

沈降分析法とレーザー回折散乱法による細粒土粒径の比較

清水建設株式会社 正会員 ○毛利光男 設楽和彦 石鍋誠一
江口 崇 田中仁志

1. はじめに

筆者らは、泥水式シールドの地上設備に砒素抽出工程と微細粒分の分級工程の2つの浄化工程を組み込んだ泥水シールド一体型の砒素浄化技術を開発している¹⁾。当該技術においては、細粒分主体の土壌スラリーの粒度分布をできるだけ正確に把握することが極めて重要である。土の粒度試験は、一般的にはふるい分析と沈降分析によって行われる。沈降分析法は75 μm 未満の細粒分を測定対象としており、浮ひょうによって懸濁液の比重変化を測定し、Stokesの法則と密度浮ひょう理論を基に懸濁液に含まれる土粒子の粒径とその割合を求める方法である²⁾。ふるい—沈降分析法以外の細粒分に対する粒度試験方法にはX線透過法、光透過法、レーザー回折散乱法などの方法があるが、現在では測定が迅速かつ再現性の良好なレーザー回折散乱法が主流となっている。

首都圏等の複数の現場において採取した自然由来砒素汚染土壌の中には、細粒分の割合が高いものが多数存在した。デカンタ型遠心分離機を用いた微細粒分の分級実験において、細粒分主体の土壌スラリーの粒度分布測定はレーザー回折散乱式粒度分布測定装置を用いて行なった。これらの粒度分布データと標準的な沈降分析法による粒度試験結果とを比較した結果、細粒分の割合に大きな差異があることに気が付いた。

本報告では、標準的なふるい—沈降分析法(sieve-hydrometer method, SHM)とレーザー回折散乱法(laser diffraction method, LDM)によって測定された細粒土の粒径を比較検討した結果について報告する。

2. 細粒土試料と実験方法

首都圏等の複数の現場において6試料の自然由来汚染土壌(細粒土)を採取した。これらの中には、固結シルト(土丹)や浚渫土も含まれる。さらに、固結シルトを解泥し遠心分離機で分級したオーバーフロー(微細粒分が主体)と陶芸用の白信楽粘土も細粒土試料とした。実験に供した細粒土8試料の土粒子密度と概要を表-1に示す。8試料の細粒土の粒度分布をふるい—沈降分析法(SHM)とレーザー回折散乱法(LDM)の両方の方法で測定した。SHMは土の粒度試験方法(JIS A1204)に従って行なった。LDMによる粒度分布測定は、Horiba Partica LA-950V2を用いて行なった。

3. SHMとLDMによる細粒土の粒度分布測定値の比較

ふるい—沈降分析法(SHM)とレーザー回折散乱法(LDM)による細粒土試料の粒径加積曲線を比較した例³⁾を図-1に示す。図-1のsoil-Fの粒径加積曲線からは、20 μm 以下ではSHMの方がLDMよりもかなり大きな値であり、20 μm 以上ではSHMとLDMとは概ね同じ値であることが認められた。細粒土におけるSHMによる粒径とLDMによる

表-1 細粒土試料の土粒子密度と概要

試料名	土粒子密度 (g/cm^3)	特徴, ふるい分け等
Soil-A	2.671	固結シルト(土丹), 解泥して2mmふるい通過分
Soil-B	2.737	
Soil-C	2.747	
Soil-D	2.716	現場掘削土, 解泥して2mmふるい通過分
Soil-E	2.780	
Soil-F	2.624	
Soil-G	2.669	Soil-Aのスラリーをデカンタ型遠心分離機で分級, 分級されたオーバーフロー(微細粒分)
Soil-H	2.614	陶芸用の白信楽粘土(高橋粘土店, N-018)

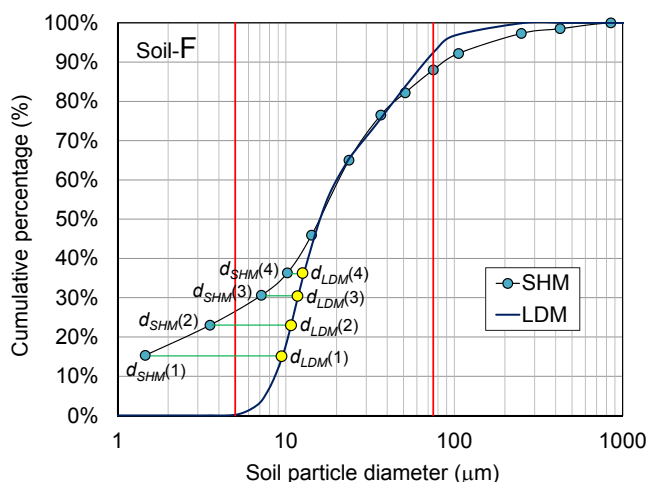
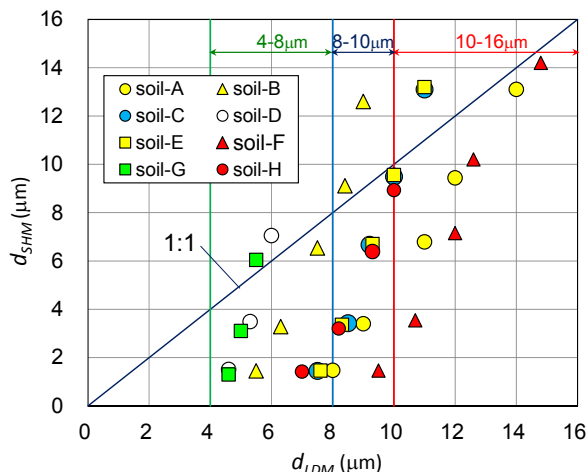


図-1 SHMとLDMによる細粒土の粒度分布の比較例

キーワード 自然由来砒素汚染土壌, 細粒土, 粒度分布測定, ふるい—沈降分析法(SHM), レーザー回折散乱法(LDM)

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株) エンジニアリング事業本部 土壌環境事業部 TEL: 03-3561-4313

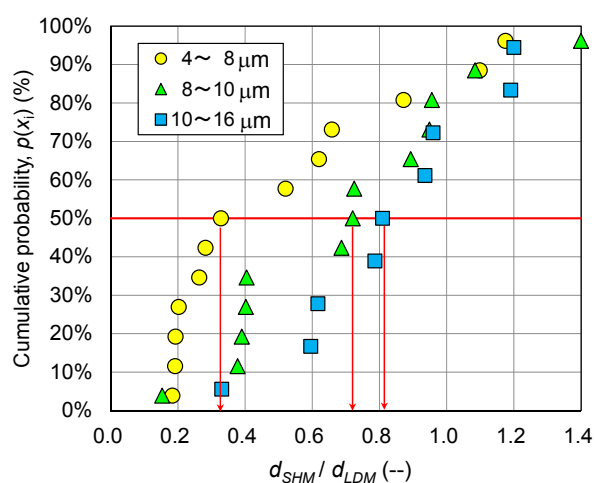
図-2 細粒土の SHM 粒径(d_{SHM})と LDM 粒径(d_{LDM})の比較表-2 SHM 粒径(d_{SHM})と LDM 粒径(d_{LDM})の比率の非超過確率(a) SHM 粒径と LDM 粒径の比率の計算例 (d_{LDM} : 4~8 μm)

d_{LDM} (μm)	d_{SHM} (μm)	d_{SHM}/d_{LDM} (--)
4.6	1.30	0.28
4.6	1.51	0.33
5.0	3.10	0.62
5.3	3.49	0.66
5.5	1.45	0.26
5.5	6.04	1.10
6.0	7.05	1.18
6.3	3.28	0.52
7.0	1.42	0.20
7.5	6.54	0.87
7.5	1.45	0.19
7.6	1.46	0.19
8.0	1.47	0.18

(b) 非超過確率(Hazen plot)の計算例 (d_{LDM} : 4~8 μm)

i	$p(x_i)$ (%)	d_{SHM}/d_{LDM} (--)
1	3.8%	0.18
2	11.5%	0.19
3	19.2%	0.19
4	26.9%	0.20
5	34.6%	0.26
6	42.3%	0.28
7	50.0%	0.33
8	57.7%	0.52
9	65.4%	0.62
10	73.1%	0.66
11	80.8%	0.87
12	88.5%	1.10
13	96.2%	1.18

粒径の違いと傾向を明確にするため、(a)同一の通過質量百分率における SHM 粒径と LDM 粒径の差異と、(b)粒子径による両者の比率についての検討を行なった。図-1 に示すように、同一の通過質量百分率における SHM 粒径と LDM 粒径を粒径の小さい順に対応させた。同一の通過質量百分率に対応する細粒土の SHM 粒径(d_{SHM})と LDM 粒径(d_{LDM})を図-2 に比較する形で示した。多くの場合、SHM 粒径は LDM 粒径に比べて小さいこと、LDM 粒径が小さい領域ほど SHM 粒径が LDM 粒径に比べて著しく小さくなる傾向にあった。これらの傾向を詳しく調べるために、LDM 粒径を 4~8 μm 、8~10 μm 、10~16 μm の 3 つの領域に区分した。次に表-2 に示した例のように、LDM 粒径の領域別に SHM 粒径と LDM 粒径の比率を求めた。それらの比率を値の小さいものから順位を付け、順位のデータを x_i で表わすと、非超過確率 $P(x_i)$ は Hazen plot 法で計算される。SHM 粒径と LDM 粒径の比率の非超過確率の計算例を表-2 に示す。SHM 粒径と LDM 粒径の比率の非超過確率を図-3 に示す。

図-3 SHM 粒径(d_{SHM})と LDM 粒径(d_{LDM})の比率の非超過確率

LDM 粒径が 4~8 μm 、8~10 μm 、10~16 μm の各領域における非超過確率の 50%値は、それぞれ $d_{SHM}/d_{LDM} = 0.33, 0.72, 0.81$ であった。すなわち、LDM 粒径が 4~8 μm と小さい領域では SHM 粒径は LDM 粒径の 33%であるが、10~16 μm の領域では SHM 粒径は LDM 粒径の 81%にまで近づくことが判明した。以上より、LDM 粒径が小さい領域ほど、SHM 粒径が LDM 粒径に比べて著しく小さいことが確認された。

4. まとめ

- (1) SHM と LDM の両方で測定された細粒土試料の粒径加積曲線の比較から、SHM による粒径加積曲線が LDM のそれに比べて細粒分側へ偏ることが判明した。
- (2) 同一の通過百分率における SHM 粒径と LDM 粒径を比較すると、LDM 粒径が小さい領域ほど SHM 粒径が LDM 粒径に比べて著しく小さくなる傾向にあった。
- (3) SHM 粒径と LDM 粒径の比率の非超過確率の検討結果より、LDM 粒径が 4~8 μm の領域では SHM 粒径は LDM 粒径の 33%であるが、10~16 μm の領域では SHM 粒径は LDM 粒径の 81%にまで近づくことが判明した。

参考文献

- (1) 設楽和彦, 毛利光男, 石鍋誠一, 江口崇, 山本千絵, 田中仁志: 泥水シールド一体型の自然由来砒素汚染土壌浄化技術の実証と性能評価, 地盤工学ジャーナル, 10 頁, 投稿中。
- (2) 社団法人 地盤工学会: 土質試験の方法と解説(第一回改訂版), 第 2 編 物理試験, 第 4 章 粒度試験, pp.69-92, 2003。
- (3) 毛利光男, 設楽和彦, 石鍋誠一, 江口崇, 田中仁志: 沈降分析法とレーザー回折/散乱法による粒度分布測定値の相違, 第 22 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会論文集, 4 頁(投稿中), 2016。