

岩石の一面せん断試験に関係する割れ目凹凸形状の表現法について

京都大学工学部 正会員 大西有三・矢野隆夫
同大学院 学生会員 龍原 毅
飛島建設 正会員 ○阿保寿郎

1・はじめに 亀裂性岩盤に対しては、亀裂部の変形・強度特性が、岩盤全体の強度に大きく影響を与える。よって、ジョイント面に着目することは、岩盤の強度を算出する上での大きな手がかりとなるであろう。ジョイント面に沿ったせん断強度特性に着目すると、その凹凸の粗さ(roughness)に起因する影響は大である。従来のラフネスを評価する方法においては、すべりの方向の違いにより、異なったラフネス指数になるという問題点を持っていた。本研究においては、最小粗度指数を使うことによって、ラフネス指数とせん断強度との相関をより高めようと試みた。また、ある断面を示す形状曲線からそのジョイント部のせん断強度の方向性を判断するための試みを行った。これは立体的な凹凸面としての評価法が開発された際に、ラフネス指数とせん断強度との相関を強めるのにより有効であると思われる。

2・今回使用のラフネス評価法 測定された岩のジョイント面の粗さ形状が、モデル化された幾つかの形状のどれに類似するかを、判断することによって粗度指数を決定する方法がJRC¹⁾である。この方法は主観的な方法であるため、本研究ではこの方法は用いず、以下に述べるように客観的な評価法である菊地の指標、RSRI等を用いることにした。

菊地は、岩石の節理の断面形において、起伏の最大高低差及び基準線から節理面までの距離から求めた標準偏差によって、下式の様な粗度指数(W)を定義し、以下の式によって粗度を評価しようとした¹⁾²⁾。

$$W = \sqrt{(\text{高低差}) \times (\text{標準偏差})}$$

基準線は節理断面の起伏の平均となる水平線をとる。起伏の高低差は、内部摩擦角を左右する重要な要素であり、また、標準偏差の大きい方が、起伏は変化に富んでいると考えられるので、菊地らの方法は、この二つの要素を取り入れた有効な指標であると考えられる。

今回RSRIという新しい方法を使用した。この方法は、HERDA³⁾さんらによって開発された方法であり、ラフネスを立体的な凹凸としてみた場合を想定して考えられている。これは、従来の方法に比べ精度の高いレーザービーム変位計を活用することによって、その照射領域内の岩のジョイント部表面の凹凸形状を読み取り、2次元的には基準線から求めた標準偏差の最小値を、3次元的には面の基準面から求めた標準偏差の最小値をもって、その指数とする方法である。その最小値は線、あるいは面で表されるラフネスの水平線、あるいは水平面に対する傾斜角を変えることによって算出する。今回は計算量や時間的な制約から、2次元的なラフネスを表す曲線にのみ目を向けた。以下のような式によって、ジョイント部断面の曲線形状を計測することにする。

$$RSRI = \min(\text{標準偏差})$$

3. 計測結果 図1に示される実線は、始めは水平な直線に-25度から25度まで徐々に傾斜角をもたせたときの、表面形状の粗さの標準偏差を示すものである。直線であるため、傾斜角が0°で最小値0mmという値をもつV字曲線になる。また、この図の実線に示されるように0°の軸を中心に左右対称になっている。この対称性は表面形状の対称性に関連しており、Case 1~Case 3の形状を見ればその関係がわかる。Case 1の様に対称形を繰り返す表面形状は、その傾斜角-ラフネス指数関係を示すグラフも対称性を示し、Case 2(鋸刃形)、Case 3(逆鋸刃形)の様に非対称形の連続である岩石表面のグラフは非対称性を示す。例えば、Case 2の様な表面形状においては、右側からのせん断強度に比べ、左側からのせん断強

度のほうが弱いであろうと判断できる。このような表面形状では、グラフは角度負の方向に大きく傾き、標準偏差は負の角度の値の方が正よりも速く直線によるV字曲線に収束する。また、それとは逆にCase 3の様に右側からのせん断強度の方が弱い形状では、グラフは角度正の方向に大きく傾き、標準偏差は正の角度の値の方が負よりも速く直線によるV字曲線に収束する。これらの結果から判断すると、この図より岩盤の表面形状の対称性、非対称性を述べる事が出来、同時にこの図よりすべやすい方向（表面形状による方向性）を述べる事が出来ると考えられ、そのことを念頭に置き、実際の供試体の結果について考察する。

福井県越前町、崖崩れ現場より採取した供試体についてその関係を示したものが図2である。この図より、一本の測定線に沿った表面形状にはラフネス指数の極小値が一つあることがわかる。よって、最小値をもってその表面形状のラフネス指数とすることが可能であることを発見した。図3における○印は、それぞれの供試体の応力経路より求められた応力比と、供試体底面に平行に計測された状態で測定された標準偏差（最小値がRSRI）の相関を示したものであり、また●印は応力比とRSRIとの相関を示した点である。このデータについては、 $\phi 5\text{ cm}$ の舟生石の供試体から算出したものを使うことにした。この図より、最小値化された指数による結果の方がばらつきが少なくなり、相関性が強くなっているといえることができる。菊地の指数を使用した場合にも似たような結果が示された。これらの結果から指数を最小値化することによって、応力比とラフネス指数との相関がさらに強まり、ラフネス指数よりせん断強度を推定できるという目的に一步近付いた。

参考文献

- 1) 実務化のための岩盤工学セミナー 不連続岩盤の工学的取扱法 社団法人システム総合研究所 1985
- 2) 龍原 毅：一面せん断試験せん断強度に関係する岩石の亀裂形状の数学的表現法について 1985 京都大学卒業論文
- 3) Herda, H. H. Ohnishi, Y Einstein, H. H : Rock Fracture Surface Roughness Model 1985

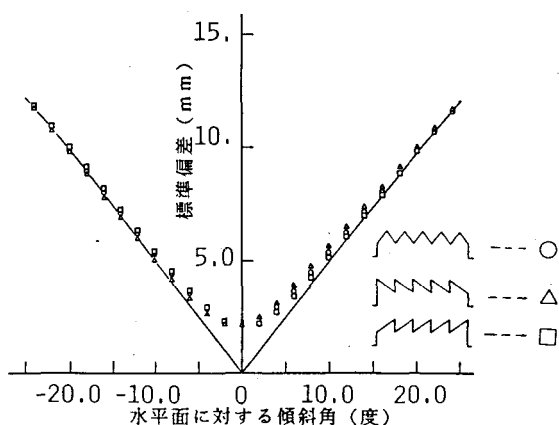


図1 水平面に対する傾斜角と標準偏差の関係

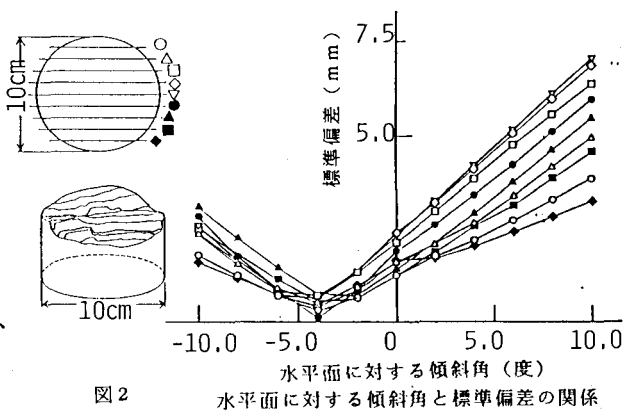


図2

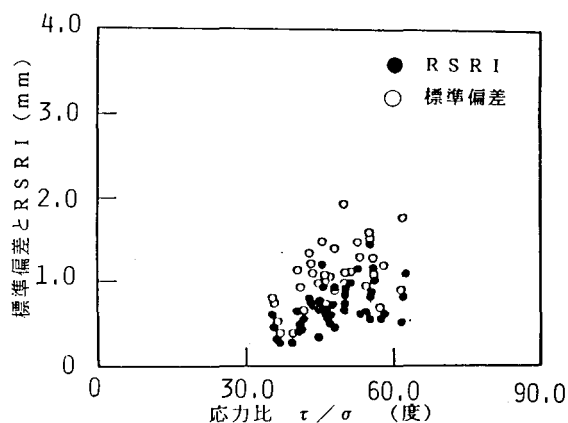


図3 応力比と標準偏差およびRSRIの関係