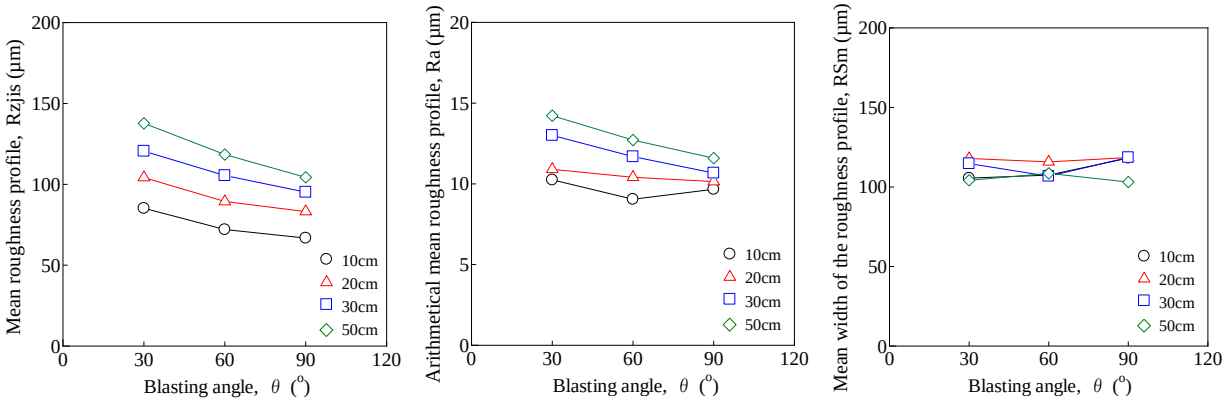
ブラスト素地調整が鋼材の表面性状と電気化学特性に及ぼす影響評価

九州大学大学院　学生会員　○キム　アラン　　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　金子　岳史　　池田工業㈱　正会員　池田　龍哉
極東メタリコン㈱　正会員　小寺　建史

1. はじめに　鋼構造物における塗装塗替え後の塗膜の耐久性は，鋼素地表面のアンカーパターン，素地調整後の腐食生成物や塩類の残留度に依存する．そのため，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，ブラスト処理の施工条件が鋼素地表面のアンカーパターンに及ぼす影響については，一部検討されているが[1]，現在も不明な点が多い．また，研削材の残留が塗膜の付着性能や塗膜下腐食劣化に及ぼす影響についても，先行研究では検討されてない．そこで，本研究ではブラスト処理した鋼素地表面の研削材残留と腐食特性を検討するために，鋼素地表面の SEM-EDX 分析，および自然電位と分極曲線の測定を行った．

2. 試験方法　試験体の供試鋼材には，板厚 6mm の JIS G3106 SM490A 鋼板（150×70mm）を用いた．また，試験体の表面はブラスト前の表面性状がブラスト後の表面粗さに影響を及ぼさないようにフライス加工（切削径：50mm，切削速度：215m/min，回転数：1369 (rev./min)，刃材質：サーメット）した後，電動サンダ（研磨紙の粗さ：#600）を用いてブラスト前の鋼素地表面を研磨した．研磨後の線粗さの Rzjis と Ra 目標値は，それぞれ 30μm 以下と 3μm 以下とした．ブラストのノズル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．本試験におけるブラスト処理条件は，鋼橋の塗装塗替え時の現場で一般に採用されている条件に基づき，研削材，投射の圧力，距離，角度および時間とした．研削材は既設橋梁に用いられており，ビッカース硬度が比較的高い溶解アルミナサンド（モース硬さ：12（HV：1810），JIS 粒度指数：57.8，比重：4.0）を用いた．投射圧力は国内の橋梁の塗装塗替えの現場で一般に採用されている 0.7N/mm^2 を基準とした．投射距離は一般に塗膜や孔食が存在する場合は 10-20cm，広い範囲を施工する場合は 50cm 程度以下であるため，その中間距離である 30cm を追加して，10，20，30cm および 50cm とした．投射角度は作業効率を考慮した場合，ミルスケールが存在する場合は 90º，塗膜を除去する場合は 30-60º の条件で一般的に施工するため，30，60º および 90º とした．投射時間は投射重量で管理が困難なため，10sec で統一した．ブラスト後の鋼素地の表面性状と断面形状は 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）を用いて測定した．測定ピッチは 2.5μm で各試験体の中央部の 2.5×10mm を測定し，基線長を 10mm とした 11line の平均値で線粗さを算出した．線粗さは表面起伏の高さ方向に相当する十点平均高さ Rzjis，算術平均粗さ Ra および表面起伏の幅に相当する輪郭曲線要素の平均長さ RSm についても評価した．ブラスト素地調整後の表面中央を低真空の条件の下で SEM を用いて観察し，EDX により元素分析（Fe，O，Al）した．構成元素は研削材の主成分である Al についてマッピングした．さらに，本研究ではブラスト後の鋼素地表面の腐食特性の基礎的指標を得るために，参照電極に飽和 Ag/AgCl 電極を用いて自然電位を測定した．また，試験体の分極測定を行うことで，電位による試験体の水溶液中におけるイオン化，および電流密度による腐食速度を評価した．参照電極と電極の接続は自然電位の測定と同様として，対極には Pt 板（70×40×1mm）を用いた．電位掃引速度は 0.33mV/s（JIS G 0579）として，自然電位の-0.1mV から分極を開始した．

3. 試験結果　ブラスト処理後の投射距離 l と垂直に対する投射角度 θ に対する鋼素地表面の線粗さ Rzjis，Ra および RSm の関係を図-1 に示す．図-1 (a) と図-1 (b) に示すように，Rzjis と Ra の傾向は同様であり，θ の増加にしたがって減少する傾向にある．また，l が増加するほど，Rzjis と Ra は増加している．この結果から，θ が増加するにしたがって，研削材の衝突エネルギーは大きくなるが，鋼素地表面に研削材が埋め込まれやすくなるため，鋼素地表面の線粗さ Rzjis と Ra は減少したと推察される．また，l が増加すると投射密度が減少するため，鋼素地表面の線粗さ Rzjis と Ra は増加したと考えられる．輪郭曲線要素の平均長さ RSm については，図-1 (c) に示すように，θ と l によらずほとんど変化してない．ブラスト処理後の鋼素地表面をレーザー顕微鏡により測定する場合，



(a) Rzjis　(b) Ra　(c) RSm

図-1　投射距離と角度が鋼素地の表面性状に及ぼす影響（p=0.7N/mm^2）

キーワード　ブラスト素地調整，線粗さ，研削材残留，腐食特性
連絡先　〒819-0395　福岡市西区元岡744番地 ウエスト2号館 1104号室　TEL 092-802-3392

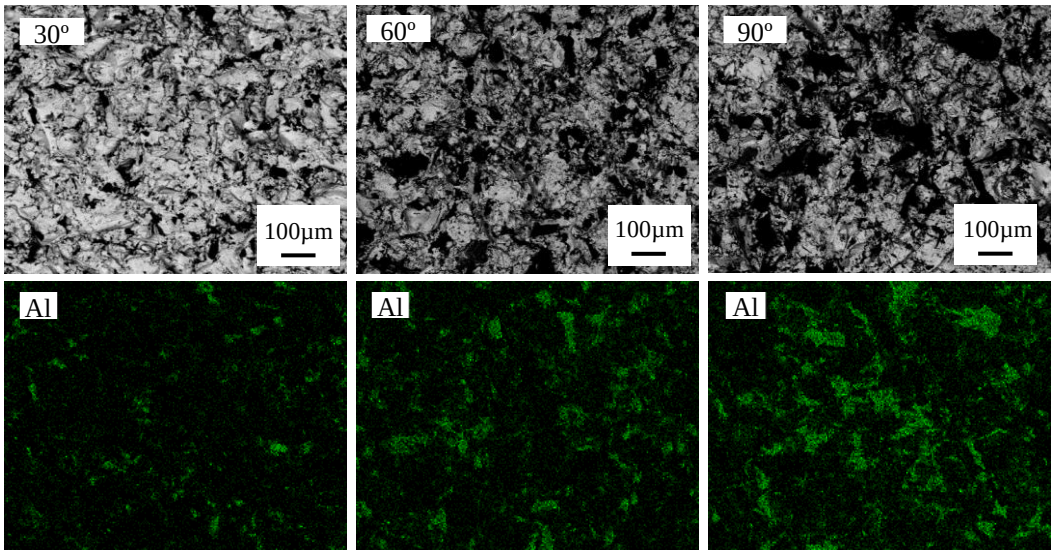


図-2　SEM 画像と SEM-EDX による Al 元素のマッピング（ p =0.7 N/mm^2, l =30cm）

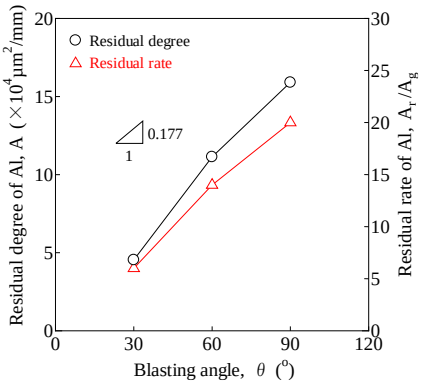


図-3　投射角度が Al 研削材の残留度の関係

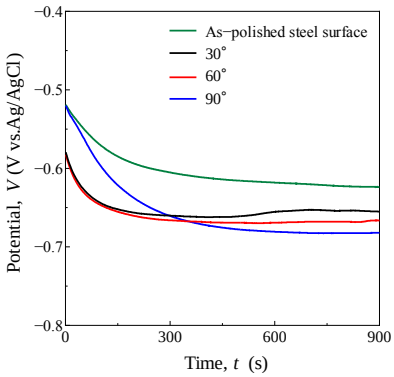


図-4　電位の経時性変化

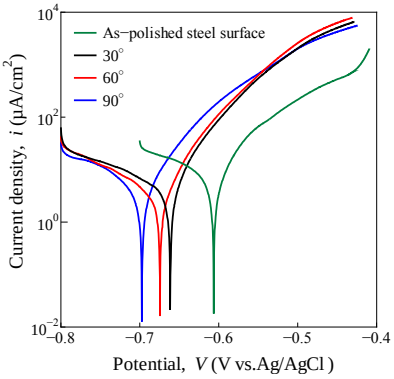


図-5　分極曲線

レーザーの照射範囲は鋼板の鉛直方向のみとなる．したがって，複雑なアンカーパターンの谷部は測定できないため，RSm の差異は小さくなると考えられる．θ を 30，60 および 90º に変化させた場合の鋼素地断面の SEM 画像および SEM-EDX による Al のマッピングを**図-2** に示す．図中には，p と l をそれぞれ 0.7N/mm^2 と 30cm の場合について示している．また，単位面積当たりの Al 面積を残留度 A，A を総面積 A_g で除した値を残留率 A_r/A_g とし，θ を 30，60 および 90 °に変化させた場合の残留度 A と残留率 A_r/A_g を**図-3** に示す．また，研削材の残留度は，θ の増加にともなって，増加しており，傾きは約 0.177 になっている．また，残留率は θ が 90º のとき最大になっており，約 0.2 になっている．電気化学試験に用いた電解液は，塗膜下腐食の発生の主要因である Cl に対する鋼素地の腐食特性を検討するために NaClaq とした．3.5mass% NaClaq において，研磨鋼板とブラスト鋼板の θ を 30，60 および 90º に変化させた場合の自然電位 V の経時性変化および分極曲線を**図-4** および**図-5** に示す．ここでは，表面研磨した鋼板（以下，研磨鋼板）に対して，p と l をそれぞれ 0.7 N/mm^2 と 30cm としてブラスト処理した鋼板を対象として，3.5mass% NaClaq の電解液を用いて測定した結果を示している．**図-4** に示すように，θ によらずブラスト鋼板の V は研磨鋼板に比して卑となっている．また，θ が増加するほど V が卑になっている．さらに，V は測定開始後約 15 分で安定している．この結果から，Al は Fe に比して卑な電位を示すため，Al が Cl に対して先行して酸化したと推察される．**図-5** に示す分極曲線については，研磨鋼板とブラスト鋼板の V とほぼ等しい V で分極電流密度 i が増加している．また，研磨鋼板の場合，ブラスト鋼板に比して腐食電流密度 i_{corr} が増加している．ブラスト鋼板の場合，アノード分極曲線の勾配は 90º が他の 30 と 60º に比して小さいが，ブラスト鋼板の i_{corr} は θ によらず同程度になっている．この結果から，鋼素地表面に研削材が残留することで，鋼材の自然電位は卑になり，i_{corr} が低下するため，研削材が鋼材を防食する作用があると考えられる．しかし，研削材が鋼素地表面に残留することで，塗膜の密着性が低下することも考えられるため，今後，塗膜も含めた検討を行うことで，鋼素地に残留した研削材が塗膜の耐久性や塗膜下腐食に及ぼす影響について解明する必要がある．

4. まとめ

1) 投射角度が垂直に対して小さくなるほど，また，投射距離が増加するほど，線粗さパラメータ Rzjis と Ra は増加する．2) 水平方向に対する投射角度が増加するほど，鋼素地表面における研削材の残留度は増加する．3) 研削材が残留した鋼素地表面の自然電位は鋼材に比して卑になるため，鋼材を防食する作用があると考えられる．しかし，研削材の残留により，塗膜の密着性の低下が考えられるため，今後，塗膜も含めた検討により，研削材の残留が塗膜の耐久性や塗膜下腐食に及ぼす影響について解明する必要がある．

参考文献　1）窪塚俊文：ブラスト加工と溶射密着性に関する研究，近畿大学 博士学位論文，1998.