

HLA コンクリートと波形鋼板ウェブを用いた PC 橋の車両走行による動的特性

金沢大学大学院 正会員 ○深田 宰史
金沢大学大学院 正会員 梶川 康男
ドーピー建設工業(株) 正会員 立神 久雄

1. まえがき

コスト縮減をめざした省力化の流れを受けて、自重の軽減やプレストレスの導入効率を向上させた複合橋梁が脚光を浴びている。このような橋梁構造形式からの軽量化に対して、近年では材料分野から高性能軽量骨材コンクリート（以下、HLA コンクリートと称す）が開発され、さらなる軽量化が考えられている。この HLA コンクリートを PC 箱桁橋（以下、PC 橋と称す）に適用した場合、その死荷重は約 25%軽減でき、さらに、ウェブを波形鋼板とした場合には約 30～35%軽減することができる。そのため、基礎や下部構造に対する負担も飛躍的に低減され、下部構造の建設コストを縮減することができる。しかしながら、死荷重の軽減に伴い、車両走行により励起される低周波空気振動が通常の PC 橋に比べて大きくなる可能性がある。

そこで本研究では、PC 橋および波形鋼板ウェブ PC 橋に対して普通骨材と HLA コンクリートを適用した場合を対象として、車両が走行した場合の上床版、ウェブ、下床版の音圧放射パワーエネルギーの比較をした。

2. モデル橋梁

本研究では、上述した橋梁振動問題を検討するため、支間長 45.0m を有する PC 橋および波形鋼板ウェブ PC 橋を試設計した。主桁高は、普通骨材コンクリートを用いた PC 橋の場合、桁高比 1/17(2.6m)とし、HLA コンクリートを用いた場合には桁高比 1/20(2.3m)とした。PC 橋のウェブ厚の決定にあたっては、鋼材の配置間隔および最小かぶり厚より決定した。また、波形鋼板の形状および板厚は、既設の波形鋼板ウェブ橋を参考に決定した。標準断面を図 - 1 に示す。使用材料の物性値を表 - 1 に示す。

解析モデルは、上床版、下床版およびウェブをシェル要素にモデル化した。境界条件としては、橋軸方向には一端固定、他端可動とし、橋軸直角および鉛直まわりの回転は両端ともに自由としている。また、橋面荷重としての舗装重量(舗装厚 8cm)、地覆重量および高欄重量を考慮した。

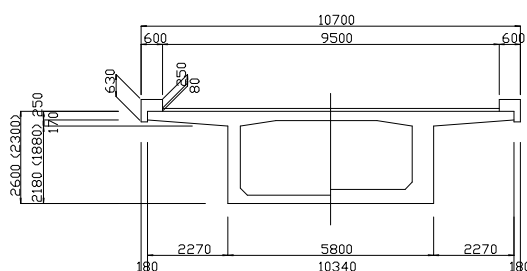
3. 固有振動特性

固有振動特性を比較するために固有値解析を行った。

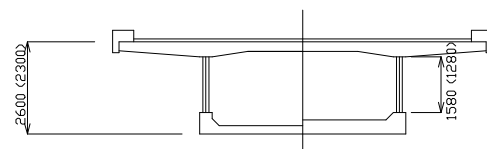
固有振動数を表 - 2 に、振動モード図を図 - 2 に示す。

これより、HLA コンクリートを用いた場合と普通骨材コンクリートを用いた場合を比較すると、各振動数は 2 割

程度小さくなった。これは、死荷重が小さくなったことより、HLA コンクリートの剛性が小さいことが大きく影響した結果といえる。また、PC 橋と波形鋼板ウェブ橋を比較すると、最低次のたわみ振動はほぼ同じ振動数となっているのに対して、ねじれ振動数については、ねじれ剛性の差により波形鋼板ウェブ橋の方が 2～3 割程度低くなっている。



(a) PC 橋



(b) 波形鋼板ウェブ PC 橋

() は HLA コンクリートモデル

図 - 1 標準断面(支間長 45.0m)

表 - 1 使用材料の物性値

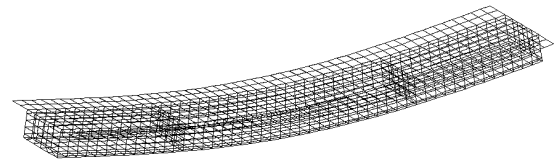
	普通骨材	HLA	波形鋼板
単位体積重量 (kN/m ³)	24.50	18.13	76.93
弾性係数 (GPa)	32.34	20.58	205.8

キーワード：HLA コンクリート、振動特性、音圧放射パワーエネルギー

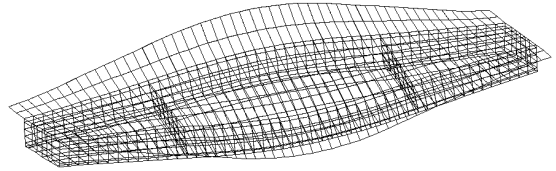
〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 TEL 076-234-4605 FAX 076-234-4632

表 - 2 固有振動数 (Hz)

次数	モード形状	PC橋		波形鋼板	
		普通骨材	HLA	普通骨材	HLA
1	たわみ対称1次	2.49	1.99	2.36	1.93
2	面外1次	7.33	6.63	7.26	6.58
3	たわみ逆対称1次	8.62	7.02	7.18	6.27
4	ねじれ1次	9.70	7.94	6.63	6.00
5	たわみ対称2次	13.52	11.83	10.22	9.45



(a) たわみ 1 次振動



(b) ねじれ 1 次振動

図 - 2 振動モード図 (PC 橋の場合)

4. 車両走行時の音圧放射パワーエネルギー -

普通骨材コンクリートと HLA コンクリートを用いた PC 橋と波形鋼板ウェブ橋において車両走行による上床版, 下床版, ウェブから放射される音圧放射パワーエネルギーを

比較した. 車両走行による動的応答解析では, 総重量 196kN の 3 軸車両をモデル化した 8 自由度系の車両モデルを用いて, 車両と橋梁系の運動方程式を直接積分法 (Newmark β 法, 時間間隔 0.01 秒, $\beta=1/4$) により逐次積分して応答値を求めた. 車両 1 台 (196kN) が高速自動車道を考慮した 80km/h で幅員中央を走行したときの音圧の放射エネルギー w を式 (1) より求めた.

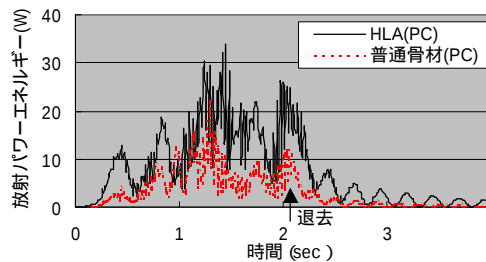
$$w = \frac{1}{rc} \sum_i p_i^2 S_i \quad (1)$$

ここに, ρc : 空気の固有インピーダンス, p : S 面上の音圧 ($p = \rho c v$), v : S 面での速度振幅, S : 各シェル要素の面積

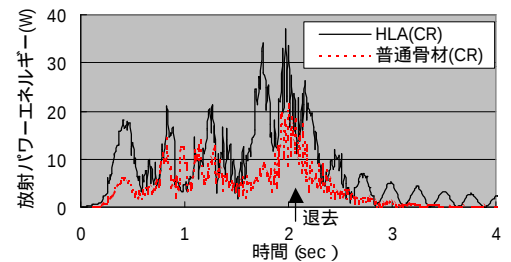
通常, p は実効音圧を用い

るが, “橋体表面の振動速度が空気振動の粒子速度に等しい” という仮定に基づき, 各時間ステップにおける各要素 (上床版, ウェブ, 下床版) の速度振幅から求まる音圧を用いた. 上床版, 下床版, ウェブの音圧放射パワーエネルギーを図 - 3 に示す. 横軸は, 車両が走行している各時間ステップを示す.

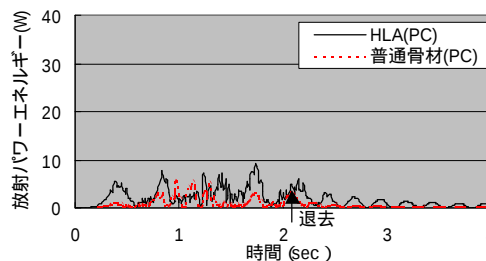
これより, PC 橋および波形鋼板ウェブ橋の上床版では HLA コンクリートを用いた方が大きな放射エネルギーを有していることがわかる. しかし, PC 橋の下床版ではそれらの大きさはかなり小さくなっている. 一方, 波形鋼板ウェブ橋の下床版では, PC 橋に比べて, HLA, 普通骨材ともに放射エネルギーが一様に大きくなっている. ウェブでは, 波形鋼板ウェブ橋の方が PC 橋に比べて大きな放射エネルギーを有しており, HLA と普通骨材の差が小さい. また, ウェブでは, 上床版および下床版に比較してかなり小さな値となっている.



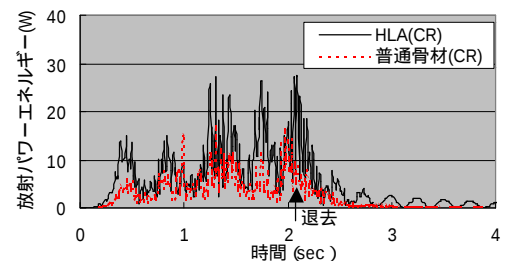
(a) 上床版 (PC, 鉛直)



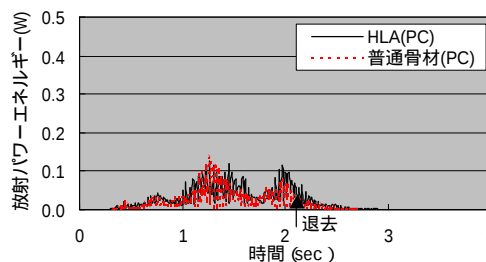
(d) 上床版 (波形, 鉛直)



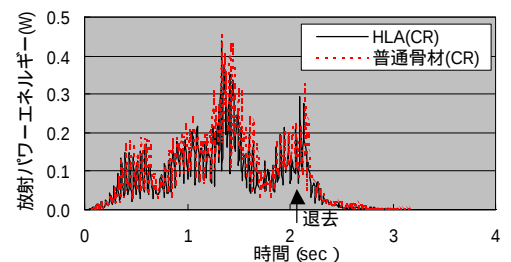
(b) 下床版 (PC, 鉛直)



(e) 下床版 (波形, 鉛直)



(c) ウェブ (PC, 橋軸直角)



(f) ウェブ (波形, 橋軸直角)

図 - 3 音圧放射パワーエネルギー