

ポスト形式鋼橋脚を有する鉄道橋の大規模地震時の耐震性評価に関する一考察

(財) 鉄道総合技術研究所 (正) 池田 学 (正) 黒田 智也 (正) 杉館 政雄
 東日本旅客鉄道株式会社 (正) 齋藤 聡 (正) 工藤 伸司
 (正) 高瀬 誠司 (正) 土屋 尚登

1.はじめに

大規模地震に対して被害を事前に防ぐために、既設構造物に対し耐震性能を評価し、必要により補強方法を策定する事が課題となっている。特に都心部の幹線道路と交差する鋼鉄道橋には、ポスト形式の鋼橋脚を有する橋梁(図-1)が多く、これまでこのような橋梁を対象とした調査・研究事例は少なく、大規模地震時の耐震性については不明な点が多い。

本稿は現地調査および鉄道構造物設計標準(耐震設計)¹⁾(以下、鉄道標準)で定めるL1地震動における検討²⁾に続き、L2地震動に対して3次元骨組モデルによる時刻歴応答解析を実施したので報告する。

2.解析モデルと検討ケース

2.1 解析モデル

解析は現存する架道橋をモデルに行った(図-2)。形式は複線3主桁の3径間ゲルバー式下路桁(道床式)で、中央径間15.9m、側径間3.9m、総支間23.7mである。解析モデルは構造全体系を3次元骨組構造でモデル化した。

上部構造は主桁、横桁の主要部材を線形はり要素、桁ゲルバー部は橋軸方向をヒンジとしてモデル化した。ポスト橋脚は形鋼部材のみ剛性を考慮し線形はり要素とした。桁支承の橋軸方向は摩擦抵抗力およびソールプレート、橋軸直角方向はサイドブロックの損傷を考慮した非線形ばね要素とした³⁾。また、ピボット支承は球面部の摩擦抵抗力および可動限界を考慮した線形ばね要素とした⁴⁾。桁支承、ピボット支承の履歴特性を図-3に示す。減衰はRayleigh減衰とし、減衰定数は5%に設定した。載荷荷重は死荷重および列車荷重で、質量として節点に載荷した。列車荷重はEA-17の牽引荷重(等分布荷重)を片線に載荷した。使用した地震波は鉄道標準のL2地震動(スペクトル)とした。使用した解析ツールはDYNA2Eである。

2.2 検討ケース

検討ケースはピボット支承の剛性を変化させた3ケースとした(表-1)。ピボット支承の挙動は図-3(b)の赤線で示す様に、回転の限界 \lim までは完全バイリニア型の履歴を示し、回転の限界以降は抵抗モーメントが急増するものと考えられる⁴⁾。PV1はポスト下端を固定した場合を想定したモデルで、PV3の剛性の100倍程度とした。PV2は橋脚とピボット支承との連結ボルト破断時の曲げモーメント M_s と原点を結ぶ等価線形を剛性として設定した(図-3(b)、図-4)。PV3はピボット支承の球面摩擦モーメント M_f と回転の限界 \lim を考慮した剛性の低いモデルである。よって \lim まではPV3、それ以降はPV2が実挙動に近いと考えられる。



図-1 ポスト形式の橋脚を有する架道橋(解析に使用したモデル)

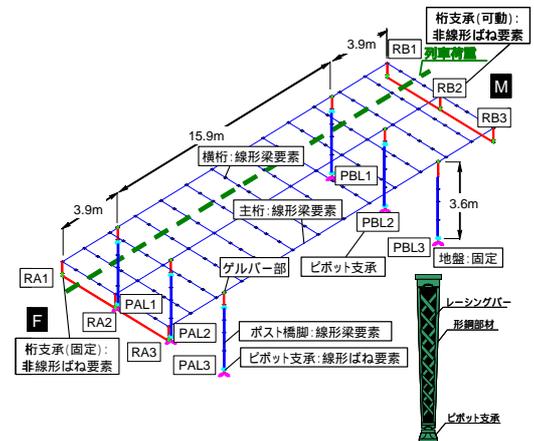


図-2 解析モデル ポスト橋脚

表-1 検討ケース

CASE	履歴特性	剛性K (kN・m/rad)
PV1	ポスト下端固定を想定したモデル	K1=74750 (K1=100K3)
PV2	橋脚とピボット支承との連結ボルトの損傷 M_s と原点を結ぶ線形モデル(図-3(b)、図-4)	K2=4124
PV3	ピボット支承の球面摩擦のみを考慮したモデル	K3=747.5

キーワード 鋼鉄道橋 ポスト形式橋脚 ピボット支承 耐震評価

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造
 TEL 042-573-7280 FAX 042-573-7369

3. 解析結果

3.1 桁本体・桁支承

桁本体は地震波を橋軸および橋軸直角方向に入力した場合において降伏以下であった。

橋軸方向に地震波を入力した時の固定側の桁支承の解析結果を図-5(a)に示す。L1地震動における解析²⁾と同じく、応答値は中央主桁の桁支承RA2で大きく、最大荷重はソールプレートのせん断降伏耐力に対し1.4倍の応答が生じている。なお、橋軸直角方向の地震波入力結果は固定、可動とも桁支承サイドブロックのせん断降伏以下であった。

3.2 ピボット支承

ピボット支承の限界状態は現状では十分に明らかになっていない。そのため本検討では、既往の研究⁴⁾を参考にし、限界状態をピボット支承突起部のせん断降伏と連結ボルトの破断の小さい方とした。本構造では後者の方が小さく、これを限界状態 M_s とした。図-5(b)の解析結果より橋軸直角方向に地震波を入力した場合、PV2の全ての箇所ですべて限界値の $M_s=86.6\text{kN}\cdot\text{m}$ 以上となっている。なお、本解析におけるPV1はポスト下端を固定した場合を想定しているため、図-5(b)の解析結果には記載していない。

3.3 ポスト形式橋脚

ポスト橋脚の解析結果を図-5(c)に示す。ポスト形式橋脚は鉄道構造物等設計標準(鋼・合成構造物)⁵⁾に定める軸力と曲げを同時に受けるレーシング等を用いた部材の照査を行った。その結果、PV2については照査式を満足した。

しかし、ポスト下端の固定を想定したPV1は全ての箇所ですべて照査式を満足しなかった。これは、下端を固定することで、ポストにより大きな曲げモーメントが作用したためである。そのため、ポスト下端の回転を拘束する補強は、かえってポスト橋脚に損傷を誘発する可能性があることを確認した。

4. おわりに

ポスト形式の橋脚を有する鉄道橋を対象とし、L2地震動(スペクトル)を用いて耐震性能の評価を行った。その結果、桁本体、ポスト橋脚等は降伏以下であり、構造全体として崩壊に至るような損傷は発生していなかった。ただし、桁支承(固定)、ピボット支承の応答値が大きく詳細な検討が必要であることを確認した。また、ポスト下端を固定する補強は、ポスト本体の損傷を誘発する可能性が高く、ピボット支承の補強は回転を拘束しない方法をとる必要がある事を確認した。

今後は構造細部の条件やピボット支承のモデル化や限界値の設定方法について検討し、対象としたポスト形式の鋼橋脚を有する鉄道橋の耐震性能を明らかにしていきたいと考えている。

なお、本解析に御協力いただいた、株式会社ジェイアール総研エンジニアリングに深く感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)，1999.10.
- 2) 黒田他：ポスト形式鋼橋脚を有する鉄道橋の分布状況と耐震性評価，第63回土木学会年次学術講演会，2008.9.(投稿中)
- 3) 安原他：既設鋼鉄道橋の鋼製支承の水平耐力評価法に関する実験および解析的研究，構造工学論文集，vol.49A,2003.3.
- 4) 安原他：既設鋼鉄道鋼製ヒンジラーメン橋脚の簡易な耐震評価手法，土木学会論文集No.794,1-72,2005.7.
- 5) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)，2000.7.

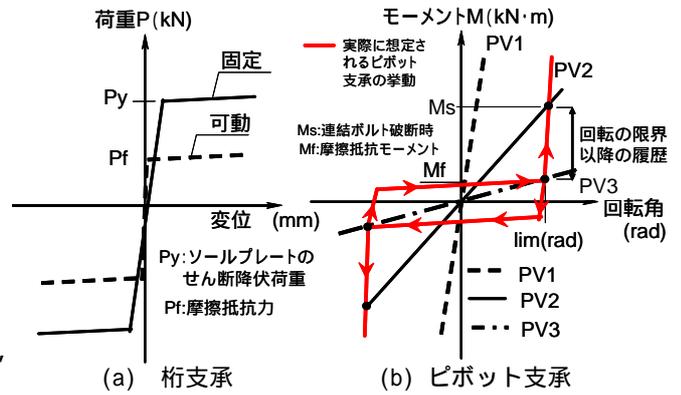


図-3 支承履歴特性

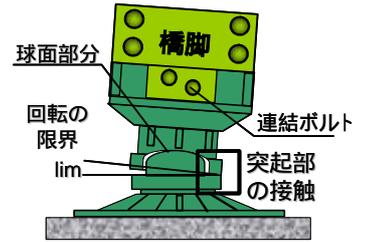
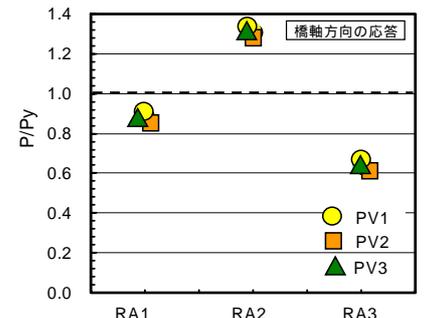
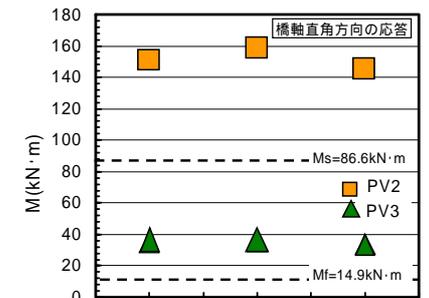


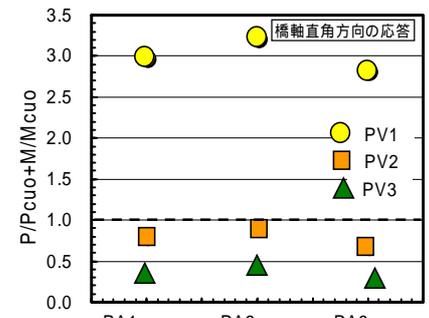
図-4 ピボット支承 回転の限界



(a) 桁支承(固定)



(b) ピボット支承



(c) ポスト橋脚
図-5 解析結果