

橋脚高さの異なる 3 径間連続曲線高架橋の大地震時非線形挙動

北海道大学大学院工学研究科 F 会員 林川 俊郎
○北海道大学大学院工学研究科 学生員 荻島 知之
東日本旅客鉄道(株) 正会員 佐野 雅章
北海道大学大学院工学研究科 F 会員 佐藤 浩一

1. はじめに

兵庫県南部地震では橋梁構造物に多くの被害が見られた。特に、数多くの高架橋で被害が発生し、上部構造、支承、橋脚などに多くの損傷があった。高架橋は地震時の動的挙動が問題となるため、支承条件や橋脚高さの違いが高架橋各部の耐震性や損傷に及ぼす影響を検討する必要がある。そのためには、上部構造、支承そして橋脚までを 1 つの構造システムとして考えた高架橋全体系が大地震動を受けた場合の動的挙動を調べなければならない。特に曲線高架橋は 3 次元的な広がりを持つ構造であることから、平面解析による正確な挙動の評価は困難である。したがって、高架橋全体系の立体的な非線形挙動を捉える必要がある。

そこで本研究では、曲線高架橋を立体骨組構造にモデル化し、幾何学的非線形と材料的非線形を考慮した弾塑性有限変位動的応答解析を用いて、支承条件や橋脚高さが異なる高架橋の大地震時の動的挙動を調べる。ここでは、鋼製支承を用い、支承配置方向、橋脚高さが上部構造、支承、橋脚からなる高架橋システムの動的挙動に与える影響を比較検討する。支承部には摩擦や落橋防止装置の影響を考慮した鋼製支承を用い、具体的には橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係に着目して、動的な非線形挙動について比較検討する。

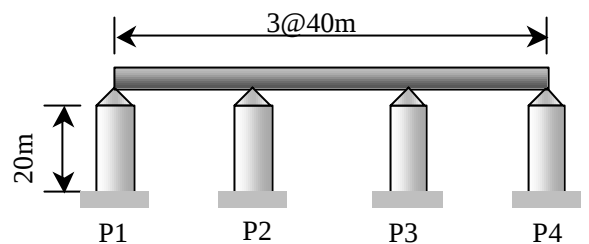
2. 解析モデル

本研究では、図-1 のような 3 径間連続曲線高架橋を解析モデルとし、橋脚高さの等しい場合と、橋脚高さの異なるタイプの 2 つの場合を考慮する。上部構造は、支間長 40m、総重量約 8.82 MN 合成桁とし、そりねじりの影響は受けないものとして解析する。

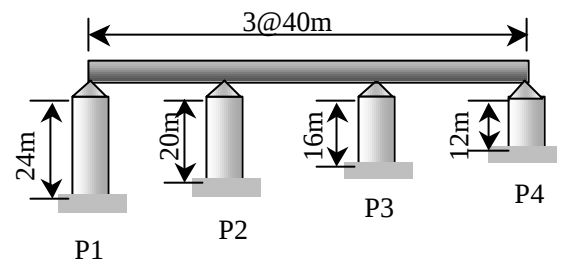
曲率半径は 100m とし、P2 橋脚上に鋼製固定支承を設置し、その他の橋脚上には鋼製可動支承を設置する。支承の配置方向については、図-2 のように、P2 橋脚から放射方向に配置した場合と、曲線桁の接線方向に配置した場合を考える。橋脚の配置方向は各橋脚とも支承方向と同様とする。鋼製箱型橋脚を用い、どの橋脚も断面は等しいものとする。また、橋脚基部は十分に剛である場合を考え固定とした。支承部は水平 2 方向、鉛直方向、回転 3 方向のばね要素にモデル化する。

3. 解析方法

本研究は、材料性非線形性と幾何学的非線形性を考慮したはり柱要素の有限要素法と Newmark β 法 ($\beta = 0.25$) および修正 Newton-Raphson 法を併用した平面骨材のための弾塑性有限変位動的応答解析法を 3 次元的に拡張した解析方法を用いる。また、応力—ひずみ関係をバイリニア型



モデル : 橋脚高さの等しい曲線高架橋



モデル : 橋脚高さの異なる曲線高架橋

図-1 3 径間連続曲線高架橋の解析モデル

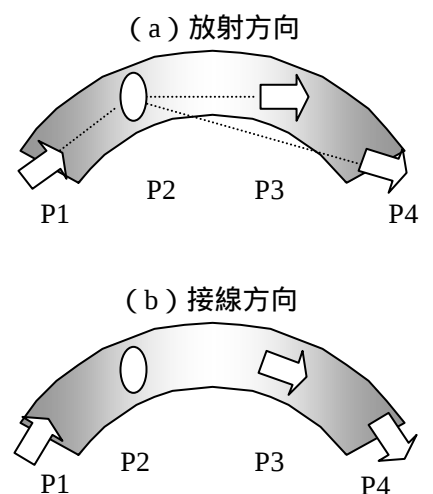
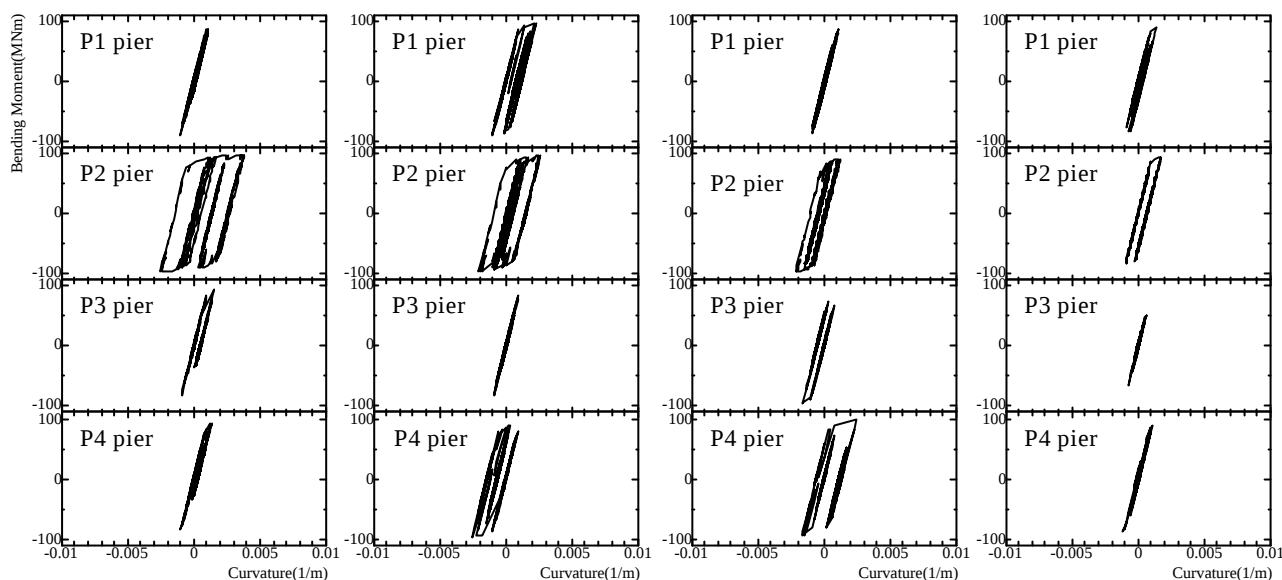


図-2 支承、橋脚の配置方向

Keywords : 3 次元非線形動的応答解析, 連続曲線高架橋, 橋脚高さ, 支承配置方向



(a) 放射方向 (b) 接線方向
図-3 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係
(モデル : 橋脚高さの等しいモデル)

(a) 放射方向 (b) 接線方向
図-4 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係
(モデル : 橋脚高さの異なるモデル)

にモデル化し，降伏応力 235MN ，弾性係数 $2.0 \times 10^5\text{MN/m}^2$ ，塑性域のひずみ硬化を 0.01 とする．減衰定数は質量比例型を仮定し，1 次の水平固有振動モードに対する減衰定数 $h=5\%$ を基準とする．入力地震波には，兵庫県南部地震時の JR 鷹取駅記録波を用いる．

4. 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係

橋脚高さの等しい高架橋における橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係を図-3 に、橋脚高さの異なる高架橋における橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係を図-4 に示す．どちらも支承配置方向におけるグラフである．縦軸は曲げモーメント (Bending Moment)，横軸は曲率 (Curvature) を表している．

モデル では、支承の配置方向に関係なく P2 橋脚基部の履歴ループが P1, P3, P4 橋脚基部に比べて大きくなっている．これは、P2 橋脚が固定支承であることから、地震力が各支承に分散されず、P2 橋脚に集中するためと考えられる．P1, P4 橋脚基部の履歴ループは接線方向に配置した場合の方が大きくなっている．これは、接線方向に配置すると、支承部に大きな水平力がかかるためと思われる．

モデル においても、モデル ほどではないが、P2 橋脚基部の履歴ループが大きくなっている．放射方向の場合では、橋脚高さが低くなると、支承部に大きな水平力がかかり、橋脚基部が塑性化することがわかった．一方、接線方向に配置したモデルでは、橋脚高さの差異が顕著に表れていない．

5. おわりに

本研究は鋼製橋脚を有し、鋼製支承を設置した連続曲線高架橋を対象とし、支承配置方向、橋脚高さが大地震時動的応答性状に与える影響について、橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係に着目し比較を行った．

可動支承を設置した橋脚基部よりも固定支承を設置した橋脚基部で大きく塑性する傾向が見られた．特に、この傾向は橋脚高さの等しい高架橋においてよく表れている．また、橋脚高さの異なる高架橋では、放射方向に配置した場合、橋脚高さが低くなると、大きな地震力が作用し、橋脚基部が塑性化する傾向が見られた．

以上より、鋼製支承を採用した場合、固定支承を設置した橋脚や橋脚高さが低い橋脚の基部が塑性化することがわかった．曲線高架橋が大地震を受けると橋脚だけでなく、支承部も損傷する可能性がある．特に、鋼製可動支承では、落橋防止装置などが破損しないように設計には十分注意しなければならない．

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，鋼橋編，耐震設計編，1996.12.
- 2) 林川俊郎・佐野雅章・化鐘福・高橋親市：4 径間連続曲線高架橋の大地震時における非線形挙動について，土木学会北海道支部論文集，第 56 号 (A)，pp.4-7，2000.2.