

大阪土質試験所 正○福田 光治
岐阜大学 工学部 工藤 宇野 尚雄

1. はじめに

粒度分布は土の構造を考える場合の重要な因子の一つであり、重量表示の粒度分布をもとに様々な代表値が土質工学の特性把握の基礎指標として取り入れられてきた。しかし、これらの指標は定性的には有効な情報を与える半面、実務的には試料間の土質特性の変化や細粒分を含んだレキ質土や砂質土等の透水性の変化に追従できない面が見られる。このため従来の重量による粒度分布に対して個数による粒度分布の特性を活用した要因の相互関係を検討してきた。その結果、重量分布から個数分布の代表値を推定し、これをもとに透水係数や強度との関係の分析、統一分類法の構造的分析を行ってきた。本文では、指標となる粒度分布要因の求め方等を中心に示すものである。

2. 粒度評価径とその活用

重量表示の粒度分布と個数表示の粒度分布の対数正規分布性の仮定と、重量表示の粒度分布における均等係数と標準偏差の実験式にもとづいて式(1)、(2)に示す個数表示の平均径を誘導¹⁾した。

$$\ln d_g = \ln d_w - 3 \cdot \ln^2 \sigma_w \quad (1) \quad \ln \sigma_w = 0.484 + 0.420 \ln U_c \quad (2)$$

ここに d_g :個数表示の平均径、 d_w :重量表示の平均径、 $\ln \sigma_w$:対数正規分布上の偏差、 U_c :重量表示の均等係数で $U_c = d_{60}/d_{10}$ である。この個数表示の平均径をもとにして間隙モデルを考え、式(3)~(7)に示すように粒度評価径と、これに基づいて飽和透水係数、内部摩擦角 ϕ' を推定する実験式が提案された²⁾。

$$d_e = \frac{0.3 \cdot d_{50}}{\exp\{0.5(0.484 + 0.420 \ln U_c)^2\}} \quad (3)$$

$$h = d_e \cdot c/G_s \quad (4) \quad b = d_e \cdot w/G_s \quad (5)$$

$$\tan \phi' = 0.85 d_{10}^{0.09} / h^{0.02} \quad (6) \quad \log k = 2.87(1 + \log b) \quad (7)$$

すなわち、従来の重量による粒度分布の代表値としての均等係数 U_c と標準偏差 σ_w から個数表示の平均粒径 d_g が算出される。これを基に間隙モデルを構築した結果、重量表示の平均粒径 d_{50} を含んだ形式で d_e 、 h 、 b 、 ϕ' 、 k が算出される。

大阪湾岸の埋立土を対象としたこれまでの研究結果³⁾では、式(6)は近似的に有効な強度を与えること、式(7)は正規圧密領域の粘土の圧密透水係数及び砂の透水係数の近似値を与える結果が得られている⁴⁾。また、粒度評価径を用いると日本統一分類法の構造的特徴が表現でき、施工方法との関連もあることがわかった⁵⁾。つまり施工方法の選定条件はよく粒度分布をもとに提案されたり、液状化判定でも予備検討として粒度分布が用いられる場合が多いが、これらの粒度分布に対し、対象としている土の粒度がわずかに異なる場合その判定が困難であった。しかし、粒度評価径を使用するならば施工方法も液状判定も表現していることが明らかになった。

3. 粒度評価径に用いる重量表示の粒度分布

これまでの研究成果では細砂~礫質土までの広範囲な粒度に対しては単純に粒度試験結果から得られた d_{10} 、 d_{50} 、 d_{60} 粒径を用いればよい。しかし、粘性土の粒度分布から10%粒径を求めることは困難であるので、本研究では図-1に示すような通常使用されている沈降分析結果による粒度分布から外推する方法を用いた。

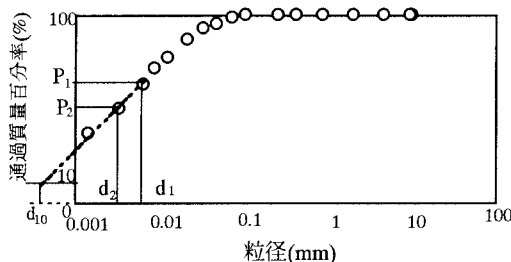


図-1 粘性土の10%粒径の推定方法

Simplified estimation of grain size distribution bound with particle numbers,
Mitsuharu FUKUDA(Geo-Research Institute) and Takao UNO(Gifu University)

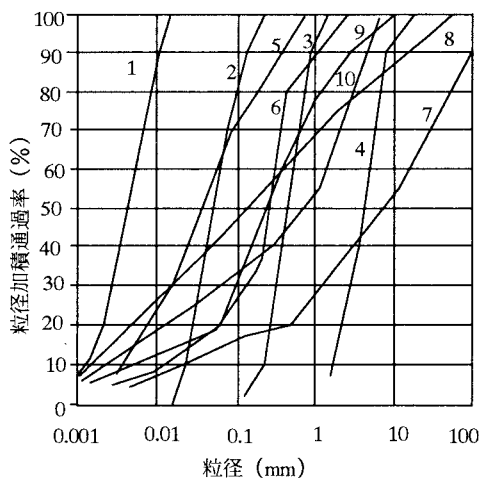
比重浮ひようを用いた粒度試験の最小粒径は一般に0.003mm程度である。しかし本研究では比重浮ひようを用いた粒度試験の信頼性を考慮し、最小値を除外してそれより径が大きい2つの粒径と通過質量百分率を用い、式(8)で推定することにした。

$$\log d_0 = \log d_2 - \frac{P_2 - 10}{P_1 - P_2} \cdot \log \frac{d_1}{d_2} \quad (8)$$

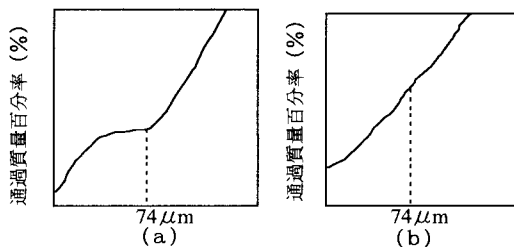
式(7)を用いて粘性土の圧密透水係数を推定した結果では、図一2 (a)のように階段状曲線からなる粒度分布は近似度が低く、(b)のように滑らかな曲線の粒度分布では近似度が高いことがわかった。

4. 粒度評価径と分類指標

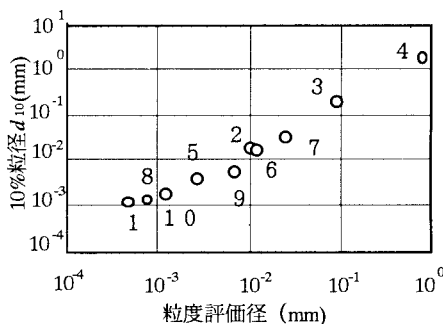
式(1)～(7)の中では式(3)で示される粒度評価径が重要な役割をもっている。粒度評価径に間隙比や土粒子密度と組み合わせると、上述の式(6)や式(7)のような力学量との関係が認められ、このため一つの分類指標となる可能性がある。また式(3)は重量表示の粒度分布における均等係数 U_e と50%粒径から算定される値であるが、図一3、4のように粒度評価は10%粒径と強い関係があることを示している。



図一3 重量表示の粒度分布



図一2 粒度曲線の形状



図一4 粒度評価径と土質分類

5. あとがき

個数分布の粒度分布特性を代表する粒度評価径を用いると、土の分類や強度、透水係数等の力学量と相関関係が認められることを示した。また、近似的には粒度評価径は10%粒径に類似していることも示した。しかし、粘性土の中で階段状の粒度分布をする土に対しては今後さらに検討する必要があることがわかった。

(参考文献)

- 1) 福田光治, 宇野尚雄: 透水係数に関する粒度分布と間隙指標 (土木学会論文集投稿中)
- 2) 福田光治 (1987): 熱田砂層の工学的特性, 第23回土質工学研究発表会講演概要集, pp.187-188
- 3) 福田光治, 諏訪靖二, 小西憲一, 中島伸一, 井上隆夫 (1994): 大阪湾岸埋込材の内部摩擦角と尖頭粒度の強度特性, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集, pp.110-111
- 4) 1)と同じ