

III-291 岩盤ジョイント面の形状測定と粗さの定量化

榎大林組	技術研究所	正会員	○木梨 秀雄
同上		正会員	畑 浩二
同上		正会員	藤原 紀夫

1. はじめに

岩盤を不連続体として取扱う数値解析法である個別要素法(DEM)¹⁾や不連続変形法(DDA)²⁾が近年注目され、国内でも盛んに研究が行われつつある。これらの数値解析を実施する際には、有限要素法(FEM)で入力する岩盤物性に加え、ジョイントの力学的特性や幾何学的分布を把握する必要がある。ジョイントの力学的特性については、Barton³⁾をはじめとして国内でもいくつかの研究結果⁴⁾が報告され、ジョイントの強度・変形特性がジョイント面の粗さの影響を受けることが指摘されている。このうちBarton³⁾は、ジョイント面の粗さをJRCなる指標により定量化しジョイントの力学特性との関係を調べたが、JRCの決定は主観的になりがちである。著者らは、簡便にジョイント面の3次元的な凹凸形状を測定できる装置を用いて、ジョイント面の粗さの定量化を試みた。さらに、ジョイントのせん断試験を実施し、ピーク強度と粗さの定量化値との関係を調べた。

2. ジョイント面形状の測定

著者らはジョイント面の凹凸を乱さず、しかも簡便・迅速にその形状を測定するためにレーザー式変位計を用いた。ジョイント面の形状測定装置の概要を図-1に示す。実際の測定では、測定位置(x, y座標)をロケーティングボードにより微小間隔eで正確に移動し、各点における凹凸の高さ(z座標)をレーザー式変位計により測定する。測定位置の移動と測定のインターバルはパソコンで制御する。なお、レーザー式変位計の分解能は1/500mmである。測定の結果の一例としてe=1mmの場合のジョイント面形状を図-2に示す。

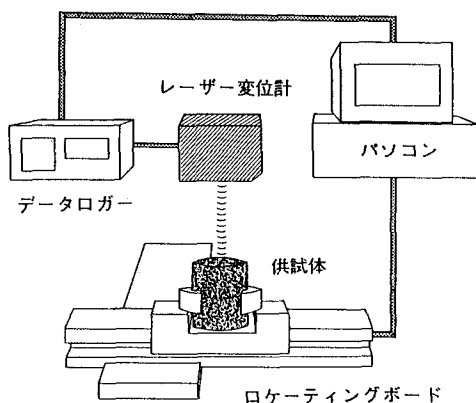


図-1 ジョイント面の形状測定装置

3. 粗さの定量化

ジョイント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表面積を求める。たとえば測定間隔がeの場合、4つの測定点がある形状は図-3の様に示される。空間内の4点は同一平面上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積をヘロンの公式により求める。これらの総和が測定間隔eで測定した凹凸面の表面積Aである。測定結果の一例として、測定間隔が1, 2, 3, 5, 7, 10mmに対し求められたジョイント両面(仮にa面, b面とする)の表面積の変化 $A/\bar{A}-1$ の関係を図-4に示す。ここで、 $\bar{A}$ は測定領域の平面積であり、例えば図-2の場合x-yで示される。図-4の関係はほぼ直線で近似でき、凹凸面の表面積Aは測定間隔eが小さくなるにつれ大きくなる。そこで、

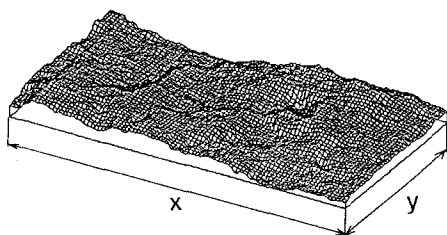


図-2 ジョイント面形状の一例(e=1mm)

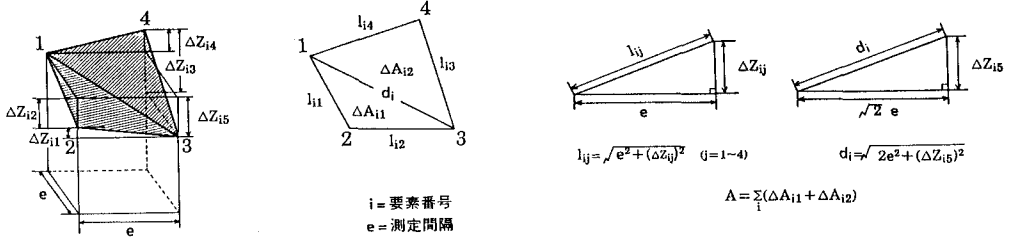


図-3 ジョイント面の表面積の算出

近似した直線の傾きの絶対値 θ をジョイント面の粗さの指標と考えると、 θ が大きくなればなるほど微小な凹凸に富み、表面積が大きくなるため、せん断抵抗が増大するものと考えられる。

4. ジョイント面の粗さとせん断強度

上述の方法により求めたジョイント面の粗さの指標 θ と、ピークせん断強度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、試料は凹凸面の異なる6つのひん岩のジョイントを用いた。せん断試験の結果、得られたピークせん断強度 τ_{max} と θ の関係を図-5に示す。この図から θ の増大とともに τ_{max} も大きくなり、図中点線で示した範囲の相関関係があることが判明した。今回用いた試料は比較的噛み合わせがよく、ジョイントの両面の粗さがほぼ等しいものが多かったが、No.2試料はジョイントの各々の面の粗さに大きな差があり、噛み合わせが悪いため τ_{max} が小さくなっている。

5. おわりに

レーザー式変位計により岩盤ジョイント面の形状を測定し、粗さの定量化を試みた。その結果、ジョイント面の粗さは、凹凸面の表面積により定量化でき、ジョイントのピーク強度と関係があることが明らかになった。今後データを蓄積し、粗さから数値解析に入力する、ジョイントの物性を推定できるものとしたい。また、Bartonが指摘したように、ジョイント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合わせ等にも注目したい。

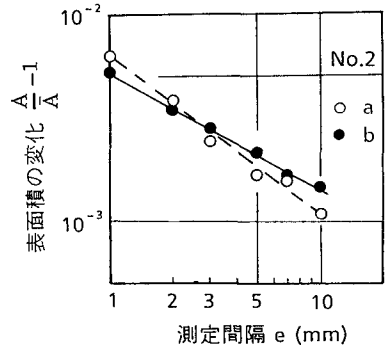


図-4 測定間隔と表面積の変化の関係

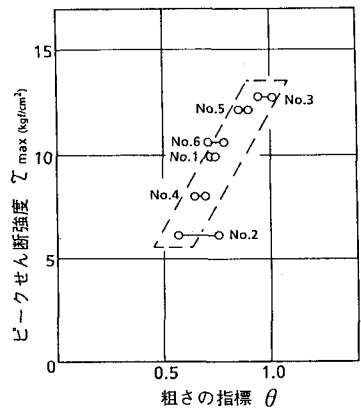


図-5 ジョイント面の粗さの指標とピークせん断強度の関係

参考文献 1)P.A.Cundall;"A computer model for Rock-Mass Behavior using interactive graphics for the input and output geometrical data",a Report for U.S.Army,(1974). 2)G.H.Shi;"Block system modeling by Discontinuous Deformation analysis", U.C,Berkeley,Dept.of Civil Eng.,August,(1989) 3)N.Barton & V.Choubey;"The shear strength of rock joints in theory and practice", Rock Mechanics Vol.10, pp.1-65,(1977). 4)例えば谷本,森岡,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)