

複合材料を用いた固体伝搬振動の減衰に関する試験施工

三井造船鉄構工事 正員 連 重俊 三井造船 正員 渡邊 茂
中央大学 正員 平野廣和 阪神高速道路公団 正員 志村 敦

1.はじめに

阪神・淡路大震災以降、鋼構造橋梁等の支承が耐震性の向上のため、鋼製からゴム支承に取替えられてきた。これにより構造系の変化が生じ、取替え前は気にならなかった騒音・振動・疲労などの諸問題が発生しつつある。代表的な問題としては、付属構造物等の変形や破損、低周波騒音の発生などである。この振動は、主に主桁や横桁の腹板等の比較的板厚が薄くかつ桁高の高い部分で生じており、この卓越振動数はおおよそ 50Hz～400Hz の範囲である。従来の騒音振動対策の主として取り上げられてきた周波数帯より比較的低い周波数帯である。

著者らはこのように比較的低い周波域での固体伝搬振動に関して、振動している部材に複合材料の制振板を付加することにより、振動エネルギーを減衰させるメカニズムを持つパッシブ型減衰システムを開発してきた^{1),2)}。本報では、開発した減衰システムを実機の非合成単純2箱桁橋梁に試験施工する機会を得たので、この成果に関して報告する。

2.試験施工の概要

従来の道路を対象とした防音対策工事は、一般的に音の伝搬経路での伝搬低減が施工されてきた。代表例として遮音壁、ノイズリデューサ等が挙げられる。ここで対象としている騒音は、主にタイヤが路面上に接地する際に生じるタイヤと路面間の騒音と車両の吸排気時に生じる吸排気系騒音である。これらの周波数帯は 1/3 オクターブバンド周波数分析によると、中心周波数で 630Hz～1.25KHz 付近が卓越する騒音である。この周波数帯は、図-1 に示す今回試験施工した橋梁の騒音特性にも現れている。一方、この橋梁には、従来の騒音特性とは傾向が異なり、低い周波数帯である 50～80Hz と 250～400Hz の周波数帯が卓越している。これが、太鼓を叩くような衝撃音と同等なものとなっている。この橋梁から発生する騒音は、従来の車両の走行によって生じるものとは異なる騒音であり、従来の防音対策施工では、明確な効果を期待することが難しいことがわかる。

そこで、著者らは本試験施工の橋梁へは、騒音の発生源での対策である音源対策技術が必要であると判断した。まず、基礎調査により、発生源・音源は伸縮継手周辺の部材であることを特定した。これらの部材の振動によって発生する騒音は、通常固体伝搬音と呼ばれている。これを減少させるには、まず、発生源である伸縮継手部分の舗装を修正するなどの対策が施される。しかし、これには限界があり現状の鋼製の構造を用いる限り完全に打ち消すことは不可能である。次に行われるのは、桁本体に補剛材を取り付けて剛性を上げたり、コンクリートを付加して重量を増やす方法である。しかし、これらの対策には足場の組立・解体、養生・防食対策、施工期間の長期化、重機使用のための交通規制等々、二次的な問題が生じることになる。

以上の様な背景から、振動エネルギーを減衰させるメカニズムを持つ図-2 に示すようなステンレス板とブチル系合成ゴムからなるパッシブ型の制振システム^{1),2)}を直接振動している部材に貼り付け、スタッドボルトで固定する対策方法を採用した。図-3 に端横桁へ施工した例を示す。

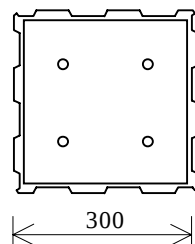


図-2 複合材料制振システム

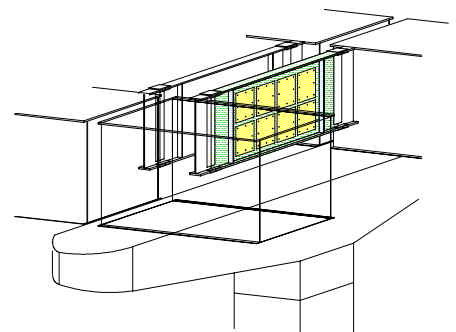
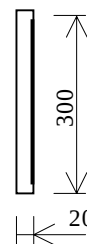


図-3 端横桁への施工例

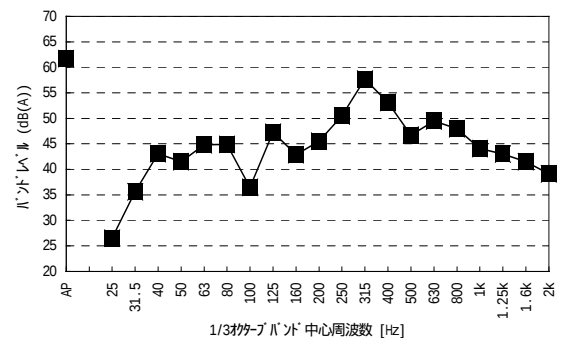


図-1 施工した橋梁の騒音特性

本制振システムは、貼り付けた複合材料そ

のもので振動エネルギーを吸収するものである。桁とステンレス板で挟まれた弾性材料であるブチル系合成ゴムが、一種の粘性ダンパーの役割となり、減衰を付加したと等価になる。また、ステンレス材は、桁からの振動を跳り返す効果があり、減衰をさらに高める役割を果たしている。なお、本制振システムの設計に際しては、事前に現地での振動特性を把握した上で、最適な弾性材料のチューニングを実施している。また、現地での施工作業は、制振システムを取り付けるためのスタッドボルトの打拙、工場製作された制振システムを取り付けるだけの簡単な作業だけであるので、短期間の現場施工を可能とした。

3 減衰効果の確認

今回試験的に施工をした橋梁構造は非合成単純 2 箱桁橋梁である。この橋梁の箱桁ウェブ面および横桁に本制振対策を実施し、196kN (20tf) の重量の試験車両を 80km/h で走行させた。その際の箱桁ウェブ面に取り付けた振動加速度計の出力により、対策前後での振動加速度を評価した。図-4(a)に、対策前の振動加速度の時刻歴を示す。図-4(a)での 1 秒後の振動加速度のピークは、試験車両が鋼製ジョイント部を通過した際の衝撃のピークを示している。この衝撃のピークから 2 秒間の時刻歴を FFT 解析した結果が図-4(b)(片側パワースペクトル÷時間長)である。図-4(b)に示した箱桁ウェブ面の FFT 解析結果では、図-1 に示した騒音特性で確認された 50 ~ 80Hz 帯の成分が卓越している。

図-5(a) , (b)に対策後の振動加速度の時刻歴と FFT 解析結果を示す。図-5(a)の加速度時刻歴より、対策前 (図-4(a)) と比べ、衝撃ピーク後の振動減衰が明らかに早いことが分かる。図-5(b)の対策後のスペクトル解析結果を見ると、騒音特性 (図-1) に含まれる卓越周波数帯の振動成分が明らかに低減している。よって、本制振対策を行ったことから、この対策区間で確認された太鼓を叩くような固体伝搬音に関しては、実感として良好な低減効果を得ることができた。

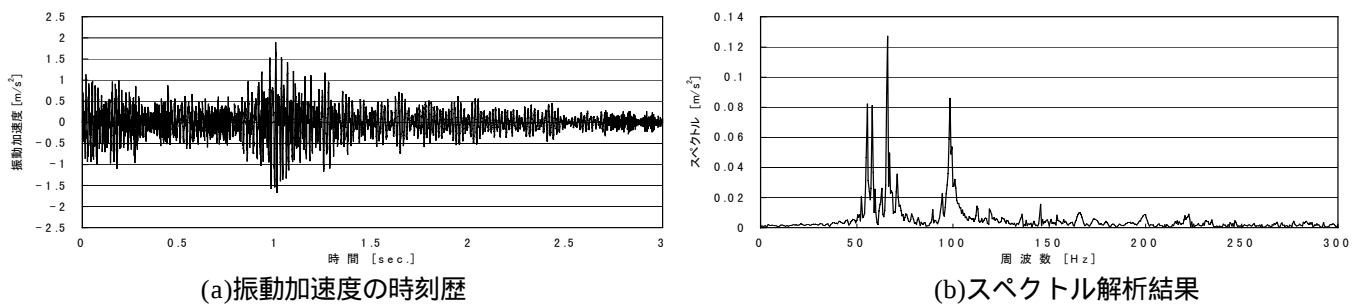


図-4 対策前の振動加速度の時刻歴とスペクトル解析結果

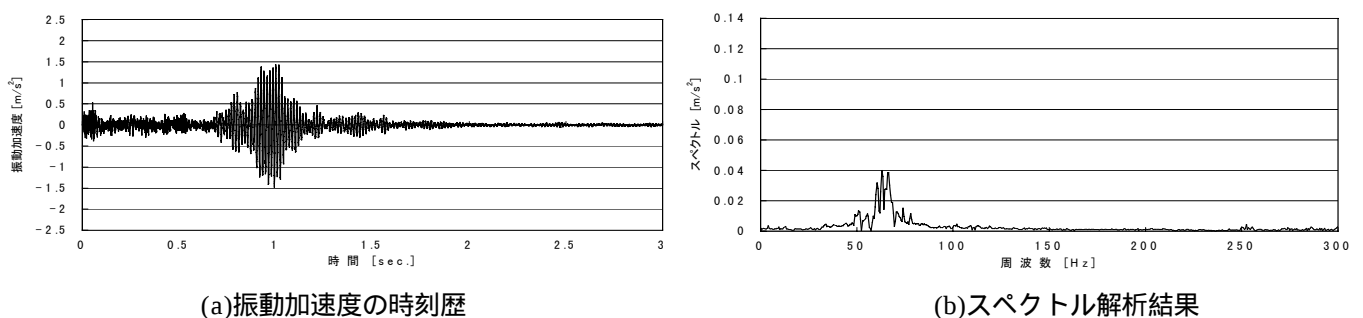


図-5 対策後の振動加速度の時刻歴とスペクトル解析結果

4.終わりに

騒音・振動等の問題は、ゴム支承を採用した鋼製橋梁では避けて通れない問題となりつつある。発生源を改善することはもとより、発生している部材に制振対策を施すことにより、実感として騒音・振動を低減させること、さらには構造全体のライフサイクルを延ばすためにも、今後色々な角度からの検討が望まれる。本報で提案した方法が、遮音壁等の既存の対策との組み合わせにより、鋼製橋梁の騒音・振動対策の一助となれば幸いである。

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 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 部門, 1999