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評価

九州大学大学院	学生会員	○渡邉	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,これらの粗さが静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, 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モース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. 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ドの投射時間 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: 0.4 µm, 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(2.5×10mm)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 30-50cm 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 c pが 0.7 N/mm²以上の場合, θ が 30, 60° に比して 90° $\rho \mu$ 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 R_{zjis}, R_aおよび R_{sm}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 R_{zjis},算術平均粗さ R_aおよび輪郭曲線要素の平均長さ R_{sm}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 の平均値を算出した.表面凹凸の高さに相当する R_{ziis}と R_aは表面凹凸の幅に相当する R_{sm}に比して相関性が高い.

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



特に, R_aは相関係数 R が 0.8 以上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,表面凹凸の高さ深さ方向に依存すると言える.

3次元表面粗さ S_a と S_z 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 S_a と最大高さ S_z 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. S_a の相関係数 R は線粗さ R_a 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、 S_z 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.