

研削材を用いた超高压水混相流体による表面処理の施工条件が鋼素地表面状態に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 ○豊田 凌平 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 パク サンホン 池田工業(株) 正会員 池田 龍哉
西日本高速道路(株) 正会員 豊田 雄介 (株)スギノマシン 非会員 荒川 武彦

1. はじめに ブラスト処理による素地調整では、鋼素地内部に残留した塩類を含む腐食生成物を完全に除去することは困難である。塩類が鋼素地に残置されると、塗膜下腐食が早期に発生しやすくなる。そこで、著者らは研削材を用いた超高压水混相流体による新技術（以下、AWT）を開発した。この技術により、超高压水流に研削材を加えた混相流体を拡散ノズルから重度腐食部材に超音速（約マッハ2）で噴射・衝突させることで、高速かつ高品質の鋼素地調整が期待できる。また、AWTでは研削材の粒径、移動速度、投射圧力および投射距離などを変化させることで、研削度、処理速度および鋼素地表面のアンカーパターンを広範囲に制御できる。本研究ではAWTの施工条件が鋼素地表面状態に及ぼす影響を検討するため、AWT前後の腐食鋼板を対象として、その表面・断面の腐食生成物と研削材の残留量を分析した。

2. 試験方法 試験体の鋼板には、重度腐食した無塗装耐候性鋼橋²⁾（供用期間：約20年）のハンドホール板から採取した腐食鋼板（60×60×6mm）を用いた。試験体はこの鋼板をAWTすることで作成し、図-1に示す中央部20×20mmを測定対象領域とした。研削材にはガーネット（化学組成： $(\text{Fe,Ca})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ 、粒度：#80、ビッカース硬度：993、モース硬度：7.50、JIS粒度指数：96.1）を用いた。また、ノズルには鋼素地表面の研削量に配慮した拡散ノズルを用いた。ノズル径、移動速度、投射圧力および流量は、それぞれ0.75mm、1.0m/min、230MPaおよび11.9L/minとした。本研究では鋼素地表面に及ぼす影響を検討するために投射距離 l を100、200および300mm、研削材の供給量 w_a を200、600および1,000g/minに変化させてAWTを行った。AWT後の試験体表面は、デジタルマイクロスコープで撮影・観察した。また、中央部の観察断面から特徴的な領域を4あるいは5カ所選定し、SEMにより観察した。さらに、AWT前後の腐食生成物と研削材の有無を確認するため、O（腐食生成物あるいは研削材）、Al、Si（研削材）、Fe（鉄鋼板）、Cl（残留塩）をSEM-EDXで分析した。さらに、鋼素地表面上の腐食生成物の厚さを測定した。腐食生成物の厚さは、中央部の観察断面より選定した4カ所のSEM画像から測定し、平均値を算出した。AWT後の鋼素地表面に残留した研削材量を評価するため、SEM-EDXの定量分析から分析領域に対するAlとSiの面積比率をそれぞれ算出した。面積比率は、図-1に示すように、

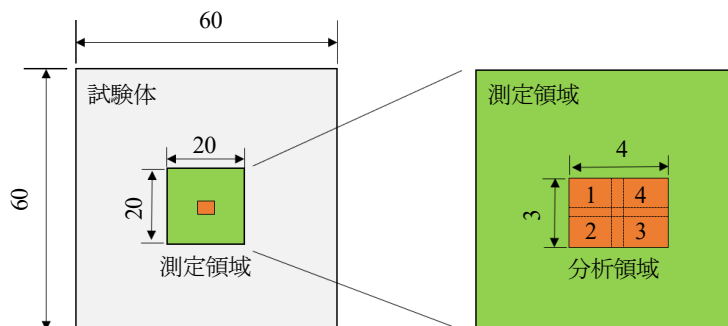
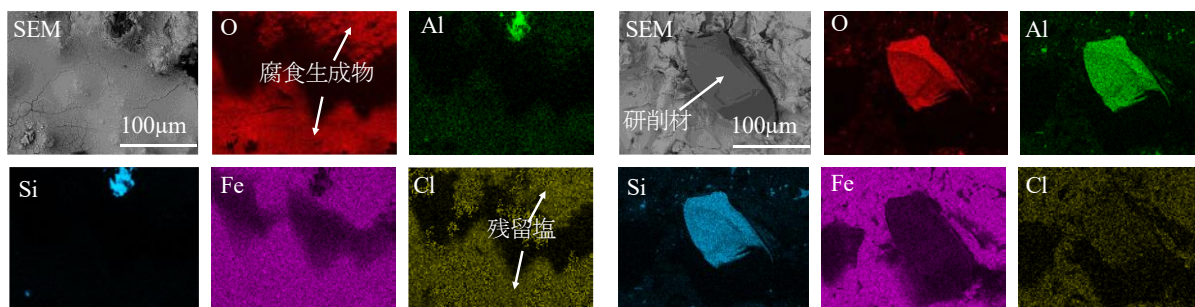


図-1 測定領域と分析領域（単位：mm）



(a) AWT前（腐食鋼板）

(b) AWT後

図-2 鋼素地表面のSEM-EDX画像

キーワード AWT, 研削材, 腐食生成物, SEM-EDX, 面積比率

連絡先〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744番地 TEL:092-802-3392

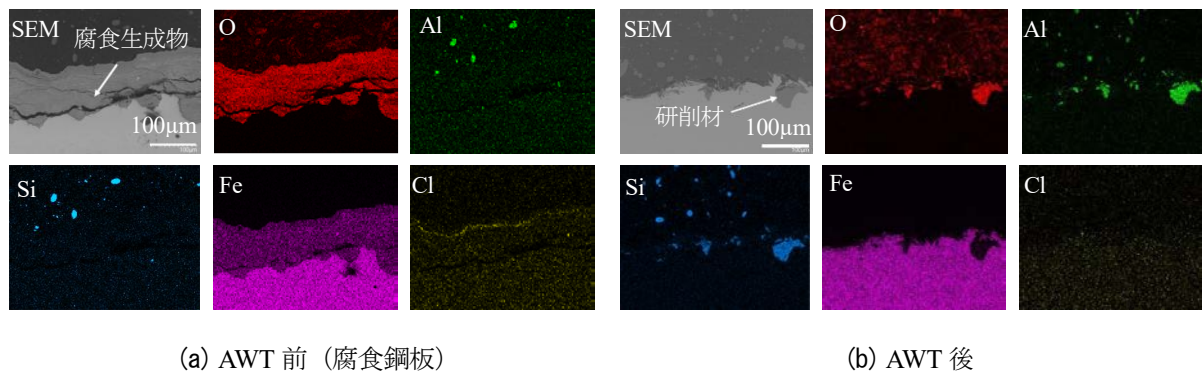


図-3 鋼素地断面の SEM-EDX 画像

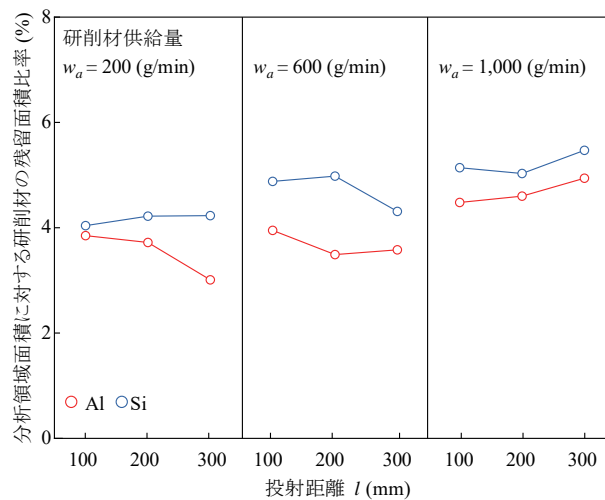


図-4 分析領域に対する面積比率

測定領域中央部で、50倍のEDXを各領域の一部が重なるように4カ所分析し、それらを合成することで、分析領域面積に対する各元素の面積比率をImageJで算出した。

3. 試験結果 AWT前後の鋼素地表面と断面のSEM-EDX画像をそれぞれ図-2と図-3に示す。AWT前の鋼素地表面にはOとClが観察された。一方、AWT後の鋼素地表面にはAlとSiが観察された。試験体中央部の測定領域における鋼素地表面の腐食生成物層の厚さは150~200µmであった。図-3(b)に示すように、鋼素地表面の腐食生成物は観察されなかったことから、AWTにより鋼素地表面に残留した200µm以下の腐食生成物層は十分に除去できると言える。

SEM-EDX分析に基づき、元素の半定量分析を行った結果、AWT前のO、Al、SiおよびClの元素比率は、43.9%、0.43%、0.90%および2.15%であった。一方、AWT後のO、Al、SiおよびClの元素比率はそれぞれ、15.3%、4.92%、6.70%および0.05%であった。これらの結果からも腐食生成物は、十分に除去できていると言える。

分析領域面積に対する研削材の残留面積比率を図-4に示す。研削材の供給量 w_a を200、600および1,000g/minとした場合、 w_a が増加すると、AlとSiの面積比率はともに増加する傾向がある。また、投射距離 l を100、200および300mmとした場合、 l の変化によるAlとSiの面積比率は、 w_a によって増減傾向が異なる。しかし、 l が100~300mmの場合については、AlとSiの残留面積比率に及ぼす影響は比較的小さい。これらの結果から、研削材の残留量は、 l に比して w_a に依存すると言える。

4. まとめ 本研究ではAWT前後の腐食鋼板に対して、表面・断面の腐食生成物と研削材の残留量について分析し、鋼素地表面状態に及ぼす影響を検討した。得られた主な結果を以下に示す。1) AWTにより飛来海塩環境で重度腐食した鋼材表面に生成した厚さ200µm以下の塩類を含む腐食生成物は、十分に除去できる。2) 研削材の供給量が多いほど、鋼素地表面に残留する研削材量が増加する傾向がある。3) 研削材の供給量が鋼素地表面に残留する研削材量に及ぼす影響は、投射距離に比して大きい。

参考文献 1) S. Park, S. Kainuma, T. Ikeda, T. Asano and Y. Morita : Characterizing Steel Surface Features Affected by Abrasive Waterjet Treatment, 鋼構造年次論文報告集, Vol.29, pp.585-592, 2021.

2) 藤岡靖, 藁科彰, 高木真一郎, 仲健一, 貝沼重信, 道野正嗣, 山本悠哉 : 高腐食性環境における無塗装耐候性鋼上路トラス橋における腐食損傷の要因推定と腐食性評価 (その1) —腐食損傷の調査—, 防錆管理, Vol.60, No.5, pp.165-172, 2016.