

III-529

離散型粒度式の連続分布式化への試み

立命館大学理工学部 正員 福本 武明

1. まえがき 風化残積土であるまさ土を対象に、岩石から土へ変わる過程を数学的に考察して、1つの粒度式を提案した¹⁾。この式は離散型の粒径分布式ではあるが、実際の多数のまさ土の粒径加積曲線に当てはめた結果、適合性の良いことが判明している^{2,4)}。本報では、この式の利用価値を一層高めるために、先ずまさ土以外の生成過程の異なる各種自然土及び建設用(粒度調整)材料に対して適用可能かどうかの検討を行い、次いで、この式の離散型から連続分布型への変換を試みたので、その結果について報告する。

2. 粒度式と当てはめ (1)式は、岩石が公比 r で等比級数的に細粒化すると仮定して誘導された。式中、 p_n は最大粒径 D から数えて n 番目のふるい目開き d_n を通過する加積通過率、 λ はふるい比、そして m は地質学年代に関する係数である。なお、(1)式において、 $m=1$ とおけば(2)式となり、これは周知のTalbotの式である。式の当てはめ手順は、実測された粒径加積曲線から分布の平均 μ と分散 σ^2 を求め、次に(3)式から r 、 m を算定する。こうして得られた r 、 m を(1)式に代入すれば、理論粒度曲線が描ける。

3. 粒度式の適合性 (1)式の適合性を調べるために、ここでは、まさ土と生成過程を異にする自然土として、しらす(火山性降下堆積物)とレス土(風成土)を、また建設用(人工的粒度調整)材料としてフィルダム用のロック材と河川堤防堤体材料を取り上げ、前節で述べた手順に従って当てはめてみた。その結果が、図-1～図-4中の細線である。これら細線と太線(実測線)との比較が

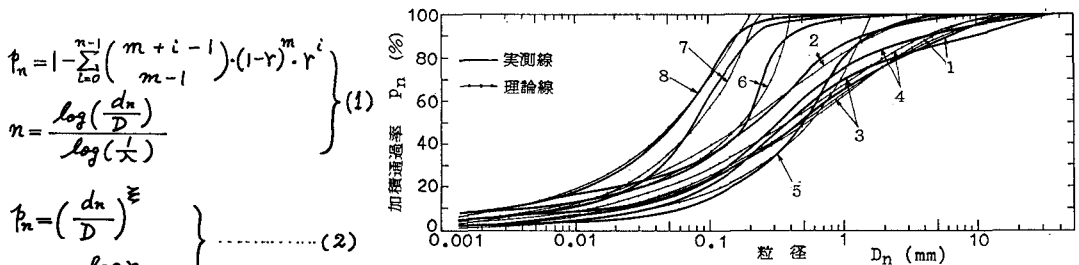


図-1 しらすの粒径加積曲線

$$p_n = 1 - \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{m+i-1}{m-1} \right) \cdot (1-r)^m \cdot r^i \quad (1)$$

$$n = \frac{\log\left(\frac{d_n}{D}\right)}{\log\left(\frac{1}{r}\right)}$$

$$p_n = \left(\frac{d_n}{D}\right)^\xi \quad (2)$$

$$\xi = -\frac{\log r}{\log \lambda}$$

$$r = 1 - \frac{\mu}{\sigma^2} \quad (3)$$

$$m = \frac{\mu^2}{\sigma^2 - \mu}$$

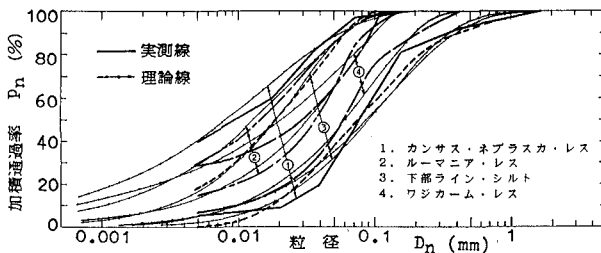


図-2 レス土の粒径加積曲線

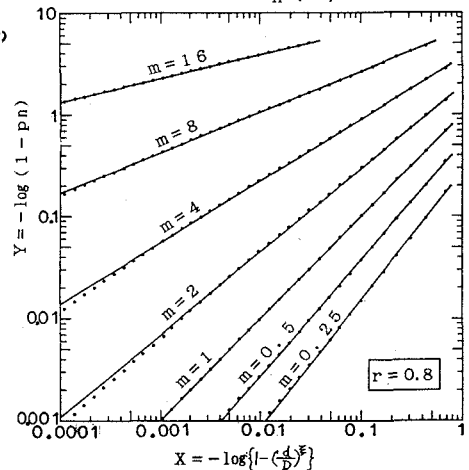


図-5 XとYの関係

$$p_n = 1 - \left\{ 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^{\frac{\beta}{\xi}} \right\}^{\alpha} \quad \dots\dots (4)$$

$$p_n = 1 - \left(1 - \frac{d}{D} \right)^{\alpha} \quad \dots\dots (5)$$

$$p_n = 1 - \exp \left[-\alpha \left(\frac{d}{D} \right)^{\frac{\beta}{\xi}} + \frac{1}{2} \left(\frac{d}{D} \right)^{\frac{2\beta}{\xi}} + \frac{1}{3} \left(\frac{d}{D} \right)^{\frac{3\beta}{\xi}} + \dots\dots \right] \quad \dots\dots (6)$$

$$p_n = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{d}{k} \right)^{\frac{\beta}{\xi}} \right\} \quad \dots\dots (7)$$

$$\left. \begin{aligned} p_n &= \left(\frac{d}{k} \right)^{\frac{\beta}{\xi}} \\ k &= D \cdot \alpha^{\frac{\xi}{\beta}} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots (8)$$

$$p_n = \sqrt{\frac{d}{D}} \quad \dots\dots (9)$$

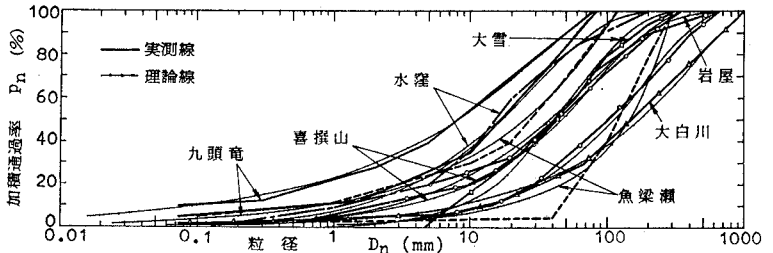
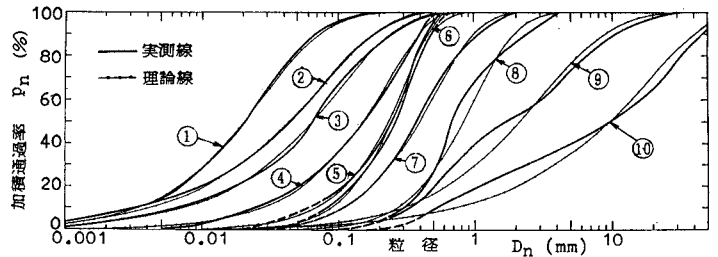


図-3 ロック材の粒径加積曲線⁷⁾



- | | |
|--------------------------------|------------------|
| ① 信濃川下流長呂地先 | ⑥ 信濃川下流長呂地先(透水土) |
| ② 阿賀野川下流 | ⑦ 矢作川中流大門地先 |
| ③ 揖斐川中流大須橋上流右岸
(降雨によってすべった) | ⑧ 同上 |
| ④ 鳴瀬川中流小野地先 | ⑨ 吉野川中流 |
| ⑤ 木曾川中流朝日地先 | ⑩ 同上 |

図-4 河川堤防材料の粒径加積曲線⁸⁾

ら、式の適合性は予想以上に良好なことがわかる。

4. 連続型粒度式への変換 (1) 式をより使い良くするために、離散型から連続型の粒径分布式への変換を試みる。まず、 $m=1$ のとき得られた連続型の(2)式に着目し、変量を $X = -\log \left\{ 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^{\frac{\beta}{\xi}} \right\}$ とおく。そして、この値に対応する $Y = -\log(1 - p_n)$ の値の変化を調べてみた。その結果、両者の関係は、図-5に示すように両対数紙上で直線となることがわかった。このことを根拠に、 p_n と (d/D) の関係を式表示すれば、(4)式が得られる。式中、 α と β は図上の直線の切片と勾配に相当する係数である。

5. 各種粒度式との関連性 得られた連続型粒度式と各分野で用いられている主要な粒度式との関連性を調べることにする。① Meloyの式: (4)式において、 $\beta=0$ とおき、 $\xi=1$ とおけば、(5)式となり、これは Meloy の式に該当する。② Rosin-Rammler の式: (4)式において、 $\beta=0$ とおき少し変形すると、(6)式が得られる。この(6)式中の指数項の第1項のみをとれば(7)式となり、Rosin-Rammler式となる。③ Gaudin-Schumannの式: この式は、Rosin-Rammler式を級数展開し、その第1項のみをとった式、つまり(8)式である。④ Fullerの式: 骨材の最大密度と関連して有名な(9)式のFuller式は、Gaudin-Schumann式において $\alpha=1$ とおいた、いわゆるTalbot式[(2)式]中の係数を $\xi=1/2$ とおいた式に相当する。

以上のことから、(4)式は文中で扱った各種粒度式を包含する形となっていることがわかる。

6. 結び 主な結論は、1) 先に提案した離散型粒度式が、まさ土以外の自然土や人工的粒度調整材料に対しても多分に適用可能であること、2) 離散型から連続型粒径分布式への変換を、一応、果たし得たこと、3) 得られた連続型粒度式が、各分野で使われている主たる粒度式を包含する、より一般性の高い式であること、などである。最後に、当てはめ計算に協力頂いた三好力也君(現、堺市役所)と神戸信人君(現、リコー(株))に謝意を表します。

- 参考文献** 1) 福本(1987): 第22回土質発表会, 2) 福本(1988): 第23回土質発表会,
3) Fukumoto(1990): S & F, Vol.30, No.1 4) 福本・三好(1989): 立命館大紀要, 第48号,
5) Haruyama(1973): S & F, Vol.13, No.3 6) 三木・斉藤(1976): 土と基礎, Vol.24, No.
5, 7) 土木学会編(1977): ダムの地質調査, 8) 土木学会編(1964): 土木工学ハンドブック,
技報堂, 9) 三輪(1972): 粉粒体工学, 朝倉書店, 等