

土の粒度試験，土の細粒分含有率試験

渋谷 朋樹*

* SHIBUYA Tomoki、(株)サムシング 調査部 東京都江東区木場 1-5-25 深川ギャザリアタワー S 棟 4F

1. はじめに

土の粒度試験は、地盤材料の粒度を求めることを目的として実施される。粒度とは、土を構成する土粒子径の分布状態を全質量に対する百分率で表したものをいう。一方、地盤材料は、粒径が0.075mm未満の細粒分、0.075mmから75mm未満までの粗粒分および75mm以上の石分からなる（図-1参照）。このうち、粒径75mm未満を対象とした試験方法がJISA1204「土の粒度試験方法」であり、粒径75mmを超える石分を対象とした地盤材料の粒度を求める試験方法がJGS0132「石分を含む地盤材料の粒度試験方法」である。細粒分から石分までを幅広く含む場合には、両者の試験を行い、結果を組み合わせる粒度を表せばよい。一方、粒度を詳細に調べる必要がなく、細粒分が分かればよいという場合に適用される試験が、JISA1223「土の細粒分含有率試験方法」である。

今回は、この内の「土の粒度試験」、「土の細粒分含有率試験」について紹介を行う。

— 細粒分 —		粗粒分						— 石分 —	
粘土	シルト	砂			礫			石	
		細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨石
0.005		0.075	0.25	0.85	2	4.75	19.0	75.0	300
粒径 (mm)									

図-1 地盤材料の粒径区分とその呼び名

2. 土の粒度試験

2.1 試験概要

試験は、高有機質土以外の土で、かつ、目開き75mmの金属製網ふるいを通過した土を対象とする。

試験方法は、ふるい分析と沈降分析の2種類の方法からなる。ふるい分析は、金属製網ふるいによる粒度試験で、目開き75 μ mのふるいに残留した土粒子に対して適用する。沈降分析は、土粒子懸濁液の密度測定による粒度試験で、目開き75 μ mのふるいを通過した土粒子に対して適用する。

以下に試験の順序を示す。

- ①目開き2mmのふるいによるふるい分け
- ②目開き2mmのふるい残留分に対するふるい分析
- ③目開き2mmのふるい通過分に対する沈降分析。ただし、粒径が0.075mm未満の範囲の粒度を必要としない場合は、沈降分析を省略してもよい。
- ④目開き2mmのふるい通過、目開き75 μ mのふるい残留分に対するふるい分析

写真-1に試験に必要な器具の例、写真-2、写真-3に試験状況の写真を示す。



写真-1 試験に必要な器具の例

- ①蒸留水および洗浄瓶
- ②過酸化水素6%溶液
- ③分散水（ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液等）
- ④メスシリンダー（温度計、浮ひょう）
- ⑤標準網ふるい
- ⑥分散装置



写真-2 ふるい分析



写真-3 沈降分析

2.2 結果の整理

①粒径 2 mm以上の土の試料の通過百分率P (d) [%] を求める。

$$P(d) = \left(1 - \frac{\sum m(d)}{m_s}\right) \times 100$$

$m(d)$: 目開き75~4.75mmの各ふるいにとどまる質量 (g)

m_s : 全試料の炉乾燥質量

$$m_s = \frac{m}{1 + w/100}$$

m : 湿潤質量 (g)

w : 含水比 (%)

② 2 mm未満、75 μ m以上の土の試料の通過百分率P (d_1) [%] を求める。

$$P(d_1) = \frac{m_s - m_{0s}}{m_s} \times \left(\frac{\sum m(d_1)}{1 - m_{1s}} \right) \times 100$$

m_{0s} : 2 mmふるい残留分乾燥試料の質量 (g)

m_{1s} : 乾燥試料の質量 (g)

$m(d_1)$: 各ふるい残留土の質量 (g)

③ 75 μ m未満の土の試料の通過百分率P (d_2) [%] を求める。

$$P(d_2) = \frac{m_s - m_{0s}}{m_s} \times \frac{100}{m_{1s}/V} \times \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_w} \times (r_u + C_m + F) \rho_w$$

$V=1000$ (cm³)

ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm³)

ρ_w : 蒸留水の密度 (g/cm³)

r_u : 浮ひょうの上部の読み

C_m : メニスカス補正値

F : 温度による補正係数

P (d) 、P (d_1) 、P (d_2) を粒径別にプロットし、試料の粒径加積曲線を求める。通過質量百分率の10%粒径と60%粒径を粒径加積曲線 (図-2) から求めることで、均等係数Ucが得られる。Ucより以下のとおり、土の粒度分布の良否が判断できる。

$$Uc = D_{60} / D_{10}$$

Uc $\geq$ 10 ; 良

Uc<10 ; 不良

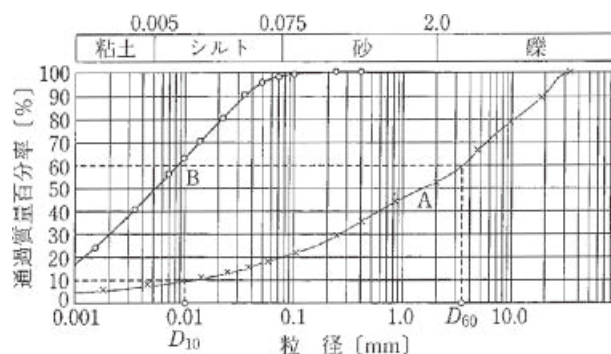


図-2 粒径加積曲線の例

2.3 結果の利用

① 粒度分布の良否の判定

均等係数は、粒径加積曲線の傾度を表すもので、大きくなるほど粒度分布の範囲が広いことを示している。一般にUcが4~5以下の土は「粒度分布が悪い」といい、10以上の土は「粒度分布が良い」といわれている。なお、これらの表現は土の締固めの難易度に対応している。

② 土の判別分類

粗粒土では、密度、透水性、せん断強さなどの諸性質が粒度に大きく関係するため、粒度試験結果は、粗粒土の工学的分類に用いられる。一方、細粒土に対しては、粒度よりコンシステンシーの方が土の工学的性質におよぼす影響が大きく、粒度の重要性は粗粒土に比べ小さいが、細粒分含有率や粘土分含有率などは液状化検討対象層選定の指標となっている。

③ 透水性の判断

粗粒土を対象として、粒度試験結果から透水係数を推定する方法が古くから用いられている。代表的なものに10%粒径D₁₀を用いたHazenの方法や20%粒径D₂₀を用いたCreagerの方法などがある (表-1参照)。

3. 土の細粒分含有率試験

3.1 試験概要

試験は、高有機質土以外の土で、かつ、目開き75 μ mの金属製網ふるいを通過した土を対象とする。

煩雑な粒度試験に比べ、75 μ mふるいの通過質量百分率すなわち細粒分含有率のみを求める簡易な試験である。

写真-4に試験状況の写真を示す。

3.2 結果の整理

細粒分含有率は、次の式によって算出する。

$$P = \frac{m_s - m_{0s}}{m_s} \times 100$$

m_s : 試料の炉乾燥質量

表-1 D₂₀ と透水係数の関係

D ₂₀ (mm)	k (cm/s)	土質分類	D ₂₀ (mm)	k (cm/s)	土質分類
0.005	3.00×10^{-6}	粗粒粘土	0.30	2.20×10^{-2}	中粒砂
0.01	1.05×10^{-5}	細粒シルト	0.35	3.20×10^{-2}	
0.02	4.00×10^{-5}	粗粒シルト	0.40	4.50×10^{-2}	
0.03	8.50×10^{-5}		0.45	5.80×10^{-2}	
0.04	1.75×10^{-4}		0.50	7.50×10^{-2}	
0.05	2.80×10^{-4}	極微粒砂	0.60	1.10×10^{-1}	粗粒砂
0.06	4.60×10^{-4}		0.70	1.60×10^{-1}	
0.07	6.50×10^{-4}		0.80	2.15×10^{-1}	
0.08	9.00×10^{-4}		0.90	2.80×10^{-1}	
0.09	1.40×10^{-3}		1.00	3.60×10^{-1}	
0.10	1.75×10^{-3}	微粒砂	2.0	1.80	細礫
0.12	2.60×10^{-3}				
0.14	3.80×10^{-3}				
0.16	5.10×10^{-3}				
0.18	6.85×10^{-3}				
0.20	8.90×10^{-3}				
0.23	1.40×10^{-2}				



写真-4 細粒分含有率試験

$$m_s = \frac{m}{1+w/100}$$

m : 湿潤質量 (g)

w : 含水比 (%)

m_{0s} : 組ふるいに残留した炉乾燥試料質量 (g)

3.3 結果の利用

土の細粒土と粗粒土の分類に利用する。細粒分含有率は液状化検討対象層選定の指標となっており、細粒分含有率試験は、液状化検討の際にはよく利用される試験の一つである。

4. さいごに

今回は、粒度試験、細粒分含有率試験について紹介した。これらの試験結果は、液状化検討対象層であるかの判断に用いられることが多い。住宅地盤業界は、支持力増加や圧密沈下抑止対策に比べ、液状化対策はまだ開発途上の

段階にあることは否めないが、2011年3月の東北地方太平洋沖地震、2016年4月の熊本地震、2018年9月の北海道胆振東部地震で住宅に甚大な液状化被害が発生したことにより、液状化に対する社会的ニーズは向上していると考えられる。今後、住宅地盤技術者はより広い知識を身に着け、社会的ニーズに応えていかなければならないと考えられる。

【謝辞】本稿作成にあたり、(株)アートンシビルテクノ土質試験室地盤工学研究所所長高橋但様、技術部蔭山八千代様から丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

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―、2009年
- 2) 地盤工学会、土質試験の基本と手引き、2010年
- 3) 地盤工学会、土の試験実習書、1991年
- 4) 建設技術教育研究所、土質・コンクリート試験ハンドブック1999年