

杭基礎構造の地震応答解析

高知高専土木工学科 正 吉川正昭 竹内光生
東京都立大学土木工学科 学〇楠博典

1. はじめに

1995年1月17日、兵庫県南部地震（阪神大震災）が発生し、神戸を中心に土木構造物が多大な被害を受けた。高知県では、南海大地震がいつれ起こる状況にある。本研究では、高知市内の地盤柱状図から比較的N値の小さい軟弱地盤上に杭基礎で支持された地上4階の構造物を想定し、最大値を等しくした卓越周期の異なる4種類の入力地震波について、応答解析を行い断面力を比較、検討した結果を報告する。

2. 解析手法

地盤および杭・上部構造物系モデルは、せん断集中質点系とし、各質点は、バネ、ダッシュポットで接続され、杭・上部構造物系の杭は、地震動にตอบสนองする周辺地盤と杭先端の基盤で支持されているものとする。まず、基盤に地震動が作用したときの周辺地盤各質点の応答値を求めている。杭・上部構造物系は、地盤の応答値と杭先端からの地震動を入力し応答値を求めている。運動方程式をマトリクス形式で表すと、以下のようになる。

$$[M](\ddot{u}) + [C](\dot{u}) + [K](u) = -[M](\ddot{z})$$

ここに、 $[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$ は、杭・上部構造系の質量マトリクス、減衰マトリクス、剛性マトリクスである。 $\{u\}$ は、杭・上部構造系の変位ベクトル、 $\{\ddot{z}\}$ は、地震動の加速度ベクトルである。地盤の運動方程式も同様に表すことができる。地盤、杭・上部構造系の固有振動数は、上式の減衰マトリクス $[C]$ および地震動の加速度ベクトル $\{\ddot{z}\}$ をゼロとして求められる。

3. 解析条件

解析モデルを図-1に示す。地上部の質点数は4、基礎は1、杭質点数は9としている。杭長30m、直径100cmのR C杭8本とし、杭先端の支持条件はピン支持としている。地盤、上部構造物、杭、基礎の入力定数を表-1に示す¹⁾²⁾。入力地震波は、標本点間隔0.02 sec、継続時間10secの八戸、神戸、El. Centro、Taftの4種である。この4種の地震波の最大加速度を同じ100ガルとして、地表から30m下の基盤面から入力している。入力地震波の加速度時刻歴、加速度のパワースペクトラムを図-2に示す。卓越振動数は、八戸では1.2Hz、1.6Hz、2.0Hz、神戸では1.4Hz、2.2Hz、2.8Hz、El. Centroでは1.1Hz、1.5Hz、1.8Hz、2.2Hz、Taftでは1.2Hz、2.0Hz、2.8Hzとなっており、八戸、神戸の卓越振動成分の振幅は大きい。せん断バネ復元力特性は、地上部は線形、非線形（武田モデル）の2通り、地盤については線形として解析を行っている。

4. 解析結果

杭・上部構造系と地盤の固有振動数を1次から3次まで表-2に示す。杭・上部構造系の1次固有振動数は1.83Hz、地盤の1次固有振動数は0.67Hzとなっている。地盤の1次固有振動数は入力地震波の卓越振動数と離れているが、杭・上部構造系の1次固有振動数はEl. Centroの卓越振動数1.8Hzに近い。また、杭・上部構造物の応答加速度、変位、モーメント、せん断力の最大値包絡線分布を、上部構造物が線形の場合図-3に、非線形の場合図-4に示す。図-3によると地上4階の最大応答値は変位をのぞいて、最も大きいのは八戸で、最も小さいのはTaftである。Taftの場合、卓越振動成分の振幅は小さく、卓越振動数も地盤、および杭・上部構造系の固有振動数と離れている。図-4によると変位の応答値は多少増加しているが、変位以外は、50%ほど減少している。特に、El. Centroの応答値は相対的に小さくなっている。これはせん断バネの減少に伴い、杭・上部構造系の固有振動数が減少し、El. Centroの卓越振動数1.8Hzと離れるためであると思

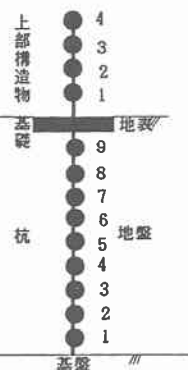


図-1 解析モデル

われる。

5. 考 察

地震の卓越振動数が地盤や杭・上部構造系の固有振動数に近いほど加振する力は大きくなっている。また、上部構造のせん断バネ復元力を非線形とする場合、せん断バネの減少に伴い、線形の場合より加振する力は小さくなっている。

表-1 入力定数

(a) 上部構の入力定数

層	高さ (cm)	質量 (t)	剛性の入力定数 (t/cm)
4	325	408.9	350.0
3	325	479.0	550.0
2	325	424.0	700.0
1	368	431.3	868.0

(c) 杭の入力定数

層	高さ (cm)	質量 (t)	曲げ剛性 (t/cm ²)	相互作用係数 (t/cm)
9	300	37.70	1.57E10	364.0
8	300	45.24	1.57E10	372.0
7	300	45.24	1.57E10	240.0
6	300	45.24	1.57E10	212.0
5	300	45.24	1.57E10	212.0
4	300	45.24	1.57E10	264.0
3	300	45.24	1.57E10	292.0
2	300	45.24	1.57E10	740.0
1	300	45.24	1.57E10	1772.0

(d) 地盤の入力定数

層	高さ (cm)	質量 (t)	剛性の入力定数 (t/cm)
10	300	5.80	6.80
9	300	5.70	5.18
8	300	5.70	4.53
7	300	5.70	2.92
6	300	5.70	2.50
5	300	5.70	2.50
4	300	5.70	3.23
3	300	5.70	3.55
2	300	5.70	9.05
1	300	5.70	21.65

(b) 基礎の入力定数

質量 (t)	回転剛性 (t/cm ²)	せん断剛性 (t/cm)	せん断係数 (t/cm)
811.2	811.2	469.0	2.64E08

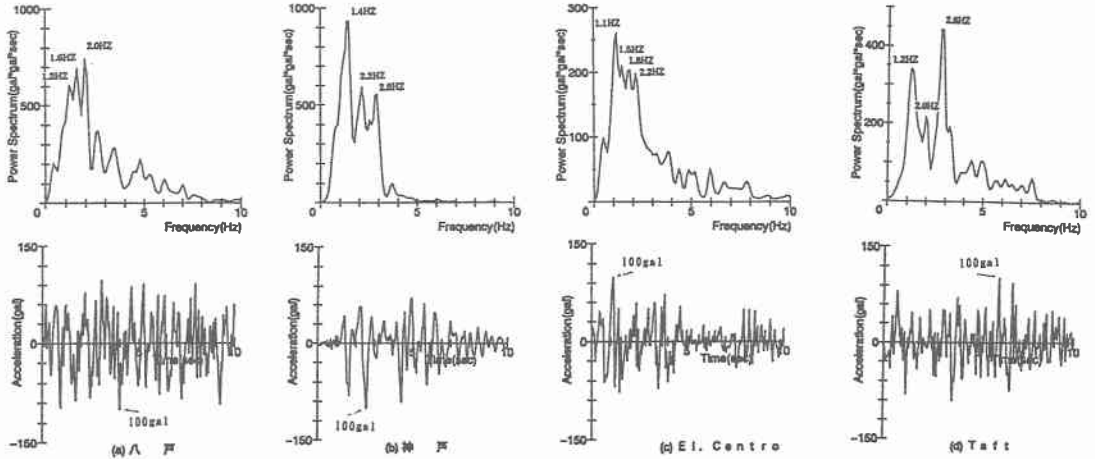


表-2 固有振動数

固有振動数 (1/s)	1次	2次	3次
杭・上部構造系	1.83	4.64	6.32
地盤	0.67	2.11	3.45

図-2 入力地震波

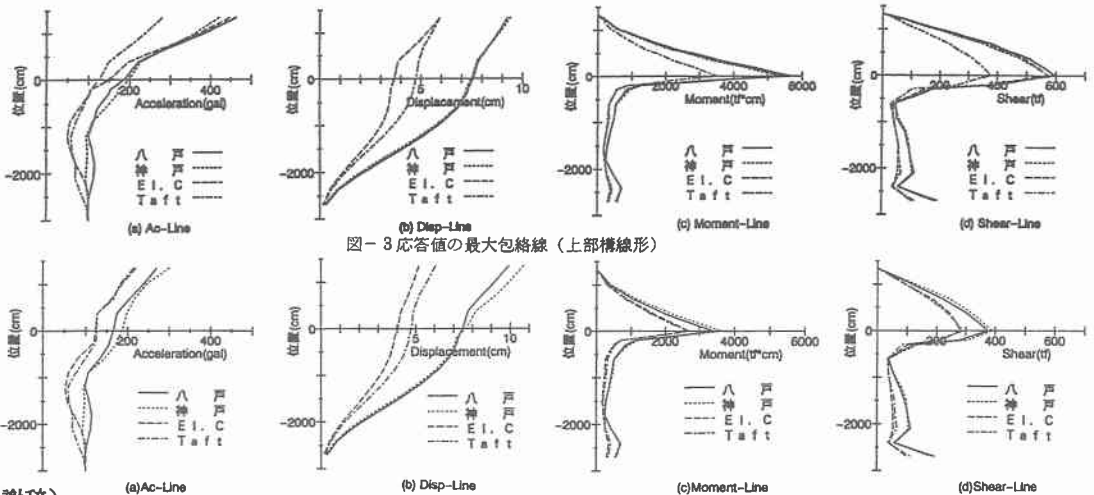


図-3 応答値の最大包絡線(上部構線形)

謝辞)

図-4 応答値の最大包絡線(上部構非線形)

本研究を行うにあたり、(株)奥村組筑波研究所の秦雅史主任研究員には多大な助言をいただいた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 土質工学会編：土と構造物の動的相互作用，1973.10
- 2) 土質工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例，1981.8