

(I-67) 二軸曲げを受ける橋脚の大地震時挙動について

宇都宮大学 学生員 生出 佳
宇都宮大学 正会員 中島 章典
宇都宮大学 正会員 齊木 功

1. 研究背景・目的

これまで地震時の橋脚の挙動を考える際、道路橋示方書・同解説V耐震設計編によると、水平二方向の慣性力が同時に最大値を取る可能性が低いことから、水平二方向の慣性力を独立に考慮している。しかし、水平二方向から作用する大地震に対する挙動を考えるに当たって、二方向の慣性力を同時に考慮した二軸曲げを受ける場合の動的弾塑性挙動の解明が必要とされている。

そこで本研究では、二軸曲げによる弾塑性挙動を考慮できる橋脚の三次元モデルを用いて基本的な大地震時挙動を検討し、また、水平二方向の慣性力を独立に考慮した二次元モデルの動的弾塑性挙動との比較を行った。

2. 解析モデルおよび解析方法

本研究では、図-1に示すような、鋼製単柱式橋脚の柱部材を剛体要素とそれぞれを結合する長さや質量を無視できるばねからなる剛体ばねモデルにモデル化した。各剛体要素の自由度は、その重心位置における軸方向変位、水平二方向変位、水平二方向軸回りの回転の五自由度とした。剛体要素間のばねには、複数の軸ばねと二本のせん断ばねを用いた。複数の軸ばねで水平二方向軸回りの回転と軸方向の弾塑性挙動を追跡し、二本のせん断ばねで水平二方向の弾塑性挙動を追跡した。軸ばねの取り付け位置は、図-2に示すように要素断面を分割し、各分割断面の重心位置に設置した。せん断ばねについては、剛体要素断面の重心位置に設置した。柱長手方向の応力ひずみ関係を表す軸ばねの復元力特性を完全弾塑性型とした。動的弾塑性応答解析には、ニューマークの β 法とreturn mapping法¹⁾を適用して、各時間増分段階で剛性係数を初期剛性と同じであるととし降伏条件とつり合い式が満足されるように、収束計算を行った。ただし、対象としている構造物の幾何学的非線形性の影響は小さく、ねじり変形はしないものとする。

解析モデルの各諸元は、図-2に示す通りで、橋脚頂部には、上部構造分の集中質量300tおよび、これによる軸力を考慮した。鋼材の降伏応力を 313.6MN/m^2 、弾性係数を 205.8GN/m^2 とし、一次固有周期は 0.95s である。あらかじめ行った静的解析により、軸方向要素分割数が25以上において計算結果が理論値にほぼ収束したため要素数を25とした。この時の静的解析による軸力 N_x と塑性曲げモーメント M_y, M_z の相関

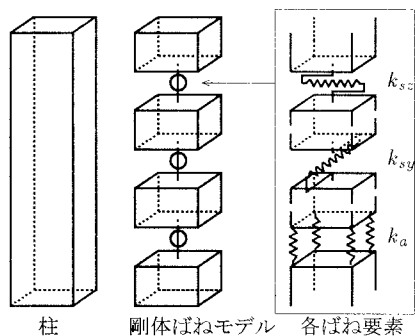


図-1 剛体ばねモデル

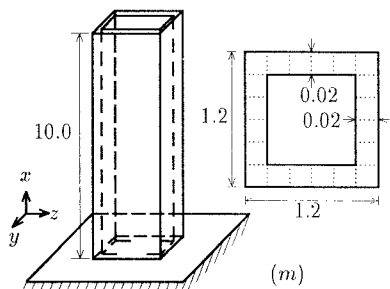


図-2 解析モデル

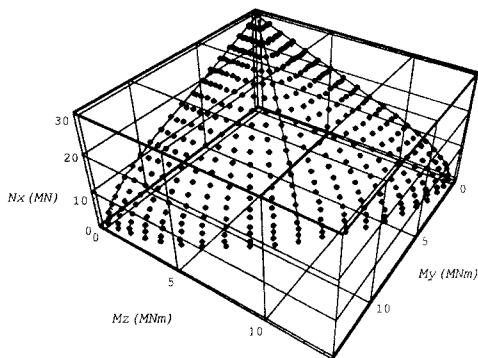


図-3 軸力・曲げモーメントの相関曲線

曲線を図-3に示す。実線は理論値²⁾で、黒丸が計算値である。この要素数で計算値が理論値にほぼ一致しているのがわかる。

3. 動的弾塑性応答解析の結果と考察

例として、入力地震波にJMA 神戸海洋気象台記録のNS方向とEW方向の水平二方向地震波を用いた場合の結果を図-4～図-9に示す。ただし減衰は考慮

Key Words: 橋脚, 静的・動的弾塑性解析, 剛体ばねモデル, 二軸曲げ

〒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

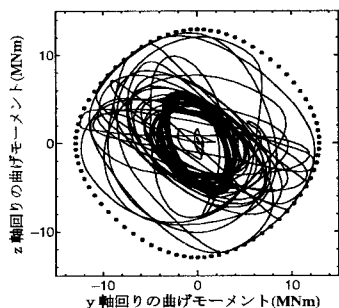


図-4 二方向曲げモーメントの相関曲線

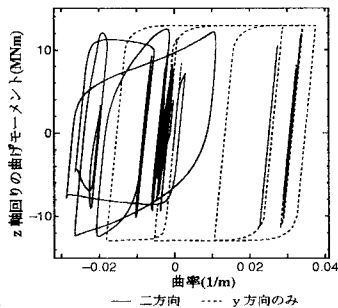


図-5 z軸回りの曲げモーメント曲率関係

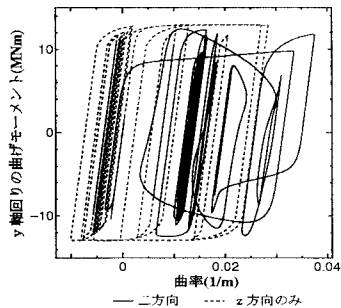


図-6 y軸回りの曲げモーメント曲率関係

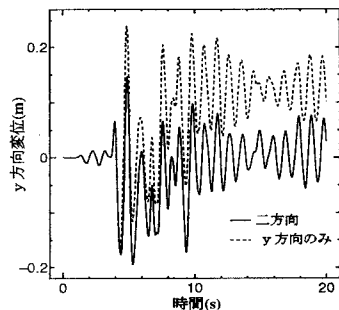


図-7 y方向変位の時刻歴

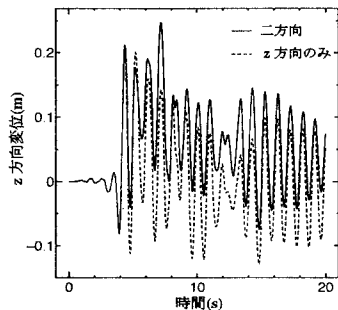


図-8 z方向変位の時刻歴

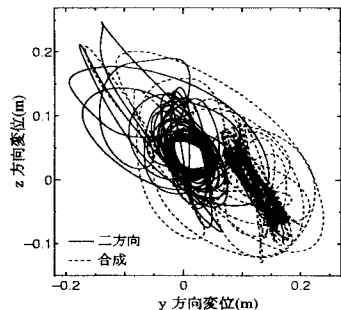


図-9 橋脚頂部変位の経時変化

していない。このJMA 神戸海洋気象台記録地震波は、水平二方向にはほぼ同じ大きさの最大加速度を持つ。水平二方向の地震波のうちNS方向の地震波を図-1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。図中の二方向とは二方向に地震波を入力したときの三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方向のみの一方向に地震波を入力したときの二次元解析による結果である。

橋脚基部における二方向曲げモーメントの相関曲線を図-4に示す。図中の黒丸は、図-3において軸力300tが作用するときの二方向曲げモーメントの相関曲線で、これが破壊曲面である。実線は、地震波を受けた時のy軸、z軸回りの曲げモーメントの経時変化である。曲げモーメントが常に破壊曲面内もしくは破壊曲面上を動いているのがわかる。二次元解析では、図-4の破壊曲面内のy軸あるいはz軸上のみを動くことになる。三次元解析では、y軸回りに曲げモーメントが作用しながら、z軸回りの曲げモーメントも作用することになるので、y軸回りの塑性曲げモーメント、z軸回りの塑性曲げモーメントの範囲が相互に変化している。図-5、図-6は二次元解析と三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。三次元解析の結果が、塑性曲げモーメントの変化による影響を受けた形をしているのが分かる。また、最大曲げモーメントが小さく、曲率範囲も異なる。

次に、図-7、図-8は二次元解析と三次元解析によ

る橋脚頂部のy方向とz方向変位の時刻歴を示す。同図に見られるように、ある時刻以降で二次元解析と三次元解析の変位の差異が大きくなるのがわかる。この時刻は、入力地震波が二方向でほぼ同時に大きくなる時刻に対応している。図-9は二次元解析と三次元解析による橋脚頂部変位の経時変化を示す。図中の合成とは、y方向変位にy方向のみのときのy方向変位を、z方向変位にz方向のみのときのz方向変位を合成して書いたものである。この図に見られるように、二つの変位の軌跡が異なっており、三次元解析の変位応答を二次元解析の結果から推定するのは容易ではないことが分かる。

4. 結論

本研究では二軸曲げによる弾塑性を考慮できる三次元モデルを用いて、水平二方向の地震作用を受ける鋼製単柱橋脚の基本的な大地震時挙動を検討した。三次元解析では、水平二方向の塑性曲げモーメントが変化するのに対し、二次元解析では、水平二方向の塑性曲げモーメントは常に最大値を取り続ける。このため二次元解析における弾塑性挙動は、三次元解析における弾塑性挙動と異なるので、二次元解析による三次元解析の挙動の推定は容易ではないことを明らかにした。

参考文献

- 1) J.C. Simo, T.J.R. Hughes: Computational Inelasticity, Springer, 1998.
- 2) 太田俊昭: 新体系土木工学 8, 構造物の非弾性解析, 土木学会編, 技報堂, 1980.