## ブラストの研削材における鋼素地表面が電流インピーダンス特性に及ぼす影響

九州大学大学院	学生会員	〇キム	アラン	九州大学大学院	フェロー会員	貝沼	重信
				池田工業㈱	正会員	池田	龍哉

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、ブラスト処理条件が鋼素地表面に及ぼす影響 <sup>10</sup>やその鋼素地表面が防食性能に及ぼす 影響について検討されているが<sup>20</sup>、研削材残留が及ぼす影響については明らかにされていない. 本研究ではブラス トの研削材が鋼素地表面の腐食特性に及ぼす影響の基礎的指標を得ることを目的とした. そのため、ブラスト処 理した鋼素地の表面性状と研削材の残留度を明らかにするために、表面粗さ測定と SEM-EDX 分析を行った. ま た、ブラスト処理鋼素地表面の交流インピーダンス(EIS)を測定した.

2. 試験方法 試験体の供試鋼材には、JIS G3106 SM490A 鋼板(70×70×6mm)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:1,369 (rev./min),刃材質:サーメット)でブラスト前の鋼素地表面を機械加工した.フラ イス加工した後の表面線粗さ Raが 1µm 以下となった鋼板のみを試験体(以下,機械加工鋼板)に用いた.ブラス トノズルには、超音速まで加速するラバール型ノズルで、世界で実験や研究に一般的に採用されている SN156-550AP 型ノズル(ハイスピードベンチュリー型,内径:8.0-7.5mm,長さ:148mm)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用いられている諸条件に基づき、研削材、投射の圧力(投 射体積),角度および距離とした.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 (比重:12, 見掛け密度:3.59kg/dm<sup>3</sup>) とフェロニッケルスラグ(比重:3, 見掛け密度:1.57kg/dm<sup>3</sup>)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などに採用されており、モース硬度が比較的高い溶融 アルミナ(比重:4,見掛け密度:1.89kg/dm<sup>3</sup>)を選定した.各研削材の粒度 d は,425μm とした.研削材の化学 成分を表-1に示す. 投射圧力(投射体積),角度および距離はそれぞれ 0.7MPa (3.831/min), 60°および 300mm と した. ブラスト後の鋼素地表面の線粗さは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: 0.01um)を用いて測定した.測定ピッチは 0.2um で基線長を 10mm とした 11 線の平均値で線粗さを算出した.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 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 により元素分析した.分析面積は 4×3mm とし、構成元素は研削材の主成分である Fe, O, Al, Mg, Si についてマッピングした.本研究ではブラス ト処理後の鋼素地表面の腐食特性の基礎的指標を得るために、EIS 測定を実施した.電解液には 3.5mass% NaCl aq を用いた. 測定に先立って, 鋼素地表面の安定のため, 電解液に対象面を1時間浸漬した. 測定面積は 1cm<sup>2</sup>とし, 対極には Pt 板(50×10×1mm)を用いた.また、測定時の周波数範囲については、10mHzから100kHzとした. 3. 試験結果 各研削材による鋼素地表面の 10 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 を表-2 に示す.研削材によらず Rzjis と Raの傾向は同様であり、スチールグリット、溶融アルミナ、フェ ロニッケルスラグの順に小さくなっている. RSm については、フェロニッケルスラグ、溶融アルミナ、スチール グリットの順に小さくなっている.これは,研削材の比重および見掛け密度が大きいほど研削力が増加するため, 粗さの高さの指標であり Rzjis と Ra が大きくなり, RSm が小さくなったと考えられる. 各研削材でブラスト処理 した後の鋼素地表面の SEM-EDX による研削材の主元素マッピングを図-1 に示す. 溶融アルミナとフェロニッケ ルの主成分はそれぞれ Al と Mg, Si である.スチールグリットの場合,試験体と同様な成分のため,研削材の残 留は検出できなかった.一方,溶融アルミナとフェロニッケルスラグの場合,鋼素地表面に多量の研削材の残留が 観察され、対象面積に対する研削材の主元素の残留率は、それぞれ 20.6%と 87.2%であった。特に、フェロニッケ ルスラグの研削材の残留率は高く、溶融アルミナの約4倍になっている.これは比重および見掛け密度が小さい ほど鋼素地表面に衝突後,粉砕され,その研削材粒子が鋼素地表面の谷部に残留しやすいためと考えられる.鋼素 地表面のインピーダンスは,図-2に示す等価回路<sup>3</sup>で評価した.鋼素地表面のインピーダンス特性を図-3に示す. 図-3(a)はナイキスト線図である.機械加工鋼板については、ブラスト処理した鋼板に比して、半円の直径が著 しく大きくなっている.また,溶融アルミナとフェロニッケルスラグでブラスト処理した場合,半円の直径は同程 度になっている.一方、スチールグリットの場合については、他の研削材に比して半円の直径は最も小さくなって いる.これは、表-2と図-1に結果から、表面粗さと研削材度が影響を及ぼしていると推察される.ボード線図を 図-3(b)と図-3(c)に示す.低周波と高周波の傾向は同様であり、機械加工鋼板、フェロニッケルスラグ、溶融 アルミナ,スチールグリットの順に小さくなっている.また,-60°から-65°の範囲内の位相差についても,同様な 傾向である.表-2で示した表面粗さが減少するほど,腐食しにくくなる傾向にある.この結果は,L.Dingの研究 <sup>3)</sup>と同様な傾向を示している.また,研削材の残留度が増加するほど,腐食しにくくなる傾向にある.これらの結

6)

	(a) スチールグリット						_	表-2 鋼素地	粗さ		
	Fe	С	Si	Mn	Р	S	_		→ 線粗さ(µm)		1)
	94.0	1.20	0.40	0.35	0.05	0.05	_	試験体	Rzjis	Ra	RSm
(b) 溶融アルミナとフェロニッケルスラグ						機械加工鋼板	3.61	0.552	1,110		
	研削材		SiO <sub>2</sub>	MgO	$Al_2O_3$	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	スチールグリット	42.2	9.20	320
泽	容融アルミ	ナ	1.76	0.37	94.0	0.89	0.47	溶融アルミナ	38.6	8.30	354
フェロ	ニッケル	スラグ	55.5	25.9	2.86	7.20	5.81	フェロニッケルスラグ	34.5	7.60	362



果から, 鋼素地の表面粗さと研削材の残留度は, 鋼素地の腐食特性に影響を及ぼすと言える. 各研削材でブラスト 処理した鋼素地表面の腐食状況を表-3 に示す. EIS 測定前の溶融アルミナとフェロニッケルスラグの場合, 図-1 に示す結果と同様で鋼素地表面に研削材の残留が観察される.一方, 測定後については, 残留している研削材以外 の部分が腐食している. 特に, 研削材の残留が多いフェロニッケルスラグについて, その腐食反応面積が小さくな っている.一方, スチールグリットについては, 全面的に腐食している. この結果から, 鋼素地表面の研削材が残 留することで, 腐食反応面積が小さくなるため, 腐食しにくくなったと言える.

**4. まとめ** 1) 研削材の比重が減少するほど,鋼素地表面の粗さが減少し,研削材の残留が増加する. 2) 鋼素地 表面の粗さ性状が減少するほど,また,研削材の残留度が増加するほど,腐食反応面積が小さくなるため,鋼素地 表面は腐食しにくくなる.

**参考文献** 1) 窪堀俊文, N. Z. B. Khalil, 東條裕一, 高橋重隆: 円筒面のブラスト加工における噴射角度の影響, 高温学会誌, Vol.37, No.6, pp.316-320, 2011. 2) L. Ding, H. Torbati-Sarraf and A. Poursaee : The influence of the sandblasting as a surface mechanical attrition treatment on the electrochemical behavior of carbon steel in different pH solutions, Surface and Coatings Technology, Vol 352, pp.112-119, 2018. 3) S. He, Z. Wang, J. Hu, J. Zhu, L. Wei and Z. Chen : Formation of superhydrophobic micro-nanostructured iron oxide for corrosion protection of N80 steel, Materials & Design, Vol 160, pp.84-94, 2018.