

腐食した鋼材表面における形状計測間隔の設定に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○川島将太
 エム・エムブリッジ 正 会 員 田島啓司
 山口大学大学院 正 会 員 麻生稔彦

1. はじめに

近年，高度経済成長期に建設された鋼橋の腐食損傷が問題となっている．腐食による板厚減耗が生じると構造物の耐荷力が低下するため，板厚計測を行い，腐食状況を正確に把握する必要がある．しかし，従来の計測方法であるキャリパーゲージや，超音波板厚計は，腐食が激しいと形状の把握が困難であり，多大な労力が必要となる．

工業製品の設計や品質管理に利用されているポータブル 3D スキャナーは物体形状を高密度の点群座標データとして計測が可能であり，実橋梁での腐食形状計測が期待される．しかし，計測間隔が大きすぎる場合は誤差が増大し，小さすぎる場合はデータ処理に時間や労力を要するため，計測間隔の適切な設定が求められる．

そこで本研究では，計測間隔の違いが腐食形状計測の誤差に与える影響を推定するための基礎理論を構築するとともに，実際に腐食鋼板を計測したデータを用いて理論の検証を行う．

2. 研究方法

2.1 板厚計測の基礎理論検討

腐食形状が形状計測の誤差に与える影響を推定するための基礎理論の検討を行なった．図-1 のように腐食による形状の凹凸を正弦波に置き換え，計測間隔が計測誤差におよぼす影響を検討した．本研究では最小板厚の把握をターゲットとして，正弦波の極値をいかに正確に計測できるかという視点で検討を進めた．計測間隔 x として正弦波を計測した場合，正弦波の極値の高さ方向の計測座標の誤差が最大となる時の計測位置は，図-1 のようになる．この時の振幅 C_k ，波長 T_k ，計測間隔 x および高さ方向の計測座標の誤差 δ_{si} の関係は式(1)(2)によって表すことが出来る．

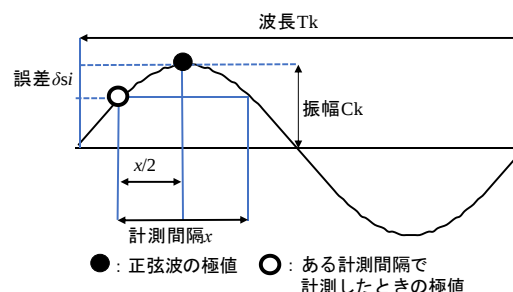


図-1 正弦波形状

$$x > T_k : \delta_{si} = C_k - C_k \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{T_k} x\right) \quad (1)$$

$$x \leq T_k : \delta_{si} = 2C_k \quad (2)$$

2.2 腐食鋼板の計測

ポータブル 3D スキャナーを用いて腐食鋼板の計測を行った．計測に用いたポータブル 3D スキャナーと腐食鋼板の計測データ(約 55mm×約 55mm)を図 2 に示す．

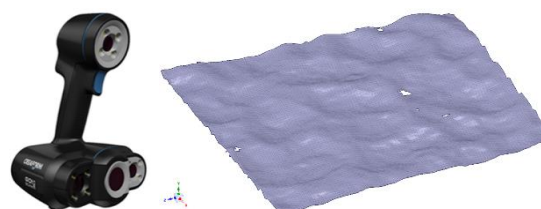


図-2 ポータブル 3D スキャナーと計測データ

2.3 計測データの処理

1) 等間隔データへの変換

ポータブル 3D スキャナーで取得した計測データは不等間隔な座標データであるため，等間隔なデータを対象とするフーリエ解析には不適格であった．フーリエ解析については 2) に記述する．約 0.5mm 間隔の不等間隔データを 0.1mm 間隔の等間隔データへ変換するために，周囲 4 点の加重平均により z 座標（高さ）を求める共一次内挿法を用いて空間補間を行った．また，重複した座標が存在するため，重複座標を削除した．

キーワード 腐食，形状計測，座標データ

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9323

2) 高速フーリエ変換

点群データを正弦波として評価するために高速フーリエ変換を適用した. 本研究ではポータブル3Dスキャナーで取得した計測データの任意の直線上に分布する512個の座標を用いてフーリエ変換を行った.

2.4 基礎理論によって求めた計測間隔の検証

フーリエ変換で得られた256個の正弦波に式(1)をそれぞれ用いて, 正弦波の極値と, 正弦波をある計測間隔 x で計測したときの計測点の極値の差 δ_{si} を求めた. 計測誤差 δ_{si} と, 下に示す式(3)を用いることで, 256個の計測誤差を合成して評価した. δ_{cor} は腐食形状計測で生じる計測誤差の推定値となる.

$$\delta_{cor} = \sqrt{\delta_{s1}^2 + \delta_{s2}^2 + \dots + \delta_{s256}^2} \quad (3)$$

3. 研究結果

3.1 高速フーリエ変換

計測データに高速フーリエ変換を行い, 波長と振幅についてまとめた結果を図-3に示す. 波長は最大で51.2mm, 最小で0.200mm, 振幅は最大で0.435mm, 最小で0.002mmとなった. 3つの波形で波長と振幅が大きくなる結果となった.

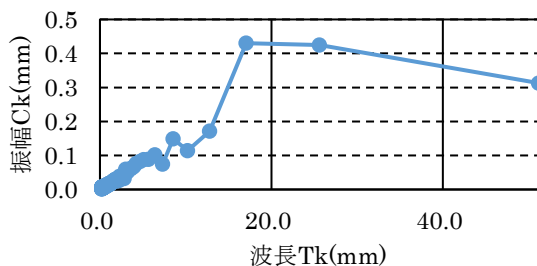


図-3 結果 波長と振幅

3.2 正弦波における計測誤差検証

図-4に示す断面形状の3つの特徴点について, 特徴点の z 軸座標値と, ある計測間隔 x で計測した場合に, 計測機が捉える極値を比較した. 今回は計測間隔 x を5.0mmとしたため, 腐食形状計測を行う際に生じる計測誤差の推定値 δ_{cor} は, 高速フーリエ変換の結果と式(3)より, 0.67mmとなった.

検証結果を表-1に示す. 3つの特徴点における計測誤差の最大は0.444mmとなった. 計測誤差の推定値 δ_{cor} が0.67mmであることから, 全ての特徴点における計測誤差が δ_{cor} 以下となる結果が得られた.

フーリエ変換で得られた256個の正弦波について, 計測間隔 x を5.0mmとした場合のそれぞれの δ_{si} と波長 Tk のついてまとめたグラフを図-5に示す. 図-3と比較して, 振幅が小さい場合でも計測誤差が大きくなる結果が得られた.

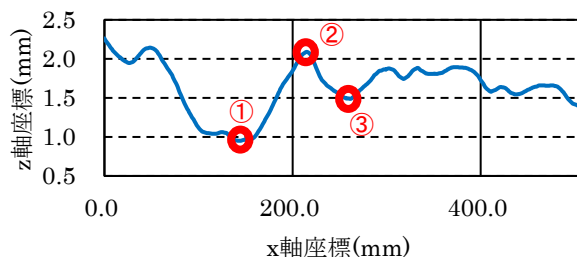


図-4 計測データの特徴点

表-1 検証結果

極値	①	②	③	最大
x 軸座標 (mm)	143	215	262	-
計測誤差 (mm)	0.111	0.444	0.228	<u>0.444</u>

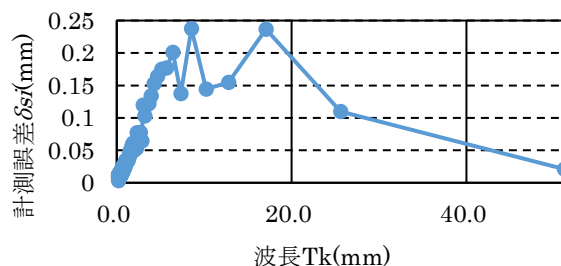


図-5 計測誤差と波長

4. まとめ

腐食形状を正弦波形状に見立て正弦波の波長を腐食の幅, 振幅を腐食の深さとして計測間隔が形状計測の誤差に与える影響を推定するための基礎理論の検討を行なった. また, 実際の腐食鋼板を用いて計測間隔設定方法の検証を行なった. 腐食形状計測で生じる計測誤差の推定値 δ_{cor} を満たす計測間隔の検証を行った結果, 全ての特徴点で実際の計測誤差が, δ_{cor} 以内におさまる結果になった.

本研究では約55mm×55mmの鋼板を用いたが, 今後はさらにスケールの大きな鋼板を用いてデータ量を増やし, 検証を行う.

参考文献

- 1) 杉浦邦征、田村功、渡邊英一、伊藤義人、藤井堅、野上邦栄、永田和寿、岡抹樹：腐食鋼板の力学的特性評価のための板厚計測および有効板厚に関する考察, 土木学会, 構造工学論文集, Vol.52A, pp679-687, 2006 年.