

軟岩に対する母材金属と肉盛金属の耐摩耗性

愛媛大学工学部 正会員 室 達 朗
愛媛大学工学部 正会員 深川 良一
日本電炉（株） 正会員 ○村上 法義

1. まえがき 本研究の目的は、掘削刃を構成する母材金属と肉盛金属のひっかき摩耗特性について、軟岩を対象とした金属の摩耗量と接触面圧の関係を支配する諸因子を実験によって究明することである。すなわち、金属材料の種類と表面硬さ、岩石材料の「摩耗に対する岩盤強度指数」、金属供試体とのひっかき摩耗によって発生する岩石の摩耗量、及び摩擦係数の影響について考察する。

2. 軟岩及び金属供試体 風化花崗岩を人工的に作成するため、セメント水比 31, 53, 及び 83 % において普通ポルトランドセメントとまき土を混

入攪拌し、7日間湿潤養生後、それぞれ軟岩供試体 A, B, C として試験に供した。これらの軟岩供試体の岩石物性と「摩耗に対する岩盤強度指数」を表-1 に示す。実験に使用した金属供試体は、掘削刃の母材金属として S45C, S45CH 及び SKC24H の 3 種類と硬化肉盛金属 HARD920-85, HARD950C 及び HARD950HN2 の 3 種類である。金属供試体はすべて母材金属と厚さ 5 mm に肉盛溶接した金属片より、直径 30 mm, 長さ 30 mm の円筒供試体として切り出したものである。

3. 実験装置及び方法 ひっかき摩耗試験装置は、直径 40 cm の回転テーブル上に設置した岩石供試体の上に金属供試体をセットし、所定の接触面圧を与えて、乾燥状態において相互に摺動させるものである。金属供試体の摺動速度は 64 cm/s, 摺動半径は 10.7 cm である。特に軟質な岩石では、金属供試体が同一円周上を摺動するためかなり深い轍が岩石面上に発生し、摩擦仕事量の一部は岩石供試体の摩耗に費やされている。この際、発生した金属の摩耗粉及び岩石粉は、供試体通過後直ちに真空装置により除去した。摩耗試験において、金属供試体の摩耗量 M と岩石供試体の摩耗量である溝深さ d 及び摩擦係数 μ を計測している。

4. 実験結果と考察 3 種類の軟岩供試体 A, B, C に対して、それぞれ母材金属 3 種類と肉盛金属 3 種類のひっかき摩耗試験を実施した結果、金属の摩耗量 M (g/cm²/cm) と接触面圧 p (kgf/cm²) の関係、及び岩石の溝深さ d (cm/cm) と接触面圧 p の関係は、一般に、次式で表されることが判明した。

表-1 軟岩供試体の物性と「摩耗に対する岩盤強度指数」

岩石供試体	A	B	C
一軸圧縮強度 σ_{cu} (kgf/cm ²)	32.3 ±6.3	92.6 ±2.7	163.5 ±2.5
石英含有量 (%)	42.8 ±6.3	40.5 ±4.6	40.0 ±4.4
見かけ比重	1.95 ±0.06	2.00 ±0.05	2.16 ±0.05
ロサンゼルスすり へり減量 U (%)	61.6	61.5	61.4
吸水率 (%)	1.24 ±0.42	1.22 ±0.37	1.18 ±0.26
ショア硬さ H_s	1.12 ±1.19	1.56 ±1.70	3.04 ±1.06
摩耗に対する岩盤強度 指数 σ_0 (kgf/cm ²)	4.24 ±0.83	11.09 ±0.32	20.05 ±0.31

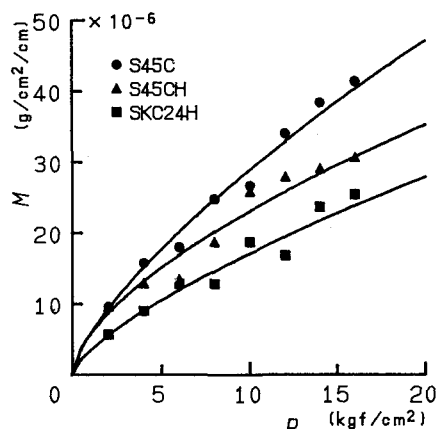


図-1 母材金属の摩耗量 M と接触面圧 p との関係 (岩石供試体 A)

$$M = a p^b \quad (1)$$

$$d = \alpha p^\beta \quad (2)$$

一例として、岩石供試体Aに対する母材金属 S45C, S45CH, SKC24H の摩耗量 M と接触面圧 p との関係を 図-1 に示す。この場合、最も耐摩耗性のある母材金属は SKC24H であり、母材金属の中で焼き戻し軟化抵抗が最も大きな値を示したものと一致している。一方、岩石供試体B, Cに対する母材金属と肉盛金属の摩耗量 M は接触面圧 p とともに放物線的に増加しており、耐摩耗性が最も優れているものは、母材金属では H_n の最も高い S45CH であり、肉盛金属では焼き戻し軟化抵抗の最も高い HARD950HN2 であることが判明した。

なお、金属の摩耗量は岩石材料の「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ 。が増加しても大きくならない。この原因を究明するために、岩石と金属供試体との間の摩擦係数 μ を測定することとした。一例として、母材金属 S45CH と岩石供試体 A, B, C との間の摩擦抵抗 f (kgf/cm²) と接触面圧 p (kgf/cm²) の関係を 図-2 に示す。回帰分析の結果、岩石供試体 A, B, C に対する摩擦係数 μ は、それぞれ 0.867, 0.664, 0.656 であり、一軸圧縮強度の最も小さい岩石供試体Aにおいて最も大きな摩擦係数を示している。一方、肉盛金属 HARD920-85 と岩石供試体 A, B, C との間の f と p の関係を 図-3 に示す。岩石供試体 A, B, C に対する摩擦係数 μ は、それぞれ 0.675, 0.590, 0.612 であり、相互の間に大きな差異は認められない。

ひっかけ摩耗試験機で発生する金属供試体の摩耗の原因は、岩石の一軸圧縮強度ではなく、むしろ、岩石表面に存在する石英粒子の含有量と摩擦仕事量に大きく支配されるのである。

さて、この場合、金属材料のひっかけ摩耗の主たる原因となる石英含有量は変化しないので、金属の摩耗量 M と接触面圧 p の関係を支配するものは、主として摩擦係数 μ であることが判明したので、実験に使用したすべての岩石供試体について解析した結果、次式が得られた。

$$\text{母材金属 S45C} : M = 3.19 \times 10^{-6} (\mu p)^{1.08} \quad (3)$$

$$\text{S45CH} : M = 2.64 \times 10^{-6} (\mu p)^{0.98} \quad (4)$$

$$\text{SKC24H} : M = 7.12 \times 10^{-7} (\mu p)^{1.13} \quad (5)$$

$$\text{肉盛金属 HARD920-85} : M = 1.00 \times 10^{-6} (\mu p)^{1.04} \quad (6)$$

$$\text{HARD950C} : M = 4.02 \times 10^{-7} (\mu p)^{1.32} \quad (7)$$

$$\text{HARD950HN2} : M = 5.84 \times 10^{-7} (\mu p)^{0.88} \quad (8)$$

5. まとめ 以上、金属の摩耗量を支配する要因は、接触面圧と摩擦係数であることが判明した。母材金属については、一軸圧縮強度の小さい軟岩においては SKC24H が、一軸圧縮強度の大きい軟岩においては S45CH が特に優れた耐摩耗性を示した。一方、肉盛金属については、焼き戻し軟化抵抗の最も大きな HARD950HN2 が特に優れた耐摩耗性を示した。

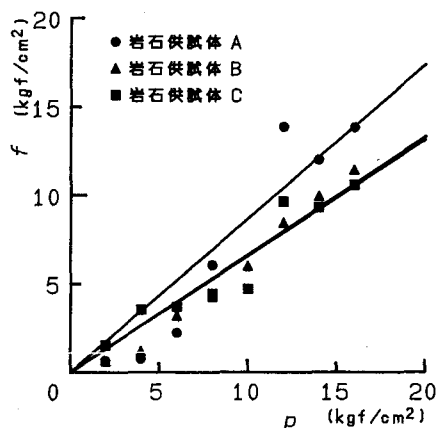


図-2 種々の岩石供試体に対する母材金属 S45CH の摩擦抵抗 f と接触面圧 p との関係

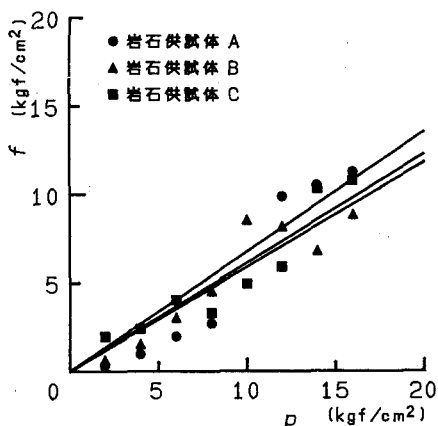


図-3 種々の岩石供試体に対する肉盛金属 HARD920-85 の摩擦抵抗 f と接触面圧 p との関係