

ブラスト素地調整の施工条件が静摩擦係数に及ぼす影響に関する基礎的検討

九州大学大学院 学生会員 ○渡邊 亮太 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替え後の塗膜の耐久性や高力ボルトの摩擦接合におけるすべり係数は、素地調整後の表面性状に大きく依存する。しかし、ブラスト処理の研削材、投射の圧力、距離、角度などの施工条件が塗膜の耐久性やすべり係数に及ぼす影響については不明な点が多い。本研究では、これらのブラスト処理の施工条件が線粗さと表面粗さに及ぼす影響について明らかにした上で、これらの粗さと静摩擦係数との相関について検討した。

2. 試験方法 試験体の供試鋼材には、JIS G 3106 SM490A のウェザロサイズ (150×70×6mm) の鋼板を用いた。試験体の表面は、素地調整前の表面性状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、ブラスト処理前に鋼板表面を電動サンダ (研磨紙の粗さ: #40-#600) で研磨した。本試験における施工条件のパラメータは、橋梁のブラスト施工で一般に採用される条件に基づき、表-1 に示す研削材、投射の圧力、距離、角度および体積とした。ブラストノズルの径は 5mm とした。研削材には新設と既設の橋梁に対して、一般に採用されるスチールグリットおよびフェロニッケルスラグを選定した。また、現場で採用されている硬度が比較的高い溶解アルミナサンドも選定した。本稿では溶解アルミナサンドの検討結果について示す。投射圧力は国内で一般に採用されている 0.7N/mm² を基準とした。また、圧損を考慮した 0.5N/mm²、米国などの諸国外で採用されている高圧ブラスト¹⁾を参考に 0.9N/mm² も採用した。投射距離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、これらの中間値である 30cm とした。さらに、20cm を追加した。投射角度は現場の作業効率を考慮した場合、角度が 30° から 60° で施工することが多い。そこで、対象面に対する投射角度は 30° と 60° とした。さらに、90° を追加した。また、現場施工では投射時間で管理することが難しいため、投射体積で管理されることが多い。そこで、各研削材の比重に基づき投射体積を統一することでブラストを実施した。投射体積について、10 秒程度以下の短時間の施工では投射量が安定しないこと、また、長時間投射すると投射圧が減少するため一定条件が施工困難になることから、本試験の研削材で最も比重の大きなスチールグリットの投射時間 30 秒の投射体積を基準とすることで、各研削材の投射体積を統一した。各投射圧における投射体積は、投射圧 0.5、0.7、0.9 N/mm² に対して、それぞれ約 165、224、275 cm³ とした。ブラスト後の鋼材の表面性状は、3 次元形状測定レーザー顕微鏡 (スポット径: 0.4μm、移動分解能: 0.01μm) を用いて評価した。レーザー顕微鏡による測定では、各試験体に対してブラスト処理した中央部の 1 箇所 (2.5×10 mm) の領域を対象とし、測定ピッチは 2.5μm とした。静摩擦係数の測定には、鋼材表面と静摩擦計 (測定範囲: 0-1.3μs、分解能: 1.0×10⁻³、測定方式: VCM センサ、測定面積: φ26mm) の接触面であるスライダにシートを貼付し、このシートに対する相対的な静摩擦係数を測定した。なお、シートには保管時の経時劣化、同材料・物性の供給やブラスト面との面接触などの問題から樹脂フィルムの適用が困難であるため、これらの問題が生じない精密フィルム研磨紙を選定した。研磨紙には予備試験における測定値のばらつき等を考慮して、粗さ、基材厚、材質および砥材がそれぞれ #4000、75μm、ポリエステルフィルム、ホワイトアランダム の研磨紙とした。

3. 試験結果 ブラスト素地調整後の投射圧力 p 、投射距離 l および投射角度 θ における静摩擦係数 μ を図-1 に示す。 p における μ に有意差はない。一方、 l の増加に伴い、 μ は増加する傾向にある。これは各投射距離における投射密度の差異による影響と考えられる。 l が 10cm の場合、他の距離に比して投射密度が高いため、投射中央部の鋼材表面が切削される。その結果、鋼材表面の凹凸が形成されず比較的静摩擦係数が小さくなったと考えられる。また、 θ の減少に伴い、 μ は増加する傾向にある。これは各投射角度における衝突力と研削力の差異による影響と考えられる。 θ が減少するにしたがって研削材の衝突力に比して研削力が増加する。さらに、表面凹凸の形成には衝突力に比して研削力による影響が大きいと考えられる。そのため、 θ の減少に伴い、表面凹凸が増加し静摩擦係数が大きくなったと考えられる。このことから、静摩擦係数の観点からは l を 20-50cm とし、 θ を 30-60° とすることが適切であると言える。ただし、 l が 10cm で p が 0.7 N/mm² 以上の場合、 θ が 30、60° に比して 90° の μ が大きくなっている。これは、他の施工条件に比して鋼材表面の減耗量が大きくスライダとの接触面が凹部になり測定時におけるスライダの移動が阻害されたためと考えられる。そのため、前述した条件については粗さパラメータと静摩擦係数の相関性の考察からは除外した。

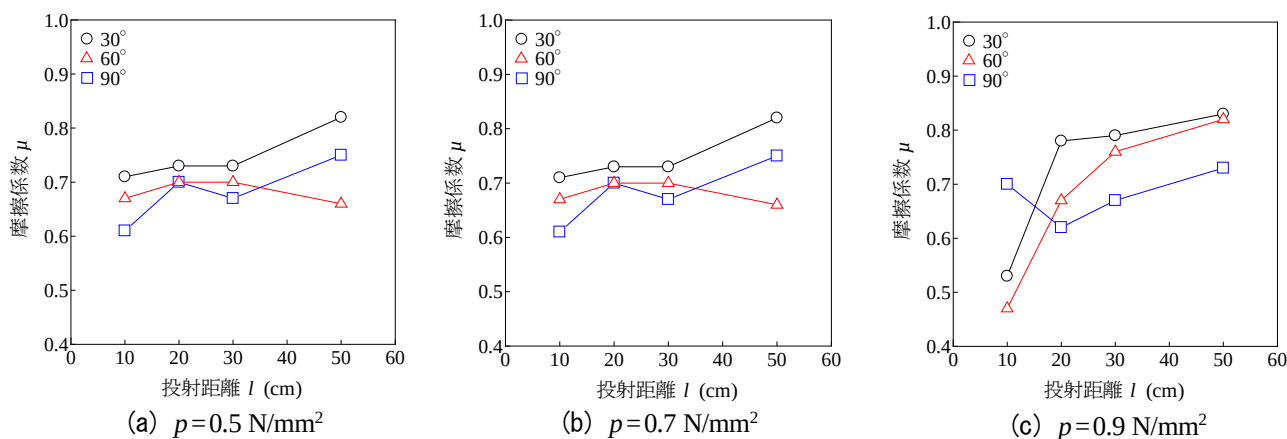
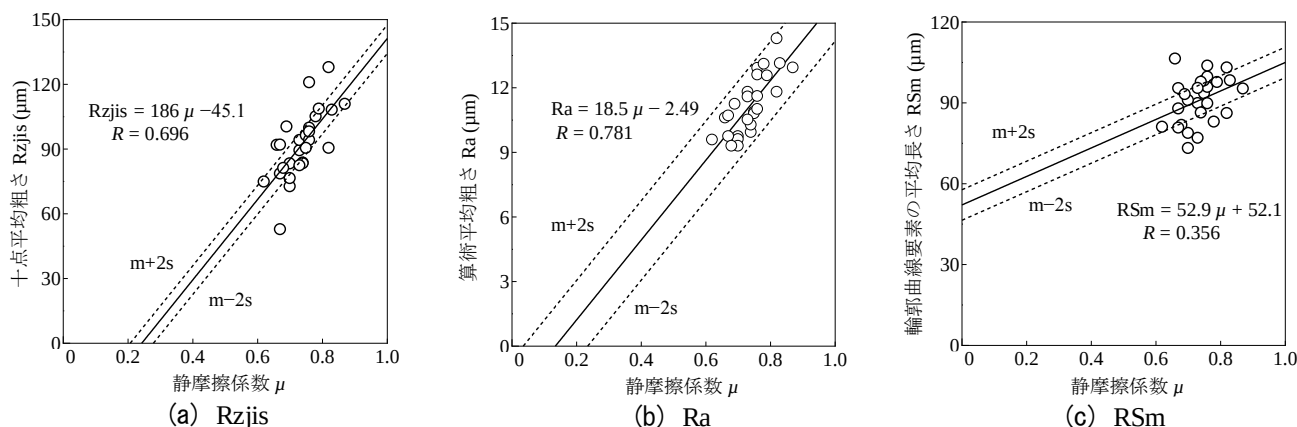
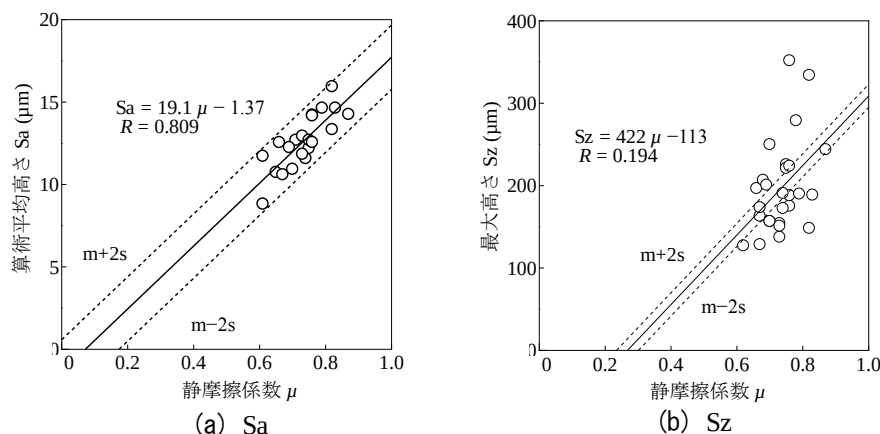
各線粗さ Rzjis、Ra および RSm における静摩擦係数 μ を図-2 に示す。線粗さは十点平均高さ Rzjis、算術平均粗さ Ra および輪郭曲線要素の平均長さ RSm を示す。線粗さについてはレーザー顕微鏡の各測定結果から 10mm×11 lines の平

表-1 ブラスト施工条件

研削材	投射圧力 p (N/mm ²) /投射体積 v (cm ³)	投射角度 θ (°)	投射距離 l (cm)
スチールグリット			
モース硬度: 10 (HV: 904), JIS 粒度指数: 52.6, 比重: 7.4	0.5/165	30	10
フェロニッケルスラグ			20
モース硬度: 7.5 (HV: 786), JIS 粒度指数: 59.3, 比重: 3.0	0.7/224	60	30
溶解アルミナサンド			50
モース硬度: 12 (HV: 1810), JIS 粒度指数: 57.8, 比重: 4.0	0.9/275	90	

キーワード 素地調整, ブラスト, 表面性状, 静摩擦係数

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 ウェスト2号館 1104号室 TEL 092-802-3392

図-1 ブラスト施工条件が静摩擦係数 μ に及ぼす影響図-2 線粗さと静摩擦係数 μ の関係図-3 表面粗さと静摩擦係数 μ の関係

均値を算出した。表面凹凸の高さに相当する Rzjis と Ra は表面凹凸の幅に相当する RSm に比して相関性が高い。特に、Ra は相関係数 R が 0.78 程度であり相関性が高い。したがって、ブラスト素地調整後の鋼材表面の静摩擦係数は、表面凹凸の高さ方向に依存すると言える。

3次元表面粗さ Sa と Sz における静摩擦係数 μ を図-3 に示す。表面粗さは算術平均粗さ Sa と最大高さ Sz を示す。表面粗さについては、レーザー顕微鏡の全測定領域に基づき算出した。Sa の相関係数 R は線粗さ Ra とほぼ同程度になっている。このことから、粗さには異方性が無いため、2次元あるいは3次元のパラメータを用いて μ を評価できると言える。一方、Sz については、相関係数 R が 0.19 程度と相関性が低い。これは、測定面における傷部等の特異な部分を抽出しているためである。

4. まとめ 本研究では研削材、投射の圧力、距離、角度および体積のブラスト施工条件が静摩擦係数に及ぼす影響について検討した。得られた主な結果を以下に示す。1) 投射距離が増加するほど、また、水平に対する投射角度が小さくなるほど、静摩擦係数が増加する。2) 静摩擦係数は表面凹凸の幅に比して、高さ方向に相当する線粗さと比較的高い相関性を有し、特に算術平均粗さと高い相関がある。

今後は静摩擦係数が塗膜付着性能やボルトのすべり係数に及ぼす影響について検討する予定である。

参考文献 1) SSPC: Surface Preparation Commentary for Metal Substrates, SSPC-SP COM, 2015.