

鉄道高架橋の横振動性状と走行性に関する解析

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松本 信之
鉄道総合技術研究所 正会員 曾我部 正道
鉄道総合技術研究所 正会員 涌井 一

1．はじめに

車両と構造物との動的相互作用解析プログラムを用いて、地震動による構造物上の車両走行性について検討を行った。構造物の固有振動数、減衰性、非線形性の違いによる影響について簡単な比較を行った結果を示す。

2．解析方法

解析には図 1 に示すような鉄道車両と構造物との動的相互作用解析プログラム（DIASTARS）を用いた。ただし、今回の解析では、プログラムの改良を行い、車輪のレールからの浮上り、構造要素の履歴非線形性（標準トリリニア形）および車両内の車体・台車間のストッパーのマルチリニア非線形性などを考慮している。

車両モデルは、軽量の新幹線車両の諸元を参考にして車体質量、結合バネ定数などを定めた。主な数値を表 1 に示す。車輪モデルの形状は、円錐踏面に鉛直フランジがついたものを用いている。また、車輪レール間の作用力としては、水平方向には転がり摩擦力（クリープ力）、鉛直方向にはヘルツの接触力を考慮している。走行速度は 260km/h とした。

構造モデルは、高さが 8m 程度の高架橋を想定し、図 2 に示すように上部構造を梁要素とし、下部構造を結合バネ要素（標準トリリニアモデル）としてモデル化したものを用いた。

検討対象構造として、ラーメン高架橋モデル（以下、モデル R）とダンパー・ブレースなど制振機能を有する剛性補強を行った下部構造と軽量上部構造との組み合わせによる高架橋モデル（以下、モデル D）とし、これらの応答性状を比較するため、構造諸元については、表 2 に示すように定めた。それぞれの下部構造モデルの水平震度と変位との関係を図 3 に示す。

構造モデルの基礎部に入力する地震動としては、鉄道設計標準（耐震設計）に示されている構造物の機能維持について照査をするために示されている L1 地震動適合波（G3 地盤用）の主要動を含む 40 秒間の波形を用い、構造モデル全体を同位相で加振した。また、この振幅のみを伸張して加振をした。

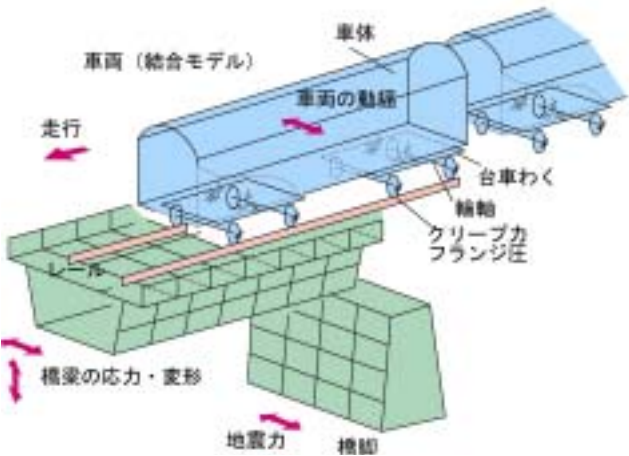


図 1 車両と構造物との動的相互作用プログラムの概念図

表 1 車両モデルの主な諸元

名 称	記号	単位	数値
半車体質量	m	t	16.0
台車枠質量	m_T	t	3.04
輪軸質量	m_W	t	1.78
左右枕バネ定数	K_2	kN/m	177
同減衰係数	C_2	kN・s/m	39.2

上部構造モデル（梁要素）

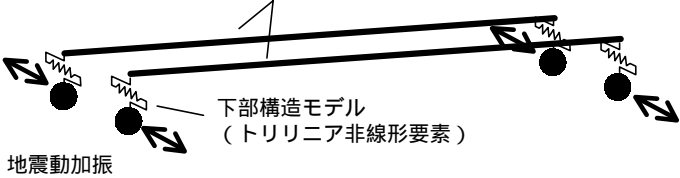


図 2 構造モデル

表 2 構造モデルの主な諸元

項 目	モデルR	モデルD
ダンパー降伏震度	-	0.35
ダンパー降伏変位	-	0.5 cm
柱降伏震度	0.40	0.55
柱降伏変位	5.0 cm	5.0 cm
柱第 2 降伏震度	0.56	-
柱第 2 降伏変位	15 cm	-
モード減衰比	0.05	0.20
固有振動数(Hz)	1.41	2.73

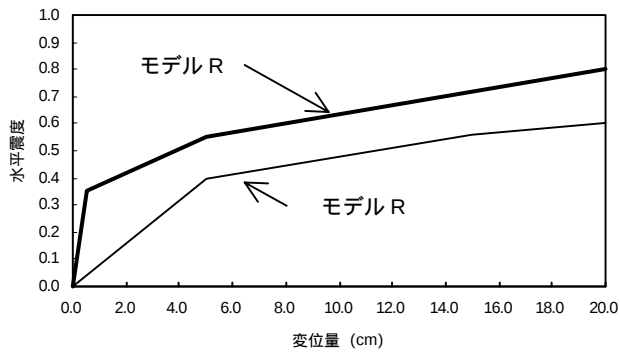


図 3 下部構造モデルの震度と変位との関係

3．解析結果

L1 地震動適合波を図 2 に示した構造モデルの基礎部に入力したときの橋軸直角方向の上部構造応答変位の時刻歴波形を図 4 に、車両の横圧輪重比を図 5 に示す。モデルRは固有振動数が低いため、応答変位の振幅は大きく緩やかである。一方、モデルDは、応答変位の最大振幅はモデルRの 1/6 以下で高振動数成分の卓越した応答である。この場合、いずれの構造物の応答も線形に留まり、車輪の横圧輪重比も

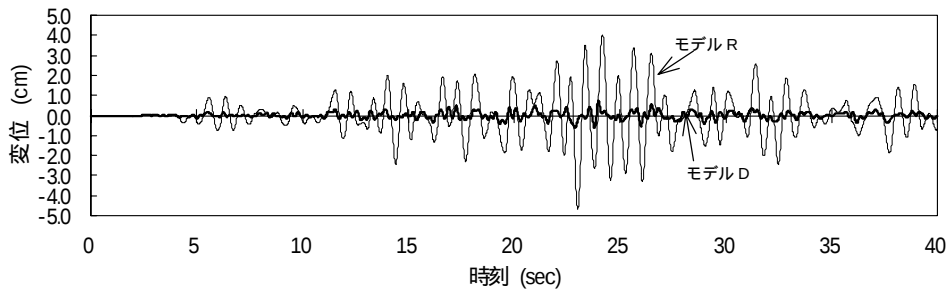


図 4 上部構造の水平応答変位

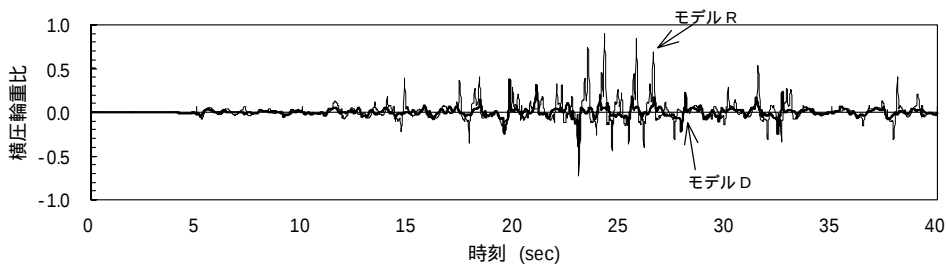


図 5 車両の横圧輪重比

通常走行において目安値としている 0.8 以内に留まる。

次に、入力加速度の振幅を設計レベル（原波）より徐々に増加させた場合の応答について検討した。図 6 に車輪上昇量の変化を示す。これより、モデルRでは入力加振振幅が原波の 1.3 倍程度となると車輪がレールから 0.1 秒間ほど浮き上がる現象が生じはじめ、入力加振振幅に応じて上昇量と浮上り時間が増加する。入力加振振幅が原波の 2 倍程度となると車輪フランジの高さ(30mm)を超える程度までとなる。一方、モデルDでは入力加振振幅が原波の 2.2 倍に至るまで車輪がレールから浮き上がらない。また、入力加振振幅が原波の 3 倍になっても車輪フランジ高さまでには至らないことが得られた。

4．まとめ

車両と構造物との動的相互作用解析プログラムを用い、横振動に対する構造物上の車両走行性の検討を行い、高固有振動数、高減衰構造が大きな加振に対して有利となることを示した。

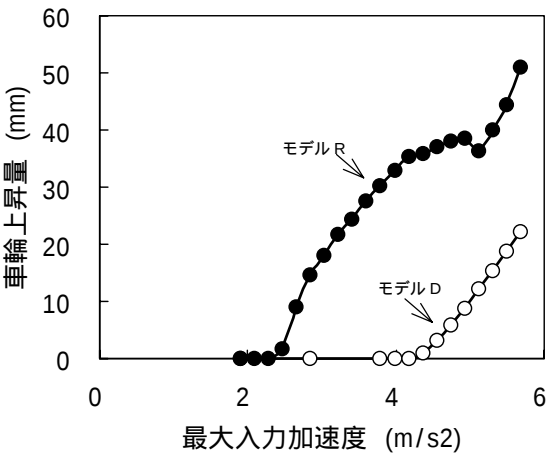


図 6 入力加速度の大きさと車輪上昇量との関係