

道路橋交通振動により放射される低周波音と延長床版の低減効果

株式会社 エース 正会員 ○河田 直樹 神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎
 神戸大学大学院 学生員 上野 晃伸 神戸大学大学院 学生員 古賀 翔平

1. 目的

近年，道路橋周辺の環境問題の一つとして低周波音が社会的関心を集めている．低周波音とは 20Hz 以下の非可聴音を含む 100Hz 以下の音をいい，橋梁周辺の低周波音は，橋梁に車両が進入した際の衝撃や橋梁上を車両が通過する際の桁のたわみ振動により空気の振動として放射される．この低周波音は人によって感じ取る大きさに違いがあり，環境基準が定められていないことや橋梁からの放射音低減工法が定量的に評価されていないことから道路管理者もその対策に苦慮している．本研究ではこのような現状から，橋梁から放射される低周波音を解析的に明らかにし，延長床版工法の低周波音低減効果を定量的に把握することを目的とする．

2. 解析手法

2.1 橋梁交通振動解析 鋼桁橋の床版，主桁と横桁の腹板および壁高欄を Flat shell 要素，その他の桁フランジや補剛材を梁要素とする有限要素にモデル化し，8 自由度振動系車両との連成振動方程式を Newmark- β 法を用いて逐次積分することにより，走行荷重下での橋梁の動的応答を解析的に求める¹⁾．

2.2 低周波音解析²⁾ 橋梁より放射される低周波音は比較的精度が高く，また無限放射現象を容易に取り扱える境界要素法により求める．振動面が床版や主桁腹板など波長に比較し十分薄いことから法線微分型境界要素法³⁾を用い，橋梁交通振動解析により求まる橋梁振動面の振動速度を境界面の粒子速度とする境界条件により周辺の音圧レベルを求める．

3. 橋梁交通振動解析結果

近年，合理化の観点より採用されるケースが増加している鋼 2 主桁橋を対象とする．**Fig.1** に対象橋梁の解析モデルを示す．支間長 53.0 + 53.0m，幅員 11.4m のゴム支承を有する 2 径間連続非合成 PC 床版 2 主桁橋で床版厚は 31cm，桁高は 3.0m，腹板厚は 23mm である．橋梁交通振動解析に用いる走行車両は，試験車両に合わせた 8 自由度系モデルとし，第 1 走行車線を 100km/hr で 1 台走行する条件とする．

支間中央の加速度応答解析値を実測値とともに **Fig.2** に示す．橋梁端部の路面段差は実測結果に基づく値（左輪 16mm，右輪 14mm）を採用していることもあり，橋梁進入部の衝撃的な応答についても実測結果をよく再現できている．3Hz のたわみ振動の他にみられる 16Hz の振動は桁間の床版が局部的にたわむモードに対応している．

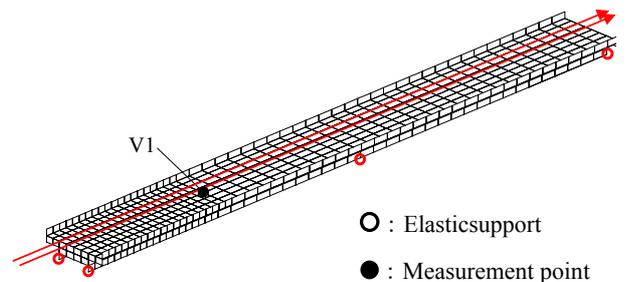


Fig.1 Analytical model of bridge and measurement point

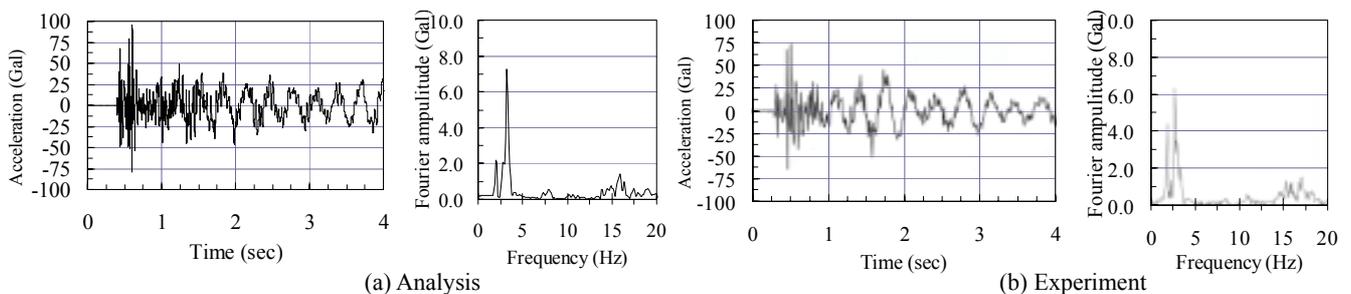


Fig.2 Acceleration of bridge at V1 (single vehicle, V=100km/hr)

キーワード 橋梁交通振動，低周波音，境界要素法，延長床版

連絡先 〒600-8138 京都市下京区七条通木屋町上る大宮町 205 株式会社エース TEL 075-361-1328

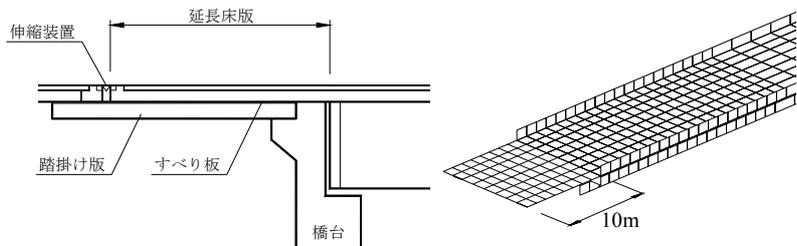


Fig.3 Extended slab model

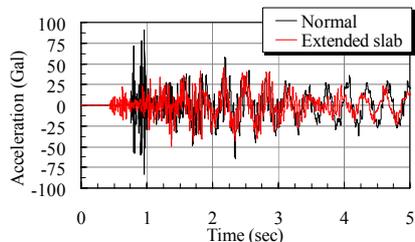


Fig.4 Acceleration of bridge at V1

5. 延長床版工法

近年、桁端部の維持管理および周辺環境振動に対する配慮の観点より、橋梁の床版を橋台背面まで延長し、伸縮装置を土工部上に設置する延長床版工法が採用されるケースがある。桁端部の路面段差がなくなることから車両の橋梁進入時の衝撃的な応答が生じにくくなり、放射音も低減されることが推測される。本研究では Fig.3 に示すように床版のみを延長した解析モデルにより同様の交通振動解析を実施しその効果を把握する。延長する床版長さは 10m とし、延長床版部は地盤ばねで支持させたモデルとしている。 Fig.4 に V1 点の加速度応答解析結果を延長床版設置前後を比較して示す。延長床版により橋梁桁部に進入する際の応答に明確な違いがみられ、また車両退出側でも延長床版を設置していることから、約 4 秒近傍の車両退出時でも違いが現れている。

6. 低周波音解析結果

橋梁交通振動解析を元に、境界要素法により求めた支間中央、地覆端より直角方向に 10m、地上 1.5m の音圧レベルを Fig.5 に示す。なお、地表面における音の反射は鏡像法を用いることで考慮している。延長床版を採用することにより、特に 10Hz では 10dB 程度音圧レベルが低減でき、この周波数での建具のがたつき閾値より下回っている。50Hz や 80Hz などの可聴音でもその効果が確認でき、圧迫感や振動感などに対する効果も期待できる結果となった。 Fig.6 に桁間中央の橋軸方向音圧レベル分布を示す。延長床版をしない通常の橋梁の場合、ジョイント付近において音圧が高くなり、第 1 径間中央付近まで高い音圧レベルを示している。延長床版の場合は車両がスムーズに橋梁に進入することから基点部の高い音圧レベルは示さず、特に退出側においては桁のたわむ影響による音圧がみられるのみで、ジョイント通過時の音が効果的に低減できている。

延長床版工法は既設橋に対しても設置することが可能であり、維持管理面とともに本研究において騒音面でも効果を発揮することを確認した。

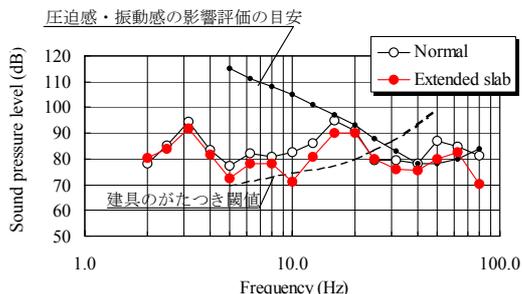


Fig.5 Sound pressure level (center of 1st span, distance of 10m from concrete barrier curb, 1.5m above ground)

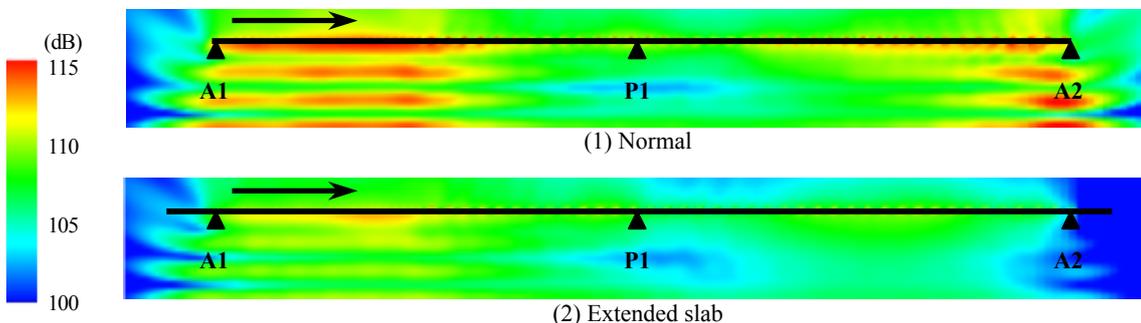


Fig.6 Distribution of over all sound pressure level (side view, center of main girder, 1~100Hz O.A.)

参考文献

- 1) Mitsuo Kawatani, Chul-Woo Kim and Naoki Kawada: Three-dimensional finite element analysis for traffic-induced vibration of steel two-girder bridge with elastomeric bearings, Transportation Research Record, TRB, Journal of the Transportation Research Board, CD 11-S, pp.225-233, 2005
- 2) 河田直樹, 川谷充郎: 境界要素法による道路橋交通振動に起因する低周波音の理論解析, 土木学会論文集 (投稿原稿修正中)
- 3) 長田晃一: 道路橋からの低周波放射, 日本音響学会・日本建築学会環境工学委員会・音環境小委員会, 建築音響研究委員会資料 AA87-05, 1987.2.