

Ⅲ-454

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

山口大学 正員 ○三浦房紀
 大同コンクリート工業(株) 正員 宮坂享明
 山口大学大学院 学生員 平田大三

1. はじめに

液状化に伴って発生する地盤の側方移動は、時には数メートルにも達することがあり、これによって地上構造物だけでなく基礎杭をはじめ地中構造物も被害を受けて破壊する事例が多く報告されている。このような背景の下で筆者らは、杭がその支持力を失うことなく地盤の大変形に対して追随できるようなジョイント継ぎ手杭の開発を行いその基本的特性に対して検討を行った。¹⁾

本研究では、さらに可とう性を持たせた改良型高靱性能耐震ジョイントを開発し、軸力曲げ試験によってその曲げ特性を明らかにした。そして非線形解析手法によってその試験結果を精度良くシミュレーションできることを再確認した後、液状化層の層厚、高靱性能耐震ジョイントのタイプ、液状化層厚と非液状化層厚の比、杭頭固定度、支持層への杭の根入れ深さなどをパラメータに、これらが杭の応答に及ぼす影響を詳しく調べ、高靱性能耐震ジョイントを用いた杭の有効性を検討した。

2. 試験結果と数値シミュレーション

継ぎ手杭の曲げ変形特性を明らかにするために軸力曲げ試験を行った。曲げ試験は杭径2種類(600mm, 400mm)、ジョイントのタイプ3種類(N:ジョイント無し、X:既に開発済みのもの、Y:今回開発した開発型)、およびそれぞれに対して軸力のある場合とない場合の合計12ケース行った。

曲げ試験により得られたM- δ 曲線とシミュレーション結果により得られたM- δ 曲線を図-1に比較して示す。この図は杭径400mmの結果である。この図より継ぎ手杭は杭本体より大きなたわみ性を有していることが分かる。また、試験結果と解析結果の2本の曲線は降伏するまで良く一致していることが分かる。これは600mm杭も同様である。以上より本研究に用いた解析手法の妥当性を確認できた。

3. 地盤の側方移動に対する杭の応答

3.1 解析モデル 解析モデルの地盤は表層厚が一定の $H=12m$ とし、非液状化層厚を h を変化させ、基礎盤への根入れ深さ l_0 を0.5m~1.0mとした。地盤変位は台形分布とし、地表面地盤の変位量を1.0mとした。新潟地震の際の被害例をみると、杭の破壊は液状化層と非液状化層の境界の位置に生じている。このことから、高靱性能耐震ジョイントは液状化層と非液状化層との境界に配置した。

地盤の材料非線形特性はバイリニアを仮定し、杭に対しては実権から得られたM- θ 曲線をスムージングして用いた。本研究では杭の材料非線形性、幾何学的非線形性、地盤の材料非線形性という3つの非線形性を扱っているため、地盤の変位増分は極めてわずかでなければ解が発散する。ここでは1mの地盤変位に対して500ステップとした。解析モデルと解析手法の詳細は文献1)を参照されたい。

3.2 解析ケース 本研究では以下の項目についてパラメトリックスタディを行った。

- 1) 杭径 : 外径400mm、600mmの2種類。
- 2) 継手 : 継手無し(杭本体N)、Xタイプ、Yタイプの3種類。
- 3) 液状化層厚比: 表層厚 H に対する液状化層厚 h の層厚比 h/H を1/2、1/4、1/8、0の4種類。
- 4) 杭頭固定度: 100%(剛結) 50%、0%(ヒンジ結合)の3種類。
- 5) 根入れ深さ: 杭径400mmの場合0.5mと1.0mの2種類、杭径600mmの場合1.0mと1.5mの2種類。(根入れ深さ)/(杭径)に換算すると、杭径400mmの

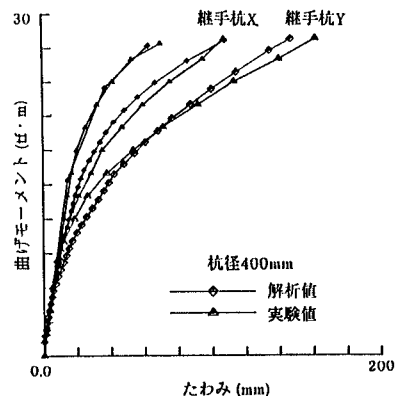


図-1 実験結果のシミュレーション

場合 1.25 と 2.5 となり、杭径 600mm の場合
1.67 と 2.5 になる。

4. 解析結果と考察

本研究で行った解析の範囲では破壊パターンは図-2 に示す以下の6つのパターンに分類できた。

- A：下側境界にまず塑性ヒンジが生じ、次に上側境界に生じるパターン。
- B：杭頭にまず塑性ヒンジが生じ、次に下側境界に生じるパターン。
- C：杭頭固定度 0 % の時で、下側境界に塑性ヒンジが生じるパターン。
- D：上側境界に塑性ヒンジが生じ、下側境界には生じないパターン。
- E：杭頭に塑性ヒンジが生じ、下側境界には生じないパターン。
- F：杭頭固定度 0 % の時で、どこにも塑性ヒンジが生じないパターン。

これらのパターンを杭頭固定度、層厚比、根入れ深さとの関係でまとめると表-1 のようにきれいに分類できる。これにより A と D、B と E、C と F が対応することが分かる。なお、固定度 100%、 $h/l=1/4$ の浅い根入れて F (D) としているのは、分類上は F であるが、杭に生じる曲げモーメントは終局状態に非常に近く、破壊パターンは D に非常に近いという意味である。

図-3 は杭径 400 mm の杭に対して最初に生じる塑性ヒンジ（実線）と 2 つめの塑性ヒンジ（破線）の生じる降伏時地盤変位量をまとめたものである。これよりどの破壊パターンに対しても杭本体、継手杭 X、継手杭 Y の順で降伏時地盤変位が大きくなること分かる。換言すれば高靱性能耐震ジョイントを用いればジョイントを用いない場合に比べて X タイプで 1.5 倍、Y タイプで約 2 倍の“粘り”を発揮することが期待できることがわかる。

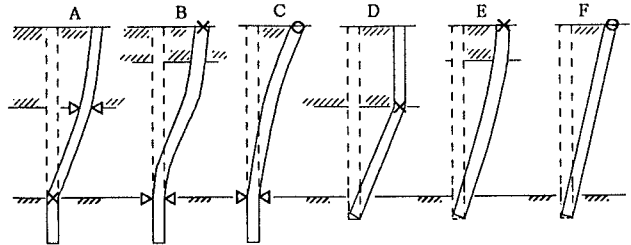


図-2 破壊パターン

表-1 破壊パターン

杭頭固定度 (%)	層厚比 h/l	破壊パターン	
		浅い根入れ	深い根入れ
100	1/2	A	D
	1/4	A	D
	1/8	A	D
	0	B	E
50	1/2	A	D
	1/4	A	D
	1/8	B	E
	0	B	E
0	1/2	A	D
	1/4	A	F(D)
	1/8	C	F
	0	C	F

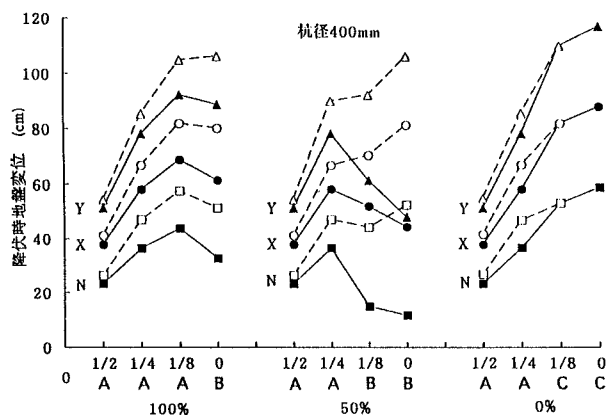


図-3 最初と2番目の塑性ヒンジの生じる地盤変位の比較

参考文献

- 1) 宮坂享明、三浦房紀、平田大三：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 I、四月号、1995。