

1. はじめに

地盤、杭、構造物の相互作用を考慮した解析方法として、Penzien の集中質量系モデル^{1),2)}を用いた方法がある。これは地盤、杭、構造物を質点系に置換し、地盤と杭-構造物系間の相互作用をばねダッシュポットで表現し解析を行う方法である。解析結果として、相互作用を踏まえた建物の応答値以外に、杭の応答値も求められるため、杭の動的設計にも適用できる。Penzien の方法は、膨大な量の計算を必要とする有限要素法、あるいは波動理論が難解な上に、原則として弾性範囲しか適用できない分布質量系モデル³⁾に対し、比較的解析が容易なこと、また塑性域の解析も可能であることから、現段階では最も実用的な方法であるとされている。

本研究では集中質量系モデルを用い、中村市中村高校周辺の地盤を対象とし、3階建 RC ビルディングについて、地盤が液状化する場合と液状化しない場合の地震応答解析を行った。解析結果として、杭-基礎-構造物系の応答加速度波形および応答変位波形、地盤の応答加速度波形および応答変位波形、杭-基礎-構造物系の最大応包絡線分布、地盤の復元力図を求めたので報告する。

2. 解析方法および解析ケース

本研究では、解析に用いる集中質量系モデルを Fig.1 のように仮定した。入力地震波は模擬南海沖地震波（以下、模擬地震波と称する）と、地表観測地震波（十勝沖地震 2003.09.26）を逆解析で基盤に戻した地震波（以下、観測基盤波と称する）の 2 種類を用いる。各地震波の時刻歴波形とフーリエスペクトルを Fig.2(a),(b) に示す。この 2 種類の地震波を中村市中村高校周辺地盤にそれぞれ入力し、各質点での時刻歴応答解析を行う。

解析の種類を Table 1 に示す。上部構造物はすべての case において線形とした。case1, case3 は、地盤と相互作用ばねを線形と仮定して、入力地震波のみを変えて解析を行った。case2-1, case4-1 は、地盤と相互作用ばねを Hardin-Drnevich モデルで仮定し、地盤および相互作用ばねの降伏変位を一律に 0.5cm と考えた。さらに、case2-2, case4-2 では、Hardin-Drnevich モデルで液状化による地盤の有効応力の低下を考慮して解析を行った。

Table 1 Cases of analyses

case	地震波	地盤	相互作用ばね
case1	模擬地震波	線形	線形
case2-1		Hardin-Drnevich	Hardin-Drnevich
case2-2		Hardin-Drnevich※	Hardin-Drnevich※
case3	観測基盤波	線形	線形
case4-1		Hardin-Drnevich	Hardin-Drnevich
case4-2		Hardin-Drnevich※	Hardin-Drnevich※

※ 液状化を考慮する

3. 解析結果および考察

固有値解析により求めた杭-基礎-構造物系の 1 次から 5 次までの固有モード、及び地盤系の 1 次から 5 次の固有モードを Fig.3, Fig.4 に示す。また、case2-2 の杭-基礎-構造物系の応答加速度波形を Fig.5 に示す。さらに、杭-基礎-構造物系の最大応包絡線分布を Fig.6 (a),(b) に、case2-2 における復元力図を Fig.7 に示す。

Fig.6 (a),(b)より、上部構造物の絶対加速度、相対速度、相対変位、層せん断力係数は建物上部ほど大きくなっていることが分かる。また、モーメント、せん断力は地上 4m（建物 1 階）付近で最大となった。上部構造物の最大応答包絡線分布は、地震波の違いにより多少の大小の差はあるがほぼ近い分布図となった。しかし、杭の最大応答包絡線分布は地震波により変わり、特に応答加速度、応答速度、応答変位が大きく違っていた。

4. 今後の課題

本研究では、地盤と相互作用ばねの固有周期が低下していくときの解析モデル（H-D モデル）や、さらに極端に低下する液状化時の非線形動的相互作用により生じる現象の解明を目的として、今回のモデルを採用し考察を加えた。今後は地震波の振動数分布の違い（例えば、集中型と分散型）により、解析結果にどのような違

いが出るのか、解析データを蓄積し調べる。上部構造物を非線形とした場合の応答解析を行う。入力地震波の卓越周期を杭の固有周期に近接させた場合の解析を行う予定である。

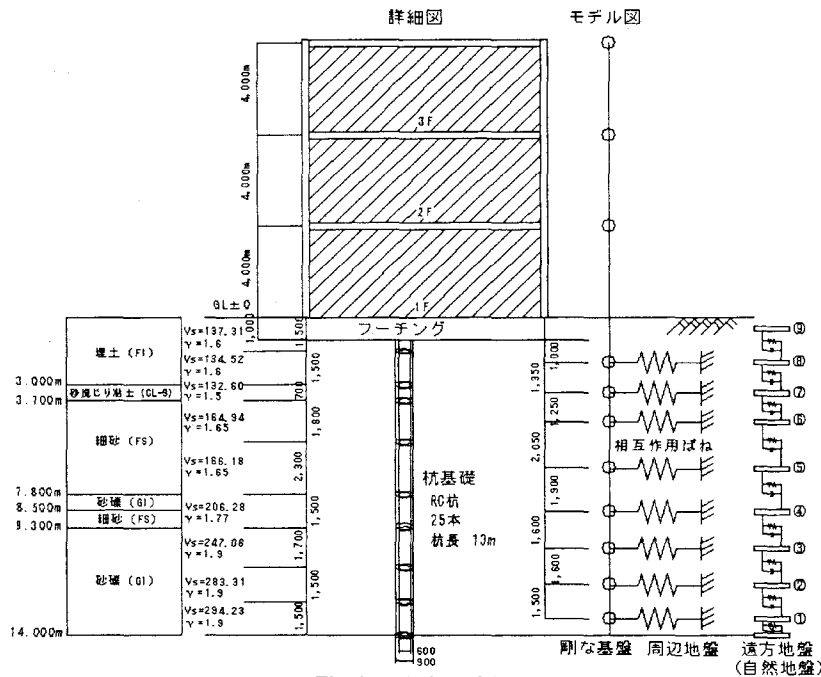


Fig. 1 Analysis model

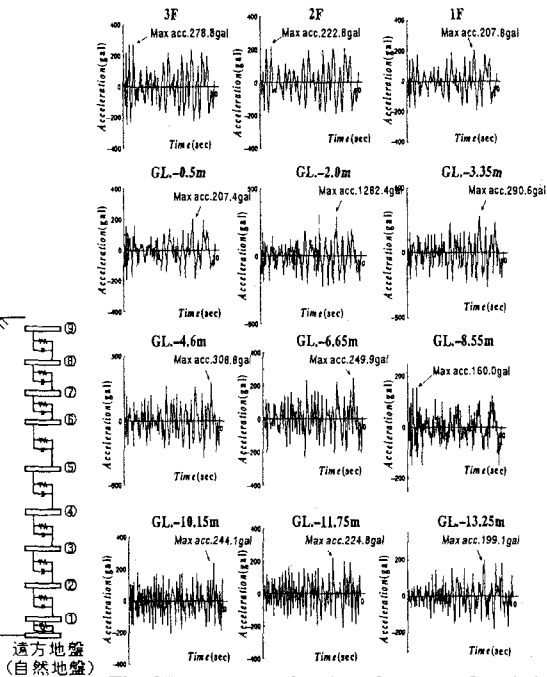


Fig. 5 Response acceleration of structure-foundation

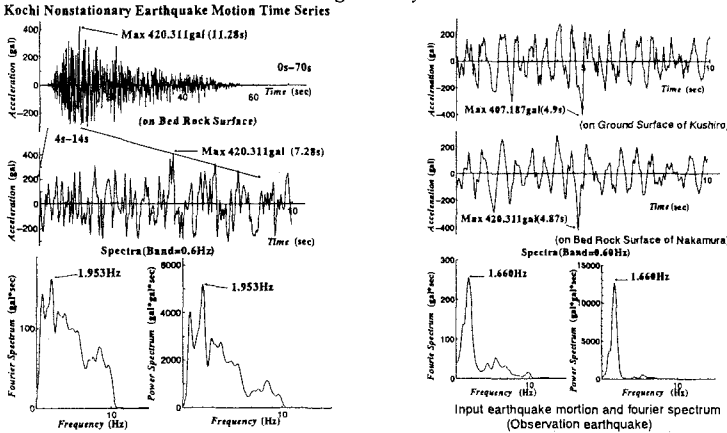


Fig. 2 Input earthquake motion and Fourier spectrum

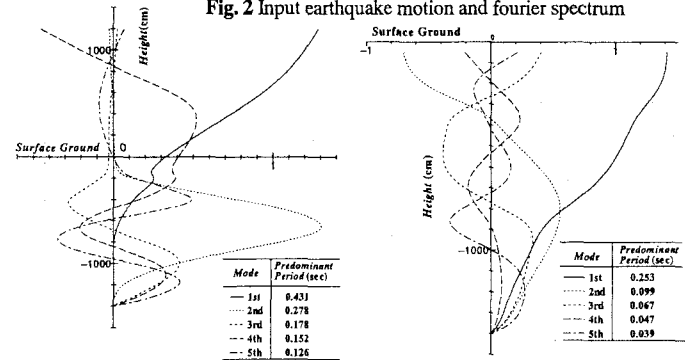


Fig. 3 Structure-foundation mode

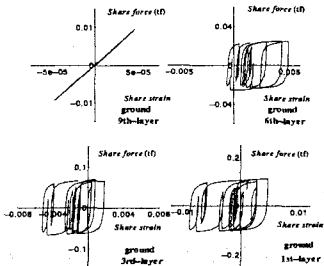


Fig. 7 Restoring force characteristics

Fig. 4 Ground mode

参考文献

- 1) J.Penzien, "seismic Analysis of Bridges on long Piles", Journal of Engineering Mechanical Division, Proceeding A.S.C.E.(1964.6)
- 2) 吉川正昭:全体系構造物の地震応答解析マニュアル (1978 年)
- 3) 土岐憲三,佐藤忠信,清野純史,N.Kishi G,江見晋,吉川正昭:杭基礎系の非線形動的相互作用に関するハイブリッド実験,構造物の基礎と地盤の動的相互作用に関するシンポジウム発表論文集,土木工学会,pp129~136,1990.7

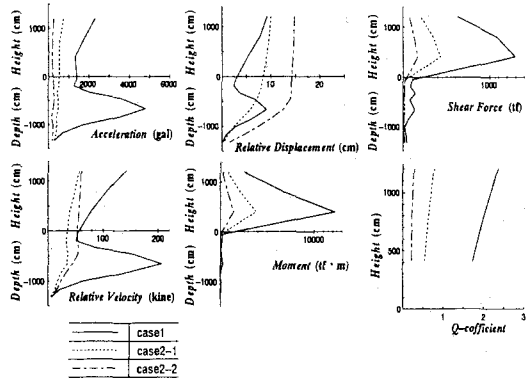


Fig.6 (a) Maximum response of structure-foundation

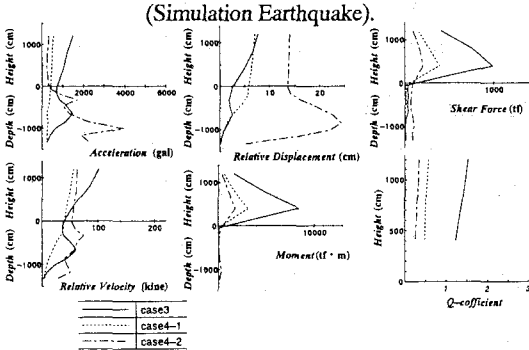


Fig.6 (b) Maximum response of structure-foundation

(Simulation Earthquake).

(Observation Earthquake)