

Ⅲ-303

泥岩の細粒化機構に関する検討

立命館大学大学院 学生員 ○貝谷 政信

立命館大学理工学部 正 員 福本 武明

1. まえがき

泥岩を盛土などの建設用材料として用いる場合、スレーキング現象や、粒子破碎現象による細粒化の問題が、築造後の盛土構造物などの圧縮沈下や耐久性の問題と関連して大変重要である。著者らは、これまでに泥岩の細粒化問題を粒度変化の観点から検討し、細粒化の特性を明確にしようと試みてきた。^{1)~4)}

本報では、主にスレーキング現象による細粒化に的を絞り、既報の成果を踏まえ、かつ多数の土質試験データの分析結果に基づいて細粒化の分類を行うとともに、細粒化機構のモデル化を試みたので、その結果を報告する。

2. 細粒化の分類

Table 1に示すような試験タイプや試験条件の異なる多くの泥岩の土質試験データ^{4)~8)}から粒度変化の事例を取り上げ、(1)、(2)式に示すような粒度式^{1)~4)、9)}を用いて、泥岩の細粒化特性を詳しく調べた。その結果から、均一径粒子の細粒化の特徴を、粒度式中の最大粒径 d_{max} 、平均 μ 、分散 σ^2 を使って分類すれば、Table 2のようになる。このうち今回は、単粒度型の典型2例についてのみ以下に詳しく述べる。（合成粒度型については機会をあらためて報告する。）

Table 2 細粒化の分類

タイプI	単粒度型	(a) d_{max} 一定; μ 、 σ^2 変化
		(b) d_{max} 変化; μ 、 σ^2 一定
		(c) d_{max} 変化; μ 、 σ^2 変化
タイプII	合成粒度型	粒度パラメータを異にする粒度曲線を複数本合成したタイプのもの

$$p_n = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{m+1}{m} \cdot \frac{i-1}{n-1} \right) \cdot (1-r)^m \cdot r^i \quad \text{--- (1a)}$$

$$n = \frac{\log(d_{max}/d_n)}{\log \lambda} \quad \text{--- (1b)}$$

$$\mu = \frac{mr}{1-r}, \quad \sigma^2 = \frac{mr}{(1-r)^2} \quad \text{--- (2)}$$

Table 1 泥岩の土質試験データ

	研究目的	試験のタイプ	主な試験条件
1	泥岩の現場における粒子破碎についての検討	現場締固め試験	逗子泥岩 転圧速度 3.0km/h 5.0km/h
2	泥岩の浸水沈下特性についての考察	スレーキング試験 一次元圧縮試験	逗子泥岩及び 風化泥岩 軸応力 2kgf/cm ² 載荷過程 300min 浸水過程 1000min
3	三軸せん断挙動に及ぼすスレーキングの影響についての考察	排水(CD)試験 非排水(CU)試験	泥岩材 圧密圧力 300kPa
4	細粒化特性、スレーキング特性に関する考察	乾湿繰返し試験 吸水膨張試験	逗子泥岩 15サイクル 森戸泥岩 24時間吸水
5	和泉層群泥岩の破碎特性、スレーキング特性についての考察	一軸圧縮試験 破碎試験 スレーキング試験	和泉層泥岩 一軸圧縮強度 230~846kgf/cm ² 乾燥温度 30, 70, 110°C
6	乾湿繰返しによるスレーキング試験の結果についての考察	スレーキング試験	泥岩 山中材 甘粕材 乾燥温度 60°C, 110°C サイクル数 1~10
7	凝灰質泥岩と泥岩の劣化状況の比較	スレーキング試験 一軸圧縮試験	凝灰質泥岩及び 泥岩 サイクル数 2, 5, 10, 15
8	水浸直前の岩塊の飽和度と破碎性との関連についての検討	スレーキング試験 圧縮破壊試験	逗子泥岩 5サイクル
9	ぜい弱岩盛土材のスレーキングによる沈下特性についての検討	スレーキング試験 破碎試験	頁岩及び泥岩 5サイクル 乾燥温度 110°C 4.5kgfランマー
10	泥岩のスレーキングによる細粒化評価についての検討	スレーキング試験	瑞浪泥岩 4サイクル 10サイクル
11	泥岩の経時変化と気象条件との関係についての考察	暴露試験	泥岩 暴露日数 7, 14, 21, 28, 56日
12	スレーキングに伴う泥岩の粒子破碎特性についての考察	スレーキング試験	北海道勇払郡 泥岩 サイクル数 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
13	破碎泥岩の浸水沈下特性についての考察	乾燥、浸水載荷試験	第三期泥岩層 載荷圧 0, 1, 3, 5, 7kgf/cm ²

3. 細粒化機構のモデル化

3.1 タイプI(a)の場合: 既報⁴⁾で述べたように、粒径分布の平均 μ とスレーキングサイクル数 N との間には、(3)式で表される双曲線式が成り立つ。さらに、平均 μ と分散 σ^2 の間には(4)式³⁾が成り立つと考えられる。なお、(3)式中の係数 μ_∞ 、 N_B 、

$$\left(\frac{\mu}{\mu_\infty}\right) = \frac{\left(\frac{N}{N_B}\right)^\epsilon}{1 + \left(\frac{N}{N_B}\right)^\epsilon} \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \alpha \mu^\beta \quad (4)$$

及び(4)式中の係数 α 、 β はいずれも試験条件によって定まる定数である。従って(3)式、(4)式から任意のスレーキングサイクル数 N に対する μ と σ^2 を求めることができる。こうして得られた μ 、 σ^2 を(1)、(2)式に当てはめればFig.1に示すような理論粒度曲線が得られる。図からわかるように、このタイプの場合スレーキングサイクル数が無限大の時の粒度曲線が描けることから、理論的にこれ以上スレーキングは進行しない。

3.2 タイプI(b)の場合: 細粒化の形態として d_{max} が変化し μ と σ^2 がほぼ一定の粒径分布の場合、原材料を基準にした粒径分布の

$$\mu_0 = \mu + \frac{\log\left(\frac{D_{max}}{d_{max}}\right)}{\log \lambda} \quad (5)$$

平均 μ_0 と N の間には前述の(3)式が成り立ち、さらに μ_0 と d_{max} との間に(5)式¹⁾が成り立つと考えられる。式中の D_{max} は初期粒度の最大粒径である。従って(3)式と(5)式から任意のスレーキングサイクル数 N に対する d_{max} の値が得られる。こうして得られた d_{max} と μ 、 σ^2 を前節と同様(1)、(2)式に当てはめればこのタイプの理論粒度曲線がFig.2のように得られる。この場合にも、スレーキングの最終段階での理論粒度曲線が得られる。

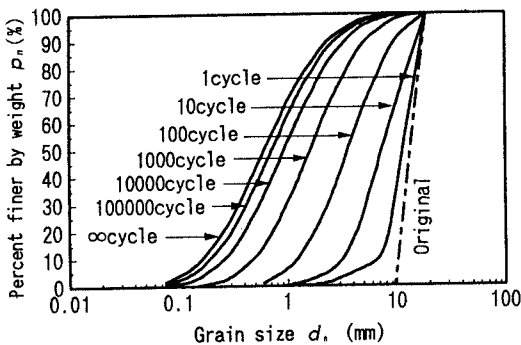


Fig.1 理論粒度曲線 (タイプI(a)の場合)

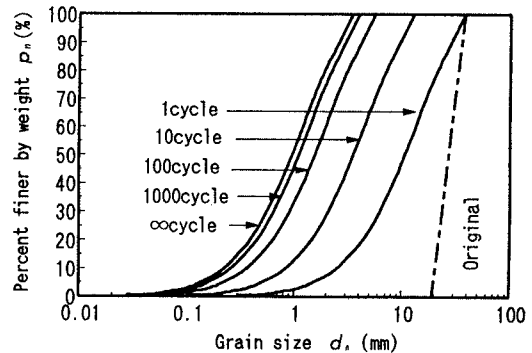


Fig.2 理論粒度曲線 (タイプI(b)の場合)

4. まとめ

スレーキング現象による細粒化の形態としてよく遭遇する単粒度型の典型2例について、それらの細粒化機構を一応モデル化して示すことができた。今後は、今回触れなかった合成粒度型も含めて細粒化機構の全体像を明らかにしていきたい。

【参考文献】

- 1) 福本: 粒子破碎機構に関する一考察、第24回土質工学研究発表会、1989
- 2) 山本・福本ほか: 泥岩のスレーキング現象に関する一考察、第27回土質工学研究発表会、1992
- 3) 福本・深津: 粒度変化現象への粒度式の適用、平成5年度土木学会関西支部年次学術講演会、1993
- 4) 貝谷・福本: 泥岩の細粒化、平成6年度土木学会関西支部年次学術講演会、1994
- 5) 佐藤ほか: 乾湿繰り返しによる泥岩の細粒化試験と結果の整理法、土木学会論文集 No.487、1994
- 6) 板橋ほか: 泥岩供試体の暴露試験に伴う重量・体積変化、第29回土質工学研究発表会、1994
- 7) 岩田ほか: 北海道泥岩の室内スレーキング試験に伴う粒子破碎、土木学会第49回年次学術講演会、1994
- 8) 野嶋ほか: 破碎泥岩の浸水沈下特性とその機構、土木学会第49回年次学術講演会、1994
- 9) Fukumoto: Particle breakage characteristics of granular soils, Soil and Foundations, Vol.32, No1, 1992