車両間連結の橋梁-列車連成系地震応答への影響

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	山崎	基記	神戸大学大学院	学生員	〇糸尾	誠一郎

<u>1. はじめに</u>

著者らはこれまでの一連の研究において,高速鉄道高架橋の列車走行時の振動解析手法を確立し,橋梁と 列車連成系の振動特性を解明してきた.さらに,高架橋 - 列車連成系の線形地震応答解析手法も構築し,地 震動の特性に応じて連成系の挙動が非常に複雑になることを示してきた^{1),2)}.これまでの列車モデルでは影 響が小さい理由により,車両間の連結を考慮していない.しかし,大地震時の橋梁一走行列車連成系の相互 作用を検討するには車両間の相対運動も考慮する必要があると考えられる.本論文では,車両連結を考慮し た橋梁 - 列車連成系地震応答解析への影響を検討する.

2. 車両間連結を考慮した橋梁---走行列車地震応答

<u>解析 2.1 解析手法</u>

高架橋を三次元有限要素でモデル化し,列車は 15 自由度質点-ばね振動系モデルとする.橋梁の振動 方程式にモード解析法を適用し,車両との連成振動 を定式化¹⁾し,Newmark-β逐次積分法により動的応答 を求める.



<u>2.2 橋梁モデル</u>

対象橋梁は RC ラーメン高架橋の三連(72 m)とし、レール構造と共に Fig.1 に示すよう に、全て一節点 6 自由度を有する三次元は り要素でモデル化する.地盤での境界条件 について、実測に基づく地盤ばねを考慮す る. 橋梁の減衰はレイリー減衰を用い、1 次と 2 次振動モードに対して減衰定数を 0.05 とする. Fig.1 Bridge model



Fig. 2 15 DOF train model with connections



キーワード:高速鉄道高架橋,地震応答解析,連成振動解析,車両連結 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 PHONE:078-803-6383



2.3 列車モデル

車両一両について、車体および前後台車の鉛直、水平、各軸回りの回転運動を考慮する15自由度振動系にモデル 化する(Fig.2 参照).

<u>2.4 入力地震波</u>

入力地震波は K-net による観測地震波から G1 地盤条件に応じた 1 波(G1-I), G4 地盤条件で 3 波(G4-Ⅱ, G4-Ⅲ, G4-Ⅲ, G4-Ⅳ)を用いる. Fig.3 に地震動の時刻歴波形を示す.

<u>2.4 解析ケース</u>

列車(16 両編成, 270km/h)が 75m の助走を経て対象橋を通過する際の連成振動解析を行い, 15-16 両間の車体 連結端部の相対変位を特に着目する. 解析時間は 10 秒とするが, 結果については最後尾車両が高架橋を通過 する 1.3 秒間に着目する. 連結ばねの定数については, 参考文献 ³⁾による数値を基準にばね定数を変化させ た 3 ケース(Case 1 (k=0.0kN/m, c=0.0kNs/m), Case 2 (k=1000.0kN/m, c=0.5kNs/m), Case 5, (k=3000.0kN/m, c=0.5kNs/m))を設定し解析を行う.

<u>3 解析結果および考察</u>

15両目と16両目の車体連結端部相対変位の水平成分をFig.4に示す.地震波の異なるケースを比較すると, 15-16 車両連結部の相対変位は、水平方向で地震波の影響が強いため、それぞれ複雑な波形となっている. 同一地震波で各解析ケースを比較すると、連結を考慮すれば変化を確認できるが、水平方向は複雑な挙動を 示し、大地震時連結考慮の必要性を示唆している.

参考文献

1) X. He, M. Kawatani, R.Sobukawa and S. Nishiyama: Dynamic Response Analysis of Shinkansen Train-Bridge Interaction System Subjected to Seismic Load, Proc. of 4th International Conference on Current and Future Trends in Bridge Design, Construction and Maintenance, pp.1-12, CD-ROM, 2005.

- 2) 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 第17 巻, pp. 451-458, 2009.11.
- 3) 松本信之・田辺誠・涌井一・曽我部正道:非線形応答を考慮した鉄道車両と構造物との連成応答解析法に関する研究, 土木学会論文集 A Vol. 63, No. 3, pp.533-551, 2007. 7.