

既製コンクリート杭の機械式継手における引張耐力の検証
(その1 FEM解析)

正会員 ○石川 一真*1,*2 正会員 小椋 仁志*2
正会員 松江 繁尚*1 正会員 宮原 清*1

既製コンクリート杭 機械式継手 引張耐力
ペアリング ジョイント トリプル プレート ジョイント

1. はじめに

既製コンクリート杭の継手には溶接継手と機械式継手¹⁾があり、杭施工時の時間短縮効果のある後者が多く採用されている。機械式継手には、ペアリング ジョイント(以下 PJ と表記)とトリプル プレート ジョイント(以下 TPJ と表記)があり、図1にそれぞれの概要を示す。両者とも、杭の端板外周部を金具(PJ:内リング、TPJ:接続プレート)で係止する構造である。

地震時に杭に引抜き力が作用すると、継手にも引張力が働く。今回、機械式継手の引張耐力を実験的に検証したので、ここに報告する。その1では、実験に先立って行った三次元 FEM 解析について示す。

2. 解析概要

杭径 600mm の PHC 杭 C 種(PC 鋼材は線径 10.0mm 24 本)同士を PJ または TPJ で継いだ状態を想定した。解析モデルの接点数を抑える為に、軸方向は下杭の杭頭部のみを、周方向は PC 鋼材 1 本分である 15° (=360° /24) 範囲をモデル化した。例として PJ の解析モデルを図2に示す。端板の板厚などの仕様は、その2の表1に示す試験予定の金具に合わせた。

解析条件、材料定数、拘束条件、荷重条件を、表1、2、図3、4に示す。内リングまたは接続プレートの上端を対称拘束とし、

解析 STEP3 にて杭下端に設けた剛梁の中心に下向きの荷重(杭体の短期許容引張荷重の 1/24)を与えた。

解析は線形解析、解析ソフトは COSMOSM Ver.2007、接点数は約5万点である。

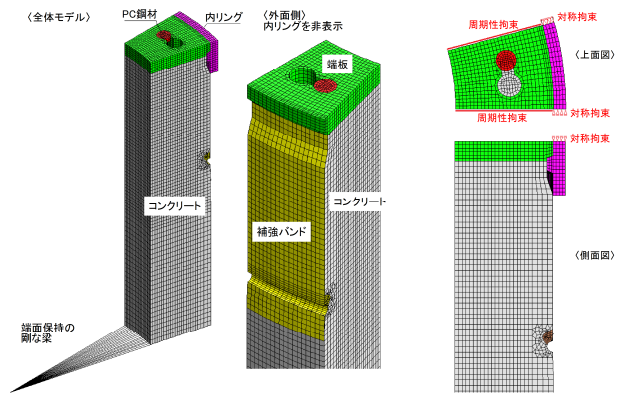


図2 解析モデル(PJ)

図3 拘束条件

表1 解析条件

	PJ	TPJ
端板	ソリッド要素	ソリッド要素
コンクリート	ソリッド要素	ソリッド要素
PC鋼材	ソリッド要素(一部ビーム要素)	ソリッド要素
内リング	ソリッド要素	—
接続プレート	—	ソリッド要素
補強バンド	—	シェル要素
丸棒	ソリッド要素	—
端板~コンクリート間	ギャップ要素(圧縮では抵抗、引張では離間)	ギャップ要素(圧縮では抵抗、引張では離間)
補強バンド~コンクリート間	ばね要素(杭半径方向は剛ばね、 杭軸方向はせん断ばね3.5N/mm ²)	ばね要素(杭半径方向は剛ばね、 杭軸方向はせん断ばね35N/mm ³)
PC鋼材~端板接触部	ばね要素(杭軸方向は剛ばね、PC鋼棒半径方向はフリー)	ばね要素(杭軸方向は剛ばね、PC鋼棒半径方向はフリー)
端板~内リング接触部	ギャップ要素(摩擦係数0.0)	—
端板~接続プレート接触部	—	ギャップ要素(摩擦係数0.35)
外リング	モデル化せず	—
接続ボルト	—	モデル化せず

表2 材料定数

鋼材		コンクリート	
ヤング係数	ポアソン比	ヤング係数	ポアソン比
205000N/mm ²	0.3	40000N/mm ²	0.2

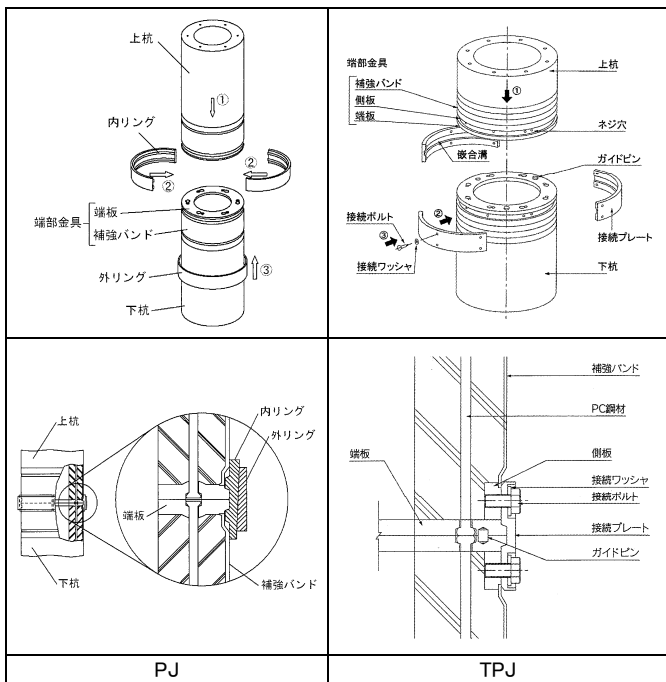


図1 機械式継手(PJ・TPJ)の概要

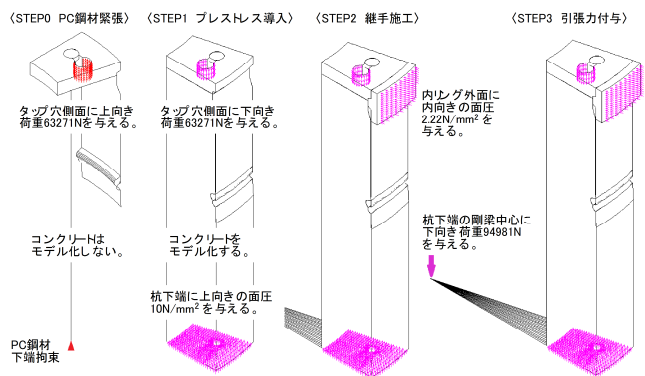


図4 荷重条件(PJ)

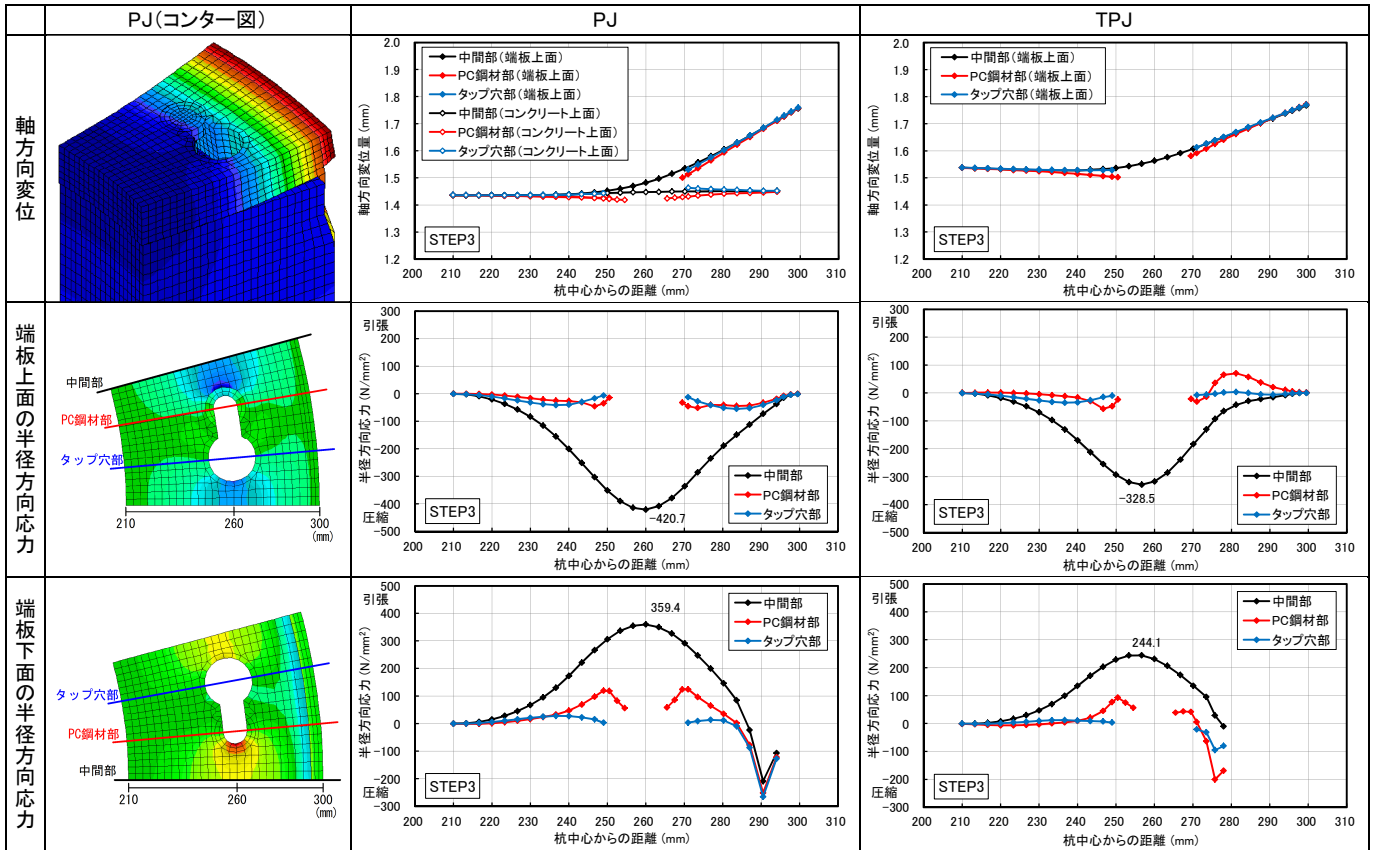


図5 FEM解析結果(PJ・TPJ)

3. 解析結果

解析結果を図5, 6に示す。端板には、PC鋼材を係止する部分と緊張時にボルトを螺合するタップ穴部分からなる瓢箪穴(その3の図4参照)と呼ばれる穴が開いている。

図5は、コンター図に示す半径方向の3本の線(タップ穴部、PC鋼材部、瓢箪穴と隣の瓢箪穴の間に位置する中間部)に沿って、軸方向変位と端板上面および下面の半径方向応力をグラフ化したものである。グラフの横軸は杭中心からの距離であり、210mmは端板の内側、300mmは端板の外側、260mmはPC鋼材の配置半径である。どちらの継手も、PC鋼材より外側の端板が上方向に面外変形している。また、中間部の半径方向応力は、260mm付近にピークを持つ応力分布となっており、端板下面の引張応力よりも端板上面の圧縮応力の方が大きな応力となっている。

図6は、コンター図の260mmの線に沿って、半径方向応力をグラフ化したものである。なお、図6はPJの結果であるが、TPJも同様の結果であった。端板上面の応力を見ると、モデル境界部(グラフの横軸の0mmおよび68mm)は圧縮420.7 N/mm²であるが、瓢箪穴の際では応力集中により圧縮600および800 N/mm²以上となっている。そこで、各節点の応力から要素の幅を考慮した重み付き平均を求めると、圧縮485.7 N/mm²であった。モデル境界部の応力に対する平均応力の比は1.155(=485.7/420.7)である。

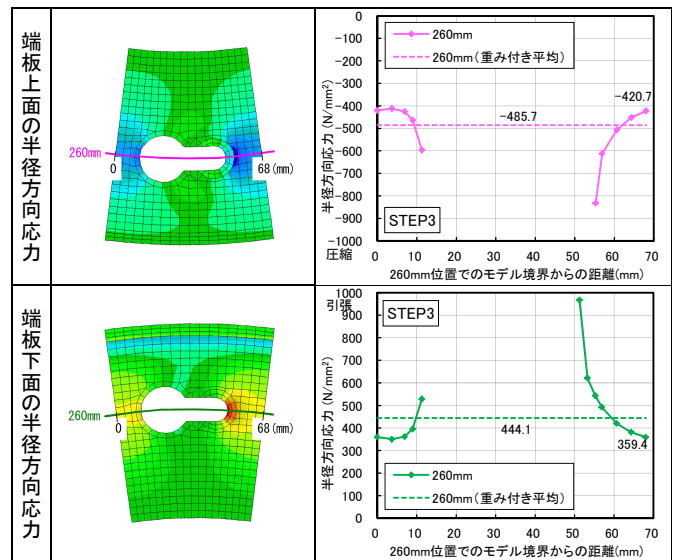


図6 FEM解析結果(PJ)

4. おわりに

三次元FEM解析により、端板の変形および応力を予測した。なお、他の杭径(杭径300mm C種、杭径600mm A種・C種、杭径1200mm C種)についても軸対称FEM解析を行い、図5と同様の結果を得た。

参考文献

- 1) 船田一彦他：既製コンクリート杭の機械式継手、基礎工、Vol.45, No.11, pp.38-41, 2017.11

*1 継手研究会

*2 無溶接継手杭(PJ)工業会

*1 Triple Plate Joint Association

*2 Pair-ring Joint Association