

鋼橋から発生する比較的低い周波数騒音の推定と現地計測による検討

Examinations on decrease measures of comparatively low bandwidth sound noise generated from steel bridge

長津真司*・平野廣和**・佐藤尚次***

Shinji NAGATSU, Hirokazu HIRANO and Naotsugu SATO

* 修士 (工学) 国際石油開発帝石 HD 株式会社 (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 4-1-18)

(研究当時: 中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻)

** 工博 中央大学総合政策学部教授 (〒192-0393 東京都八王子市東中野 742-1)

*** 工博 中央大学理工学部教授 土木工学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

It is reported that the sound noise in a low frequency range is generated mainly by the spread of the vibration due to impact power caused by the passing vehicle. As one example of the measured bridge shows the vibration mechanism in which resonance of the girder web plates is taking major part of this sound noise. In this report, the noise of a low frequency range is specified mainly by local measuring, and analyzing the vibration mode of the noise intended for a real bridge, and whether the collaboration repair has the effectiveness of the noise measures as a measures idea that suppresses the vibration on the web side is examined.

Key Words: *Noise of comparatively low frequency, Collaboration repair, Vibration mode analysis*

1. はじめに

近年, 構造物の周辺環境への配慮が重要視されてきており, 橋梁から発生する騒音問題もその一つである. この対策には, 従来から各種の対策が施されている. 例えば, 走行車両からの直接放射音に対しては遮音壁, ノイズレデューサや断面全体を覆うようなドーム状の高遮音壁, 舗装面とタイヤとの接触摩擦による直接放射音を 2 次的に低減させる排水性舗装¹⁾, 路下交通の騒音反射・拡散を防止する裏面吸音板²⁾, 路面からの騒音源としての伸縮継手通過音を音源から対策する単純桁を連続桁に構造を改築する桁連続化などが挙げられる. これらの対策は, それぞれ低減効果が確認された事例が多数報告^{3),4)}されている.

しかしながら, これらの対策で着目されている発生騒音は, おおむね 500Hz 以上の比較的高い周波数帯である. 前述の対策により, 500Hz 以上の周波数域の騒音は低減されるが, 逆に大型車輛による騒音が間欠的になるなどの現象のため, 比較的低い周波音域が相対的に強調され, 人間の可聴域を下回る低周波帯が体感的に目立つようになる場合もある. 特

に, 深夜や早朝の路下交通量の少ない時間帯での高架道路からの騒音が, 問題として取り上げられる傾向も見られるようになってきている. ここでの比較的低い周波数の騒音に関しては, これまでの遮音壁などによる対策では低減することが難しいと指摘されている⁵⁾.

一方, このような社会の変化に伴い, 2000 年から当時の環境庁より低周波騒音の評価基準の策定⁶⁾⁻⁸⁾が示され, 比較的低い振動数域での騒音対策が求められてきている. この対象となる振動数域は, おおよそ 200Hz 以下から人間の可聴域限界の 20Hz 程度までの範囲である. このため, 既存の騒音対策技術とは守備範囲が根本的に異なり, 対応が難しい状況となってきている.

以上の様な背景から, 本論文では, 比較的面積が広くかつ剛性の低い, 変形しやすいとされる主桁の腹板に着目し, 構造解析および現地騒音計測から発生原因を特定する. ここは, 一般に大型車通過の度に「ドン, ドドーン」という騒音が発生する箇所である. 具体的には, 比較的低い周波数の騒音の発生が懸念される一般道の高架橋を対象とし, 振動モード解析によって騒音の発生原因を推定する. さらに

その対策としてジョイント部補修が実施されたので、ジョイント部補修前後の騒音計測を行い、その結果を比較することによって比較的低い周波数の騒音対策の一つとしてのジョイント部補修の効果を検証するものである。

2. 比較的低い周波数騒音の対策の現状

本論文で対象としている比較的低い周波数の騒音は、約 20～80Hz 付近の周波数の間に卓越周波数を持っている音であり、就寝中の人、特に高齢者の方々に對して最も不快に感じる音であると言われている⁷⁾。高架橋において比較的低い周波数の振動の発生源として想定されるのは、大型車両が道路面の伸縮継手部を通過する時、路面接触部の材質の違いなどで衝撃振動が発生し、それが固体振動となり橋梁本体へ伝播することと、舗装面の走行振動がコンクリートなどの床版構造を介して同様に橋梁本体に伝わることである。これが主桁や横桁の比較的低い腹板等板厚が薄く面積の広い部分で空気振動に置き換えられる結果、振動膜の厚いスピーカのような構造となり周期の長い放射音となる⁹⁾。

この騒音を減少させるために、最初に行われる対策の一つは、発生源である伸縮継手部（ジョイント部）の乗り越し衝撃エネルギーを減少させることである。伸縮継手部での舗装不陸を修正することを始めとし、次の段階として既存の鋼製伸縮継手構造をゴム伸縮装置などに変更することである。ただし、この方法に関しては、耐久性の問題が残されている。さらにはジョイント部を極力少なくする桁の連続化を行う方法もある。

また、振動部材の振動特性を変える方法としては、桁本体に補剛材を取り付けて剛性を上げると同時に、振動する区画を小さく加工する方法や端部にコンクリートを付加して重量と剛性を増やす等の方法がある。しかし、補剛工法では音域のずれは数次のモードまで加味すると、ウェブ板厚が支配的なため効果は少なく、端部 RC 巻き立て工法では死荷重の増加のみならず振動特性を調査してその伝播ルートなどを十分に把握して行わないと、起振源である走行面との関係から逆に他の振動を助長してしまう可能性もある。さらに、これらの大規模な構造変更対策では足場の組立解体、養生・防錆、施工期間の長期化、コンクリート打設重機のための交通規制等、二次的な問題も多数生じることになる。

その他の対策方法として、低音域での固体伝播振動に関して、振動している橋体部材にゴムと鋼板が



写真-1 騒音が確認された実橋
橋梁構造形式の変化点（ジョイント部分）

らなる複合材料の制振材を直接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¹⁰⁾も採用されているが、コストの問題があり、採用された例は少ない。

以上のことから、橋梁振動から発生する比較的低い周波数域の騒音に関しては、低コストで有効かつ恒久的な対処方法が見られないのが現状である。そこで、本研究では、前述の様に一般的に最初に行われる対処方法である伸縮継手部（ジョイント部）の補修に的を絞る、その効果に関して現地騒音計測を行うことによって確かめることとする。

3. 橋梁が有する音源の推定

3.1 対象とした高架橋

本研究で対象とした高架橋は、大都市近郊の主要な2車線の一般道であり、大型車、普通車等、車種を問わず交通量が多く、かつ大型車に関しては深夜帯においても交通量が多い場所である。写真-1に示すように、この場所において、非合成2径間連続2箱桁橋から非合成2径間連続4主桁鉸桁橋への構造変化箇所（ジョイント設置位置）において騒音が確認された。この構造変化箇所は、遮音壁及び鉸桁橋桁下に裏面吸音板が設置されている。なお下部工は、T型鋼製橋脚となっている。ここでの桁高は1700mm、支間長は30m程度の標準的な構造を有している。

同箇所でのジョイント部において鋼製ジョイントの浮き上がり（不陸）を確認し、大型車通過の度に騒音が発生していた。騒音の原因の一つとしてジョイント部の段差によって車両通過時に生じる衝撃力が橋梁構成部材に伝搬し、主桁腹板を振動させると推定されることから、比較的低い周波数の騒音

の発生も懸念される。

3.2 振動モード解析

振動モード解析によって、橋梁が有する音源の推定を行う。対象モデルを2径間連続鈑桁橋のI桁中主桁ウェブ面とし、有限要素法による面要素解析を用いて、固有振動数および振動モード形状の把握を行う。本来ならば桁全体を解析すべきだが、その場合高次までの大がかりな計算が必要になる。これに対して補剛材で囲まれた腹板部分が振動しているとしてこの部分を取り出したパネルを1~6枚程度解析して、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振動数とすることができると仮定する¹¹⁾。

対象モデルであるI桁中主桁ウェブ面から取り出した単一パネルを基本解析モデルとする。この構造は、ウェブ面の上下端がI桁の上下フランジと結合され、左右端にスティフナーを付加した構造モデルである。基本解析モデル断面を図-1に示す。本研究では、解析結果を比較するために、図-2に示す基本解析モデルを3パネル連結し、連結部に鉛直補剛材を付加した断面をCase2、図-3に示す基本解析モデルを6パネル連結し、連結部に鉛直補剛材を付加した断面をCase3とし、3種類の解析を行う。さらに、対象モデルを2径間連続箱桁橋として、箱桁ウェブ面のモデル化を行い、振動モード解析を行うことによって、I桁主桁と箱桁の固有振動数の比較を行う。箱桁の基本解析モデルを図-4に示す。なお、箱桁の基本解析モデルはダイヤフラムで囲まれた1パネルを取り出して構造化したものである。

解析は汎用構造解析ソフトCOSMOS/Mを用いる。ここでの解析諸元を表-1に示す。メッシュ分割は腹板において50mmの正方形とし、補剛材においては10mmの正方形を基本とした。境界条件は垂直補剛材で囲まれた4辺に対して全方向固定とした。なお、Case1に関しては5次まで、Case2およびCase3に関してはそれぞれ20次まで計算を行う。

3.3 解析結果

(1) 固有振動数

表-2に解析ケース毎の固有振動数の一覧、図-5に解析モデルの固有振動数とモード次数との関係を示す。基本モデルの固有振動数が複数パネルにも展開し、各解析ケースにおいて40~50Hz帯の固有振動数が存在していることがわかる。ここで基本モデルの固有振動数を基本とすると、複数パネルにおける固有振動数は、低い域から幅を持っていることがわかる。図-5に示すように基本モデルは、各モード

次数によって振動数が異なるが、複数パネルにおいては、40~50Hz帯および80~100Hz帯に近い領域での振動数域を有している。これは、基本モデルにおける1次モード振動数および2次モード振動数が対応している。したがって、騒音特性を把握するための主桁腹板の低次モードの固有振動数の算定を行う場合、腹板から取り出した基本解析モデル、つまり垂直補剛材で囲まれた領域のみの簡略なモデル化で対応可能であることがわかる。

(2) モード形状

解析ケース毎の固有振動数において40~50Hz帯を示す固有振動数での振動モード形状を比較する。図-6に解析ケース毎の40~50Hz帯における振動モード形状図を示す。どの解析ケースにおいても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、桁から発生する比較的低い周波数の騒音の要因の一つとなっており、対象モデルにおいて比較的低い周波数の騒音の発生源と推定することができる。

(3) 箱桁の解析モデルとの比較

対象とする橋梁は、構造変化箇所において非合成2径間連続4主桁鈑桁橋と非合成2径間連続2箱桁橋を有しており、I桁主桁腹板から発生する比較的低い周波数の騒音は40~50Hzに卓越していると推定できた。さらに、箱桁腹板が40~50Hzの比較的低い周波数帯域の成分を有しているか確認する。

表-3に箱桁の解析基本モデルにおける固有振動数を示す。1次固有振動数が40~50Hzの周波数帯の成分を有していることがわかる。したがって、I桁主桁腹板と箱桁腹板から発生する比較的低い周波数の騒音の周波数成分は、両者ほぼ同じ値であることが確認できる。

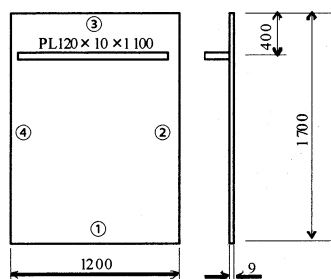
4. 現地計測によるジョイント補修の効果の検証

4.1 計測概要

計測対象とする橋梁は振動モード解析に用いた橋梁である。騒音計測は2径間連続鈑桁橋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5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-4、ジョイント部と計測点との関係を図-7に示す。ここで計測点①~③が箱桁区間、計測点③~⑤が鈑桁区間である。本計測点の特徴は、計測点④が対象橋梁の桁の高さ位置とほぼ同等の高さに位置し

表-1 解析諸元

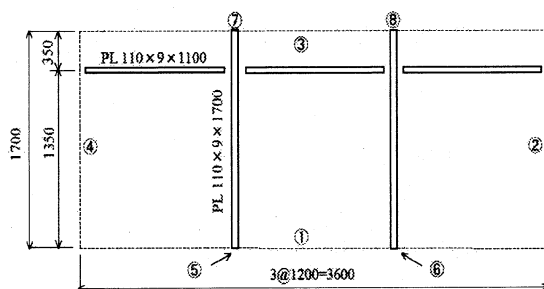
steel材料特性	単位体積重量	$7.85 \times 10^3 \text{ kgf/m}^2$
	弾性係数	$2.1 \times 10^4 \text{ kgf/m}^2$
	ポアソン比	0.3



・境界条件

①～④:変位及び回転を拘束

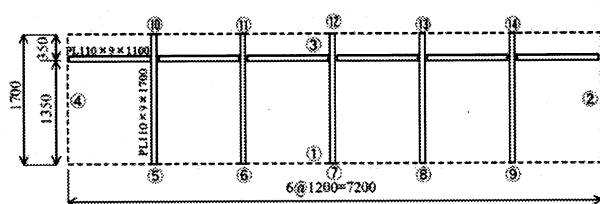
図-1 基本解析モデル(Case1)



・境界条件

①～⑥:変位及び回転を拘束

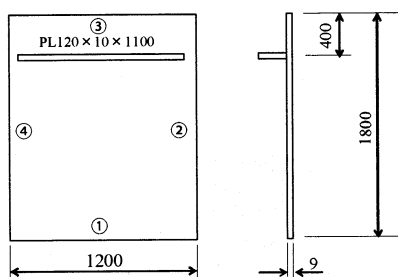
図-2 解析モデル3パネル(Case2)



・境界条件

①～⑫:変位及び回転を拘束

図-3 解析モデル6パネル(Case3)



・境界条件

①～④:変位及び回転を拘束

図-4 基本解析モデル(箱桁)

表-2 解析ケース毎の固有振動数の比較

	固有振動数(Hz)		
モード次数	Case1	Case2	Case3
1	47.67	37.33	35.54
2	86.09	43.02	37.21
3	107.37	45.95	39.68
4	144.45	78.62	42.48
5	145.02	82.28	44.98
6	-	83.45	45.59

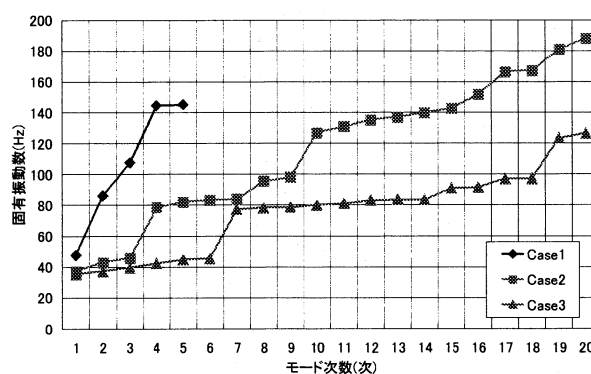
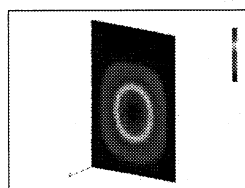
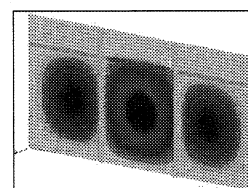


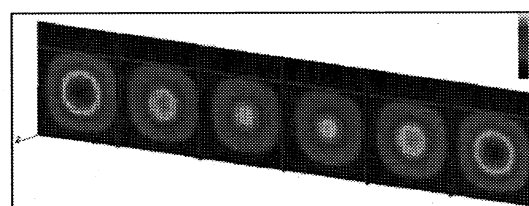
図-5 解析モデルの固有振動数とモード次数の関係



Case1(1次モード)



Case2(3次モード)



Case3(6次モード)

図-6 解析ケース毎の

40～50Hz 帯における振動モード形状

表-3 箱桁の基本解析モデルの固有振動数

	基本解析モデル(箱桁)
モード次数	固有振動数(Hz)
1	46.21
2	81.44
3	106.29
4	132.87
5	140.62

ていることである。このため桁から発生する比較的低い周波数の騒音の影響を直接受けると考えられる。

計測にはリオン社製の低周波音レベル計(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。また、ジョイント部を大型車が通過した際のジョイント直下の騒音特性を把握するために、約10t級の大型車4台を対象として、ジョイント部を大型車が通過する前から通過した後にかけて10分間の連続データを計測した。低周波騒音計の設置方法は、地面から高さ1mの地点に三脚で固定し、風よけを装着して風による音圧の影響を極力取り除くように工夫をしている。

評価方法は、高速フーリエ変換を用いた周波数分析によって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い、音圧レベルは10分間の連続データの平均値として算出した。

ジョイント部の補修方法は、まず鋼製ジョイントの浮き上がり(不陸)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られた。ここでのジョイント部の補修前後の状況を写真-2および写真-3に示す。

4.2 比較的低い周波数の騒音の発生機構の推定

図-8にジョイント部補修前の各計測点における騒音特性、図-9にジョイント部補修前でのジョイント部直下における大型車通過時の騒音特性、図-10にジョイント部直下におけるバンドパスフィルターかけて算出した40Hz帯の時系列を示す。

前章において、振動モード解析を用いて橋梁が有する音源の推定を行った。主桁腹板の固有振動数が40～50Hzに卓越し、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比較的低い周波数の騒音の発生原因となっていることが推定された。さらに、ジョイント部補修前の騒音計測結果を確認することによって、比較的低い周波数の騒音の発生メカニズムを明確にする。

図-8に示すジョイント部補修前の各計測点における騒音特性を比較すると、比較的低い周波数帯である20～80Hz帯では、31.5～50Hzにおいて音圧レベルが80dB付近を記録していることが確認でき、50Hz以上の周波数は音圧レベルが低下していることがわかる。さらに、計測点毎に40～50Hz帯に着目すると、ジョイント部に近づくにつれて音圧レベルが高くなっていることから、ジョイント部で生じる衝撃力が影響していることが確認できる。

図-9に示す大型車通過時におけるジョイント部直下の騒音特性から、桁が有している固有振動数40

表-4 騒音計測の位置関係

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		

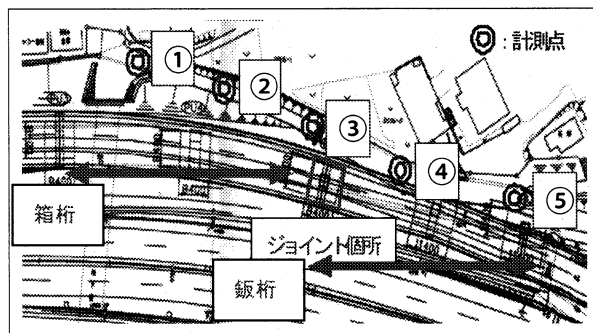


図-7 計測点の概略

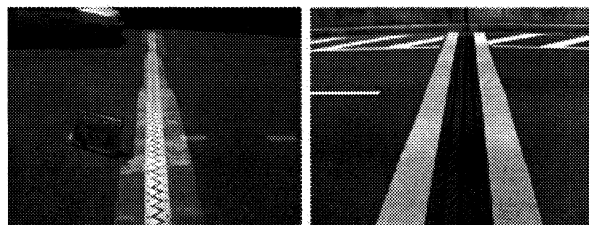


写真-2 ジョイント部補修前 写真-3 ジョイント部補修後
(鋼製フィンガージョイント) (ゴム製フィンガージョイント)

～50Hz帯での音圧が、どの大型車走行においてもおよそ80dB前後となっていることがわかる。大型車通過時に80dBの音圧を常時発生させているということは、桁との共振により比較的低い周波数の放射音として発生させていると考えられる。

図-10に示すジョイント部直下である計測点③における40Hz帯の10分間の時系列データより、瞬間的な値であるものの75～80dBを超える音圧が10分間計測のうち多数記録されていることがわかる。これは、暗騒音レベルが低下する深夜でかつ就寝中のような場合、個人差にもよるが、不眠等の身体的な問題から生じる苦情が発生する可能性が高い。

以上のことから、振動モード解析によって推定した比較的低い周波数の騒音の発生メカニズムが騒音計測結果からも確認できたと考えられる。

4.3 ジョイント部補修前の騒音特性

(1) 超低周波帯域(1～20Hz)

1～20Hzまでの超低周波帯域において着目すべき点は二つである。第一は、2～3Hz付近の周波数が卓越しており、70dB以上を記録していることである。これは、橋梁全体の固有振動数が2～4Hzであるの

で、車両が橋梁を通過した際に、車両の自重および車両の振動により誘起された橋梁のたわみ振動である。この振動により橋梁全体から発生しているスパン音が騒音計に計測されたと考えられる。スパン音は、一般大型車のばね上振動数が橋梁の固有1次、2次振動数に近接していることから、橋梁上の路面凹凸に大きく起因していると考えられる。次に着目すべき点は、8～12Hz 付近において周波数が卓越しており、「参照値」を上回り 80dB 以上を記録していることである。ここで「参照値」とは環境省によって取りまとめられた「低周波騒音対応の手引書」⁸⁾に記載されている物的苦情に関する値であり、いずれかの周波数において「参照値」を上回っていればその周波数が騒音の原因である可能性が高いとされている。8～12Hz の周波数の騒音の原因として考えられるのは、車の走行音やエンジン音等が床版を伝わって放射音が桁下空間に伝わり、増幅された可能性が考えられる。特に 10Hz 付近は、大型車が 60km/h 程度で走行する時のエンジン回転数と一致していることから、エンジン音を捉えていると推定している。

(2) 低周波帯域(20～80Hz)

20～80Hz の低周波帯域に関しては各計測点において「参照値」を下回っている。しかし、比較的低い周波数である 31.5～50Hz 帯の音圧レベルは 80dB 付近を記録しており、計測点とジョイント部までの距離が近づくにつれ音圧レベルが高くなっていることがわかる。さらに、計測点④付近では、実地計測の際に体感的に比較的低い周波数の騒音を感じ取ることができた。よって、計測点④と桁の位置がほぼ同等の高さに位置し、腹板振動によって空気振動が励起されて発生する比較的低い周波数の騒音の影響を直接受けていることが考えられる。

(3) ジョイント部直下の騒音特性

ジョイント部直下の騒音特性について特筆すべきことは、桁が有している固有振動数 40～50Hz 帯での音圧がどの大型車走行においてもおよそ 80dB 前後となっていることである。大型車通過時に 80dB の音圧を常時発生させているということは、桁との共振により比較的低い周波数の放射音を発生させていると考えられる。

4.4 ジョイント部補修後の騒音特性

図-11 にジョイント部補修後の各計測点における騒音特性、図-12 にジョイント部補修後の 40Hz 帯の時系列、図-13 にジョイント部補修前後の 40Hz 帯の時系列の平滑化グラフを示す。

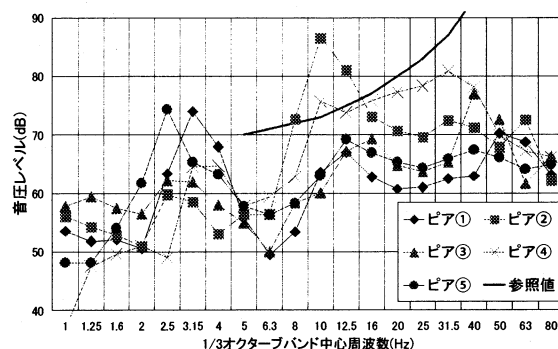


図-8 補修前の各計測点における騒音特性

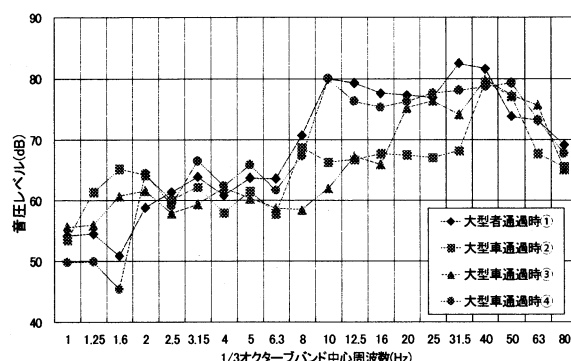


図-9 補修前の大型車通過時における騒音特性

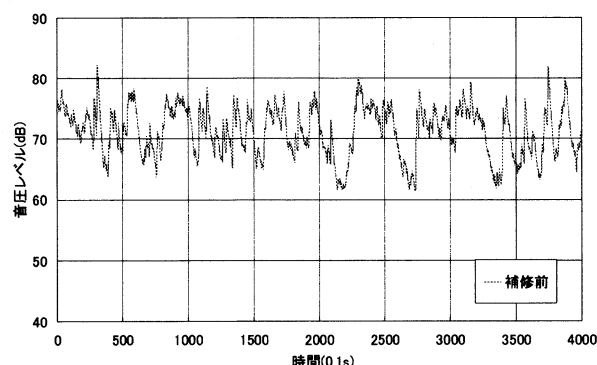


図-10 ジョイント直下の補修前の 40Hz 帯の時系列

(1) 超低周波帯域(1～20Hz)

補修前において着目した 2～3Hz に卓越した周波数と 8～12Hz において卓越していた周波数の音圧レベルを確認する。2～3Hz では、補修前において 75dB 付近を記録しているのに対して、補修後においては 70dB を下回り、約 5dB の低減が確認できる。これは、ジョイント部補修によって凹凸の影響を少なくできたことが車両と橋の連成振動によって発生するスパン音の低減に影響したと考えられる。8～12Hz では、補修前において 85dB 付近を記録しているのに対して、補修後においては 75dB 付近を記録して

おり、約 10dB の低減が確認でき、「参照値」も下回っている。従って、ジョイント部補修によって超低周波帯域の騒音状況は改善されたと考えられる。ただし、ジョイント付近である計測点③においては、10～16Hz 帯の騒音が 5dB 程度増加している。これは、大型車のエンジン騒音によるものと推定される。このように、ある周波数帯を下げてでもまた別の周波数帯が上がってしまうことが生じる騒音対策の難しさを示した一例である。

(2) 低周波帯域(20～80Hz 帯)での比較

補修前に着目した比較的低い周波数帯である 40～50Hz 帯の周波数の音圧レベルを確認する。補修前において、80dB 付近を記録しているが、補修後においては、約 10dB 低減されて 70dB 付近に抑えられている。これは、ジョイント部補修によって、車両がジョイント部を通過する際に発生する衝撃力を低減し、衝撃力が低減することによって、腹板振動の制振作用が生じたと考えられる。10dB の音圧レベルの差異は、ジョイント部補修前後の騒音状況の変化が体感的に明確に感じ取ることができた。

(3) ジョイント部補修の効果

ジョイント部補修前後においてジョイント部直下における 40Hz 帯の時系列を比較する。ジョイント部補修後においても、音圧レベルの瞬間値として 80dB に達していることから比較的低い周波数の騒音の発生は否めない。しかし、40Hz 帯の音圧レベルの時系列データに対して、40Hz のバンドパスフィルターによって、低周波および高周波成分を除去した後、指数平滑化を行い、改めてジョイント部補修前後の 40Hz 帯の平滑化グラフにおいて比較すると、補修前に比べて補修後の方が平均値として低くなっていることが確認できる。補修前と比較した結果、平均値としてその音圧レベルが低くなっていることで影響が出ることも少なくなると考えられる。従って、補修前と比較して比較的低い周波数帯の騒音状況は改善されたと考えられる。ジョイント部補修前には周波数毎に卓越した騒音が確認されていたが、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ことも確認できる。これら上記の事実から、ジョイント部補修前後において、対象とする一般国道周辺の低周波帯域に関する騒音状況は改善方向あると考えられる。このことから低周波音問題に対する対策案の一つとして、ジョイント部補修の重要性が示されたことも示唆できる。

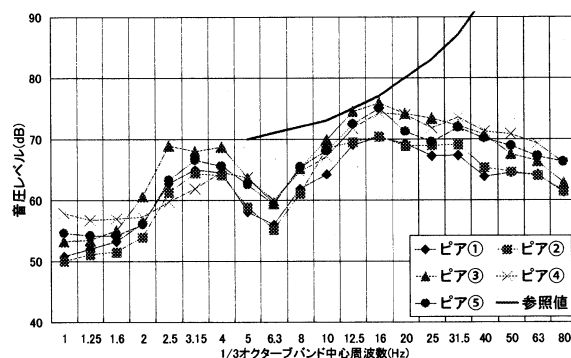


図-11 補修後の各計測点における騒音特性

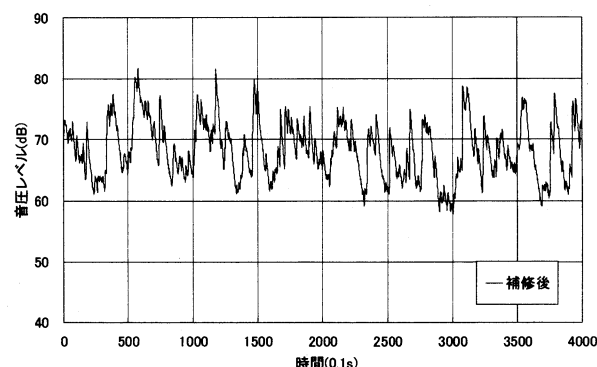


図-12 補修後の 40Hz 帯の時系列

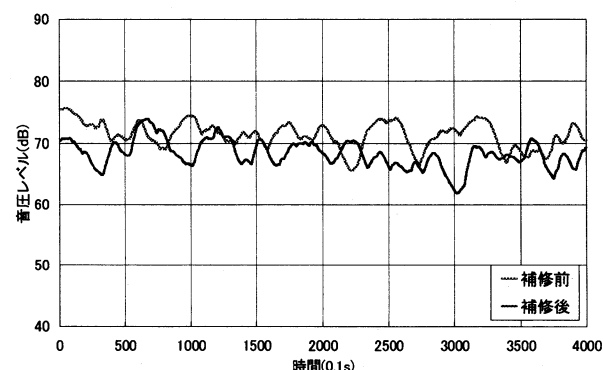


図-13 補修前後の 40Hz 帯を平滑化した比較

(注:補修前後における車両通行条件は異なる)

5. おわりに

本論文では、鋼高架橋付近で発生している約 20～80Hz 帯の比較的低い周波数の間に卓越周波数を持っている騒音と、主桁の腹版が有する振動特性との関連性に着目した。まず、鋼高架橋の腹版の構造解析を行い、発生音源の推定を行った。次に騒音対策の一環としてジョイント部補修が実施されたので、ジョイント部補修前後の騒音計測を行った。これら

両者の結果を比較することによって、比較的低い騒音対策の一つとしてのジョイント部補修の効果を検証してきた。以下に本研究で得られた知見を示す。

① 音源の推定

補剛材で囲まれた鈑桁主桁腹板と箱桁腹板面をモデル化し、振動モード解析を行った。両形式とも1次固有振動数が40～50Hzであり、かつこの振動モード形状は、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。これが、比較的低い周波数の騒音の音源と推定される。

② ジョイント部補修前の現地計測

ジョイント部補修前における現地計測を行うことによって、比較的低い周波数帯の騒音が発生していることを確認した。各計測点の騒音特性では40～50Hz帯の音圧レベルがジョイント部に近づくにつれ高くなり、計測点④では80dB以上を記録していた。さらに、大型車通過時の騒音特性からも40～50Hz帯において80dB以上を記録している。また、ジョイント部を車両が通過した際に発生する衝撃力によって腹板が太鼓の腹のように振動し、空気振動を励起することで、比較的低い周波数の騒音が発生していることが推定できた。

③ ジョイント部補修後の現地計測

ジョイント補修前は、2～3Hz、8～12Hz、40～50Hzの周波数において高い音圧レベルが確認されが、ジョイント部補修後は上記の周波数帯の音圧レベルが約10dB低減されていることが確認された。それは、ジョイント部補修によって、車両がジョイント部を通過する際に発生する衝撃力が低減し、腹板に伝搬する衝撃力を低減できたことで、腹板振動を抑えることができたと考えられる。よって、ジョイント部補修によって、対象とする高架橋周辺の低周波帯域の騒音状況は改善され、ジョイント部補修の有効性が示唆された。

以上のことから、鋼橋から発生する比較的低い周波数の騒音に関する発生メカニズムを明確にし、その騒音の対策案としてジョイント部補修の有効性を示すことができた。しかし、騒音・振動対策は明確な評価基準がなく人間の感覚に依存している部分が多い。したがって、本論文で示したジョイント部補修によって騒音の低減効果が得られないと評価された場合、コスト・施工面において問題が挙げられるが、桁の連続化や制振材の付加などの対策案を考えなければならない。

現在、著者らの研究グループでは、更なる原因追求と対策案の検討を目的として、鋼橋が有する騒音発生要因となり得る様々な部材に対し、構造音の分

離解析を行っている。鋼橋から発生している様々な騒音の特性を把握することで、比較的低い周波数の騒音の発生メカニズムをより明確にし、有効な対策案の提案ができると考えられる。これらは、今後の課題とする。

謝 辞

本研究を行うに際し、低周波音勉強会（代表：北田俊行 大阪市立大学教授）のメンバー各位に貴重な助言と意見を頂いた。また、現地試験を行うに際しては、中央大学理工学部土木工学科の学生諸君から協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。最後に、本研究の一部は(独)日本学術振興会科学研究費・基盤研究及び中央大学理工学研究共同研究助成の給付を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 山内貴宏，松下雅行，佐藤克寿：排水性舗装の騒音低減効果の確認実験，土木学会第55回年次学術講演会講要集，VII-142，pp. 284-285，2000.9
- 2) 庄野豊，吉田幸信，山本貢平：道路遮音壁先端に設置する騒音低減装置の開発，土木学会論文集，No.504/VI-25，pp. 81-89，1994.12.
- 3) 富田尚隆：低騒音舗装とタイヤ道路交通騒音，騒音制御，Vol.23 No.3，pp.142-147，1999.6.
- 4) 上坂克巳，大西博文，鉢嶺清範，石川 賢一，高木 興一：種々の低層遮音壁による減音効果の予測・評価に関する研究，騒音制御，Vol.23 No.2，pp.99-108，1999.4.
- 5) 連重俊，平野廣和：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，pp.131-144，2003.6.
- 6) 環境省大気保全局：低周波音の測定方法に関するマニュアル，2000.3.
- 7) 環境省環境管理局大気生活環境室：低周波音防止対策事例集，2002.3.
- 8) 環境管理局大気生活環境室：低周波騒音対応の手引き，<http://www.env.go.jp/air/teishuha/tebiki/>
- 9) 河田直樹：交通振動に起因する道路橋からの低周波音の理論解析，神戸大学博士論文，2007.3.
- 10) 連重俊，平野廣和，志村敦：鋼橋の低周波域騒音低減工法の開発と試験施工，橋梁と基礎No.2001-4，pp41-48，2001.4.
- 11) 長津真司，平野廣和，佐藤尚次：鋼橋から発生する低周波騒音の原因特定と防止対策について，土木学会第61回年次学術講演会，I 部門，2006.9.

(2008年4月14日 受付)