

腐食した桁端部を想定した局部振動計測に基づく耐荷性能評価

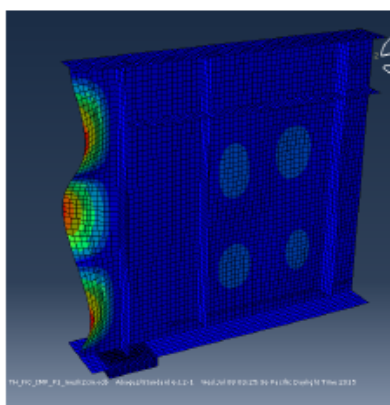
東京大学 正会員 ○長山 智則

学生会員 Khatri Thaneshwor

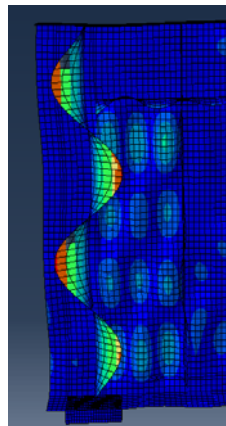
正会員 蘇迪

1. 背景 鋼橋の主要な劣化形態の1つとして鋼材の腐食が挙げられる。中でも桁端部はジョイント周辺から漏水があったり、雨水にさらされたり、排水機能不全があったりすると腐食が進行しやすい。一方で、桁端部は支承からの反力を上部構造に伝える重要な役割を果たしており、腐食した桁端部の適切な状態評価が重要である。現状では、目視点検により腐食の程度が評価されているものの、表面の錆をおとすなどの作業が必要であり正確な評価には手間がかかる。正確な評価も難しい。腐食状態の評価に加えて耐荷性能の推定も必要である。著者らはこれまで、ベルトコンベア支持構造物を対象にして局部振動モードの振動数変化から鋼材の腐食を評価する手法を開発している¹⁾が、本論文では局部振動による腐食評価を桁端部に適用した。桁端部の各部材の局部振動モードを計測し、腐食状態および耐荷性能を評価する方法を提案するものである。

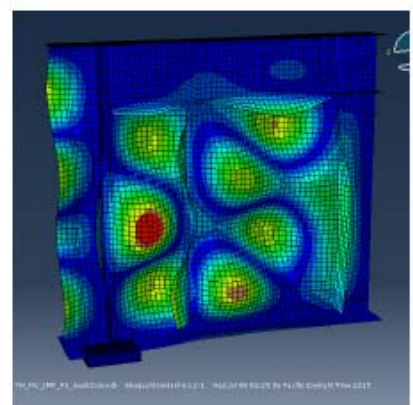
2. 桁端部局部振動モード 図1のように桁端部の有限要素モデルを作成しその固有値解析を行った。桁端部の部材の振幅が大きいモードを抽出すると、図1のように、振動が局在化しているモードが見つかった。図1(a)はウェブの桁端側が局所的に振動する3次のウェブ振動モードである。端部補剛材に対して径間中央側に位置するウェブでもモード形振幅は0でないが、桁端側と比較して極めて小さい。図1(b)は端部補剛材が振動する4次の端部補剛材振動モードである。ウェブのモード形振幅は補剛材の振幅と比べて十分小さい。これ



(a)ウェブ（端部側）振動モード



(b)補剛材振動モード



(c)ウェブ（中央側）振動モード

図1 桁端部の局部振動モード

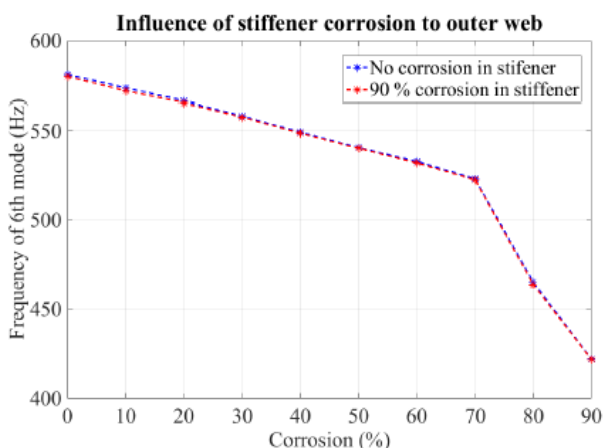


図2 ウェブ振動モードの振動数と損傷レベル

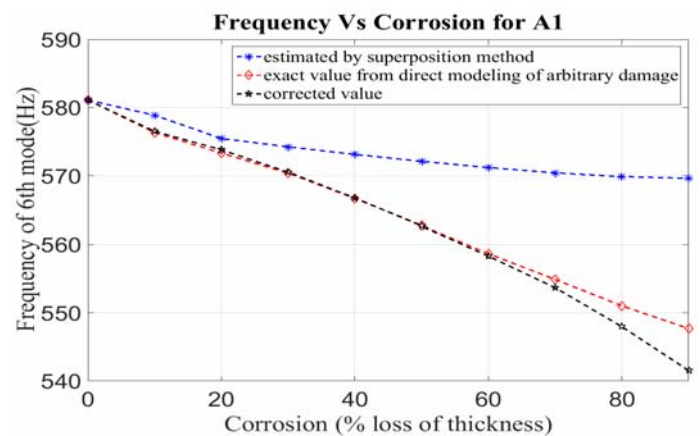


図3 局部振動モード振動数の推定

キーワード 局部振動, 振動数, 腐食, 耐荷力, 桁端部

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 TEL 03-5841-6098

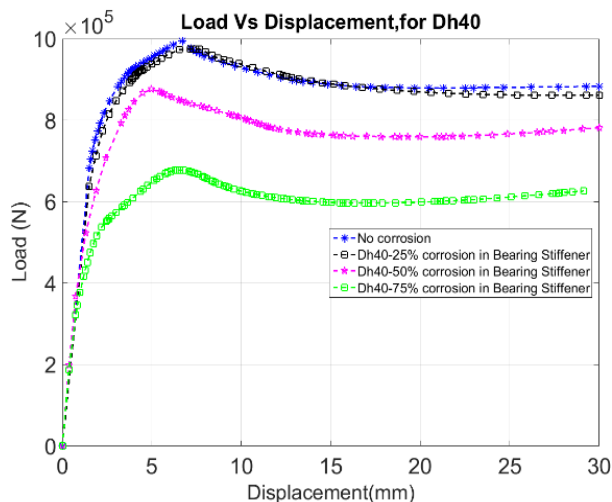


図4 腐食量と耐荷力

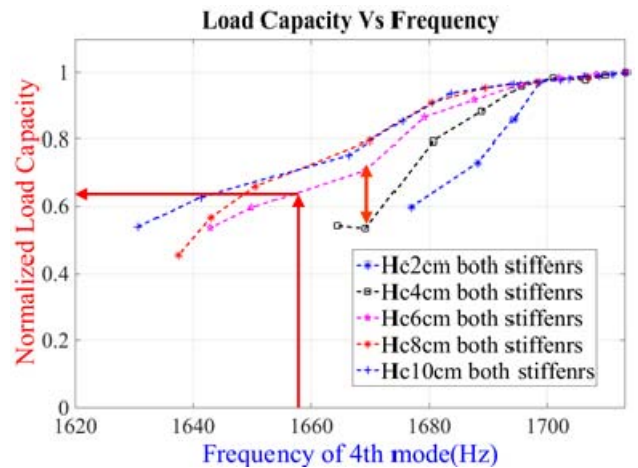


図5 局部振動モード振動数と耐荷力

らは振動が特定部材に局在化した局部振動モードである。一方で、図1(c)は端部補剛材の径間中央側のウェブが振動するモードであるが、振動が局在化していない。補剛材等で囲まれたウェブの領域に局在化した振動モードは、本有限要素モデル上では確認されなかった。そこで、対象とする領域を桁端側のウェブと端部補剛材に限定した。なお、桁端部にはこの他にも様々な高次モードが存在するが、桁端ウェブや、端部補剛材を面外方向に打撃を加えることで、上述の局部振動モードを卓越させることができることを、本有限要素モデルで確認している。実際の橋梁における評価では小型ハンマーによる打撃を想定している。

3. 局部振動モードの振動数変化 桁端部の腐食を想定して有限要素モデルの断面を減少させた。桁端ウェブ振動モードの振動数と腐食量の関係を図2に示す。同図には端部補剛材にも腐食を導入した場合の桁端ウェブ振動モード振動数も合わせて示してある。端部補剛材の腐食の影響がほとんどなく、局部振動モードは着目している部材の状態のみを反映していることが分かる。腐食量と振動数変化の関係は腐食対象領域毎に異なる。そこで、腐食対象領域を小さな要素に分割し、要素ごとに振動数と腐食量の関係を求め、合成する手法を検討した。図3に示す通り、要素毎に求めた関係を合成して、腐食量-振動数を推定することが可能である。桁端ウェブの場合はウェブ下部の領域を4つの要素に区分し、各要素に対する腐食量-振動数の関係を予め求めておくことで、様々な形状の腐食の腐食量-振動数の関係を算出することができる。端部補剛材についても同様に少数の要素について腐食量-振動数の関係を予め求め、様々な形状の腐食量-振動数関係を算出する。

4. 局部振動モードの振動数変化と耐荷力 端部補剛材上部に鉛直方向に載荷し、耐荷力を求めた。図4に示すように、腐食量に応じた耐荷力曲線が得られる。腐食量と耐荷力の関係を、図3で得られた腐食量-振動数の関係と合わせることで、図5のような振動数-耐荷力の関係を得ることができる。例えば振動数が1700Hz程度から1660Hz程度まで低下した場合には、40%程度の耐荷力低下として評価する事ができる。ただし、腐食量-耐荷力の関係は、それぞれの腐食形状について事前に計算する必要がある。

5. 結論 腐食した桁端部を想定した耐荷力評価の手法として、局部振動の振動数を利用する方法を提案した。特定部材のみが振動する局部振動モードは、他部材の損傷等の状態の影響が小さく、該当箇所の状態が振動数に現れると考えられる。この振動数を利用することで、腐食表面の処理などをせずとも、加速度計などで簡易計測するのみで腐食状態を評価する手法を提案した。さらに、振動数から耐荷力を概算するものである。振動数差の算出には経時変化を利用するのではなく、対象橋梁の無損傷の桁端部と腐食評価対象の桁端部の比較を利用することで、イニシャル計測値を必要としない腐食評価法にもなり得ると考える。今後、模型実験を利用した検証が必要である。

参考文献 1) Hornarbakhsh, A., Nagayama, T, Rana, S., Tominaga, T. Hisazumi, K., and Kanno, R. "Damage identification of belt conveyor support structure using periodic and isolated local vibration modes", Smart Structures and Systems, 15(3), pp.787-806, 2015