

I - B 387 液状化地盤中の杭基礎地中構造物における応答変位法の適用性検討

東電設計(株)

正〇溜 幸生

東京電力(株)建設部技術センター

野本高憲

同 上

正 赤石沢総光

1. はじめに

応答変位法は、地中構造物の耐震解析手法¹⁾²⁾³⁾としてもっとも多く採用されている手法であると考えられる。兵庫県南部地震以降、高レベル地震動あるいは地盤の液状化を考慮した応答変位法による地中構造物の耐震検討が精力的に行われている⁴⁾⁵⁾⁶⁾が、液状化地盤中の杭基礎地中構造物に対して検討されたものは少ない。ここでは、そのような構造物を対象として、二次元有効応力解析と応答変位法による解析を実施し、応答変位法の適用性について検討したので、その結果について報告する。

2. 解析方法

対象構造物は、図-1に示すような杭基礎のRCボックスカルバートとし、地盤はレベル2地震動時の液状化層である埋立砂層および沖積砂層とそれ以降の非液状化層を想定した。地震動は、レベル2地震動を想定した最大加速度430galのランダム波(水平成分、 $\Delta t=0.01$ 秒、継続時間25秒)を用いた。

二次元有効応力解析は、液状化汎用解析プログラムFLIP⁷⁾を用い、躯体は初期剛性、杭は降伏剛性を考慮した線形部材として実施した。解析上、躯体および杭は、非線形地盤要素に完全付着させた。

応答変位法による解析は、自由地盤解析(1次元解析)の液状化過程で構造物上下間位置の最大相対変位発生時刻(本ケースでは19.11秒)に着目した。構造モデルは、二次元有効応力解析の構造モデルと同様とし、図-2に示すような非線形地盤バネを側壁、頂版、杭に取り付けた。躯体についてはせん断バネも考慮した。躯体の地盤バネ値は、着目時刻を中心とする履歴曲線の割線剛性を求め、これより切欠き地盤の静的FEM解析¹⁾により求めた。側壁地盤バネの上限値は受働土圧、頂版地盤バネの上限値は上載土荷重に基づき設定した。杭の地盤バネ値は、割線せん断剛性から算定される設計地盤反力係数⁸⁾を用いた。地震荷重は、変位、上面地盤せん断力、慣性力3種類の荷重³⁾を考慮した。解析は、荷重増分法により実施した。

3. 解析結果

二次元解析の躯体の断面力時刻歴、自由地盤解析の躯体位置の過剰間隙水圧比および相対変位時刻歴を図-3に、杭について同様のものを図-4に示す。また、断面力の比較を図-5、図-6に示す。

(1)躯体について 二次元有効応力解析による躯体の最大断面力は19.21秒で発生した(図-3(a))。これは自由地盤解析の過剰間隙水圧比の上昇が収まる時刻(20秒付近、図-3(b))の直前である。構造物の最大応答が液状化過程で生ずる現象は既往の振動実験結果⁹⁾の定性的な知見と一致している。また、自由地盤解析で、液状化過程を0～20秒として、この間で躯体上下間相対変位最大時刻を求めた結果19.11秒となった。これは二次元有効応力解析の躯体断面力発生時刻19.21秒とほぼ一致している。躯体各位置での断面力では、応答変位法による解析結果は、二次元有効応力解析結果と同様の傾向となった(図-5、6のa,b,c参照)。

(2)杭について 二次元有効応力解析による杭の最大断面力は、12.52秒で発生した(図-4(a))。これは沖積砂層の完全液状化後である(図-4(b))。自由地盤の沖積砂層の上下間相対変位最大時刻を求めた結果12.54秒となった。これは、杭の最大断面力発生時刻12.52秒とほぼ一致している。断面力については、躯体と同様、応答変位法による解析結果は、二次元有効応力解析結果と同様の傾向である(図-5、6のd,e参照)。

4. まとめ

本検討において、①自由地盤解析に基づく躯体および杭の最大断面力発生時刻の予測の可能性、②応答変

キーワード：液状化、杭基礎地中構造物、有効応力解析、応答変位法

東電設計(株)第二土木本部火力土木部、〒110-0015、東京都台東区東上野3-3-3、TEL 03-5818-7646、FAX 03-5818-7655

位法による二次元有効応力解析の断面力の良好な再現性、が見られたことより、二次元有効応力解析の代替方法として、応答変位法の適用可能性が示された。躯体に作用させる荷重の定量的評価については今後の課題となった。

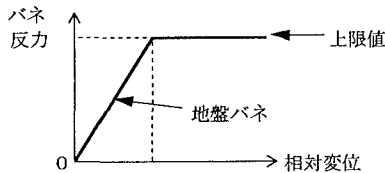


図-2 応答変位法の非線形地盤バネ概念図

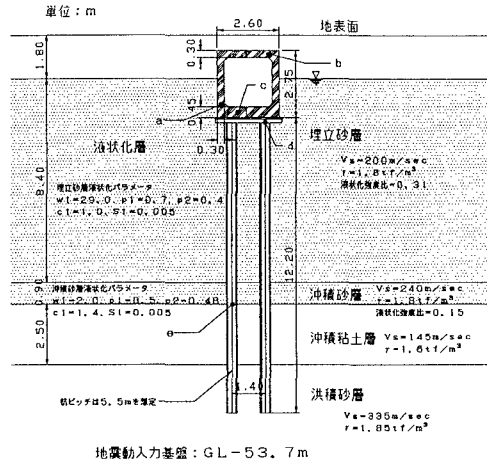
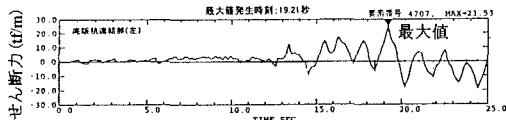
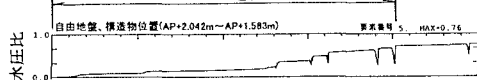


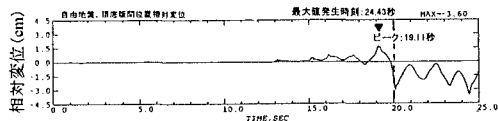
図-1 対象構造物



(a)二次元解析、躯体のせん断力(位置c)時刻歴

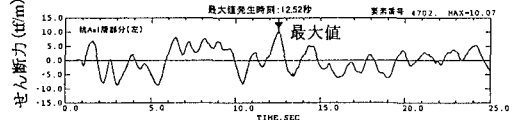


(b)自由地盤、躯体周辺過剰間隙水圧比時刻歴

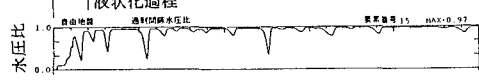


(c)自由地盤、躯体上下間位置相対変位時刻歴

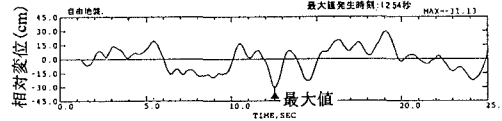
図-3 躯体に着目した時刻歴



(a)二次元解析、杭のせん断力(位置e)時刻歴



(b)自由地盤、沖積砂層過剰間隙水圧比時刻歴



(c)自由地盤、沖積砂層上下間位置相対変位時刻歴

図-4 杭(中間部)に着目した時刻歴

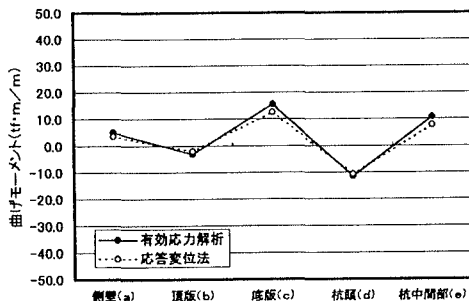


図-5 断面力の比較(曲げモーメント)

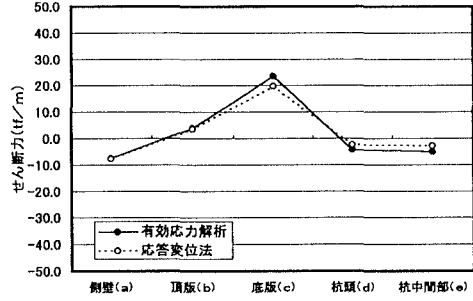


図-6 断面力の比較(せん断力)

参考文献

- 1) (社)土木学会原子力土木委員会：「原子力発電所地質・地盤の調査・試験法および地盤の耐震安定性の評価手法」報告書、第6編、屋外重要土木構造物の耐震安全性評価、例示設計編（資料編）、昭和60年8月。
- 2) 土木学会：平成8年制定、コンクリート標準示方書、耐震設計編。
- 3) (社)日本道路協会：駐車場設計・施工指針、同解説、平成4年11月。
- 4) 藤井俊二・チェリノ・フラス・シヨ・山口順子：応答変位法を用いた液状化地盤に建つ杭基礎の応力解析、第31回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.1285-1286, 1996。
- 5) 太田廣・西田允俊・北嶋武彦・佐藤忠信：応答変位法を用いた地下構造物の耐震検討について、第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp.437-444, 1997.1。
- 6) 堀島研一・立石章：地中構造物横断面のレベル2地震動に対する応答変位法、土木学会第51回年次学術講演会講演講演集 1-B, pp.836-837, 1996。
- 7) S. Iai, Y. Matsunaga and T. Kameoka: STRAIN SPACE PLASTICITY MODEL FOR CYCLIC MOBILITY, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.32, No.2, pp.1-15, June, 1992。
- 8) 運輸省鉄道局監修、鉄道総合研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説、基礎構造物・杭土圧構造物、丸善株式会社, 1997。
- 9) (財)電力中央研究所：地震時液状化を考慮した取水路立坑の大型模型振動実験、電力中央研究所報告、依頼報告 381530, 昭和56年11月。