

I-B 393 液状化による地盤の側方移動を受ける高靱性能耐震ジョイント杭の応答

山口大学工学部 正員 三浦 房紀
 鴻池組 正員 平田 大三
 大同コンクリート工業 正員 宮坂 享明

1. はじめに

兵庫県南部地震でもそうであったように、杭基礎は過去液状化による地盤の側方移動によって多大な被害を生じている。筆者らはこの様な液状化による地盤の側方移動に対して杭基礎の被害を軽減・防止するために高靱性能耐震ジョイント杭の開発を行い、その曲げ特性を明らかにした後、数値解析によって限られた杭長、地盤条件に対してその有効性を検討してきている^{1)・2)}。本研究では幅広い杭長、様々な地盤条件に対してパラメトリックスタディを行った。その結果その有効性を確かめたので報告する。

2. 解析モデル

本研究に用いた杭-地盤系モデルを図-1に示す。このモデルは文献¹⁾、²⁾と同じものであるから以下簡単に説明する。杭は幾何学的非線形性を有するビーム要素（長さ50cm）と材料非線形性を表す回転バネ・スライダ要素を用いてモデル化した。地盤構造は地下水面より上の非液状化層、地下水面から支持地盤までの液状化層、そして杭を根入れする支持層の三層からなるものと仮定した。高靱性能耐震ジョイントは曲げモーメントの集中する液状化層とその上下の非液状化層との2つの境界の位置に設置した。側方移動の変位分布は図に示したような台形分布を仮定した。

地盤のモデル化に際しては材料非線形性を表現するためにバネ・スライダ要素を用いて、バイリニアと仮定した。降伏力 F_y は Hansen によって提案された式を用いて、またバネ係数 K_r は Terzaghi によって提案された式を用いて決定した。本研究で用いた地盤に関する値は表-1に示すとおりである。なお、液状化層については地盤反力係数を $1/50$ に低減した。

パラメトリックスタディを実行するに当たって、本研究では以下の5つの無次元量を導入した。

- 1) 最大曲げひずみ； $M_{\max}/ES$
- 2) 無次元液状化層厚； h/l
- 3) 無次元地盤変位； d_h/l
- 4) 表層厚内の杭の無次元長さ； β_l
- 5) 支持層への無次元根入れ深さ； β_{bl}

ここに、 $M_{\max}$ は杭に生じる最大曲げモーメント、 E はヤング率、 S は断面係数であり、 β および β_b は次式で与えられる。

$$\beta = \left(\frac{k_h^s D}{4EI} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \beta_b = \left(\frac{k_h^b D}{4EI} \right)^{\frac{1}{4}}$$

ここに、 k_h^s 、 k_h^b はそれぞれ表層地盤、支持地盤の地盤反力係数である。

3. 解析結果

解析は杭頭固定度を100%と仮定して、地盤の変位量を徐々に増加させ、杭あるいは耐震ジョイントが2箇所（非液状化層と液状化層の境界（以下、上側境界、下側境界と呼ぶ）で降伏

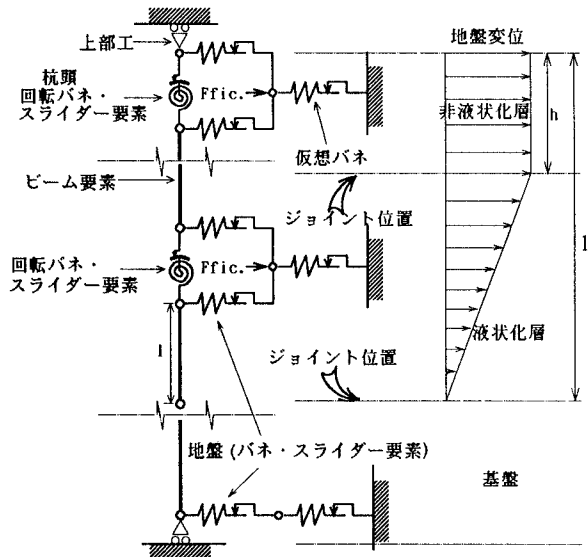


図-1 杭-地盤系の解析モデル

表-1 地盤の材料定数

	単位体積重 量(tf/m ³)	内部摩擦 角(deg)	地盤反力係 数(tf/m ³)
表層	1.7	32	246
液状化層	1.7	32	1401
支持層	1.8	40	12000

するまで行った。図-2に上側境界位置における杭あるいは耐震ジョイントが降伏モーメントに達するときの地盤の側方移動量を示す。

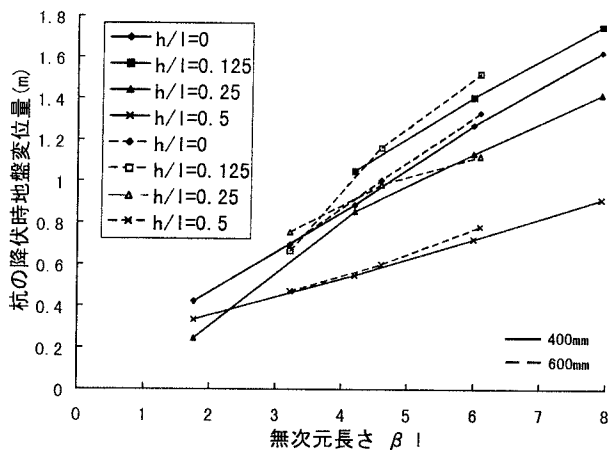
(a) がジョイントを用いない場合（以下、杭本体）、(b) がジョイント杭の場合で、実線が杭径400mm、破線が杭径600mmの場合である。図は無次元液状化層厚 h/l をパラメータとして示してある。これより次のことが分かる。①杭径400mmと600mmでは曲げ剛性は約4倍違うが、杭の降伏時地盤変位量の差は高々5cmであり、ほとんど一致している。これは本研究で用いた無次元量が有効であり、これによって推定することが可能であることを意味する。②杭本体に比べてジョイント杭の方が1.5～2.0倍の地盤変位まで降伏しない。

下側境界については、無次元根入れ深さ β_b が0.45より小さい場合には降伏に至ることはない。そこで0.45以上の場合について降伏時の地盤変位をまとめると図-3のようになる。図中実線が杭本体で、破線がジョイント杭に対する結果である。この場合も上側境界と同様、2倍以上の地盤変位に対してジョイント杭が降伏しないことが分かる。

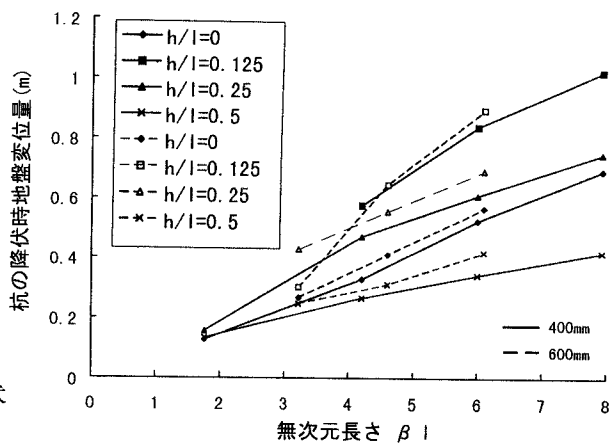
ここでさらに注目したいのは、杭本体は降伏直後に崩壊し、全く支持機能を失うのに対して、ジョイント杭の場合は降伏後も支持機能を急速に失うことはない。以上の結果より、ジョイント杭の有効性が分かる。

参考文献

- 1) 宮坂・三浦・平田：高靱性能耐震ジョイント杭の開発とその側方移動する液状化地盤に対する応答、土木学会論文集、No.513, pp.201-211, 1995.
- 2) 宮坂・三浦・平田：改良型高靱性能耐震ジョイント杭の液状化による地盤の側方移動に対する応答、土木学会論文集、No.525, pp.287-298, 1995.



a 杭本体



b ジョイント杭

図-2 杭降伏時の地盤変位量（上側境界）

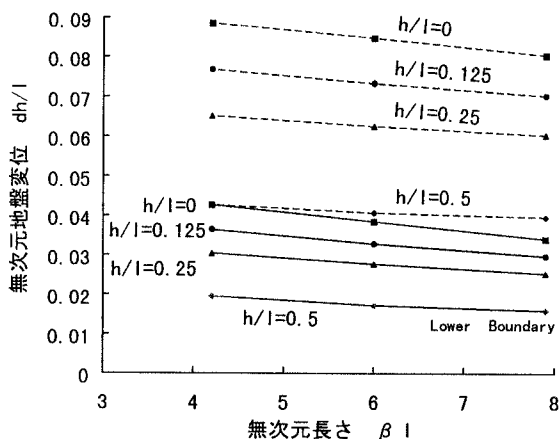


図-3 杭降伏時の地盤変位量（下側境界）