

## I - B312

## 高靱性能耐震ジョイント杭基礎の地震時挙動について

篠塚研究所	正会員	泉 博允
山口大学工学部	正会員	三浦 房紀
エース	正会員	宮坂 享明
大成建設	正会員	福嶋 研一

## 1. はじめに

新たに開発した高靱性を有する継手<sup>1)</sup>(高靱性能耐震ジョイントと呼ぶ)の動的曲げ特性を繰り返し曲げ試験から推定し、この継手を有する杭基礎と地盤および構造物との動的相互作用を考慮した地震応答解析を行い、高靱性能耐震ジョイントの有効性を検討した<sup>2)</sup>。

## 2. 正負交番軸力曲げ試験とモデル化

高靱性能耐震ジョイントは図-1に示すように、杭の端部金具と厚さ4mmのゴムを有する円周方向に4つに分割された内リングおよび円環状の外リングから構成されている。正負交番軸力曲げ試験に用いた杭はPHC杭のB種、杭径 $\phi$ 400mmで、杭の端部より軸力を導入した場合としない場合、および、継手のある場合(継手杭)と継手の無い場合(杭本体)のケースで試験を行った。高靱性能耐震ジョイントの曲げモーメント $M$ と回転角 $\theta$ の関係を載荷曲線としての骨格曲線と除荷曲線を双曲線を用いて表示した。一方、杭本体は50cmの長さの弾性体の梁要素と非線形の回転バネ要素を交互に連結してモデル化し、非線形回転バネはクラック発生曲げモーメントまでは回転角が生じないように考慮して高靱性能耐震ジョイントの場合と同様に双曲線で表示した。図-2に一例として $\phi$ 400mmの双曲線の表示による高靱性能耐震ジョイントの履歴曲線(太線)と試験結果(細線)を比較して示す。

## 3. 地震応答解析結果

解析には上部構造と杭基礎および地盤からなる2次元有限要素モデルを用いた。 $\phi$ 400mmのPHC杭を3列とし、高靱性能耐震ジョイントを構造物直下と地盤の地層境界に位置させている。地盤物性値を表-1に示す。入力波はエルセントロ波のNS成分とし、加速度の最大値は-15mの固定境界で800galとした。解析ケースを図-3に示す。Case-Aは杭本体を弾性体とし、Case-Bは杭本体の非線形挙動を示す非線形回転バネを考慮したケースで、Case-CはCase-Bに、構造物の直下-0.5cmおよび地表より-3m、-9mの地層境界に高靱性能耐震ジョイントを計9箇所設置したケースである。

## (1) 高靱性能耐震ジョイント杭全体の変位挙動

Case-A、Case-Cの杭の最大変位分布を自由地盤の最大変位分布と比較して図-4に示す。両ケースの杭の変位分布は高靱性能耐震ジョイントの位置で回転角に大きな差が見られる程度で、杭全体はほぼ同様な変位挙動を示していることが分かる。上部構造の応答もほぼ同様である。

## (2) 高靱性能耐震ジョイント杭の最大曲げモーメントと最大軸力分布

各ケースの3本の杭のうち右側の杭の最大曲げモーメント分布と最大軸力分布を図-5に示す。杭を弾性体としたCase-Aでは、構造物直下と杭下端の地層境界に、終局曲げモーメントをはるかに超える曲げモーメントが生じている。杭の非線形性を考慮したCase-Bでは曲げモーメントの値の低下が構造物直下および地層境界で見られるものの、広い領域にわたってクラック発生曲げモーメントを超えている。これらに対して、Case-Cの高靱性能耐震ジョイント杭では杭全長にわたり、曲げモーメントの値の低下がより顕著であり、杭頭部を除いて、杭全体はクラック発生曲げモーメントを下回り、クラックも生じることがない結果となっている。したがって、杭本体の安全性はかなり高い状態に確保されていると見ることができる。また、ジョイントに生じる曲げモーメントは、終局曲げモーメントに対して、十分な安全性を有している。これらの結果より、高靱性能耐震ジョイントの効果の大きいことが明らかである。

(3) 高靱性能耐震ジョイント杭のM-N履歴

地表より-3mの右側杭のジョイント位置に作用する曲げモーメントMと軸力Nとの関係を示す時刻歴の例を図-6に示す。杭を弾性体としたCase-Aでは、曲げモーメントが破壊包絡線を越えている。Case-Bでは破壊包絡線にかなり近づいているが、ジョイントのあるCase-Cではまだまだ余裕のある状況を示している。

4. 結論

高靱性能耐震ジョイントを有する杭は基盤入力 800gal の大地震を想定しても地盤が健全であれば十分に安全であることが示された。杭本体および高靱性能耐震ジョイントに発生する曲げモーメントは終局曲げモーメントに対して十分余裕があり、また、高靱性能耐震ジョイントに発生する回転角も終局回転角の1/15程度であり、地盤の大きな水平変位に十分耐えられることが分かった。

また、高靱性能耐震ジョイントは高いたわみ性により、下部、上部構造の応答変位を大きくするという危惧も考えられたが、高靱性能耐震ジョイントの存在が何ら悪い影響を及ぼさないことも明らかとなった。

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、No.513/I-31、pp.201-211、1995.4.

2) 泉博允、三浦房紀、宮坂享明、福島研一：高靱性能耐震ジョイント杭の繰り返し曲げ特性とそのモデル化について、土木学会論文集(投稿中)

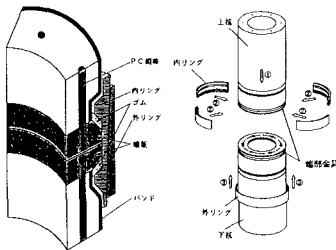


図-1 高靱性能耐震ジョイント (HDAJ)

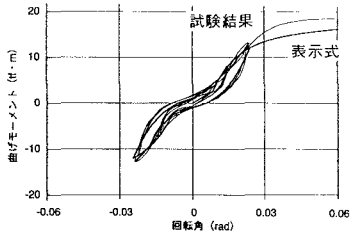


図-2 高靱性能耐震ジョイントの表示式による履歴曲線と試験結果の比較 (φ 400mm)

表-1 地盤物性

	Layer-1	Layer-2	Layer-3
Thickness	3 m	6 m	6 m
Shear wave velocity	200 m/s	150 m/s	400 m/s
Unit weight	1.8 t/m <sup>3</sup>	1.7 t/m <sup>3</sup>	1.8 t/m <sup>3</sup>
Poisson's ratio	0.4	0.4	0.4

1t/m<sup>3</sup> (9.8kN/m<sup>3</sup>)

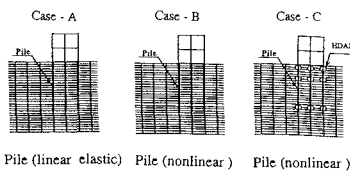


図-3 解析ケース

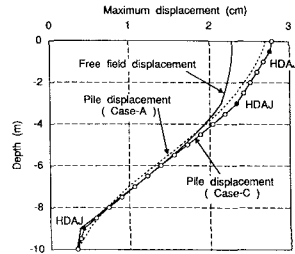
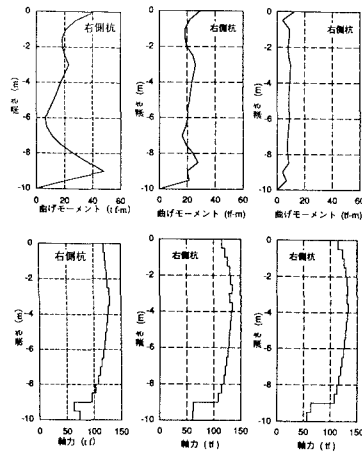
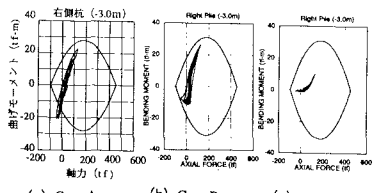


図-4 杭の最大変位分布



(a) Case-A (b) Case-B (c) Case-C  
図-5 杭の最大曲げモーメントと最大軸力分布



(a) Case-A (b) Case-B (c) Case-C  
図-6 高靱性能耐震ジョイント杭のM-N履歴