

超音波噴霧器を用いた定量塩付着手法および塩付着性状に関する検討

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 平尾みなみ

1. はじめに ラボ試験で塩付着による腐食試験を実施する際には、鋼板やセンサなどの対象物表面に均一に塩粒子を付着させる必要がある。本研究では鋼板表面に均一に塩粒子を付着させることを目的として、超音波噴霧器を用いた定量塩付着手法について検討した。本検討では塩付着性状を評価しやすいアクリル板を用い、複数個所の微小領域の塩付着性状をデジタルマイクロスコープで観察した。また、アクリル板表面の塩付着量を塩素イオン計により測定することで、噴霧時間と塩付着量の関係性を評価した。さらに、表面性状が塩付着性状に及ぼす影響を検討するため、機械切削、研磨およびブラストにより表面処理した SUS304 鋼板についても、超音波噴霧器による塩付着性状を評価した。本稿ではアクリル板を用いた検討結果を述べる。

2. 試験方法 試験には鋼板を模擬した試験体としてアクリル板 (150×70×6mm) を用いた。アクリル板への塩水粒子の付着には超音波噴霧器 (外形寸法 ϕ : 40×25mm 噴霧粒径約: 4 μ m) を用いた。試験は外気からの影響を受けない、密閉ケース (ポリエチレン製, 高さ: 1150mm, 直径: 500mm) 内で行った。超音波噴霧器, 密閉ケースおよび試験体の設置箇所の概略図を図-1 に示す。密閉ケース内において試験体の設置個所による付着塩分量のばらつきを確認するため、試験体を円筒中央部より 100mm の位置に等間隔で 4 体設置した。また、塩水噴霧を密閉ケース全体に均一に充填させるために、円筒状のポリプロピレン製容器 (高さ: 130mm, 直径: 130mm) を用いた。容器内に噴霧器を設置し、高さ 60mm の位置に 10 箇所のスリット (30×5mm) を設けた。ポリプロピレン製容器, 超音波噴霧器および試験体を密閉ケース内に設置後、温湿度それぞれ 25°C, 60% の環境下で塩水を噴霧した。塩水の濃度は 20wt% とし、噴霧時間は 5, 10, 20 および 30min とした。噴霧後にアクリル板を密閉空間から取り出し、噴霧試験と同様の環境下で乾燥させた。試験体表面の塩付着状況はデジタルマイクロスコープを用いて 500 倍で観察した。各試験体において 3 箇所を測定を行い、同一試験体表面上における測定箇所毎の塩付着性状を評価した。また、試験体表面に付着した塩分を 50°C の蒸留した純水 100ml で 5min 超音波洗浄し、その溶液の塩分濃度を塩素イオン計 (固体膜塩素イオン電極法, 測定範囲: 0-2000mg/l, 分解能: 0.1mg/l) を用いて計測した。

3. 試験結果 噴霧時間毎の試験体表面の塩結晶の付着状況を図-2 に示す。噴霧時間によらず、試験体表面にほぼ均一に塩結晶が付着していることから、超音波噴霧器を用いることで塩を効果的に付着できると言える。噴霧時間 5min において粒径が約 10 μ m の塩結晶が付着しており、噴霧時間の増加にしたがって粒径が増加している。これは試験体表面に付着した塩水粒子が乾燥・蒸発する際に、周囲の塩水粒子と凝集しているためである。特に、20min 以降の塩結晶の粒径が 5min および 10min の粒径に比して著しく増加している。この結果から、粒径が約 10 μ m 以内の塩結晶を付着させる場合は、10min 以内の噴霧時間が適していると考えられる。

空間統計学的手法の 1 つである最近接距離法を用いることで試験体表面の塩付着性状を評価した。最近接距離法は任意の点とその点から最も近い位置に存在する点との距離を算出する手法である。最近接距離 l の平均を W , その期待値を $E[W]$ とし、それぞれ式 (1) と (2) に示す。ここで、 N , d_i および S は、それぞれ点の数, 点 i から最近接点までの距離および対象面積である。塩付着性状の評価には、 $P = E[W]/W$ の値を用いた。 $P \gg 1$, $P = 1$ および $P \ll 1$ の場合は、それぞれ点が集中, ランダム分布, および分散の状態を意味する。本検討においては、点が分散している状態を均一な塩付着とみなすことができる。

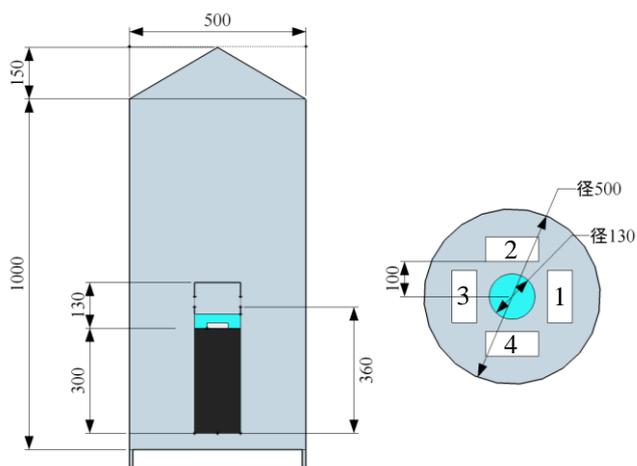


図-1 密閉ケースの概略図 (単位: mm)

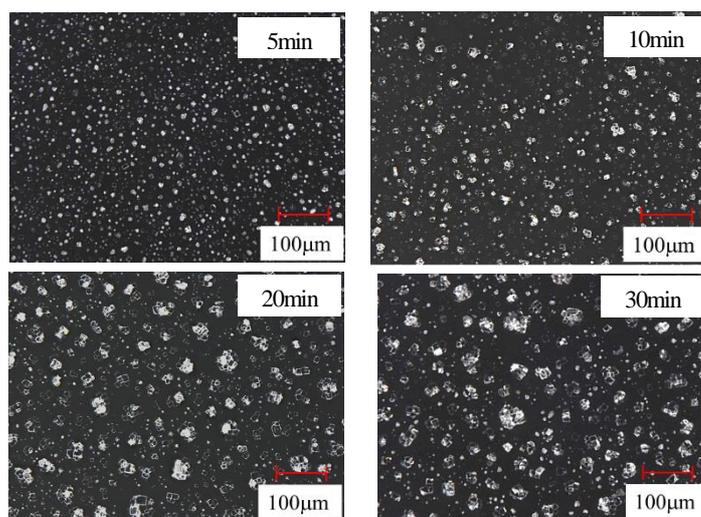


図-2 各噴霧時間における塩粒子の付着状況

キーワード 腐食, 超音波噴霧, 塩付着性状, 空間点過程

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

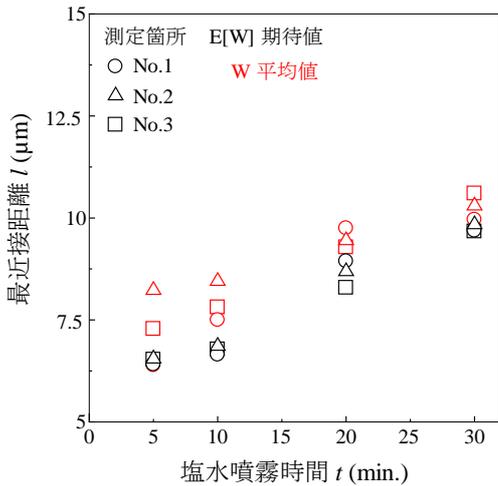


図-3 噴霧時間 t と最近接距離 l の関係

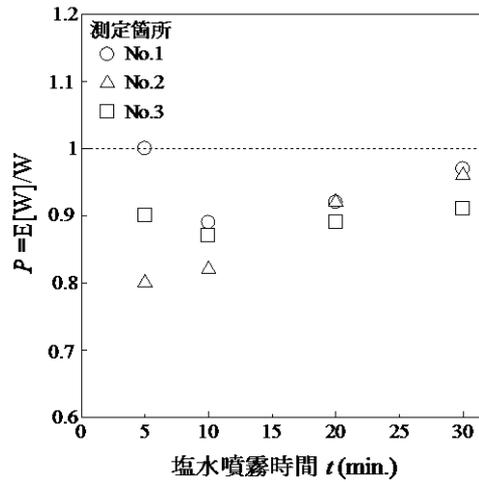


図-4 噴霧時間 t と塩付着性状 P の関係

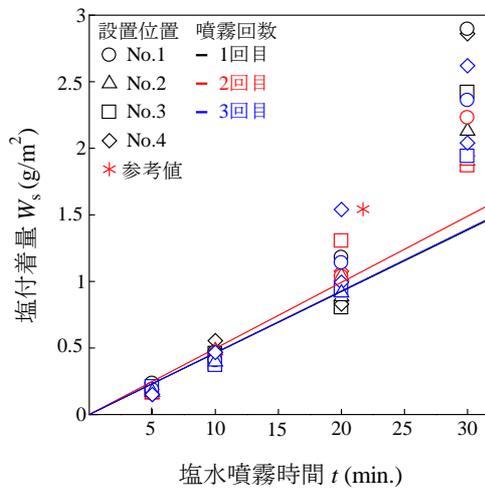


図-5 噴霧時間と付着塩量 W_s の関係

$$W = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i \quad \dots (1)$$

$$E[W] = \frac{1}{2\sqrt{N/S}} \quad \dots (2)$$

噴霧時間 t と最近接距離 l の関係を図-3 に示す。噴霧時間の増加にしたがって $E[W]$ 、 W とともに増加傾向にある。これは噴霧時間の増加にともない、塩水粒子が凝集することで近接距離が増加したためである。この結果から、均一に塩付着させる場合、噴霧時間を短くする必要があると考えられる。

噴霧時間 t と塩付着性状 P の関係を図-4 に示す。噴霧 5min において他の噴霧時間に比して偏析が大きい。これは噴霧時間が短く、密閉ケース内に塩水霧が完全に充満できていないためと考えられる。また、噴霧時間の増加にともない P が増加しており、ランダム分布傾向が強くなっている。したがって、均一に塩付着させる場合、噴霧時間は 10min および 20min が適していると言える。

噴霧時間 t と塩付着量 w_s の関係を図-5 に示す。なお、噴霧時間 30min については、他の噴霧時間に比して水滴の飛散による塩付着量のばらつきが大きいため、参考値として結果を示す。 t の増加にしたがって、付着塩分重量がほぼ線形増加している。この結果から、 t により試験体表面の w_s を制御できると言える。噴霧時間 10min の付着塩分重量は 0.5 g/m^2 程度となっている。鋼板の腐食に必要な塩 1.0 g/m^2 を付着させる場合、噴霧時間を 20min とする、あるいは 10min の噴霧・乾燥を 2 回繰り返すことで所定の塩付着量を確保できると言える。

4. まとめ 本研究では円筒密閉空間で 20wt%NaCl aq を超音波噴霧器により噴霧することで、試験体の表面に塩粒子を定量付着させる方法を検討した。その結果に基づき、噴霧時間と塩付着量の関係を明らかにした。また、本塩付着方法で 10min あるいは 20min 超音波噴霧した後乾燥を繰り返すことで、塩粒子を対象表面 ($70 \times 150 \text{ mm}$) の位置によらず、噴霧時間で塩付着量を制御できることを明らかにした。

参考文献 1)藤井和美, 高橋克仁, 菅原政典: 大気腐食促進試験方法 ISO16539 における塩分付着方法の検討, 材料と環境, Vol.64, pp.458-461, 2015. 2)梶山浩志, 藤田栄, 藤井和美, 酒井政則: 現状腐食試験方法の課題と新腐食試験方法の開発, 材料と環境, Vol.55, pp.356-363, 2006.