腐食生成物の層厚を用いた無塗装耐候性鋼部材の経時腐食深さの評価手法に関する研究

九州大学大学院　学生会員　○山本 悠哉　　九州大学大学院　正会員　貝沼 重信
九州大学大学院　学生会員　宇都宮一浩　　(株)神戸製鋼所　正会員　伊藤 義浩

1. はじめに　無塗装耐候性橋において，部位によって保護性さびが生成されず，著しい腐食損傷が生じた事例が報告されている．したがって，部位レベルにおける腐食環境を把握し，腐食損傷の経時性を定量評価することは，耐候性鋼橋を適切に維持管理する上で重要であると言える．本研究では任意の供用年数における無塗装耐候性鋼部材の腐食生成物の層厚を電磁誘導式デジタル膜厚計で簡易測定することで，その経時腐食深さを評価・予測する手法を提案することを目的とした．そのために，無塗装耐候性鋼板を用いた大気暴露試験を降雨や飛来海塩による腐食環境が大きく異なる 4 地点で実施した．

2．試験方法　試験体にはグリッドブラスト(ISO Sa2.5)処理した JIS G 3114 SMA490AW 材(400×60×9mm)を用いた．大気暴露試験は以下に示す計 4 種類の地点で実施した．1)海岸線から約 2.3km に位置する琉球大学千原キャンパス構内(以下，琉球大学)(Lat.26°15´N，Long.127°46´E) 2) 東側海岸線から約 2.5km，西側海岸線から約 5.3km に位置する九州大学伊都キャンパス構内(以下，九州大学構内)(Lat.33˚35'N，Long. 130˚12'E)．3) 博多湾の海岸線から約 70m 南に位置する福岡北九州高速道路 1 号線の橋梁下(以下，百道海岸線)(Lat.33˚35'N，Long.130˚21'E)．4) 沖縄本島の西側海岸線から約 30m に位置する沖縄自動車道の橋梁下(以下，許田海岸線)(Lat.26˚32'N，Long.127˚57'E)で実施した．本試験では 1 カ所の暴露地点で複数の腐食環境におけるデータを収集するため，試験体を水平面に対して，0°，45°および 90°に設置し，これらの表裏面(対空面および対地面)を検討対象とした．暴露期間は琉球大学構内，九州大学構内，および百道海岸線では 4 年，許田海岸線では 3 年とした．大気腐食環境は各角度に設置した試験体と同様の鋼板の表裏面に ACM 型腐食センサを貼付することでモニタリングした．

大気暴露試験後の試験体の腐食生成物の層厚 $t_{r,mean}$(mm)は，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))を用いて測定した．測定は対象面に対して 6 点，各点 11 回の計 66 回行い，その平均値を腐食生成物の層厚と定義した．なお，$t_{r,mean}$(mm)は腐食生成物の断面 SEM 観察により，地鉄表面から腐食生成物表面の凸部までの距離と同等であることを確認している．また，腐食生成物中の Fe 成分が腐食生成物の層厚の測定値に及ぼす影響は，10%程度であることを確認している．試験体の腐食表面性状の測定に先立って，試験体表面のさびをブラスト処理(メディア：アルミナサンド(粒度：#60)，エアー圧力：0.7N/mm^2，投射角度：約 45˚)により除去した．腐食表面性状はレーザーフォーカス深度計(スポット径：30μmφ，分解能：0.05μm)を用いて測定した．表裏面の平均腐食深さ d_{mean}(mm)は，腐食による重量減少量を，試験体角部の影響を受けない領域の腐食部と未腐食部の残差を比例配分することで算出した．

3．試験結果　琉球大学における平均腐食深さd_{mean}の経時性を図-1に示す．d_{mean}の経時腐食挙動は，暴露場および設置面毎に大きく異なっている．これは各設置面の腐食環境が異なるため，腐食機構に差異が生じたことが原因として考えられる．また，図-1で示した累乗回帰曲線($d_{mean}=a\cdot t^b$)の係数aとbの関係を図-2に示す[1)]．各試験対象面に対する回帰曲線の相関係数Rは，いずれも0.9以上と高くなっている．回帰曲線の係数aおよびbの値は，暴露地点や試験体の設置角度より異なっている．ここで，局部腐食の発生，塩蓄積の影響を受ける対象面(許田0˚の対空対地面，百道の0˚および45˚の対空面)では，腐食生成物による腐

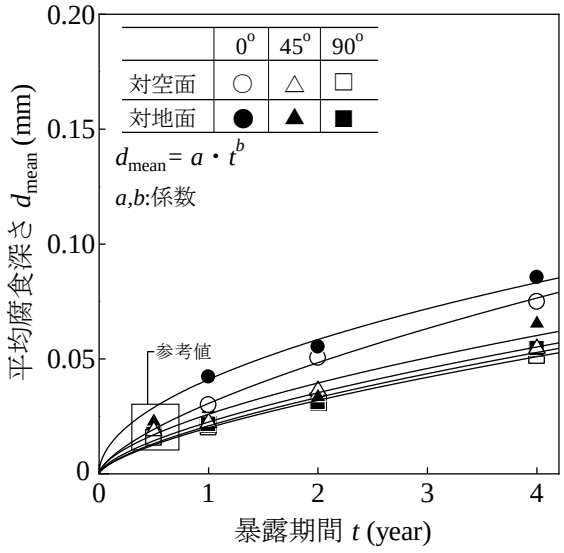

図-1　平均腐食深さ d_{mean} の経時性（琉球大学）

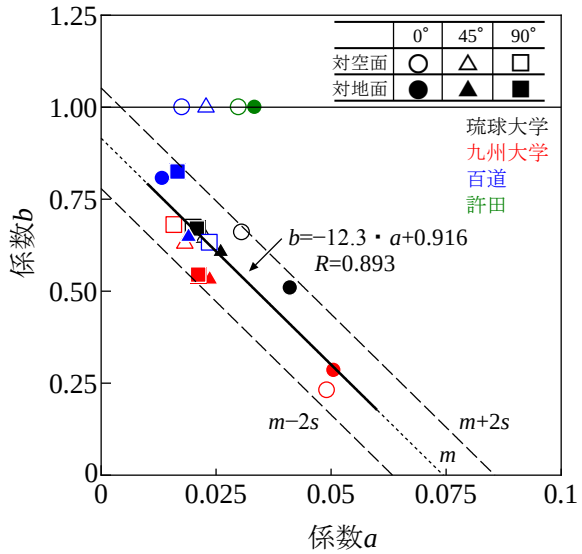

図-2　$d_{mean}=a\cdot t^b$ の係数 a と b の関係

キーワード　腐食，耐候性鋼，大気暴露試験，腐食深さ，腐食生成物
〒819-0395　福岡市西区元岡 744　九州大学大学院　工学府　都市環境システム工学専攻　TEL 092-802-3392

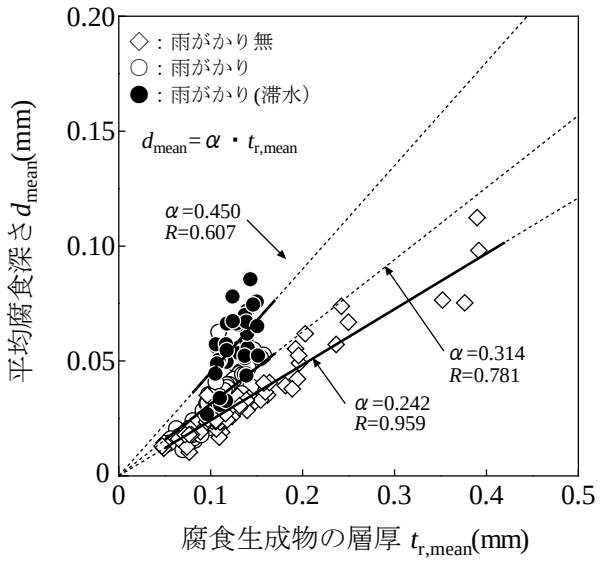

図-3 腐食生成物の層厚 $t_{r,mean}$ と平均腐食深さ d_{mean} の関係

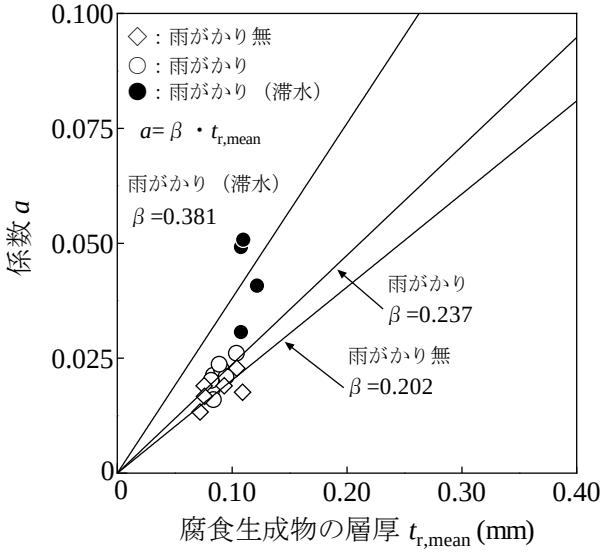

図-4 腐食生成物の層厚 $t_{r,mean}$ と係数 a の関係（暴露期間：1 年）

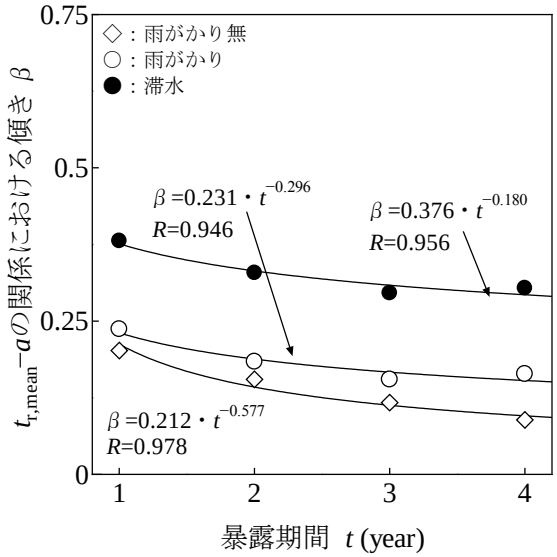

図-5 暴露期間 t と傾き β の関係

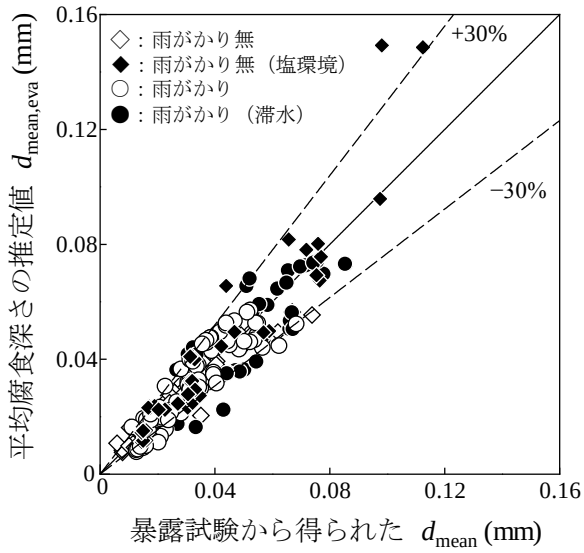

図-6 平均腐食深さ d_{mean} と推定値 $d_{mean,eva}$ の関係

食因子の保護性が鋼素地に対してほとんど無く，b の値がほぼ 1 となることから，これらの対象面の値については 1 とした．腐食生成物の層厚 $t_{r,mean}$ と平均腐食深さ d_{mean} の関係を**図-3** に示す．$t_{r,mean}$ と d_{mean} の関係は図中に示すように，雨がかりの無い環境，雨がかりのある環境(降雨で洗われない環境)，および雨がかりがあり滞水する環境，の 3 種類に大別できる．ここで許田海岸線における暴露期間 2 年および 3 年の試験体は，腐食生成物の剥離により $t_{r,mean}$ が適切に測定されていないと考えられるため，線形回帰解析からは除外した．図中の回帰直線は相関係数も比較的高いことから，図中に示す関係を用いることで，$t_{r,mean}$ 測定時点における d_{mean} を推定することができると言える．しかし，この関係では $t_{r,mean}$ 測定時点における d_{mean} を推定できるものの，その経時腐食挙動を評価することはできない．そこで，構造物の任意の供用年数における $t_{r,mean}$ の測定結果を用いることで，$d_{mean}=a \cdot t^{b}$ における係数 a および b を評価することとした．まず，**図-4** に示すように各暴露期間における $t_{r,mean}$ と係数 a の関係を線形回帰解析により求めた．また，**図-5** に示すように暴露期間 t とその傾き β との関係を求めた．**図-4**，**図-5** および**図-2** 中の関係式を用いることにより，$t_{r,mean}$ および暴露期間 t から，d_{mean} の経時腐食挙動を評価できると考えられる．暴露試験による平均腐食深さの試験値 d_{mean} と評価式による推定値 $d_{mean,eva}$ の関係を**図-6** に示す．d_{mean} と $d_{mean,eva}$ は ±30%程度でほぼ一致している．したがって，各年の腐食生成物の層厚 $t_{r,mean}$ を電磁誘導式デジタル膜厚計で簡易測定することで，平均腐食深さ d_{mean} やその経時性を評価できると言える．

4．まとめ 1) 無塗装耐候性鋼板の平均腐食深さの経時性，および腐食生成物の層厚と平均腐食深さの関係を定式化した．2) 無塗装耐候性鋼橋の任意の供用年数における腐食生成物の層厚を電磁誘導式デジタル膜厚計で簡易測定することで，部位レベルの平均腐食深さやその経時性を評価する手法を提案した．

参考文献 1) 紀平寛，田辺康児，楠隆，竹澤博，安波博道，田中睦人，松岡和巳，原田佳幸：耐候性鋼の腐食減耗予測モデルに関する研究，土木学会論文集，No.780，I-70，p.71-86，2005.