

III-350 繰り返し荷重を考慮した杭～地盤間の相互作用バネのモデル化とその等価線形化

NKK基盤技術研究所 正員○水谷慎吾 NKK基盤技術研究所 正員 関口宏二
 石油公団石油開発技術センター 正員 大橋正人 NKKプラント技術部 正員 辻岡和男

1. はじめに

油田開発地域の大水深化に対応して、①テソソレグプラットフォーム(TLP)②フロティングプロダクションシステム(FPS)③コンプライアントタワー(CPT)などの大水深開発コンセプトが提案されている。これらのうち、CPT(図1参照)は比較的新しいコンセプトであり、技術的に未解明の部分も多く残されている。CPTの主要な構成要素である杭に着目して、非線形特性を有する杭～地盤間の相互作用バネの等価線形化の妥当性を検討したのでここに報告する。

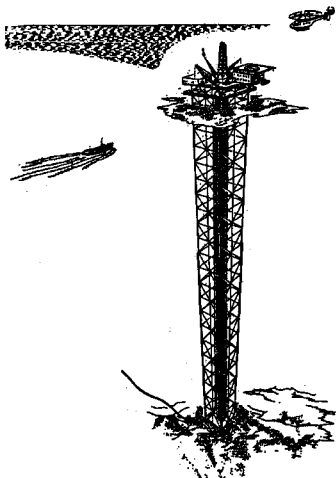


図1 コンプライアントタワー概念図

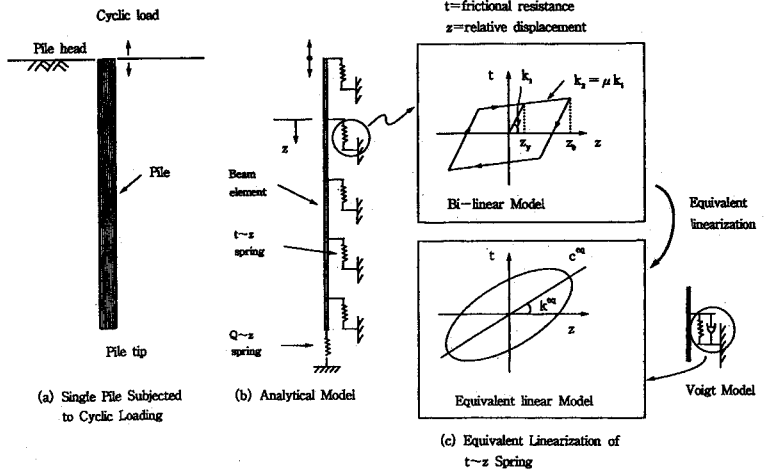


図2 軸荷重を受ける地盤バネの等価線形化手法の概念図

2. 杭～地盤間の相互作用バネのモデル化

図2(a)に示すような単杭の杭頭に定常外力が作用する問題を考える。まず本問題を図2(b),(c)に示すように、梁要素および非線形バネでモデル化する。軸方向荷重を受ける地盤中の杭は、地盤と杭の間に周面摩擦力、

杭先端には先端支持力が働く。また、横方向荷重を受ける杭は地盤と杭の間に横方向地盤反力が働く。これらの反力特性はいずれもバネで近似し得ると仮定した。例えば、周面摩擦力については既往の文献¹⁾²⁾を参考に、図3に示すようにバネ化した(ただし、図中Dは杭径、 f_c は限界周面摩擦力)。先端支持力を表す地盤バネ、横方向地盤バネについてもAPI³⁾を参考にして、同様にバネ化した。

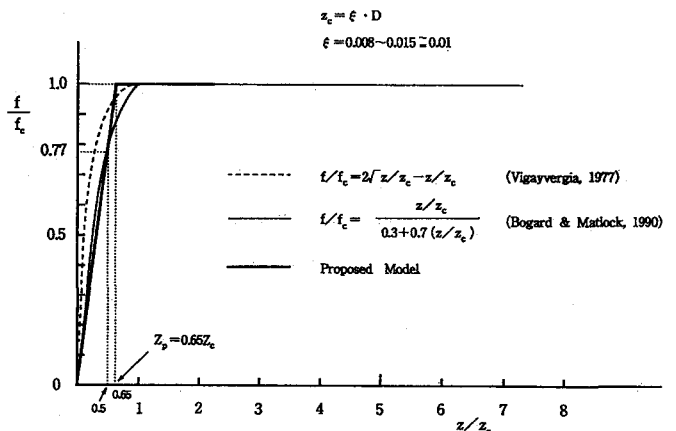


図3 軟らかい粘性土の $f-z$ 曲線（周面摩擦力）

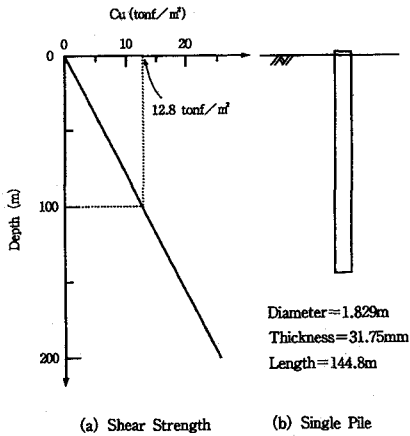


図4 地盤条件と杭の諸元

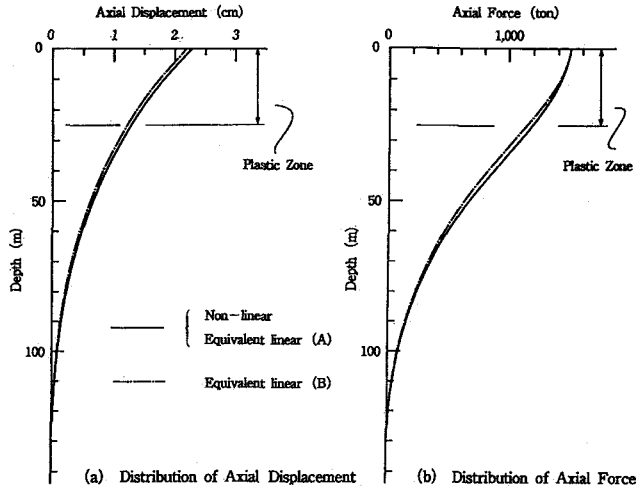


図5 非線形解析と等価線形化解析（手法A, B）の比較（軸荷重振幅1500tonf, 周期10sec）

3. 杭～地盤間の相互作用バネの等価線形化

バネモデルを図2(c)に示すような等価なフォークモデル（バネとダッシュポットを並列につないだモデル）に置き替える手法については、両者の1サイクルあたりの吸収エネルギーの等価性より次の2手法を導いた⁴⁾。

①手法A（等価剛性として割線剛性を採用）、②手法B（等価剛性として接線剛性を採用）

等価線形化手法A, Bの妥当性についてコンピュータ解析プログラムCOMTAPを用いて検討した。図4(a)に今回解析対象とした地盤の非排水せん断強度 C_u の分布を、図4(b)に杭の諸元を示す。図5は軸方向荷重振幅 f_o が1500tonfで荷重周期 T が10秒のケースであり、非線形解析では深度25mまでのバネが非線形化した。同図より、手法A・Bいずれの結果も非線形解析結果とよく一致していることが分かる。図6は横方向荷重振幅 f_o が300tonfで周期 T が10秒のケースであり、非線形解析では深度5mまでのバネが非線形化した。同図より、手法Aは非線形解析結果と比較的よく一致するが、手法Bは非線形解析結果と比較して杭頭変位・最大モーメントを12%程度過小評価する傾向があることが分かる。

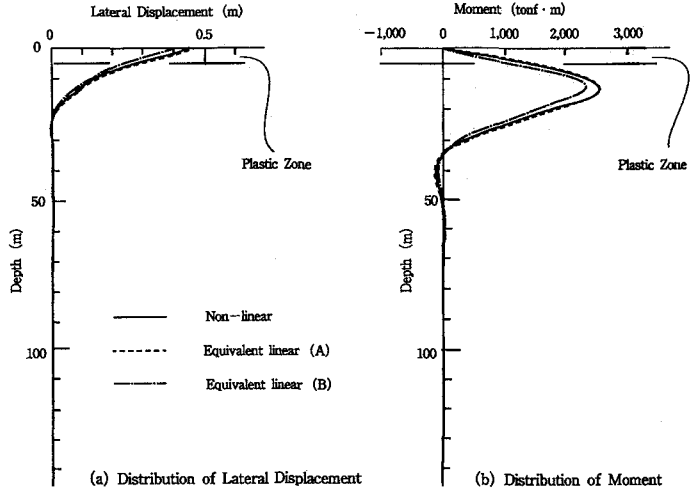


図6 非線形解析と等価線形化解析（手法A, B）の比較（横荷重振幅300tonf, 周期10sec, 杭頭自由）

4. まとめ

以上の検討より、CPTの波浪応答解析においては地盤バネを等価線形化できるといえる。これにより、CPT基本設計段階における解析を簡便かつ経済的に実施できるという見通しが得られた。なお、本研究は石油公団とNKKとの共同研究の一部として実施されたことを付記する。

参考文献 1) Bogard & Matlock (1990): OTC 6376, pp. 271-278., 2) Vigayvergia (1977): OTC 2939, pp. 465-474., 3) American Petroleum Institute (1989): API-RP 2A., 4) 土木学会編：動的解析と耐震設計 第2巻, 技報堂, 1989.