

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

三造リフレ（株） 正員 徳田紳二 三造リフレ（株） 正員 連 重俊
三井造船（株） 正員 渡邊 茂 三井造船（株） 正員 井上浩男

1. はじめに

近年、構造物の環境への配慮が重要視されてきており鋼橋の騒音問題もその一つである。特に比較的低い周波数帯域の騒音は、これまでの遮音壁などによる対策では低減することは難しく問題視されている。

従来の騒音は 600Hz～1.2KHz 程度付近の周波数にピークを持っており、その原因は主に車両走行音に起因したものである。一方、比較的低い周波数帯域の騒音は太鼓を叩くような衝撃音と表現され、その卓越周波数は 200Hz を下回るものがほとんどである。この騒音は、ある外的要因で発生した振動が鋼橋の構成部材を伝播し比較的面積が広くかつ、剛性の低い変形し易い部材を振動させることで発生する、いわゆる固体伝搬音であると考えられる。原因となる振動源は通常、橋面の伸縮装置のわずかな段差や遊間異常に起因しており伸縮装置の改善によりある程度の対策を講じることが可能である。しかしながら完全に伸縮装置をなくさない限り、わずかな振動の発生は残り、騒音を発するため完全な防音は困難である。

著者らは、この比較的低い周波数帯域の固体音低減対策として、振動部材に複合材料の制振板を付加し振動エネルギーの減衰を促すパッシブ型減衰システムを開発してきた^{1)～4)}。このシステムの実橋への適用に際しては事前の現地騒音調査、部材の振動特性の計測および振動モード解析により最適な制振板の配置を設定することで実現している。ここで振動モード解析においては、振動し易いと想定される横桁および主桁の腹板等、剛性の低い部材を対象としており、通常、横桁腹板では部材全体を、主桁腹板では横桁間隔をモデル化している。しかし、この方法は横桁腹板のように比較的小さい部材を対象にする場合は有効であるが、主桁腹板のように広い部材の場合、対象としている振動周波数のモードを表現するには相当高次のモードまで解析する必要がある、パソコンでの汎用ソフトによる解析では膨大な時間を要してしまう欠点を有していた。

このような背景から、本報告では主桁腹板の対象領域を垂直補剛材で囲まれた領域に簡略化することで、低次モードの算出のみで対象としている振動周波数を捉えることの妥当性を確認した。具体的には以下に示す解析モデルによって振動モード解析を行い、その結果を比較することで検証を行った。

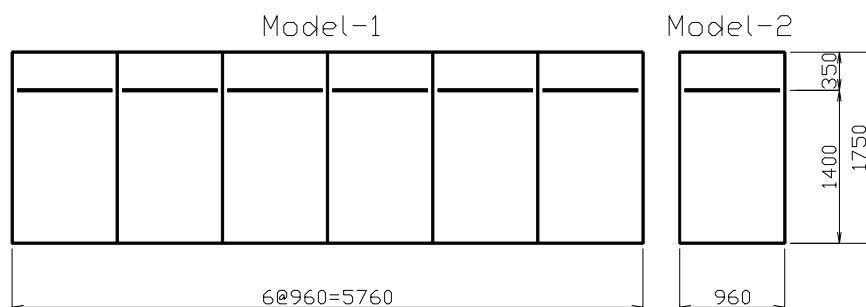
2. 対象モデルと解析結果および考察

モデル化の有効性を確認するため比較対象とした鋼橋主桁腹板のモデルは、図－1 に示す従来タイプの横桁間隔を対象領域とした Model-1 と本報で提案する垂直補剛材間隔のみを対象領域として簡略化した Model-2 である。また、表－1 に今回モデル対象として想定した構造の諸元を示す。

図－2 より Model-1 の各モードの固有振動数は 40～50Hz と 80～100Hz の顕著なグループの存在が確認され、さらに 150～180Hz にも弱いつながりのグループが形成されていることが解る。これらのグループには

表－1 モデル対象の構造諸元

腹板高	1,750mm
横桁間隔	5,760mm
垂直補剛材間隔	960mm
腹板厚	9mm
水平補剛材	110×9mm
垂直補剛材	110×9mm



図－1 解析モデル

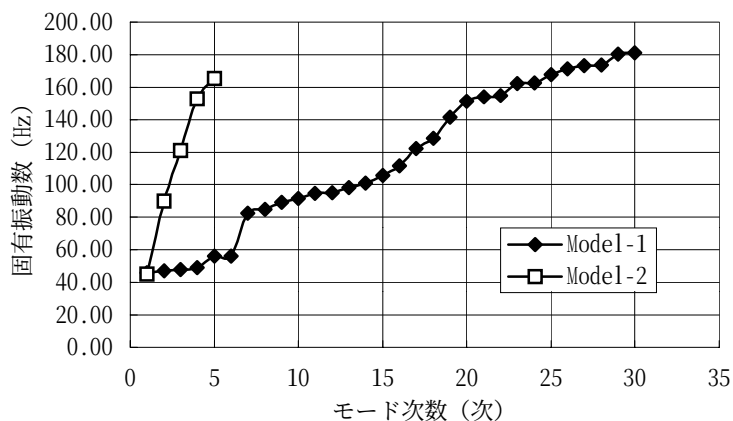


図-2 固有振動数とモード次数の比較

それぞれ Model-2 の 1 次, 2 次および 4, 5 次の固有振動数が対応しており、モード形状も概ねその傾向を示している。また、Model-1 の個々のモードは Model-2 の 1～5 次までの基本モードの組合せで構成されていると判断できる形状を示している。具体的には図-3 にその例を示すように、Model-1 の 1 次モード (a) は Model-2 (d) の 1 次モードに対応しており、Model-2 の 10 次モード (b) は Model-2 (d) の 2 次モードに対応した形状となっている。

また、今回対象にした腹板モデルと同等な実橋の試験車両走行時における振動計測結果 (図-4) によれば、その卓越周波数は 60Hz 付近と 100Hz 付近にあり図-2 に現れている Model-1 の 1～6 次と 10 次前後のモードの 2 つのグループや Model-2 の 1, 2 次モードの固有振動数と概ね良い一致を示している。

従って、基本的な振動数やモード形状を予測するには本報で提案する垂直補剛材間隔のみを対象領域とした Model-2 による振動モード解析による検討で十分有効であると考えられる。

なお、実橋のデータによれば、その多くは Model-2 の 1, 2 次モードの形状と振動数で説明できるが、解析結果においては図-3 (c) のように Model-2 の 1～3 次モードの形状が混在するものも現れている。従って、実橋でのその寄与率等についてはデータの詳細な分析が必要である。

3. おわりに

以上のことから制振板の最適な配置を設定する目的で行う振動モード解析においては、鋼橋腹板面を横桁間隔までモデル化する必要はなく、垂直補剛材で囲まれた領域のみの簡略なモデル化で十分な情報を得ることができることが確認された。今後、多くの実構造における現象との整合性を確認し、本報で提案した方法の妥当性を確認する必要があると考える。

参考文献

- 1) 小田, 連, 平野, 氏原: 放射音対策のための減衰材料の開発, 土木学会第 52 回年次学術講演会第 I 部門, 1997
- 2) 渡邊, 飯村, 井上, 佐野: 構造音低減を目的とした高効率な制振材の取り付け配置について, 土木学会第 54 回年次学術講演会第 I 部門, 1999
- 3) 連, 石井, 渡邊, 平野: 複合材料を用いた固体音伝搬振動の減衰に関する試験施工, 土木学会第 55 回年次学術講演会第 I 部門, 2000
- 4) 渡邊, 佐野, 井上, 連: 道路高架橋から発生する構造音の低減・制振対策, 三井造船技報 172 号, 2001

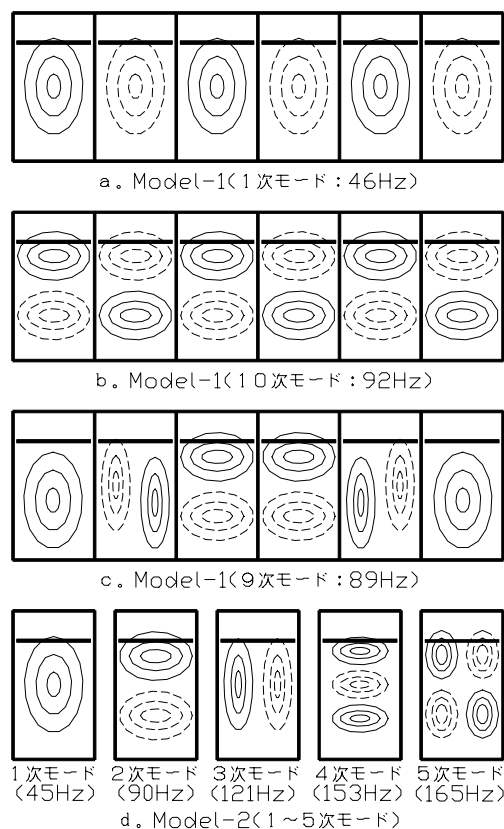


図-3 モード形状の概要

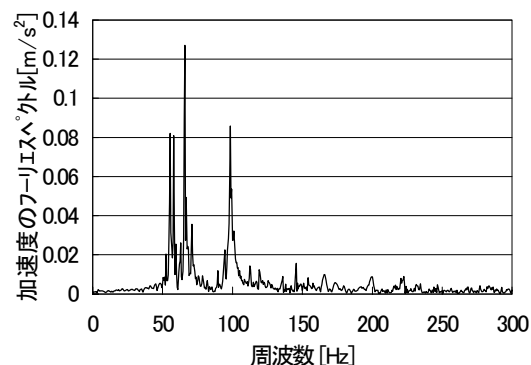


図-4 実橋の腹板振動計測結果