第 I 部門　　**桁高制限のある連続橋の交通振動による低周波音解析**

神戸大学工学部　学生員　○幸寺　駿　協和設計(株)　正会員　坪本　正彦
神戸大学大学院　フェロー　川谷　充郎　京都大学大学院　正会員　金　哲佑

1. 研究背景　近年，車両の大型化や交通量の増加による騒音問題が社会問題化している．その問題の 1 つとして低周波音問題が挙げられる．低周波音は聞こえる音圧レベルに個人差があり，騒音として認知しにくいものの，実際に苦情が挙げられている．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場合がある [1)]．そこで本研究では，第 1 支間中央部で市道と交差するため桁高制限を受ける橋梁の低周波音の評価を試みる．検討対象橋梁として，8 主桁連続鈑桁橋(通称パネルブリッジ)と PC 中空床版橋に着目し，交通振動による低周波音解析を行う．

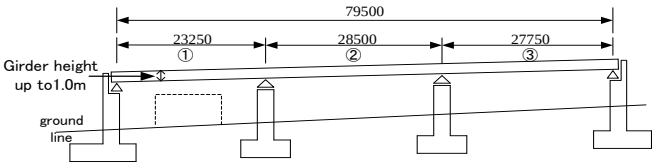
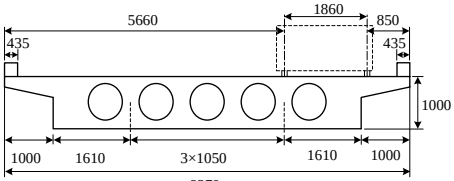
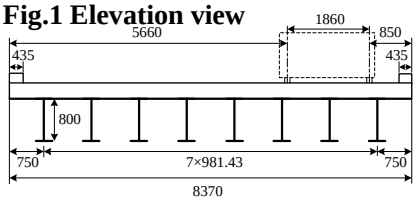


Fig.1 Elevation view



(1)PC hollow slab bridge



(2) Panel bridge

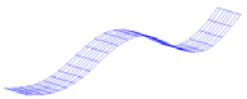
Fig.2 Cross sectional view

2. 橋梁モデル　対象橋梁は橋長 79.5m，幅員 8.37m，3 径間連続橋である．その側面図を Fig.1 に示す．また PC 中空床版橋とパネルブリッジの断面図を Fig.2 に示す．両者の特徴として，桁高が低いこと，床版が主桁としての役割も果たすこと，そして死荷重が小さいことがあげられる．

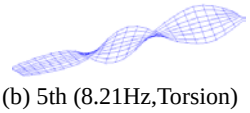
Table 1 Eigen frequencies

	PC hollow slab bridge	panel bridge
1st	2.29Hz(Bending)	4.17Hz(Bending)
2nd	3.21Hz	4.41Hz(Torsion)
3rd	4.44Hz	5.81Hz
4th	7.91Hz	5.97Hz
5th	8.21Hz(Torsion)	7.43Hz
16th	18.9Hz	20.0Hz(Bending)
17th	20.4Hz(Bending)	22.3Hz

3. 固有値解析結果　固有値解析結果を Table 1 に示す．1 次曲げモードの値に違いが出ているが，PC 中空床版橋の重量がパネルブリッジに比べて約 1.5 倍近くあること，さらに曲げ剛性が約 0.5 倍であるためである．PC 中空床版橋において 5 次に出る 1 次ねじれモードの固有振動数が曲げ 1 次モードに比べて約 3.5 倍あるのに対し，パネルブリッジではおよそ 1.1 倍で 2 次に確認できる．これは PC 中空床版橋のねじれ剛性がパネルブリッジに比べて大きいためである．

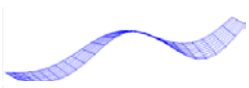


(a) 1st (2.29Hz,Bending)

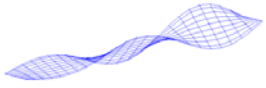


(b) 5th (8.21Hz,Torsion)

(1) PC hollow slab bridge



(a) 1st (4.17Hz,Bending)



(b) 2nd (4.41Hz,Torsion)

(2) Panel bridge

Fig.3 Eigen modes

4. 交通振動解析結果　設計速度は 60km/h であるが，第 3 径間先に信号があり実際の速度は遅くなると考えられるため 45km/h を考慮する．走行車両を Fig.4 に示す．車両は 1 台のみを考慮し，着目点は，第 3 径間中央部とする．さらに Fig.4 に着目点の加速度応答と FFT 結果を示す．加速度応答結果については，RMS 値，最大値共にパネルブリッジの方が大きい値を示している．また FFT 結果については，卓越振動数が PC 中空床版橋の場合 2Hz と 3Hz 付近，パネルブリッジの場合 4Hz 付近でみられ固有値解析結果と比較してもそれぞれ一次曲げモードの影響を確認することができる．

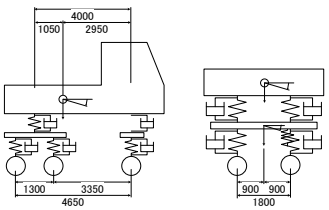


Fig.4 Vehicle model

Shun KOHDERA, Masahiko TSUBOMOTO, Mitsuo KAWATANI and Chul-woo Kim m-kawa@kobe-u.ac.jp

5. 低周波音解析結果

受音点は官民境界を想定し，第 3 径間中央部の地面から鉛直方向に 1.2m，橋軸から直角方向に 20m 離れた点に設定している．得られた低周波音解析結果を Fig.5 に示す．10Hz 以下の低周波領域において PC 中空床版橋の音圧レベルが大きく，逆に 15Hz 以上の周波数領域においては両者の音圧レベルがほぼ近い値を示している．そこで橋梁からの放射に何らかの違いがあると考え，Fig.6 に卓越している 3.15Hz,20Hz における第 3 径間中央部幅員断面のコンター図を示す．コンター図によれば 3.15Hz において PC 中空床版橋では橋梁周辺と受音点で差がわずかであるのに対し，パネルブリッジでは大きく差があり放射状態に違いがあることがわかる．逆に 20Hz においてはどちらの橋梁においても音圧レベルの差が橋桁周辺と受音点であまりみられず放射状態がほとんど等しいことがわかる．

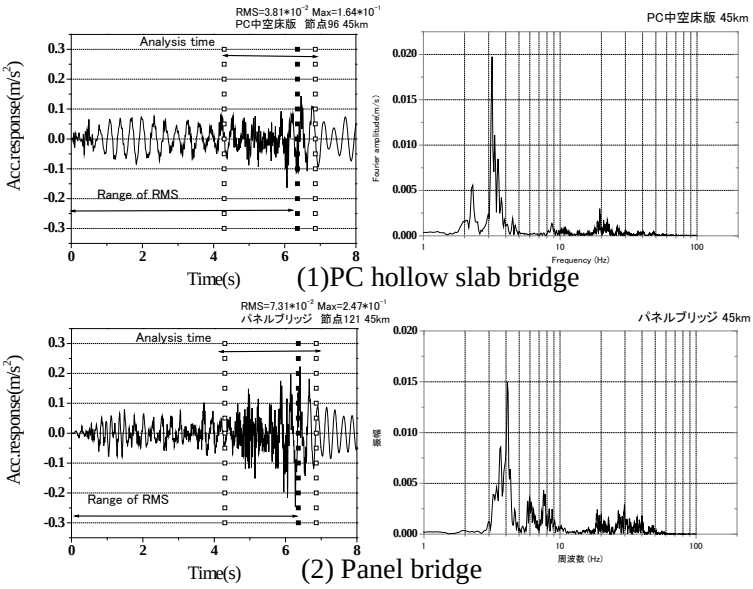


Fig.4 Accelerations and FFT

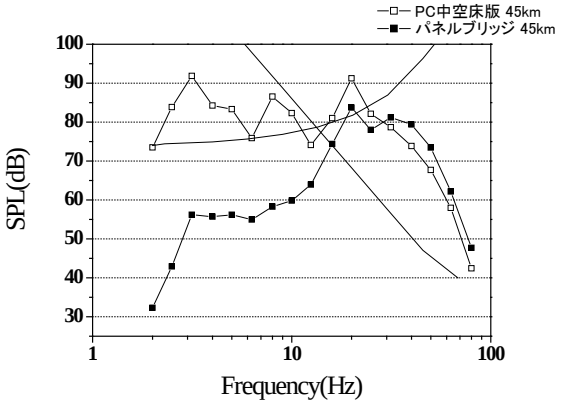


Fig.5 Sound pressure level

6. 結論と考察

交通振動解析結果と低周波音解析結果の相関関係については，周波数帯によって異なる結果となった．原因としては前述の放射状態の違いが考えられる．また低次において PC 中空床版橋に板構造の挙動が見られることから板要素を含むモデル化も必要とみられる．

7. 今後の方針

解析結果から低周波音評価を行えば PC 中空床版橋のほうが被害を及ぼすことになる．しかし既往の研究において [2]鋼桁が PC 桁に比べ音圧レベルが大きいことが示されている．その結果はジョイント音を含む比較であり，本論文ではスパン音に着目しているため検討の余地がある．

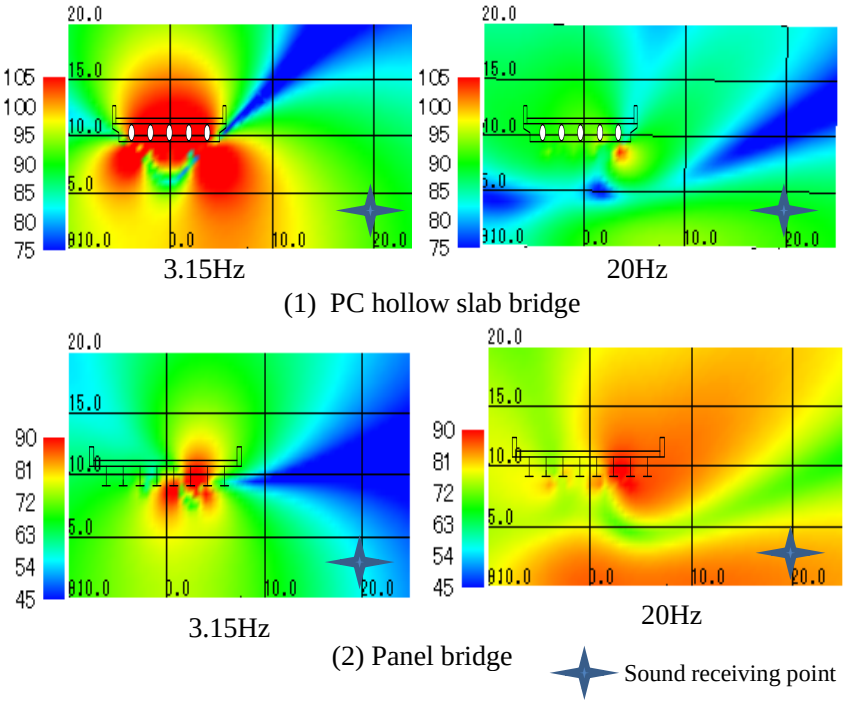


Fig.6 Contour of sound pressure levels

【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 Int. Conf. on Structural Dynamics, EURODYN 2011, pp.754-761, 2011.

2) Tsubomoto, M., Kawatani, M., Takami, Y. and Kawada, N.: Field measurement of low frequency sound radiated from highway viaducts with several kinds of expansion joints, Proc. of the 9th German-Japanese Bridge Symposium, 2012.