

高速走行時の地盤振動の速度依存性評価法の改良

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○横山 秀史

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 野寄 真徳

1. はじめに

列車走行に伴う沿線の地盤振動は平均的には速度と共に増加する傾向があり、速度依存性の程度は速度べき乗則のべき乗係数で評価することがしばしば行われている。芦谷ら¹⁾は速度域や測定場所による速度べき乗係数の変動の評価法として、列車速度と車両の車軸配置で定まる車軸の繰返し通過スペクトル(図1)のピーク周波数の変化と地盤の相対加速度応答特性のモデル(図2)等に基づく方法を提案した。ここで図2の F_c は表層地盤の平均S波速度 $V_{S0}(m/s)$ と表層厚 $H(m)$ で決まる値で、 $F_c = (V_{S0}/H)^{0.766}$ で求められる。

この手法では速度300km/h程度までの速度域を対象に、8~25Hz付近で卓越する2つのピーク(図3(a))

の F_{m0} および F_{h0} の振動値を代表値として用いた。その後、300km/hを超えるような速度域においてはより周波数の低い2~5Hz付近のピーク(図3(a)の F_{l0})も無視できない場合があることが確認されたことから、筆者らは、このピークも含めた評価法の改良²⁾を提案した。これらの手法は、地盤振動の速度依存性と地盤条件の関係を主な検討対象としており、個別の構造物の動特性の影響などは組込まれていない。

しかし、局所的な振動増大の可能性を含めたより詳細な事前検討のためには、個別構造物の動特性等による速度依存性への影響を含めた評価法が必要と考えられる。そこで本報では、既往の手法に構造物の動特性に起因する加振力伝達特性を追加するための検討結果を述べる。

2. 既往の予評価手法の基本構成^{1) 2)}

標準的な新幹線車両が200~350km/h程度で走行する際の振動には、車軸の繰返し通過効果であらわれる主要なピークが、超低域(2~4Hz)、低域(6.3~12.5Hz)、中域(20~40Hz)、高域(40~80Hz)にある。これらの帯域のうち、高域のピークは、トンネル区間などで卓越する場合がみられるが、明かり区間でみられる振動は通常は超低域~中域が主体と考えられる。既往の手法では、明かり区間を想定し、超低域、低域、中域の3つの帯域を対象とした。速度向上前後の3つの帯域のピークの周波数の変化は、車軸の繰返し通過効果に関する理論モデル(図1)で求めることができる。また、ピークの高さの変化(図3(b))については、車軸の繰返し通過スペクトルのピークの変化(図1)と速度向上前後の周波数(F_{l0}, F_{m0}, F_{h0})→(F_l, F_m, F_h)における地盤の加速度応答(図2)の差に基づいて基本的な評価を行う。ただし、軌道不整等に起因する振動の変化や、地盤の硬軟と振動の大きさに関

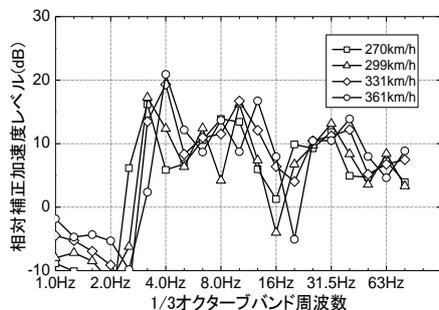


図1 車軸の繰返し通過スペクトル

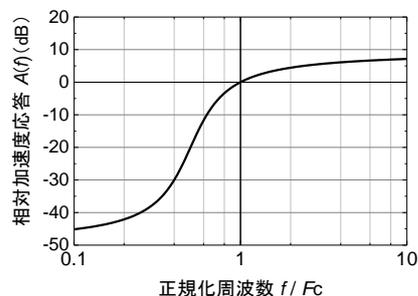
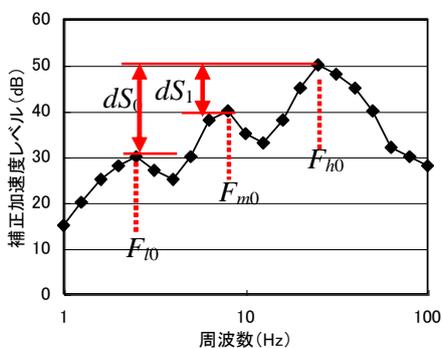
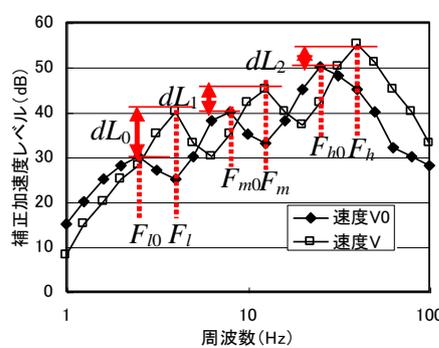


図2 地盤の相対加速度応答特性のモデル



(a)速度向上前のスペクトル



(b)速度向上にともなうスペクトル変化

図3 速度向上にともなうスペクトル変化の概念図

キーワード 地盤振動、速度向上、簡易モデル、速度依存性

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町2-8-38 TEL042-573-7265

する統計的な傾向などをモデルに反映させるため、一部のパラメータを過去の実測データから統計的に求めている。

3. 評価手法への構造物特性の組み込み

野寄ら³⁾は、特に低周波数帯域の振動増加について、加振力そのものの増大よりも、構造物の振動特性による影響が大きい場合があることを示している。そこで文献2)の評価手法に、構造物・地盤系の固有振動数付近を取り扱えるような加振力伝達系モデルを追加することを試みた。入力パラメータとして、構造物の固有振動数と減衰、各モードの相対強度を選定した。各モードの加振力伝達特性はなるべく簡易な近似式で表現することとした。1自由度系の加振力伝達率は固有周波数 f_0 よりも高周波数側で低下するが、実際の構造物では多数のモードがあり、1自由度系の場合のような遮断特性は表れにくいと考えられる。本手法ではなるべく少数のモードで加振力伝達系をモデル化するため、1自由度系の理論伝達特性の組み合わせでは無く、図4に示すコサインベル型のパルスを用いてモデル化した。

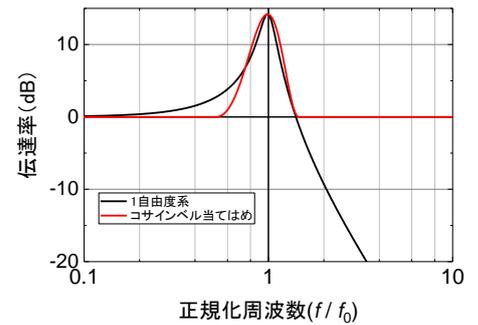


図4 コサインベル型パルスによる近似

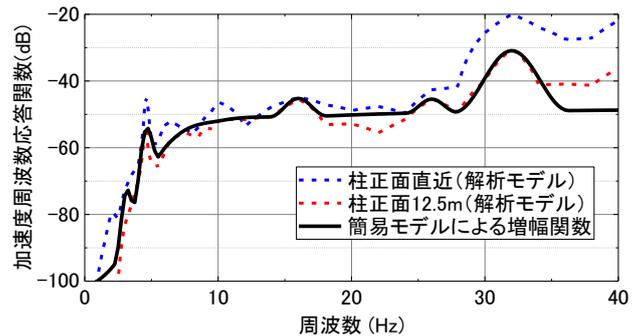


図5 評価手法に組み込んだ構造物・地盤系の相対加速度応答特性のモデル

このようにして作成した構造物の加振力伝達特性と図2に示す地盤の相対加速度応答特性を組合わせて作成した、構造物・地盤系の相対加速度応答特性モデルの例を図5に示す。対象は文献3)の解析モデルであり、破線が解析モデルで求めた平均の周波数応答関数である。地盤については表面波探査等で推定した現地測定箇所のS波速度構造から表層の平均S波速度 V_{s0} と表層厚 H を求め、図2の F_c を設定した。構造物については、解析モデルの周波数応答関数に表れた各ピークに対して図4のコサインベルを当てはめてモデル化した。

図5の相対加速度応答特性を組み込んで作成した評価法を用いて、文献3)の箇所における地盤振動の増加量を試算した。過去の報告^{1),2)}において特異な傾向がみられた超低域(280km/hでは3Hz、360km/hでは4Hz)の振動に着目し、改良モデルによる試算結果と文献2)のモデル(当初モデル)の計算結果を、280km/hから400km/hまでの広い速度域について比較した。その結果、当初モデルでは、検討した速度域全域で速度の対数にほぼ比例する形で振動が増加するという結果であったのに対し、構造物の応答特性を組み込んだ改良モデルでは、速度による速度べき乗係数の変動^{1),2)}など、既往の測定でしばしばみられた現象が再現された。このことから、局所的な振動増大の可能性を含めた事前検討が必要な場合には、個別構造物の動特性等による速度依存性への影響を含めた本報での評価法の適用が可能と考えられる。

4. まとめ

高速走行時の地盤振動の速度依存性評価に関する既往の評価法に、構造物の動特性に起因する加振力伝達特性の影響を組み込むための改良を行い、改良後の評価法の適用性を確認した。今後、構造物の応答特性を簡易に評価し、改良後の評価法に組み込むための検討を行う。

参考文献

- 1) 芦谷・吉岡：高速走行時の地盤振動評価法、鉄道総研報告、Vol.8、No.6、1994
- 2) 横山ら：新幹線高速走行時の地盤振動特性と速度依存性評価法、鉄道総研報告、Vol.20、No.1、2006
- 3) 野寄ら：高速走行時の低周波帯域の地盤振動の現象解明、第74回土木学会年次学術講演会講演概要集(投稿中)、2019