

I - B270

液状化地盤における杭基礎-地盤系の地震応答解析

鹿島	情報システム部	正会員	○右近八郎
	同上	正会員	沖見芳秀
	同上		藤村和也

1. はじめに

軟弱地盤においては、大地震時に液状化が発生する可能性がある。このような液状化地盤にある杭基礎では、杭上端付近だけでなく、液状化層と非液状化層の境界付近で大きな応力が発生することが知られており、杭体が非線形域に入って応答する可能性が高い。本研究では仮想の橋脚-杭基礎を対象に、地盤の液状化と杭体の非線形性を考慮した解析を行い、地盤の液状化、杭基礎の非線形性が応答に与える影響を検討した。

2. 解析手法

解析は、ファイバーモデルにより、はりの非線形性を考慮できる複合非線形解析プログラム SLAP¹⁾に、有効応力を考慮できる2次元平面要素を組み込んで行った。地盤の構成則として、骨格にはマルチスプリングモデル²⁾を、間隙水圧モデルには井合モデル³⁾を用いた。ファイバーモデルにおいては、コンクリートの骨格曲線は道路橋示方書に準じたもの、鉄筋は完全弾塑性のバイリニアモデルとした。

3. 解析条件

解析対象は図-1に示す仮想の橋脚とし、杭をファイバーモデルで、橋脚を線形はり要素でモデル化した。杭頭部はフーチングと剛結合とし、杭の各節点は同じ位置にある地盤の節点と水平方向剛結、鉛直方向フリーとした。杭下端については鉛直方向も剛結とした。図-2にモデル図を示す。地盤物性値はポートアイランドの調査結果をもとに設定し、液状化パラメータについては液状化強度曲線をもとに設定した⁴⁾。この地盤モデルではGL.-2.5~-19mと、GL.-27~-35.4mの2層が液状化層となっている。入力地震動はポートアイランドのNS方向観測記録波とし、底部境界は固定、側方境界は周期境界として解析した。解析ケースは、(a)杭線形-全応力、(b)杭線形-有効応力、(c)杭非線形-全応力、(d)杭非線形-有効応力の4ケースとし結果を比較検討した。

4. 解析結果

(1) 加速度・変位 図-3に基礎下での最大加速度・変位分布を、図-4に(d)杭非線形-有効応力の場合の基礎の加速度・変位度時刻歴を示す。図-3によると地表面の変位に関しては、全応力よりも有効応力解析のほうが大きく、杭線形よりも杭非線形の場合のほうが大きい傾向にある。しかし杭体の非線形性による影響は、間隙水圧の考慮による影響ほどは大きくない。また図-4によると基礎の応答に関しては、1次元解析との違いがあまり見られない。これは今回の解析対象については地盤の挙動が支配的であるためと考えられる。

(2) 杭モーメント 図-5に杭1の最大モーメント分布を、図-6に杭非線形の場合のモーメント-曲率履歴を示す。図-5によると最大モーメントに関しては、杭線形の場合は、全応力解析と有効応力解析で大きな差があるが、杭非線形の場合は差が小さい。これは杭の非線形性によりモーメントが頭打ちになってしまうためと考えられる。しかし図-7によると、全応力解析では降伏モーメント程度の応答であるが、有効応力解析では終局モーメント付近まで達しており、杭自体の耐震性の検討においては有効応力解析が重要であることがわかる。

5. まとめ

地盤の液状化と杭体の非線形性を考慮して、地盤-杭基礎系の動的解析を行い解析結果を比較検討した。今回のモデルに関しては、(1)地盤自体の挙動が支配的であり、基礎の応答(上部構造への入力)には、杭の非線形性が与える影響は小さいこと (2)杭の耐震性を検討する際には間隙水圧を考慮する解析が必要であることがわかった。今回は杭体に着目し上部構造として単純なモデルを用いたが、今後は斜張橋など複雑な上部構造を用いた解析を行い、上部構造と液状化地盤の連成振動について検討する予定である。

キーワード 地震応答解析, ファイバーモデル, 有効応力解析, 杭モーメント

〒107-8388 東京都港区元赤坂 1-2-7 TEL 03-3746-7101 FAX 03-3746-7131

参考文献

- 1) 沖見芳秀ほか：複合非線形フレーム解析システムの開発，技術最前線，土木学会誌，1995.1 2) Iai, S., Matunaga, Y. and Kameoka, T. : Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Report of Port and Harbour Research Institute, VOL.29, NO.4, pp.27~56, 1990.12. 3) Iai, S., Matunaga, Y. and Kameoka, T. : Parameter Identification for a cyclic mobility model, Report of Port and Harbour Research Institute, VOL.29, NO.4, pp.57~83, 1990.12 4) 宮本裕司ほか：1995年兵庫県南部地震の観測記録を用いた液状化地盤における杭基礎構造物の応答に関する解析的検討，日本建築学会論文報告集，第493号，pp.23~30, 1997.3.

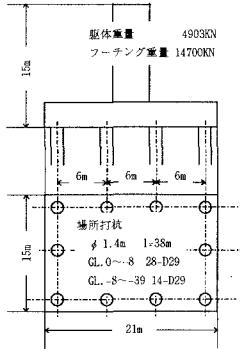


図-1 杭基礎モデル

表-1 地盤モデル

地層区分 GL(m)	N値	γ_t (KN/m ³)	V_s (m/s)	ϕ (度)	c (KPa)
Fg -2.5	6~7	17.7	146	36	0
Ac -19.0	4	16.7	180	0	177
Ag -27.0	14	18.3	246	45	0
Da -33.0	37	18.3	305	40	0
Dc -61.0	52	15.9	350	0	333
Dg -79.0	12	15.9	303	0	333
Dg -83.0	68	18.6	320	40	0

*)ポアソン比0.33, h_{max} 0.24とした
 ※斜線部の層が液状化地盤

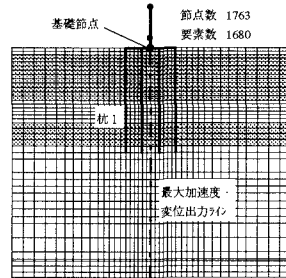


図-2 解析モデル

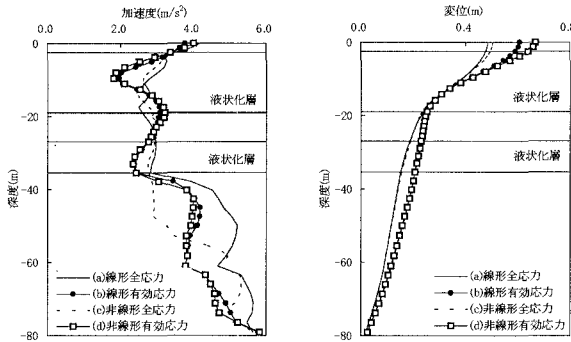


図-3 基礎下最大加速度・変位分布

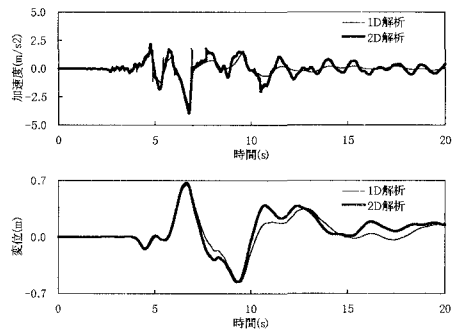


図-4 基礎加速度・変位時刻歴
(杭非線形-有効応力)

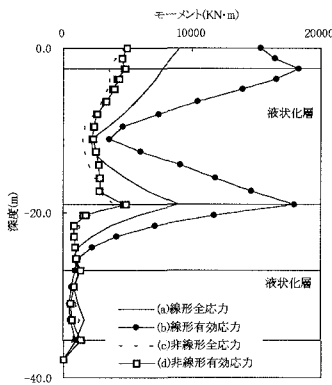


図-5 最大モーメント分布

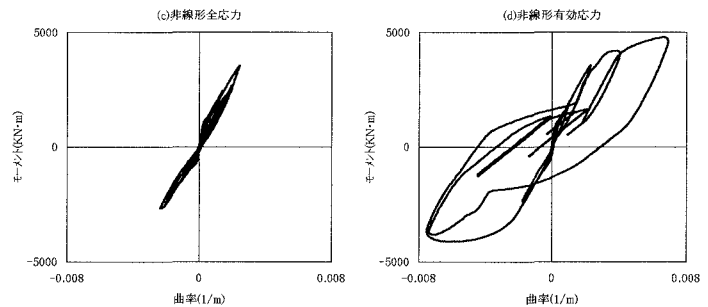


図-6 モーメント-曲率履歴 (杭1 GL. -2.5m)