

研削材の種類がブラスト鋼素地表面の線粗さと静止摩擦係数に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員	○金子 岳史	九州大学大学院 フェロー会員	貝沼 重信
九州大学大学院 学生会員	キム アラン	九州大学大学院 学生会員	谷川 慶太
池田工業(株) 正会員	池田 龍哉	極東メタリコン(株) 正会員	小寺 建史

1. はじめに 鋼橋などの鋼構造物における塗装塗替え後の塗膜の耐久性や高力ボルト連結部のすべり係数は、ブラスト素地調整による鋼素地表面のアンカーパターンに主として依存する。これまで、鋼素地調整の品質向上を目的として、様々なブラスト関連技術が開発されてきた。しかし、ブラスト処理条件が鋼素地表面のアンカーパターンやすべり係数に及ぼす影響については不明な点が多い。そこで、本研究ではブラスト処理条件である研削材の種類、投射角度、圧力および距離が鋼素地表面の線粗さや静止摩擦係数に及ぼす影響について検討した。

2. 試験方法 試験体の供試鋼材には、板厚 6mm の JIS G3106 SM490A の鋼板 (150×70mm) を用いた。試験体の表面は、素地調整前の鋼素地表面の傷が素地調整後の表面の微視形状に影響を及ぼさないように表面処理した。表面処理はフライス加工 (切削径: 50mm, 切削速度: 215m/min, 回転数: 1.37×10^3 rpm, 刃材質: サーメット) した後、電動サンダ (研磨紙の粗さ: #600) で研磨することで、表面粗さ R_{zjs} と R_a がそれぞれ 30 μ m 以下と 3 μ m 以下になるように実施した。ブラストのノズルには、直圧式のストレート型ノズル (ボロンノズル製, 内径: 5mm, 長さ: 64mm) を用いた。研削材には新設と既設の橋梁に、それぞれ一般に採用されるスチールグリットとフェロニッケルスラグを選定した。これらの研削材に加えて、既設橋梁でバキュームブラストに採用されておりモース硬度が比較的高い溶解溶融アルミナサンドを選定した。また、これらの研削材の粒度分布が極力同じになるように調整配合した。研削材の仕様、およびマクロ写真をそれぞれ表-1 および図-1 に示す。投射圧力 p は国内で一般に採用されている 0.7N/mm² を採用した。投射距離 l は塗膜や孔食が存在する場合を想定した 10cm, 広範囲の施工を想定した 50cm の中間値である 30cm とした。投射角度 θ は現場の作業効率を考慮した場合、角度が 60° で施工することが多いため投射角度は 60° とした。試験に先立って、投射時間を線粗さ (R_{zjs} , R_a) と鋼材に設置したアルメンストリップのアーケハイトを指標として検討した。その結果、鋼素地表面の線粗さ (R_{zjs} , R_a) とアーケハイトは、それぞれ 5sec. 以上および 10sec. 以上になるとほぼ一定になったため、本試験では投射時間を 10sec. とした。ブラストした鋼素地表面の性状は、3次元形状測定レーザー顕微鏡 (スポット径: 0.4 μ m, 移動分解能: 0.01 μ m) を用いて 2.5 μ m ピッチで測定した。なお、測定領域は各試験体のブラスト処理中央部 (2.5×10 mm) とした。表面粗さは線粗さ (R_{zjs} , R_a , R_{Sm}) に基づき評価した後、測定領域の 10mm×11 lines の平均値を算出した。静止摩擦係数の測定には、鋼材表面と静摩擦計 (測定範囲: 0-1.3 μ s, 分解能: 1.0×10^{-3} , 測定方式: VCM センサ, 測定面積: $\phi 26$ mm) の接触面であるスライダに研磨紙 (粗さ: #4000, 基材厚: 75 μ m, 材質: ポリエステルフィルム, 砥材: ホワイトアラシダムの研磨紙) を貼付し、この研磨紙に対する相対的な静止摩擦係数を測定した。なお、経時劣化や接触面などを考慮した予備試験を実施することで本試験に用いた研磨紙を選定した。

3. 試験結果 各研削材の表面性状と断面形状を図-2 に示す。ここでは、投射の圧力 p , 距離 l および角度 θ をそれぞれ 0.7N/mm², 30cm および 60° とした場合の結果を示している。表面性状については、各研削材によらず同程度になっている。一方、断面性状については、フェロニッケルスラグの粗さは他の研削材に比して小さくなっている。各研削材の投射角度 θ における各線粗さ R_{zjs} , R_a および R_{Sm} を図-3 に示す。フェロニッケルスラグの R_{zjs} と R_a は、他の研削材に比して小さい傾向にあるが、 R_{Sm} については同程度になっている。また、図-3 で示した研削材の比重が大きいほど R_{zjs} と R_a が大きくなっている。研削材の種類により R_{zjs} と R_a に差異が生じている要因は、研削材の比重が大きいほど研削力が増加するためと考えられる。研削材の有する衝突エネルギー E は研削材の平均粒径 d (m), 密度 ρ (kg/m³), 速度 v (m/s) を用いて $1/12\pi d^3 \rho v^2$ と表すことができる¹⁾。本研究では各研削材の粒度分布を同様にしてしているため、 d は研削材の種類によらずほぼ同一とみなせる。 v は研削材によらず一定であると仮定すると、 ρ のみが E に影響を及ぼすことになる。したがって、研削材の比重がフェロニッケルスラグ、溶解アルミナサンド、スチールグリットの順に大きくなるため、この順で E が増加する、すなわち研削力が増加すると言える。 R_{zjs} と R_a は、高さ方向の粗さ指標であり粗さの深さを表すため、研削力が大きいほどこれらの値が大きくなる。一方、 R_{Sm} が研削材の種類にほとんど依存しない理由は、粗さの深さ方向の指標である R_{zjs} と R_a に対して R_{Sm} が粗さの幅方向の指標であり、研削力の影響が小さいためと考えられる。ブラスト後の鋼素地表面は、複雑に入り組んだアンカーパターンになるため単純な波形で表現することはできない。このため、粗さの深さを示す R_{zjs} と R_a は研削力が大きいほど増加するが、粗さの波形の周期を意味する R_{Sm} は研削力との相関がほとんど無いと推察される。各研削材による鋼素地表面の静止摩擦係数を図-4 に示す。前述した線粗さと同様に θ が増加するほど静止摩擦係数が減少する傾向にある。線粗さは研削材の種類に依存するが静止摩擦係数は研削材によらず同程度になっている。 θ が増加するほど静止摩擦係数が減少する理由は、 θ が大きいと研削材の残留度が高くなるためと考えられる²⁾。研削材の残留度が高い場合、低い場合に比して残留した研削材により粗さの凹凸が形成されにくくなる。このため、 θ が大きいほど鋼素地表面が平滑になるため静止摩擦係数が小さくなると推察される。

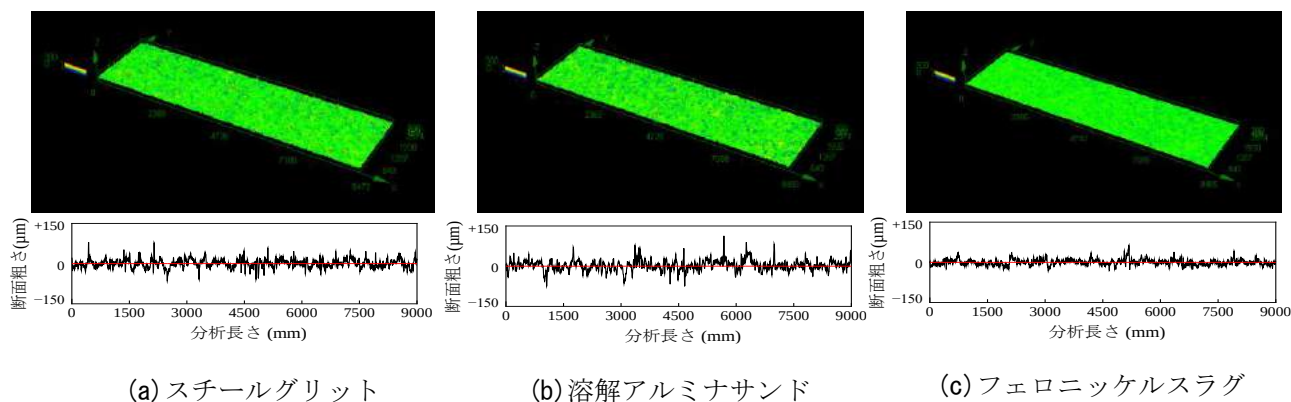
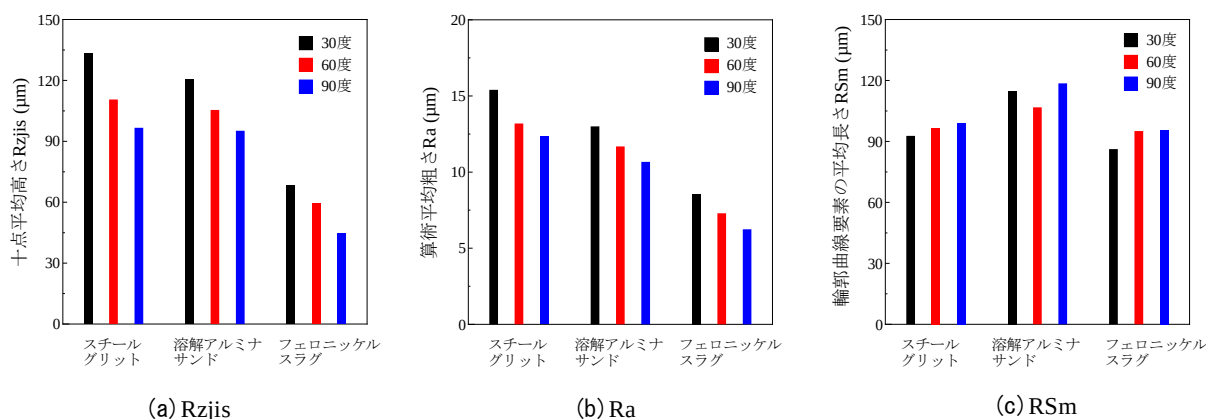
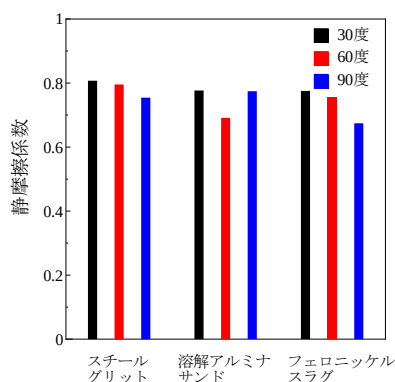


(a) スチールグリット (b) 溶解アルミナサンド (c) フェロニッケルスラグ

図-1 各研削材のマクロ写真 (100 倍)

表-1 各研削材の比重, JIS 粒度指数および HV

研削材	比重	JIS 粒度指数	HV
スチールグリット	7.4	52.6	904
溶解アルミナサンド	4.0	57.8	1810
フェロニッケルスラグ	3.0	59.3	786

図-2 各研削材による鋼素地表面と断面性状 ($p=0.7\text{N/mm}^2$, $l=30\text{cm}$, $\theta=60^\circ$)図-3 研削材の投射角度が線粗さに及ぼす影響 ($p=0.7\text{N/mm}^2$, $l=30\text{cm}$)図-4 研削材の投射角度が静止摩擦係数に及ぼす影響 ($p=0.7\text{N/mm}^2$, $l=30\text{cm}$)

4. まとめ 1) 線粗さ Rzjis と Ra は, 研削材の比重が大きいくほど増加する. また, RSm については研削材の種類 (スチールグリット, 溶解アルミナサンド, フェロニッケルスラグ) にほとんど依存せず, 同程度になる. 2) 静止摩擦係数は研削材の種類によらず同程度になる. また, 投射角度が大きくなるほど静止摩擦係数は小さくなる.

参考文献 1) 窪堀俊文, 倉本賢司, 乾保之, 森本純司: プラスト材の耐久性に関する研究, 高温学会誌, Vol35, No.6, pp308-313, 2009. 2) キムアラン, 貝沼重信, 渡邊亮太, 池田龍哉, 小寺建史: プラスト処理条件が鋼素地の表面性状と研削材の残留度に及ぼす影響, 鋼構造年次論文報告集, Vol25, No.107, pp737-742