

負の二項分布による破砕性土質材料の粒度変化の評価

名城大学 学生員〇牧 岳志 学生員 高木 聖崇
学生員 久原 善光 正会員 板橋 一雄

1. はじめに 筆者らは、破砕性の高い土質材料であるまさ土や泥岩を対象として、一次元圧縮試験、単純せん断試験、あるいは室内スレーキング試験、暴露試験を実施している。そして、細粒化した材料の粒度分布が負の二項分布で表現できること、その二つのパラメータ r , m が、一次元圧縮試験、単純せん断試験の時の垂直圧縮応力ならびに室内スレーキング試験の時のサイクル数との間に特定の関係のあることを示している^{1, 2, 3)}。一方、福本は、まさ土の破砕に対して、粒度分布の平均値と分散の関係を示し、3つのパターンのあることを示している⁴⁾。そこで、両者の考え方を比較・整理し、本研究室での実験結果を再整理したので、ここに報告する。

2. 福本の研究結果 福本は、単位時間毎に等比級数的に分解するモデルを作り、それを粒度式と呼んでおり、粒径番号 n の残留率 $q_n(r, m)$ を次式で表現している⁵⁾。

$$q_n(r, m) = \binom{n+m-1}{n} (1-r)^m \cdot r^n \quad n=0, 1, 2, \dots, m=1, 2, \dots \quad (1)$$

ここに、 m は粒子の分解回数に対応するパラメータ、 r は粒子が分解するとき、相隣り合う粒径の残留率の比を示している。ここで、注意が必要なことは、式(1)を導く過程において、 m の増加によって r が変化せず、一定と仮定していることである。すなわち、残留率の比 r が、 m に伴って変化すると仮定すると、これ程簡単な式にはならないことである。

さらに、福本は、多くの研究者の実験結果を再整理して、粒径番号に関する平均値 μ と分散 σ^2 の関係が図-1 の3パターンに区分できることを示している⁴⁾。

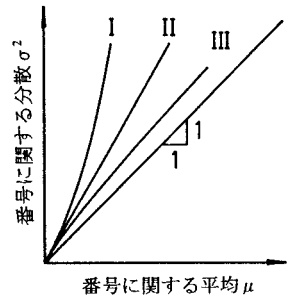


図-1 平均と分散の関係(福本)

3. 本研究室の実験結果 本研究室では、全国から収集した5種類の泥岩の暴露試験と室内スレーキング試験ならびに愛知県内から採取した数種類のまさ土の一次元圧縮試験と単純せん断試験を実施している。また、式(1)が、確率・統計学でいう負の二項分布であるので、パラメータ r , m を粒径番号 n に関する平均値 μ と分散 σ^2 によって式(2)を用いて求め、圧縮応力やスレーキング回数と両パラメータとの関係を示し、その変化傾向を明らかにしている。

$$r = (\sigma^2 - \mu) / \sigma^2, \quad m = \mu^2 / (\sigma^2 - \mu) \quad (2)$$

室内スレーキング試験

の例が図-2に示してある。パラメータ m は増加傾向を示しているが、パラメータ r は減少傾向を示し、福本の仮定とは異なっている。そこで、種々の実験結果を、図-1の平均値 μ と分散 σ^2 の関

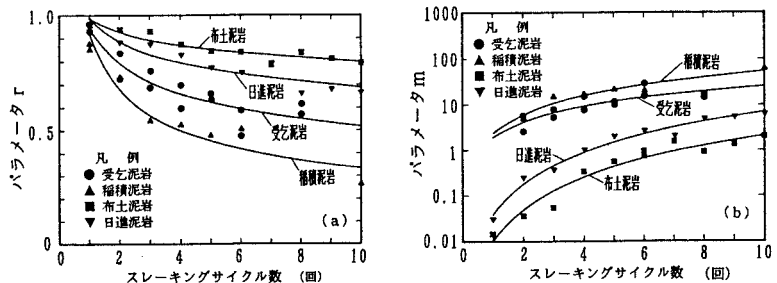


図-2 泥岩の室内スレーキング試験による r , m の変化

係で再整理した。また、 (r, m) と (μ, σ^2) との関係を考えてみた。

4. 平均値 μ と分散 σ^2 の関係 式(2)から明らかなように、 (r, m) と (μ, σ^2) とは一対一の対応関係にある。それを図示すると、図-3 が得られる。特徴的な点は、原点を通る直線が r 一定の関係を示すこと、 $\mu = \sigma^2$ の直線が $r = 0$ の関係を示すこと、 m 一定の関係はわずかに下に凸の曲線になることなどである。

図-4 は、4~5種類の泥岩(初期粒径31.5~37.5mm)の暴露試験と室内スレーキング試験後の粒度分布を $\mu \sim \sigma^2$ 関係で整理したものである。また、図-5は、藤岡まさ土の一次元圧縮試験と単純せん断試験後の粒度分布の場合を示している。

これらの結果より、暴露試験の場合には、どの泥岩も暴露日数の増加とともにほぼ直線的に増加する関係(福本のパターンII)を示している。しかし、その直線関係には正の切片が認められるため、図-3から明らかなように、パラメータ r は漸減することになる。一方、室内スレーキング試験の結果では、大きく二つの場合に分けられる。すなわち、細粒化がさほど進まない瑞浪、布土、日進の泥岩では、わずかに上に凸の曲線(福本のパターンIII)を描いている。従って、 r は漸減することになる。一方、細粒化の激しい受乞、稲積の泥岩では、平均値の増加に伴い分散が減少するほぼ直線的な関係を描いている。これらは r が大きく減少し、新たなパターンとなる。また、藤岡まさ土では、わずかに上に凸の関係(福本のパターンIII)を描き、その関係が一次元圧縮試験と単純せん断試験で同じことは興味深い。

5. まとめ 泥岩やまさ土の細粒化を、粒度分布の平均値と分散で表現し、福本の提案するパターンと比較したところ、次の結果を得た。

- ①パターンIには切片が認められ、 r が漸減する。
- ②平均値の増加に伴い、分散が減少する新たなパターンが認められた。この場合には、 r が大きく減少するとともに、 m が大きく増加する。

参考文献 1) 岩田賢 他:均一粒度まさ土の単純せん断挙動と粒子破碎, 第31回地盤工学研究発表会, pp. 899-900, 1996. 2) 板橋一雄他:軟岩の室内スレーキング試験に伴う細粒化の表現法, 土木学会論文集, No. 505, pp. 181-190, 1994. 3) 板橋一雄他:軟岩の暴露試験と細粒化の表現法, 土木学会論文集, No. 523, pp. 19-29, 1995. 4) Fukumoto, T.: Particle Breakage Characteristics of Granular Soils, S & F, Vol. 32, No. 1, pp. 26-40, 1992. 5) Fukumoto, T.: A Grading Equation for Decomposed Granite Soil, S & F, Vol. 30, No. 1, pp. 27-34, 1990.

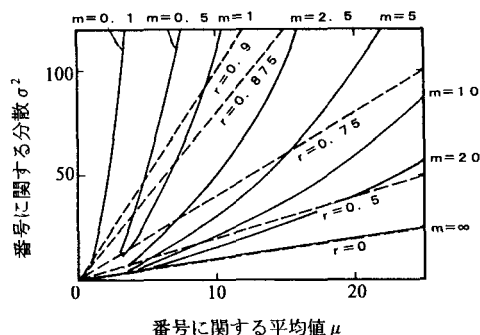


図-3 (r, m) と (μ, σ^2) の関係

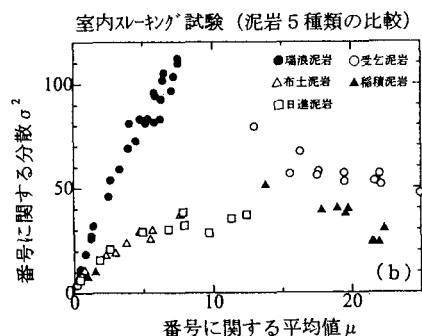
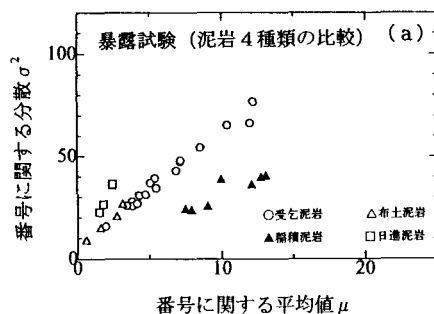


図-4 暴露試験と室内スレーキング試験

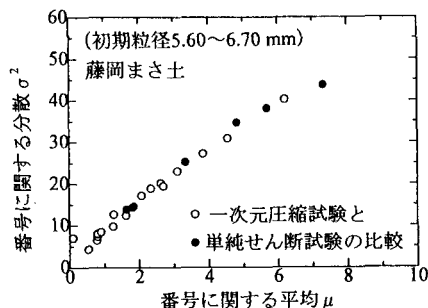


図-5 一次元圧縮試験, 単純せん断試験