

地盤 - 杭基礎構造物系の地震応答に及ぼす系構成要素の非線形性の影響

愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎  
 愛媛大学大学院 学生会員 平田 昭博

1. はじめに

兵庫県南部地震のような極めて強い地震動の下では地盤、杭、上部構造物ともに非線形領域に達していると考えられ、杭の非線形性と地盤の非線形性が上部構造物と杭の応答に及ぼす影響を把握する必要がある。そこで、本研究では、軟弱な地盤中に建設される道路橋の橋脚を検討対象とし、ばね質点系にモデル化することによって、地震応答に対する地盤と杭の非線形性の影響について検討した。また、地盤と杭の動的相互作用を表す相互作用ばねについては、ばね定数を小さくしていくことで、等価線形的に、その影響を検討した。

2. 解析モデルと解析ケース

図-1 に解析対象とする道路橋基礎<sup>1)</sup>を示す。解析は質点系モデルの1つである Penzien モデルを用いた。質点間隔はフーチング部分を除き 1 m とし、質点数は 43 点とした。地盤特性は図-1 中に示す各層の N 値より設定した。杭先端に入力する波形は 1995 年兵庫県南部地震の際に神戸ポート

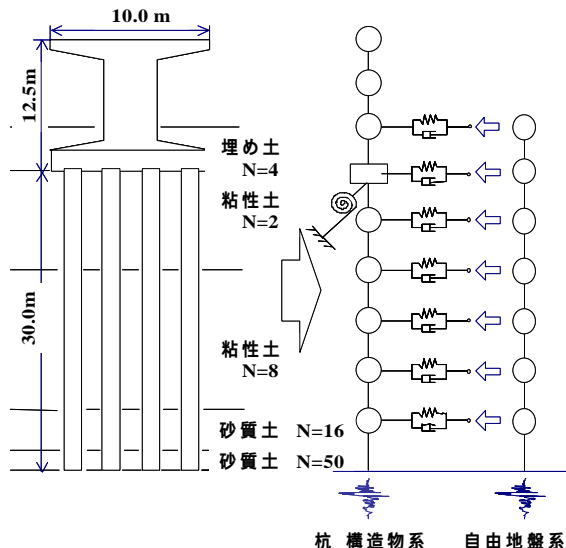


図-1 解析対象図

表-1 解析ケース

		杭	
		線形	非線形
地盤	線形	a	b
	非線形	c	d

アイランドで観測された-83 m(NS成分)の加速度記録(図-2)とした。また、地盤の復元力特性は Ramberg-Osgood モデル、杭の復元力特性は武田モデルを用いた。表-1 に解析ケースを示す。相互作用ばねについては、Mindlin 解を基礎として算定した相互作用ばね定数の基本値を 1/2、1/5、1/10、1/20、1/50、1/100 倍したものをを用い、比較した。

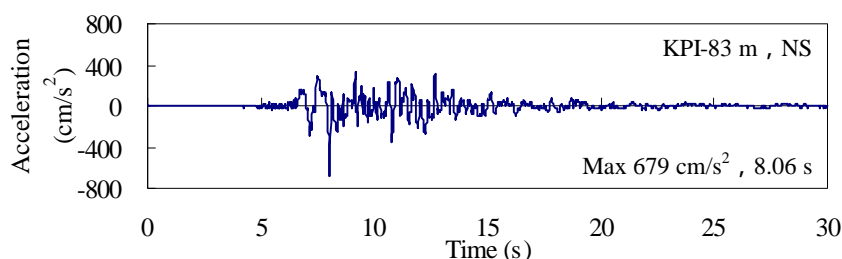


図-2 入力加速度

3. 解析結果

3.1 地盤の非線形性の影響

杭が非線形である場合の地盤の非線形性について示す。図-3 に自由地盤系の最大せん断ひずみ分布を示す。地盤の非線形化により、自由地盤の -30 m 付近(-32 m ~ -28 m の砂質土層)で大きなせん断ひずみが生じている。図-4 に杭の曲げモーメント分布を示す。曲げモーメントが -30 m 前後で大きく増加しており、これは地盤のせん断ひず

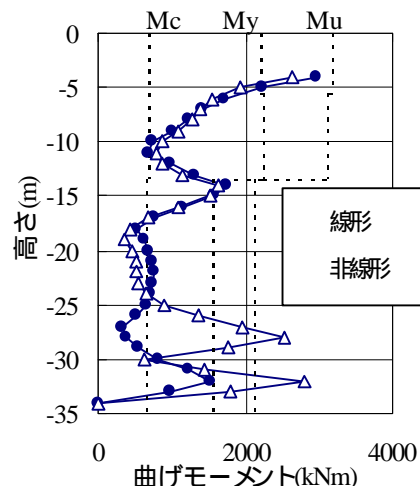
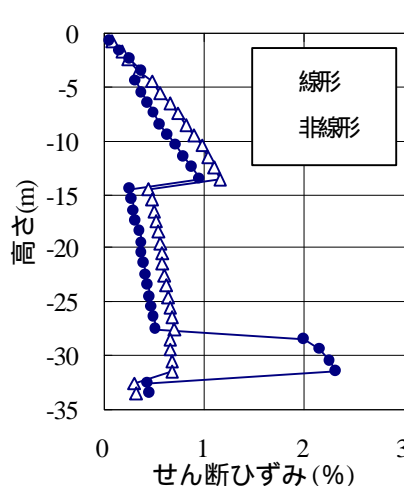


図-3 自由地盤系の最大せん断ひずみ分布  
 図-4 杭の最大曲げモーメント分布

みが大きく現れたことに起因すると考えられる。

### 3.2 杭の非線形性の影響

地盤が非線形である場合の杭の非線形性について示す。図-5に橋脚上端の加速度時刻歴を示す。この図によると、上部構造物の加速度は杭の非線形性の影響を受けていないことがわかる。図-6に連成系の最大変位分布、図-7に連成系の最大加速度分布を示す。これらの図より、連成系の変位、加速度の応答は杭の非線形性の影響をほとんど受けないことがわかる。

### 3.3 相互作用ばねの影響

図-8に杭の最大曲げモーメント分布を示す。この図において、ばね定数が小さくなると、杭頭部では、曲げモーメントが大きくなり、-28 m付近と-32 m付近の地中部では、曲げモーメントが小さくなっている。これは、杭頭部では、上部構造物の慣性力に対する抵抗力の減少により曲げモーメントが増加したと考えられ、地中部では、地盤のひずみの影響により曲げモーメントが減少したと考えられる。よって、相互作用ばねのばね定数が小さくなることで、自由地盤系の影響が連成系に反映されにくくなることがわかる。

## 4. 結論

- (1) 地盤の非線形性を考慮することで、地盤のひずみが大きく現れた箇所は曲げモーメントも大きな値を示す。
- (2) 杭と上部構造物の変位と加速度の応答は杭の非線形性の影響をほとんど受けない。
- (3) 相互作用ばねのばね定数が小さくなると、杭頭部では曲げモーメントが増加し、地中部では曲げモーメントが減少する。

### 今後の課題

本研究では、相互作用ばねが応答に及ぼす影響を検討するために、相互作用ばねのばね定数を徐々に小さくしていくことで、等価線形的に解析を行った。しかし、相互作用ばねを非線形とし解析することは、杭基礎構造物の動的相互作用を明らかにする上で極めて重要であると考えられる。したがって、今後は相互作用ばねを非線形要素としてモデル化し、その影響を明確にすることが望まれる。

### 参考文献

- 1) 森 伸一郎, 三浦房紀: 杭基礎構造物の地震応答解析法, 杭基礎の耐震設計に関するワークショップ概要集, pp.1-7, 1999.8

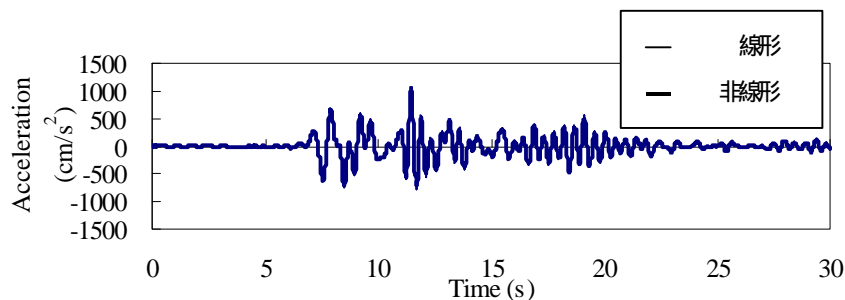


図-5 橋脚上端の加速度時刻歴

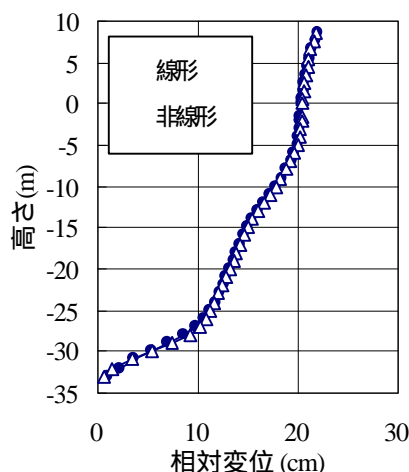


図-6 連成系の最大変位分布

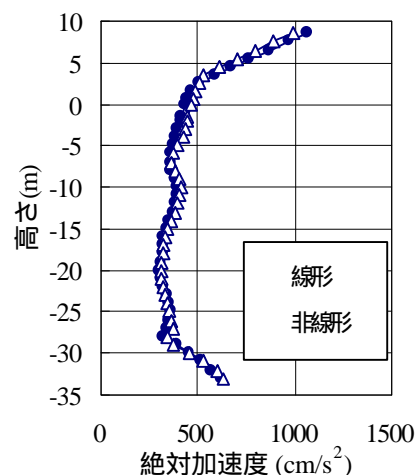


図-7 連成系の最大加速度分布

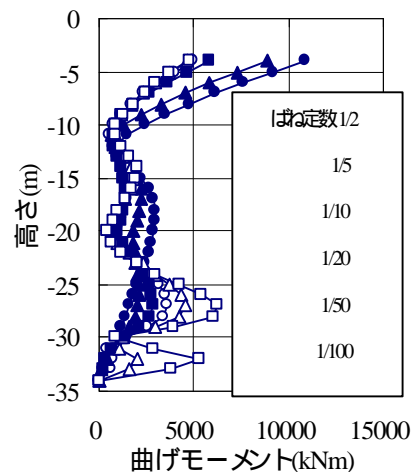


図-8 杭の最大曲げモーメント分布の比較