

場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発
その10 杭体モデルの影響

場所打ち杭 杭頭半固定 杭体モデル
弾性 弾塑性 構造設計

正会員 ○村田 義行*¹ 同 新井 寿昭*²
同 宮田 章*³ 同 伊勢本昇昭*⁴
同 青山 隆行*⁵

1. はじめに

著者らは引張軸力が伝達可能な場所打ち杭用の杭頭半固定工法の開発を行ってきた¹⁾。本報では、杭体を弾性モデルおよび弾塑性モデルとした場合の各杭の負担せん断力および曲げモーメントを算定し、これらを用いて比較検討を行った結果について述べる。

2. 建物概要および検討概要

表1に建物概要を示し、図1および図2にそれぞれ杭伏図および軸組図を示す。また、図3に地盤概要を示す。

検討の対象とした建物は、地上14階建ての鉄筋コンクリート造の共同住宅である。杭頭半固定工法の採用は、図3に示すように深度20m 辺りまで地盤変形係数が比較的小さく曲げ卓越型の地盤であったこと、さらに地震時の杭体の損傷軽減を目的としたことによる。

杭体の主筋量は、軸力変動の大きいY方向の地震力で決まっており、さらに比較を簡便にするため検討構面としてX2通りの一構面を取り出した。

断面設計を行った結果、杭径は弾性モデルではφ2000、弾塑性モデルではφ1800となった。この設計条件としては、杭頭接合部の径はそれぞれ杭径の0.7倍とし、引張軸力抵抗用の引張定着筋は、弾性モデルではD41を24本、弾塑性モデルではD41を20本配置した。以下では、この杭径でそれぞれ検討を行った結果を示す。

3. 設計応力

表2に検討構面(杭2本)の設計せん断力を示し、表3に設計軸力を示す。両モデルの杭径の違いにより、厳密にはパイルキャップの重量が異なるが、本検討では、設計せん断力および軸力ともに同一の値を採用した。

4. 杭体応力の算定方法

図4に水平地盤反力係数 k_h と杭水平変位量 y の関係を示す。また、図5に解析に用いた文献1)に基づく杭頭部の曲げモーメントと回転角関係モデル、図6に杭体の曲げモーメントと曲率の関係モデルを示す。ここで、図4中の k_{h0} は基準水平地盤反力係数(変位1cm時)を示す。

杭体の応力は、弾性床土上の梁部材の剛性マトリクス法を用いて算定した。地盤変形係数は、図3に示す値を1mピッチごとに与え、図4の関係により地盤の非線形性を考慮した。なお、杭の応力解析において、地盤反力係数の群杭効果は無視し、せん断力は各杭の杭頭変位が等し

表1 建物概要

【建物概要】

- (1)用途 共同住宅
- (2)規模 地上14階 地下なし
- (3)構造種別 鉄筋コンクリート造
- (4)構造形式
桁行方向 ラーメン構造
張間方向 耐震壁付ラーメン構造
- (5)使用材料
杭体コンクリート $F_c 27N/mm^2$
杭主筋 D35(SD390)
引張定着筋 D41(SD490)
せん断補強筋 ウルボン(SBPD1275)

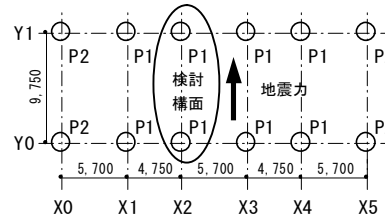


図1 杭伏図

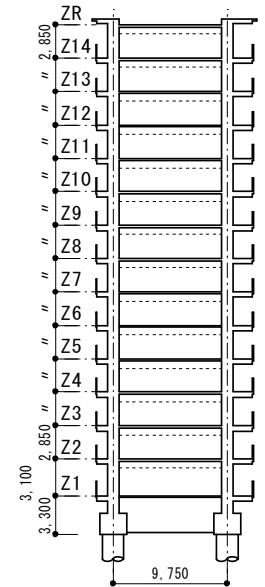


図2 軸組図

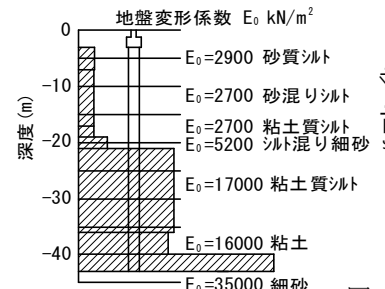


図3 地盤概要

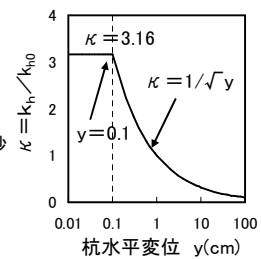


図4 水平地盤反力係数と杭水平変位量の関係

表2 設計せん断力

一次	二次
2694 kN	5388 kN

表3 設計軸力

部位	設計軸力 (kN)			設計せん断力 (kN)	
	長期	地震時	保有時	一次	二次
Y0-X2	7333	-6802	-16541	531	-9208
Y1-X2	8428	6831	16541	15259	24969

くなるように分配した。図5に示すように、杭頭部の曲げモーメントと回転角の関係は、杭径、引張定着筋量および軸力の違いにより、杭ごとにそれぞれ異なるモデルとなっている。また、弾塑性の杭体モデルは、予め主筋本数を決めた後にモーメントと曲率の関係を断面解析により算定し、図6に示すようなトリリニア型に置換した。

5. 計算結果および考察

図7に一次設計時および二次設計時の曲げモーメント分布を示し、表4に発生応力および杭頭変位の算定結果、

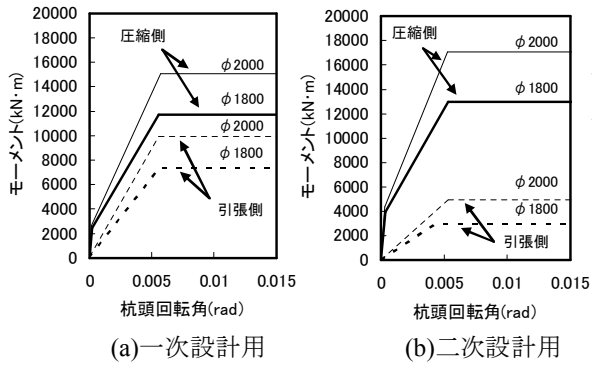


図5 杭頭部の曲げモーメント-回転角関係モデル

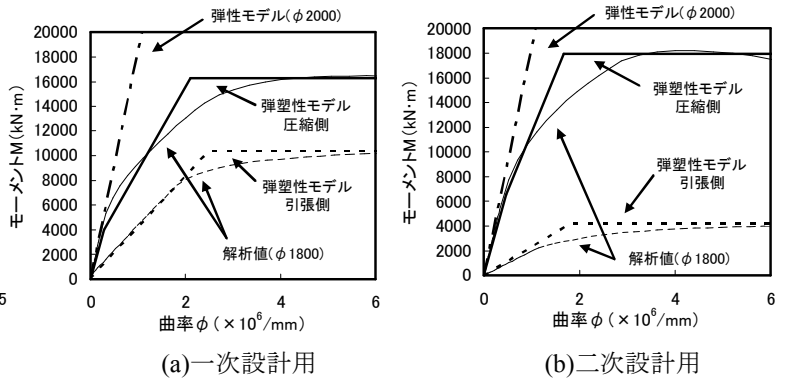


図6 杭体の曲げモーメント-曲率関係モデル

表5に発生応力に基づいて設計した配筋状況を示す。計算の結果、杭体の主筋量はいずれも二次設計時の引張軸力側の地中部で多く必要となった。

最初に、曲げモーメント分布についてみると、杭径が異なるため直接的な比較は適切ではないが、杭体モデルの違いによる曲げモーメントの差は、圧縮側では一次および二次設計時ともに比較的小さいといえる。しかし、杭体モデルの違いによる差は、二次設計時の引張側で顕著となっており、特に弾性モデルの地中部曲げモーメントは、弾塑性モデルの2倍以上の値となっている。この結果、弾性モデルでは主筋間隔が十分に確保できず杭径をφ2000とし、さらに数ヶ所を束ね筋とした。

一方、二次設計時の負担せん断力についてみると、弾塑性モデルのせん断力は、引張側で弾性モデルの0.80倍、圧縮側で1.15倍である。このように圧縮側と引張側で著しく剛性が異なる場合には、剛性の大きい圧縮側の負担せん断力が增大するので、設計上留意する必要がある。

ここで、Chang式により杭の特性値βを算定すると、弾塑性モデルの引張側の剛性EIが弾性モデルの約1/8であることから、 $(1/EI)^{1/4}$ より弾塑性モデルのβは弾性モデルの1.7倍となる。さらに前述したように弾塑性モデルでは引張側の負担せん断力が減少するので、0.8倍のせん断力負担になったとすると、地中部最大モーメントは弾性モデルの1/2.1となり、今回の検討結果と概ね一致する。

6. まとめ

- 1) 杭体の剛性を適切に評価することにより、曲げに対して杭体の合理的な設計が可能となる。
- 2) 引張側の杭体の剛性が低下すると、圧縮側のせん断力負担が大きくなるので、せん断補強を十分に行っておく必要がある。

なお、本検討はキャブテンパイル協会の活動の一環として行ったものである。

参考文献：1)吉松ほか:場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その1～その9,日本建築学会大会学術講演梗概集,B-1,-pp.349～365,2006.9

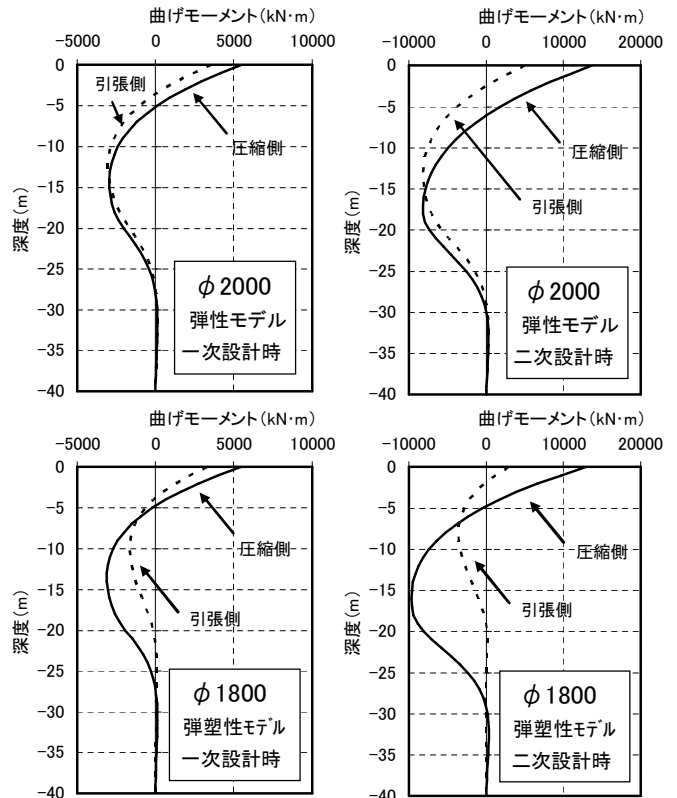


図7 曲げモーメント分布

表4 発生応力および杭頭変位の算定結果

杭体モデル	部位	軸力 (kN)	一次設計			二次設計			δ (mm)	
			Q	M(kN·m)		Q	M(kN·m)		一次設計	二次設計
				杭頭	地中部		杭頭	地中部		
弾性	Y0-X2 引張	1263	3549	3033	2361	4964	8125	29.8	93.9	
	Y1-X2 圧縮	1431	5515	2946	3027	13768	8156			
弾塑性	Y0-X2 引張	1165	3258	1647	1897	2917	3566	39.5	161.8	
	Y1-X2 圧縮	1529	5479	3104	3491	12982	9675			

Q: せん断力, M: 曲げモーメント, δ: 杭頭変位

表5 配筋状況

杭体モデル	杭径D (mm)	引張定着筋		杭主筋		せん断補強筋	
		配筋	配置径	上部配筋	中間部配筋	1D間	1D~5D間
弾性	2000	24-D41	1260	36-D35	(36+12)-D35	U12.6@75	U12.6@100
弾塑性	1800	20-D41	1120	36-D35	36-D35	U15@100	U15@125

※杭頭接合部径=杭径D×0.7

*1 高周波熱錬
*2 西松建設
*3 鹿島建設

*1 Neturen
*2 Nishimatsu Construction
*3 Kajima Corporation

*4 戸田建設
*5 三井住友建設

*4 Toda Corporation
*5 Sumitomo Mitsui Construction