

軸力を受ける節を有する杭の力学挙動に関する研究
(その1) 一軸載荷試験

正会員 ○黒川 洋一* 正会員 藤本 効*
同 杉本 訓祥** 同 高橋 豪***

既製コンクリート杭 一軸載荷試験 節杭
軸力 応力集中 終局性状

1. はじめに

節付き既製コンクリート杭（以下、節杭）は、節の効果による高い軸支持力が期待される。したがって、高軸力下における杭体の終局挙動把握が重要である¹⁾。既往の研究では、節付け根部に応力集中が生じることが確認されている。現状、杭体は終局設計が必須ではないため、その応力集中現象は考慮されていない^{2) 3)}。しかしながら、杭体の終局検討が必要となる場合、圧縮側コンクリートにより曲げ耐力が決まるモードでは、その応力集中現象を無視すると危険側評価となる。

本研究は、節がその付け根部周辺の挙動に与える影響を確認することを目的として行ったものである。

2. 試験体

試験体は、軸部径 500mm の節杭を 16/25 に縮小したものとし、節部の大きさをパラメータとした。試験体数は4体で、うち一体は無節（ストレート杭）とした。表-1 に試験体諸元を、図-1 に試験体図を、表-2 に素材の材料特性をそれぞれ示す。

表-1 試験体諸元[寸法単位:mm]

No.	共通項目	節部径 D2	節高さ h	節幅 S	節斜部幅:w1 節頂部幅:w2
E-S(節無し)	軸部径:D1 320mm				
E-0(節小)	軸部厚さ:t 51mm	384	32	96	32
E-1(節標準)	コンクリート	416	48	144	48
E-3(節大)	設計基準強度:F _c 60N/mm ²	480	80	240	80

表-2 材料特性

(a) コンクリート[単位:N/mm²]

圧縮強度: σ_b	ヤング係数: E_c	割裂強度: σ_t
63.2	3.27×10^4	3.79

(b) 鉄筋[単位:N/mm²]

径(鋼種)	降伏強度: σ_y	ヤング係数: E_s	引張強さ: σ_u
D4(SD295)	392	1.83×10^5	552

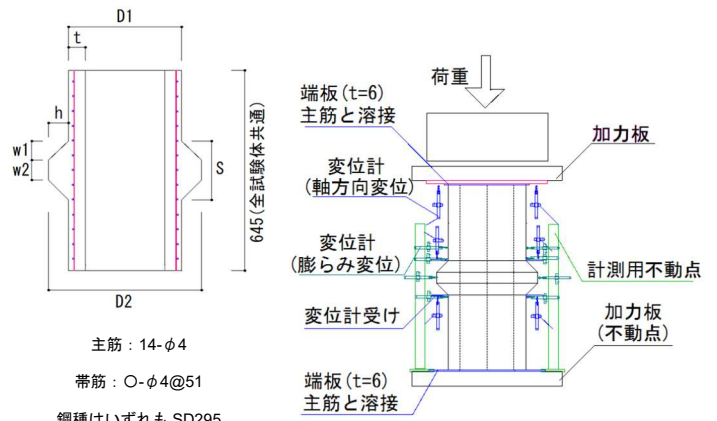


図-1 試験体断面

図-2 加力模式図

3. 試験計画

加力は、一方向繰返し載荷とした。繰返し荷重レベルは、コンクリート圧縮強度: σ_b をもとに設定し、 $0.2\sigma_b$ 、 \Rightarrow 除荷 $\Rightarrow 0.4\sigma_b \Rightarrow$ 除荷 $\Rightarrow 0.5\sigma_b \Rightarrow$ 除荷 $\Rightarrow 0.6\sigma_b$ (節付き試験体のみ) \Rightarrow 除荷 \Rightarrow 押切り載荷とした。変位は、不動点から試験体各部標点の軸方向および水平方向（径方向の膨らみ）を計測した。また、鉄筋およびコンクリート表面のひずみを計測した。図-2 に加力模式図を示す。

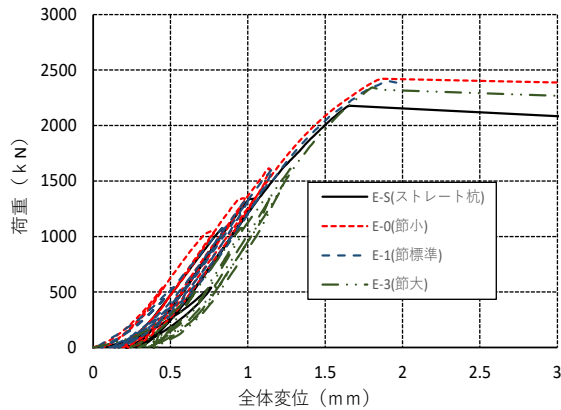
4. 試験結果

4.1 荷重-変位関係

図-3 に荷重-変位関係を、写真-1 に試験状況を示す。節付き試験体はすべて節部の爆裂破壊により最大耐力が決定した。初期剛性および最大耐力は、節の大きさに対し弱い負の相関を示している。なおストレート杭 (E-S) は、他の試験体と比較して最大耐力が低い、主筋のひずみを確認した結果、断面応力が不均一であったことが影響しているものと思われる。

4.2 荷重-ひずみ関係

各断面における荷重-軸方向ひずみ(コンクリート)関係を図-4 に示す。節付け根部から $1t$ ($t=51\text{mm}$) 離れた A 断面では、全試験体ともほぼ同じ挙動を示しており、節部の影響は見られない。節付け根部である B、D 断面では、節杭はストレート杭に比べ発生ひずみが大きく、その傾向は節が大きいほど強くなる。また、節杭が節付け根部



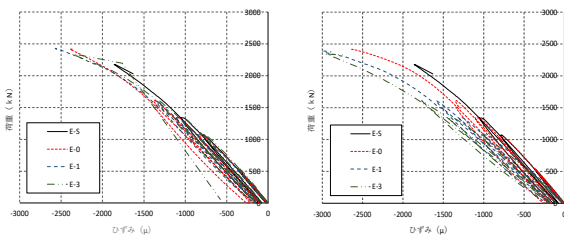
図—3 荷重-変位関係



(a) 加力状況

(b) 最終状況

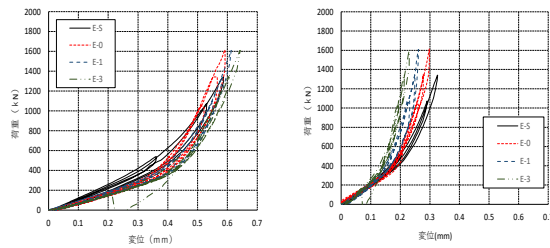
写真—1 試験状況



(a) 軸部 (A断面)

(b) 節付け根部 (BD断面)

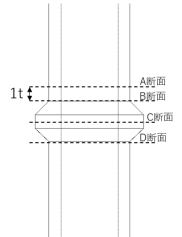
図—4 荷重-ひずみ(軸方向)関係



(a) 軸部 (A断面)

(b) 節付け根部 (BD断面)

図—5 荷重-変位(膨らみ)関係



断面位置

ひずみ計測位置

から爆裂する現象と関連している。節頂部であるC断面では、軸方向ひずみは殆ど生じていないことから軸応力負担が無いことが確認された。しかし、周方向に引張ひずみが発生し、荷重 1000 kN 付近ですべての節付き試験体が節頂部に軸方向ひび割れ(縦ひび割れ)を生じている。

4.3 軸部の膨らみについて

各断面における荷重-膨らみ変位(径方向の変位)関係を図-5に示す。A断面では、各試験体とも同様の挙動を示している。B、D断面においては、節の大きさに相関し膨らみが小さくなっている。これは節が軸部の膨らみの拘束効果を発揮しているためと考えられる。節頂部の縦ひび割れは、その拘束の反作用により発生したものと考えられる。

5. まとめ

今回の実験により、以下の知見を得ることが出来た。

- 1) 荷重-軸方向変位関係において、初期剛性および最大耐力は、節の大きさに対し弱い負の相関を示す。
- 2) 節付け根には、軸方向ひずみが集中する領域が発生し、その傾向は節の大きさと相関し強くなる。

- 3) 節頂部には周方向に引張応力が生じるため縦ひび割れが発生する。
- 4) 節付け根部の膨らみ変位は、節の拘束効果により節が大きいほど小さくなる。また、その効果は節の大きさと相関する。
- 5) 節の拘束効果は、節付け根部から軸部厚さ以上離れた断面に影響しない。

参考文献

- 1) 本間裕介、富永晃司、徐挺：ソイルセメント埋込み杭工法で施工された節杭の水平載荷試験、第39回地盤工学研究発表会、pp. 1511-1512、2004
- 2) 本間裕介、小椋仁志：拵頭節杭の軸力伝達機構の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 559-560、2003
- 3) 高橋豪、杉本訓祥、藤本効：軸力を受ける節を有する杭の非線形 FEM 解析、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 419-420、2022

*ベターリビングつくば建築試験研究センター
 **横浜国立大学大学院、教授、博(工)
 ***ベターリビングつくば建築試験研究センター
 (横浜国立大学 博士課程後期)

*Center for Better Living Tsukuba Building Research and Test Laboratory
 **Prof., Yokohama National University
 ***Center for Better Living Tsukuba Building Research and Test Laboratory,
 and Doctoral Student., Yokohama National University