

列車走行による沿線地盤応答評価－フィールド計測からの考察－

岡山大学大学院自然科学研究科○学生会員 山本 喬太
岡山大学環境理工学部教授 正会員 竹宮 宏和

1.はじめに

列車走行に伴う沿線の地盤振動は身近な環境振動問題の一つである。これは振動源の軌道内の振動発生メカニズムと、振動の地盤内の伝播メカニズムに分けて考えることができる。前者は列車重量、車輛編成、走行速度に関係し、後者は軌道形式、地盤条件に関係してくる。これらのメカニズムやその特性を把握する足がかりとすべく、フィールド計測及び数値解析により地盤応答評価を行った

2.山陽新幹線フィールド計測概要

倉敷市周辺の高架橋において新幹線走行時に沿線地盤に発生する振動計測を行った。図1は実験現場平面図および高架橋写真である。下り線路側橋脚下端を加振点および0m 観測点とし、そこから5m ごとに20m 地点まで計5個所の観測点を設けた。計測にはSPC-35 振動計測器を使用し、各観測点において地盤上に発生する振動の鉛直・橋桁・橋桁直角方向の3方向成分を速度成分により計測した。

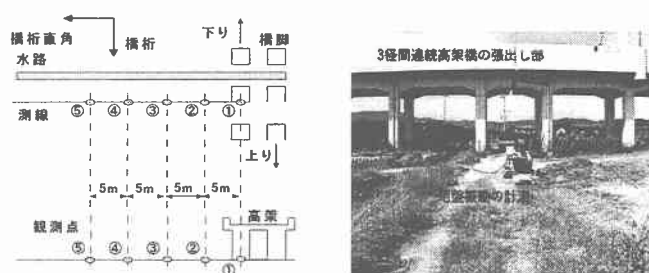


図1 実験現場平面図および高架橋写真

3.計測結果の考察

図2から図4はのぞみの3方向成分の時刻歴応答とフーリエスペクトル図である。橋桁方向において、波の減衰してゆく様子が現れている。ひかりとレイルスターの計測結果においても数値は違うが同じような波形が現れていた。計測結果より求めたのぞみの走行速度は約300km/h (=83.3m/s)である。また図5より、列車がピックアップを設置した高架橋を完全に通過するまでの走行距離は430mであるから通過時間は約5秒となる。このことから時刻歴応答における約8秒までの波形は列車走行による強制振動を現し、それ以降の減衰部分は列車通過後の高架橋における橋桁方向の自由振動を現していると考えられる。

フーリエスペクトル図を見てみると、どの方向成分においても橋脚下端である0m 観測点を除いた他の観測点では30Hz以上の振動数帯域は高架を通る際に遮断されていることがわかる。また全ての図において10Hz付近が卓越しており、他には鉛直方向の橋脚下端以外の地点を除いては3Hz付近が卓越している。この3Hz付近の振動数は鉛直方向の橋脚下端と、時刻歴応答波形において減衰が見られた橋桁方向において卓越していることから、この高架橋は約3Hzの振動を伝えやすいのではないかと考えられる。

そこで8秒以降の時刻歴応答とフーリエスペクトルを図6に示しているが、どの観測点においても3Hz付近のみが卓越している。時刻歴応答において波形の大

きさが変化しているのは、計測現場におけるせん断波速度が約62.5m/s、この振動の周期が1/3sより波長は20.8mとなるため節近傍(1/2波長)にあたる10地点に近づくにつれて振動が小さくなり、20m地点に近づけばまた大きくなるからだと考えられる。

これらのことから橋桁方向における波の減衰部分は、列車通過後の高架橋の固有振動を現しており、フーリエスペクトル図において卓越している3Hz付近は高架の固有振動数であると考えられる。このことを実証するために次に数値解析による高架橋の応答性状の解明を行った。

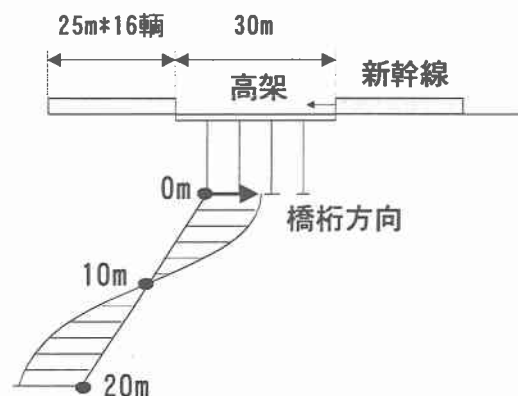


図5 せん断波伝播図

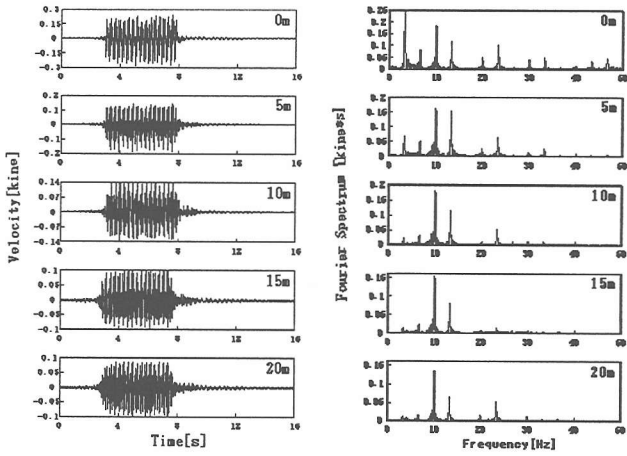


図 2 時刻歴応答およびフーリエスペクトル（鉛直）

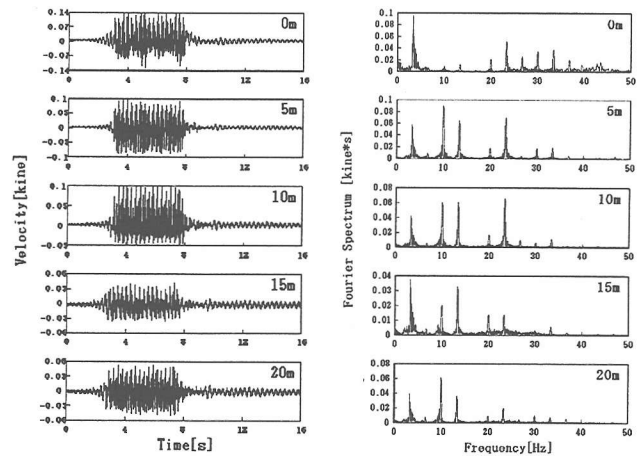


図 3 時刻歴応答およびフーリエスペクトル（橋桁直角）

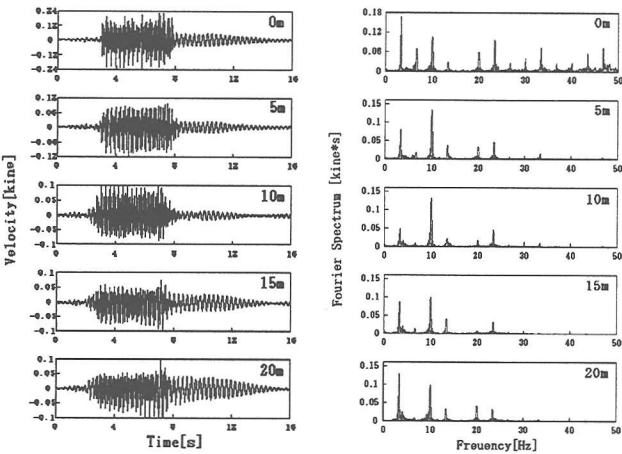


図 4 時刻歴応答およびフーリエスペクトル（橋桁）

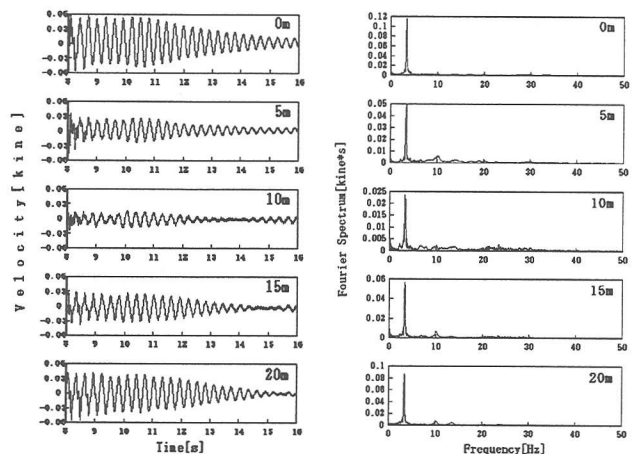
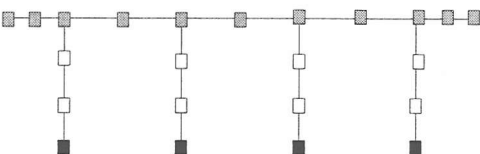


図 6 橋桁方向の減衰部分

4.数値解析による検証

解析手段として固有モード解析法を用い、高架橋の1次から10次までの固有モード形状と固有振動数を求め、列車走行時の形状に近いモードにおける固有振動数と計測結果から求められた高架の固有振動数とを比較・検証した。図8に解析結果図のうちのいくつかを載せてある。このうちMODE1が列車走行時における高架の形状に近似していた。MODE1の固有振動数は3.032Hzであり、フィールド計測から求められた振動数とほぼ一致している。このことからこの高架の固有振動数は3Hz前後であるといえる。

■：上載荷重のある節点 □：通常の節点
■：基礎との境界節点



	断面積	断面2次モーメント	密度	ヤング率
梁	0.77 m ² *3	3.14E-02 7.764E-2 m ⁴ *4	2.4 t/m ³ *3	2.65E7 kN/m ² *2
橋脚	0.81 m ² *3	5.47E-02 5.468E-2 m ⁴ *4	2.4 t/m ³ *3	2.65E7 N/m ² *2

図 7 解析モデル図および物性値

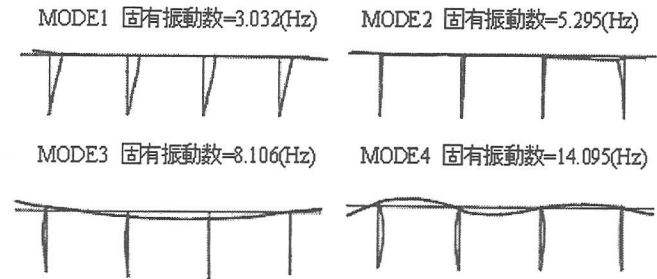


図 8 固有モード解析結果図

5.結論

振動が高架を伝わる際に、この高架の固有特性により30Hz以上の振動数帯域は遮断された。

列車通過後も高架橋において水平面外方向（橋脚軸方向）の固有振動が発生していることが分かった。

また数値解析結果との検証より、この高架橋の固有振動数は3Hz前後であるといえる。

最後に数値解析において多大な協力をして頂いた岡山大学博士課程 Bian Xuecheng さんに感謝します。