

入力波方向の変化に対する鋼製ラーメン橋脚の地震応答特性

住友重機械工業(株) 正員 宮川 力  
// // 池田 茂

1. はじめに

鋼製橋脚に対する耐震設計法の確立を目的に様々な検証が行われている。鋼製ラーメン橋脚に対しても単柱式鋼製橋脚のP- $\delta$ 曲線を基に算出したM- $\phi$ 曲線をラーメン部材の骨格曲線としたモデルを用い、変位制御による非線形の繰り返し載荷解析を行った結果が、繰り返し載荷試験結果とおおよその一致を見る事が確認されている。この事をふまえ、本検討では同様な方法で算出したM- $\phi$ 特性を部材の骨格曲線として持った非線形立体ラーメン橋脚モデルを作成し、そのモデルに対し地震波の入力方向をパラメータとした地震時応答解析を実施する事により、地震波の入力方向によってラーメン橋脚がどのような挙動を示すかを検討した。

2. 解析モデル及び入力地震波

本解析では図-1に示される様な離散化された骨組モデルを用い地震応答解析を行った。その門形ラーメンの柱部材のM- $\phi$ 特性曲線をバイリニアモデルとし図-2に示す。なお、歪みエネルギー比例減衰として $h=0.05$ を考慮した。また、入力地震波はタイプⅡの三種地盤東神戸大橋周辺地盤上の波形を用い、入力方向は図-3の様に橋脚面内方向(X軸方向)から橋脚面外方向(Z軸方向)に向かって $\theta=0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ$ の計5ケースについて実施した。

3. 解析結果

図-4は地震波の入力角度を変化させて、橋脚頂部の面内及び面外の変位量をプロットしたものである。この図より橋脚面内方向の変位量は入力地震波を面内方向に作用させた時に変位量が一番大きく、入力角度が大きくなるにつれて変位量が小さくなっている事がわかる。一方、面外方向についてもおおよそ同様な事が言えるが、地震波入力角度が $67.5^\circ$ の時に入力角度が $90^\circ$ の時より大きな変位量となった。これは、入力地震波が卓越する振動数領域よりも本ラーメン橋脚モデルの面外方向の固有振動数が低い領域に存在し、また面内方向の固有振動数は卓越振動数領域内にあり、かつ地震波入力角度が $90^\circ$ よりずれた事により面内外の連成振動効果が高まり、系全体としての固有振動特性と地震動が共振した事が要因になっているものと考えられる。図-5及び6は地震波の入力角度を変化させた時に橋脚に発生する曲げモーメントがどのように変化するかを面外軸まわり、面内軸まわりについてプロットしたものである。これらの図から、本解析の場合、面外軸まわり、面内軸まわり共に発生曲げモーメントは柱基部で最大となり、面外軸まわりの場合は地震波入力角度(面内方向から)が $0^\circ$ の時に発生曲げモーメントが最大となり、角度が増加していくにしたがい減少していく。また面内軸まわりに発生する曲げモーメントについては、その逆の傾向にある事がわかる。さらに橋脚の各部位について目を向けてみると、柱基部に発生する最大曲げモーメントの大きさは面外軸まわりも面内軸まわりも同程度であり、最大曲げモーメントを発生させる方向から地震波入力角度が多少異なる場合でも発生する曲げモーメントの大きさはあまり減少しない事がわかる。また、柱頂部や梁隅角部に発生する面内軸まわりの曲げモーメントは何れの地震波入力角度に於いても小さい事より、ねじれモードの変位が少ない事がわかる。

キーワード：鋼製橋脚、ラーメン橋脚、地震時応答解析、耐震設計、地震波入力方向

連絡先：〒141-8686 東京都品川区北品川5-9-11 住友重機械工業(株) 鉄構機器事業本部技術部 TEL:03-5488-8174 FAX:03-5488-8147

4. まとめ

本検討により以下の知見が得られた。

- ① 弱軸となる面内軸まわりモーメントは、面内方向への地震波を除き、柱基部で塑性化している事より、任意の角度の大きな地震外力を受けた場合、面外方向に卓越した損傷を示す事が予想される。
- ② 本検討では降伏をやや越える程度の断面力を生じる、いわゆるほぼ最適設計断面としており、面外軸まわり曲げモーメントが柱基部と頂部で降伏を越えるのは地震波方向が  $0 \sim 45^\circ$ 、柱基部面内軸回り曲げモーメントが降伏を越えるのは、 $22.5^\circ \sim 90^\circ$  の時となっている。0、 $90^\circ$  の場合を除き、1方向が弾性範囲で1方向が塑性となるケースは、 $67.5^\circ$  のみであるが、このケースでは最大変位が大きくなった。なお、本論文をまとめるにあたり、(社)日本橋梁建設協会の鋼製橋脚の耐荷力に関する研究WGでの諸検討結果を参考とさせて頂きました。

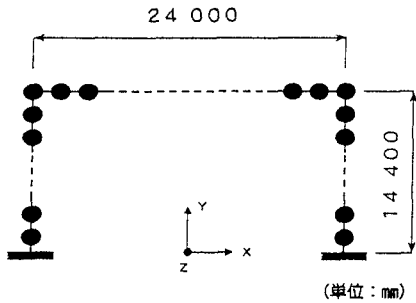


図-1 解析モデル図

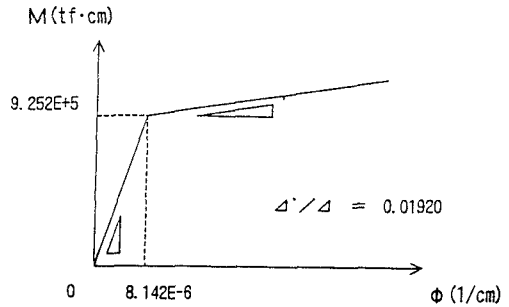


図-2 本解析に用いた骨格曲線

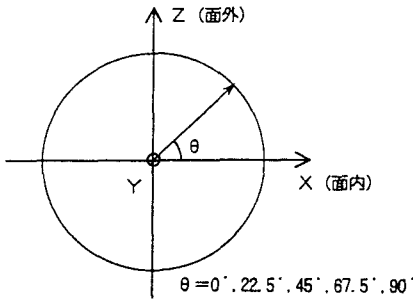


図-3 地震波入力方向

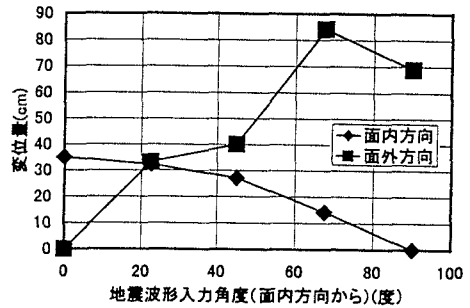


図-4 橋脚頂部変位

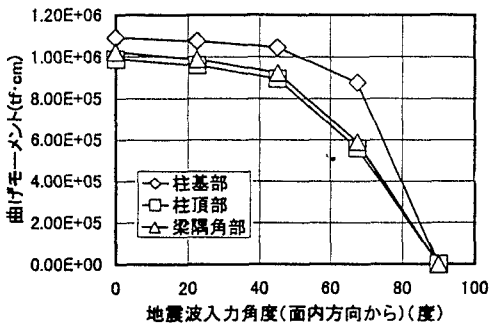


図-5 橋脚発生曲げモーメント（面外軸まわり）

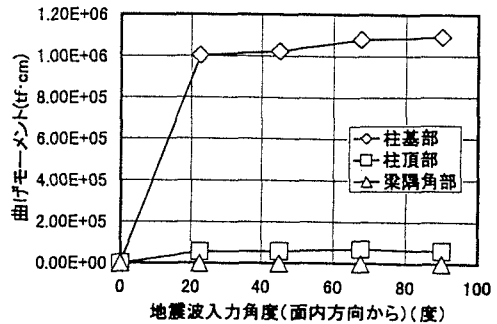


図-6 橋脚発生曲げモーメント（面内軸まわり）