

I—16 道路橋床版の低周波空気振動発振評価に関する研究

北見工業大学 正員 ○大島 俊之, 森 弘

北大工学部 正員 角田与史雄, 能町 純雄

1. まえがき

最近、環境庁、マスコミ等でとりあげられている高速道路における高架橋梁が発生する低周波空気振動の現象は、重量車輛が橋梁の支承部および支間中央部を通過する際に、床版がたわみ振動を起こすことが原因で発振するといわれている。1), 2), 3)

一方、この一種の公害問題に対して現在、土木工学的な面からの現象を発生する橋梁の振動発振伝播挙動の解明と、医学的な面からの人体に与える影響の解明の両面から研究が進んでおり、徐々にその対策等も行なわれている。

また道路建設の際に行うこととされている道路の環境影響評価に関する技術指針(建設省)^{4), 5)} の中にもこの低周波空気振動についての記述があるが、まだ十分なものではなく、さらに充実されるべき内容となっている。

橋梁が発生する低周波空気振動の発振伝播機構の解明には 1) 舗装の凹凸と車両の応答および橋梁の振動の相関関係, 2) 橋梁の構造形式の違いによる発振性状の違い, 3) 橋梁周辺の地形, 気象の影響, 4) 通過車両の車種, 走行速度, 重量等の影響, など明らかにされるべき問題が多く残されている。

本研究においては、これらの状況をふまえて、著者らがこれまでに発表した橋梁の走行荷重による音圧発振の評価式の検証を目的として、供用直前の実橋による走行試験を行なったので、その一部について報告する。

2. 床版の低周波空気振動発振評価式について⁶⁾

本研究において用いている音圧の評価式は道路橋床版および床組(縦桁, 横桁等)の剛性を平均化し、換算版厚を有する等方性平板とみなすことができると仮定し、いくつかの帯板要素に分割して、その平板を表現できるという仮定に基づいている。

床版から発振される音響パワー I は、橋梁の走行荷重による動的応答解析を行い、床版自身の粒子速度 $\dot{w} = \partial w / \partial t$ (ただし w は床版のたわみ) を求めることができれば、音響学の理論に従って、

$$I = \rho_a C_a \dot{w}^2 \quad \text{---(1)}$$

と表現できるものと仮定する。ただし ρ_a , C_a は空気密度、音速をあらわす。

また、 $\dot{w}$ のフーリエ変換の像関数を $\dot{W}(i\omega)$ とおくと

$$\dot{W}(i\omega) = \int_0^T \dot{w}(t) e^{-i\omega t} dt \quad \text{---(2)}$$

ただし T は走行荷重が橋梁を通過するに要する時間。したがって $\dot{w}$ のパワースペクトル密度関数は

$$S_x(\omega) = \frac{2}{T} |\dot{W}(i\omega)|^2 \quad \text{---(3)}$$

(3)式を用いて(1)式を表現しなおすと、床版表面全体の面積で平均化した $\bar{S}_x(\omega)$ を用いて

$$I = \rho_a C_a \bar{S}_x(\omega) \quad \text{---(4)}$$

したがって音響パワーレベルは基準値 $I_0 = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$ を用いて次のようにあらわされる。

$$IL(dB) = 10 \log_{10} I / I_0 \quad \text{---(5)}$$

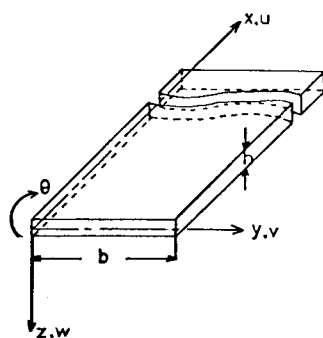


図1 帯板要素

3. 実橋走行試験の概要

(a) 橋梁の概説

実験を行なった橋梁は、札幌市の北東部一般道道滝野上野幌線に架設された、「落合橋」（活荷重単純合成げた橋）であり、以下のような構造諸元である。

支間 24.1 m、4 主げた、主げた高 130 cm、腹板厚 9 mm、車道幅員 7.5 m、歩道、自転車道幅員 3 m、主げた間隔 3 m、橋格 1 等橋 TL-20。

(b) 計器配置等

測定計器は図 2 に示すように、音圧計 (Mic) と加速度計 (Acc) を中げた G_2 、 G_3 の 2 本について、支点、 $l/4$ 、 $l/2$ の 3 箇所にそれぞれ配置した。音圧計は、橋体振動との連成を避けるため、河床から足場を組んで床版直下にセットした。また A_1 、 M_1 の位置にチェックのため低周波地盤振動用ピックアップ P_1 を設置した。

試験車走行位置は図のように 2 種類 (Case A、B) 行なった。

(c) 試験項目

通常走行試験と段差走行試験を行なった。段差走行試験は路面 $l/4$ 点 2 ケ所、 $l/2$ 点の合計 3 ケ所に図 3 のように 4.6×24.5 cm の断面のチェッカープレートを設置し、路面凹凸のモデルとした。

両試験とも試験車重量 2 種類 (10 t : 空車、22 t 砂利満載)、走行速度 2 種類 (約 40, 60 km/hr)、走行位置 2 種類 (Case A、B) について行なった。

以上の試験項目に対して

- (1) 床版下面の加速度
- (2) 床版直下の音圧
- (3) 車両の上下振動の加速度
- (4) 車両の橋梁への進入、退出時の信号

の測定を行なった。

(d) 試験車

試験に用いたトラックは三菱フソー FV 113 JD で車両重量 10.25 t、満載時重量 22 t、ホイールベース 450 cm (320 + 130)、前輪トレッド 200 cm、後輪トレッド 186.5 cm (二重タイヤの中心間距離)、

加速度計は前輪車軸中央 1 ケ所、後輪車軸左右 2 ケ所に 10 g (車軸振動測定)、荷台前方 1 ケ所、後方左右 2 ケ所に 5 g (車体振動測定) の合計 6 個をとりつけ、助手席の動歪増幅器、カセットデータレコーダにより記録した。また支承通過時の音声をトランシーバーを介して記録した。

(c) 測定計器

測定に当たっては表 1 に示すような計器を用いて行なった。

また測定のプロック図は図 3 に示している。

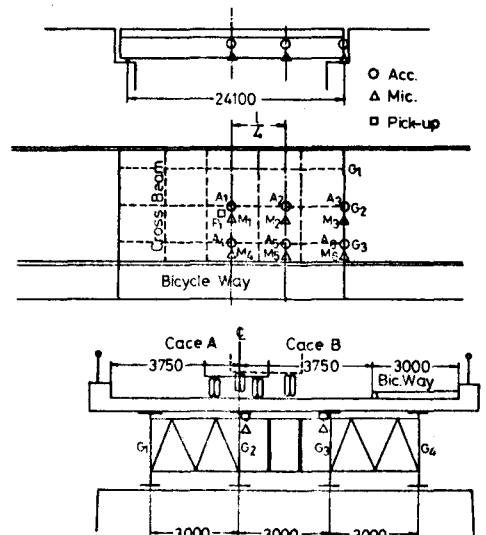


図 2 計器配置、試験車走行位置図

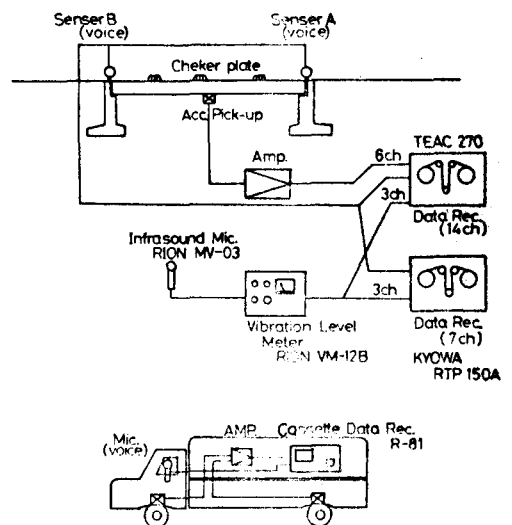


図 3 測定ブロック図

4. 走行試験結果およびデータ処理の概要

試験は4日間の準備、計器調整の後、昭和54年11月29日（木）に行なった。

得られたデータは磁気テープ、レベルレコーダ記録紙の形で保存されているので、現在その解析を進めている。

データ処理に当たっては、北見工業大学にある、データ処理装置を用いて行なっている。その内容は概略次のようなものである。

KYOWA DAAS 500 ASH2

(1) 中央処理装置 MELCÔM 70/25
記憶容量24kW

(2) フロッピーディスク装置 2台
123kW/シート

(3) システムタイプライター装置
ASCIIコード、10字/sec

(4) 紙テープリーダー
400字/sec、8単位

(5) ドットプリンター
165字/sec、64行/分

(6) XYプロッター W_x 4531
作図速度40mm/sec、
作図範囲381mm×254mm

(7) データ再生装置
RTP150 A(データレコーダ)、
テープサーチユニット、テープサーチ
インターフェース
(8) ソフトウェア、OS
BDOS(バッチ・ディスク・オペレーティ
ングシステム)
使用言語、アセンブラ、FÔRTTRAN
DAAS入出力制御プログラム、ティ
ジタル信号処理プログラム装備

図4、5には得られた波形の一部をのせている。これは路面が平坦で、空荷の場合に40km/hrで走行した場合の結果で、図4がCase A、図5がCase Bの走行位置の結果を示している。図中A_{t1}はトラックの後輪車軸の加速度、A₁は床版下面の加速度、P₁は低周波加速度計の結果、M₁は音圧計の

表1 測定計器一覧表

	測定器名称	測定器型式	台数	仕様・概要
音 圧 レ ベ ル 測 定	○低周波 マイクロフォン	RION MV-03	6台	周波数特性 2~100 Hz
	○増幅器 公害用振動計	RION VM12B	7台	
	○レベルローダ	RION LR-03 -04	5台	
	○付属品	RION NC-80 延長コード	6個 7巻	ウインド スクリーン 50m×7
加 速 度 測 定	○加速度変換器	KYDWA AS-2C -5C -10C	6個 3個 3個	容量2g " 5g " 10g
	○低周波用 加速度変換器	RION PV03	11個	
	○増幅器	KYOWA		
	動歪測定器	DPM110 B DPM 6 E	1台 1台	6ch 6ch
	○付属品	延長コード	6巻	50m×6
デ ィ タ 記 録 ・ モ ニ タ ィ ・ そ の 他	○データレコーダ (パワーユニット付)	TEAC R-270 R-81	1台 1台	14ch 6ch
		KYOWA RTP150 A	1台	7ch
	○コードジェネ レーター	KYOWA DCG20A	1台	データ処理用
	○電磁オシロ グラフ	KYOWA RMV510 A	1台	6ch
	○シンクロ スコープ	IWATSU SS4100 G	1台	2ch
	○位置センサー		2台	
	○トランシーバー		7台	
	○気象観測計器	風速計 乾湿度計	1台 1台	
	○ストップウォッチ		1個	

原波形、 L_1 はレベルコーダから記録紙に得られた結果を示している。図4の波形については A_{t1} と A_1 の波形、および P_1 と M_1 の波形がそれぞれ位相がほぼ合っているように思われるが、図5では、 A_1 と M_1 の波形もほぼ近い位相変化をしているように思われる。今後の周波数解析、相関係数解析により、これらはさらに明らかにできるものと思われる。

5. 結 言

低周波空気振動の発振伝播機構の解明には、前述したように土木工学的問題だけでも非常に多くの今後明らかにされるべき問題を残している。本研究においては、低周波空気振動の発振部分に焦点を絞り、実験においても床版直下に着目して計測を行なった。また帯板要素法による理論解析のしやすさの点から、単純鋼板桁橋を選んで実験を行い、両者の比較を考えた。本研究がこの種の問題の解決の一助になれば幸いである。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり多くの方々のご協力、ご助言をいただきました。以下にお名前を記して感謝申し上げます。

道路公団の小野正二氏、西脇仁一先生、開発局土木試験所の高橋毅部長、佐々木室長、井藤室長、福田副室長、岡田技官、札幌市土木部の面田係長、中川技師、北大工学部土木工学科の木村技官、高橋義裕氏、三上氏、遠山氏、伊藤氏、北見工大開発工学科の林正道先生、三上教務職員、野本氏、滝上氏、種村氏。

本研究は文部省科学研究費、試験研究（代表者能町純雄）、奨励研究（研究者大島俊之）の補助を受けて行ないました。

参 考 文 献

- 1) 西脇，森：中央高速道路葛野川橋の超低周波騒音現象、日本音響学会講演論文集・51，5
- 2) 西脇，森，藤尾：高速道路（香芝地区）での低周波騒音とその対策のモデルテスト，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集・54，9
- 3) 小川，小野：橋梁振動に伴う低周波空気振動に関する試験研究，日本道路公団試験所報告，その1（50年度）、その2（52年度）
- 4) 建設省：建設省所管事業に係る環境影響評価に関する当面の措置方針について・53，7
- 5) 建設省：建設省所管事業環境影響評価技術指針細目・53，10
- 6) 能町，大島，岸：走行荷重による箱桁のパワースペクトルについて、土木学会北海道支部論文報告集・第35号，1979，2，
- 7) 能町，角田，岸：走行荷重による箱げたの低周波発振評価の一試案、環境情報科学・6-4，1977，
- 8) 大島，能町，角田：縦桁とトラスにより補剛された床版の走行荷重によるパワースペクトルについて、土木学会第34回年次学術講演会概要集・第1部・54，10
- 9) 今市，辻本，高島，北川：道路橋の振動に伴う音響放射の理論解析、日本機械学会関西支部第240回講演会 講演論文集・54，11

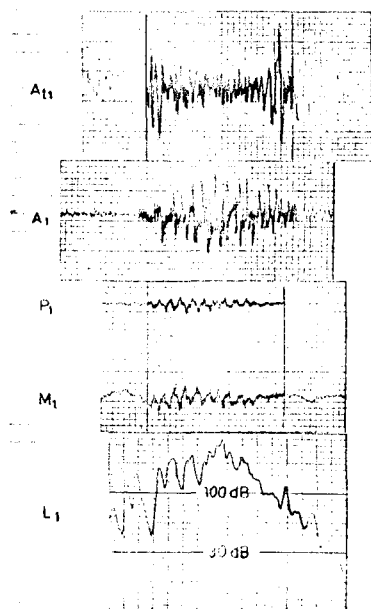


図4 測定結果 (Case A)

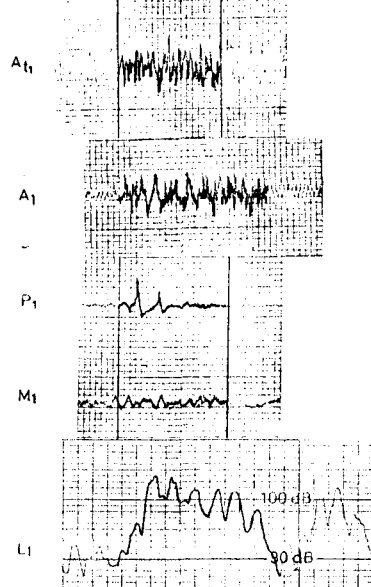


図5 測定結果 (Case B)