

18. 肉盛・溶射金属の砂岩に対する摩耗特性

愛媛大学 *室 達 朗・前田建設工業(株) 井 尻 博 之
佐伯建設工業(株) 平 川 広 海

1. 去えがき 現在、土木工事において、リッパ工法による岩盤掘削が増加してきた。大型ブルドーザの出現により硬岩掘削が可能となってきた反面、リッパチップの摩耗が問題になってきた。そこで、摩耗を少しでも軽減するために、ここでは肉盛、溶射金属で表面処理したリッパチップを対象とし、金属供試体として表面硬度の高い肉盛金属と溶射金属、岩石供試体として砂岩を用いて400 kgf/cm²に至る高面圧下において摩耗試験を行った。なお、乾燥状態においては、金属供試体の岩石供試体との接触部分が高温になるので、噴流水による冷却効果を確かめるために水浸状態についても実験した。そして種々の接触面圧において摩擦係数、金属の摩耗量、表面硬さ、岩石の溝深さを測定し、肉盛、溶射金属の砂岩に対する摩耗特性について考察した。

2. 金属供試体 表1に使用した6種類の金属供試体(直径7mm、長さ30mm)の特性を示す。金属供試体A、Bは肉盛金属で、被覆アーク溶接法によって肉盛されたもので、金属Aは複合カーバイド系金属で高温での耐摩耗性が良好である。金属Bはクロムカーバイド系金属で表面硬化肉盛に使用されている。金属供試体C~Fは溶射金属でNiCr自溶合金粉末をガススプレイシステムで溶射され、溶射層を再溶融させて素地と強い金属的結合を形成している。

3. 室内摩耗試験 図1¹⁾は前報に詳細な説明がなされた室内摩耗試験機であり、今回もこの装置を使用した。まず回転テーブル上に岩石供試体を設置し、アームに固定した金属供試体を岩石上で半径12.8cmの円周上を摺動させる。乾燥・水浸状態の2つの状態を設定し、水浸状態として金属供試体と岩石供試体との接触部分に先端の口径1.6mmのノズルで水道水を約30 cm³/secの流量で噴射させて行った。また実際のリッピング作業を考慮して、摺動速度を約5 km/h接触面圧を400 kgf/cm²として、各段階における摩擦係数と金属の摩耗重量、表面硬さ、岩石の

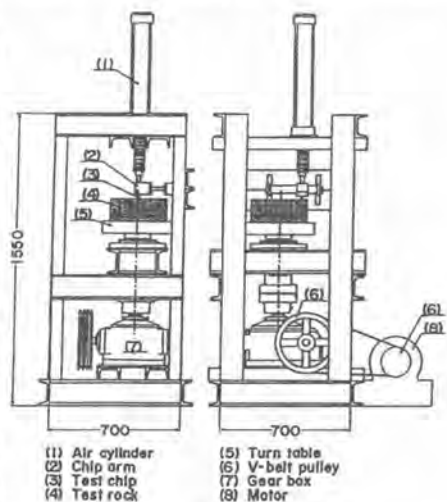


図1 室内摩耗試験機

表1 肉盛、溶射金属の材料特性

No.	Hs	Hv	HrC	Chemical Composition (%)													R*
				Cr	Si	Fe	C	Ni	B	V	W	Nb	Mo	Cu	WC-BN		
A	93.6	880	66.4	22.0	0	47.5	5.5	0	0	1.0	7.0	8.0	9.0	0	0	8.1	Weld
B	84.9	737	61.7	3.3	0	62	5	0	0	0	0	0	0	0	6.1		
C	78.8	657	58.6	17.0	4.0	4.0	1.0	7.05	3.5	0	0	0	0	0	2.4	Spray	
D	77.6	645	57.7	14.0	4.5	4.5	0.6	7.34	3.0	0	0	0	0	0	2.0		
E	78.9	663	58.6	16.0	4.0	4.0	0.5	6.43	4.0	0	2.4	0	2.4	0	2.6		
F	79.0	667	59.2	11.0	2.5	2.5	0.5	4.60	2.5	0	0	0	0	35.0	1.4		

* 硬質し軟化抵抗

溝深さを測定した。岩石として砂岩を用いた。その物性は見かけ比重 2.71 ± 0.01 、単軸圧縮強度 $2010 \pm 100 \text{ kgf/cm}^2$ 、超音波伝播速度 $1837 \pm 211 \text{ m/sec}$ 、鉱物組成は石英 28%、斜長石 42%、石基 18% である。

4. 肉盛金属の摩耗特性 図2は金属A, Bについて砂岩の乾燥・水浸状態における摩耗量と接触面圧について表したものである。乾燥状態の場合金属A, Bともに面圧約 110 kgf/cm^2 付近から金属供試体の岩石供試体との接触部分か赤熱し始めた。一方水浸状態でも面圧が約 110 kgf/cm^2 付近から赤熱し始めた。次に図3は金属A, Bについて乾燥・水浸状態における摩擦係数と接触面圧について表したものである。図からもわかるように低面圧下では不安定であるが高面圧下ではある一定の値に落ちつく。また乾燥状態と水浸状態を比べると水浸状態の方が摩擦係数が若干大きい。図4は金属A, Bについて乾燥・水浸状態における実験前後の硬度について表したものである。金属Aは乾燥・水浸状態とも低面圧下では硬化, 軟化を繰り返しながら全体的に硬化し, 高面圧下ではほぼ一定の値になる。金属Bは乾燥・水浸状態とも低面圧下でやや軟化を示し, それから安定した値をとるようになる。

5. 溶射金属の摩耗特性 図5は金属C~Fについて砂岩の乾燥・水浸状態における摩耗量と接触面圧について表したものである。図からもわかるように金属CとDの摩耗量はあまり差がない。これは二つの金属の化学成分がよく似ているためと考えられる。また, 金属Eは低面圧下では摩耗量がやや多いが金属Fの摩耗量は少ない。一方, 金属Fは高面圧下では特に乾燥状態は水浸状態に比べて摩耗量が急増している。図6は金属C, Dについて乾燥・水浸状態における摩擦係数と接触面圧について表したものであり, 図7は金属E, Fについてそれを表したものである。これからもわかるように, 肉盛金属の場合と同様な変化を示している。そして, やはり水浸状態の方が値が大きくなっている。図8は金属C~Fについて実験前後の硬度変化について表したものである。これからもわかるように金属Bのような顕著な軟化傾向はみられず, それほど大きな変化は見られなかった。図9は金属E, Fについて乾燥・水浸状態における砂

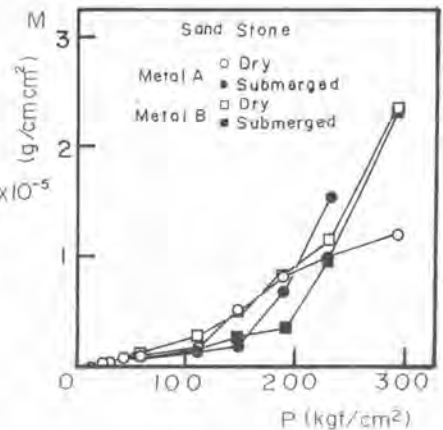


図2 肉盛金属A, Bの摩耗量Mと接触面圧Pとの関係

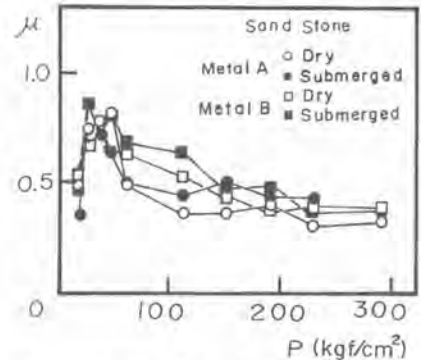


図3 肉盛金属A, Bの摩擦係数μと接触面圧Pとの関係

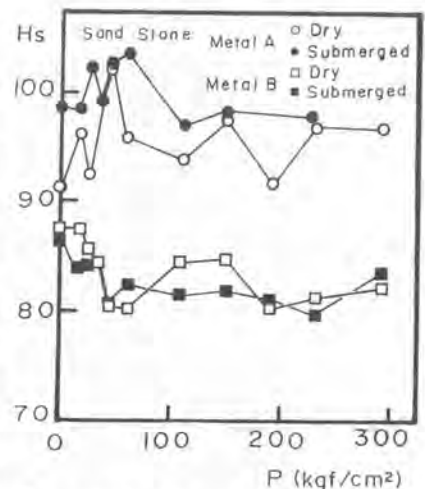


図4 肉盛金属A, Bのショア硬度Hsの接触面圧Pによる変化

岩の溝深さと接触面圧について表したものである。これからわかるように、水浸状態の方がよく削られている。そして金属別では金属Fの場合においてよく削られている。

6. 肉盛と溶射金属の比較 肉盛金属と溶射金属を比べると摩耗量については、肉盛金属の方がやや耐摩耗性に優れている。しかし摩擦係数については肉盛と溶射では、それほど大きな差はなかった。硬度変化についても金属Bを除いては顕著な軟化も見られなかった。これは金属Bを除く他の金属ではV, W, Mo, Nb, Si, Bなどの元素が焼き戻しによる軟化を遅滞させる働きがあるからと思われる。また、肉盛と溶射金属厚を比べると肉盛金属の方が表面処理によって層を厚くすることができこの点でも優れている。

7. 考察 まず接触面圧Pと摩耗量Mの関係を表わすと次のような実験式が得られた。これらの中には非常に高い相関が得られた。

金属供試体 A

乾燥状態 $0 \leq P$ $M = 3.98 \times 10^{-10} P^{1.85}$ (1)

水浸状態 $0 \leq P$ $M = 1.29 \times 10^{-9} P^{1.60}$ (2)

金属供試体 B

乾燥状態 $0 \leq P < 142.6 \text{ kgf/cm}^2$ $M = 6.61 \times 10^{-9} P^{1.30}$
 $142.6 \text{ kgf/cm}^2 \leq P$ $M = 4.82 \times 10^{-11} P^{2.30}$ (3)

水浸状態 $0 \leq P < 180.4 \text{ kgf/cm}^2$ $M = 4.51 \times 10^{-9} P^{1.34}$
 $180.4 \text{ kgf/cm}^2 \leq P$ $M = 1.21 \times 10^{-3} P^{3.36}$ (4)

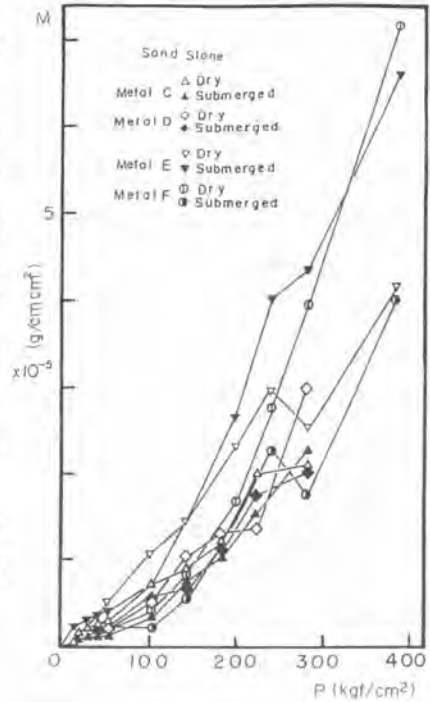


図5 溶射金属C, D, E, Fの摩耗量Mと接触面圧Pとの関係

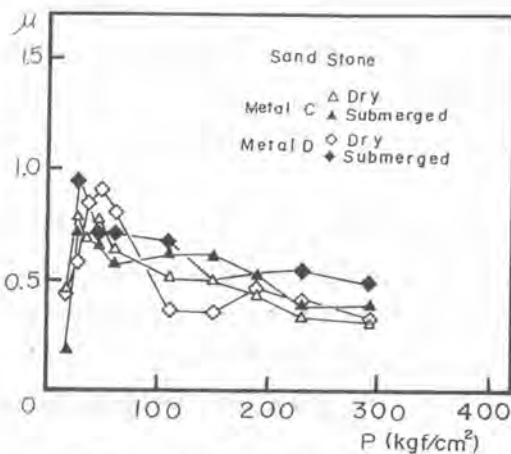


図6 溶射金属C, Dの摩擦係数μと接触面圧Pとの関係

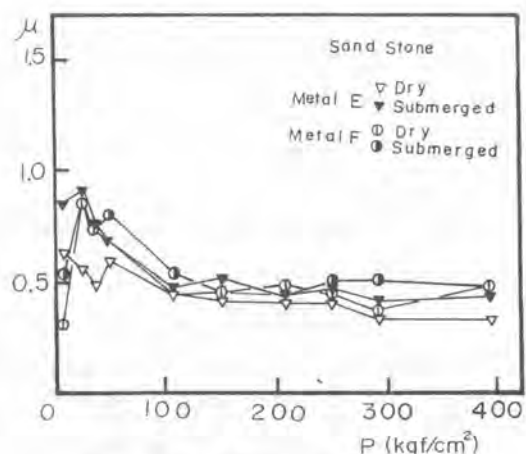


図7 溶射金属E, Fの摩擦係数μと接触面圧Pとの関係

金属供試体 C

乾燥状態 $0 \leq P$ $M = 7.55 \times 10^{-9} P^{1.43}$ (5)

水浸状態 $0 \leq P$ $M = 2.31 \times 10^{-9} P^{1.60}$ (6)

金属供試体 D

乾燥状態 $0 \leq P$ $M = 3.50 \times 10^{-9} P^{1.55}$ (7)

水浸状態 $0 \leq P$ $M = 2.56 \times 10^{-9} P^{1.60}$ (8)

金属供試体 E

乾燥状態 $0 \leq P$ $M = 9.21 \times 10^{-8} P^{1.04}$ (9)

水浸状態

$0 \leq P < 66.0 \text{ kgf/cm}^2$ $M = 7.23 \times 10^{-7} P^{0.35}$

$66.0 \text{ kgf/cm}^2 \leq P$ $M = 1.52 \times 10^{-9} P^{1.81}$ (10)

金属供試体 F

乾燥状態 $0 \leq P < 117.8 \text{ kgf/cm}^2$ $M = 2.98 \times 10^{-8} P^{1.02}$ (11)

$117.8 \text{ kgf/cm}^2 \leq P$ $M = 2.02 \times 10^{-11} P^{2.55}$

水浸状態 $0 \leq P < 102.4 \text{ kgf/cm}^2$ $M = 1.23 \times 10^{-7} P^{0.56}$ (12)

$102.4 \text{ kgf/cm}^2 \leq P$ $M = 3.21 \times 10^{-12} P^{2.84}$

以上のようになった。また、摩擦係数の場合水浸状態の方が大きい値を示す。これは乾燥状態の場合金属や岩石の摩耗粉が両供試体の間にはいりこみそれらが転がることによって小さくし、水浸状態の場合噴流水によって摩耗粉が洗い流され、金属が常に新しい岩石面と接するためであると考えられる。また金属Fの乾燥状態で特に高面圧下で摩耗量が多いのは、金属Fに含まれているモース硬度9、融点が2870℃という非常に硬いタンゲステンカーバイド粒子が融解せず摩耗粉として残り、これが砂岩の空隙に目づまりして逆に金属を摩耗させたものと考えられる。溝深さに関しては、金属EとFを比べた場合、金属Fの方がよく削られているが、これもこのタンゲステンカーバイド粒子の影響を受けていると考えられる。

8. 結論 今回用いた金属で、一番耐摩耗性があったのは肉盛金属Aであった。これは初期表面硬度が他の金属より高いためと焼き戻し軟化抵抗Rが最も高く、高面圧下でも軟化しなかったためと考えられる。また溶射金属Fのように、硬いタンゲステンカーバイド粒子を含むために低面圧下では良好な耐摩耗性を示したが、高面圧下の乾燥状態においては逆に摩耗量は増加した。

参考文献 1) 室達朗, 榎明潔: 岩盤掘削におけるリップチップの耐摩耗評価, 建設機械と施工法シンポジウム論文集(1981) pp. 9-12.
2) 室達朗: リッパーチップの金属材料と摩耗寿命, 愛媛大学紀要第3部工学, 9-4(1981) pp. 339-410.

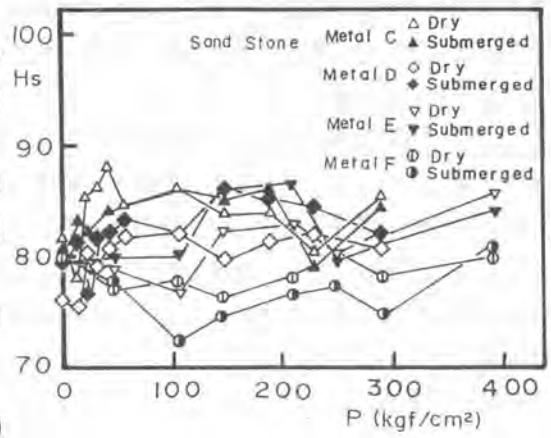


図8 ショア硬さHsの接触面圧Pによる変化

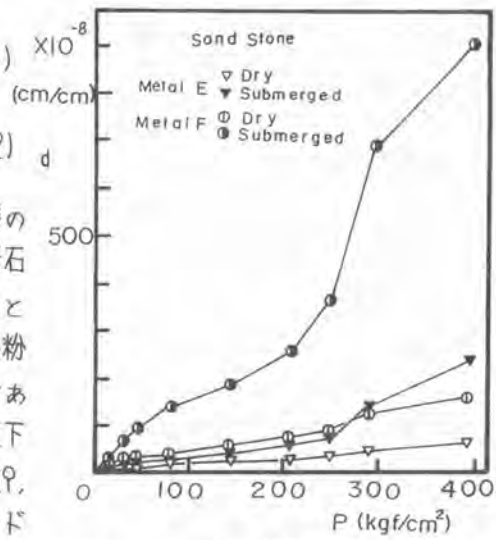


図9 溝深さdと接触面圧Pとの関係