

III-293 岩盤不連続面の表面粗さとせん断特性

国立環境研究所 正会員 木村 強

1. まえがき

岩盤不連続面のせん断特性は、その表面粗さに大きく依存する。Barton(1973)は、経験的なせん断強度式を提案し、このなかに表面の粗さを表す指標であるJRCを導入した。図-1に示す10種類の典型的なプロファイルについては、せん断試験の結果から逆計算によってJRCが求められている(Barton & Choubey, 1977)。しかし、これらのJRCの値には2つの問題点が含まれている。すなわち、(I)不連続面の表面は2次的に拡がっており、表面の凹凸もせん断方向だけでなくそれと直交する方向にも変化する。したがって、BartonとChoubeyが行ったせん断試験の結果は、図-1に示した1次元のプロファイルのみを反映したものではない。(II)せん断方向によってせん断試験の結果は変わりうる。これらの問題点を検討するため、本研究では、BartonとChoubeyが提示したプロファイルを有し、しかもせん断方向に直交する方向では凹凸変化のない供試体を作成し、その供試体を用いてせん断方向を変えたときのせん断特性を調べた。

2. 実験方法

供試体の作成にあたって、まず図-1に示されている10cmのスケールが実スケールで40cmになるように複写機で拡大した後、デジタイザーを用いて、長さ方向に1mm間隔で凹凸の高さを読み取った。次に、材質がアルミニウムで、長さ10cm×高さ8cm×奥行き3cmの大きさの直方体ブロックの中央高さの部分を、数値化したプロファイルのデータをもとにNC加工(ワイヤーカット)によって切削し、上下2つのブロックで1組を構成する供試体を作成した。

実験は、押し試験(Push Test)および傾斜試験(Tilt Test)を行った。押し試験は、下部ブロックを固定した状態で上部ブロックに水平変位を与え、上下ブロック間に摩擦力を発生させるもので、垂直荷重は上部ブロックの自重(=319gf)のみである。これらの実験は、せん断方向を変えて行った。ここでは、上部ブロックが下部ブロックに対して左に移動するときを左せん断、右に移動するときを右せん断と呼ぶことにし、それぞれをLシリーズ、Rシリーズとする。また、例えばNo. 5のプロファイルを有する供試体の左せん断試験についてはL5、右せん断試験についてはR5と略記する。

3. 実験結果

押し試験の結果を図-2に示す。横軸はBartonとChoubeyによって求められているJRCであり、縦軸は本実験で得られた摩擦角である。全体として、Lシリーズの方がRシリーズよりも直線関係がよく、このことから、BartonとChoubeyが行ったせん断試験は、上部ブロックを左に移動させる試験であったと推察される。図-2に示した直線は、L3～L10の結果を用いて、しかも縦軸の切片が 8° になるように最小自乗法で求めている。ここでL1およびL2のデータを除いたのは、プロファイルをデジタイザーで読み取るとき誤差が生じるが、この誤差は滑らかなプロファイルほど相対的に大きくなるからである(Yu & Vayssade, 1991)。すなわち、完全に滑らかなプロファイルであっても、そのプロファイル

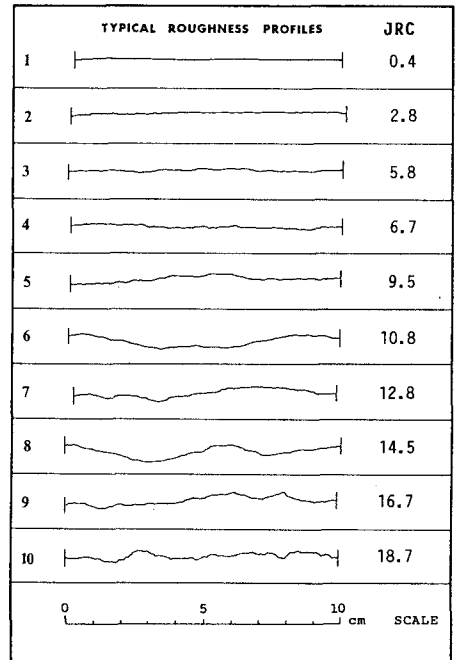


図-1 典型的なプロファイルとJRC (Barton & Choubey, 1977)

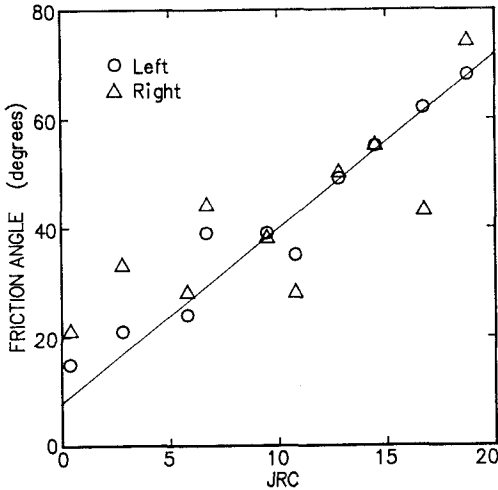


図-2 JRCと摩擦角の関係

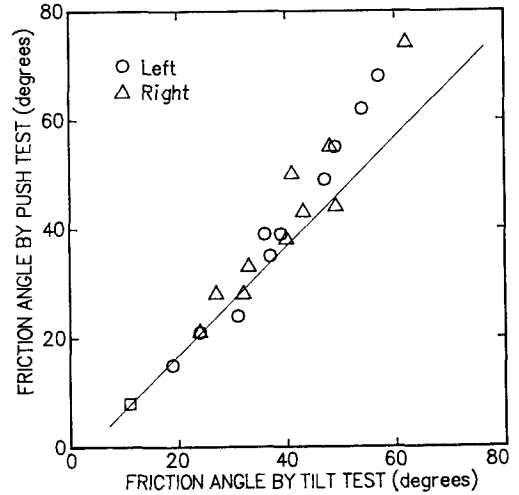


図-3 押し試験と傾斜試験の結果

をデジタイザーで読み取った数値データについては標準偏差は0とならない。また、 $JRC = 0$ のときの摩擦角を 8° としたのは、上下ブロックを奥行き方向(凹凸変化のない方向)に滑らすときの水平力が約45gfであったためである。 JRC と摩擦角の関係は、L4やL6の結果にみられるようにLシリーズにおいても完全に直線上にプロットされるわけではない。これは、問題点(I)に対応しており、No.4やNo.6のプロファイルが元の不連続面の表面全体を代表するものではなかったことを意味する。1次元のプロファイルのみで判断すれば、No.4の場合には JRC は6.7ではなく10であり、No.6の場合には10.8が8.5となる。次に、問題点(II)に関連して、せん断方向の違いによる摩擦角を比較すると、No.5、No.7およびNo.8以外のプロファイルでは差異がみられる。特に、No.9のプロファイルにおいては顕著であり、右せん断の場合には摩擦角は 20° 近くも低下し、 JRC は約11になる。

押し試験と傾斜試験で得られた摩擦角を比較すると図-3のようである。なお、図中の口印は上下ブロックを奥行き方向に滑らしたときの結果であり、傾斜試験のほうが押し試験に比べて大きな摩擦角となっている。これは、前者は静摩擦係数を求める試験であり、後者は動摩擦係数を求める試験のためである。 JRC が大きくなると、一般に上部ブロックは滑動し始める前に転倒するようになるが、本試験では転倒はみられなかった。図-3には、口印を通り、勾配が1の直線も示している。両者の試験結果は、摩擦角が大きくなるとこの直線から離れるようになる。これは、傾斜角が大きくなると、滑動面に作用する応力が一様でなくなるためと考えられる。

4. あとがき

BartonとChoubeyによって提示された10種類のプロファイルについて、標準偏差や高低差、Z2などの数量を用いて定量化し、その値と JRC とを関係づけようとする試みがある(Tse & Cruden, 1979)。しかし、BartonとChoubeyが求めた JRC には上述のような問題があるので、今後、この JRC に代わって本実験で得られた摩擦角との比較によって検討する必要がある。

参考文献

- Barton, N. (1973): Engineering Geology, Vol.7, pp.287-332.
 Barton, N. & Choubey, V. (1977): Rock Mechanics, Vol.10, pp.1-54.
 Tse, R. & Cruden, D.M. (1979): Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.16, pp.303-307.
 Yu, X. & Vayssade, B. (1991): Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.28, pp.333-336.