

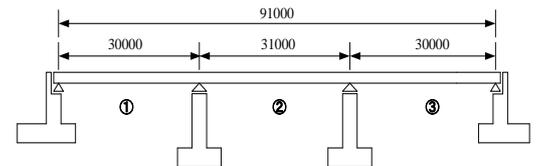
連続桁道路橋の支間長変化による交通振動・低周波音解析

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎 協和設計(株) 正会員 坪本 正彦
 神戸大学大学院 学生員 ○森 謙吾

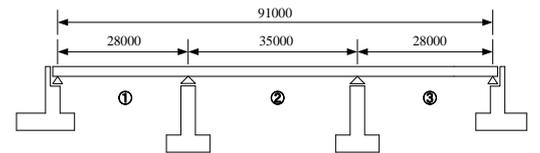
1. 研究背景と目的 近年、重車両の交通量増加に伴う橋梁交通振動による低周波音が一つの環境問題となっている。こうした状況において、設計時に低周波音問題を含む環境評価が求められる¹⁾。現在計画されている橋長 93m の 3 径間連続桁橋は Fig.1 が示すように、橋桁直下に民家がある。また、ほぼ等支間割(30m+31m+30m)では 1 次曲げモードの固有振動数が 3Hz 付近になり、大型車両との共振が懸念される。既往の研究では、同橋長を持つ 2 径間連続桁橋について交通振動・低周波音解析による比較評価を行い、2 径間にすることで加速度応答および低周波音の低減が確認できている²⁾。しかし、2 径間では初期建設コストが 2 割強になり不経済のため、本研究では、不等支間割(28m+35m+28m)になるように支間長の配分変更し、交通振動・低周波音解析による比較評価を行う。



Fig.1 Photomontage of bridge



(a) 3-span model(30m+31m+30m)



(b) 3-span model(28m+35m+28m)

Fig.2 Girder bridges

2. 解析モデル 対象橋梁は 4 主桁の鉸桁橋で、幅員が 10.496m、桁高は 1.7m である。側面図と断面図をそれぞれ Fig.2, Fig.3 に示す。橋梁は 1 節点 6 自由度の梁要素を用いた有限要素モデルとし、節点数は 130 節点である。固有値解析の結果を Table 1 に示す。動的応答解析で考慮するモード次数は、低周波音が 100Hz までであることから、139 次までとする。走行車両は 8 自由度系ダンプトラックを使用する (Fig.4 および Table 2 参照)。車両走行の位置を Fig.3 に示す。また、交通振動解析および低周波音解析における着目点は、車両走行の直下とする。

Table 1 Natural frequencies of bridges

3-span(30m+31m+30m)		3-span(28m+35m+28m)	
1st (Bending)	3.09Hz	1st (Bending)	2.95Hz
2nd (Torsion)	3.96Hz	2nd (Torsion)	3.97Hz
3rd	4.03Hz	3rd	4.48Hz
4th	4.68Hz	4th	5.39Hz
5th	5.67Hz	5th	5.50Hz

Table 2 Dynamic properties of vehicle

Total Weight	196.0 kN	
Axle Weight	Front	49.0 kN
	Rear	147.0 kN
Logarithmic Decrement	Front	0.66
	Rear	0.33
Natural Frequency	Front	1.9 Hz
	Rear	3.2 Hz

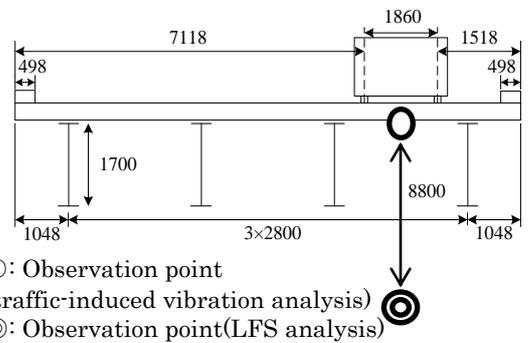


Fig.3 Cross section of bridges

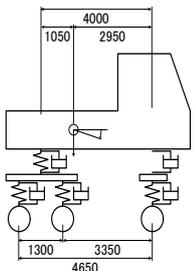
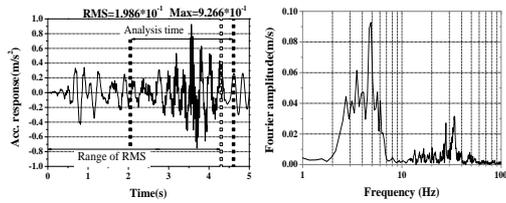


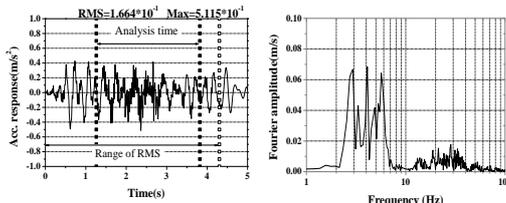
Fig.4 Vehicle model

キーワード 低周波音, 橋梁交通振動, 支間長, 共振

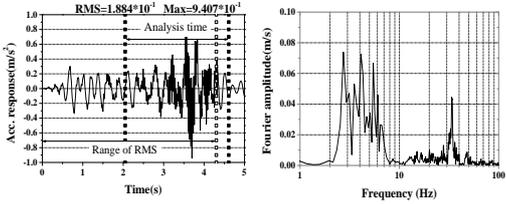
連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 Phone 078-803-6278



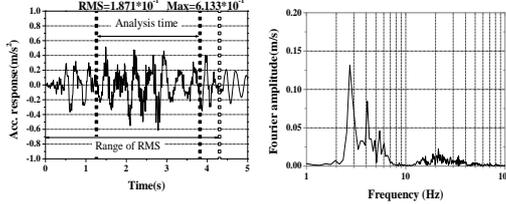
(a) 3-span bridge(30m+31m+30m)



(a) 3-span bridge(30m+31m+30m)



(b) 3-span bridge(28m+35m+28m)



(b) 3-span bridge(28m+35m+28m)

Fig.5 Acceleration & FFT at third span
Vehicle speed: 80km/h

Fig.6 Acceleration & FFT at second span
Vehicle speed: 80km/h

Table 3 RMS value of acceleration at third span (unit $\times 10^{-2}m/s^2$)

Vehicle speed(km/h)	30	60	80	100
30m+31m+30m span	9.83	13.1	19.9	41.6
28m+35m+28m span	7.98	9.48	18.8	33.9

Table 4 RMS value of acceleration at second span (unit $\times 10^{-2}m/s^2$)

Vehicle speed(km/h)	30	60	80	100
30m+31m+30m span	9.41	11.8	16.6	32.7
28m+35m+28m span	6.49	11.2	18.7	45.8

3. 交通振動解析 車両設計速度である 80km/h 時の加速度応答波形を Fig.5, 6 に示す。また、車両速度を変えた場合における加速度応答の RMS 値を Table 3, Table 4 に示す。Fig.5, Table 3 が示すように、第 3 径間においては、橋梁を不等支間割(28m+35m+28m)にすることで、加速度応答の低減が確認できる。また、Fig.6, Table 4 が示すように、第 2 径間においては、車両速度が大きくなるにつれて、不等支間割の加速度応答が等支間割より大きくなっていくことが確認できる。

4. 低周波音解析 低周波音解析は、境界要素法による音場解析を行う。解析における受音点は地面から 1.2m とする。車両速度 80km/h 時における低周波音の音圧レベルを Fig.7 に示す。Fig.7(a)が示すように、第 3 径間においては、不等支間割の方が全体的に低い音圧レベルであることが確認できる。特に、3.15Hz 付近ではその傾向が顕著に表れている。Fig.7(b)が示すように、第 2 径間においては、全体的に音圧レベルの大きな違いは確認できない。そこで、Fig.7(b)における 3Hz 付近について、コンターを用いて低周波音の伝播を Fig.8 に示す。コンターの断面は第 2 径間中央部の橋軸直角方向に設定する。Fig.8 が示すように、2.5Hz の低周波音は伝播による影響は大きい、3.15Hz ではその影響が小さくなっている。また、支間長や着目点の場所により低周波音の音圧レベルが変化することが確認できる。

5. 結論 支間長 30m を有するほぼ等支間割の 3 径間連続橋では、1 次曲げモードと大型車ばね上振動との共振が見られた。支間長配分を変更することで、第 3 径間における 3Hz 付近の音圧レベルが低減していることが確認できた。また、支間長に応じて低周波音の音圧有するほぼ等支間割の 3 径間連続桁橋では、1 次曲げモードと大型車ばね上振動との共振が見られた。支間長の配分を変更するレベル分布が変わることを確認した。

【参考文献】 1) Kawatani, M., Kim, C.W., Nishitani, K. and Kawada, N.: Low Frequency Sound due to Vibrations of a Bridge under Normal Traffic, Proc. of the 8th International Conference on Structural Dynamics, EURODYN 2011, pp.754-761, 2011.
2) Tsubomoto, M., Kawatani, M., Mori, K.: Prediction of Low-frequency sound of continuous girder highway bridges with different span lengths. Proc. of the 9th International Conference on Structural Dynamics, EURODYN 2014, pp. 1377-1382, 2014.

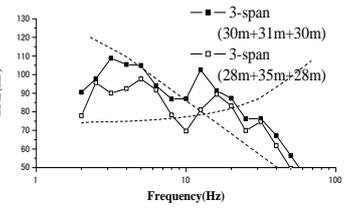


Fig.7 Comparison of SPLs

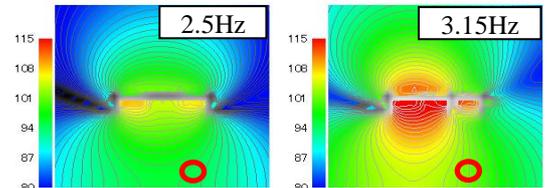


Fig.8 Contour of SPLs at second span
Vehicle speed: 80km/h
○: received point