

超音波板厚計を用いた腐食鋼板の実用的板厚評価法に関する研究

徳山工業高等専門学校
徳山工業高等専門学校

学生会員 ○中澤晃治
学生会員 杉山泰基

徳山工業高等専門学校 正会員
広島大学大学院 正会員

海田辰将
藤井 堅

1. はじめに

腐食鋼構造物の板厚測定では、作業性の良い超音波板厚計によって腐食部における数十点の板厚測定を行い、板厚統計量を求める方法が一般的である。しかし、探触子の接触面および超音波の反射面がともに凹凸であること、探触子の接触面となる凹凸表面を平滑化することなどによって板厚測定結果がばらつき、測定精度が低下することが懸念される。

本研究では、実際の腐食鋼板3体について超音波板厚計およびレーザ変位計による板厚測定の両方を実施し、これらの結果を比較することで、超音波板厚測定結果のばらつきの傾向を明らかにし、板厚統計量のばらつきと測定ユニット数（測点数）の関係を考察する。また、超音波板厚計による板厚測定結果を用いて腐食鋼板の板厚を精度良く推定するための、実用的板厚評価法を提案する。

2. 腐食鋼板の板厚測定

供試体となる腐食鋼板は、撤去されたプレートガーダーから切り出したウェブ供試体 2 体(W-1, W-2)およびフランジ供試体 1 体(F)の合計 3 体である。腐食前の板厚はウェブ供試体 $t_0=10\text{mm}$ 、フランジ供試体 $t_0=10.5\text{mm}$ (実測値)であり、供試体表面の錆や塗装は、板厚測定前に除去している。

レーザ変位計による測定は、測点まわりの平滑化による鋼表面切削量を把握するために、切削作業の前後にそれぞれ実施した。レーザ変位計の精度が高いことや 1mm 間隔での詳細な測定を実施したことから、切削前に行ったレーザ変位計の板厚測定結果を本研究では「真値」として取り扱い、超音波板厚計による測定結果と比較する。

図-1 に切削前の供試体 W-1 のレーザ測定から得られた板厚等高線図を示す。超音波板厚計による板厚測定では、直径 12mm の円形探触子を有するポータブル超音波板厚計を用いて 20mm 間隔の格子状に板厚を測定した。測定面は直径 15mm 程度の円形状に鋼表面を切削して平滑化し、探触子ができるだけ正常な状態で鋼表面に接触できるように注意を払った。

本研究では超音波板厚測定に一边の長さが 40mm の正方形ユニットを採用し、1 ユニットにつき正方形の 4 隅と中央の 1 点の計 5 点の板厚を取得した¹⁾。なお測定に用いた超音波伝搬速度は 5290m/sec とし、概ね 30 回の測定毎に対比試験片を用いて測定精度をチェックし、適宜校正を実施した。

3. 測定結果と考察

本研究では、レーザ変位計による測定結果を LDG、超音波板厚計による測定結果を UTG と表記する。

LDG1 は測点の凹凸を切削する前の状態、LDG2 は測

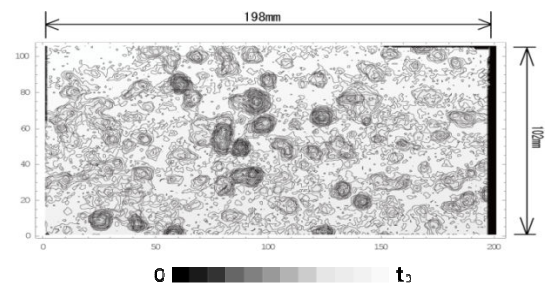


図-1 ウェブ供試体 W-1 の板厚等高線

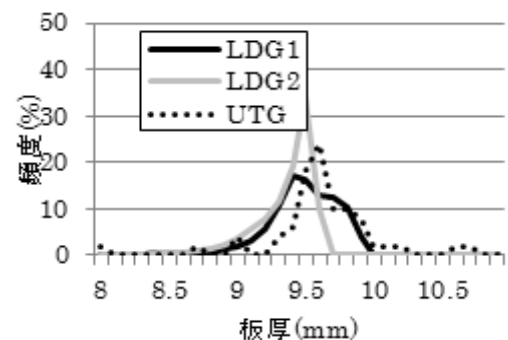


図-2 板厚頻度分布

点を平滑化した後の状態である。

表-1 に LDG および UTG から得た各板厚統計量をまとめて示す。また板厚頻度分布の一例として図-2 に W-1 の板厚頻度分布を示す。

測点の凹凸を切削する前後(LDG1 と LDG2)における板厚頻度分布と板厚統計量に着目すると、標準偏差については供試体 F を除いて、切削後の LDG2 は切削前の LDG1 よりも増加している。これらのことから、LDG1 において、最も小さい板厚標準偏差(0.18mm)を有する W-2 では、元々の凹凸が少ないために、わずかな切削によって生じる測点まわりの板厚変動が板全体の統計量に対して敏感に影響したと考えられる。この傾向は W-1 も同様である。

次に、LDG2 と UTG を比較すると、全ての供試体における平均板厚で真値 LDG2 よりも UTG の方が大きくなっており、最も凹凸の激しい供試体 F では最大 0.35mm の過大評価となっている。このことは、超音波板厚計を用いて腐食鋼板の板厚を測定すると、実際よりも大きな板厚を示す傾向にあることを示唆している。

4. 超音波板厚測定結果のばらつきとユニット数

各供試体のユニット測定結果から得た板厚標準偏差と平均腐食量の関係をプロットすると、図-3 のようになる。図は 1 ユニットでの測定結果を逐一プロットしたものである。図から、供試体 F については、1 ユニットの測定結果であってもある程度ばらつきが抑えられているものの、比較的腐食が軽微な W-1, W-2 につい

キーワード

腐食, 板厚測定, 超音波板厚計, ばらつき, 板厚評価

連絡先

〒745-8585 山口県周南市学園台 徳山工業高等専門学校 土木建築工学科
TEL: 0834-29-6331 E-mail: kaita@tokuyama.ac.jp

表-1 板厚統計量一覧

供試体	平均板厚(mm)			標準偏差(mm)			最大板厚(mm)			最小板厚(mm)		
	LDG1	LDG2	UTG	LDG1	LDG2	UTG	LDG1	LDG2	UTG	LDG1	LDG2	UTG
W-1	9.42	9.29	9.57	0.29	0.45	0.45	9.98	9.68	10.91	6.21	6.19	7.90
W-2	9.36	9.31	9.43	0.18	0.20	0.47	10.02	10.30	10.22	6.25	5.92	6.56
F	9.95	9.62	9.97	0.38	0.21	0.19	13.83	11.26	10.81	3.87	7.60	9.59

ては非常に測定結果のばらつきが大きい。つまり、1ユニットの測定では、ユニットを設けた場所のみの板厚情報に依存するため板全体の正確な板厚統計量を把握することは困難であることを図は示している。したがって、場所を変えて設けた複数のユニットで測定を実施することが望ましい。

図-4 に、超音波測定を行ったユニット数 N と平均板厚における真値との差の関係を示す。図より、超音波板厚計による板厚測定結果は、レーザ計測による結果よりも概ね上回る傾向にあるものの、ユニット数を増やすと測定結果のばらつきが減少することは明らかである。また、本供試体による測定では、 $N=9(45$ 点)になると、測定結果のばらつきは最大でも 0.07mm 以下に抑えられており、 $N=4$ の結果と比べると、結果の信頼性が大幅に改善されている。

5. 実用的板厚評価法

超音波測定結果のばらつきを抑えるためには、図-4 に示すようにユニット数を増やすことが有効である。しかし、超音波板厚計による測定結果は、供試体の腐食状況に関わらず全体的に実際よりも大きめの板厚を示す傾向にある。そこで、腐食表面形状の特徴に応じて超音波板厚測定結果を補正し、安全側に残存板厚を評価するための板厚評価式が必要となる。ここでは、鋼表面における凹凸状況の特徴づける板厚統計量に標準偏差を採用し、式(1)に示す板厚評価式¹⁾について検討する。

$$\text{評価板厚} = \text{実測板厚} - \alpha \cdot \text{実測標準偏差} \quad (1)$$

上式は、実測板厚から標準偏差の α 倍を差し引くことで板厚を安全側に評価することを意味している。

ユニット数 $N=4$ (20 点) の板厚測定結果から、補正係数 α と評価平均板厚が真値を超える割合の関係を図-10 に示す。図から、W-1, W-2 については α の傾向がよく似ており、 $\alpha=1.5\sim 1.7$ で真値を超える割合がほぼ 0% に収束する。一方、供試体 F においては、 $\alpha=0.5$ で真値を超える割合がほぼ 0% になっている。これは、平均腐食量 (0.55mm) が少ない割に標準偏差が 0.38mm と大きめの腐食状況であるため、補正係数 α が評価板厚の算定に、より影響するためと考えられる。これらの結果から、本供試体のような標準偏差 0.4mm 程度の腐食鋼板については、 $\alpha=1.5$ を用いて式(1)から評価板厚を求めると、超音波板厚測定によって真値を超えることなく安全側に評価可能と考えられる。

【参考文献】

1) 構造工学シリーズ19 海洋環境における鋼構造物の耐久・耐荷性能評価ガイドライン, (社)土木学会, pp.130-132, 2009.3.

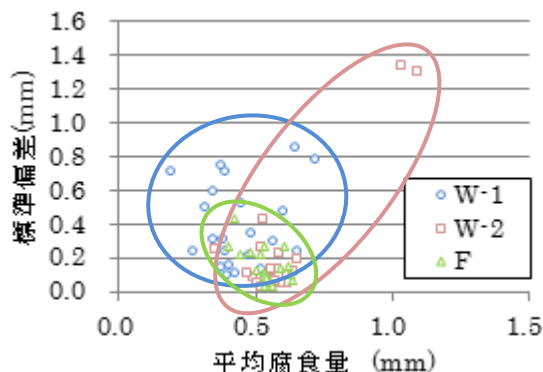


図-3 平均腐食量と実測標準偏差の関係

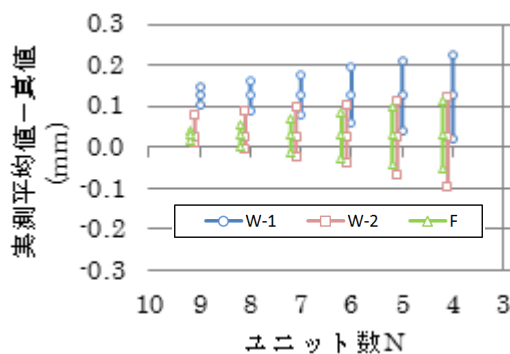


図-4 実測平均板厚—真値

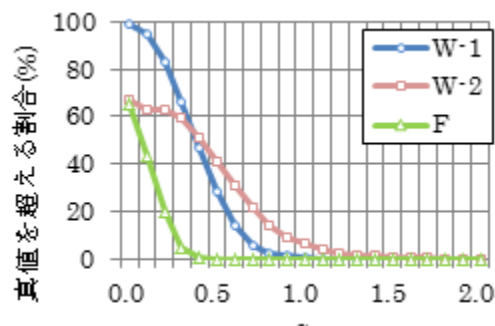


図-5 真値を超える割合

6. おわりに

- (1) 腐食鋼板における超音波板厚測定結果は、若干ではあるが板厚を過大評価する傾向にある。
- (2) 測定結果のばらつきはユニット数を増加させることで大幅に抑えられる。
- (3) 板厚標準偏差が概ね 0.4mm 以下の鋼板については、補正係数 $\alpha=1.5$ を用いると、式(1)を用いて実測板厚を安全側に修正できる。