

岩盤表面掘削機の作業能力とビット摩耗について

愛媛大学工学部	正会員	室 達朗
奥村組土木興業(株)	正会員	竹垣喜勝
奥村組土木興業(株)	正会員	○丸山健一
奥村組土木興業(株)	正会員	藤元英樹

1. まえがき 本研究の目的は、新しく開発された岩盤切削機の掘削能力を明らかにし、回転ドラムに取り付けた切削用超硬ビットの摩耗寿命を予測することである。そのため、種々の岩盤の露呈する碎石場において、岩盤切削機を使用して、岩盤の掘削試験とビットの摩耗試験を実施した。

2. 岩盤切削機と超硬ビット 使用した岩盤切削機は、写真-1 にその全景を示すように、車両本体は、4履帯からなる走行装置によって支持され、中央部に位置する 1200 PS エンジンと直径 1400 mm、切削幅 3500 mm の切削回転ドラム、および 180 度旋回できる積み込み装置であるベルトコンベヤーを装備しており、岩盤切削からダンプトラックへの積み込み作業まで連続的に行なうことができる。切削回転ドラムには、写真-2 に示すように、160 本の切削ビットが螺旋状に取り付けられており、散水装置によりビットの冷却と防塵を行なっている。仕上がり精度は ± 5 cm で、ピッチ 3 cm の条痕からなる平坦な岩盤表面を作成することができる。

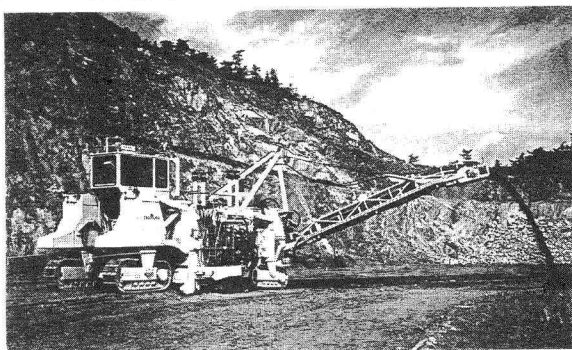


写真-1 岩盤表面掘削機の全景

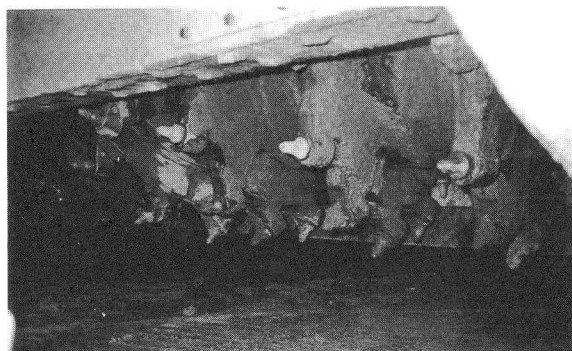


写真-2 回転切削ビット

切削ビットは、円錐型のタングステンカーバイド-コバルト系超硬合金チップを先端に埋め込んだ軸対称のコニカルビットである。長さ 139~152 mm、台座直径 50~54 mm であり、先端の超硬合金チップの高さが 28.5, 30.5 および 40.0 mm で、それぞれの直径が 17.5, 19.5 および 25.0 mm の 3 種類である。

3. 供試岩盤 ある碎石場の平坦な部分に、長さ 40.0 m、幅 10.5 m の試験ヤードを設定し、当該岩盤切削機の掘削能力と超硬ビットの摩耗試験を実施した。供試岩盤は、流紋岩質凝灰岩からなる岩盤中に花崗斑岩の岩盤帯が貫入した地層構造であり、流紋岩質凝灰岩と花崗斑岩Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの計 4 種類の岩石で構成されている。表-1 は、それぞれの岩盤試験の結果として、岩の種類、地山の弾性波伝播速度 V_2 、亀裂係数 C_r 、および現地で採取した岩石の物性値として、一軸圧縮強度 σ_{c0} 、無亀裂供試体の超音波伝播速度 V_1 、石英類含有量 K_0 及び切削ビットの「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ_n を同表に記した。同表に示すように、亀裂係数 C_r は、花崗斑岩Ⅲ、花崗斑岩Ⅱ、流紋岩質凝灰岩、花崗斑岩Ⅰの順に増加していることが明らかである。

4. 掘削能力試験 当該試験ヤードにセットした幅 3.5 m の 3 レーンにおいて、岩盤切削機の掘削能力試験を実施した。岩盤切削用超硬ビットは、直径の異なる超硬チップ $\phi 17.5$, $\phi 19.5$, および $\phi 25.0$ mm

表-1 岩石及び岩盤の力学特性

岩石及び岩盤の名称	流紋岩質凝灰岩	花 崗 斑 岩		
		I	II	III
岩盤の縦波弾性波伝播速度 V_z (m/s)	1779 ± 332	1250 ± 50	1650 ± 50	2044 ± 424
亀 裂 係 数 C_r	0.873	0.894	0.851	0.811
一軸圧縮強度 σ_{oo} (MPa)	220.7 ± 85.2	65.2 ± 7.9	111.6 ± 12.3	154.0 ± 16.2
無亀裂供試体に対する超音波伝播速度 V_1 (m/s)	5002 ± 490	3843 ± 74	4271 ± 11	4698 ± 14
石英類含有量 K_0	0.350	0.340	0.340	0.340
切削ビットの「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ_b	1.556×10^{-2}	1.225×10^{-2}	1.722×10^{-2}	2.185×10^{-2}

からなる切削ビット 160 本をそれぞれ切削回転ドラムに取り付けて掘削能力試験に供した。

複数レーンの掘削中に遭遇する各種岩盤に対して、それぞれ掘削距離、掘削深さ、掘削所要時間を計測し、掘削速度と掘削土量を算定した。ここでは、単位時間当たりの掘削土量 Q を支配する要因分析を行なうこととする。各ビット径毎に、 Q (m^3/hr) と C_r との関係を単回帰分析した結果、次式のように、両者の相関係数 r はきわめて高く、両者間に強い相関関係がある。

$$\phi 17.5 \quad Q = 2845 C_r - 2283 \quad (r = 0.978) \quad (1)$$

$$\phi 19.5 \quad Q = 2783 C_r - 2251 \quad (r = 0.950) \quad (2)$$

$$\phi 25.0 \quad Q = 2389 C_r - 1906 \quad (r = 0.992) \quad (3)$$

5. ビット摩耗試験 切削用回転ドラムに新品の切削ビット 160 本を装着し、各試験レーンを平均 2~3 回掘削走行させ、掘削試験完了後すべての切削ビットを取り外し、洗浄後電子天秤で各ビットの重量を計測した。使用した切削ビット全部の摩耗量を集計し、総摩耗量を算定した。また、同時に、各超硬ビットの先端部分の摩耗によるビット軸方向の寸法変化を計測し、使用した切削ビット全部の摩耗長を集計し、総摩耗長を算定した。さて、単位掘削土量当りで算定したビット全体の摩耗量 M (g/m^3) と摩耗長 L (mm/m^3) を支配する岩盤特性の要因分析を行なうこととする。ここで、切削ビットの「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ_b として次式を提案することとする。

$$\sigma_b = K_0^2 (1 - C_r) \quad K_0: \text{石英類含有量} \quad C_r: \text{岩盤の亀裂係数} \quad (4)$$

ここで、石英類とは石英およびその硬さが石英以上の鉱物成分であり、金属材料の硬さを超過する鉱物を意味している。同表に示す当該試験レーンの切削ビットの「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ_b の平均値は、各岩盤の σ_b 値に対応する岩盤の掘削土量の配分率を乗じた積和として算定したものである。単位掘削土量当りビット全体の摩耗量 M (g/m^3)、摩耗長 L (mm/m^3) と切削ビットの「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ_b の単回帰分析の結果は、次式に示す通りである。

$$M = 3.081 \times 10^{15} \sigma_b^{7.519} \quad (r = 0.924) \quad (5)$$

$$L = 4.543 \times 10^{15} \sigma_b^{8.539} \quad (r = 0.906) \quad (6)$$

両者の相関係数 r はかなり高く、 M 、 L と σ_b の間に強い相関関係があることが判明した。

6. 結論 亀裂係数 0.8 前後の亀裂の発達した、花崗斑岩と流紋岩質凝灰岩で構成される岩盤において現地掘削・摩耗試験を実施した。得られた新しい知見は、以下の通りである。

(1) 当該岩盤切削機の単位時間当たりの掘削土量は、岩盤の亀裂係数に比例して増大する。

(2) 切削ビットの摩耗量および摩耗長に最も重要な影響を与える岩盤特性は、切削ビットの「摩耗に対する岩盤強度指数」である。