

I-B 181

列車走行による周辺地盤の振動評価法

(株)奥村組 正会員 川端 達也 東洋建設(株) 正会員 合田 和哉
 岡山大学環境理工学部 正会員 竹宮 宏和 東海旅客鉄道(株) 正会員 神田 仁
 岡山大学大学院 学生員 小森 大資

1. はじめに 列車走行によって引き起こされる振動問題は、近年の高速化によってより重要なテーマの一つとして取り上げられている。同問題を議論する上で、振動源の特性、地盤の動的性質、地盤条件等を十分調査、理解することが重要である。本研究では、新幹線の走行荷重のモデル化を基に、列車走行時に発生する周辺地盤での振動特性を数値解析より検討した。数値解析手法には、離散化積法¹⁾を用いている。さらに、新幹線走行時の周辺地盤での計測結果²⁾との比較から本評価法に関する考察を行った。

2. 解析モデルおよび振動計測²⁾

解析モデルを図-1に示す。振動計測は、静岡県内の東海道新幹線沿線で実施され、上下線についてそれぞれ列車通過時の軌道直下および保守用通路の路盤での加速度が計測されている。対象とした車種は、0, 100系(200~220km/h)および300系(252~254km/h)であり、1車軸が受け持つ列車重量はそれぞれ16, 11tfである。当該地区では、ほぼ水平な成層地盤上に直接軌道が建設されている。近傍箇所でのボーリング調査によると、N値50以上の基盤上にN値=1~6程度の軟弱層が堆積していることから、地盤モデルを剛基盤上の一様成層弾性体とした。なお、 $V_s=432\text{km/h}$ でありいずれの車種についてもサブ・ソニック状態($M_\beta=0.46\sim0.59$)にある。移動荷重には新幹線軸重に相当する荷重(16両)列を考慮し、枕木およびバラストを介して路盤に作用する応力分布より設定した。以下に示す解析結果は、移動鉛直荷重による鉛直方向の速度応答である。また、軌道を含めた車両の加振振動数を10Hzと仮定し、移動加振による影響についても考察する。

3. 数値解析結果および考察

(1) 振動数成分 軌道直下および線路軌道より10m地点での移動荷重および移動加振に対する速度フーリエ振幅を図-2に示す。荷重の移動速度は216km/hである。また、計測結果の一例として、速度218km/hの下り列車での速度フーリエ振幅を図-3に示す。移動荷重の解析結果では複数の卓越振動数が現

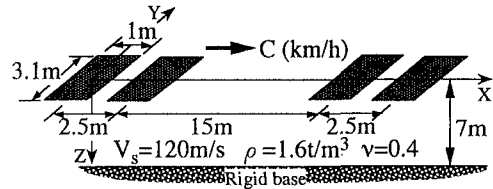


図-1 列車走行時の地盤振動解析モデル

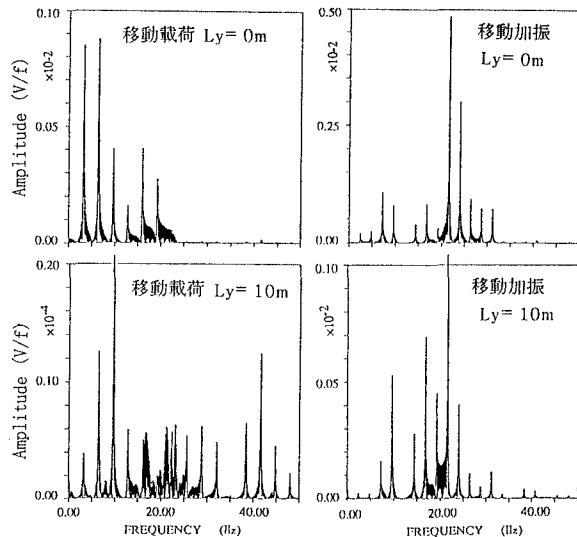


図-2 解析による速度フーリエ振幅

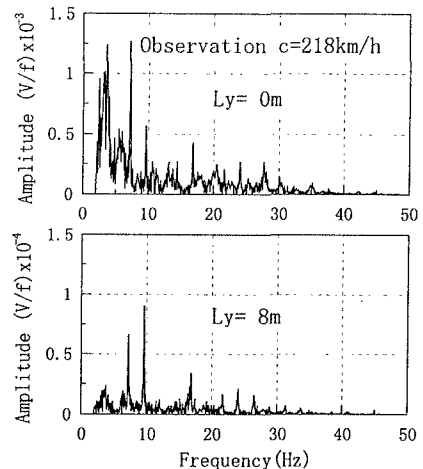


図-3 計測での速度フーリエ振幅

れ、軌道直下 ($L_y=0\text{m}$)では 10Hz 以下に、 10m の位置では 10Hz 近傍にある。これら卓越振動数は、荷重のコンビネーションによって生じる見かけの振動数にほぼ一致している。また、地盤の固有振動数が 8.5Hz であるため、 10m の位置では遮断振動数以下の振幅が落ちている。移動加振においては、移動加振到達前に現れるドップラー効果による振動数での応答が卓越しており、移動载荷に比べて距離減衰が小さいという特徴を示している。計測結果では、移動载荷と同様の傾向が認められ、移動する列車重量の影響が卓越していると考えられる。

(2) 距離減衰 図-4に解析による最大速度応答値と移動線上からの距離との関係を示す。水平距離による最大速度の低減量は同程度であるが、軌道直下での最大速度に対する低減率は移動载荷の方が著しい。

(3) 速度依存性 図-5に最大速度応答値と列車速度との関係を、軌道直下および 3m 地点について示す。いずれの場合も列車速度の上昇に伴って速度応答値が増大している。移動载荷では速度の上昇に連れて滑らかに速度が増加しているのに対して、移動加振では急激に増加しており、特に 3m 地点では 200km/h を境にしてこの傾向が強い。

(4) 計測値との比較 $0,100$ 系と 300 系の最大速度応答値と列車速度との関係を、計測値と比較して図-6に示す。なお、 $0,100$ 系、 300 系の速度は、単位重量当たりの速度に換算して示している。図中に示した α は解析値に乗じた補正值であり、計測値が解析値の何倍に相当するかを示したものである。解析による速度依存の傾向は、計測結果をよく再現できている。しかし、 $\alpha=1.2\sim 3.5$ であり、定量的には十分な精度とは言えない。軌道直下での上り列車と下り列車の計測値がほぼ2倍程度の違いがあるが、軌道から離れた位置では上り・下りの差は少なく、その距離によって α 値が異なる。この原因には、地盤や軌道を含めた列車の加振源のモデル化、あるいは地形等の局所的な影響が考えられる。

4. おわりに 列車走行時の地盤振動の評価に対して、解析的アプローチの可能性を示すことができた。今後、詳細な解析モデルによる種々の計測結果との比較を通して、卓越する波動あるいは加振源モデルに対する検討を行い、定量的に地盤振動を評価する事が今後の課題である。

参考文献

- 1) 竹宮・合田: 移動分布加振源による成層地盤の遷移応答特性, 土木学会論文集投稿中
- 2) 神田他: 列車走行による周辺地盤の振動計測と評価, 第51回土木学会年次学術講演会集, 1996. 9

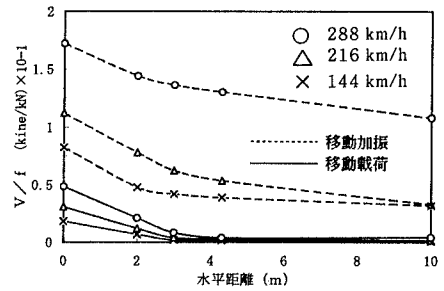


図-4 移動線からの距離による最大速度

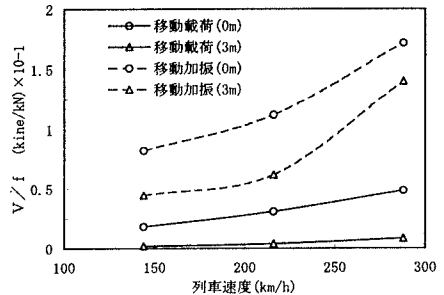


図-5 最大速度と列車速度の関係

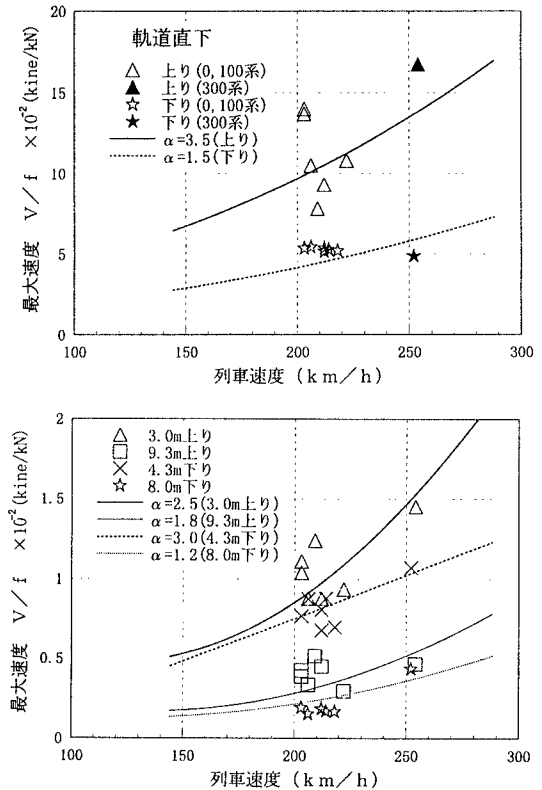


図-6 最大速度による計測値と解析結果の比較