

III-A 357 岩石の異方性が切削ビットの摩耗性に及ぼす影響に関する実験的研究（その3）

西松建設 正会員 細川勝己
正会員 森 仁司

1.はじめに TBM工法などの岩盤切削ビットの摩耗量は、岩石の一軸圧縮強度や圧裂引張強度などの強度特性値によって評価している場合が多い。しかし、岩石の多くは異方体であり、正確なビット摩耗量の評価には、岩石の力学的異方性を考慮することが必要と考えられる。筆者らは、これまでの研究において、花崗岩の異方性を考慮した強度試験と摩耗試験を行っている。その結果、弾性波速度、一軸圧縮強度および圧裂引張強度のなかで、一軸圧縮強度の異方性による変動の度合いが摩耗量の変動と良く一致することがわかった¹⁾。しかし、花崗岩は数多くある岩種のひとつであり、岩種が変われば異方性を示す原因となる岩石内の組織も異なったものになる。そこで、今回は、いくつかの岩種を用いて、石目と測定方向のなす角度を変えた一軸圧縮試験と摩耗試験を行い、岩種が異なる場合の異方性が岩石強度と摩耗量に及ぼす影響について検討した。

2.供試岩石 既往の研究では、供試体は稲田花崗岩を使用した。稲田花崗岩には、採石場において石目と呼ばれる3つの割れ易い方向が存在しており、この石目で特徴づけられる異方性の原因は、すべて微小なクラックの選択的配向であることが明らかになっている²⁾。そこで、本実験では、花崗岩と異方性の原因となる岩石内の組織が異なる仙台粘板岩、多胡砂岩および白河安山岩を使用した。仙台粘板岩には、採石場において、「本目」、「横目」と呼ばれる2つの割れ易い方向が存在しており、これらの2方向は、ほぼ直交している。偏光顕微鏡による観察結果によれば、「本目」は、微小なクラックの選択的配向であり、「横目」は堆積面に関する構成粒子の平行配列が原因と考えられる。一方、多胡砂岩および白河安山岩には、1つの割れ易い方向が存在しており、採石場ではいずれも「目」と呼ばれている。多胡砂岩は堆積面に関する構成粒子の平行配列であり、白河安山岩は細長いガラスの選択的配向が原因と考えられる。

3.実験概要

3.1 供試体の作製 コアは、15cm立方のブロックから、石目とコアリングの方向が15°間隔で回転する試料台によって0~90°の範囲で採取した。コアの採取方向は、載荷軸と石目のなす角度 θ を基準にしている。例えば、 θ が0°のコアとは石目に対して平行な方向に、90°のコアとは石目に対して垂直な方向に採取したものである。なお、仙台粘板岩には、2つの石目があるため、採取方向は載荷軸と「本目」のなす角度 θ を基準にしている。また、ブロックの回転は、つねに「横目」の法線を回転軸としたので、「本目」に対する角度はコアの採取方向によって変化するが、「横目」に対する角度は、すべてのコアで一定である。

3.2 測定方法 一軸圧縮試験は、直径50mm、高さ125mmのコアについてひずみ制御で行い、載荷速度は、1%/min.とした。摩耗試験は、Taber摩耗試験（JIS K 6902）に準じて行い、岩石の摩耗量と砥石の摩耗量を測定した³⁾。なお、試験方法の詳細については前報⁴⁾を参照して頂きたい。

4.実験結果および考察 図-1と図-2は、仙台粘板岩および多胡砂岩の一軸圧縮強度 Sc と摩耗量 Lg/Lr の関係を示したものである。ここで、摩耗量 Lg/Lr は、砥石摩耗量を岩石摩耗量で除した値であり、実際の岩石切削ビットの単位掘削体積当たりの摩耗量と密接に関連した値と考えられる³⁾。図から、 Sc と Lg/Lr は、いずれも30°付近で最低となり、石目が載荷軸に対して傾斜している場合よりも、0°や90°の方が大きくなっている。そして、0°と90°では90°の方が大きく、 Sc と Lg/Lr の変動の度合いは良く一致している。したがって、仙台粘板岩と多胡砂岩においては、稲田花崗岩と同様に摩耗量に異方性の影響が認められ、一軸圧縮強度と摩耗量の変動は良く一致している。

図-3は、白河安山岩の一軸圧縮強度 Sc と摩耗量 Lg/Lr の関係を示したものである。図から、白河安山岩においても、 Lg/Lr は30°付近で最低となり、石目が載荷軸に対して傾斜する場合よりも、0°や90°の方が

大きくなっている。しかし、 Sc は 30° 付近で最低となるものの、石目が載荷軸に対して傾斜している場合と 0° や 90° との差が小さく、変動の度合いが Lg/Lr と一致するとは言えない。これは、白河安山岩中の多量の岩片（最大粒径20mm）が、石目の角度によって決まる異方性の影響を小さくするためと考えられる。したがって、稲田花崗岩、仙台粘板岩および多胡砂岩のように、構成粒子（または鉱物）の粒径が均質な岩種では、異方性に起因する一軸圧縮強度と摩耗量の変動は良く一致するが、白河安山岩のように、岩片が存在する不均質な岩種では、変動の度合いが一致しない場合があると考えられる。

図-4は、各岩種の摩耗量 Lg/Lr の異方性の程度を比較したものである。縦軸は Lg/Lr の最小値を基準にしたときの他の角度における Lg/Lr の比を表している。図から、仙台粘板岩、多胡砂岩および白河安山岩の最大値はそれぞれ1.82、1.89、1.72であり、異方性が大きくなっている。一方、稲田花崗岩は1.34であり比較的小さいことがわかる。摩耗量は、摩耗面と各石目のなす角度との関係によって変動している。そのため、花崗岩のように石目が3つある場合は、摩耗面に関する各石目の影響が平均化するのに対して、石目の数が2ないし1の場合は、各石目の影響の大小が明確になり異方性が大きくなると考えられる。したがって、摩耗量を精度良く予測するには、石目の数が小さい岩種ほど、異方性を考慮することが必要と考えられる。

5. まとめ 仙台粘板岩、多胡砂岩および白河安山岩の石目に対する角度を変えた一軸圧縮試験と摩耗試験を行い、その関連について検討した。その結果、すべての岩種において、摩耗量に異方性の影響が認められた。そして、構成粒子（または鉱物）の粒径が均質な岩種では、異方性に起因する一軸圧縮強度と摩耗量の変動は、良く一致すると言える。しかし、岩片が存在するような不均質な岩種では、それらの変動が一致しない場合がある。また、石目の数が小さい岩種ほど、異方性は大きくなり、一軸圧縮強度から摩耗量を精度良く予測するには、異方性を考慮することが必要である。

参考文献 1) 細川他：岩石の異方性が切削ビットの摩耗性に及ぼす影響に関する実験的研究（その2）、土木学会年次学術講演会第3部門（1994）PP.696-697、2) 工藤他：花崗岩の力学的異方性と岩石組織欠損の分布、土木学会論文集No.370（1986）PP.189-198、3) 西澤他：Taber試験機による岩石の摩耗試験、資源素材学会講演会要旨集（1989）PP.49-50、4) 細川他：岩石の異方性が切削ビットの摩耗性に及ぼす影響に関する実験的研究、土木学会年次学術講演会第3部門（1993）PP.1356-1357

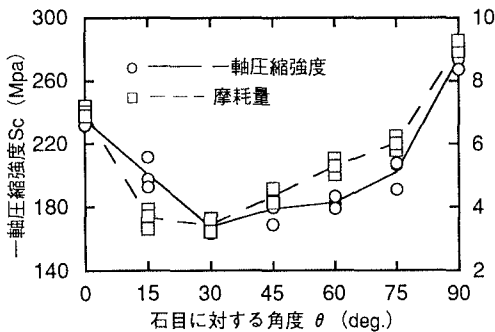


図-1 仙台粘板岩の一軸圧縮強度と摩耗量の関係

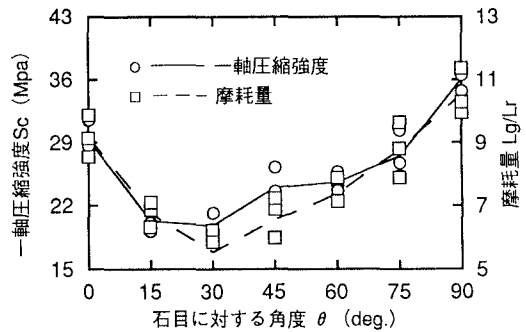


図-2 多胡砂岩の一軸圧縮強度と摩耗量の関係

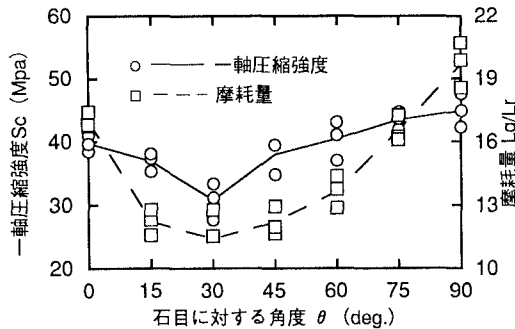


図-3 白河安山岩の一軸圧縮強度と摩耗量の関係

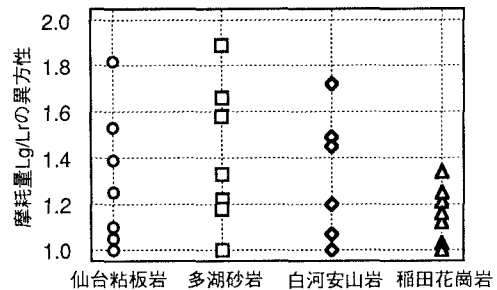


図-4 摩耗量 Lg/Lr の異方性