

塗装鋼板の結露発生現象に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○堀田 広己
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿
関東学院大学大学院 正会員 北原 武嗣

1 目的

鋼構造物では塗装による防錆が施されるが、塗膜の経年劣化により、再塗装を要する。そこで、塗膜の劣化要因の一つとして水分の付着が挙げられ、本研究では結露による水分の付着に着目し、断熱塗料を利用して結露を抑制できれば塗膜の長寿命化につながると考えられる。

今回は小型環境試験機を用いた実験と汎用熱流体解析プログラム STAR-CD による解析を行い、塗装鋼板の結露発生現象を明らかにすることを研究目的とした。

2 実験概要

2.1 実験試験体

使用した鋼板は縦横 100mm, 厚さ 10mm, 20mm, 30mm である。そして、厚さ 10mm の鋼板に塗装を施した。断熱塗料の膜厚は 1mm, 1.5mm とし、フッ素樹脂塗料の膜厚は 1mm とした。図 1 に実験試験体を示す。

2.2 実験方法

実験では、小型環境試験機 SH-221 を用いた温湿度の制御により、結露環境の再現を行った。そして、T 型熱電対、温湿度センサ HC-2 と温湿度変換機 HF53、結露センサ KH-4000 により、表面温度、槽内の温湿度、結露の有無をそれぞれ計測した。温湿度センサは非常に高精度で 23℃ 下での精度は温度±0.1℃湿度±0.8% である。また、結露センサでは 1V~2V 出力時に結露状態と判定される。実験時の様子を図 2 に示す。

2.2.1 塗料の差異

裸の鋼板、断熱塗料及びフッ素樹脂塗料を塗布した鋼板を小型環境試験機に設置し、結露環境を再現した。

2.3.2 板厚の差異

板厚の異なる 10mm, 20mm, 30mm の鋼板を小型環境試験機に設置し、結露環境を再現した。

3 実験結果

3.1 塗料の差異

図 3 に表面温度と温湿度の計測値を示す。各試験体の表面温度はそれぞれ、気温の変化に対して遅れて変化し



(a)裸鋼板 (b)断熱塗料 (c)フッ素樹脂塗料

図 1 実験試験体



(a)試験体 (b)小型環境試験機

図 2 実験時の様子

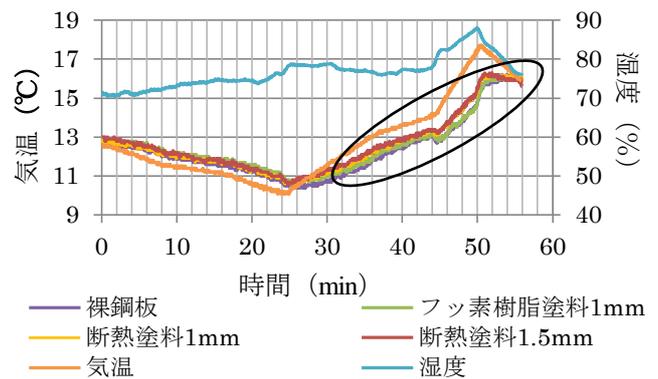
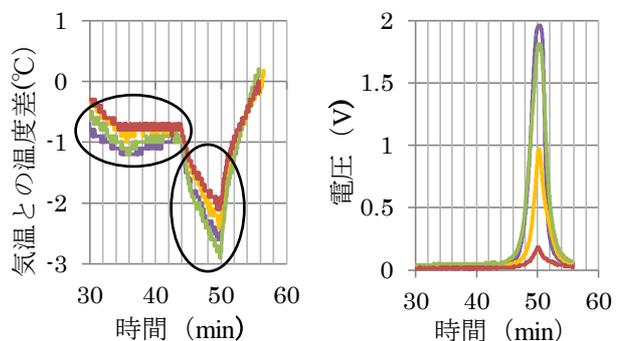


図 3 表面温度と温湿度



(a)気温との温度差 (b)結露センサ

図 4 温度差と結露センサ (凡例は図 3 と同じ)

キーワード 結露, 断熱塗料

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052(735)5482

ており、この温度差が結露の原因となる。断熱塗料を塗布した鋼板では、気温変化に対し早く追随し、温度差を小さくすることができている。

図4に30分以降の表面温度から気温を引いた温度差と結露センサの計測値を示す。表面温度が気温を大きく下回った50分付近で結露センサが反応を示した。断熱塗料では、温度差を小さくできるため、結露センサの反応を抑えることが出来ている。

3.2 板厚の差異

図5に表面温度と温湿度の計測値を示す。一般的に、板厚が厚くなると、熱容量が増えるため、温度変化が緩慢となる。実験でもそのような傾向が表れている。

図6は30分以降の表面温度から気温を引いた温度差と結露センサの計測値を示す。板厚が増加すると温度差が解消されるまでの時間が長くなり、そして、その影響により濡れ時間が長くなることが分かる。

4 解析概要

実験の妥当性を示すために、汎用熱流体解析プログラム STAR-CD により、気体、固体間の熱連成をシミュレーションした。解析では、小型環境試験機で行われた実験のモデル化を行い、解析内容は実験と同様である。

5 解析結果

実験で結露が発生した50分時の各試験体の表面温度分布と塗装内の鋼板の表面温度分布を図7と図8に示す。

図7より、裸鋼板と比べて、断熱塗料の膜厚1mmの場合では0~0.5℃、1.5mmの場合では0.5~1.0℃高く、フッ素樹脂塗料では逆に0~0.5℃低い結果となった。これは、実験結果とほぼ一致する。また、図7と8より、フッ素樹脂塗料では、塗料表面と鋼板に差がほとんどないことから断熱効果がないことが分かる。断熱塗料では断熱効果により、内部の冷えた鋼板の熱を表面に伝えない効果があると分かった。

6 結論及び今後の課題

1) 断熱塗料は熱伝導率が低いため、塗料の表面から鋼板への熱移動を抑え内部の鋼板温度を下がりやすくする効果と内部の鋼板が冷えたとしても鋼板から塗料の表面への熱移動を抑え、表面温度を下がりやすくする効果があり、その結果、表面温度と外気温の温度差を小さくできることが分かった。実験と解析から、膜厚1mmの場合では裸鋼板よりも0~0.5℃、1.5mmの場合では0.5~1.0℃高くなる結果を得た。

- 2) 実験と解析から、フッ素樹脂塗料では、断熱効果を得られず、逆に温度変化が緩慢となり温度差が大きくなる結果となった。
- 3) 実験から、板厚が厚いと濡れ時間が長くなる結果を得た。したがって、I桁においては、ウェブ部よりフランジ部の方が腐食程度が高いと推測できる。
- 4) 断熱塗料は最近開発されたものであるため、暴露試験等のデータがなく、その耐久性に関しては不明確な点が多く、今後明らかにする必要がある。

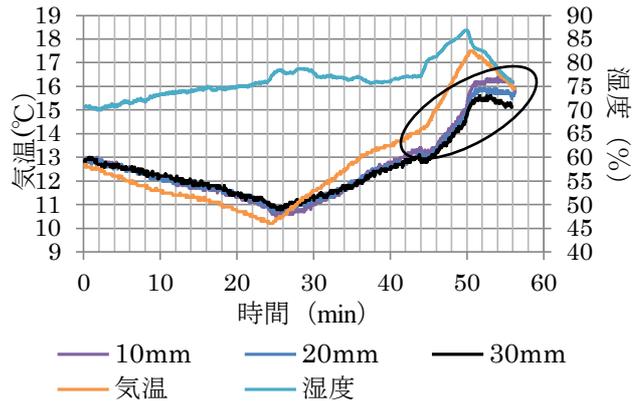


図5 表面温度と温湿度

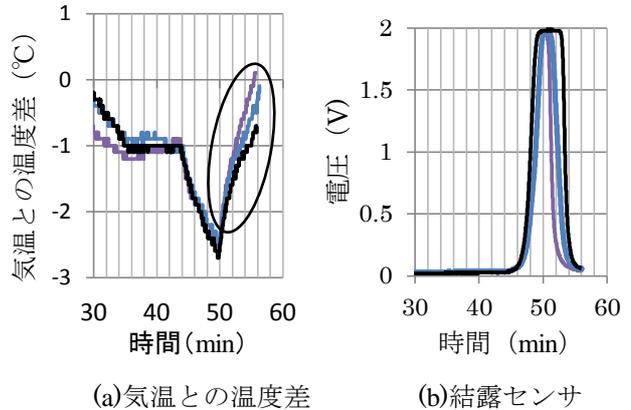
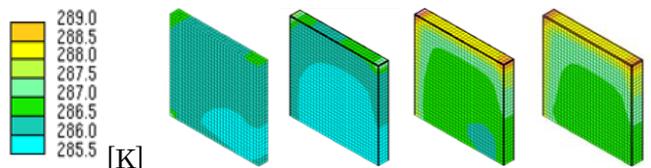
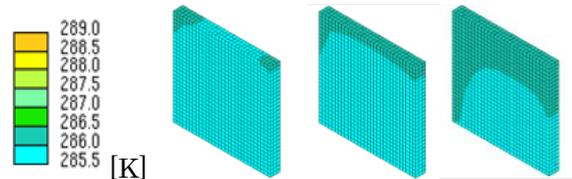


図6 温度差と結露センサ(凡例は図5と同じ)



(左から裸, フッ素 1mm, 断熱 1mm, 断熱 1.5mm)

図7 各試験体の表面温度分布



(左からフッ素 1mm, 断熱 1mm, 断熱 1.5mm)

図8 鋼板の表面温度分布