

地盤の側方移動を受ける高靱性能杭構造の挙動

山口大学工学部

大同コンクリート工業(株)

山口大学大学院

正員 ○三浦房紀

正員 宮坂享明

学生員 平田大三

1. はじめに

地震時に発生する液状化に伴って地表面付近の地盤が側方移動することがあり、その変位量は場合によって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杭基礎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。このような被害を防止・軽減する対策の1つとして、必要な曲げ耐力を有しながらかなりの変形にも追従でき、かつ、上部構造物の重量をも支持することが可能な杭構造の開発が挙げられる。本研究はこの様な観点から基礎杭の途中にジョイントを設けることによって杭基礎が外力を受けたときに前述の様な性質を持つような基礎杭構造の開発を行い、この基礎杭構造の永久変位に対する応答を有限要素法を用いてシミュレーションし、その結果について検討したものである。

2. 高靱性能耐震ジョイントを用いた基礎杭構造の曲げ試験

高靱性能耐震ジョイントとは、最近開発された既成杭用無溶接継ぎ手を大幅に回転量を許容するよう改良したジョイントである。基本構造は図-1に示すとおりである。溶接を行っていないのでこの継ぎ手において回転を許し、この回転が杭をフレキシブルなものにするものである。高靱性能耐震ジョイントを用いた杭の力学特性を知るために曲げ試験を行った。実験は表-1に示す4ケースについて行った。この実験により得られたCASE-3, 4のモーメント-回転角の関係を図-2に示す。これより、高靱性能耐震ジョイントを用いた杭の終局状態における回転角は従来のPHC杭本体の約3倍あり、これによって杭にフレキシブルな性質を持たせることが可能であることが分かる。

3. 数値解析方法及びその検証

まず、杭の曲げ試験を有限要素法を用いてシミュレーションする。ここで、杭のたわみは大きくなるので幾何学的非線形性を考慮しなければならない。解析では荷重ステップ毎、繰返し計算毎に変形を考慮に入れて剛性マトリクスをアップデートしてこの非線形性を取り扱っている。また、杭の材料的非線形性はビーム要素間に非線形性を有する回転バネ・スライダ要素を用いて表現した。詳しい解析手法は文献(2)を参照されたい。ただし、文献では回転バネ・スライダ要素のモーメント-回転角の関係をトライリニアールでモデル化しているが、ここでは図-2の曲線をそのまま用いている。解析は実験と同じく4ケース行った。ここではCASE-3, CASE-4の載荷荷重-たわみ関係を図-3に示す。実線が解析結果、破線が実験結果である。この図よりCASE-3, CASE-4ともに実験と解析結果にほとんど差はみ

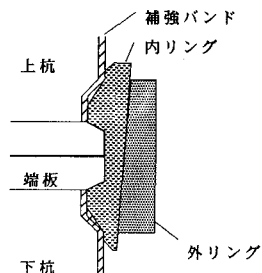


図-1 高靱性能耐震ジョイント

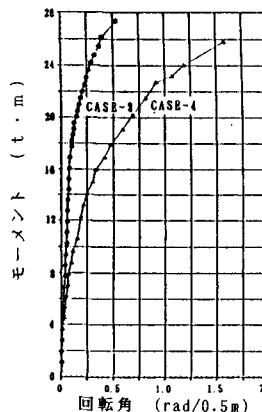


図-2 回転角-モーメントの関係

表-1 実験ケース

	杭長(m)	スパン(m)	軸力(tf)	継手の有無
CASE-1	12.0	7.2	0.0	無
CASE-2	12.0	7.2	0.0	有
CASE-3	8.0	7.2	60.0	無
CASE-4	8.0	7.2	60.0	有

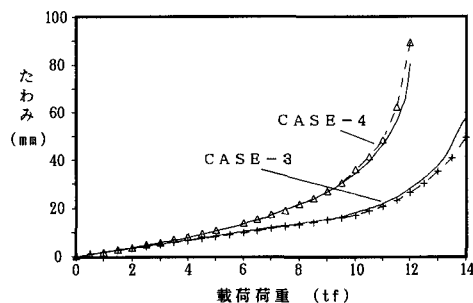


図-3 載荷荷重-たわみ関係

られず、本解析手法は妥当であることがわかる。

4. 地盤の側方移動を受ける杭の挙動

液状化に伴う地盤の側方移動を受ける杭の挙動解析を図-4に示す地盤-杭モデルを用いて行う。地盤の永久変位は台形分布を仮定し、液状化層上の非液状化層の変位量は1.0mとした。杭の材料非線形性は上述のように回転バネ・スライダ要素を用い、地盤の材料非線形性はバイリニア型を持つバネ・スライダ要素を用いた。図-5は作用軸力60.0t・fの場合の杭の変位分布を示したものであり、(a)が従来の溶接杭、(b)が高靱性能杭である。図中の破線は液状化層と非液状化層の境界である。この境界付近で塑性ヒンジが生じ折れ曲がっていることが分かる。図-6は図-5に示した境界U、Lにおける杭の曲げモーメントと地盤変位の関係を示したものである。(a)が溶接杭、(b)が高靱性能杭である。表-2に他の場合もあわせて杭に塑性ヒンジが生じる地盤変位をまとめて示す。これらより従来のPHC杭本体より高靱性能耐震ジョイントを用いた杭構造の方がより大きな地盤の側方移動(1.75~2.17倍)に追従でき、高靱性能耐震ジョイントの効果を確認することができた。

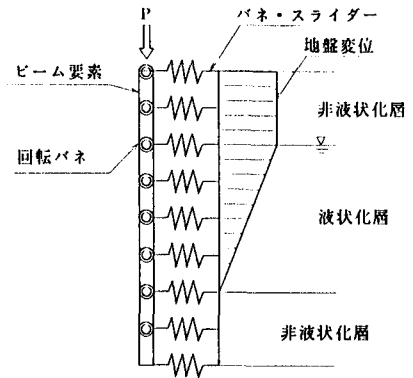


図-4 地盤-杭モデル

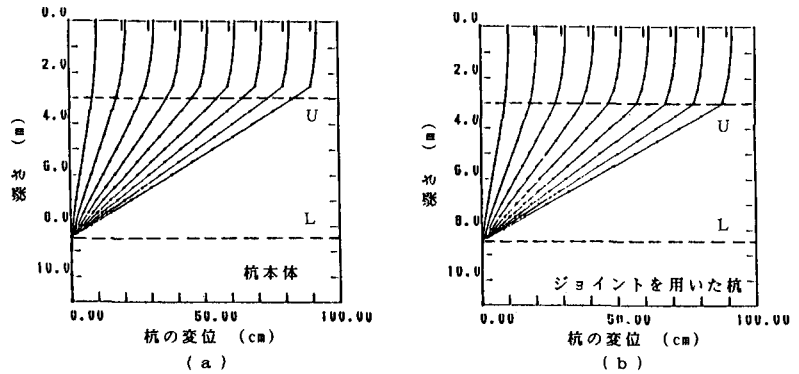


図-5 杭の変位分布

参考文献

1) 吉田 望・中村 晋：地盤の永久変位による基礎杭の被害調査，一日米共同研究—地盤変位と地中構造物の地震被害に関する研究，平成元年度調査・研究報告書，第4章，地震予知総合研究振興会，pp.195-233

2) 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.

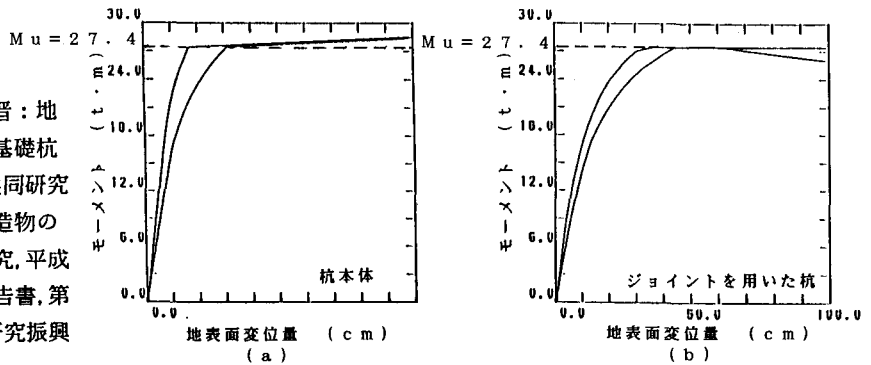


図-6 地盤変位-モーメントの関係

表-2 杭に塑性ヒンジの生じる地盤変位

軸力 (ton)	固定度 (%)	継手の有無	破壊時の地盤変位 (cm)	変位倍率
0	0	無	21.3	1.75
		有	37.3	
	100	無	19.6	1.76
		有	34.4	
60	0	無	20.4	2.14
		有	43.7	
	100	無	17.2	2.17
		有	37.3	