

統計量を用いた岩盤不連続面の粗さ評価の試み

佐賀大学大学院 学生会員 ○児玉岳久

1. はじめに

不連続面の定量的指標の一つとして粗さがある。粗さは、岩盤不連続面の強度・変形特性に大きな影響を与えることが指摘されている。Barton は、表面粗さを定量的に評価するために JRC 値を提案しているが、これは主観的になりがちである。本研究では、簡便に不連続面表面の 3 次元的な凹凸形状を測定できる装置を用いて、不連続面の面上における法線ベクトルの傾斜角度を統計量とする粗さ評価を試みた。さらに、低拘束圧下での一面せん断試験を行い、不連続面のせん断特性との関連性について検討した。本研究の目的は、統計量（標本平均： $\bar{x}$ 、標準偏差： s ）の評価指標としての感度を検討することである。

2. 供試体および不連続面形状の測定

本研究には、直径 71mm の岩盤不連続面を用いた。不連続面の凹凸を乱さず、その形状を測定するためにレーザー変位計を用いた。不連続面の形状測定装置の概要を図 - 1 に示す。測定では、測定位置 (x, y 座標) をローケーティングボードにより微小間隔 (x 軸：サンプリング周期は 10msec、供試体移動速度は 0.09mm/sec、 y 軸：手動による 1mm 間隔) で移動し、各点における凹凸の高さ (z 座標) をレーザー変位計 (分解能 $15\mu\text{m}$: $2.439 \times 10^{-3}\text{mm/mV}$) により測定する。測定点数は 58100 点で、 x 軸方向 830 本、 y 軸方向 70 本である。測定結果の一例として不連続面形状とせん断方向を図 - 2 に示す。

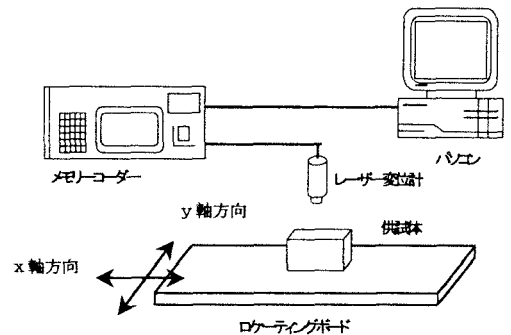


図-1 不連続面の形状測定装置

3. 粗さの定量化

不連続面の粗さの定量化にあたり、まず凹凸面の測定より得られたデータから面を求める。面を構成する 4 つの測定点がなす形状は図 - 3 のように示される。空間内の 4 点は同一平面状にあるとは限らないので、2 つの三角形に分割し各々の面を公式により求め、さらに面上の法線の傾斜角度を得るために、図 - 3 の P 点における方向余弦 (l, m, n) を求め、どの方向にどれだけの傾きを有しているのかを調べた。図 - 4 は No.1~3 供試体における方向余弦 (m) の度数分布を示している。度数分布において、 l, n に関しては大きな違いは見られなかったが、 m に関しては変化が現れた。No.3 供試体は、ほぼ正規分布を示しているが、No.1, No.2 供試体においては、矢印部分で変化が現れている。例えば No.1 供試体の場

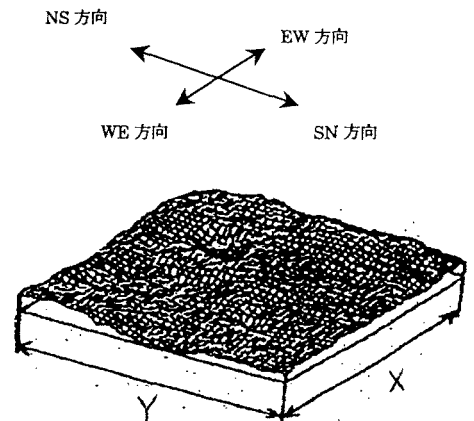


図-2 不連続面形状の一例とせん断方向

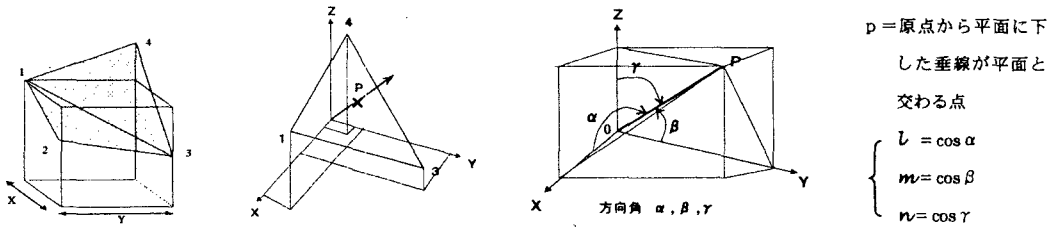


図-3 不連続面の方向余弦の算出

合 β が $130^{\circ} \sim 160^{\circ}$ 傾いた面が多く存在し、NS 方向に滑りやすくなっている。そこで、方向余弦(m)の標準偏差 S を不連続面の粗さの指標と考えると、 S が大きくなればなるほど法線ベクトルの傾斜角度がばらつき、滑りの指向性がうすれ、せん断抵抗が減少するものと考えられる。

4. 不連続面の粗さとせん断強度

上述の方法により求めた不連続面の粗さの指標 S と、ピークせん断強度 $\tau_{\max}$ の関係を検討してみる。せん断試験は垂直圧一定のもとでせん断させる方式で実施し、供試体は凹凸面の異なる4つの不連続面を用い、ピークせん断強度 $\tau_{\max}$ の値は、せん断4方向の平均値を用いた。せん断試験の結果、得られたピークせん断強度 $\tau_{\max}$ と S の関係を図-5に示す。この図から S が増大すると $\tau_{\max}$ は減少し、両者の間には比較的良好な相関関係があることが判明した。No.3 供試体は比較的噛み合わせがよいが、No.1, No.2, No.4 供試体は不連続面の両面の粗さに差があり、噛み合わせが悪いため $\tau_{\max}$ が小さくなっている。

5. おわりに

今回、レーザー変位計により岩盤不連続面の形状を測定し、粗さの定量化を試みた。その結果、不連続面の粗さは、面上の法線ベクトルの方向余弦により定量化でき、不連続面のピークせん断強度と関係があることが明らかになった。さらに、不連続面の任意の方向における凹凸の粗さ評価を行うことができ、不連続面のすべり方向を決定することができた。今後データを蓄積し、不連続面のせん断強度に影響する要因として粗さだけでなく噛みあわせ(指向性)等にも注目したい。

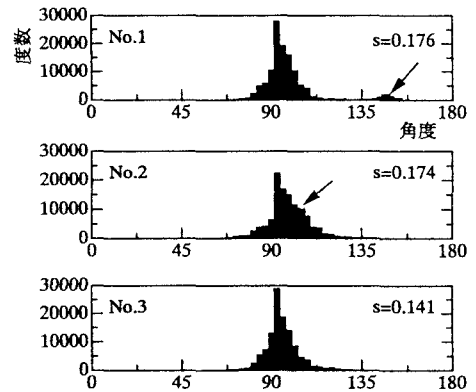


図-4 方向余弦(m)の度数分布

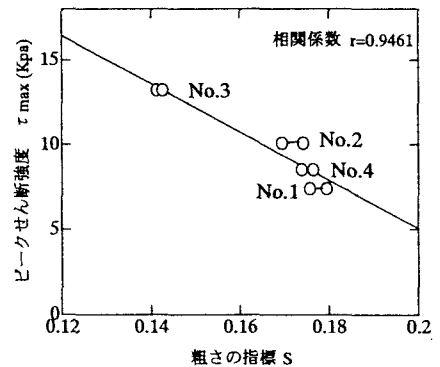


図-5 不連続面の粗さの指標とピークせん断強度の関係

参考文献 1) ISRM 指針 Vol.2 セン断強度の試験法の指針, pp. 21 - 30, (1983). 2) ISRM 指針 Vol.3 岩盤不連続面の定量的記載法, pp. 37 - 50, (1985). 3) 谷本,盛岡,岸田,梅澤;“低拘束圧下での岩盤不連続面のせん断強度とラフネスの関係”,第23回岩盤力学に関するシンポジウム, pp. 127 - 131, (1991). 4) 木梨,畑,藤原;“岩盤ジョイント面の形状測定と粗さの定量化”,土木学会 47 回年次学術講演会, pp. 622 - 623. 5) 大西,加藤,矢野;“岩盤不連続面の表面形状の定量化に関する研究”,第26回岩盤力学に関するシンポジウム, pp. 101105, (1995).