

鋼桁端部の腐食損傷の違いによる振動特性に関する一検討

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋
金沢大学
中日本高速道路 金沢支社

○正会員 有馬 直秀, 正会員 橘 吉宏
正会員 深田 幸史
黒木 孝司

1. はじめに

既設橋の鋼桁端部は、狭隘部な環境が多く、伸縮装置から凍結防止剤（主成分 NaCl）を含む漏水等によって局部的な腐食が進行している¹⁾。鋼桁端部が腐食して減肉した場合、ブラスト処理等を行わないと正確な減肉量が分からないなど、点検および健全度評価について課題がある。筆者らは、ウェブ振動に着目し数値解析から、ウェブパネルの下端部が減肉した場合の振動特性の変化から健全度評価手法の検討を行っている²⁾。結果、高次モードの方がウェブ下端が減肉した場合の固有振動数（以下、振動数）および振動モード形状の変化は大きく、鋼材減肉を検知しやすいことを確認した。しかし、実計測では、振動特性の変化を確認出来ていない点や効率的な計測方法について検討が出来ていない。本研究では、鋼桁端部の腐食損傷を模擬した試験体3体を用いて、検出可能な卓越する振動数と振動モード形の確認、腐食範囲や板厚変化による影響、および効果的な計測方法を検討した。

2. 検討概要

(1) 試験体の概要

試験体ケースは、表-1に示すように3体とし、鋼材は、全て SM400 材を使用した。実構造物における腐食による減肉量は均一ではないが、試験体では、腐食範囲や板厚変化の影響を定量的に確認するため、ウェブ下端部の板厚を一律に変化させた。予めレーザー加工によりウェブ板厚を所定の板厚に加工し、その後下フランジとウェブ下端を溶接して試験体を製作した。

(2) 振動計測の概要

振動計測の概要を図-1に示す。まず、衝撃加振用のハンマーの違いを確認するため、3種類のハンマーを用いて試験体1のみで衝撃加振を行い、検出可能な固有振動数を確認した。次に、衝撃加振と共振加振の2手法で3体の試験体を用いて、振動モード形と各振動

表-1 試験体の概要

	腐食範囲 (mm)	腐食部の板厚 (mm)	腐食高さ (mm)
試験体 1	0(なし)	9	0(なし)
試験体 2	500(L/2)	6	25
試験体 3	750(3L/4)	3	25

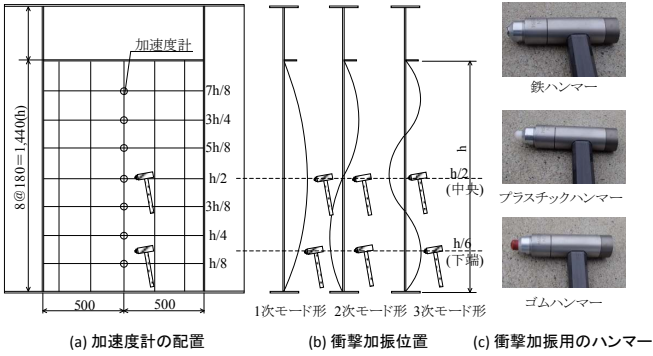


図-1 振動計測の概要

モード形が卓越する振動数を確認した。共振加振は、圧電素子を用いて、評価対象とする振動数でウェブパネルを共振加振し、衝撃加振との違いを確認した。加速度計は、パネル中央に7個配置した。分析方法は、FFT分析以外にERAにより振動数と振動モード形を算出した²⁾

3. 検討結果

(1) 衝撃加振用のハンマーの種類による影響

計測結果を表-2に示す。ハンマーの種類に関係なく、1次振動数が36.4Hz、2次振動数が73.3Hz、3次振動数が125Hzで卓越することが確認できた。但し、ゴムハンマー以外は、100Hz～165Hzで複数の卓越する振動数が確認されており、3次モード形を同定することが困難で

表-2 衝撃加振用ハンマーの種類による測定結果

衝撃ハンマー	加振位置	試験体 1 における振動数(Hz)			評価
		1 次モード形	2 次モード形	3 次モード形	
鉄ハンマー	中央／下端	36.4／(36.4)	(73.3)／73.3	126／126	△
プラスチックハンマー	中央／下端	36.3／(36.4)	(73.3)／73.3	126／125	△
ゴムハンマー	中央／下端	36.4／36.4	73.3／73.3	125／125	○

※()内数値は、ERA 分析では卓越した振動モードが得られなかったため、FFT で卓越した固有振動数の値を付記する。

表-3 衝撃加振と共振加振による測定結果

振動モード形	加振方法	加振位置	振動数(Hz)			評価
			試験体 1	試験体 2	試験体 3	
1 次モード形	衝撃	中央／下端	36.5／36.5	36.1／36.0	35.5／35.5	○
	共振	中央	36.6	36.0	35.5	○
2 次モード形	衝撃	中央／下端	(73.7)／73.6	72.0／72.0	69.3／69.3	△
	共振	下端	73.7	72.0	69.3	○
3 次モード形	衝撃	中央／下端	125／125	124／124	120／120	○
	共振	中央	—	124	120	△

※()内数値は、ERA 分析では卓越した振動モードが得られなかったため、FFT で卓越した固有振動数の値を付記する。

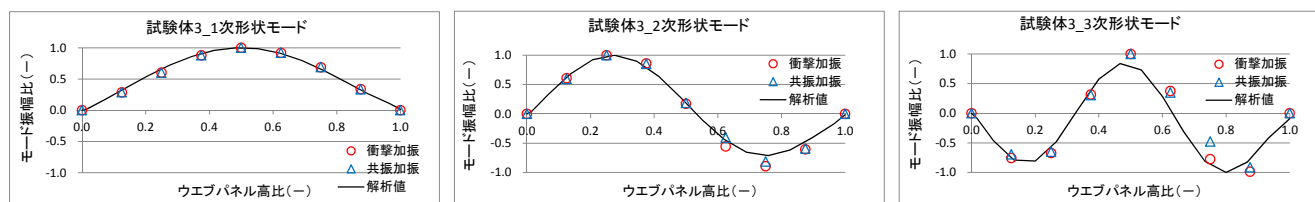


図-2 衝撃加振と共振加振における振動モード形（試験体 3）

あると判断された。このため、衝撃加振を用いる場合、ゴムハンマーを用いることを提案する。

(2) 衝撃加振試験と共振加振試験

計測結果を表-3 に示す。全ての試験体で、衝撃加振および共振加振では、ほぼ同じ振動数が得られた。試験体 2、試験体 3 と腐食範囲およびウェブの板厚を薄くすると振動数の低下が確認できた。試験体 3 体における衝撃加振（○印）、共振加振（△印）の振動モード形を図-2 に示し、解析値を実線で付記した。全ての試験体で、計測値と解析値を比較するとバラツキは見られるものの明確な振動モード形を同定することが出来た。以上の点から、共振加振を行わなくとも、衝撃加振から得られたデータを用い ERA により振動モードを同定しても精度のよい結果が得られる。

(3) 腐食損傷した場合の振動モード形の影響

ウェブ下端部が腐食損傷した場合の振動モード形の影響を確認するため、MAC を用いた評価手法²⁾で検討した。結果を図-3 に示す。各振動モード形で、腐食損傷が大きくなるにつれて、MAC 値が小さくなる傾向が確認できた。このことから、MAC を用いることで、健全度評価手法の一つになりえることが確認できた。

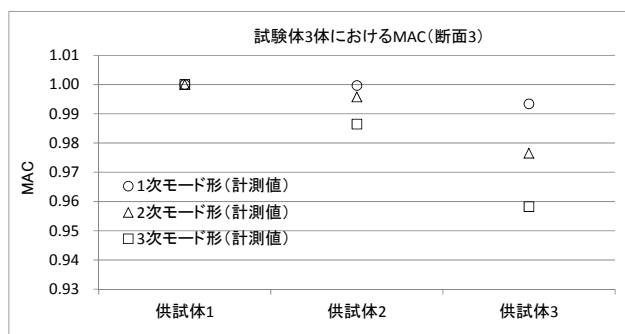


図-3 試験体 3 体における MAC

4. まとめ

- 1) 実計測でも、1 次～3 次モード形を同定することができ、腐食損傷が大きくなると振動数が低下した。
- 2) 振動計測では、ゴムハンマーを用いて、評価対象とするモード形の腹位置に衝撃加振を行う。
- 3) 腐食損傷が大きくなると、MAC 値は小さくなる傾向が確認でき、健全度評価手法の一つになりえる。

参考文献

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究，国土技術政策総合研究所資料，第 294 号，2006.1.
- 2) 有馬直秀，橘吉宏，深田宰史，黒木孝司，田巻嘉彦：鋼桁端部腐食に対するウェブ振動に着目した健全度評価手法の検討，構造工学論文集，Vol.63A，2017.3.