

実物情報板支柱の疲労試験システムの構築

岐阜大学 学生会員 ○村瀬紘貴, 小原健司 岐阜大学 正会員 木下幸治
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 正会員 小塚正博

1. はじめに

高速道路等に設置され、道路状況や気象状況を道路利用者に提供している情報板支柱では、風荷重および交通荷重による橋梁の振動により、応力集中箇所である点検開口部（以後、開口部）や基部定着リブ部（以後、リブ部）といった溶接継手部から疲労損傷が発生した事例が報告されている^{1),2)}。情報板支柱の疲労耐久性に関し、橋梁と付属施設の振動特性、鋼管基部のリブ部の補強等の検討が行われている^{3),4)}。しかし、橋梁上に設置されている情報板支柱は数多くあり、取り替えには莫大な労力と時間を要する。そのため、情報板支柱の疲労耐久性向上を容易に実施可能とする手法が望まれている。溶接継手部の疲労強度向上手法として、溶接止端形状を改善する手法や止端部に圧縮残留応力を導入する方法が検討されてきた。その手法の一つとして、溶接止端部近傍の母材を垂直に打撃し、止端部に圧縮残留応力を導入することにより疲労強度の向上を図る ICR 処理 (Impact Crack Closure Retrofit Treatment) がある。これまでに、著者ら⁵⁾により、面外ガセット試験体を用いた ICR 処理の疲労強度向上効果について検討されているものの、実物の情報板支柱を用いた疲労試験を行った事例は製作コストや試験設備等の関係から、少ないため、実験データの蓄積が必要になると考えられる。そこで、本研究では、実物情報板支柱のリブ部および開口部を対象とした溶接継手部の疲労強度解明に向けた疲労試験システムの開発を目的とし、偏心モータを実物情報板支柱の自由端側に設置して加振する曲げ疲労試験システムの構築を試みた。

2. 実物情報板支柱概要

写真-1 に本研究で対象とする情報板支柱の写真を示す。図-1 の赤枠に示すように、情報板支柱から情報板を外し、開口部およびリブ部を要する支柱を対象とした。図-1 に対象とした支柱、開口部およびリブ部の寸法を示す。支柱は長さ 7300mm のものを用いた。試験体に用いた鋼材は、母材に外径 355.6mm,



写真-1 実物情報板支柱

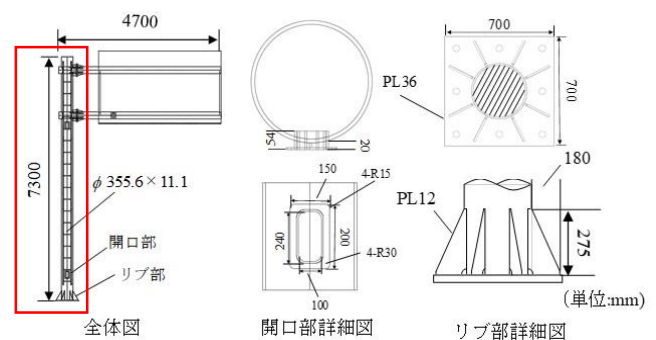


図-1 実物情報板支柱の寸法

板厚 11.1mm の STK400 材、リブ部付加板には板厚 6.0mm、開口部の付加板には板厚 12.0mm の SS400 材である。

3. 疲労試験計画概要

3.1 情報板支柱の設置

図-2 に情報板支柱設置状況を示す。本試験では村井ら⁶⁾の研究で実施された鋼管の曲げ疲労試験を参考に、岐阜大学が所有する反力壁に対して、基部を PC 鋼棒で固定し、片持ち梁上に実物情報板を取り付けた。その上で、偏心モータを実物情報板の自由端側に設置し、加振を行う曲げ疲労試験システムを構築した。一方、情報板支柱には付属物があり、支柱の重心が鋼管中心からずれ、載荷時に 8 の字の振動を引き起こすことから、鉛直方向のみの振動試験となるように横方向変位を拘束する治具を図-2 に示すように設置した。

3.2 載荷試験方法

本試験では、開口部およびリブ部の溶接止端に所定の応力範囲を発生させるために、山田らによって

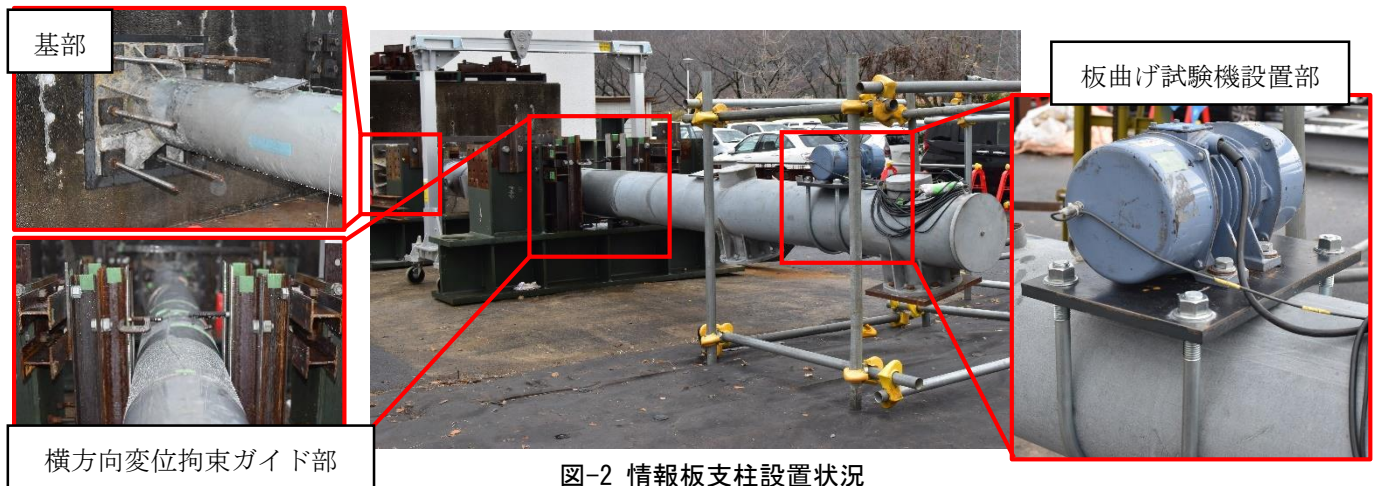


図-2 情報板支柱設置状況

開発された荷重速度 20Hz 程度で溶接継手試験体の疲労試験が可能な簡易な偏心モータを使用した¹⁾。なお、図-2 に示すように情報板支柱の自由端に U ボルトを用いて取り付けた。荷重は応力比 $R=-1$ の両振り荷重とした。

3.3 固有振動数算出

情報板支柱の固有振動数を正確に把握するために、偏心モータによる振動試験を実施し、得られたひずみの試験結果より高速フーリエ変換（以後、FFT）を実施した。図-3 にひずみゲージ貼付け位置を示す。ひずみゲージはリブ部端部から軸方向に 12mm に貼付した。図-4 に偏心モータを用いて強制振動させた際に計測したひずみゲージの時刻歴波形と、FFT により得られたひずみのフーリエスペクトルを示す。また、固有振動数の検証を目的として、ファイバー要素を用いた固有値解析も行った（図-5 参照）。図-4(b) より、振動試験の結果、卓越振動数が 3.98Hz であった。これに対し、固有値解析からは 5.38Hz が得られ、振動試験結果との間に差異が生じた。この原因は、実構造物に設置されている付属物が多く取り付けられているが、それらの剛性が正確にモデル内に反映されていないことが考えられる。これらの結果より、固有振動数は 4.0Hz 前後であると考え、偏心モータの荷重速度を 4.0Hz とした振動試験を実施した。その結果、基部の近傍に貼付したひずみゲージにて、150MPa の応力範囲が作用していることを確認できた。よって、振動数を微調整することで、小型の偏心モータであっても 100MPa を超える応力範囲を制御可能であるといえる。

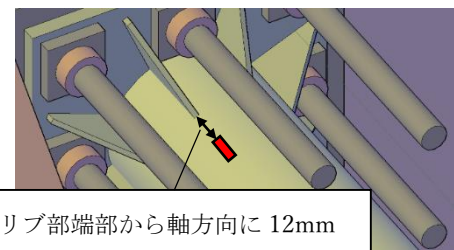
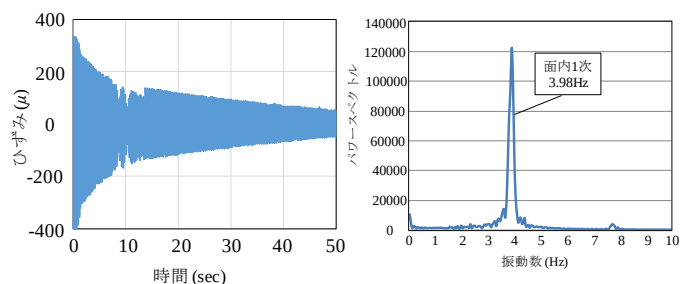


図-3 ひずみゲージの貼付位置



(a) ひずみの時刻歴波形 (b) フーリエスペクトル

図-4 高速フーリエ変換 (FFT)

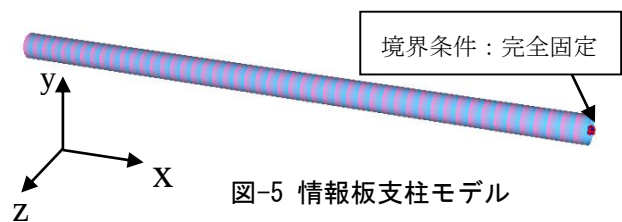


図-5 情報板支柱モデル

参考文献

- 1) 山田ら：門型標識柱の基部に発生した疲労き裂の補修効果の検討，鋼構造論文集，第 16 巻，第 61 号，pp.11-22, 2009.
- 2) 小塩ら：交通振動下にある高架橋付属構造物の振動測定と疲労耐久性の評価，土木学会論文集，No.766, I-68, pp.219-232, 2004.
- 3) 井舎ら：道路橋における照明柱・標識柱の振動特性に関する基礎的研究，高構造論文集，第 11 巻，第 43 号，pp.147-158, 2004.
- 4) 杉本ら：鋼管基部補強 U 字リブ構造の疲労強度，土木学会論文集，No.787, pp.47-56, 2005.
- 5) 木下ら：情報板溶接部への ICR 処理による疲労強度向上に関する検討，鋼構造年次論文報告集，第 26 巻，pp.776-780, 2018.
- 6) 村井ら：鋼管のリブ溶接部の疲労強度，鋼構造年次論文報告集，第 17 巻 pp.281-288, 2009.