神戸大学大学院	フェロー	川谷	充郎	北海道大学大学院	正会員	何	興文
神戸大学大学院	学生員	橋本	圭史	神戸大学大学院	学生員	○松本	修平

1. はじめに 近年,新幹線車両の軽量化および高速化が進む 中,高架橋を走行中に地震が発生する場合の列車走行安全性お よび構造物の耐震性能評価は喫緊な検討課題となっている<sup>1)</sup>. 本研究では,大規模地震時に高架橋は複雑な非線形挙動を示す ことから,有限要素車両モデル化を構築し非線形動的解析を行 い,大地震時における橋梁-車両連成系の動的応答を検討する. まず,構築した有限要素車両モデルとこれまで用いた質点-ば ね振動系車両モデル<sup>1)</sup>との違いによる高架橋線形地震応答への 影響を検証し,車両の走行安全性について評価する.そして, 汎用解析ソフト MIDAS を用いて非線形解析を行い,車両が高 架橋の地震応答に及ぼす影響について検討する.

**2.解析モデル 2.1.橋梁モデル** 対象とする橋梁モデルを Fig.1 に示す. 高速鉄道における一般的な鉄筋コンクリートのラーメン高架橋とし. 橋長 24m, 幅 6.9m, 高さ 6.4m で, 節点数 262, 要素数 341 のすべて梁要素でモデル化している.

**2.2.車両モデル** 車両は 300 系新幹線車両とし,これまでの質 点 - ばね振動系モデル<sup>1)</sup>と有限要素モデルの 2 種類を用いる. 有限要素車両モデルは **Fig.2** に示す通り 46 節点, 35 要素でモ デル化し,白丸に二重節点を設けばねを考慮する.

3.線形地震応答解析 以下の5ケースに分けて線形地震応答解析 を行う.

Case (A) Only bridge: 橋梁モデルのみで車両を考慮しない

- Case (B) With mass: 車両を質量として橋梁モデルの節点に停止 位置に応じて振り分けて付加させる
- Case (C) FEM Train model: 有限要素車両モデルを橋梁モデル 上に停車状態で載荷する.

Case (D) Train standing: 従来の質点 - ばね振動系車両モデルを停車状態で載荷する.

Case (E) Train running: 質点 - ばね振動系車両モデルを 270km/h の走行状態で載荷する.

入力する地震波は,鉄道構造物等設計標準で定められた G3 地盤(普通地盤)の Level 1 地震動である.(Fig.3 参照) EW 成分を橋軸直角方向に入力する.また,脱線係数による車両走行安全性を評価するために,水平方向振幅の半分大きさの地震動を,鉛直方向にも入力する.モード解析法を用いて解析を行い,ケースにより考慮するモード次数が異なるが,固有振動数が約 100Hz まで考慮されるようにモード次数を決める.積分時間間隔△t=0.001s とする.



Fig.1 橋梁モデル



Fig.2 有限要素車両モデル



**Fig.3** G3 地盤 Level 1 設計地震動(EW 成分)



**Fig.4** G3 地盤 Level 2 スペクトル I 設計地震動





で除したもので一般的に 0.8 を超えると脱線の危険性があると言われている. Fig.5(E)の場合に対応する脱線係数の時刻歴結果を Fig.6 に示す. 0.8 を一度も超えず,走行安全性に問題がないことがわかる.

<u>5.3.非線形解析結果</u> Fig.7 に Level 2 地震動を入力した非線形地震応答解析結果を示す. (A) Only bridge と(B) With mass を比較すると、車両を付加質量とした場合のほうが、加速度が小さくなっている. これは  $M - \phi$  履

歴ループの描く面積が、With mass のほう が大きいため、塑性変形によって失われる 消散エネルギーが多くなり、結果的に加速 度が小さくなったと考えられる.一方、 With mass のほうが残留変位が大きく、橋 脚の損傷程度がもっとも深刻であること が分かる.(A) Only bridge と(C) FEM Train model を比較すると、加速度 RMS 値が僅 かに減少し、大きな差は見られなかったが、 車両のダンパー作用により橋脚の残留変 位が著しく減少したことが確認できる. Level 2 地震動による非線形解析の場合、 Level 1 地震動に同様車両が高架橋の地震 応答に与える影響が大きいと言える.

参考文献 1) 川谷充郎,何興文,山崎基記: 鉄道高架橋地震応答における列車荷重の動 的影響評価,鋼構造年次論文報告集, Vol.17, pp. 451-458, 2009.11.



50

脱線係数