

CS 110

地盤変位下における杭の挙動におよぼす杭頭固定度の影響

山口大学工学部

正員○坂尾和男

山口大学工学部

正員 三浦房紀

大同コンクリート工業（株）

宮坂享明

川崎重工業（株）

正員 山田久之

1. はじめに

地震時に発生する液状化に伴って地表面近くの地盤が水平移動し、その変位量は数メートルにも達することが最近明らかになった。この現象に起因する基礎杭の被害も数多く報告され、杭の耐震設計が見直され始めている。杭は上部構造物と接合されてはじめてその機能を発揮するわけであるが、このような場合杭頭部の固定度によって杭の挙動がどう変化するかは全く不明である。そこで本研究は、地盤の永久変位下における杭の応答におよぼす杭頭の固定度の影響を検討したものである。

2. 解析モデル

解析は図-1に示すモデルを用いた¹⁾。杭は幾何学的非線形性を考慮に入れたビーム要素と塑性ヒンジを表現するためにビーム要素間に非線形性の回転バネ・スライダ要素を用いてモデル化した。地盤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、液状化層はこの定数を小さくすることによってモデル化した。バネ・スライダ要素の一方は杭に結合し、他方には地盤の永久変位を入力した。ここで地盤の永久変位分布は台形分布を仮定し、液状化層上の非液状化地盤は液状化層の上に乗って一様に移動すると考えた。また、材料非線形性を表す回転バネ・スライダ要素はトライリニア型、バネ・スライダ要素はバイリニア型を仮定した。杭頭の固定度は回転バネの降伏曲げモーメントを杭のそれと同じ、2分の1、5分の1、0として表現した。

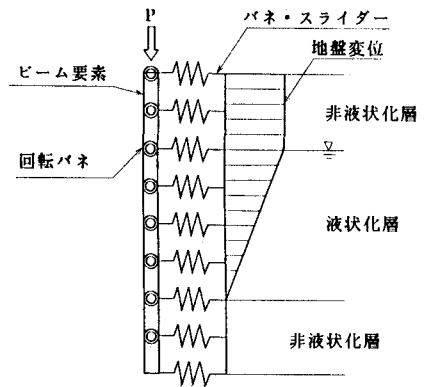


図-1：解析モデル

3. 解析方法

解析は荷重ステップ数を指定し、荷重増分型くり返し法により非線形計算を行った。くり返し毎にモデルの座標のアップデート、剛性マトリックスの作り直しによって幾何学的非線形を扱っている。これより杭の変位分布およびモーメント分布を求め、杭の挙動について検討を行った。

4. 解析結果

本解析は杭径35cm, 45cm, 60cmのPHC杭について各々杭頭の固定度0、5分の1、2分の1、1の解析を単杭モデルで行った。地盤の変位分布はすべて地表面の変位量を1mとした。また軸力はすべて極限支持力の3分の1を作用させている。

図-2は杭径60cmの杭頭の固定度が2分の1と1の場合の杭の変位分布を示したものである。液状化層と非液状化層の下部境界面（深さ8.5m）では両固定度でほとんど同様な曲率が見られるが、上部境界面（深さ3.0m）付近では固定度が小さいと曲率が小さくなり破壊しにくいことがわかる。

図-3はモーメントの極大地点におけるモーメントと地盤変位の関係を示したもので、杭径60cmの固定度2分の1と1の場合のものである。これは液状化層と非液状化層の境界面にはほぼ一致している。下部境界面では両固定度で同様にクラックモーメント M_c および終局モーメント M_u に達し塑性ヒンジが生じているのがわかる。上部境界面付近では固定度が小さいと終局モーメントまで達しないで、逆にある地点からモーメントが減少し始めることがわかるが、これは軸力による現象である。つまり、固定度が小さいと杭の水平変位量が大きくなり軸力によるモーメントが増大するという、いわゆるP- Δ 効果が現れている。

図-4は固定度別の杭の破壊状況を示したもので、杭径35cmと60cmの場合のものである。杭径35cmでは液状化層と非液状化層の2つの境界面ですべて塑性ヒンジが生じ、その付近で同様なクラックが生じているのがわかる。杭径60cmでは固定度が小さいほど上部境界面で破壊が生じにくいことがここでも確認できる。

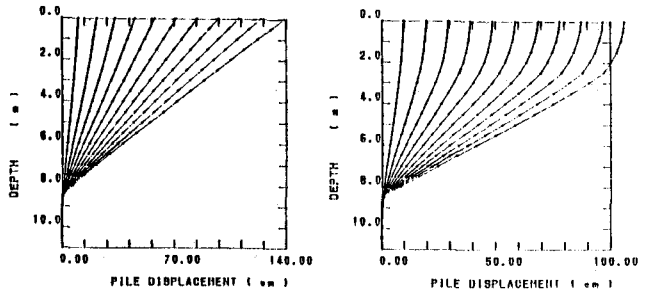
図-5、6は下部境界面および上部境界面でのクラックと塑性ヒンジが生じる地盤変位を示したものである。これより下部境界面では杭頭の固定度に関係なく破壊が生じているが、上部境界面での破壊は固定度が大きいほど顕著に現れることがわかった。また下部境界面では、5cm程度の非常に小さな地盤変位でクラックが生じ、約40cmで塑性ヒンジが生じることも判明した。

現在、杭の施工において杭頭の固定度は大きいほど支持力を得るとされているが、水平方向の地盤変位に対しては必ずしもそれは有利になるとはいえないといえよう。

ここでは、すべて単杭として解析しているが、実際は群杭として用いられており、今後この点に関する検討を行う必要があると思われる。

参考文献

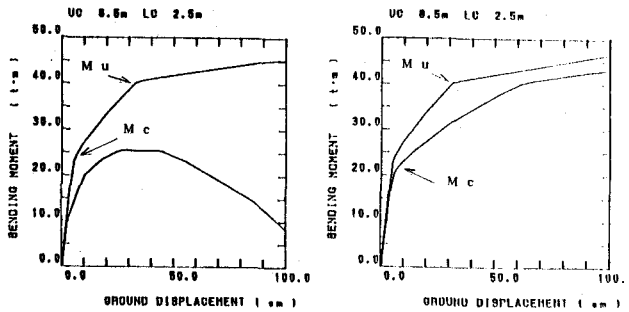
- 1) 三浦房紀・宮坂享明・坂尾和男・T. D. O'Rourke: 水平変位を受ける杭のP-Δ効果について, 山口大学工学部研究報告, 第42巻, 第2号, pp73~83, 1992.



(a) 固定度 = 2分の1

(b) 固定度 = 1

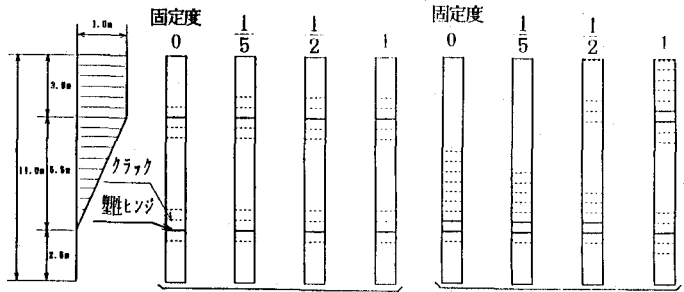
図-2: 杭の変位分布 (杭径60cm)



(a) 固定度 = 2分の1

(b) 固定度 = 1

図-3: 地盤変位とモーメントの関係 (杭径60cm)



(a) 杭径35cm

(b) 杭径60cm

図-4: 固定度別破壊状況

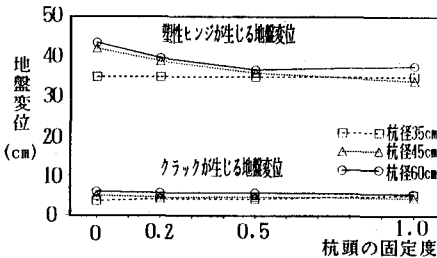


図-5: 破壊時の地盤変位 (下部境界)

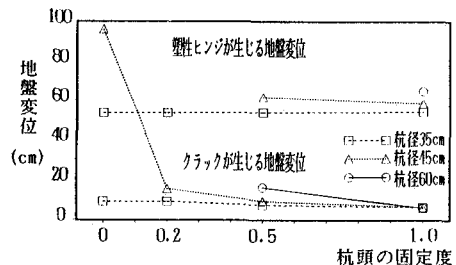


図-6: 破壊時の地盤変位 (上部境界)