

I - A 190

放射音対策のための減衰材料の開発

三井造船 正員 小田 義明 三井造船鉄構工事* 連 重俊
中央大学 正員 平野 廣和 三井造船鉄構工事* 氏原 徹

1. はじめに

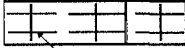
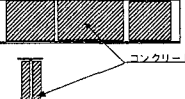
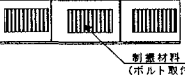
阪神・淡路大震災以降、鋼橋では耐震性の向上ならびに落橋防止を目的として、脚の補強、桁の連続化ならびにゴム支承への取り替えが広く行われている。これらにより従来の構造系と比較して、挙動が異なる傾向を示している。例えば、大型車両が橋梁のジョイント部を通過した時、衝撃振動が発生し、横桁の腹板などが振動を生じる現象である。この振動数は20Hz～100Hzで人間の可聴音の下限界に近い音域であり、沿道住民には「太鼓の音」・「遠雷の音」や「地震の地鳴り」の様に聞こえる不気味な放射音となっている。この放射音を減少させるために発生源であるジョイント部と舗装との不陸を修正するなどの対策が施されてはいるが、構造的にも完全に打ち消すことは困難である。

以上のような背景から、施工上、足場が不要で施工期間が短く、構造の変化を伴わずにかつ交通規制が不要な防音対策として、共振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システムを開発した。本報ではその開発の過程を紹介する。

2. 低減工法の比較

低減工法としては、表-1の(A)案～(C)案に示すような3種類の案が考えられる。それぞれに関して、音響・振動の面及び施工の面からそれぞれ評価を行った。その結果(A)案、(B)案は剛性または質量を増加するものであり、共振部材の固有振動数を移動させるに過ぎず、根本的な対策にはならないと考えられる。また、施工面でも足場の組立解体、養生・防食対策など施工期間の長期化は避けられない。これに対して(C)案は、制振板によりエネルギーそのものを吸収してしまう方法であり、パッシブ型の振動制御方法に属する。桁と鉄板で挟まれた弾性材料が一種の粘性ダンパーの役割をして、減衰材を付加したことと同等以上の効果が期待できる。また(C)案の特徴は、事前に各種の付加材料の音響特性を把握した上で、現地の振動レベルの測定値から、材料をチューニングして振動エネルギーを吸収することであり、桁本体の振動に伴う低周波空気振動に対してもその効果は十分に期待できる。現地での作業は工場製作した制振板を取り付けるだけの簡単な作業であり短期間の現場施工を可能とした。(B)案と比較すると材料費がコンクリートに比べて高価だが、仮設備、作業性から総合的に判断すると大差ないと予想される。

表-1 低減工法の比較

	(A)案)共振部材の剛性材付加 による剛性増加	(B)案)共振部材のコンクリート による剛性増加	(C)案)共振部材への制振材付加 による運動吸収
《施工概要》	水平および垂直方向に剛性材を付加することによって共振部の剛性増加をはかり、振動数をシフトする。  補強部材 (薄板部)	共振部材をコンクリートにより巻立て振動を抑制する。  コンクリート	共振部材に制振板を付加することにより、エネルギーを吸収する。  制振材料 (ボルト取付)
《音響的評価》	・周波数特性が変化するために共振付けが困難(共振確立低い) ・剛性増加は振動吸収効果なし ・基本的に高次に振動数が移行するため音質の変化はあるが音圧の低下は期待できない。	・コンクリートの質量により固有振動数の大幅な移行、減衰が期待できる。	・材料の音響特性把握が事前に可能 ・試験施工によりチューニングが可能 ・振動レベルにより後継使用が可能
《施工的评价》	・溶接、ボルトなどの取付方法での施工性に問題がある。 ・工事用足場設置が不可欠 ・施工期間が長期(3週間)になる。 ・足場作業、塗装作業での交通規制が必要になる。	・コンクリート型枠、足場が必要 ・交通規制が必要になる。 ・塗装剥離作業が困難 ・振動により硬化までに隙間が発生し部分的ではあるが欠陥を生じる。 ・アルカリ反応により部材が腐食され腐蝕部に問題が生じる。	・軽重部材のために交通規制は不要 ・足場組立、塗装作業は必要なし。 ・施工期間が短い(1週間)
《コスト評価》	△	◎	○
《総合評価》	△	○	◎

3. 放射音減衰対策の実験

防音・制振材料として一般的な材料は、ゴム板であり、例えば鉄道軌道部分の防音・地盤への振動伝搬の遮断、建物内のダクト部分の防音等に広く採用されている。さらに、鉛板との複合化により、低周波から高周波までの広い範囲での防音・制振にも用いられている。本開発においては、クロロプレン H55 系、放射音対策、騒音減衰材料、騒音低減

*〒559 大阪市住之江区柴谷 1-1-57 TEL:06-683-3702 FAX:06-681-6995

のゴム板(以下、CR ゴム)を中心として、厚さを 10mm, 20mm, 50mm, と変化させ、これを基準板である試験板に厚さ 3.2mm の鉄板に接着させて取り付け、片面装着、両面装着のそれぞれを基本ケースとした。さらに、鉛板を追加することにより材料の複合化を計り、効果の向上が計られるか否かに関しても確認の試験を行った。海外の高速鉄道軌道の枕木やレール用の防振材として採用されている硬質発泡系のウレタン材(以下、発泡ウレタン)に関しても試験を行った。

ところで、新設段階からの防音・防振対策を行う場合は、設計段階から添接位置を変更するなどの装着位置の検討が可能であるので、CR ゴム板やウレタン材を装着することは容易である。開発の目的の一つは、既存の橋梁構造物へ対応可能な防音・防振材を見出すことである。既存の橋梁桁の場合、添接などの表面の不陸が必ず存在している。不陸の部分での効果と施工性の向上のために、現場で注入できる材料の開発・検討も不可欠である。ここでは、広く使われている 2 種類のシール材の検討を行った。一つは、非排水型鋼製伸縮装置用の弾性シール材であり、水酸基末端ポリブタジエンに硬化剤として MDI 系プレポリマーを 100:8 の割合で混合したものである(通称ハヤシール、以下、シール材)。2 つ目は、斜張橋ケーブル定着部のパフファ材として用いられている材料であり、水酸基末端ポリブタジエンに硬化剤として MDI 系プレポリマーを 100:12.4 の割合で混合したものである(以下、パフファ材)。

選定した防音・制振材料の特性を把握するために、室内で防音効果測定実験を行った。厚さ 30mm の定板上に H 型鋼で門型構造を組み、これに横桁の腹板に用いることの多い厚さ 9mm の鋼材を縦 1800mm, 横 2000mm の板を水平材から吊り下げた。門型構造物には振動が伝播しないように防振材を取り付けてある。この鉄板に 2 枚の縦 1000mm、横 500mm、厚さ 3.2mm の鉄板に制振材を取り付けて、ボルト締めして密着させたものを試験体とした。制振材を付けない状態の鉄板を防音効果算出の基準としている。

振動放射音を正確に把握するために、音響インテンシティ法を採用した。この方法により試験体から垂直方向に放射される成分を求めた。放射音の測定面は加振側の面とし、測定位置は試料面から 5cm 離れた位置で 1 試料につき 4 点測定し、この 4 点の測点の平均値を求めた。この実験により測定された値から、1/3 オクターブバンドの中心周波数毎に基準板での計測値(ケース 0)を引いた値を音圧レベル差とし、これを放射音の減衰値とした。基準板からの減衰が無ければ 0dB となる。

以上の手順に従って各制振材料毎に減衰量を求めた結果を表-2 の減衰値評価に示す。この表には各制振材に関する吸音性評価、両面・片面施工の効果、鉛付加効果、ならびに施工性に関する平面施工性、不陸対応、取付施工性を併せて示す。表-2 に示す結果から、人間の可聴範囲の低周波帯で効果が期待でき、かつ施工性に優れているのは、不陸を有しない面では CR ゴム 20mm、不陸を有する面ではシール材である。この 2 つを併用して採用することが適している。また、片面または両面を施工するか否かに関しては、片面のみでも効果が期待できると考えられる。

4. まとめ

鋼橋と騒音振動の関係は、現状では避けて通れない。環境に対する配慮が今後益々重要視される傾向にあり、構造的な面からの発生源を改善することはもとより、本提案のような発生源のエネルギーの低減または周波数帯を変更させることによって、実感として騒音を低減するなど、色々な角度からの検討が望まれる。本提案が遮音壁、吸音板などとの組み合わせによる構造物の環境対策の一助となれば幸いである。

表-2 制振材料の減衰性能比較

	20mm厚ゴム板+鉄板	50mm厚ゴム板+鉄板	40mm厚パフファ材+鉄板	40mm厚シール材+鉄板	40mm厚発泡ウレタン+鉄板
《材料概要》	CRゴム(クロロブレンゴム)+3.2mm鉄板。またはブチルゴム(軟質)の材料により、発生場所に土地製作した部材をボルトなどにより取付ける。	上記同様の材料(厚50mm)を製作し発生場所に取り付ける。	斜張橋ケーブル制振材料として実績のある材料を上記同様に製作して発生場所に取り付ける。	半剛性量の非排水タイプの実績ある制振材料としての実績なし。	海外での鉄道床建設の選定には実績があるが国内実績なし。
《吸音性評価》	30~40Hz帯での減衰効果は問題	上記帯域ではあるが全域に減衰大	30, 60~80Hz帯では効果大	50~100Hz帯では効果大	100Hz帯以上の周波数では効果小
《減衰量評価》	片面設置(鉛板なし) -6 dB 両面設置(鉛板なし) -6 dB 片面設置(鉛板あり) -7 dB 両面設置(鉛板あり) -8 dB	片面設置(鉛板なし) -8 dB 両面設置(鉛板なし) -10 dB 片面設置(鉛板あり) -10 dB 両面設置(鉛板あり) -11 dB	片面設置(鉛板なし) -7 dB 両面設置(鉛板なし) -7 dB 片面設置(鉛板あり) -8 dB 両面設置(鉛板あり) -9 dB	片面設置(鉛板なし) -5 dB 両面設置(鉛板なし) -5 dB 片面設置(鉛板あり) -8 dB 両面設置(鉛板あり) -9 dB	片面設置(鉛板なし) -7 dB 両面設置(鉛板なし) -10 dB 片面設置(鉛板あり) -7 dB 両面設置(鉛板あり) -10 dB
《両面効果》	0 dB	2 dB	0 dB	0 dB	3 dB
《鉛付加効果》	1 dB(片面) 3 dB(両面)	2 dB(片面) 1 dB(両面)	1 dB(片面) 2 dB(両面)	3 dB(片面) 4 dB(両面)	0 dB
《平面施工性》	◎	▲	▲	△	○
《不陸対応》	▲	△(軟質材可能)	△	○(現場施工可能)	△(軟質材可能)
《取付施工性》	◎	▲	△	○	△
《総合評価》	○	▲	△	○	△