

3 成分地震波の入力方向による曲線高架橋の大地震時非線形応答性状

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 小川 伸也

北海道大学大学院工学研究科 学生員 ダニエル・ルイス

1. はじめに

先の兵庫県南部地震では、道路や鉄道の高架橋で数多くの被害が発生した。橋梁の被害は、支承や橋脚など地震力が集中する箇所での損傷、崩壊が原因となったものが多く、これらの被害に伴って、上部構造も著しい被害が生じた。高架橋は上部構造・支承・橋脚で構成されており、個々の構造部材の耐震性能のみを考えるのではなく、高架橋全体の地震時応答性状を把握し、構成部材の性能照査を行うことが重要であると思われる。また、曲線高架橋は上部構造が曲線であり、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。そのため、動的解析を行うためには3次元動的な非線形解析が不可欠であると考えられる。また、実際には地震動が橋梁構造物のどの方向から作用するかわからないため、3次元非線形解析を行う際には地震波の入力方向を考慮する必要があると考えられる。

そこで本研究は、鋼製支承を有する3径間連続曲線高架橋を立体骨組構造にモデル化し、幾何学的非線形性と材料非線形性を考慮した弾塑性有限変位動的応答解析法を用いて地震波の入力方向を変化させた3次元動的解析を行い、地震波の入力方向や支承の配置方向の違いが曲線高架橋の動的応答性状に及ぼす影響を比較検討する。

2. 解析モデル

本研究では、上部構造、支承部、橋脚の相互作用を考慮できる解析モデルとして、図-1に示すような3径間連続曲線高架橋を対象とする。上部構造は曲率半径100m、支間長40m、総重量約8.82MNの鋼箱桁とし、そりねじりの影響はないものとする。鋼製箱型橋脚を用い、断面は全て同一の条件とした。また、橋脚基部は十分に剛である場合を考え固定とした。

支承部についてはP1橋脚に鋼製固定支承を、その他の橋脚に鋼製可動支承を用い、支承の配置方向については、図-2に示すようにP1橋脚からP2・P3・P4橋脚の方向に放射状に支承を配置する場合と曲線桁の接線方向に支承を配置する場合の2通りを考える。なお、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. 解析方法と入力地震波

本研究では材料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法($\gamma=0.25$)および修正Newton-Raphson法を併用した平面骨組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法を用いる。上部構造および橋脚をはり柱要素にモデル化し、上部構造は1スパン40mを8要素に、橋脚を5要素に分割する。さらに、はり柱のそれぞれの要素を断面方向に12分割、部材軸方向に5分割するファイバー要素を用いて表現する。また、使用する鋼材の応力-ひずみ関係をバイリニア型にモデル化し、降伏応力235MPa、弾性係数200GPa、塑性域の

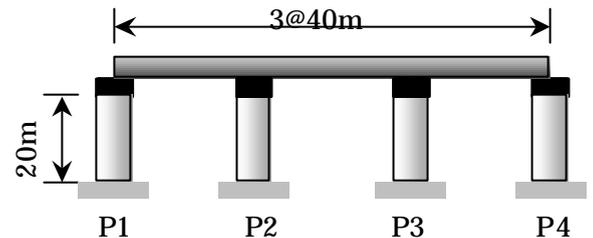
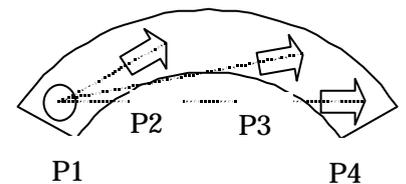
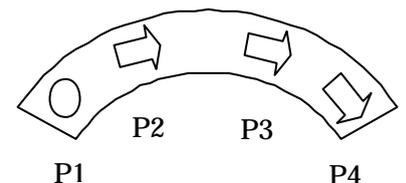


図-1 3径間連続曲線高架橋の解析モデル



(a) 放射方向配置



(b) 接線方向配置

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, 支承配置方向, 地震波の入力方向角

北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 札幌市北区北13条西8丁目 :011-706-6172 FAX011-726-2266

ひずみ硬化を 0.01 とする．構造減衰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 JR 鷹取駅記録を使用する．地震波の入力方向角 は，橋軸方向からの角度とし，その方向に N-S 成分を，その直角方向に E-W 成分を作用させる．また，を 0° から 180° まで 15° ピッチで変化させて動的応答解析を行う．

4. 橋脚基部の曲げモーメント-曲率関係

橋脚基部に作用する最大曲げモーメントと地震波の入力方向角 の関係を図-3 に示す．横軸は地震波の入力方向角 ($^\circ$) であり，縦軸は橋脚基部の曲げモーメント比 (M/M_y) である．また，橋脚基部の最大曲率と地震波の入力方向角 の関係を図-4 に示す．横軸は地震波の入力方向角 ($^\circ$)，縦軸は橋脚基部の最大曲率 ($1/m$) である．

x 方向の解析結果を見ると，ほとんどの場合において塑性領域に入っていることが確認できる．特に固定支承を有する P1 橋脚は地震波の入力方向角がいずれの場合でも塑性領域に入っており，曲率を見てもかなり大きな値を示しており，P1 橋脚の基部で塑性化による大きな損傷が起こることが予想される．

y 方向の結果を見ると，内側 P2・P3 橋脚ではいずれの場合も塑性領域に入っているが，外側 P1・P4 橋脚はほとんどの場合において弾性範囲内に収まっていることが確認できる．そのため，内側 2 本の橋脚に地震力が大きく作用し，内側 2 本の橋脚基部がはやく損傷することが考えられる．

5. まとめ

本研究では，鋼製橋脚を有する 3 径間連続曲線高架橋を対象として，3 成分地震波の入力方向の差異が曲線高架橋の非線形動的応答に与える影響について比較検討した．

固定支承部を有する P1 橋脚で，橋脚基部の曲げモーメント，曲率が大きな値を示しており，P1 橋脚基部での損傷が大きくなるとが予想される．また， y 方向に関しては，内側 2 本の橋脚で大きな値を示しており，これらの橋脚も損傷が大きくなることが考えられる．

以上のように，曲線高架橋においては，地震波の入力方向の違いによって，地震時の動的非線形挙動が大きく変化することが確認された．そのため，直線高架橋のように橋軸方向にだけ地震波の作用させた平面解析では挙動を把握することが困難なため，3 次元的な広がりを持つ曲線高架橋では本研究のような地震波の入力方向を変化させた非線形動的応答解析が重要である．

参考文献

- ・林川俊郎：橋梁工学 朝倉書店 2000.4.
- ・林川俊郎・荻島知之・橋本至：地震波の入力方向と支承条件を考慮した曲線高架橋の非線形動的応答に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol. 48A，pp.789-798，2002.3.

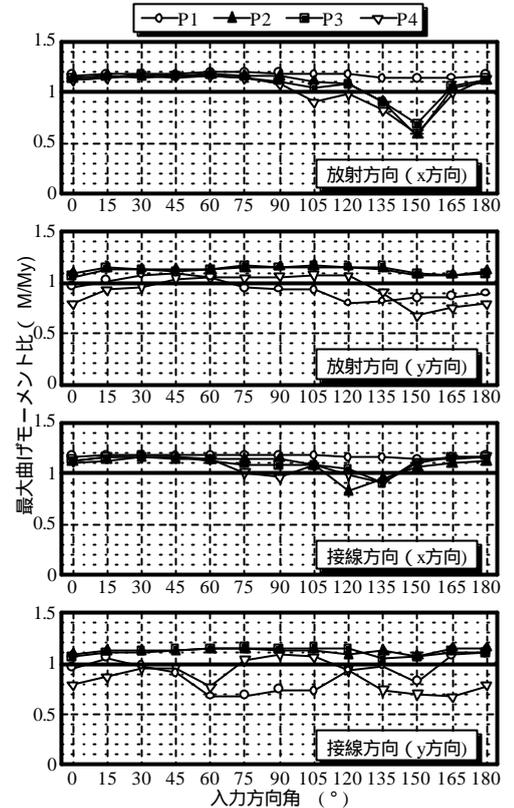


図-3 橋脚基部の最大曲げモーメント比と地震波の入力方向角の関係

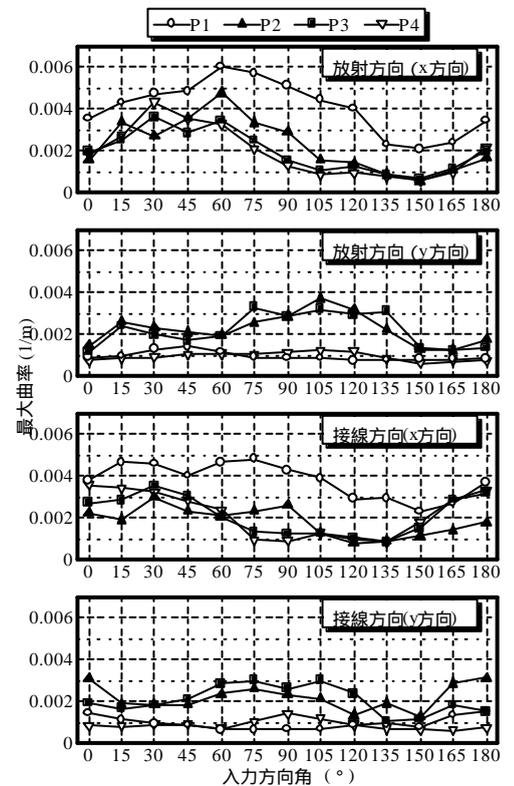


図-4 橋脚基部の最大曲率と地震波の入力方向角の関係