

Ⅲ-A374

X線透過式粒度試験装置による自動化に関する検討

日本大学工学部 正会員 ○古河幸雄^{*1}

〃 〃 藤田龍之

基礎地盤コンサルタンツ 正会員 土谷 尚^{*2}

〃 〃 斉藤幸雄

1. まえがき 土の粒度試験では、粗粒土にはふるい分析、細粒土にはふるい分析と沈降分析を用いることがJISに定められている。しかし、この方法によると、試験に長時間を要すること、細粒土の分析では、試験中に比重浮ように懸濁液を乱すこと等の問題点が指摘されている。一方、粉体工学の分野においては、X線透過法、光透過法、レーザー回折法などを用いた自動分析システムが実用化されている。

本研究は、X線透過法による細粒土の沈降分析の自動化を目的として、実際の土に対する適応性を検討するものである。

2. 測定原理および装置

(1)測定原理 測定原理は、自然沈降中の懸濁液の濃度変化をX線透過量を測定することによって求め、Stokesの法則およびLambert-Beerの法則を利用して、質量基準で粒度分析するものである。

まず、Stokesの法則により式(1)のように粒径が求められる。

$$d = \sqrt{\frac{18\eta}{g_n(\rho_s - \rho_w)} \cdot \frac{L}{t}} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 d ：粒径(mm)， η ：懸濁液の温度 T ℃に対する水の粘性係数(Pa・s)， L ：沈降距離(mm)， ρ_s ：土粒子の密度(g/cm³)， ρ_w ： T ℃に対する水の密度(g/cm³)， g_n ：標準重力の加速度(980cm/s²)

また、Lambert-Beerの法則は、式(2)に示されるもので、質量百分率の式(3)が求められる。

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-kc) \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 I ：透過X線強度， I_0 ：入射X線強度， k ：定数， c ：重量濃度

$$P(d) = \frac{\log I_m - \log I_b}{\log I_t - \log I_b} \quad \dots\dots(3)$$

ここで、 $P(d)$ ：質量百分率(%)， I_m ：各測点における透過X線強度(kilocounts/sec)， I_b ：溶媒のみの透過X線強度(kilocounts/sec)， I_t ：懸濁液を循環させたときの透過X線強度(kilocounts/sec)

(2)装置 装置はX線透過法による粒度分布測定装置（以下、X線装置という、マイクロメリテックス社製セディグラフ5100；X線波長： 1.25×10^{-10} m）を用いた。

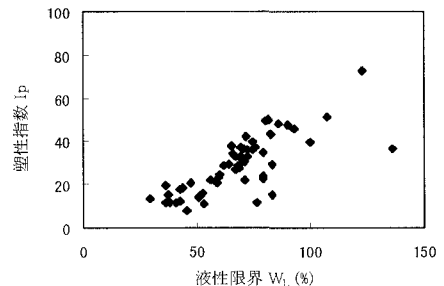


図-1 試料の塑性図上の位置

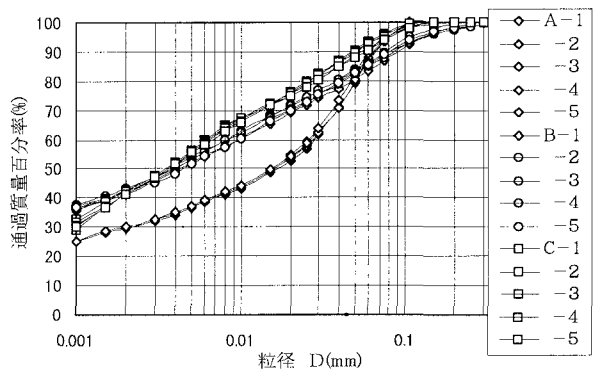


図-2 試験結果の再現性の検討

*1 〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1番地 TEL0249-56-8858 FAX0249-56-8858

*2 〒145- 大田区石川町2丁目14番1号 TEL03-3727-6246 FAX03-3727-9258

3. 試料および試験方法

(1)試料 試料は自然土への適用性を考慮して、実地盤から採取したもので図-1の塑性図に示す54種類とNP試料7種類である。沈降分析の粒径を対象としていることと、この装置で測定できる最大粒径を考慮して0.3mmふるいで裏ごししたものを用いた。

(2)試験方法 JIS法と同程度の懸濁液濃度となるよう試料に蒸留水と分散剤（ヘキサメタリン酸ナトリウム：添加量は相対量でJISの場合と同じくするようにした）を加えた後、超音波処理を3分間を施した。これをX線装置のカラムに投入して測定を開始すると10分程度で粒度分布が自動計測される。また、同じ試料をJIS法でも試験した。

4. 粒度試験結果の評価方法 粒度加積曲線の差異を定量的に検討するために粒子破碎評価の際に用いられるMarsalの修正破碎率 B_M^* 値の利用を試みた。これは、対比する2種類の粒度分布について、等比級数的（本研究では $\log 2$ ）に定めた種々の粒径 d_i における質量百分率の差 Δf_i を求め、これから式(4)を用いて算出されるもので、数値が小さいほど両者の粒度分布は近似していると判断される。

$$B_M^* \text{値} = \sum |\Delta f_i| / 2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

5. 試験結果と考察

(1)試験の再現性 X線装置では同じ試料を繰返し測定できる。図-2は5種類の試料についてそれぞれ5回繰返し測定した結果であり、再現性は良好と判断される。

(2)結果の評価 図-3に、JIS法とX線装置で得られた粒度分布の代表例を対比して示す。この図で見られるように、JIS法とX線装置の粒度分布は良い対応を示しており、大略JIS法に近い結果となっている。しかし、X線装置の方が通過質量百分率がすべての粒径で大きくなる試料、通過質量百分率の大きさが途中の粒径で入替わる試料など、様相の異なる試料もあり、また、細粒分がJIS法よりも多めに評価するという亀井らの報告とは異なっている。図-4に細粒分含有率と前述した B_M^* 値の関係を示す。この図によると、細粒分が多くなるほど B_M^* は小さくなる傾向にあり、細粒分が多い土ほどJIS法に近い粒度分布が得られていると云える。また、粗粒分の多い試料で B_M^* 値が大きくなる原因は、JIS法とX線装置の粒度分布の差異が0.075mm程度以上の粒径範囲で大きくなっていることにある。しかし、この粒径範囲はふるい分析でもカバーされており、X線装置の実用化のネックにはなり難いと考えられる。

6. あとがき

X線透過式粒度試験装置による粒度試験の自動化に関する検討を行った結果、細粒分の多い試料はJIS法と比較的近似した粒度分布が得られることがわかり、実用化のためには、JIS法との差異をどの程度まで認めるかの検討が必要であるが、大きな問題はないものと判断される。

【参考文献】 (1)亀井健史・山本・日下部(1994)：X線による自動粒度試験装置の土試料への適用性、土木学会論文集、No. 487、Ⅲ-26、pp. 247～254

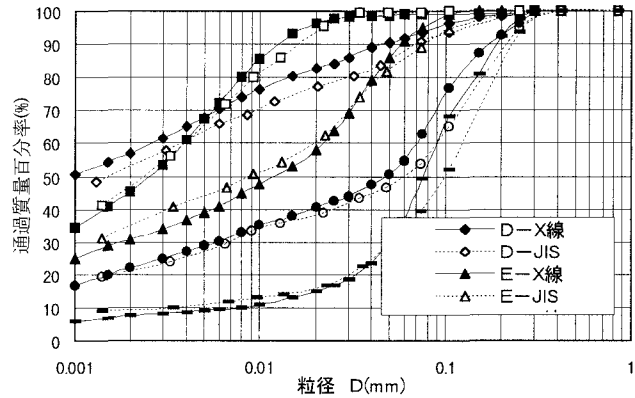


図-3 試験結果の比較

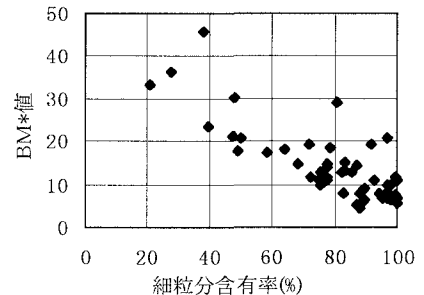


図-4 試験結果の評価