

拡頭節杭の軸力伝達機構の検討

正会員
同

○本間裕介*
小椋仁志**

節杭 軸力 実大実験
FEM解析

1. はじめに

PHC 節杭は節部を一定間隔に有する杭であるが、通常は杭頭部と杭先端部は軸部となっており、上方に継ぐ杭は同径の節杭か軸部と同径のストレート杭となる。拡頭節杭は図1のように、最上段節部を杭頭部まで伸ばしたもので、上方に節部と同径のストレート杭を継ぐことができる。しかし、その拡頭部は肉厚が大きくなるのに対して、上方に継ぐストレート杭の肉厚はそれよりも小さい。特に、鋼管杭の場合は、肉厚が極端に違うため、上杭から伝達する軸力が、スムーズに軸部に伝達しない懸念がある。そこで、筆者らは、鋼管杭を継いだ場合を想定して、拡頭節杭に軸力が伝達されるメカニズムを実大実験と FEM 解析によって検討した。本報告は、その結果について述べたものである。

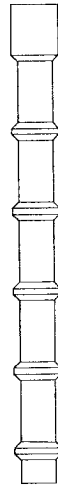


図1 拡頭節杭

2. 実大実験

2.1 実験方法

試験体は図2のように、頭部・節部径500mm、軸部径400mm、内径270mmの拡頭節杭の頭部から1000mmの部分に相当するもので、2体(CF-1、CF-2)製作した。それらの諸元を表1に示す。用いたコンクリートの設計基準強度は80 N/mm²であり、軸部で4.0 N/mm²のプレストレスを与えている。したがって、試験体の設計破壊軸力は、5781kN(CF-1)、5721kN(CF-2)となる。

実験装置は、図3のように、試験体とセンターホールジャッキ(容量8000kN)を、それらの中空部に締め付け用ロッドを通して上下のナットで固定したものである。試験体とジャッキの間には、鋼管杭を想定した肉厚15mmの円形プレートを取り付けて、鋼管杭から拡頭節杭への軸力の伝達状態を再現している。

実験は、荷重と試験体表面のひずみ量を計測しながら、実験装置の能力から最大荷重を6540kNとして行った。

2.2 実験結果

実験は、2体とも設計破壊軸力を超えて、装置の限界荷重の6540kNまで加力して終了した。試験体にはひび割れは生じていなかった。この荷重を軸部断面積で除すと、86.0 N/mm²(CF-1)、86.9 N/mm²(CF-2)となる。このことより、上杭に肉厚の極端に異なる鋼管杭を用いたときのように、拡頭節杭に伝達する軸力が端板外周とその近傍(以下、端板外周)に集中して作用する場合においても、拡頭節杭の圧縮耐力は設計破壊軸力を満足することが確

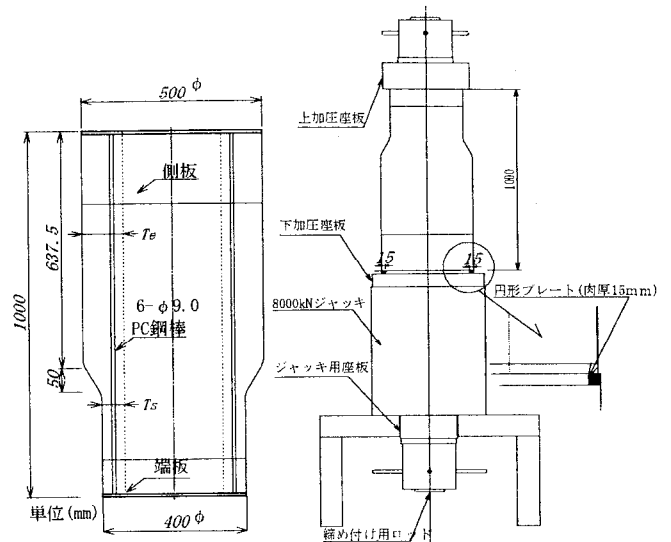


図2 試験体

図3 実験装置

表1 試験体の諸元

試験体	肉厚		換算断面積	
	頭部T _e (mm)	軸部T _s (mm)	頭部A _e (cm ²)	軸部A _s (cm ²)
CF-1	122	72	1467	761
CF-2	121	71	1459	753

認された。

拡頭節杭のひずみ量は、杭表面に貼ったワイヤーストレングージによって、鉛直方向ひずみ ϵ_z と円周方向ひずみ ϵ_θ を計測した。貼付位置は図4に示すように、鉛直方向は拡頭部(記号: Z_e)、テーパ部(Z_t)、軸部(Z_s)、円周方向は拡頭部(θ_e)と軸部(θ_s)である。それぞれ、対称位置に2枚貼付したが、軸部は4枚貼付した。

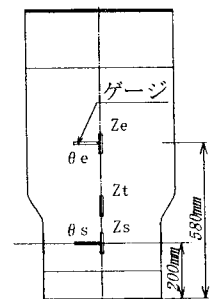


図4 ゲージ位置

図5に、荷重と各位置での平均ひずみ量の関係を示す。この図から以下のことがわかる。

- ① ϵ_z はすべて圧縮、 ϵ_θ はすべて引張となっている
- ② ϵ_z は、軸部>拡頭部>テーパ部の順に大きい。最終荷重では、軸部のひずみは拡頭部の1.97倍(CF-1)、2.29倍(CF-2)と、約2倍の値になっている。これは、拡頭部の断面積は軸部の約2倍であることによる。
- ③ ϵ_θ も ϵ_z と同様、軸部のひずみは拡頭部より大きい。ただし、 ϵ_z は軸部のひずみが拡頭部の約2倍であったのに対し、1.26倍(CF-1)で、1.42倍(CF-2)となっている。

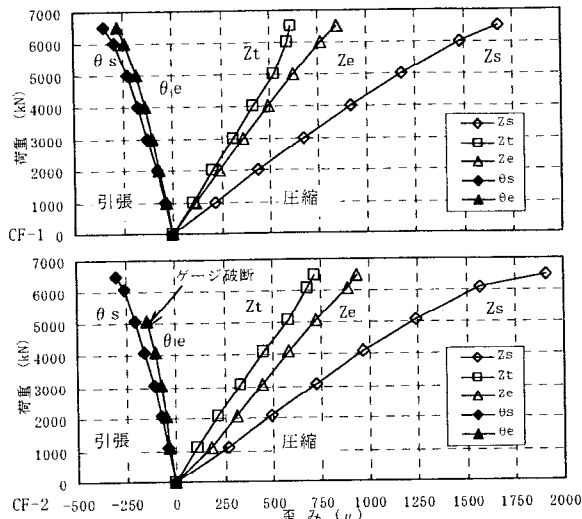


図5 荷重～ひずみ量の関係

3. FEM 解析

3.1 解析モデル

試験結果をふまえて軸力伝達機構を詳細に検討するために軸対称弾性 FEM 解析を行った。図 6 に解析モデルを示すが、寸法は図 2 に示した試験体と同じである。杭頭の端板付近と断面が変化する部分付近の要素は三角形要素とし、それ以外は四角形要素とした。要素を弾性体と仮定したことから、荷重は PHC 杭(A 種)の短期許容圧縮応力度 40.0 N/mm^2 に軸部断面積を乗じて求めた。それを 15mm 円形プレートの断面積で除した値 123.0 N/mm^2 が、拡頭節杭の端板外周に作用するものとした。なお、PC 鋼棒、プレストレスや自重は考慮していない。用いた弾性定数を表 3 に示す。

表3 弾性定数

	ヤング係数 $E \text{ (N/mm}^2\text{)}$	ポアソン比 ν
コンクリート要素	4.0×10^4	0.2
端板要素	2.1×10^5	0.3

3.2 解析結果

図 7 の a)～c)に、解析で得られた変形図、 ϵ_z 分布図、 ϵ_θ 分布図を示す。b)、c)では、圧縮を+、引張を-で表示している。これらの図から以下のことがわかる。

- ① ϵ_z 分布では、端板外周付近と断面変化部分に圧縮ひずみが集中し、逆に端板内縁付近に引張ひずみが小さいながら生じている。また、テーパ部の外周にはひずみがほとんど生じていない部分がある。しかし、全体的には圧縮ひずみがほぼ均一に生じていることから、軸力は杭頭の端板外周から軸部の方へスムーズに伝達している。
 - ② ϵ_θ 分布では全体的に引張ひずみになっているが、拡頭部の上部および断面変化部分で圧縮ひずみが生じている。これは、変形図のように拡頭部の上部および断面変化部分の各要素の節点が内側へ変位していることによる。
- なお、上杭に鋼管杭より肉厚の大きい PHC 杭を想定し

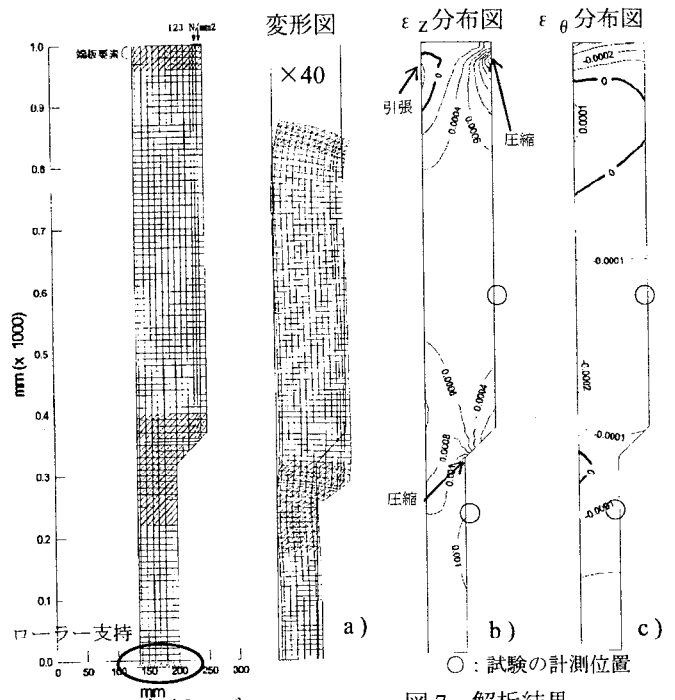


図6 解析モデル

図7 解析結果

た解析も行ったが、 ϵ_z 分布に引張ひずみは生じず、よりスムーズに軸力が伝達することを確認している。

4. 実験結果と解析結果の比較

ϵ_z と ϵ_θ について、実験値と解析値とを表 4 に示す。実験値は、解析と同じ荷重(2800kN)の時の値であり、解析値は実験でひずみ量を計測した位置での値である。

解析によるひずみの値は実験値の約 1.3 倍になっているが、解析で用いたヤング係数は表 3 の公称値であり、図 5 から計算される実際の値(公称値の 1.3 倍の $5.3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$)を用いれば一致することになる。また、拡頭部に対する軸部の値の比も同程度の値となっている。したがって、FEM 解析は実験値をよく説明できていると言える。この FEM 解析によって、頭部・節部径 600mm 、軸部径 450mm の拡頭節杭でも、軸力は杭頭の端板外周から軸部の方にスムーズに伝達されることを確認している。

表4 試験と解析結果の比較

		ϵ_z			ϵ_θ		
		拡頭部 (μ)	軸部 (μ)	軸部 / 拡頭部	拡頭部 (μ)	軸部 (μ)	軸部 / 拡頭部
実験結果	CF-1	339	634	1.87	-94	-116	1.23
	CF-2	313	682	2.18	-73	-106	1.45
解析結果		492	983	2.00	-123	-157	1.28

5. まとめ

本報告では、上杭に肉厚の極端に異なる鋼管杭を用いた拡頭節杭の軸力伝達機構を検討した。その結果、軸力が杭頭の端板外周に集中して作用する場合でも、軸力はスムーズに伝達されていることがわかった。

最後に、本検討に際して貴重なご助言を頂いた岸田英明東京理科大学教授と二木幹夫(財)ベターリビング・筑波建築試験センター試験第一部長に感謝いたします。

*ジオトップ
**ジオトップ 工博

*GEOTOP Corporation
**GEOTOP Corporation, Dr.Eng.