに、他の方法も模索していこうと考えている。

6. 謝辞

本研究は、地盤工学会“物理試験の自動化に関する検討委員会”の活動の一環として実施した。委員諸氏には、多くの助言を頂いた。また、(株)エステックには機器を無償提供して頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献 土質工学会編(1990)：土粒子の密度試験, 土質試験の方法と解説, PP.43～47

図-2 体積計による密度試験のフローチャート

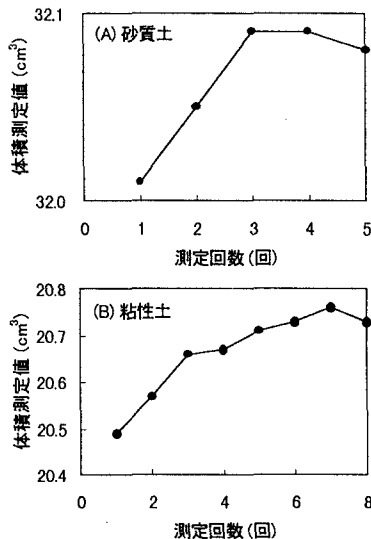
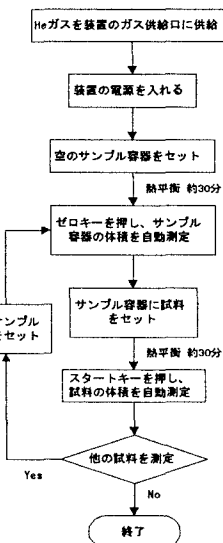


図-3 体積測定値と測定回数の関係

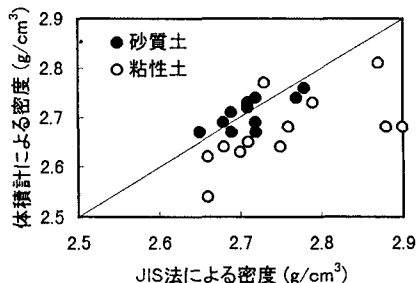


図-4 体積計と JIS 法による密度の関係