

付属資料 1 車両挙動解析に用いる 1 自由度系 構造物モデルの妥当性の検証

1. はじめに

新潟県中越地震に関する列車走行性の検討では、構造物を 1 自由度系モデルに置換して算定される構造物天端の地震応答波形を用いて車両挙動解析を行っている。現在、鉄道構造物の耐震設計では、一般的な諸元を有する橋梁および高架橋は、1 自由度系にモデル化して、動的応答を算定することが多い。本報告で検討対象としている橋梁・高架橋も 1 次振動モードが卓越する構造形式であり、1 自由度系による評価で十分であると考えられるものの、列車の走行性への影響という観点から、構造物全体をモデル化した多自由度系モデルによる解析と比較することにより解析の妥当性を検討することとした。解析対象は十日町 BLR3 ラーメンとした。

2. 解析方法

対象構造物を、地盤一構造物を詳細にモデル化した多自由度系モデルにより評価した場合と、これらを 1 自由度系モデルに置換して評価した場合について、両者の構造物天端の波形を算出し、これによる車両挙動解析を実施した。

2.1 多自由度系モデル

(1) 解析モデル

上部構造一基礎構造一体の平面骨組みモデルとした(図 1 参照)。地盤と基礎との相互作用は地盤ばねにより考慮され、部材、地盤等のモデル化の方法は、耐震設計標準に示されている規定によった。減衰は各部材及びばねに対して入力するが、1 次振動モードに対する減衰定数に換算して 5%程度とし、1 自由度系との整合を図った。

(2) 地盤条件

ボーリング調査結果に基づき定めた。 $\alpha_f=1.0$ とする。

(3) 荷重条件

(a) 荷重の組合せ

固定死荷重、および付加死荷重を考慮した。

列車荷重は考慮していない。

(b) 荷重の特性値

RC標準等による。

(4) 材料条件

材料試験結果を用いることとする。

コンクリートの圧縮強度 f_{ck} : 33 N/mm²

鉄筋の降伏強度 (SD345) f_{sy} : 370 N/mm²

材料係数 γ_c, γ_s : 1.0

材料修正係数 ρ_m : 1.0

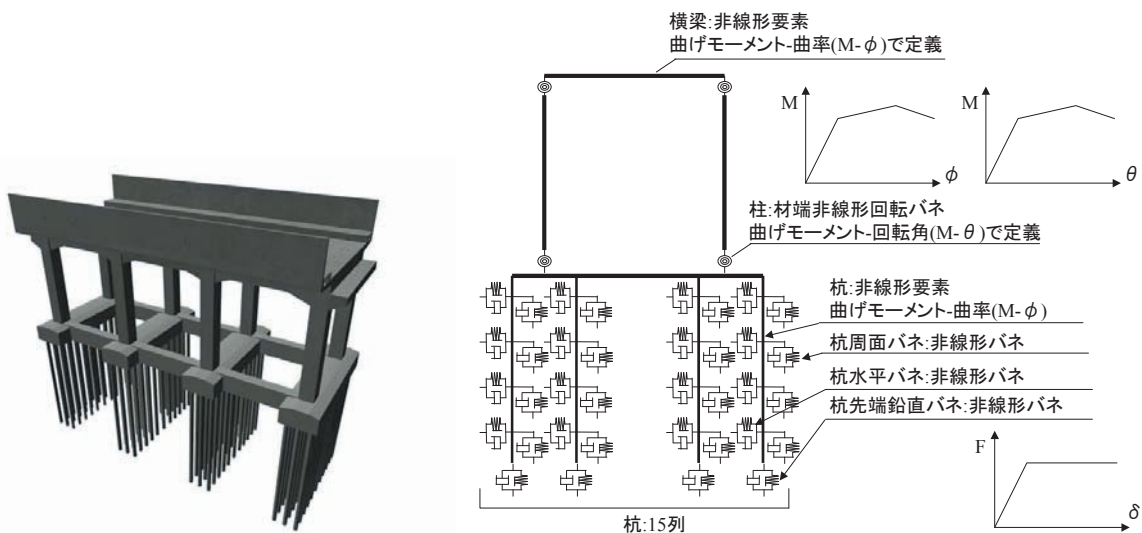


図 1 多自由度系モデル

(5) 地震動入力方法

地表面地震波 JN1 波を基礎に一様入力した。

2.2 1自由度系モデルについて

図2に1自由度系モデルの概念図を示す。図1に示す多自由度系モデルに対して、プッシュ・オーバー解析（構造物に地震時慣性力に相当する水平荷重を徐々に载荷して、構造物の破壊プロセスを評価する手法。静的非線形解析の一つ）を実施し、構造物全体としての荷重と変位の関係を求める。この結果から、等価な剛性及び履歴モデルを設定し、1自由度系の復元力特性とする。減衰定数は5%とした。

3. 解析結果

3.1 構造物の動的非線形解析

動的非線形解析結果の例を図3、図4に示す。構造物の応答波形では、1自由度系と多自由度系は、全体として概ねよい一致をみている。周波数特性では、多自由度系の場合、共振成分が分散することから、1.6Hz 前後の構造物の応答のピークが鈍くなる傾向が見られる。また、多自由度系では、ひび割れ前までは全断面の剛性が寄与するためピークが1自由度系に比べやや高い周波数にシフトしている。

3.2 車両の挙動解析

前節で求めた構造物の応答変位波形を車輪への入力波とした場合の車両の挙動解析を行った。この解析結果を表1に示す。車輪上昇量の最大値は、1自由度系モデルによるものと、多自由度系モデルによるものと同程度であった。

表1 車両の挙動解析

モデル	車輪上昇量
1自由度系モデル	47mm
多自由度系モデル	43mm

4. まとめ

列車走行性の観点から、1自由度系モデルの妥当性について、構造物全体をモデル化した多自由度系モデルによる解析と比較して検討した。その結果、両者で構造物の応答及び車輪上昇量は同程度であり、1自由度系モデルでも、多自由度系モデルと同程度の車両挙動解析の精度が得られることが分かった。

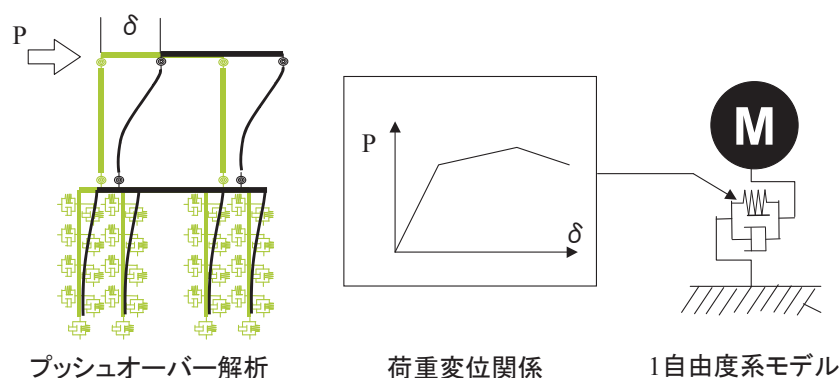
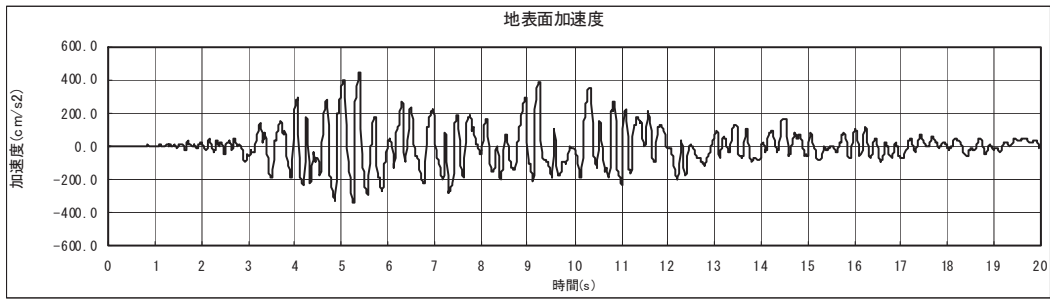
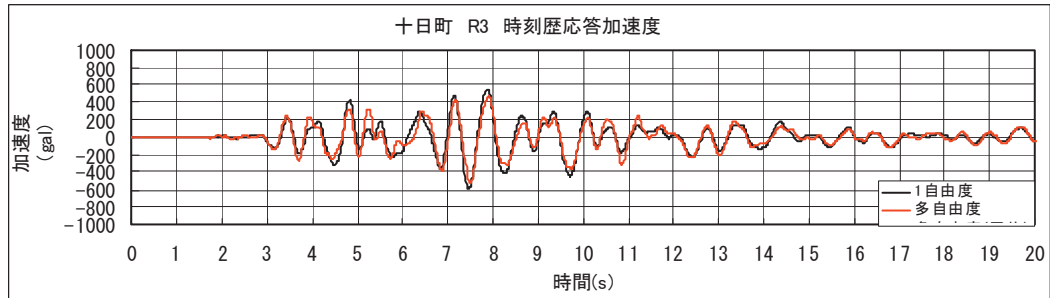


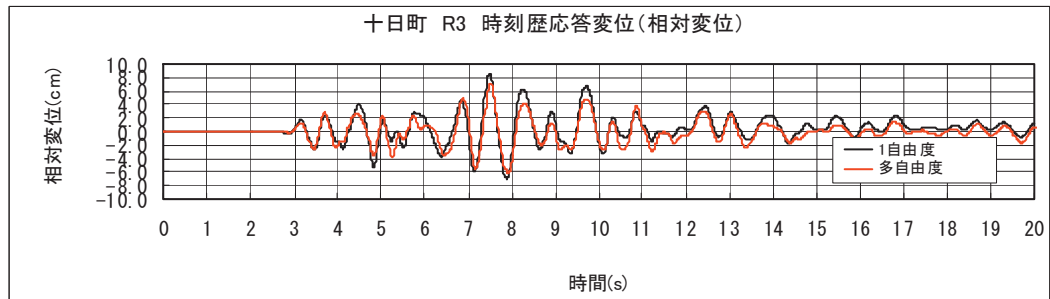
図2 1自由度系モデル



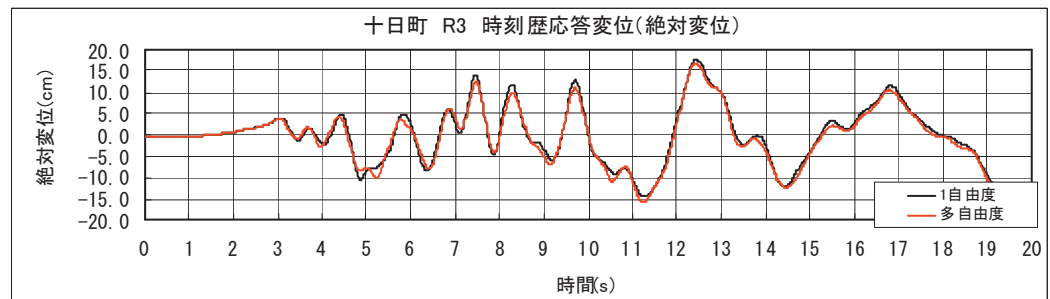
(a) 入力地震動



(b) R3 ラーメン 応答加速度

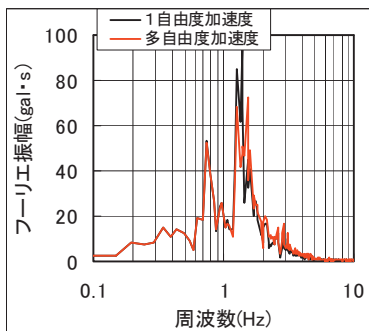


(c) R3 ラーメン 応答相対変位

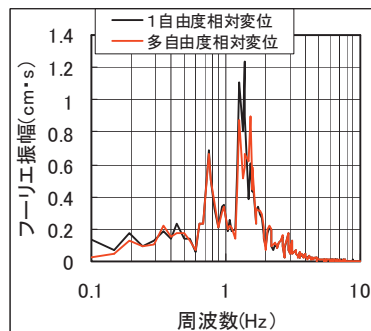


(d) R3 ラーメン 応答絶対変位

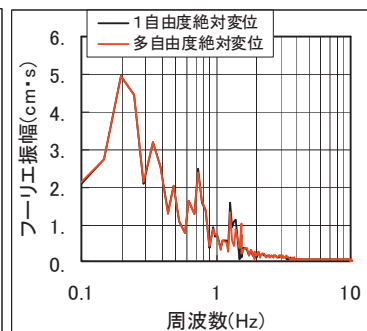
図3 R3 ラーメン 時刻歴応答波形



(a) 加速度



(b) 相対変位



(c) 絶対変位

図4 R3 ラーメン フーリエスペクトル