

摩擦継手を有する鋼製橋脚の耐震性に関する研究

関東学院大学工学部 F10-会員 倉西 茂
 関東学院大学大学院 学生会員 上條 和之

1. はじめに

兵庫県南部地震において鋼製橋脚はまったく被害を受けなかったものから、ごく少数ではあるが圧壊や破断が生じたものまで種々の被害を受けた。その中で高力ボルト摩擦継手を有する鋼製橋脚の一部の高力ボルト摩擦継手部に滑りが生じたものが見られた。これは、高力ボルト摩擦継手を有する橋脚が地震動を受けた際、継手部の鋼板間の摩擦力に対して励起される慣性力が大きくなったために滑りが生じたものと考えられる。この高力ボルト摩擦継手部の滑りにより、継手部でエネルギー吸収等が行われ、その結果このような橋脚に大きな損傷が見られるようなことはなかった。本研究では、高力ボルト摩擦継手の鋼板間の摩擦力に着目し、ある所定の応力下で滑りが生じる高力ボルト摩擦継手を有する鋼製橋脚が地震動を受けた際、継手部で摩擦滑りを生じさせることにより、耐震性を向上させることを目的として研究を行った。

2. 解析モデルと解析方法

本研究で解析対象とする橋脚は、図1に示すような橋脚の柱部分に高力ボルト摩擦継手を有する鋼製橋脚とする。解析にあたり図1をモデル化し、上部構造とフーチングの質量、橋脚と地盤の回転バネを考慮して図2に示すような2自由度系のモデルを用いて解析を行った。解析方法はニューマークの法を用いて時刻歴地震応答の数値計算を行った。解析に用いる入力地震動は、道示 耐震設計編¹⁾時刻歴応答解析に用いる標準地震入力例の兵庫県南部地震における神戸海洋気象台地盤上南北方向の地震動とした。また、応答計算において設計水平震度を0.6とし、上部構造に励起される絶対応答加速度が0.6Gに達すると継手部で滑りが生じると仮定した。なお、本解析モデルでは減衰を考えずに解析を行った。

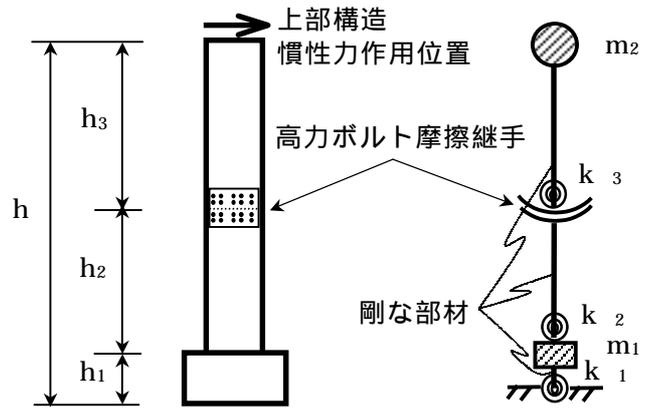


図1 解析対象橋脚

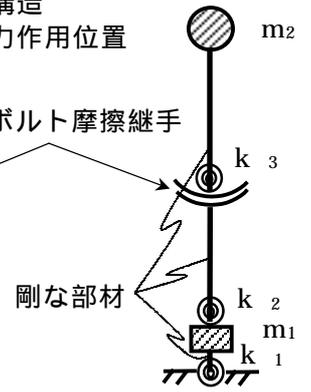


図2 解析モデル

3. 解析結果と考察

図3は地震動を入力した際の上部構造に生じる絶対加速度応答である。横軸に経過時間(s)、縦軸に絶対加速度(m/s²)を示した。解析モデルの橋脚柱高さは $h_2+h_3=10\text{m}$ とし、 $h_2=5\text{m}$ の位置に継手を設けた。第一次固有周期は0.56秒である。地震動入力後、絶対加速度は経過時間約5秒まで徐々に増加するが、ある値で頭打ちとなり、それより大きな加速度が生じていない。この頭打ちになっている値は、重力加速度 $\pm 9.81\text{m/s}^2$ に0.6を乗じた値である $\pm 5.88\text{m/s}^2$

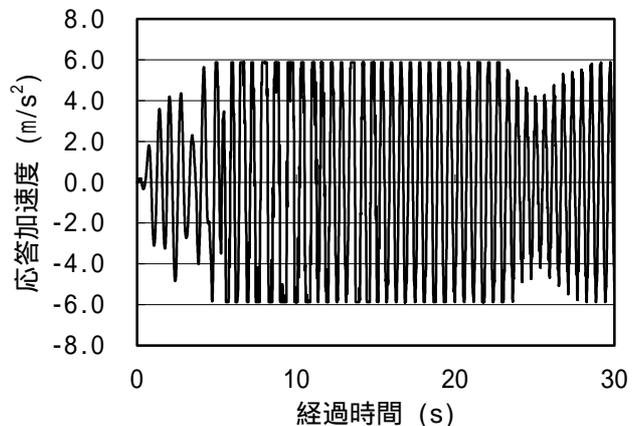


図3 上部構造の時刻歴絶対応答加速度応答

キーワード:耐震, 摩擦, 滑り, 鋼製橋脚, 数値解析

連絡先:〒236 8501 横浜市金沢区六浦町 4834 関東学院大学工学部, tel:045 786 7752, fax:045 786 7754

であることがわかった。継手部で摩擦滑りを生じさせると、上部構造の絶対加速度は0.6Gを上回ることはない。

地震動を受けた橋脚の継手部の摩擦滑りについて考察する。解析によって得られた継手部の時刻歴滑り変位を図4に示す。横軸に経過時間(s)、縦軸に応答変位角(rad)をとっている。経過時間5.6秒ではじめて継手部に滑りが生じた。その後大きな滑りをくり返し、10.8秒で最大変位0.012radを記録し、最終的に23.4秒で継手部の滑りは止まり、地震動終了後には0.009radの残留変位が生じた。このときの上部構造の残留変位は4.5cmであり、比較的小さな残留変位に留まったといえる。

地震動終了後の残留変位について考察する。図5は継手部に生じる摩擦モーメントを2割増減させ、横軸に第一次固有周期(s)、縦軸に残留変位(rad)を示した。設計水平震度を0.6, 0.7にとり解析を行った場合の残留変位は、一次の固有周期が0.4秒から0.6秒間で小さな値を記録し、固有周期が長くなるにつれ残留変位が大きくなっていくといえる。設計水平震度が0.5の場合は、固有周期が0.6秒と0.9秒で大きな残留変位を記録しているが、0.5秒のとき最小値を記録し、設計水平震度0.6, 0.7と同様に、周期が長くなるにつれて残留変位も大きくなる傾向がある。また、設計水平震度が小さいほど残留変位が大きくなるのがうかがえる。

図1の h_2 の値を3~8mにとり継手部の位置を変化させたとき、橋脚基部に励起される最大曲げモーメントおよび地震動終了後の継手部の残留変位がどのように変化するかを考察する。横軸に横軸に h_2 (m)、縦軸に残留変位(rad)、最大曲げモーメント(MNm)をとり図6に示す。残留変位は $h_2=4, 7$ mのときそれぞれ最大値、最小値を記録しているが、 h_2 の値が大きいくほど、すなわち、継手部が橋脚の上部に設けるほど残留変位は小さくなる傾向にある。それに対し、橋脚基部に励起される最大曲げモーメントは、 $h_2=3\sim 6$ mではほぼ等しいが、 $h_2=7\sim 8$ mでは増加傾向にあり、継手部を橋脚の上部に設けるほど大きな値を生じているといえる。

4. 結論

1. 地震により励起される上部構造の慣性力は、継手部の摩擦によって支配される。
2. 継手部で滑りを生じさせても地震動終了後、とくに大きな残留変位が生じることはない。
3. 継手部を橋脚柱部分の上部に設けるほど残留変位は小さくなるが、橋脚基部に励起される最大曲げモーメントは大きくなる傾向がある。

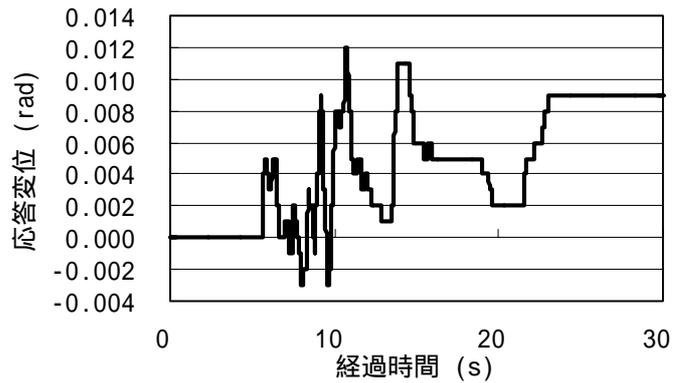


図4 継手部の時刻歴滑り変位応答

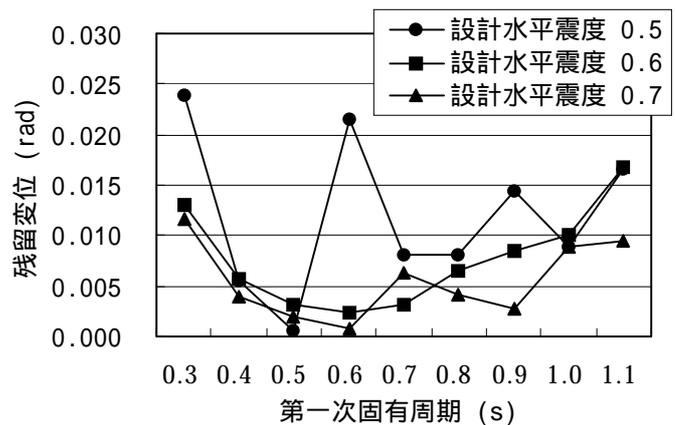


図5 残留変位応答スペクトル

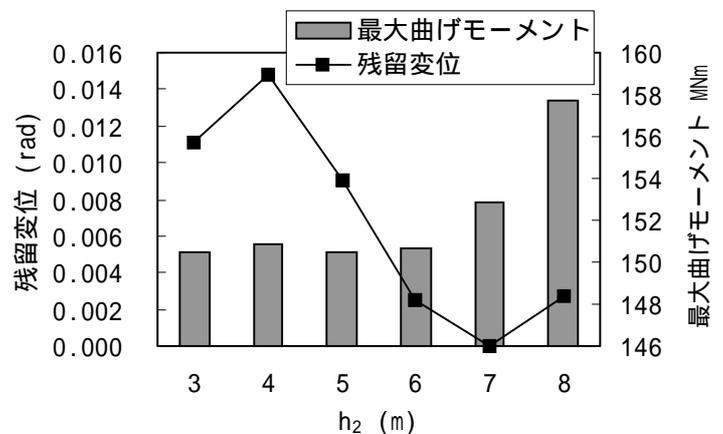


図6 残留変位と最大曲げモーメントの関係