

鋼素地面の点錆発生時間に及ぼす湿度の影響分析と一試算

(株)富士技建

正会員 ○武藤 和好

(株)富士技建

非会員 藤川 圭介

西日本高速道路(株)

正会員 宮田 弘和

(株)フジエンジニアリング

正会員 元井 邦彦

1. まえがき

既設鋼橋の防錆・防食に用いられる塗装や溶射などの被覆工法では初期工程に鋼材表面の素地調整が必要で、この素地調整の良否が被覆の耐久性に大きな影響を及ぼす。そのため、素地調整の仕上がり（錆および不純物の残存度合、表面の凹凸の度合など）について規定値が設けられるとともに、ブラストから被覆材料の施工までの時間間隔が4時間以内と定められ、素地調整後の点錆発生などへの配慮がなされている。

一方、ブラストから被覆材料の施工までの時間制約のために1日の作業が多工種にわたることがあり、これが作業効率といったコスト面の課題となることがある。本稿では、ブラストから点錆発生までの時間を恒温恒湿槽試験により明らかにし、湿度が点錆発生までの時間に及ぼす影響を数値的に分析して、素地面に防錆剤を塗布することによる点錆防止効果、現地環境と恒温恒湿状態の関係について考察する。

2. 恒温恒湿槽試験の概要

試験は除錆度 Sa 3 にブラストした SS400 鋼板（厚さ 6mm×70mm×150mm）から成る供試体を恒温恒湿槽に投入し、定刻に点錆の有無を観察するもので、現地での被覆材料の施工がブラスト作業の翌日に可能なように点錆発生を観察時間を36時間とした。試験条件（温度、湿度）は表1の9ケースで、1ケースあたりの供試体数はブラストしたままの裸鋼板1体とブラスト後に防錆剤を塗布した12体である。

3. 裸鋼板の試験結果と湿度の影響の分析

裸鋼板における点錆発生時刻を表1に、点錆の発生状況を図1にそれぞれ示す。著者らによる過去の試験結果および表1の点錆の発生時刻から、点錆発生までの時間と相対湿度に明確な相関性が認められなかったため、絶対湿度に着目して点錆の発生速度と水蒸気量の関係により分析することとした。

図2は試験条件ごとに点錆の発生速度 v_{rust} と水蒸気量 r_{wa} の関係をプロットしたもので、図中の実線は最小二乗法で求めた回帰曲線として得られた式1である。ここに、 v_{rust} は点錆の発生速度(1/hr)、 r_{wa} は空気中の水蒸気量(体積比率)で、 a 、 b 、 c および m は試験データから求まる定数である。なお、 r_{wa} は絶対湿度(g/m^3)を水の分子量で除して求まる“ $1m^3$ の空気中の水蒸気のモル数”と“ 1 気圧・ $1m^3$ の空気のモル数”との比に等しい。

$$v_{rust} = a(r_{wa})^m \cdot \exp[b(r_{wa} - c)^2] \quad \cdots (式1)$$

この v_{rust} を“周辺雰囲気湿度により素地面に加えられる1時間当たりの負荷”とみなし、これの時間累積値がある一定量に達したときに点錆が発生するものと仮定して湿度負荷の累積値を、温度・湿度が一定の場合には式2、温度・湿度が経時変化する場合には式3のように定義する。ここに、 D_h は累積湿度負荷、 t は経過

表1 恒温恒湿槽試験の試験条件と裸鋼板における点錆発生時刻

No.	温度 (°C)	相対湿度 (%RH)	絶対湿度 (g/m^3)	点錆発生 時刻(hr)
1	35	98	38.80	1.5
2	35	85	33.65	0.5
3	35	50	19.80	15.0
4	30	90	27.33	8.0
5	30	50	15.18	発生無し
6	25	98	22.59	3.0
7	20	90	15.57	8.0
8	20	50	8.65	30.0
9	10	90	8.46	21.0



図1 点錆の発生状況（拡大撮影）

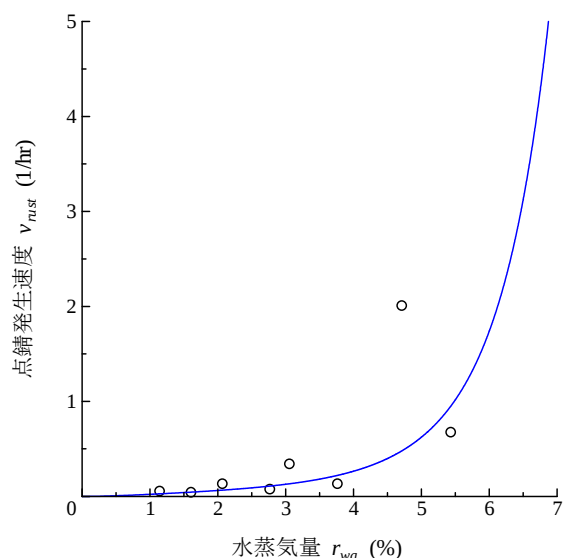


図2 点錆の発生速度と水蒸気量の関係

キーワード ブラスト、点錆、絶対湿度、累積湿度負荷、恒温恒湿槽試験、自然暴露環境

連絡先 〒532-0002 大阪市淀川区東三国 4-13-3 (株)富士技建 技術開発部 TEL 06-6350-6104

時間である。表 1 に示した試験結果に対して、点錆発生時刻の D_h の平均値が 1.0 となるように式 1 の定数値を求めたところ、 $a=142$ 、 $b=1267$ 、 $c=0.0289$ 、 $m=2.0$ がそれぞれ得られた。

$$D_h = v_{rust} \cdot t \quad \cdots \text{(式 2)}$$

$$D_h = \int_0^t v_{rust} \cdot dt \quad \cdots \text{(式 3)}$$

点錆が発生した試験結果に関する累積湿度負荷と水蒸気量の関係は図 3 のとおりである。データ数が少ないためばらつきはやや大きいが、 $D_h=1$ の限界線に関して対称に近い状態で分布している。

4. 防錆剤の塗布による点錆発生 の遅延効果

防錆剤を塗布した供試体に対する恒温恒湿槽試験結果のうち、点錆が発生した供試体に関する累積湿度負荷と水蒸気量の関係を図 4 に示す。なお、 D_h が 1.0 未満の領域を拡大表示するために、縦軸は対数目盛を用いた。水蒸気量が 4% 程度以上の多湿状態では点錆発生時の D_h が 2.0 程度以上となっていることから、図 3 に示した裸鋼板よりも大きな累積湿度負荷に達するまで点錆が防止できていることがこの図より分かる。なお、 D_h が 1.0 未満で点錆が発生している結果は、防錆剤から成る保護膜に塗り斑などによって局部的に薄い部位が生じて点錆に至ったものと考えられる。

5. 現地での自然暴露状態に関する試算

恒温恒湿槽試験とは異なり、現地では温度および湿度は逐次変化する。上記の累積湿度負荷 D_h が点錆発生に関する適切な指標値であれば、現地ブラスト後の所定時間内での点錆発生の有無は、当該位置における所定時間の D_h を式 3 で算出し、これを恒温恒湿槽試験であらかじめ判明している発錆限界値と照合することで推定可能といえる。図 5 は過年度に実施した現地湿式ブラスト試験

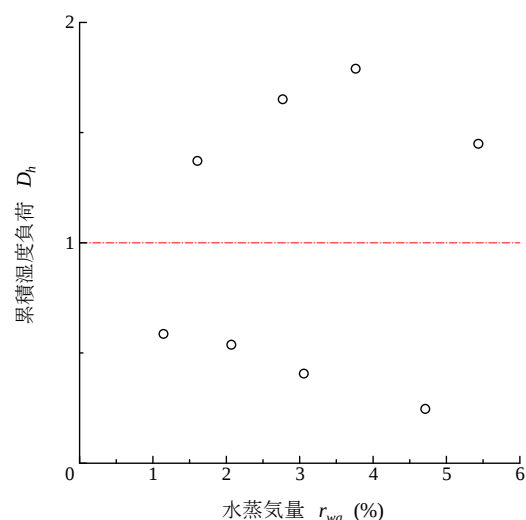


図 3 累積湿度負荷と水蒸気量の関係

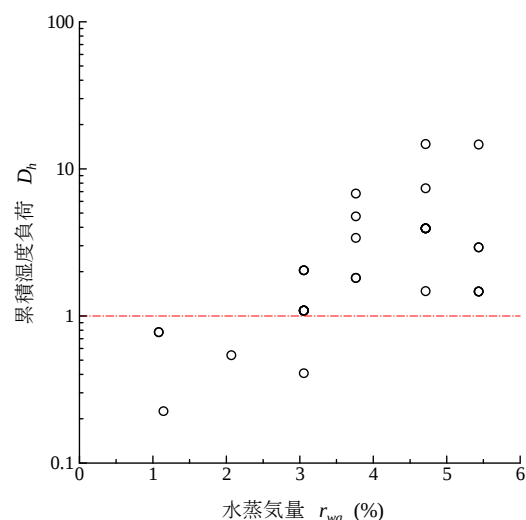


図 4 累積湿度負荷と水蒸気量の関係

時の温度・湿度の時刻歴データを D_h の経時変化に換算したもので、使用したブラスト材には防錆剤をあらかじめ配合してある。この図には、乾式ブラスト後に防錆剤を塗布した自然暴露試験結果および表 1 の条件 No.1 を D_h に換算した結果も併記した。現地ブラスト試験では 8 月にもかかわらず目標時間内で僅かな点錆にとどまったこと、自然暴露試験では D_h が 3 を超えてから点錆が確認されていることから、防錆剤供給による一定の点錆防止効果がうかがわれる。また、ブラスト試験と自然暴露の計 3 本のデータと恒温恒湿槽試験の破線で傾きが大きく異なることから、恒温恒湿槽試験では、実環境に比べて著しく厳しい促進試験になる場合もあることが理解できる。

6. あとがき

本稿で報告した恒温恒湿槽試験に続いて、過年度よりもさらに定量的な自然暴露試験を実施し、両者の結果を比較することによって“累積湿度負荷 D_h を用いる評価法”の検証を進める予定である。

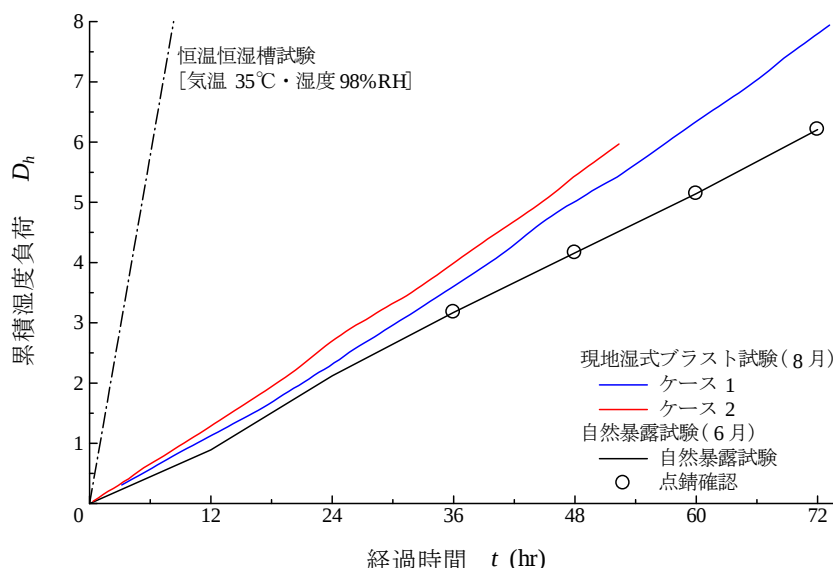


図 5 自然暴露環境における累積湿度負荷の経時変化の例