

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎
 神戸大学大学院 学生会員 ○横山 晋矢

京都大学大学院

正 会 員

金 哲佑

1. 序論 現行の道路橋耐震規定では自動車荷重との組合せは考慮されていない。しかし、近年、都市部高速道路では慢性的な交通渋滞が発生しており、その実態を考慮すると地震時に車両が載荷されている場合の検討も必要と考える¹⁾。本研究では、レベル 1, 2 地震作用下における橋梁-車両連成系の地震応答特性について検討する。対象橋梁は都市部高速道路で用いられ、湾曲する構造や支承の配置方向などの影響により動的応答が複雑となる曲線桁高架橋とする。

2. 曲線桁高架橋-車両連成系の地震応答解析 **2.1 橋梁モデル** 橋梁モデルは林川らの論文²⁾より、2 径間連続曲線桁高架橋とする(Fig.1)。上部構造は橋長 80m、主桁曲率半径 100m、総重量 6,815kN の鋼 I 型断面 3 主桁とする。橋梁左右端を結ぶ方向を X 方向、その方向に水平直角方向を Y 方向、鉛直方向を Z 方向とし、可動支承の可動方向は X 方向とする。橋脚は高さ 20m の正方形箱型断面を有する鋼製橋脚とし、橋脚の基礎は十分に剛で、固定とする。隣接径間の影響を考慮するために、左端と右端の橋脚天端に隣接径間の上部工質量の半分を付加する。線形解析はモード法を用い、モード次数は車両載荷ケースにより異なるが X, Y, Z 方向の有効質量比のそれぞれの合計が 90%以上となるモード次数まで考慮する。非線形解析は直接積分法を用い、降伏モーメントを $0.85 \times 10^5 (\text{kN} \cdot \text{m})$ 、剛性低下率を 0.01 とするバイリニア型の M- ϕ 関係を橋脚に与える。減衰はレイリー減衰、1 次と 2 次のモードに対する減衰定数は 0.05 とし、線形・非線形解析ともに積分時間間隔は 0.001sec とする。

2.2 車両モデル 大型ダンプトラック(20t)を有限要素により振動系車両としてモデル化する(Fig.2)。車両の載荷状態は Case-1：車両無載荷、Case-2：付加質量系車両(橋梁に 10 台分の質量を付加)、Case-3：振動系車両停車(10 台停車)とする。車両を載荷させる場合、渋滞を想定し、車両満載状態となる 10 台分載荷させる。車頭間隔 8m、載荷位置は幅員中央(Fig.3)とする。

2.3 地震波 地震波は道路橋示方書³⁾に規定されているレベル 1, 2 地震動の II 種地盤の振幅調整波とし、加速度応答スペク

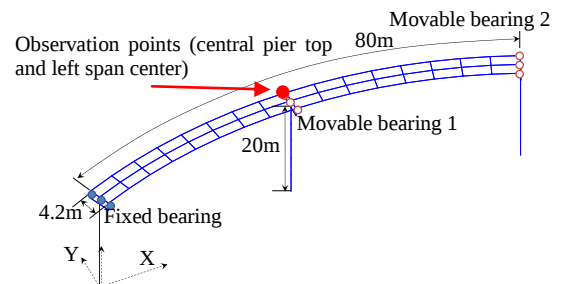


Fig. 1 2-span curved highway viaduct

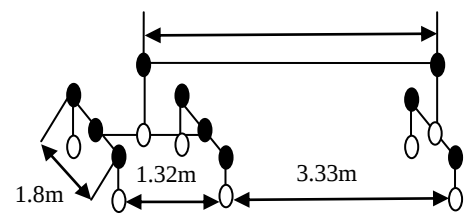


Fig. 2 Vehicle model

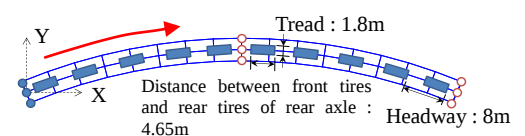


Fig. 3 Traffic loads on viaduct

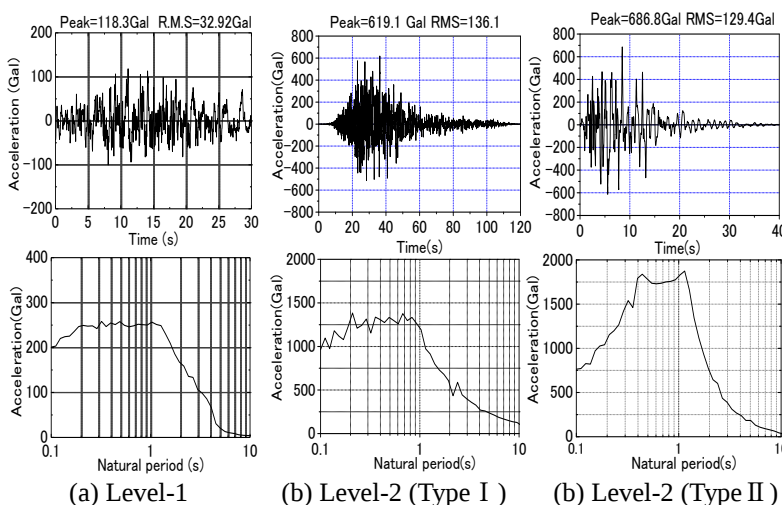


Fig. 4 Ground motions in JRA code (Level-1,2) and seismic response spectra of acceleration: moderate soil site (Group-II)

トルと共に Fig. 4 に示す。また、レベル 2 地震においてはタイプ I (プレート境界型)およびタイプ II (内陸直下型)の 2 ケース用いる。地震波入力方向は Y 方向および Z 方向(水平成分の半分の大きさ)とする。

3 線形地震応答解析結果 それぞれの車両載荷状態における中央橋脚天端 Y 方向加速度を Fig.5 に示す。Only bridge (Fig.5(a)) と比較し Vehicles as additional (Fig.5(b)) の応答に大きな変化は見られないが、Vehicles stopping (Fig.5(c)) では応答が低減する結果となる。

4. 非線形地震応答解析結果 Fig.6 にレベル 2 地震 (タイプ I) ,各車両載荷状態における Y 方向加速度と変位(中央橋脚天端)および M- ϕ 履歴曲線(中央橋脚基部)を示す。全ての車両載荷状態で残留変位および履歴ループが確認でき、橋脚に損傷が生じていることが分かる。また、(a)Only bridge, (b)Vehicles as additional, (c)Vehicles stopping の順で加速度は減少している。レベル 2 地震(タイプ II)においても加速度の減少割合に違いが見られるが同様の傾向を確認している。

5. 結論 レベル 1 地震入力時、Only bridge と比較して Vehicles stopping の加速度応答に減少が見られる。これは、車両のダンパー効果により、橋梁の振動が制御されるためだと考えられる。レベル 2 地震入力時では Only bridge と比較して Vehicles as additional および Vehicles stopping で加速度応答は減少する結果となる。これは、Vehicles as additional において履歴ループの面積が増加することによりエネルギー消散効果が大きくなること、また、Vehicles stopping でさらに加速度が減少しているのはダンパー効果による影響だと考えられる。

【参考文献】

- 1) Wibowo, H. , Sanford, D.M. , Buckle, I.G. , and Sanders, D.H.: Effects of Live Load on Seismic Response of Bridges: A Preliminary Study, Civil Engineering Dimension, Vol. 14, No.3, December 2012 (Special Edition), 166-172.
- 2) 林川俊郎, 大嶽敦郎, 中島章典, 佐野雅章: 3 成分大地震動を受ける連続曲線高架橋の非線形応答解析, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.849-858, 1999.3.
- 3) 日本道路橋協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.3.

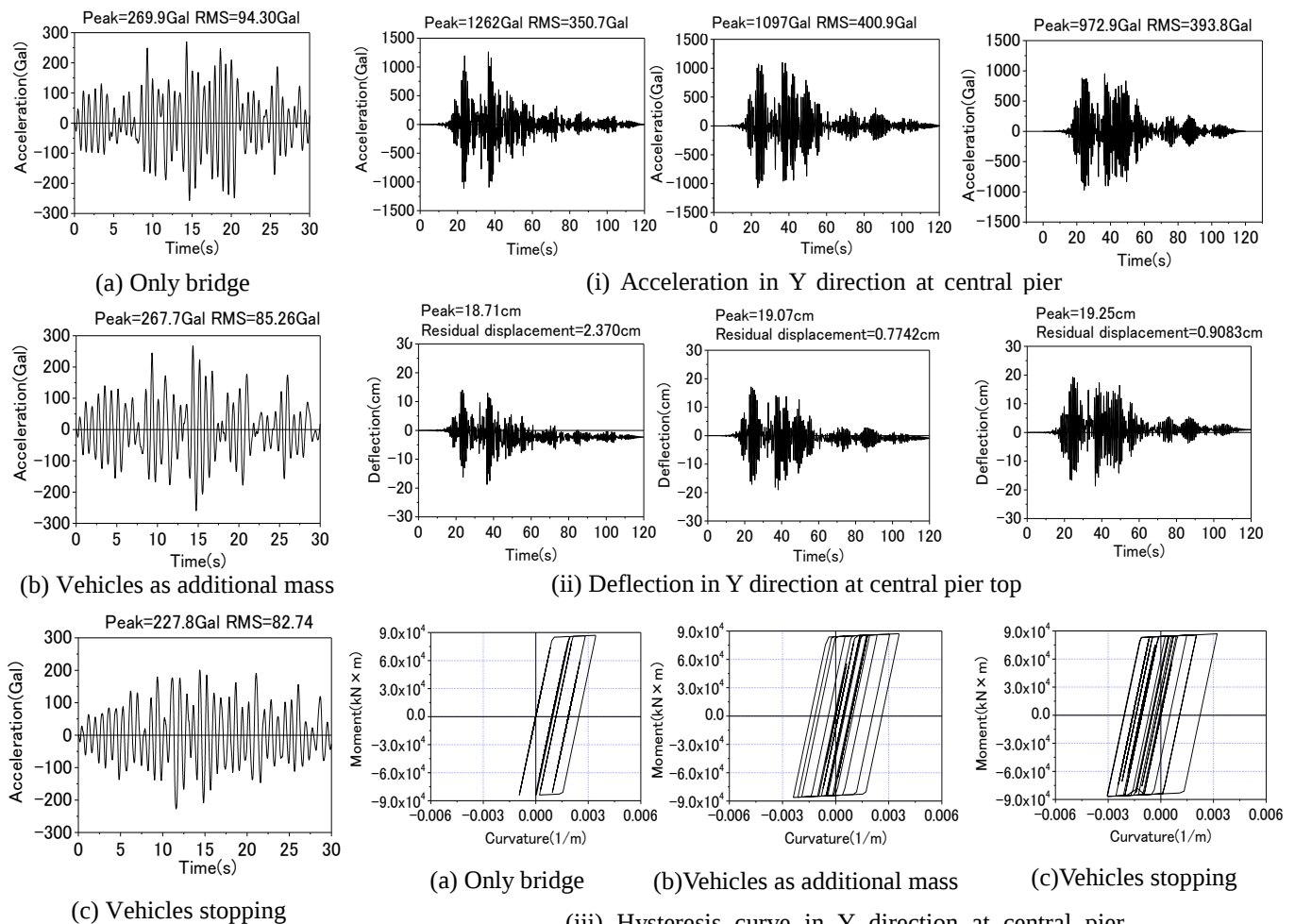


Fig.5 Acceleration in Y direction at the top of central pier (Level 1)

Fig.6 Analysis result (Level 2-Type I)