

I - B403

杭基礎の地震時挙動に関する研究

九州大学工学部建設都市工学科 学生員 久納淳司 松尾浩二
九州大学工学部建設都市工学科 フェロー 大塚久哲
九州大学工学部建設都市工学科 正会員 比江島慎二

1. 目的

今回の道路橋示方書の改訂で、従来の震度法に加え、地震時保有水平耐力法による耐震設計が杭基礎を含む多くの基礎構造に対して規定された。本研究では、道路橋示方書に規定された解析モデルによる静的非線形解析と地盤の変位を考慮した動的解析の結果の比較を行い、杭基礎の地震時応答の検討を行った。

2. 内容

2.1 静的解析

2.1.1 静的解析モデル

今回用いる解析モデルは、地盤の抵抗特性、杭体の曲げ特性を取り込んだ非線形フレームモデルである。フーチングは剛体とし、杭の軸方向抵抗特性、杭周辺地盤およびフーチング前面地盤の水平抵抗特性は弾塑性型とする。杭体の曲げモーメント-曲率関係には杭体が鉄筋コンクリートであるためトリリニア型を用いた。地盤ばねは道路橋示方書の下部構造編より求め、その上限値は耐震設計編における地震時土圧より求めた。図-2.1にそのモデルを示す。

2.1.2 解析方法

地震時に作用する上部構造および橋脚の慣性力を、フーチング重心位置に静的に漸増荷重として作用させ、その時の上部構造慣性力作用位置とフーチング重心位置における荷重-変位曲線を求める。道路橋示方書の規定に従い、杭基礎の降伏状態の判定にはすべての杭が降伏する場合とした。

2.2 動的解析

2.2.1 動的解析モデル

杭基礎-地盤系を多質点系モデルとして解析を行った。このとき、相互作用ばねの支点に対して、自然地盤の変位を入力した。杭体の曲げは非線形性を考慮した。地盤の相互作用ばねはNovakらの動的水平ばね定数の実数部より求め、基礎と周辺地盤の付着が不完全である場合や動的な群杭効果を考慮するために低減率 μ を0.5、0.75、1.0として、それぞればね定数に乗じて解析を行った。また、自然地盤の応答変位は解析対象地盤を、非線形性を考慮した多質点系せん断ばねモデルでモデル化し、入力地震波を作用させた場合の各質点の応答変位を用いた。せん断ばねの復元力特性には、Ramberg-Osgoodモデルを用いた。図-2.2に動的解析モデルを示す。この図は杭1本のみを示しているが、杭体のモデル化は、静的解析モデルと同様である。

2.2.2 解析方法

後述する地震波を基礎基盤部に入力するとともに、自然地盤の応答変位を相互作用ばねの支点に変位入力する。また降伏状態の判定には杭体の曲げモーメント-曲率関係より判断した。

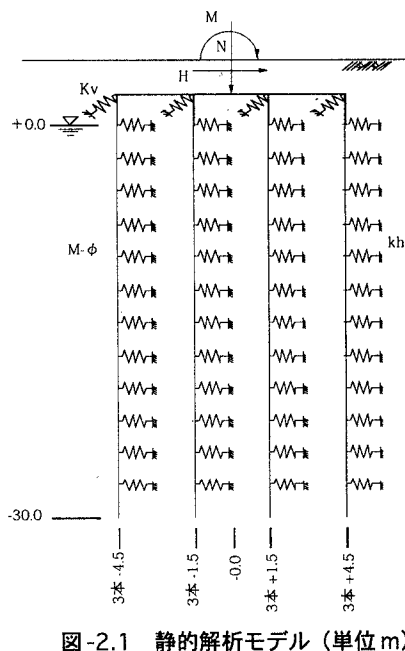


図-2.1 静的解析モデル(単位m)

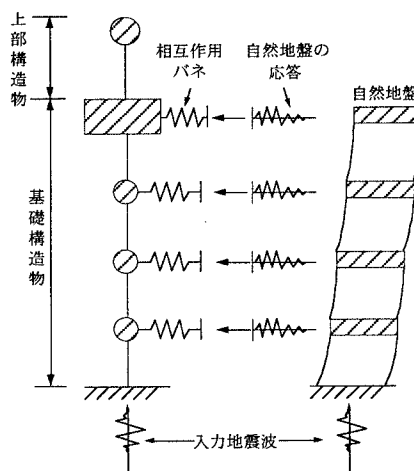


図-2.2 動的解析モデル

Keywords : 杭基礎-地盤系の動的挙動、地震時保有水平耐力法、応答塑性率

連絡先 : 〒812 福岡市東区箱崎6-10-1 TEL 092-642-3268

2.2.3 入力地震波

検討対象地盤がⅢ種地盤であるので、道路橋示方書で適当とされる東神戸大橋の基盤部（-33.0m）における地震波を用いた。

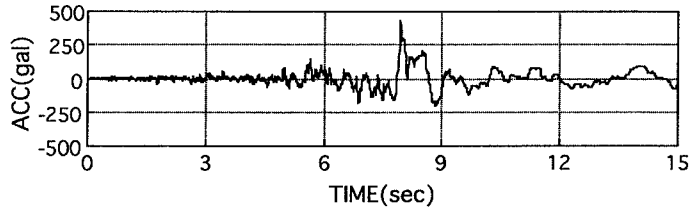


図-2.3 入力地震波

2.3 静的解析の結果と動的解析の結果の比較

図-2.4、2.5にあるように静的解析の結果によれば、降伏点以前で明らかに剛性の低下が生じているが、道路橋示方書では全杭降伏状態を基礎の降伏とみなしているため、それ以前に杭体に降伏が生じ、剛性が低下していることをよく表す結果となっている。はじめに降伏するのは、すべて杭頭部であった。また静的解析における曲げモーメントの深さ方向分布は、水平震度 $K_h=1.0$ が作用したときの応答である。図-2.6では地盤の応答変位入力の有無に関して、上部構構性力作用位置について比較を行った。図-2.7に杭の深さ方向曲げモーメント分布の比較、図-2.8に応答塑性率の比較を示す。応答塑性率は、静的解析については道路橋示方書の算出法より、動的解析についてはその最大変位を静的解析の降伏変位で除した値を用いた。

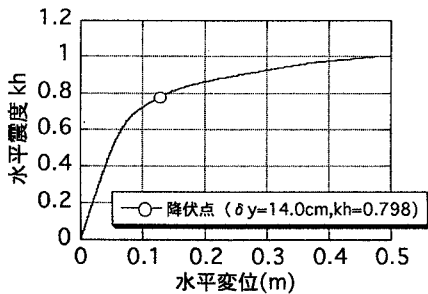


図-2.4 静的 $kh-\delta$ 関係（上部構構性力作用位置）

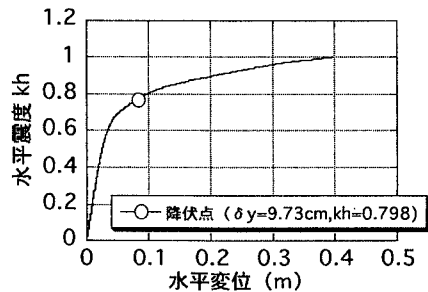


図-2.5 静的 $kh-\delta$ 関係（フーチング重心位置）

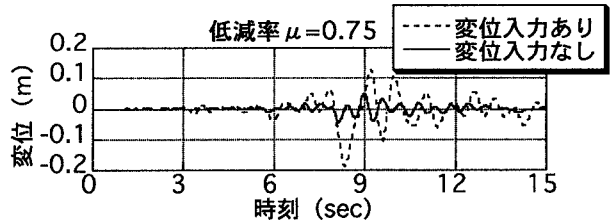


図-2.6 動解応答変位（上部構構性力作用位置）

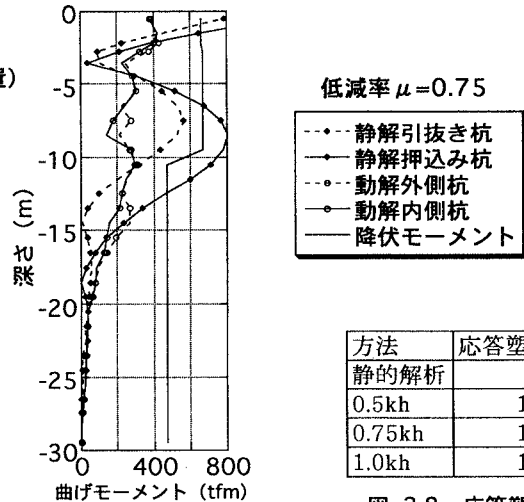


図-2.7 曲げモーメント分布

方法	応答塑性率
静的解析	2.27
0.5 k_h	1.353
0.75 k_h	1.331
1.0 k_h	1.315

図-2.8 応答塑性率

3. 結論

動的解析における応答塑性率は、静的解析の結果に比べると小さくなり、また杭に生じる曲げモーメントも静的解析に比べ小さくなった。これらから、地震時保有水平耐力法などの静的な設計法では杭に生じる荷重をかなり大きく見積もっているのではないかと考えられる。

<参考文献>

- 1) 建設省：道路橋示方書・同解説、社団法人日本道路協会、1996。
- 2) 土木学会：動的解析と耐震設計、技報堂出版