

## I - B 315 杭の慣性力が桁一橋脚一基礎系の非線形応答に与える影響

東京工業大学社会人博士課程 正会員 矢部正明 東京工業大学 工学部 フェロー会員 川島一彦

### 1. まえがき

従来、杭基礎の耐震設計では、液状化等により杭が突出した状態となる場合を除いて、杭の慣性力が杭基礎や、それに支持された橋脚および桁の地震応答に与える影響は少ないとして無視してきた。これは、地盤中に根入れされた杭は、杭自身の振動が卓越することではなく地盤と一緒に振動すると考えられてきたからである。しかし、兵庫県南部地震のように極めて大きな地震動が作用した場合には、地盤の非線形化の度合いは非常に大きくなるため、液状化が生じない場合にも地盤の水平方向の抵抗は小さくなることから杭自身の振動の影響も無視できなくなる。本研究では、積層ゴム支承を水平力分散支承として用いた5径間連続鋼Iげた橋の桁一橋脚一杭基礎系からなる構造系を取り出して、図-1に示すようにモデル化した。そして、杭の質量を考慮した場合と、無視した場合の非線形動的解析を行い、杭の慣性力が桁一橋脚一杭基礎系の非線形応答に与える影響を検討した。

### 2. 解析対象橋梁と解析モデル

対象とした杭基礎は、比較的硬い地盤(Ⅱ種地盤)中に設置された径1.2m、長さ15mの現場打ち杭3列@3本と、軟質な地盤(Ⅲ種地盤)中に設置された径1.2m、長さ30.5mの現場打ち杭3列@3本である。杭基礎に支持されるRC橋脚は、RC橋脚の降伏耐力と杭基礎の降伏耐力の比(杭基礎/RC橋脚)がⅡ種地盤では1.04、1.36、Ⅲ種地盤では0.98、1.52となるようにその配筋を変化させた。

解析モデルを図-1に示す。RC橋脚と杭の復元力は、ひびわれ点は無視した剛性低下型のTakedaモデル、周辺地盤の復元力は、Hardin-Drnevich型の双曲線モデルによってそれぞれ表した。杭基礎は、バネを介して1次元地盤モデルに支持されているとモデル化している。フチング前面～地盤間バネの復元力は、スリッパ型のバイニアモデル、杭～地盤間の水平方向バネと杭先端～支持地盤間の鉛直方向バネの復元力は、完全弾塑性型のバイニアモデルで表した。入力地震動は、道路橋示方書のタイプⅡ地震動による地盤上での標準波形から、SHAKEにより基盤面の地震動を求め、これを基盤地震動として図-1の地盤モデルに作用させて地盤の応答を求めた。

### 3. 杭の慣性力が非線形応答に与える影響

地震時保有耐力法による設計では、図-2に示すように、上部構造慣性力作用位置における水平変位 $\delta$ は、フチングの変形( $\delta_f, \theta_f$ )により生じる水平変位 $\delta_F$ 、橋脚の変形( $\delta_p, \theta_p$ )により生じる水平変位 $\delta_P$ 、支承の変形により生ずる水平変位 $\delta_B$ の和として与えられる。表-1は、これらの水平変位に杭の慣性力が与える影響を比較した結果である。これより、杭の慣性力がフチングより上に存在する構造の変形に与える影響は少ないことがわかる。また、杭の慣性力がフチングの変形に与える影響は、軟質な地盤中に設置された杭基礎では基礎の水平変位 $\delta_f$ が杭の慣性力を無視した場合の約1.6~1.7倍となっているのに対して、比較的硬い地盤中に設置された杭基礎では杭の慣性力がフチングの変形に与える影響は小さいことがわかる。

地震時にフチング底面に生じる水平力と曲げモーメントは、フチング底面よりも上に存在する構造の復元力と減衰力に釣り合う慣性力によって求めることができる。表-1には、フチング底面に生じる水平力と曲げモーメントに杭の慣性力が与える影響を比較した結果も示してある。これより、フチング底面の水平力と曲げモーメントに杭の慣性力が与える影響は小さいことがわかる。

図-3と図-4は、RC橋脚と杭基礎の降伏耐力が接近している場合を対象に、杭に生じる曲率分布を前列の杭に対して示したものである。これより、杭に生じる曲率に杭の慣性力が与える影響は、杭の損傷が大きい杭頭部付近で大きく、杭の慣性力を無視した場合の約1.3~1.4倍となっている。これは、杭基礎の降伏耐力がRC

杭基礎、地震時保有耐力法、非線形応答、フッシュナー・アトリス

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2922 FAX 03-5734-3577

橋脚の降伏耐力よりも大きい場合においても同様な傾向にある。

4. あとがき

杭の慣性力が桁-橋脚-基礎系の非線形応答に与える影響は、フーチング底面よりも下の構造において大きいことから、実務的には、地震時保有耐力法においてフーチング底面に作用させる水平力と曲げモーメントを割り増すことにより、プッシュオーバーアナリシスによって非線形動的解析結果を再現できると考えられる。

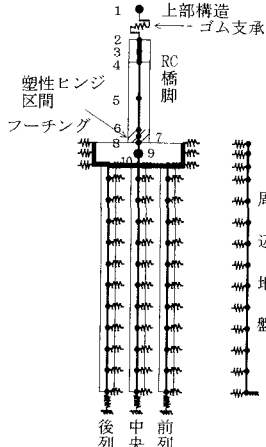


図-1 桁-橋脚-杭基礎系の解析モデル

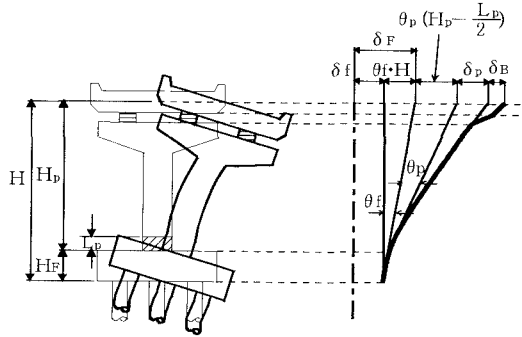


図-2 上部構造慣性力作用位置に生じる水平変位

表-1 杭の慣性力が非線形応答に与える影響の比較結果

着目量		II種地盤		III種地盤					
		1.04		1.39		0.98		1.52	
		考慮	無視	考慮	無視	考慮	無視	考慮	無視
位置性の力作用 位置 (mm)	支承の変形	316	313	259	254	281	282	226	226
	橋脚の曲げ変形	17	17	14	14	16	17	13	14
	橋脚の塑性変形	186	192	374	368	85	92	252	255
	基礎の水平変位	57	54	23	21	121	77	73	42
	基礎の回転	183	176	61	59	52	52	39	39
フーチング底面の慣性力	水平力 (MN)	8.93	9.01	7.88	7.94	9.96	10.1	8.62	8.65
	モーメント (MN・m)	92.6	92.3	78.7	78.5	94.2	95.7	79.0	79.9

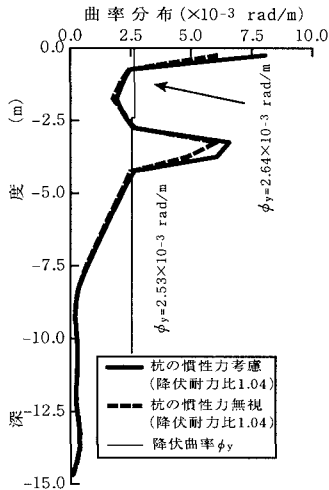


図-3 杭に生じる曲率分布 (II種地盤)

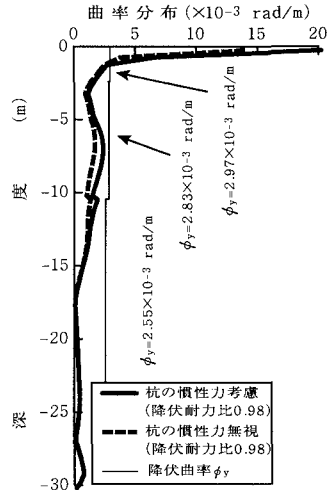


図-4 杭に生じる曲率分布 (III種地盤)