

# (I-16) RC 橋脚の3次元大地震時挙動に関する研究

宇都宮大学 学生員 青山昌代  
 宇都宮大学 正会員 中島章典  
 宇都宮大学 正会員 斉木 功

## 1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では数多くのRC橋脚が損傷、破壊した。その中には、2方向地震動の影響により損傷したと考えられる構造物も多く見られた。

そこで本研究では、2軸曲げによる弾塑性挙動を考慮できる生出らの研究<sup>1)</sup>を参考にして、剛体ばねモデルの考え方に基づくファイバー要素を用いたRC橋脚の3次元弾塑性地震応答解析法を構築した。そしてその解析法を用いて2方向地震動下でのRC橋脚の弾塑性地震応答性状を検討し、水平2方向の慣性力を独立に考慮した2次元モデルの動的弾塑性挙動との比較を行った。

## 2. 解析モデル

RC単柱式橋脚の柱部材を図-1に示すような、剛体とばねからなる剛体ばねモデルにモデル化した。各剛体の自由度は、その重心位置における軸方向変位、水平2方向変位、水平2方向軸回りの回転の5自由度とした。剛体間のばねには、複数の軸ばねと2方向のせん断ばねを用いた。軸ばねの取り付け位置は、要素断面を分割し、各分割断面の重心位置に設置した。せん断ばねは、剛体断面の重心に設置した。複数の軸ばねで水平2方向の軸回りの回転と軸方向の弾塑性挙動を追随し、2本のせん断ばねにより水平2方向の弾性挙動を追随した。軸方向の鉄筋の材料特性を表す軸ばねの復元力特性は、2次勾配が初期勾配の1%である移動硬化パイリニア型とした。鉄筋の降伏応力を $313.6\text{MN/m}^2$ 、弾性係数を $205.8\text{GN/m}^2$ とした。コンクリートの応力-ひずみ関係の骨格曲線には、コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>に示される応力-ひずみ曲線を用いた。ただし、コンクリートの引張強度は小さいことから、引張力を受ける場合の応力はゼロとし、除荷勾配は常に初期接線勾配に等しくした。圧縮強度は $38.61\text{MN/m}^2$ とし、最大圧縮応力到達時のひずみは0.002、終局ひずみは0.0035とした。

解析モデルの各諸元は図-2に示す通りで、軸方向鉄筋としてD32鉄筋を12本用い、鉄筋間隔を0.2mにし、その断面積は橋脚全断面積の1.2%とした。橋脚頂部には上部構造分の集中質量80tを配置し、これによる軸力を考慮した。このモデルの1次固有周期は0.27sである。軸方向要素分割数を10、コンクリート断面の分割数を $18 \times 18$ とした。

## 3. 解析方法

時刻歴応答解析には、Newmarkの $\beta$ 法( $\beta=1/4$ )を適用した。今回用いる地震波データは0.01s刻みであるが、こ

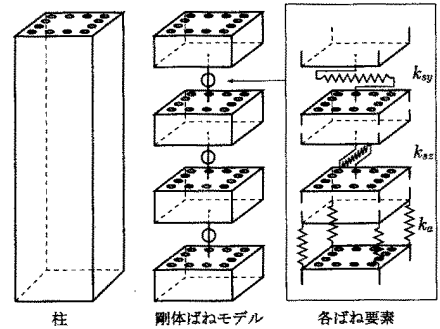


図-1 剛体ばねモデル

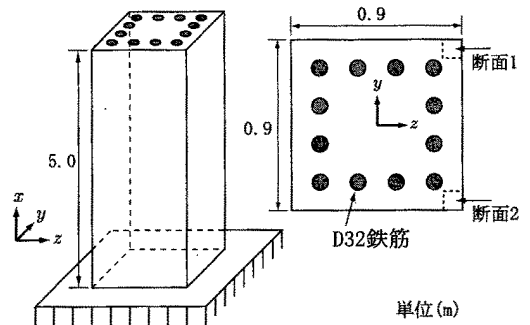


図-2 解析モデル

のデータを直線近似によってさらに分割し、時間刻みを0.001sとした。弾塑性応答解析の手法については、文献1)を参考にしている。なお、減衰については弾性状態の1次固有振動モードに対して減衰定数2%の質量比例型とした。また、鋼製橋脚の場合、一般構造用鋼の破断ひずみが0.25~0.30であることから破壊に至るまでの変位が大きくなるため、変形後の力のつりあいを考える幾何学的非線形を考慮する場合もあるが、コンクリートの終局ひずみは0.0035と鋼に比べて1/100と小さく、少しの変形で破壊してしまうため、この影響は小さい。

また、RC橋脚でも長柱であれば幾何学的非線形を考慮しなければならないが、コンクリートの強度から考えて、通常のRC橋脚の断面は大きいので、ここでは幾何学的非線形の影響を無視した。

## 4. 動的弾塑性応答解析の結果と考察

入力地震波にJMA神戸海洋気象台記録のNS方向とEW

Key Words: RC 橋脚, 弾塑性地震応答解析, ファイバーモデル, 剛体ばねモデル, 2軸曲げ

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6230

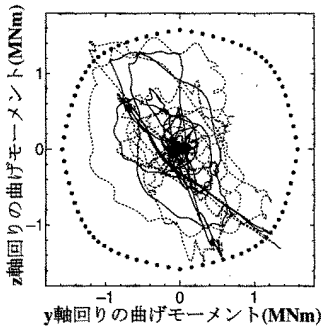


図-3 2方向曲げモーメントの相関曲線

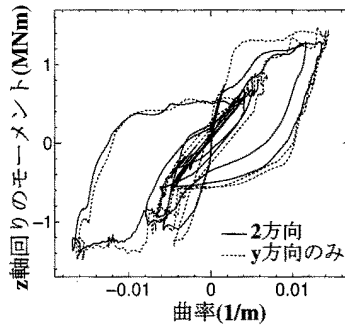


図-4 z軸回り曲げモーメント曲率関係

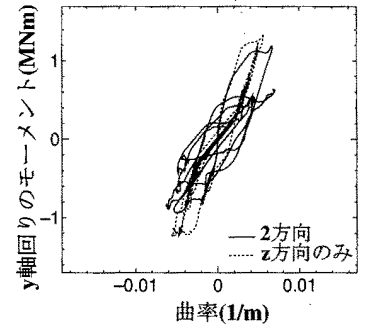


図-5 y軸回り曲げモーメント曲率関係

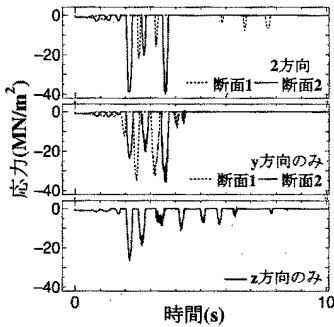


図-6 コンクリート応力の時刻歴

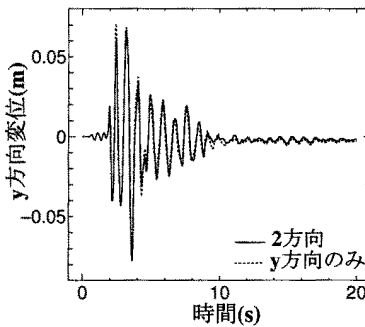


図-7 y方向変位の時刻歴

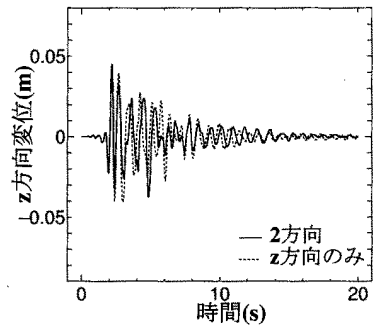


図-8 z方向変位の時刻歴

方向の水平2方向地震波を用いた場合の結果を図-3~8に示す。この地震波はNS方向の方がEW方向に比べてやや大きい地震波となっている。水平2方向の地震波のうちNS方向の地震波を図-2の解析モデルのy軸方向に入力し、EW方向の地震波をz軸方向に入力した。図中の「2方向」とは、2方向に地震波を入力したときの3次元解析による結果であり、「y方向のみ」、「z方向のみ」とはy方向またはz方向のみの1方向に地震波を入力したときの2次元解析による結果である。

橋脚基部における2方向曲げモーメントの相関曲線を図-3に示す。図中の黒丸は、静的解析により求められた破壊曲線である。これは、上部構造重量784kN(80tf)と2軸曲げが作用し、最も圧縮ひずみが大きいコンクリート断面分割要素のひずみが終局ひずみに達したときの曲線である。実線は地震波を受けたときのy軸、z軸回りの曲げモーメントの経時変化である。この関係はかなり複雑であるが、曲げモーメントが破壊曲線内を変化していることがわかる。破線は2次元解析でのy方向およびz方向に地震波を入力したときのz軸回りおよびy軸回りの曲げモーメントを合成して描いたものである。大部分は曲線内にあるが、破壊曲線を越えたところもあり、2次元解析では曲げモーメントを過大に評価してしまうことになる。図-4,5は2次元解析と3次元解析による基部のz軸回りとy軸回りの曲げモーメント曲率関係を示す。いずれの場合も初期勾配とは異なった勾配となるところが存在する。橋脚基部の断面1および断面2(図-2)の2次元解析と3次元解析によるコンクリート応力の時刻歴を図-6に示す。例えば、y方向入力

時の断面1、2のある時刻以降の応力がゼロになることから、橋脚は鉄筋のみで変形するために図-4,5のように勾配が変化すると考えられる。

次に、2次元解析と3次元解析による橋脚頂部のy方向とz方向変位の時刻歴を図-7,8に示す。図-8から、z方向ではある時刻以降の変位に差が見られる。これは、相対的に小さいEW方向の地震波による応答に、NS方向の地震波の影響が反映されるためである。また、図-6の2方向の応力時刻歴が、断面1、2ともにy方向のみの応力時刻歴に比較的似ていることから説明できる。しかし、y方向のみの地震波を入力した場合と2方向地震波を入力した場合では、正確には応力時刻歴が異なることから、3次元解析が必要であるといえる。

## 5. おわりに

本研究では、2軸曲げを受ける単柱式RC橋脚の大地震時挙動を検討した。今回は簡易にモデル化されたコンクリートの応力-ひずみ関係を用いているが、実際の地震応答を追跡するには、さらに正確な応力-ひずみ関係などを用いる必要がある。

## 参考文献

- 1) 生出佳, 中島章典, 齊木功: 剛体ばねモデルを用いた橋脚の三次元弾塑性地震応答解析, 土木学会論文集, No.654/I-52, pp.259-270, 2000.7.
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 [平成8年制定] 設計編, 1996.