

鋼材表面の塗膜厚の変動を考慮した膜厚測定法に関する一考察

石川工業高等専門学校 正会員 ○高井 俊和

石川工業高等専門学校

奥村 祐太

1. 目的

鋼部材の塗膜劣化や腐食の状況を確認するため、塗膜厚や錆厚などの膜厚が測定される。小型の膜厚計は可搬性が高く、測定が容易に行えるが、測定センサーの面積が小さく、膜厚の分布に局所的な変動がある場合は、測定対象の膜厚を代表するように適切な部位や回数などの条件で測定する必要がある。

スプレー式の防錆塗料による腐食対策は簡易な作業により低廉な費用で効果が得られる。しかし、スプレーの噴射方向や位置により膜厚が分布し、さらに変動も加わるため、その変動に適した条件で測定する必要がある。測定値の変動を考慮した膜厚の測定条件について、塗装した鋼板、および腐食した鋼板の膜厚を測定し、統計的な視点から簡易的な検討を行った。

2. 試験体および測定方法

試験体の諸元を表 1 に、外観を図 1 に示す。試験体 1 は鋼板の黒皮表面にスプレー式の防錆塗料である常温亜鉛めっきを施工している。部位により塗膜厚が異なるため、スプレーの噴射中心線に沿って、中心線から±5 mm 程度の範囲内で膜厚を測定した。

試験体 2 および 3 は、試験体 1 の比較対象であり、室内に放置して発錆させた。錆の分布は全体的に偏りが無いと判断し、ランダムに測定した。なお、試験体 3 は溶接金属部を除いた一般部を測定した。

塗膜厚および錆厚の測定は、電磁式膜厚計を用いて行った。測定センサー部の形状を図 2 に示す。

3. 測定結果

膜厚の測定結果の概要を表 2 に示す。いずれの試験体とも 100 回ずつ計測した。

平均値は、試験体 1 では防錆塗料のために 140 μm と大きく、試験体 2 と 3 は錆厚のため小さい。

変動係数は試験体 1 の 8%程度と小さいのに対し、試験体 2 と 3 では、変動係数が 30~50%程度と大きい。前者は 2 度塗りの効果もあり変動が小さくなったと考えられ、後者は膜厚の測定が局所的なものであり、かつ鋼材表面の発錆状況も局所的に不均一があったためと考えられる。

表 1 試験体の諸元

	試験体1	試験体2	試験体3
材質	SS400		
寸法 (mm)	300×300×t6		
鋼材表面	黒皮+防錆塗料	黒皮+錆	ブラスト+錆



(a) 試験体 1 (b) 試験体 2 (c) 試験体 3

図 1 試験体の外観



図 2 膜厚計の測定センサー

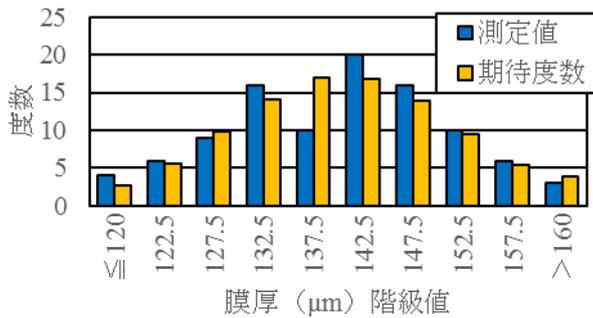
表 2 測定結果の概要

	試験体1	試験体2	試験体3
計測回数 (回)	100		
平均 (μm)	140	8.4	9.2
標準偏差 (μm)	11.4	2.3	4.9
変動係数 (%)	8.2	27	53
最大値 (μm)	172	15.4	21.4
最小値 (μm)	117	2.0	0.2

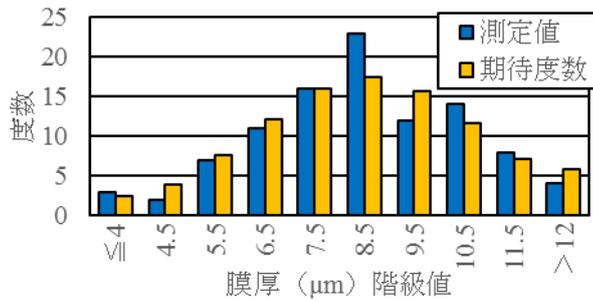
4. 膜厚の度数分布

図 3 に膜厚の度数分布を示す。なお、階級の幅は、測定値の最大値と最小値の範囲を 10 分割程度¹⁾となるように設定している。期待度数は、正規分布を仮定した時の値を示している。

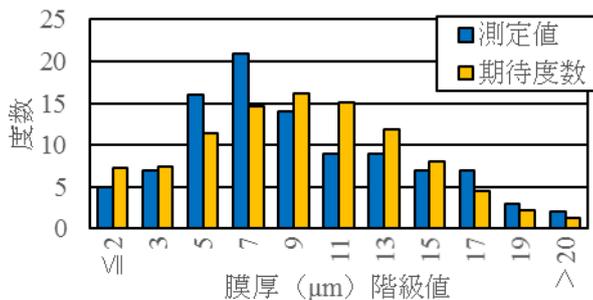
度数分布が正規分布に相当するか、カイ 2 乗適合度検定により確認した。その結果を表 3 に示す。いずれの試験体ともカイ 2 乗値 χ は、上位有意確率が 5%のときのそれぞれの自由度に応じたしきい値 χ_0 を下回り、各試験体の測定値とも正規分布が当てはまることを確認した。



(a) 試験体 1



(b) 試験体 2



(c) 試験体 3

図 3 測定値の度数分布

表 3 測定値のカイ 2 乗値

	試験体1	試験体2	試験体3
階級数	10	10	11
自由度	7	7	8
上位有意水準	0.05		
カイ 2 乗値 χ_0 (しきい値)	14.1		15.5
カイ 2 乗値 χ (測定値)	5.05	5.03	10.8

信頼水準

95% : $e =$ 1% (purple diamond), 5% (red circle), 10% (blue circle), 50% (green circle)
 99% : $e =$ 1% (purple triangle), 5% (red triangle), 10% (blue triangle), 50% (green triangle)

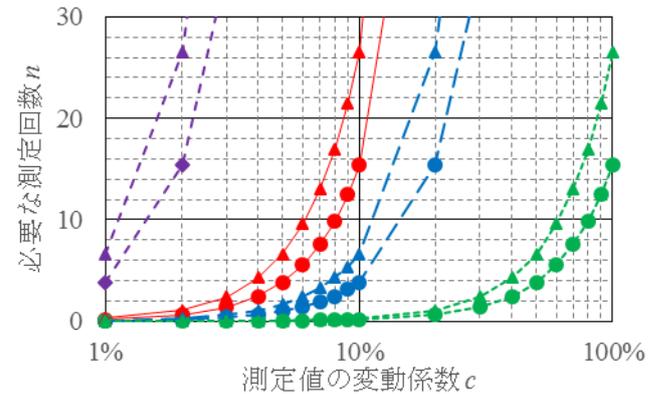


図 4 変動係数 c と測定回数 n の関係

表 4 必要な測定回数

	試験体1	試験体2	試験体3
許容誤差率 e	5%		
信頼水準	95%		
λ	1.96		
変動係数 c	8.2%	27%	53%
必要計測回数 n	10.4	111	441

5. 測定条件の検討

測定値の変動を考慮した測定条件として、必要な測定回数について検討する。

文献 2) によれば、信頼水準を λ (95% のとき $\lambda=1.96$, 99% のとき $\lambda=2.575$)、許容誤差率を e 、測定値の変動係数を c とするとき、必要な測定回数 n は次式で与えられる。

$$n = \frac{\lambda^2 c^2}{e^2} \quad (1)$$

図 4 に信頼水準 λ 、許容誤差率 e を設定したときの測定値の変動係数 c と必要な測定回数 n の関係を示す。信頼水準が高いほど、許容誤差率が小さいほど、また測定値の変動係数が大きいほど、必要な測定回数が増える。

ここで、測定結果をもとに、許容誤差率を 5%、信頼水準を 95% と設定したときの必要な測定回数 n を

計算した結果を表 4 に示す。

試験体 1 の必要な測定回数は 10 回程度、試験体 2 と 3 は 100 回以上の多数となった。試験体 2 と 3 は、測定値の変動係数が大きいので、鍔厚の分布が局所的に一律でないことが原因と考えられる。

6. 今後の予定

本報告では、測定値の変動に応じた必要な測定回数を検討する方法を示した。限られた数の条件、および測定をもとにした検討結果であり、かつ許容誤差率や信頼水準も仮に設定したものであることから、今後、適用性も含めて種々の条件による測定を行い、検討を進める予定である。

参考文献

- 岡田 泰榮: 統計, 新しい数学へのアプローチ 13, 共立出版, 1966.7
- 松井 博: 標本調査法入門, 日本統計協会, 2005.9