高速鉄道高架橋の非線形地震応答に及ぼす車両質量の影響

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,鉄道高架橋を走行中に地震が 発生する場合の応答特性,車両走行安定性およ び構造物の耐震性能は重要な検討課題である. 既往の研究においてレベル1地震動では振動系 車両は高架橋の応答を抑制することを示してい る¹⁾.レベル2の大規模地震時には高架橋は非 線形挙動を示す.そこで本研究では,汎用解析 ソフト MIDAS を用いて鉄道高架橋の非線形地 震応答解析を行い,車両質量の有無,地震波の 違いによる結果を比較検討する.

2.非線形地震応答解析 2.1.高架橋モデル

 Fig.1 に高架橋の有限要素モデルを示す. 節点数

 は 262 で,橋脚下端の支持条件は固定で

 ある.橋梁の固有値解析結果(1 次~5 次)

 を Table 1 に示す.

 2.2.入力地震波

 入力地震波は鉄道構造

2.2.入力地震波 入力地震波は鉄道構造 物等設計標準・同解説²⁾に示されている ものから Fig.2 に示す4種類の設計地震 波とする. Fig.2 には地震波の加速度波 形,加速度応答スペクトル,変位応答ス ペクトル (図中の数値は車両無視の場合 および付加質量として考慮するときの 橋軸直角方向の水平一次固有周期)を示 す.

2.3.解析条件 積分時間間隔⊿t=0.01sec で直接積分法により 応答を求める.レベル1地震動では線形解析,レベル2地震 動では非線形解析を行う.また,地震荷重は橋軸直角水平方 向のみに作用させる.

Acceleration(Gal)

200

10

-100

-200

2.4.復元カモデル 非線形解析において,橋梁モデルの RC 橋 脚部分の要素に Fig.3 に示すバイリニア型の復元力特性を考 慮する.降伏モーメント Myの値は事前に計算して入力する必 要があり,既往研究³⁾より数値を引用している.なお,終局モ ーメント M_pは設定していない.



Table 1 Periods of bridge models



(d)レベル2(L2)_Spc II _G5(軟弱地盤) Fig.2 Ground motions

キーワード 高速鉄道高架橋,有限要素モデル,設計地震波,非線形地震応答解析,汎用解析ソフト 連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 Phone078-803-6383 3.解析結果 3.1.質量効果の影響 レベル1 地震動による水平加速度,変位応答 (Fig.1 の Point 1)を Fig.4 に示す. 車両を付加質量として考慮するとき, Fig.4 の G3 地盤の結果において加速度応答ではほとんど影響がないが、変位応答は増加 することが確認できる. これらは Fig.2 の地震波の応答スペクトル特性とほぼ一 致する結果となっており、車両質量による固有周期の違いによるものである.ま

た, Fig.5 の G3 地盤の結果においては車両質量を考慮することによ

って,加速度応答は減少し振動抑制効果があることが分かる. これは, Fig.5 (3)の Right 1 pier 基部の履歴曲線より車両質量 を考慮する方が履歴ループの面積が大きくなりエネルギーの 消散効果が大きくなるためであると考えられる.そして,変 位応答では非線形を考慮することで橋脚が塑性化し残留変位 が発生する.また車両質量を考慮することで残留変位は小さ くなるが、変位振幅は増加する傾向があることが確認できる. 3.2.地震動特性の影響 Fig.4,5の車両質量を考慮するときの 結果を比較するとレベル1では加速度応答,変位応答ともに G5 地盤の結果の方が増加しているが、レベル2では応答が減 少傾向にあることが確認できる.一方, G6 地盤の結果におい て、レベル1ではG3地盤より応答が減少傾向にある結果が出 ている⁴⁾. このことは設計地震波における地盤の固有周期が G5 地盤では 0.75~1.0sec, G6 地盤では 1.0~1.5sec となってお り地震動の特徴が異なっているためであると考えられる.

4.まとめ レベル1 地震動では、車両質量を考慮すると構造系 の固有周期が変わるため応答に影響がある.一方,レベル2

Acceleration(Gal)

1000

500

-50

-1000+0

1000

500

-500

-1000

1000

500

-500

-1000

Acceleration(Gal)

Acceleration(Gal)

地震動では加速度応答は減少し振 動抑制効果があり,変位応答は大き

くなる.また地盤の違いによる地震 動特性の違いから橋梁の応答に影

響が見られることが分かる.

<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.

2)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設 計標準·同解説 耐震設計, 丸善株式会 社, 1999.

3)山口 将,川谷 充郎,何 興文,西山 誠 治,品川 恒平:高速鉄道高架橋と走行 列車の連成解析による耐震性能評価,土 木学会関西支部年次学術講演会, I-12, 2007.5

4)松本 修平, 川谷 充郎, 何 興文, 橋 本 圭史:車両質量考慮による高速鉄道 高架橋の非線形地震応答特性,土木学会 関西支部年次学術講演会, 2013.6.



Fig.3 Hysteric model of M- ϕ by bi-linear



-336-