

固有振動数に着目した鋼橋腹板の腐食損傷簡易評価法

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○西上 康平
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 大西 弘志
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 太田 小夜子
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

1. はじめに

通常、鋼橋の点検における腐食損傷程度の評価は目視によって行われ、状況に応じて写真や点検者の評価記録をもとに機器を用いた残存板厚の計測（詳細調査）を行い補修・補強の可否を判定している¹⁾。直接ノギスなどで挟み込み、板厚の計測ができない腹板等の部材に対しては、詳細調査として超音波厚さ計による計測が行われる。しかし超音波厚さ計による計測には、その性格上、測定面の平滑化等の処理を伴い、健全な鋼材部分の減少につながることで、あるいは、測定後に再塗装が必要となることなどから実施頻度を最低限にする必要がある。そのため点検者および管理者の主観的評価に依存している外観調査の信頼性の向上が不可欠であり、客観性を伴った腐食損傷評価が必要である。そこで本研究では、外観調査に加えて行うべき簡易的な鋼橋腹板の板厚減少傾向の評価法について検討することとした。

2. 供試体における固有振動数低下の検出

2.1 実験概要

供用後切り出された実橋の腹板部分を用いて、下端に板厚減少が生じた部材での固有振動数低下の評価を行なった。実験前における供試体腹板の寸法は縦 1045mm × 横 1600mm 平均板厚 12.6mm である。雨水の滞留等による腐食の板厚減少を模擬するため、下端へ向けて板厚が減少するように腹板を切削した（写真-1.1）。切削範囲は腹板高さの 1/8（130mm）としている。腹板の切削は、図-1.1 に示すように切削範囲において 3 等分した領域を実験前の板厚（ $h=12.6\text{mm}$ ）に対して、段階的にその値を減少させた。板厚減少ケース 1 では 5%、10%、15%、ケース 2 では 10%、20%、30%、ケース 3 では 15%、30%、45%の割合で実験前の板厚から下端に向けて減少させることとした。板厚の計測は超音波厚さ計によって行った。表-1.1 に板厚減少過程における残存板厚を示す。表には超音波厚さ計の表示分解能である 0.1mm 未満を四

捨五入して表示している。腐食損傷の評価には最大板厚減少量が重要となることから、腹板下端へ向けた 3 段階の板厚減少における下端の板厚減少率を本研究の範囲内では最大減厚率と呼び、指標として用いた。

腹板裏側のパネル中央に加速度計を設置し、表側中央より打撃を与え腹板に振動を励起した。加速度計の設置位置は計測対象とした振動モード（対称 1 次モード）で振幅が最大となる腹板中央とし、打撃にはプラスチックハンマーを用いた。加速度計で検出された振動は波形データ収録器に時刻歴加速度波形として記録され、得られた波形に FFT（高速フーリエ変換）を行うことによって周波数スペクトルから固有振動数の同定を行なった。加速度計は両面テープによってパネルに設置し、上からガムテープによって固定した。

2.2 実験結果および考察

供試体実験によって得られた周波数スペクトルを図-1.2 に示す。表-1.2 に示すように板厚の減少に伴って固有振動数（ピーク周波数）は低下している。この結果から腹板における板厚減少は固有振動数の低下に着目することにより評価できる可能性が示された。この結果を受けて、本研究では板厚減少と固有振動数の低下に関するさらなる検討として固有値解析を行うこととした。



写真-1.1 腹板切削状況

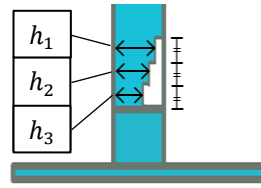


図-1.1 腹板下端の板厚

表-1.1 段階別の残存板厚

ケース	最大減厚率 (%)	残存板厚 (mm)		
		h_1	h_2	h_3
0	0	12.6	12.6	12.6
1	15	12.0	11.3	10.7
2	30	11.3	10.1	8.8
3	45	10.7	8.8	6.9

キーワード 鋼橋 腹板 腐食 固有振動数

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院地球総合工学科 社会基盤設計領域 TEL 06-6879-7618

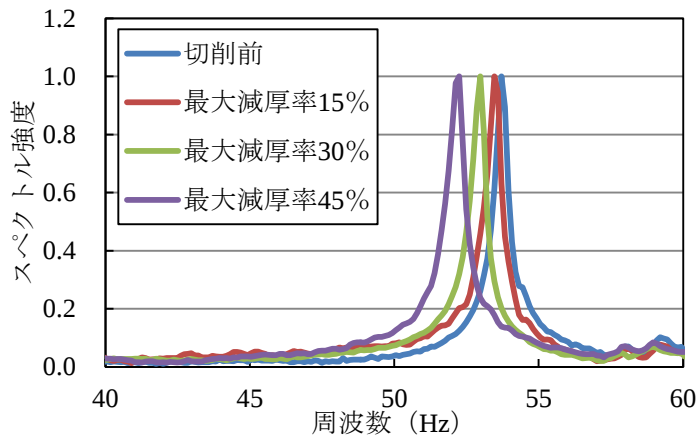


図-1.2 供試体実験における周波数スペクトル

表-1.2 実験時における固有振動数の推移

最大減厚率 (%)	固有振動数 (Hz)
0	53.71
15	53.47
30	52.98
45	52.25

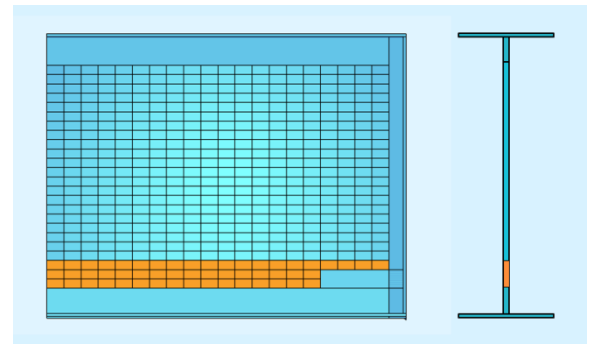


図-1.3 解析モデル

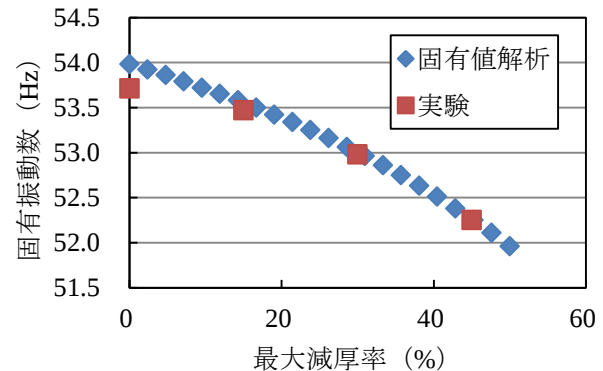


図-1.4 腹板高さ 1/8 の範囲に減厚比 1 : 2 : 3 の板厚減少が存在する場合の固有振動数の低下

3. 固有値解析による固有振動数低下の再現

3.1 解析モデル

既往の研究²⁾等を参考に上下フランジと垂直補剛材で囲まれた領域において鋼橋腹板をモデル化し、固有値解析を行なった。解析モデルは図-1.3 に示す通りである。図中の色つき部は本研究内で板厚の減少を仮定した範囲（腹板高さの 1/8）を表している。寸法は供試体実験で計測した値と同一とし、腹板は平板要素として解析を行った。境界条件は周辺固定としている。要素分割に際しては対象範囲を 20×24 に分割している。

3.2 供試体実験の再現

解析モデルにおいて供試体実験と同様に、腹板高さ 1/8 の範囲で 3 等分された領域に対して板厚減少量の比（減厚比）を $d_1 : d_2 : d_3 = 1 : 2 : 3$ ($d_i = h - h_i$) とし、固有値解析により実験において確認された固有振動数低下の再現を行なった。

3.3 解析結果および考察

固有値解析結果を供試体実験によって得られた結果と併記して図-1.4 に示す。グラフより、固有値解析によって得られた結果は実験値とよく一致していることがわかる。以上から腹板の固有振動数低下は固有値解析によって再現可能であり、今後様々な形態の板厚減少を伴った腹板の解析を行うことで本手法の適用性を検討することが可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 腹板振動の周波数分析から、腹板の板厚減少を固有振動数の低下に着目することで評価できる可能性を示した。
- (2) 腹板の固有振動数低下は固有値解析によって再現可能であり、多様な腐食形態に対して今後固有値解析を実施することで本手法の適用性を検討することが可能であると考えられる。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金（基盤研究（B）23360057、研究代表者：阪上隆英）により実施されたものであり、本研究は土木学会関西支部調査研究委員会「橋梁の維持管理へのモニタリング技術の適用に関する調査研究委員会」（委員長：大西 弘志）の活動の一環として実施された。ここに記して関係各位に感謝の意を表すものである。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧，pp.III-46～III-73，2005
- 2) 徳田，連，渡邊，井上：鋼橋の固体音低減を目的とした振動モード解析モデルに関する考察，土木学会第 56 回年次学術講演会，2001