

## 支圧効果を考慮した杭頭接合部の曲げ挙動に関する検討

## その1. 杭頭根入れ長さをゼロとした杭頭接合部の曲げせん断実験

正会員	○土佐内 優介 *1	中野 凌 *2	成瀬 俊佑 *2
正会員	河野 進 *2	小原 拓 *2	小林 勝巳 *1
正会員	郡司 康浩 *3	新井 寿昭 *3	福田 健 *4

パイルキャップ 杭基礎 既製杭  
杭頭接合部

## 1. はじめに

筆者らは既製コンクリート杭のパイルキャップについて、杭頭の根入れ長さが  $1D$  ( $D$ : 杭径) よりも短い場合を対象として、杭頭-パイルキャップの間の地震時の荷重伝達機構を解明し、その終局耐力の評価を目的として載荷実験を行っている<sup>1)</sup>。文献 2)には杭頭接合部の曲げ強度を算定する際、パイルキャップコンクリートの支圧効果を考慮してコンクリートの応力-ひずみ曲線を補正する方法が示されている。本報ではこの支圧効果をより明瞭に確認することを目的として行った、杭頭の根入れ長さをゼロとした載荷実験の結果を報告する。

## 2. 実験概要

表 1 に試験体一覧を、図 1 に配筋図を示す。試験体 Z11～Z13 では軸力を、Z13～Z15 では杭頭定着筋量を実験パラメータとした。鉄筋の降伏強度  $f_y$  は、D6 : 355.8 N/mm<sup>2</sup>、D10 : 341.4 N/mm<sup>2</sup>、D13 : 362.1 N/mm<sup>2</sup> であった。Z13 と Z16 はパイルキャップのフープ筋の有無、Z13 と Z17 はパイルキャップのベース筋の有無をパラメータとした。

図 2 に載荷装置にセットした試験体の写真を示す。載荷装置の都合から、試験体は実際の杭-パイルキャップとは天地が逆転している。実験は試験体スタブを床に緊結したうえで、一定の鉛直軸力を常時作用させながら、水平ジャッキによって杭を載荷した。文献 1)と同様に載荷は変位制御で、片方向のみの繰り返し載荷とした。

## 3. 杭頭曲げモーメント - 部材角関係

式(1)に示すように、杭頭曲げモーメントには水平力によって生じる曲げモーメントに、軸力の  $P$ - $\delta$ 効果によって生じる曲げモーメントを加算した。

$$M_0 = P_{\text{水平}} \times \delta_{\text{杭載荷位置}} + N \times \delta_{\text{軸力導入位置}} \quad \text{式(1)}$$

部材角は載荷高さの水平変位を載荷高さで除して求めた。図 3 に Z13 の載荷完了時のひび割れ図を示す。図中に赤で示した部分に生じたひび割れを「加力方向ひび割れ」、緑で示した部分に生じたものを「直交方向ひび割れ」と示し、図 4 に示す杭頭曲げモーメント-部材角関係に重ねて示している。パイルキャップの底面(試験体の上面)にひび割れが確認された時点を「発生」、そのひび割れが伸びてパイルキャップの側面まで到達した時点を「貫通」としてプロットした。図 4 にはそのほかに、最大曲げモー

メント、引張鉄筋の降伏、モールドゲージで計測した鉛直方向のコンクリートひずみが 2500  $\mu$  (テストピースの圧縮試験で最大強度となった時点の圧縮ひずみ) に到達した時点、フープ筋が降伏した時点をプロットした。

耐力低下が生じた試験体 Z11、Z13、Z14、Z15、Z16 では、最大曲げモーメントが生じたタイミングと直交方向ひび割れが貫通したタイミングと近い。一方、軸力の小さい試験体 Z12 ではひび割れは発生せず、耐力低下は見られなかった。ベース筋を配置した試験体 Z17 では、直交方向ひび割れが貫通したものの耐力低下は見られなかった。これはベース筋があるためにひび割れ貫通後もコンクリートの支圧効果が低下しなかったためと推察される。

これらのことから、杭頭曲げモーメントの最大耐力にはパイルキャップコンクリートの支圧効果が大きく影響していると考えられる。さらに、パイルキャップにひび割れが生じたとしても、支圧効果の低下を防ぐような補強筋を配置すれば、耐力低下を避けられると考えられる。

## 4. 断面解析による杭頭曲げモーメントと実験値の比較

図 5 に、杭頭定着筋に D10 を用いた試験体 Z11、Z12、Z13、Z16、Z17 の最大曲げモーメントと、パイルキャップコンクリートの支圧効果によるコンクリート強度の割り増し係数  $\phi$  を 1、2、3、4 とした断面解析による曲げ終局強度  $M_u$  を示す。コンクリートと鉄筋は図 6 に示すバイリニアでモデル化した。コンクリートの圧縮強度  $\sigma_B$  は材料試験の平均値とした。断面解析から逆算すると、パイルキャップコンクリートは支圧効果によって圧縮強度  $\sigma_B$  の 3~4 倍程度以上の圧縮軸力を負担していた。Z13 試験体の最大曲げモーメントに対して、フープ筋がない Z17 では 0.89 倍、ベース筋がある Z16 では 1.32 倍であることから、支圧効果の発揮にはパイルキャップコンクリートの補強筋の有無が寄与したと考えられる。

## 5. まとめ

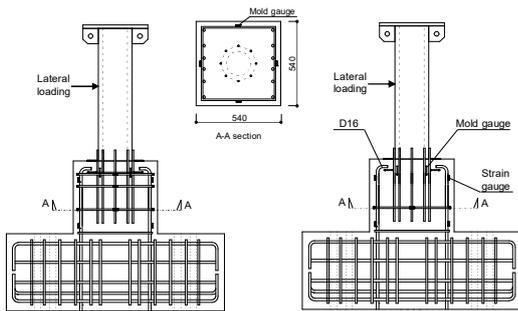
- ・杭頭接合部の最大曲げモーメントはパイルキャップコンクリートの支圧効果の影響を受ける。
- ・パイルキャップコンクリートは支圧効果によって圧縮強度  $\sigma_B$  の 3~4 倍程度以上の圧縮軸力を負担していた。

## 謝辞

本研究は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (JPMJOP1723) によるものです。

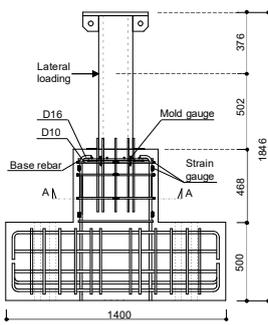
表 1 試験体一覧

試験体	杭径D (mm)	パイルキャップサイズ	杭頭飲み込み	軸力 (kN)	杭頭定着筋	ベース筋	フープ筋	コンクリート強度 $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリートヤング係数 $cE$ (N/mm <sup>2</sup> )
Z11	216	2.5D	なし	1200	8-D10	なし	2-D10	37.1	25223
Z12				400				36.2	24000
Z13				800				35.9	24530
Z14				800				35.9	25413
Z15				800				36.5	25110
Z16				800				34.6	25429
Z17				800				6,6-D10	2-D10



(a) Z11, Z12, Z13, Z14, Z15

(b) Z16



(c) Z17

図 1 配筋図

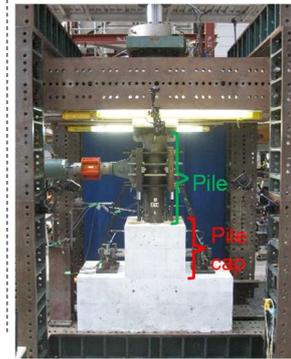


図 2 試験体の荷荷状況

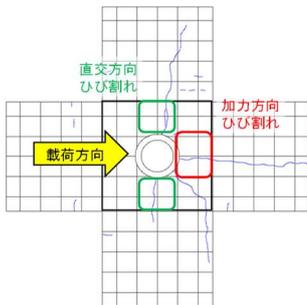
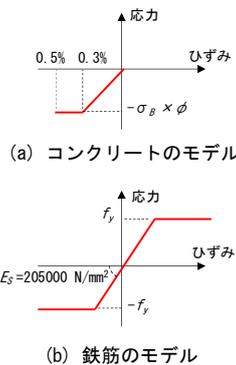


図 3 ひび割れ図 (試験体 Z17)



(a) コンクリートのモデル

(b) 鉄筋のモデル

図 6 コンクリートと鉄筋のモデル化

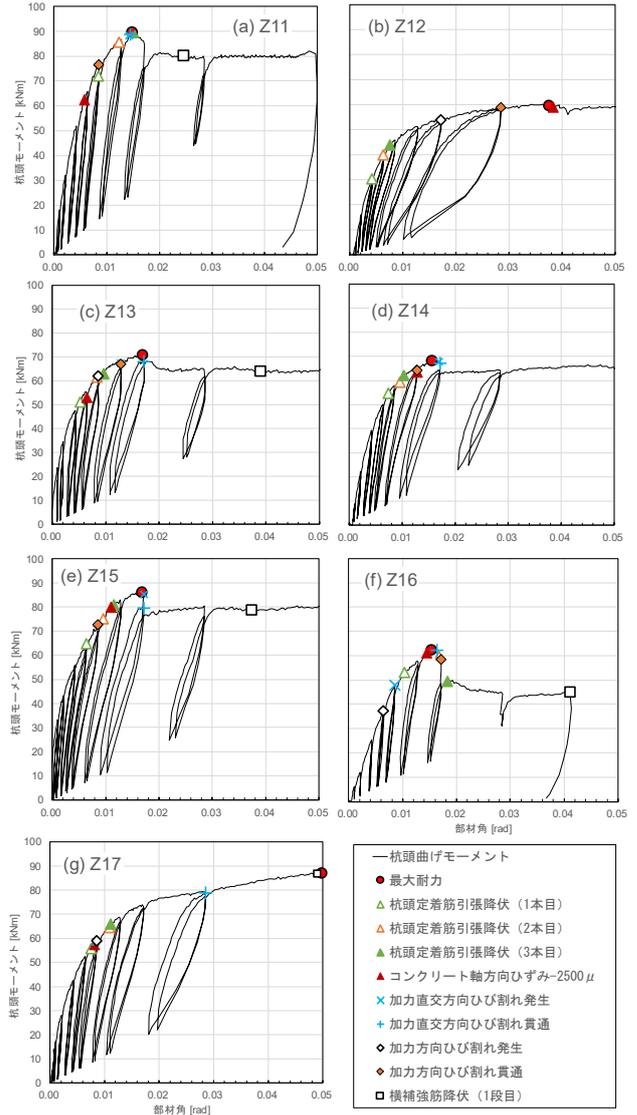


図 4 杭頭曲げモーメント - 部材角関係

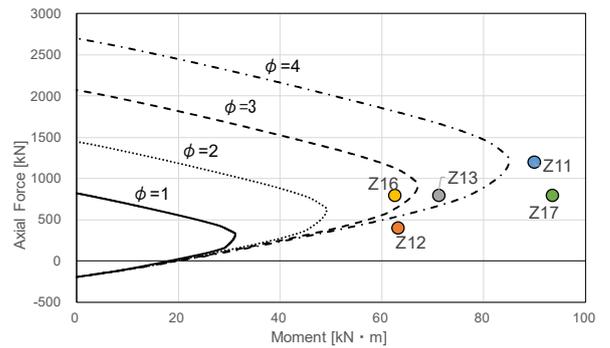


図 5 杭頭の最大曲げモーメント

参考文献

- 1) 土佐内他：杭頭根入れ長さが短い杭を有するパイルキャップのへりあき破壊耐力に関する実験的研究その1～3、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、pp. 179-184、2019.9
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説、2017.3

\*1 フジタ  
\*2 東京工業大学  
\*3 西松建設  
\*4 戸田建設

\*1 Fujita Corporation  
\*2 Tokyo Institute of Technology  
\*3 NISHIMATSU Construction Co., Ltd.  
\*4 Toda Corporation