

超音波板厚計を用いた腐食鋼板の残存板厚測定における信頼性向上に関する研究

徳山工業高等専門学校 学生会員 ○中澤晃治 徳山工業高等専門学校 正会員 海田辰将
 徳山工業高等専門学校 学生会員 杉山泰基 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. はじめに

実際の現場では作業性の良い超音波板厚計を用いた腐食部における数十点の板厚測定結果から、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り、探触子の接触面を平滑化するための表面切削の影響によって、測定結果がばらつき、測定精度の低下が懸念される。

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、超音波板厚測定の信頼性および精度、鋼表面切削量を検証する。そして、測定点ユニット化の概念¹⁾を用いて超音波板厚測定結果を整理し直すことにより、板厚統計量のばらつきとユニット数（測点数）の関係を明らかにし、超音波板厚計を用いて所定の測定精度を得るために必要なユニット数（測点数）について考察する。

2. 腐食鋼板の板厚測定

2.1 実験供試体と測定方法

供試体となる腐食鋼板は、102年間供用後に撤去された総リベット組立のプレートガーターより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 $t=10\text{mm}$ 、フランジ供試体 $t=10.5\text{mm}$ (実測値)であり、供試体表面の錆や塗装は、板厚測定前に電動ワイヤブラシによって除去した。

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。

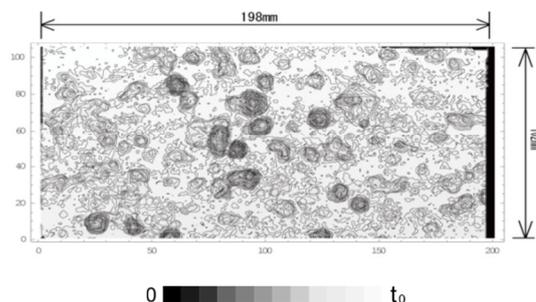


図-1 ウェブ供試体 W-1 の板厚等高線

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注意を払った。

2.2 測点のユニット化による板厚測定作業の合理化

腐食鋼板の板厚測定に、超音波板厚計を用いる場合、要する労力の時間の面から測点数に限界があるため、任意の測定間隔を有する複数の測点を、幾何的にユニット化して板厚測定に適用する方法が提案されている。

本研究では一辺の長さが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点の板厚を取得する。このようにユニット化された測点を、板厚測定が必要と判断された腐食箇所に対して適用することで、データの粗密無くサンプリングを行う。

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。

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

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定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。これは W-1 についても同様である。

次に、LDG2 と UTG を比較すると、超音波板厚計の精度が検証できる。表-1 に示した平均板厚の値から、全ての供試体において真値 LDG2 よりも UTG の方が大きく評価されており、最も凹凸の激しい供試体 F においては最大 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、板厚が実際よりも大きく測定される可能性を示唆しており、板厚データを基に残存強度を評価する際には、危険側の判断を与えることになる。

そのため、超音波板厚測定では、これらの特性を理解した上で、真値における平均板厚などの板厚統計量をできるだけ正確かつ安全側に推定するための板厚評価法を構築する必要がある。

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による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。

【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.

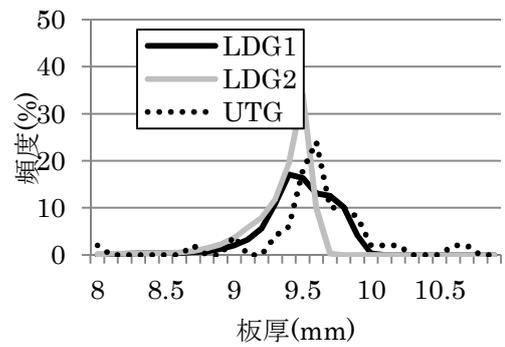


図-2 板厚頻度分布

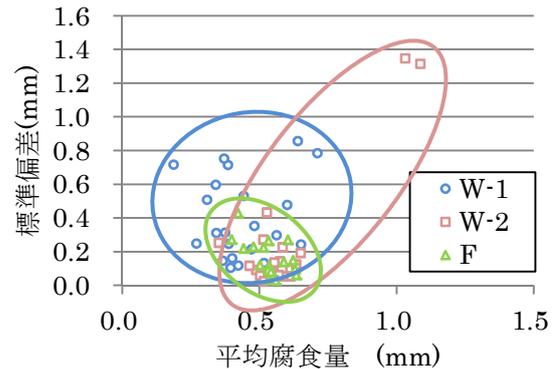


図-3 平均腐食量と実測標準偏差の関係

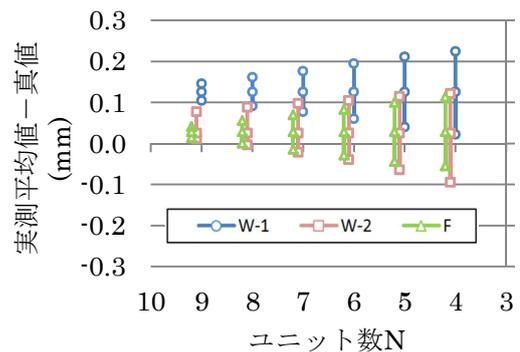


図-4 実測平均板厚—真値

このように、腐食表面の状況に応じて超音波板厚測定結果が有する誤差を定量的に把握すると、所定の精度を得るために必要な測点数が逆算できる。たとえば、本供試体の場合、超音波測定結果のばらつきを 0.1mm 以内に抑えたいならば、図-4 から少なくとも 7 ユニット以上の測定結果が必要と判断される。

5. おわりに

- (1) 腐食表面における超音波板厚測定結果は実際よりも過大な結果を得る傾向にある。
- (2) ユニット数と測定結果のばらつきの関係を定量的に明らかにした。
- (3) さらに腐食が進んだ状態の鋼板についても同様の調査を行う必要がある。