

ウェーブレット変換を用いた腐食の表面性状の評価に関する基礎的研究

大阪工業大学 ○林 健治

1. はじめに

鋼構造物の腐食耐久性の向上を計り、適切な維持管理・保全を実施するためには、鋼部材の腐食の状態や腐食の速度を調査・把握し、それに基づいて維持管理計画を立て、余寿命等の評価を行うとともに、適宜、補修・補強を行う必要がある。本研究では、鋼構造物の腐食損傷の表面性状が耐荷性能および耐久性能に及ぼす影響を把握する、その第一歩として、腐食の表面性状の評価にウェーブレット変換を用いた手法の可能性・有効性を検証する。具体的には、2次元離散ウェーブレット変換を用いて、実橋の腐食の表面性状を分析するとともに、モンテカルロ法を適用し、生成状況のシミュレーションを実施するものである。

2. 2次元離散ウェーブレット変換に基づく解析

ウェーブレット変換は最適な時間一周波数分解能により波面を解析するものである。具体的には、時間（空間）一振幅の波を両軸で引き伸ばしたり、縮めたりして波面を解析できるため、視覚的にもその特性を捉えやすい。本研究では、数値解析のソフトウェアとしてオープンソースの Scilab を用い、ウェーブレット変換には Wavelet Toolbox を利用した。以下に、1次元離散ウェーブレット変換を用いて、後述の腐食面から1次元の波形を取り出し、分析した結果を纏め、以下にウェーブレット変換に基づく波形解析の特徴を整理する。

図-1は、腐食波形を1次元ウェーブレット変換を用いて解析したものであり、(a)は原波形、(b)は詳細係数、(c)は近似係数、(d)は逆解析の結果を示す。ここで、離散ウェーブレット変換の処理・分解過程は一般につきの通りである。

1) 信号（波形）は一定の間隔でサンプリングされる。サンプリングされた信号は、ローパスフィルタ（低域成分）を通過させ、2倍の時間でサンプリング（ダウンサンプリング）し、結果を出力する。この結果は、近似係数として処理される。

2) つぎに、サンプリングされたデータをハイパスフィルタ（高域成分）を通過させ、ダウンサンプリングを行い、結果を詳細係数として出力する。

3) 使用されるフィルタの伝達関数はウェーブレット関数で決まる。

4) 一般に必要な信号は低い周波数である場合が多く、近似係数はノイズが除去された本来の信号を近似したものとして取り扱われる。この場合、詳細係数がノイズと考えられている。

以上より、図-1はつきのように評価される。すなわち、近似係数は原波形に対応し、詳細係数は位相がずれたものとなっている。非常に高い精度で変換が実施されていることが明らかであり、逆解析の結果も良好に原波形と一致している。離散ウェーブレット変換の有効性・可能性が示されたと言える。

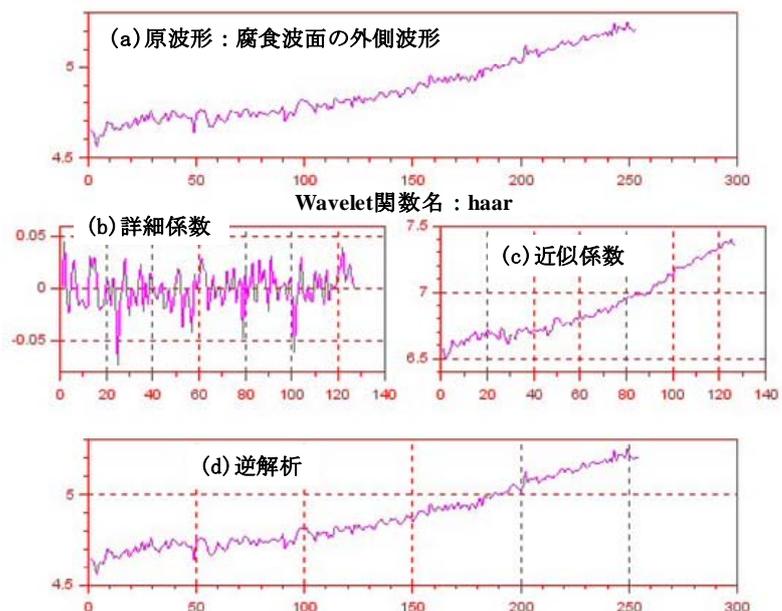
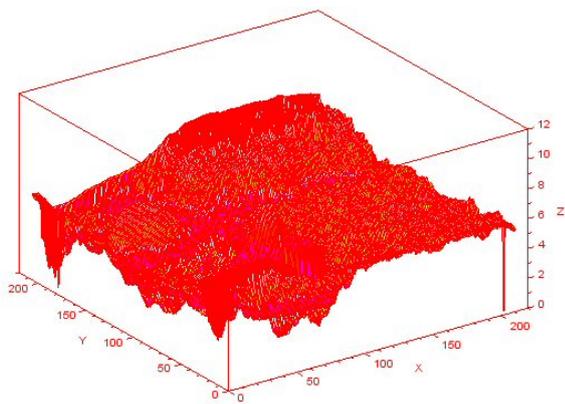
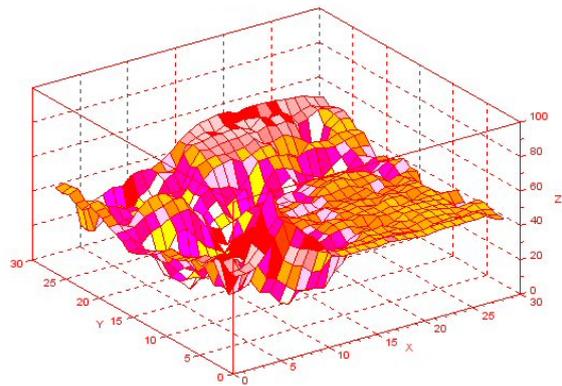


図-1 1次元ウェーブレット変換に基づく腐食波形の解析

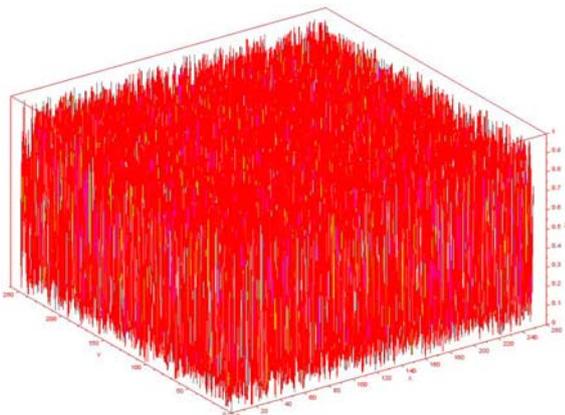


(a) 原波形

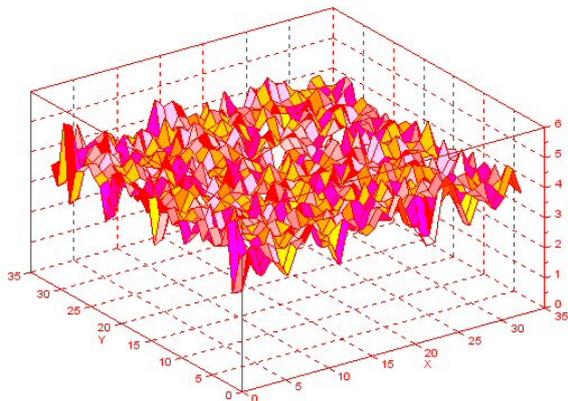


(b) 近似波形

図-2 腐食試験体の2次元離散ウェーブレット変換



(a) 乱数により生成された擬似波面



(b) 2次元離散ウェーブレット変換における近似係数

図-3 モンテカルロシミュレーションによる腐食波面の生成

実橋の腐食試験体の解析結果を図-2に示す。ここで、(b)の近似波形は(a)の原波形の特性を良好に再現しており、近似波形は損傷の尺度になり得るものと判断される。また、結果は省略するが、その他の試験体でも、同様の結果が得られた。以上の結果を総合的に勘案して、腐食の表面性状を評価する手法として、ウェーブレット変換に基づく解析法は非常に有効な手段になり得るものと言える。特に、ウェーブレット変換における分解後の近似係数や詳細係数は、腐食の指標として用いることが可能であり、さらに、詳細な検討により、優れた特性を引き出せるものと考えられる。

つぎに、腐食損傷した鋼構造物の残存耐荷性能を把握する上で、腐食の表面性状を把握することが重要であることは言うまでもないが、腐食のメカニズム（進行過程）を把握することも不可欠である。そこで、ウェーブレット変換に基づく手法の検討を試みた。図-3は、モンテカルロシミュレーションを用いて、乱数により生成された擬似波面(a)に対し、ウェーブレット変換を行い、その近似係数(b)を求めた結果を示す。得られた波面は、実在する波面、例えば、図-4に示す水門扉の腐食の一部を取り出した腐食波面に関するウェーブレット変換後の近似波形と類似するものとなっている。したがって、このような方法の可能性があると言える。

3. おわりに

以上の結果から、鋼構造物の腐食の表面性状を評価する一つの方法として、ウェーブレット変換を用いた方法を位置付けることは可能と言える。また、有力な方法の一つになり得るものと考えられる。

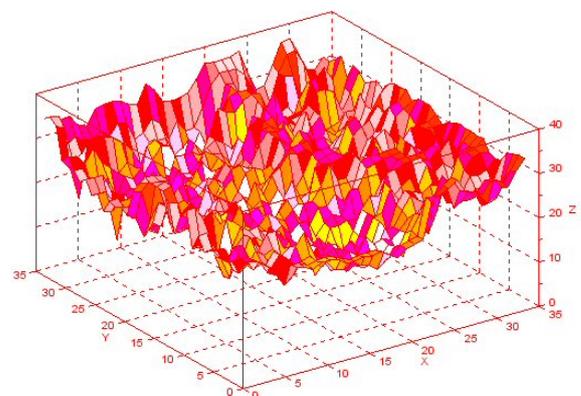


図-4 水門扉腐食試験体のウェーブレット変換により得られた近似波形