

軸力を受ける節を有する杭の非線形 FEM 解析

正会員 ○高橋 豪*
同 杉本 訓祥**
同 藤本 効

既製コンクリート杭 杭体 節杭
軸力 解析 終局性状

1. はじめに

近年、様々な要因から杭体に高い支持能力が求められることから、高軸力下における杭体の挙動把握が重要となっている。

節を有する杭（以下、節杭）では、節付け根部の圧縮応力集中が既往の研究で報告されている。しかしながら、杭体の設計ではそれは特に考慮されていない。

本研究は、節杭の力学的性状の把握を目的とし、軸力下における節付近の応力状態に関する知見を得ることを目的とし、解析的手法により検討したものである。

2. 解析手法

解析は、軸径および厚さを固定し、節部の大きさをパラメータとし非線形で行った。解析対象とした杭（以下、試験体）の寸法形状等を表-1、図-1 に示す。

表-1 寸法形状

No.	軸径D (mm)	厚さt (mm)	節部径:D2 (mm)	節高さ:h (mm)	節幅:S (mm)	節斜部幅:w1 (mm)	節頂部幅:w2 (mm)	コンクリート強度:Fc (N/mm ²)
0 (節無し)	320	51.2						85
1-0			384	32	96	32	32	
1-1			416	48	144	48	48	
1-2			448	64	192	67	67	
1-3			480	80	240	80	80	

※本解析は実験予定の試験体と同じく、φ500の杭を16/25に縮尺した寸法としている。

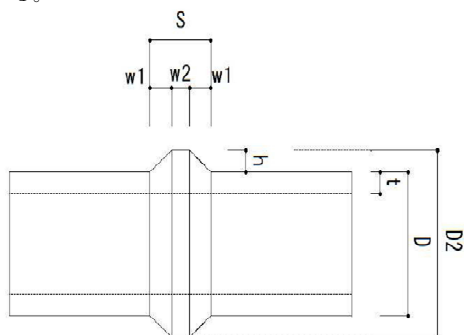
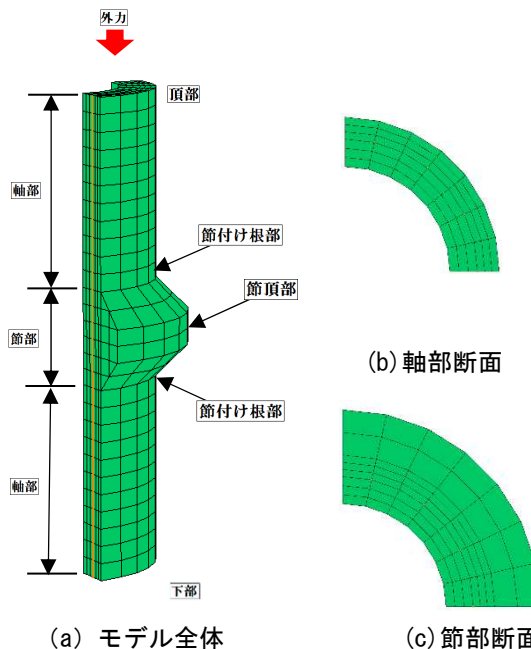


図-1 寸法形状

解析モデル図を図-2 に示す。解析は、モデル下部を支持し、モデル頂部に強制変位を加え破壊に至るまで行った。



(a) モデル全体 (b) 節部断面 (c) 節部断面
図-2 解析モデル図

3. 解析結果

軸応力-変位関係を図-3 に示す。各試験体の挙動に顕著な差はなかった。初期剛性に関しては、節部の大きな試験体 (No. 1-2, No. 1-3) が、他の試験体と比べ、若干高くなった。

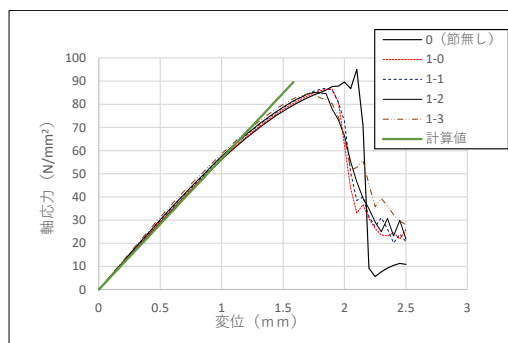


図-3 軸応力-変位関係

節部周辺のひび割れ状況を図-4 に、節頂部における軸応力-主ひずみ関係を図-5 に示す。節頂部において、最小主ひずみ（圧縮ひずみ）は、各試験体とも、軸応力度 40N/mm² 程度時に、約 80~100μ となった。これは、軸部ひずみ度（約 1000μ）の 1/10 程度であることから、節頂

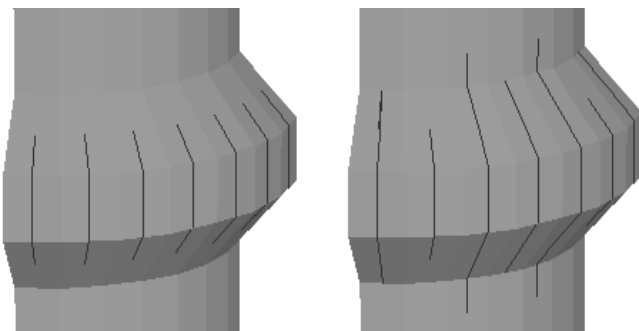
部の軸力負担が小さいことを示している。

軸応力と最大主ひずみ（引張ひずみ）の関係において軸応力 30N/mm² あたりから剛性低下する傾向が見られ、**図-4** に示したひび割れ状況（縦ひび割れ）と整合している。

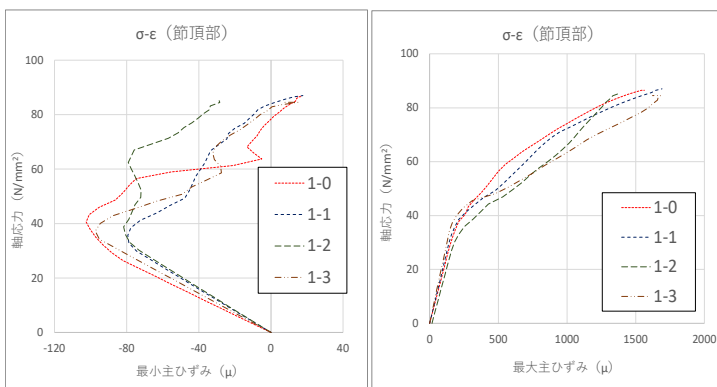
節付け根部における各軸応力レベル時の最小主ひずみを**表-2** に、軸応力-主ひずみ関係を**図-6** に示す。節付け根部の最小主ひずみは、節無し杭と比べ大きく、その値は節の大きさと相関している。最大主ひずみは、節無し杭と比べ、若干大きい値となった。これは、節部の周方向変形とひび割れ発生が影響しているものと考えられる。

表-2 軸力比毎の最小主ひずみ一覧（節付け根部）

軸力比	0.2		0.3		0.4		0.5	
	値	比率	値	比率	値	比率	値	比率
0（節無し）	-415	1.00	-623	1.00	-834	1.00	-1050	1.00
1-0	-477	1.15	-725	1.16	-981	1.18	-1243	1.18
1-1	-558	1.35	-856	1.37	-1167	1.40	-1490	1.42
1-2	-603	1.45	-927	1.49	-1268	1.52	-1641	1.56
1-3	-651	1.57	-1000	1.60	-1240	1.49	-1742	1.66



(a) 軸応力度 30N/mm² 付近 (b) 軸応力度 50N/mm² 付近
図-4 節部近傍のひび割れ状況（試験体 No. 1-1）



(a) 最小主ひずみ (b) 最大主ひずみ
図-5 軸応力-主ひずみ関係（節頂部）

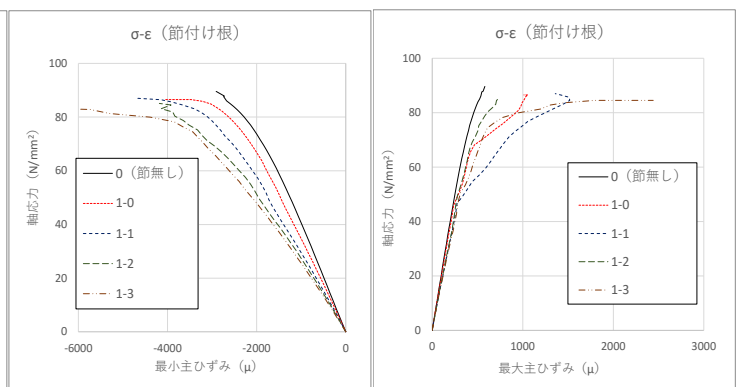
4. まとめ

今回の検討により、以下の知見を得ることが出来た。

- 1) 杭体全体での軸応力に対する変形性状の挙動に顕著な違いはなかった。ただし、初期剛性については、節の大きさに相関して若干高くなった。
- 2) 節頂部の最小主ひずみは、軸部に対して 1/10 程度のひずみ度となり、軸力の負担は小さい。
- 3) 節頂部では、周方向に引張ひずみが大きく生じ、軸応力 30N/mm² 程度でひび割れが発生している結果となった。これは、節部がポアソン効果による軸部変形を拘束するためと考えられる。
- 4) 節付け根部では、節無し杭と比べ圧縮ひずみが大きくなり、その傾向は節部の大きさに相関している。
- 5) 30N/mm² 程度で発生した節頂部のひび割れは、その後節部全体に進展し、軸応力 50N/mm² 近くで節付け根部に達していることから、その時点で節による拘束効果は失われているものと推測できる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2018
- 2) 本間裕介、小椋仁志: 拡張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, 2003
- 3) 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, 地盤工学研究発表会, 2004, pp-1511-1512
- 4) 高橋豪、久世直哉: 高強度コンクリート杭における終局性状に関する試験方法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2017, pp-517-518
- 5) 高橋豪、久世直哉: 節を有する既製コンクリート杭の力学的性状, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2018, pp. 613-614
- 6) 高橋豪、久世直哉: 軸力を受ける節を有する杭の力学的性状, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2019, pp. 229-230



(a) 最小主ひずみ (b) 最大主ひずみ
図-6 軸応力-主ひずみ関係（節付け根部）

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

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