

軟弱地盤上にある高橋脚橋の耐震性に関する一研究

京都大学工学部 正員 山田善一
 同 上 正員 古川浩平
 三菱商事株式会社 正員 ○西谷 昇

1. まえがき

軟弱地盤上に杭基礎をもった高橋脚橋の耐震性については、近年その必要が高まるとともに、実験あるいは解析によっていくつかの点が明らかになりつつある。すなわち、群杭の効果はある程度の杭の本数をもってモデル化できること、上部構造物である高橋脚および橋桁部分については、何らかの形で橋軸方向の径間の影響を考慮する必要があること、地盤が軟弱なほど地盤-杭基礎と上部構造物との相互作用が大きくなり、その結果応答が大きくなること等である。¹⁾²⁾³⁾ 本研究においては、杭基礎-地盤系と上部構造物とを一体として解析することを目的とするが、計算機の容量その他の事情で、立体的に解析することはなほだ困難であり、2次元解析とならざるをえない。そこで、まず上部構造物のみを取り出して3次元的に解析し、その特性を全体系に導入することによって橋軸方向の径間の影響を導入することとした。なお解析手法は有限要素法による。

2. 上部構造物の解析

i) モデル 上部構造物としては、橋軸方向に3径間をもった高橋脚および橋桁とし、曲げ振動を行なう立体的なはり要素によって構成されているものとする。橋脚と橋桁との間の支持条件は、連続桁橋においては1点ヒンジ、3点スライドが一般的であるが、橋軸方向に振動しやすい構造であることを考慮して、2点ヒンジ、3点ヒンジの場合を含めて解析した。Fig.1に3点ヒンジの場合のモデルの概略を示す。なお、橋脚のうちの1本は、橋軸方向の耐震性を考慮して、橋軸方向に対し、他の3本に比べて相当大きい曲げ剛性を有している。

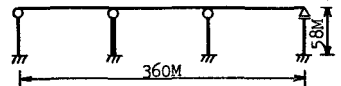


Fig. 1

ii) 解析結果 上記の種々のモデルに対し、固有値解析を行ない、さらにスペクトルおよび実地震記録によって応答解析を行なった。その結果、橋軸方向と橋軸直角方向との固有ベクトルが完全に分離し、従って応答も入力方向に対してのみ生じた。これは、要素の剛性マトリックスが2方向の重ね合わせとなっていることを原因としているが、これにより橋軸方向と橋軸直角方向とを分離して解析することができ。また、橋軸直角方向については橋桁の支持条件にかかわらず、固有ベクトル、応答値とも全く同じである。橋軸方向については、その耐震性を考慮して曲げ剛性を大きくした橋脚が、他の橋脚に比べて格段に大きな効果を発揮しており、これは橋桁の支持条件にかかわらずほぼ同じ傾向である。また、固有周期もほぼ等しい。これらのことから、橋軸、橋軸直角方向ともに近似的に固有周期を相似させることによって、立体的な解析によらなくても、平面的な問題におきかえて解析することが可能であると考えられる。したがって、地盤-杭基礎を含めた全体的

な問題に、上部構造物の特性を導入することが可能である。

3. 上部構造物を含めた杭基礎-地盤系の解析

i) モデル 有限要素法による解析モデルとしては、深さ方向には地表から基盤面までの長さ、さらに基盤の厚さとして10mをとり、水平方向には地盤の深さの約4倍をもつような矩形のものとした。実行方法には、杭基礎の影響の及ぶ範囲として30mの厚みをとった。なお地盤の弾性定数としては、N値から地震時変形係数を推定することとした。次に杭基礎のモデルとしては、杭を地盤分割線上にあるはりとして仮定して、このはりによって地盤要素の節点間の剛性が高められたものとして、その剛性マトリックスを杭を考慮しないときの地盤の剛性マトリックスに重ね合わせることにした。この杭基礎については動的な地盤改良効果が未だ明確でないため、杭基礎を考えないモデル、杭基礎の代わりに当該要素の地震時変形係数を若干割り増すモデルを合わせて解析し、比較を行なった。

上部構造物については、先に述べたところにより、橋軸方向および橋軸直角方向とに分離して解析できることが明らかとなったので、それぞれの方向について、タワー状の構造物を想定し、最上端の要素の重量をある程度調整することによって、1次固有周期を立体的な解析で求められたそれとほぼ等しくなるように決定した。これは、橋軸直角方向には4本の橋脚がほぼ均等に近く橋桁の重量を受け持ち、橋軸方向については、1本の剛性の高い橋脚によってほぼ全部の橋桁の重量を受け持っていることから、妥当であると考えられる。

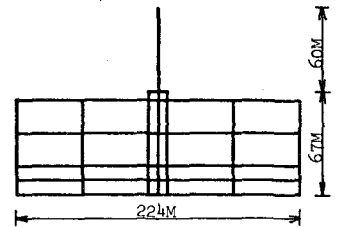


Fig. 2

解析に当たっては、上部構造物の有無、杭基礎が基盤に達しているか否かによって場合を分けて行なった。なお、いずれの場合にも杭基礎の上にはフーチングを考慮している。Fig.2にモデルの概略を示す。

ii) 解析結果 杭基礎の有無および地盤の変形係数の割り増しの妥当性については、杭基礎を考慮した場合、考慮しない場合、地盤の変形係数の割り増しを行なった場合を問はず固有周期、固有モード、応答値はほぼ同じであった。これは、上部構造物の有無を通してほぼ同様の傾向を示しており、少なくとも動的な問題については杭基礎の効果はあまり大きくはないと考えられる。これは地盤が杭基礎に比べて極めて広大であることも一因であるが、工学的には、地盤の動的変形係数を若干割り増すことによって杭基礎による地盤の改良を考慮することは妥当である。

参考文献

- 1) 土木学会高橋脚橋梁耐震設計小委員会：“高橋脚橋梁の耐震設計に関する調査研究報告書” 1976年3月
- 2) 山田、古川、河野：“基礎と高橋脚橋の相互作用”，第14回地震工学研究発表会講演概要” 1976年7月
- 3) 山田、古川、西谷：“高橋脚高架橋の耐震性に関する一研究”，土木学会第31回年次学術講演会講演概要集，1976年10月