鋼橋から発生する比較的低い周波数の騒音の低減対策に関する検討

○国際石油開発帝石ＨＤ㈱*　正会員　長津真司　中央大学　正会員　佐藤尚次
中央大学　正会員　平野廣和

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から生じる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いと指摘されている。比較的低い周波数帯域の騒音は、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と考えられる[1)]。この比較的低い周波数の騒音の対策としては、桁の連続化や延長床版の採用、コンクリート巻き立て工法等様々な手法が提案されているが、有効な手段が見られないのが現状である。これら上記の事実を受けて本研究では比較的面積が広く、かつ剛性が低い変形し易い部材である主桁腹板に着目し、実橋梁における腹板の構造解析を行うことで関連性を見出す。さらに、国道の橋梁形式変化箇所において低周波騒音の発生原因と推測される2径間連続板桁橋のジョイント部付近で騒音計測を行い、ジョイント補修が周辺の騒音状況にどのように影響するかを比較・検討する。

2.振動モード解析

解析モデルは、主桁構造図を基に**表-1**に示す解析諸元において2径間連続板桁橋主桁ウェブ面のモデル化を行った。本来ならば桁全体を解析して固有値を求めるべきだが、その場合、高次までの計算が必要となる。従来の研究では、1～6パネル程度解析して、その間に同じオーダーの固有値が存在すれば、それを低周波の固有値とすることができるのでその方法を採用する。解析モデルを**図-1**に示す。**図-1**はウェブ面の上下端がI型の上下フランジと結合され、左右端に補剛材を付加した構造モデルである。本研究では解析結果を比較するために、以下に示す3ケースの解析を行った。

Case1：**図-1**に示す断面のみでの振動モード解析
Case2：上記Case1を3枚連結し、その連結部に鉛直補剛材を付加した断面での振動モード解析
Case3：上記Case1を6枚連結し、その連結部に鉛直補剛材を付加した断面での振動モード解析

3.解析結果

解析は汎用構造解析ソフトCOSMOSを用いて行った。Case1に関しては10次まで、Case2,3に関しては20次まで計算した。**表-2**に解析Case毎の固有振動数(Hz)の一覧を示す。各解析Caseにおいて40～50Hzの固有振動数が存在することがわかる。この時

表-1　解析諸元

steel材料特性	単位質量	$8.02*10^{-10}$kgf/mm^3
	弾性率	$2.1*10^4$kgf/mm2
	ポアソン比	0.3

表-2　解析Case毎の固有振動数

	固有振動数(Hz)		
モード次数	Case1	Case2	Case3
1	47.6706	37.3318	35.5449
2	86.0946	43.0234	37.2083
3	107.3730	45.9455	39.6756
4	144.4460	78.6189	42.4783
5	145.0150	82.2792	44.9757
6	-	83.4473	45.5936

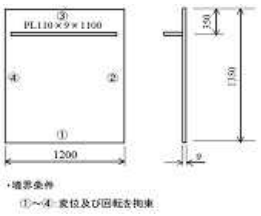

図-1 解析モデル

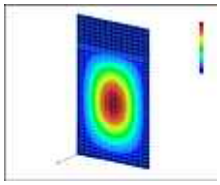

図-2 モード形状

表-3　計測点位置関係

計測点	ジョイントからの距離	計測点	ジョイントからの距離
ピア①	50m	ピア④	25m
ピア②	40m	ピア⑤	40m
ピア③	10m		

図-3 ジョイント補修前

図-4 ジョイント補修後

のモード形状図を**図-2**に示す。補剛材で囲まれた範囲が太鼓の腹のように振動していることがわかる。これが桁から低周波振動を放射する要因の一つと考えられている。以上のことから、対象モデルにおいては低周波音の発生が予想される。

4.騒音計測結果の比較

騒音計測は一般国道の橋梁形式が変化するジョイント部付近を対象として、ジョイント部補修前および補修後において計測点を6箇所設置して行った。ジョイント部と計測点の位置関係を**表-3**に示す。ジョイントの補修方法は、まず鋼製ジョイントの浮き上がり損傷を補修した後、鋼製フィンガーをゴムフィンガーに取り換えた。ジョイントの補修前後の状況を図-3,4に示す。計測にはリオン社製の低周波音レベル計

Keyword：低周波騒音、振動モード解析、騒音計測　　*研究当時　中央大学大学院
連絡先：〒112-8551　東京都文京区春日1-13-27　tel.03-3817-1816　fax.03-3817-1803

(NA-18)を用い、計測点 1 箇所あたり 10 分間の計測を行い A 特性における 1/3 オクターブバンド中心周波数で評価を行った。**図-5** にジョイント補修前における各計測点の騒音特性、**図-6** にジョイント補修前における大型車通過後の騒音特性、**図-7** にジョイント補修後の各計測点の騒音特性、**図-8** にジョイント補修前後のジョイント直下における 40Hz 帯レベルの時系列、**図-9** に 40Hz 帯の時系列の平滑化グラフを示す。

(1) 超低周波帯域(1～20Hz 帯)での比較

ジョイント補修前には、計測点②において 8Hz,10Hz,12Hz の音圧レベルが「参照値」を上回っている。従って、超低周波帯域が計測点②において騒音になり得ている。ジョイント補修後は約 10dB 低減されており、「参照値」を下回っている。ここで、「参照値」とは環境省によってとりまとめられた「低周波音問題対応の手引書」に記載されている値であり、測定値がいずれかの周波数で参照値以上であれば、その周波数成分が苦情原因である可能性が高いとされる。

(2) 低周波帯域(20～80Hz 帯)での比較

ジョイント補修前の結果の特徴は、40Hz 付近の音圧レベルがジョイント部に近づくにつれて高くなっていること、さらに大型車走行時に 40Hz 付近の音圧レベルが常時 80dB を記録していることである。腹板の固有振動数が 40～50Hz に卓越していることと計測点④と桁の位置関係から考慮すると、桁との共振により腹板から発生する低周波音が原因であると考えられる。ジョイント補修前のジョイント直下における音圧レベルの最大値は約 80dB に達しているが、ジョイント補修後は約 10dB 低減されている。これは、車両がジョイントを通過する際に発生していた衝撃力が低減され、腹板に伝搬する振動も低減されたからであると考えられる。ジョイント補修後のジョイント直下における 40Hz 帯の時系列を見ると、瞬間値として 80dB に達している部分があるので低周波音の発生は確認できるが、平均値としてその音圧レベルが高くない限り影響が出ることは小さいと考えられるので補修により騒音状況は改善されている。

(3) 全体を通して

ジョイント補修前では周波数毎に卓越した騒音が確認されているが、ジョイント補修後は卓越していた周波数の騒音が低減されて各計測点において一様な騒音特性を示している。ジョイント補修前後において、計測箇所周辺の低周波帯域に関する騒音状況は大幅に改善されている判断される。このことからも、今後の低周波音問題に対する対策案としてジョイント補修の重要性が示唆できる。

5.おわりに

本報では、振動モード解析および実地における騒音計測より低周波騒音の原因は主桁ウェブ面の振動に影響していることがわかった。さらに、ジョイント補修前後の騒音計測結果を比較することで、ジョイント補修の有効性を示した。橋梁振動に対する有効な対策手段が示されていない現状において、その第一段階としてジョイント補修を行うことが重要であると考えられる。

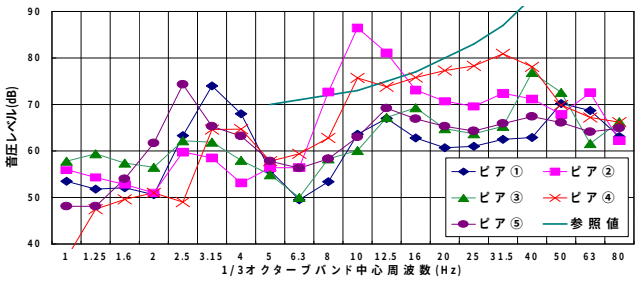

図-5 ジョイント補修前における各計測点の騒音特性

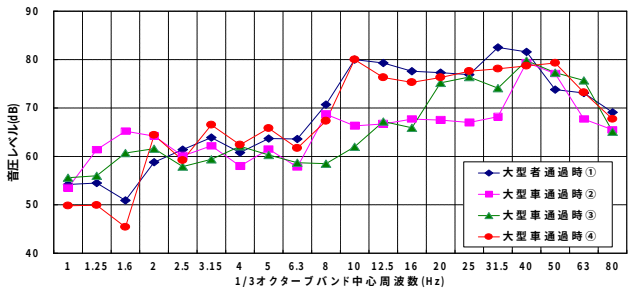

図-6 ジョイント補修前における大型車通過後の騒音特性

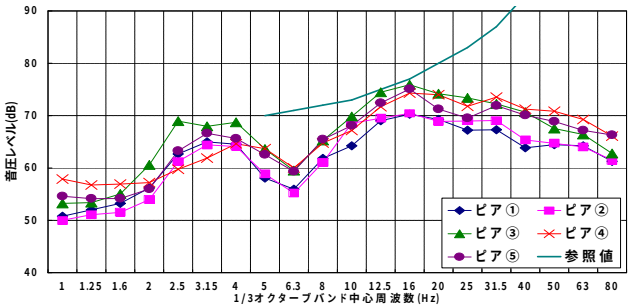

図-7 ジョイント補修後における各計測点の騒音特性

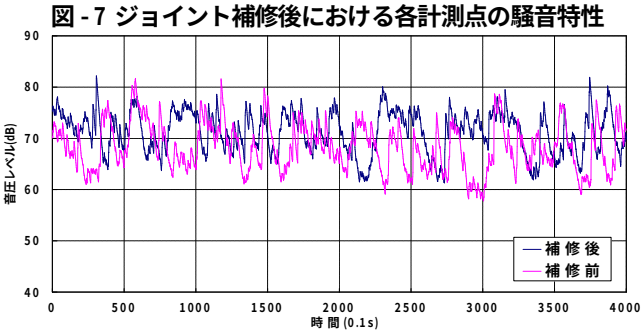

図-8 ジョイント補修前後における 40Hz 帯の時系列

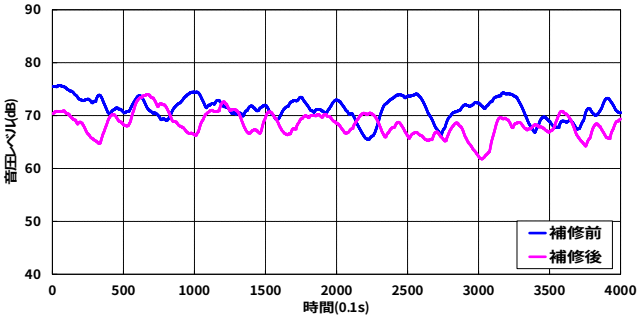

図-9 40Hz 帯の時系列の平滑化グラフ

参考文献

1) 連重俊他：鋼橋低音域騒音低減工法の開発と試験施工，土木学会論文集 No.735/VI-59, 2003