

III-B 6 橋脚～杭基礎一体系モデルを用いた保有水平耐力照査について

日本技術開発株式会社 正会員 森 敦
建設省横浜国道工事事務所 木村 貞男
同 上 正会員 飯田 寛之
日本技術開発株式会社 正会員 佐伯 光昭

1. まえがき

平成7年2月兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様および復旧仕様の解説(案)(以下復旧仕様と呼ぶ)においては、杭基礎に対する地震時保有水平耐力照査を規定している。その方法のひとつとして杭体および地盤の非線形特性を考慮した荷重～変位量曲線の算出に基づく詳細法が示されている。一般に抗ラーメンのような不静定構造では水平力の増加に伴う軸力の変動により、杭体の曲げ剛性 ($M \sim \phi$ 特性) は引抜き側と押込み側で異なったものとなる。復旧仕様においてはこの影響を設計上の取り扱いが容易となることから引抜き側での軸力が0、押込み側での軸力が鉛直荷重/杭本数として考慮している。しかしながら、軸力の変動は水平力の増加に伴うものであり、ある軸力状態に限定して杭体の曲げ剛性を設定することは、杭基礎の荷重～変位曲線算出の精度に影響を与える場合があるものと考えられた。本報告は、上述の軸力変動の影響の把握のために橋脚～杭基礎一体系モデルを用いて実施したひとつの検討結果について示したものである。

2. 検討条件

図-1に本報告で検討対象としたRCタイプ橋脚と場所打ち杭(杭の $\ell/d=11.7$)の概要を示す。図-2には橋脚～杭基礎一体系モデル(一体モデル)を示す。なお、復旧仕様での杭基礎モデルは図-2のフーチング底面より下の部分を分離したものである(分離モデル)。

3. 検討結果

図-2のモデルに水平荷重を一方方向に徐々に載荷し求めた荷重～変位曲線を図-3に示す。同図には一体モデルとして求めたフーチング底面位置と上部工慣性力作用位置での荷重～変位曲線および分離モデルによるそれとを比較して示してある。フーチング底面位置における荷重～変位関係に着目すると一体モデル、分離モデルともにほぼ直線的に変化しており、橋脚は1400tfあたりから明らかに降伏～終局領域に入っているのに対し、基礎はまだ十分な耐力を保有していることが見て取れる。これは図-2の本検討に用いた地盤の物性値からわかるように、杭頭付近の地盤のN値が20を越えている良好な

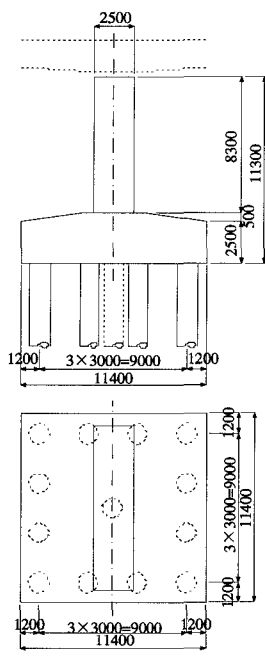


図-1 検討対象橋脚概要図

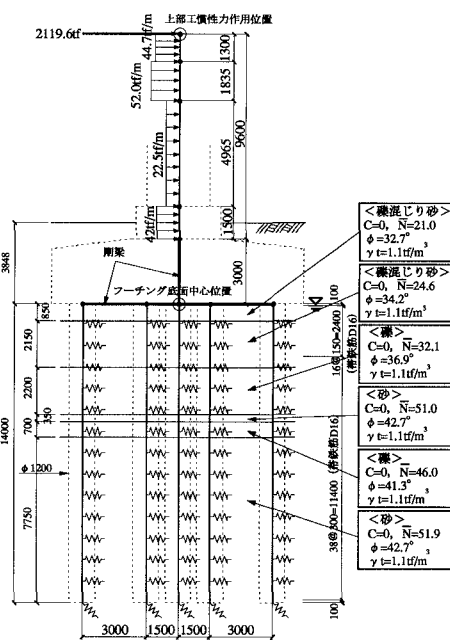


図-2 モデル図

地盤であることから、地盤自体の降伏強度はかなり高いためであると考えられた。この時の上部工慣性力作用位置での荷重～変位曲線より求められるじん性率は一体モデルで4.04、分離モデルで6.40となっており、これは各モデルでの変形モードの違いが特に杭基礎の回転変形の差により現れたためと考えられた。図-4には一体モデルにおける変形図を橋脚基部が降伏に達した状態に対して示すが、この時既に引抜き側最外縁の杭頭部付近の2ヶ所で部材が終局状態に達しているものの、図-3の基礎の荷重～変位曲線にはその影響は見られない。この橋脚基部が降伏した状態（載荷荷重1412tf、震度0.58相当）での杭体に発生する軸力は引抜き側最外縁で293tf/

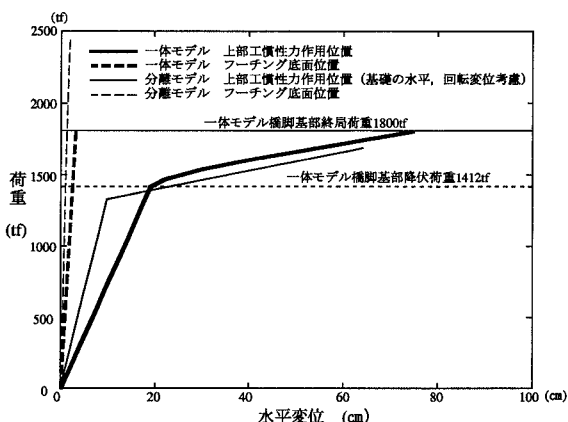


図-3 荷重～変位曲線

本の引張力、押込み側最外縁で642tf/本の圧縮力となっており、復旧仕様での取り扱い（引抜き側で0tf/本、押込み側で188tf/本）とはかなり異なった状態を呈している。図-5には図-4の変形状態に対応する杭体に発生する曲げモーメント分布を示すが、引抜き側最外縁は発生している軸力が引張となるため小さな終局曲げモーメントとなっている。逆に押込み側最外縁の杭では圧縮力が作用しているため、比較的大きな終局曲げモーメントを有しており、発生曲げモーメントに比べて余裕がある。引抜き側最外縁の杭で2ヶ所塑性ヒンジが発生したため、これ以降の水平力の増加に対しては他の杭に曲げモーメントがシフトしていくが、橋脚基部の塑性変形によるエネルギー吸収が顕著なため、あまり大きな曲げモーメントの増加は見られなかった。

4. あとがき

本報告での一体モデルと分離モデルによる地震時保有水平耐力照査としては、両モデルともに本構造系の耐震安全性は確保されているという結果となった。しかも、解析上精度を高めた一体モデルによれば、杭体には局部的な終局状態が発生するものの、杭基礎としては耐震安全性が確保され得るという結果が得られた。しかしながら、本検討ケースにおいては発生する変形量およびじん性率において両者に差が出ており、これは一体モデルが杭ラーメンに発生する軸力の変動を考慮して杭体曲げ剛性を設定しているという手法の違いによるところが主要因であると思われる。したがって、今後杭基礎の耐震設計において水平変位量に対する制限を設けるとしたならば、ここでの報告結果のように軸力の変動に起因する適切な杭体剛性の評価が設計、照査精度を高める上で重要となり得るものと思われる。

〈謝辞〉

本報告をまとめるにあたり、建設省土木研究所構造橋梁部基礎研究室の木村主任研究員より有益な助言を頂いた。ここに記して謝意を表します。

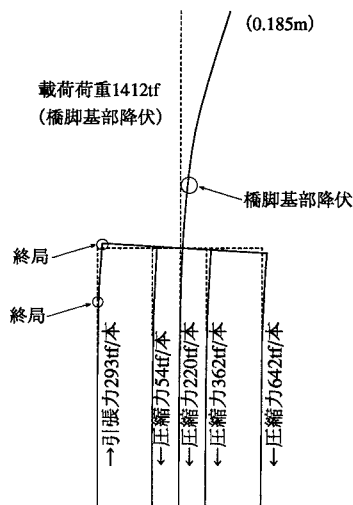


図-4 一体モデル変形図

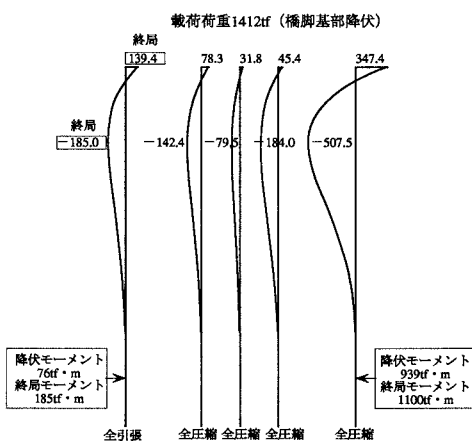


図-5 杭体曲げモーメント分布