

鋼橋から発生する比較的低い周波数の騒音を低減するための対策方法の検討

中央大学 学生員 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

道路周辺環境への問題意識の高まりと関連技術開発の発展、さらにより豊かな移住空間の想像ニーズから道路騒音に着目すると、高度経済成長の時代から大量に建設されてきた高架橋において各種の騒音が確認されており、比較的周波数の低い振動の発生源に関しては主に2種類に大別される。橋梁に車両が進入する衝撃により橋梁構造から発生するジョイント音、また、車両の走行、振動により生じる桁のたわみ振動に伴うスパン音である。我々研究Gr.は桁のウェブ面の振動に着目し、国道の2径間連続板桁橋主桁ウェブ面の構造解析と国道周辺の騒音計測を行うことによりウェブ面の振動が低周波音の発生に起因していることを報告した。¹⁾従来、比較的低い周波数の騒音の対策として、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、橋梁振動から発生する騒音に対しては有効な手段が見られないのが現状である。そこで、本報では比較的低い周波数の騒音の発生原因とされる主桁ウェブ面の板厚の変化及び、スティフナーの付加との関連性を見出し、対策方法に関して検討を行った。

2. 振動モード解析

1) 原因の特定

比較的低い周波数の騒音の原因を特定するため、国道の主桁構造図を基に表-1 に示す解析諸元及び図-1 に示す解析モデルにおいて振動モード解析を行った。解析モデル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になる。従来の研究²⁾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出来るのでその方法を採用する。その結果、ウェブ面の固有振動数に40~60Hzの低周波帯域が存在し、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わかった。モード形状図を図-2 に示す。これが桁から比較的低い周波数の振動を放射する要因の一つと考えられている。

2) ウェブ厚の増加とスティフナーの付加

上記の解析結果を基に対策案の検討を行うために、本報では以下に示す2通りの解析を行った。

-) ウェブ厚を変化させた場合
-) 囲まれたウェブ面にスティフナーを付加した場合

表-1 解析諸元

steel材料特性	単位質量	$8.02 \cdot 10^{-10} \text{kgf/mm}^3$
	弾性率	$2.1 \cdot 10^4 \text{kgf/mm}^2$
	ポアソン比	0.3

表-2 解析モデルの定義

解析モデル	ウェブ厚	水平補剛材	鉛直補剛材
ST1-9	9mm	1本	0本
ST2-9	9mm	2本	0本
ST3-9	9mm	3本	0本
EST1-9	9mm	1本	1本
EST2-9	9mm	1本	2本
EST3-9	9mm	3本	1本
ST1-10	10mm	1本	0本
ST1-11	11mm	1本	0本

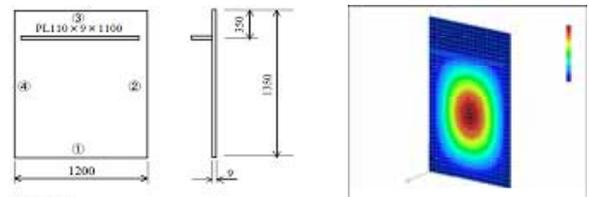


図-1 解析モデル

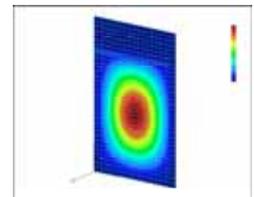


図-2 モード形状図

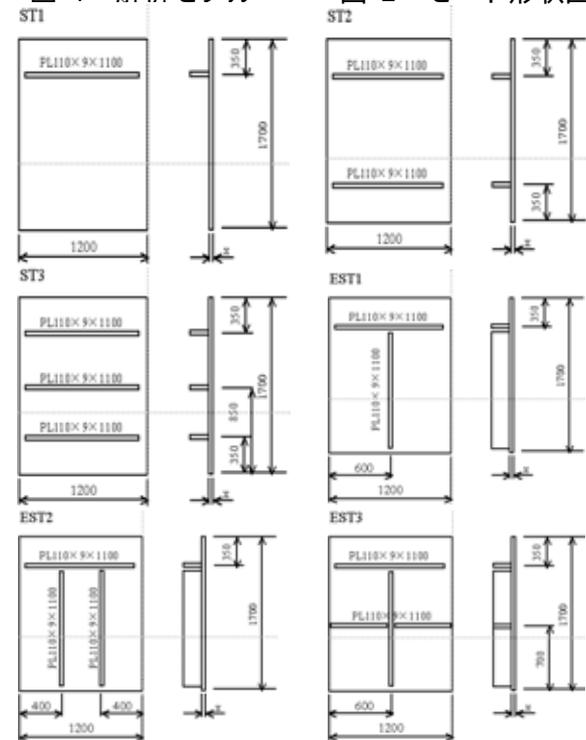


図-3 スティフナー配置図

解析モデルはウェブ厚 9mm、水平補剛材 1 本を基本モデル(ST1-9)として、ウェブ厚に関しては規定内である 9mm、10mm、11mm の3通りを解析し、さらにスティフナーの付加に関しては多様な組合せの比較を図るため、水平補剛材の付加を3通り、鉛直補剛材の付加を2通り、

Keyword : 低周波騒音、主桁ウェブ面、振動モード解析

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

水平補剛材と鉛直補剛材を組み合わせた付加を 1 通り考慮し、合計 18 通りの解析モデルにおいて振動モード解析を行い、固有振動数及び振動モード形状の比較を行った。解析モデルの定義を表-2 に、スティフナ - の配置を図-3 に示す。

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。

1) ウェブ厚の変化による固有振動数

まず、ST1-9におけるウェブ厚毎の固有振動数を表-2 に示す。ウェブ厚の増加では、固有振動数に大きな変化はない。1 次固有振動数は低周波帯域から抜けることはなく、振動モード形状においても太鼓の腹のような振動をしていることから、比較的低い周波数の振動を放射していることが確認できた。

2) 水平補剛材の付加による固有振動数

水平補剛材付加後の固有振動数を表-3 に示す。ST2-9 の固有振動数に大きな変化はないが、ST3-9 の固有振動数はST1-9の約2倍の値となり、高周波帯域となった。

3) 鉛直補剛材の付加による固有振動数

鉛直補剛材付加後の固有振動数を表-4 に示す。鉛直補剛材を付加した場合は EST1-9 の固有振動数が基本モデルの約 2 倍の固有振動数となり、EST2-9 と EST3-9 と大きな変化はない結果となった。

4) 振動モード形状

ウェブ厚9mm の各解析モデルの1次モード形状図を図-4 に示す。水平補剛材を付加した場合と鉛直補剛材を付加した場合の振動モード形状を比較してみると、水平補剛材を付加した場合は太鼓の腹のような振動状態は変わらず、水平補剛材を 2 本付加した場合は基本モデルの振動状態が二つに分散する結果となった。鉛直補剛材を付加した場合は、全て基本モデルと異なった振動状態が現れている。

5) 対策案としての有効性

各モデルの固有振動数のグラフを図-5 に示す。ウェブ厚を変化させるだけでは固有振動数に変化を与えることは出来ないが、補剛材を付加することにより低周波帯域の固有振動数を高周波帯域に移行できることがわかる。さらに、水平補剛材を付加するよりも鉛直補剛材を付加することで効率的に固有振動数を移行出来る。

4. おわりに

本報では、比較的低い周波数の騒音の発生原因とされる主桁ウェブ面に関し、振動モード解析を行うことで対策案の検討を行った。ウェブ厚の変化よりも補剛材を付加した方が固有振動数の移行が期待出来、水平補剛材よりも鉛直補剛材を付加することで効率良く固有振動数を移行できる。上記の結果より、新設橋梁に関しては主桁ウェブ面の中に鉛直補剛材を1本付加するだけで比較的低い周波数の騒音を効率良く防止できる。

表-2 ウェブ厚毎の固有振動数

モード次数	固有振動数(Hz)		
	ST1-9	ST1-10	ST1-11
1次	47.671	52.861	57.832
2次	86.095	95.068	103.049
3次	107.373	119.282	131.092
4次	144.446	157.936	168.206
5次	145.015	161.039	176.695

表-3 水平補剛材付加後の固有振動数

モード次数	固有振動数(Hz)		
	ST1-9	ST2-9	ST3-9
1次	47.671	57.614	114.817
2次	86.095	115.539	124.104
3次	107.373	117.738	183.479
4次	144.446	179.968	196.179
5次	145.015	182.919	207.12

表-4 鉛直補剛材付加後の固有振動数

モード次数	固有振動数(Hz)		
	EST1-9	EST2-9	EST3-9
1次	91.151	95.798	93.918
2次	106.625	151.707	145.693
3次	145.874	179.752	155.71
4次	155.763	199.188	159.956
5次	190.782	223.347	212.739

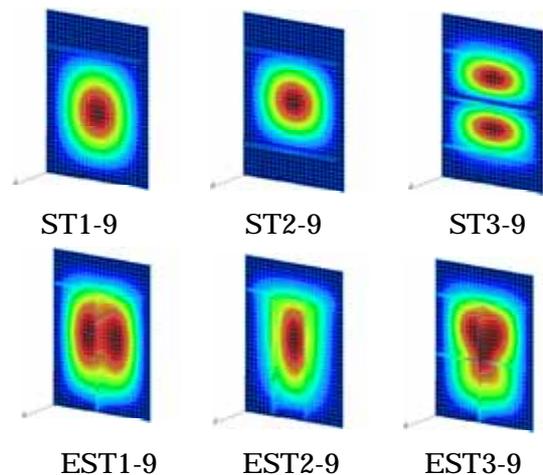


図-4 1次モード形状図

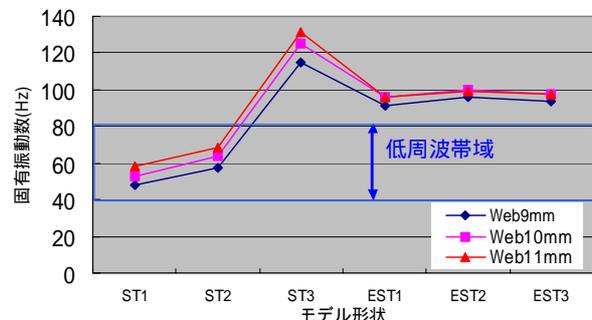


図-5 各モデルの固有振動数

参考文献

1)長津真司:鋼橋から発生する低周波騒音の原因特定とその防止対策に関して、土木学会関東支部第33回技術研究発表会公演概要集, I-13
 2) 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/ -59, 2003