腐食生成物が電磁誘導式膜厚計の測定精度に及ぼす影響

九州大学　学生会員　○林　秀幸　　九州大学　正会員　貝沼　重信
西日本高速道路㈱　正会員　山本　悠哉　　琉球大学　正会員　押川　渡

1. はじめに　著者らは鋼構造物の部位レベルにおける腐食深さの経時性を腐食生成物層の厚さを電磁誘導式膜厚計で測定することで，簡便に推定する手法を提案した[1)]．本研究では腐食生成物とその組成が電磁誘導式膜厚計（以下，電磁膜厚計）による腐食生成物層の厚さの測定精度に及ぼす影響を定量評価することを目的とした．そのために，飛来海塩量や降雨の影響が大きく異なる 4 地点で無塗装普通鋼と無塗装耐候性鋼の大気暴露試験を実施した．また，1)暴露した試験体の腐食生成物層の SEM 断面画像による厚さ，および 2)試験体の腐食生成物から作成したタブレットの実寸法，と電磁膜厚計の測定結果を比較・検討した．

2. 試験方法　大気暴露試験には，150×70×9mm の普通鋼板（JIS G3106 SM490A）および耐候性鋼板（JIS G3114 SMA400AW 材）のウェザロ試験体を用いた．供試鋼材の化学成分を**表 1** に示す．暴露地点は降雨の影響の有無と滞水，および飛来塩分量の多少の環境に着目して，雨掛かりのある琉球大学の千原キャンパス構内（以下，琉球大学）と九州大学の伊都キャンパス構内（以下，九州大学），雨掛かりの無い福岡北九州高速道路 1 号線の高架橋下（以下，百道）と沖縄自動車道の高架橋下（以下，許田）の 4 地点とした．試験体の設置角度は，許田については 0°，その他は 45°とした．

本研究では 1)暴露した試験体の腐食生成物層の SEM 断面画像による厚さ，および 2)試験体の腐食生成物から作成したタブレットの実寸法，と電磁膜厚計の測定結果を比較・検討することで，腐食生成物が電磁膜厚計の測定精度に及ぼす影響を定量評価した．測定には**図 1** に示す形状・寸法の先端のプローブ（直径φ：5mm，曲率：10.6mm）を有する一点低圧接触式の電磁誘導式デジタル膜厚計（測定精度：±1μm，分解能：1μm（0～999μm），10μm（1～8mm））（SM-1100　㈱サンコウ電子製）を用いた．また，測定結果のばらつきを考慮して，測定を各測点に対して 11 回行った．

SEM による断面画像解析に先立って，2 年間暴露した試験体のコーナー部を**図 2** に示すように切断した．断面画像解析はその断面を対空面と対地面の 2 面，および切断した 2 辺を対象として，試験体 1 体当たり計 16 点の断面に対して行った．マイクロスコープによるタブレット厚の測定では，試験体から採取した腐食生成物を圧縮成形（圧縮応力：約 20N/m^2）することでタブレットを作成し，その周囲 12 点の厚さを実測した．なお，タブレットの直径は約 10mm，厚さは腐食生成物層の厚さの 2 倍以上の 0.8mm を目標値とした．

表 1 供試鋼材の化学成分

鋼材	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	Cr
JIS G3106 SM490A	0.16	0.28	1.33	0.008	0.002	—	—	—	—
JIS G3114 SMA400AW	0.11	0.25	0.68	0.015	0.002	0.32	0.11	0	0.49

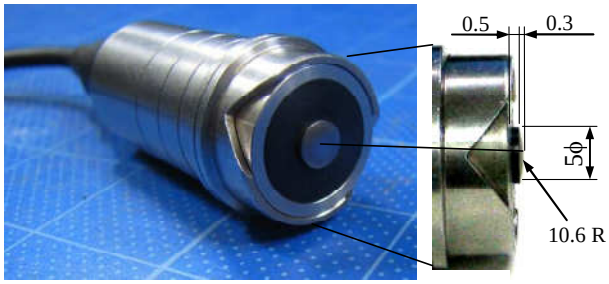


図 1 電磁膜厚計のプローブ

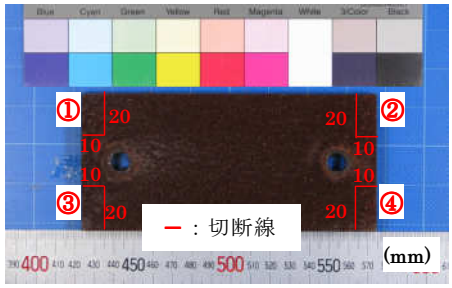


図 2 暴露試験体の切断方法

キーワード　腐食生成物，電磁誘導式膜厚計，大気暴露試験，腐食生成物層の厚さ，SEM，マイクロスコープ
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

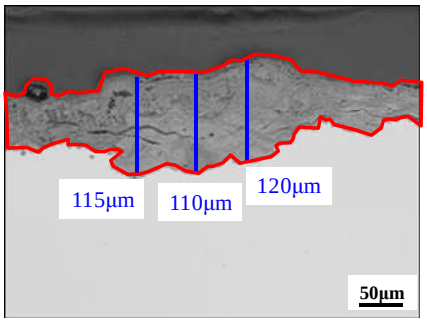
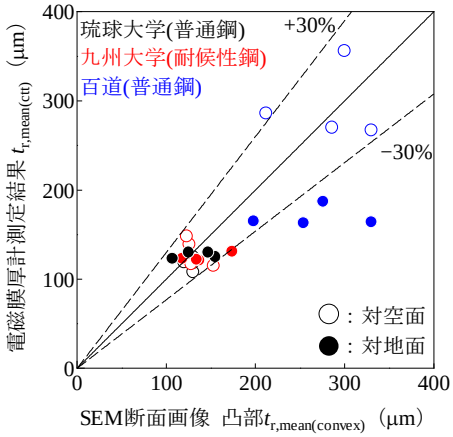
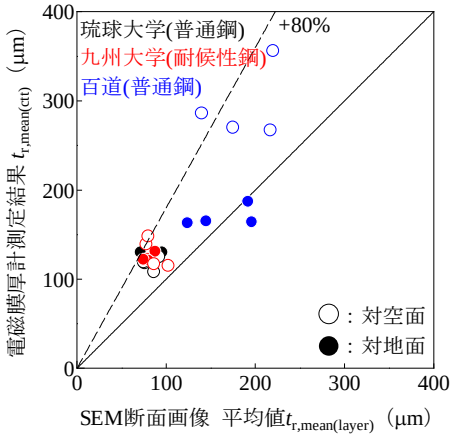


図 3　腐食生成物層の SEM 断面画像



(a)腐食生成物層の凸部の厚さ



(b)腐食生成物層の厚さの平均値

図 4 電磁膜厚計測定と SEM 断面画像解析による比較

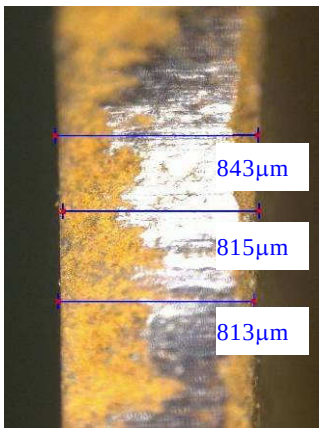
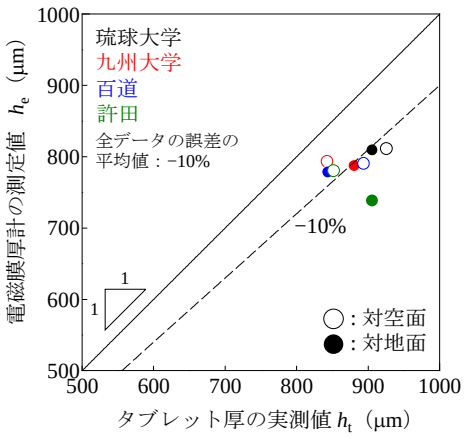
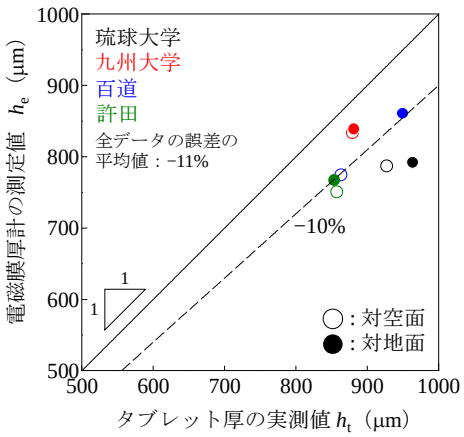


図 5 マイクロスコープによるタブレット厚の測定



(a)普通鋼



(b)耐候性鋼

図 6 電磁膜厚計測定とマイクロスコープ測定による比較

3. 試験結果　SEM による腐食生成物層を図 3 に示す．図中に青線で示す腐食生成物層の凸部の厚さの平均値を腐食生成物層の凸部の厚さ $t_{r,mean(convex)}$と定義した．また，図中の赤線の領域で示す腐食生成物層の面積から，腐食生成物層の厚さの平均値 $t_{r,mean(layer)}$を算出した．電磁膜厚計と SEM 断面画像解析による測定結果を図 4 に示す．図 4(a)および図 4(b)は，それぞれ腐食生成物層の厚さの最大値と平均値の測定結果を示している．最大値については，電磁膜厚計では±30%程度の精度となっている．一方，平均値については，電磁膜厚計の測定結果 $t_{r,mean(ctt)}$が $t_{r,mean(layer)}$に比して，約+80%と誤差が著しく大きいことから，電磁膜厚計は腐食生成物層の厚さの平均値に対しては過大に評価すると言える．これは，腐食生成物層の表面の起伏が大きいため，電磁膜厚計の探触子が接触する凸部が測定されるためである．

マイクロスコープによるタブレット厚の測定結果を図 5 に示す．また，電磁膜厚計とマイクロスコープによる測定結果を図 6 に示す．ここでは，マイクロスコープ測定値をタブレット厚の実測値 h_tと定義した．暴露地点や対地面，対空面によらず，腐食生成物中の Fe 成分の影響を受け，h_eは h_tに比して小さくなっている．しかし，電磁膜厚計の測定精度は 10%程度であり，高い精度を有していると言える．

4. まとめ　1) 腐食生成物層の厚さを電磁誘導式膜厚計で測定する場合，腐食生成物層の厚さの平均値ではなく，プローブ先端が接触する腐食生成物層の凸部の厚さを測定することになる．　2) 腐食生成物の組成が電磁膜厚計の測定精度に及ぼす影響は，普通鋼や耐候性鋼によらず，10%程度である．

参考文献　1) 貝沼重信，山本悠哉，伊藤義浩，林秀幸，押川渡：腐食生成物層の厚さを用いた無塗装普通鋼材の腐食深さとその経時性の評価方法，材料と環境，Vol.61，No.12，pp.483-494，2012.