

福井大学 正員 室 達朗
小松建設工業(株) 正員 ○ 中村智徳

岩石に対する接触圧力と金属の摩耗量、および岩石の被削性に関する基礎実験を行い、これに基づいて、リッパチップの形状変化特性を判別することを目的とする。岩石供試体は、福井県越前海岸より採取した6種類の岩石でそれらの物理的性質およびテトラブロムエタン重液による鉱物組成分析結果を表-1に示す。また、金属材料

表-1 試料岩石の物理的性質

	岩石名	圧縮強度 kg/cm ²	超音波速度 m/sec	吸水量 %	比重	ショア硬さ	ロスアンゼルス すり減り量%	鉱物組成%		
								石英類	長石類	有色鉱物
A	火山礫凝灰岩	440	2540	8.34	2.35	36.6	58.0	3.2	95.2	1.6
B	火山礫凝灰岩	130	2100	14.78	1.86	25.7	51.0	0	99.2	0.8
C	安山岩	660	3960	2.90	2.40	69.6	29.2	29.5	70.3	0.2
D	粗粒凝灰岩	190	2340	11.53	2.24	17.9	37.4	4.7	95.3	0
E	火山礫凝灰岩	330	1960	10.50	2.13	50.0	43.3	0	99.2	0.8
F	凝灰質砂岩	540	3180	5.70	2.30	36.1	32.2	0	100.0	0

料の供試体は、あるリッパチップを切断して作成し、大きさは40×5×5 mm、ビッカース硬さは402±61.5である。なお、岩石表面のあらかさは、平均±0.05 mmとした。

実験装置および方法については、図-1に示すように、岩石供試体を回転台の上に載せ、回転数66 r.p.mで金属供試体と摺動させることとした。両者の接触圧力は、最大30 kg/cm²までを7段階に分け、一定時間後の摩耗量と岩石表面上の削溝深さを測定した。

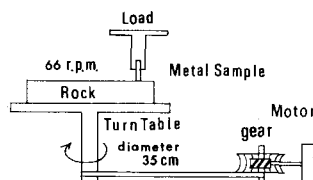


図-1 実験装置概略図

実験結果は、図-2と図-4に示した。摩耗量Mと接触圧力pの間には、

図-3に示した解析図より次式で示す実験式が成立することが判明した。

$$A: 0 \leq p < 24.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.0513 p^{1.03}, 24.0 \leq p < 29.2 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 1.66 \times 10^{-6} p^{4.28} \quad (1)$$

$$B: 0 \leq p < 19.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.0592 p^{1.01}, 19.6 \leq p < 26.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 4.66 \times 10^{-5} p^{3.32} \quad (2)$$

$$C: 0 \leq p < 19.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.3368 p^{1.14} \quad (3)$$

$$D: 0 \leq p < 8.8 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.0708 p^{0.84}, 8.8 \leq p < 19.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 14.87 p^{-1.62} \quad (4)$$

$$E: 0 \leq p < 19.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.1012 p^{0.72}, 19.6 \leq p < 26.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 2.72 \times 10^{-5} p^{3.48} \quad (5)$$

$$F: 0 \leq p < 6.8 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.0447 p^{0.84}, 6.8 \leq p < 19.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ で } M = 0.8128 p^{-0.67} \quad (6)$$

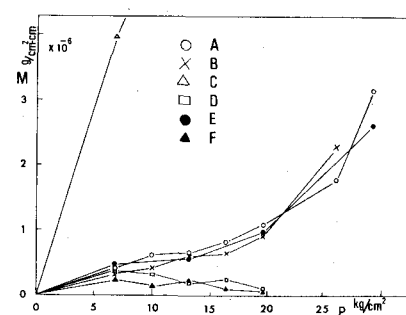


図-2 摩耗量Mと接触圧力pの関係

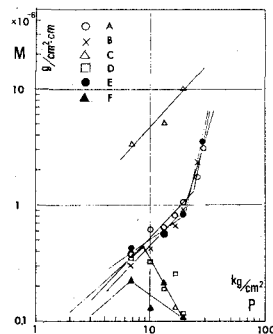


図-3 両対数軸上のMとp

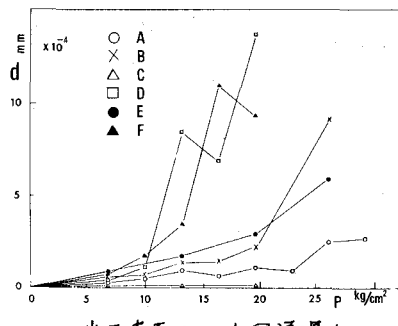


図-4 削溝深さdと接触圧力pの関係

被削性に富んだ岩石 D および F については、金属供試体の摩擦量は低接触面圧においては荷重の増加とともにほぼ直線的に増加していくが、ある接触圧力をこえると金属摩擦量は急激に減少しはじめ、また、それと同時に岩石の削溝深さが急激に上昇していく現象が観察された。これは、金属材料と岩石との間の摩擦による仕事エネルギーが、低接触面圧における岩石表面の被削強度以内の領域においてはその大部分が金属摩擦に費されるためであり、また、一方、高接触面圧における岩石の被削強度を超越する部分においてはエネルギーの大半が岩石の削溝のために消費され、金属摩擦量は高接触面圧であるにも拘らず減少すると解釈される。また、被削性はあるが比較的硬い岩石では、金属摩擦量は接触面圧とともに増大するが、ある接触面圧を超過すると放物線的に増大する傾向が見られたが、これは金属材料の硬さに比して岩石表面の硬さの方が大きいために、摩擦熱による金属軟化によるものと考えられる。さて、前式よりえられる摩擦係数について、低接触圧力段階での値と岩石特性との関係を求めると図-5 のようになる。この場合、岩石表面の特性を示すショア硬さや石英含有量との相関性が高くなる傾向にある。一方、高接触圧力段階では、岩石強度よりもむしろ岩石表面の被削強度との相関性が高くなることが判明した。

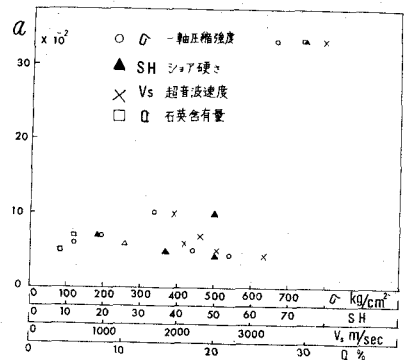


図-5 摩擦係数 α と岩石諸特性の関係

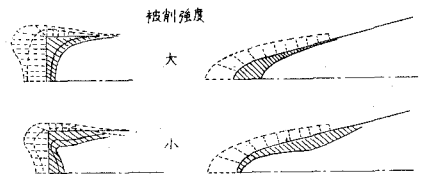


図-6 岩石の被削強度の大小によるリップパッチの形状変化モデル

岩石特性とリップパッチの摩擦形状変化特性について、岩石の被削強度の小さい場合と十分大きい場合についてモデル解析を実験結果に基づいて行くと、図-6 に示す特徴が見られた。これは、すでに前報において述べた硬岩と軟岩に対応するチップの形状変化に対応するものとして興味ある結果がえられた。すなわち、岩石の被削強度が小さい場合には、圧力が大きく作用する先端およびエッジ部分では摩擦量は少なく、かえって圧力が比較的小さい側面の方がよく摩擦するのである。一方、岩石強度が十分に大きく、被削強度が高い場合には、先端部分が早く摩擦するのであり、さらにひたひた作用だけでなく衝撃作用を受けるために先端はれ味を帯びると考えられる。また、表-2 に、実際の現場において測定した岩盤特性を示し、リップパチ

表2	岩石名	圧縮強度 kg/cm ²	超音波速 度 m/sec	弾性波速 度 m/sec	ポアソン比 %	比重	吸水率 %	クレーン 係数	岩盤 強度	$\frac{Ma}{\sqrt{m_b m_c}}$	鉱物組成 %						
											石英	長石	角閃石	雲母	緑泥	鉄燐	基質
K	粘板岩	74	750	640	—	2.62	—	0.272	54	5.31	38.0	62.0	0	0	0	0	0
L	角閃石ハイル岩	1192	2510	1500	12.2	2.86	0.89	0.643	426	16.83	0	58.8	37.9	3.3	0	0	0
M	頁岩	250	1500	950	26.5	2.63	1.44	0.599	100	8.61	4.1	0	0	23.9	30.1	4.7	37.2
N	チャート	1114	2868	1493	39.8	2.55	2.84	0.730	300	13.70	97.0	0	0	0	0	3.0	0
O	蛇紋岩	550	2578	2060	33.0	2.67	1.96	0.362	351	14.06							

ップの摩擦形状変化を前報において述べた方法でそれぞれの m_a , m_b , m_c を算定した。図-7 は、チップの摩擦形状変化を表現する指標 $\frac{m_a}{\sqrt{m_b m_c}}$ と岩盤強度 σ_c との関係を示したものである。すなわち、岩盤強度が増大するにつれてチップの先端がれ味を帯びて形状変化していく様子を示している。

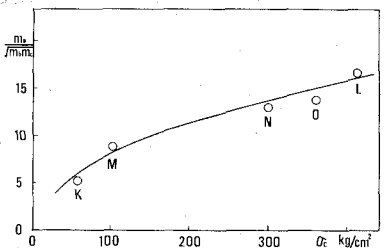


図-7 岩盤強度 σ_c と形状変化

参考文献

- 1) 畠昭治郎・室達朗: リップパッチの摩擦形状変化特性について, 土木学会第9回年次学術講演会Ⅲ, 1974.10.