

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

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. まえがき

高靱性能耐震ジョイントを用いた杭の単純曲げ試験結果より、曲げ特性を求め、地震時応答解析によりその有効性を前論文¹⁾で示した。本論文は、さらに撓み性を持たせるように改良した高靱性能耐震ジョイントを開発し、地震時を想定して、これを用いた杭の正負交番軸力曲げ試験を実施し、高靱性能耐震ジョイントの繰り返し曲げ特性を明らかにした。その結果、骨格曲線および除荷曲線とも作用軸力の依存性が強く見られることが明らかとなり、また、地震応答解析で用いるこれらの骨格曲線および除荷曲線が双曲線で定性的に表示できる結果が得られた。

2. 正負交番軸力曲げ試験

(1) 改良型高靱性能耐震ジョイント

高靱性能耐震ジョイントは図-1に示すように、杭の端部金具と弾性部材(減衰ゴム)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。高靱性能耐震ジョイントは弾性部材の厚さを変化させることにより、継手の回転性能を制御することが可能である。この弾性部材の厚さを2mmとしたものが、前論文¹⁾で検討した高靱性能耐震ジョイントであり、4mmとしたものが本論文で検討する改良型高靱性能耐震ジョイントである。

(2) 正負交番軸力曲げ試験方法および試験ケース

改良型高靱性能耐震ジョイントの繰り返し曲げ特性を明らかにするために、正負交番軸力曲げ試験を行った。試験は図-2に示すように、スパン長を7.6mとし、その中央に継手を設置し、繰り返しの鉛直荷重を2点で載荷して、回転角、ひずみ、たわみを測定した。試験ケースは表-1のように、杭径は $\phi 400\text{mm}$ と $\phi 600\text{mm}$ の2種類、杭の端部より軸力 N を導入する場合としない場合、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8ケースである。正負交番軸力曲げ試験に用いた杭は、PHC杭(Prestressed High Strength Concrete Pile)のB種(プレストレス量 $=80\text{kgf/cm}^2$)である。図-3に正負交番載荷の方法を示す。繰り返し曲げモーメントの値は設計ひび割れ曲げモーメント M_c と実際にひび割れが認められたひび割れ曲げモーメント M_c' および設計破壊曲げモーメント M_u の1/1.2の3段階で、それぞれの繰り返し回数は10回、1回、10回とし、最後に設計破壊曲げモーメント M_u まで作用させた。

(3) 正負交番軸力曲げ試験結果

杭径 $\phi 400\text{mm}$ の正負交番軸力曲げ試験の曲げモーメント M (tfm)と回転角 θ (deg./0.5m)との履歴曲線を図-4、図-5に示す。なお、回転角 θ は0.5m離れて設置された2つの傾斜計の回転角の差である。図-4は作用軸力 $N=0\text{tf}$ の場合、図-5は作用軸力 $N=120\text{tf}$ の場合であり、両図とも継手杭と杭本体の場合を比較している。継手杭は杭本体に比較して、骨格曲線の変形性能が数倍大きく、また、骨格曲線と除荷曲線で囲まれる面積も大きく、減衰効果が大きいことを示している。図-4と図-5の比較より、軸力が大きいと変形性能が小さくなると同時に、減衰効果も小さくなる傾向が見られる。

3. 高靱性能耐震ジョイントの繰り返し曲げ特性のモデル化

改良型高靱性能耐震ジョイントの骨格曲線は軸力が小さいと原点近傍で直線的挙動が見られるので、骨格曲線を双曲線と直線の組み合わせで(1-1)、(1-2)式のように表示した。

$$\theta - \theta_0 = (M / (1/a)) / (1.0 - (M / (1/b)))^{(1/n)} \quad (1-1)$$

$$M = (M_0 / \theta_0) \times \theta \quad (1-2)$$

ここに、 θ は回転角、 θ_0 は双曲線の回転角軸方向への移動量、 M は曲げモーメント、 $1/a$ は双曲線の初期勾配、 $1/b$ は漸近線用曲げモーメントで、 $M-\theta$ 曲線が θ の増大とともに漸近していく値、 n はカーブフィット定数で、双曲線がよりよく試験結果を表現できるようにする値である。 M_0 、 θ_0 は双曲線と直線の交点を示す。

一方、除荷曲線は軸力が小さいと下に凸、軸力が大きいと上に凸の曲線となる傾向がみられるので、除荷曲線は骨格曲線の双曲線の原点を(2)式のようにを軸力に依存させて移動量を変えることにより表示した。

$$\theta - \theta_{p1} = ((M - M_{p1}) / (1/a)) / (1.0 - ((M - M_{p1}) / (1/b)))^{(1/n)} \quad (2)$$

ここに、 M_{p1} 、 θ_{p1} は双曲線の曲げモーメント軸方向および回転角軸方向への軸力に依存する移動量を示す。

参考文献：1) 泉博允、三浦房紀、宮坂享明他：高靱性能耐震ジョイント杭の地震時有効性について、土木学会第51回年次学術講演会、1996。

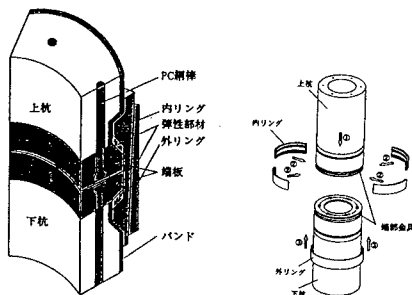


図-1 高靱性能耐震ジョイントの断面図

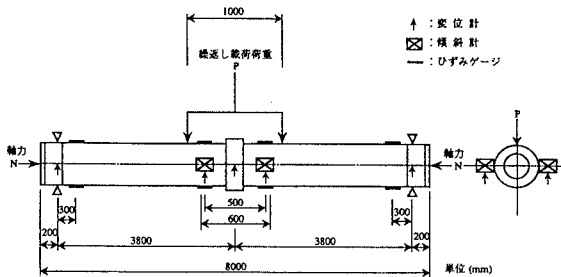


図-2 正負交番軸力曲げ試験

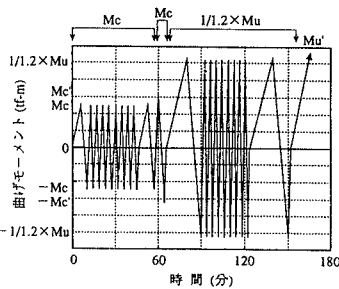


図-3 正負交番荷荷方法

表-1 正負交番軸力曲げ試験ケース

Case	杭径 (mm)	スパン長 (m)	軸力 (tf)	継手
Case 1	400	7.6	0	なし
Case 2	400	7.6	120	なし
Case 3	400	7.6	0	あり
Case 4	400	7.6	120	あり
Case 5	600	7.6	0	なし
Case 6	600	7.6	260	なし
Case 7	600	7.6	0	あり
Case 8	600	7.6	260	あり

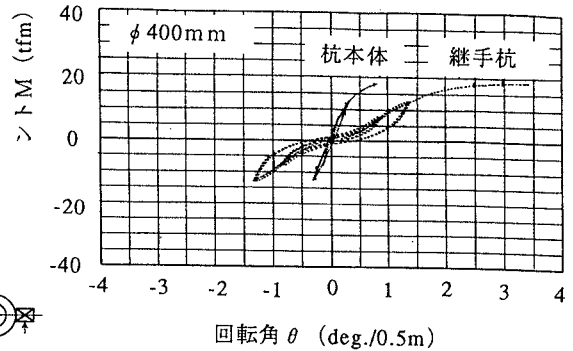


図-4 曲げモーメントMと回転角 θ の履歴曲線
($\phi 400\text{mm}$ 軸力 $N=0\text{tf}$)

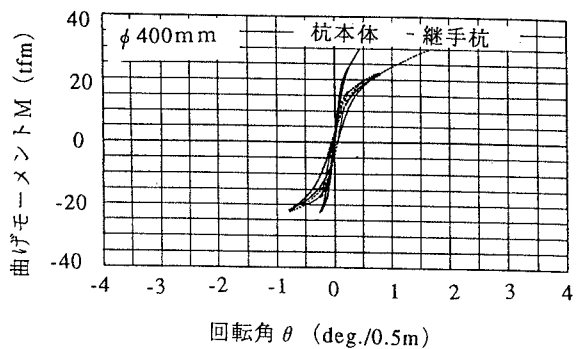


図-5 曲げモーメントMと回転角 θ の履歴曲線
($\phi 400\text{mm}$ 軸力 $N=120\text{tf}$)