

場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発

その6 固定度に及ぼす軸力や引張定着筋量の影響

場所打ち杭      杭頭半固定      固定度

正会員   堀越 章仁\*<sup>1</sup>   同   村田 義行\*<sup>2</sup>  
 正会員   保井 美敏\*<sup>3</sup>   同   秦 雅史\*<sup>4</sup>  
 正会員   今西 語龍\*<sup>5</sup>   同   加藤 政利\*<sup>6</sup>

1. はじめに

場所打ち杭の杭頭半固定接合法として、図1に示すようにリング部材(以下、PCリング)を杭頭に被せる方法を開発した<sup>1)</sup>。本報では、軸力、杭頭部の絞り(断面縮小)の有無、断面中央部に配置する引張定着筋の本数および地盤反力係数の違いが杭頭の固定度に及ぼす影響を検討し、合理的な設計を行う上での考え方について述べる。

2. 杭頭回転剛性モデル<sup>2)</sup>

本工法において仮定した杭頭の曲げモーメントMと回転角の関係を図2に示す。M<sub>1</sub>は断面係数を用いて算定した離間時曲げモーメントであり、初期回転剛性K<sub>1</sub>は、杭体、PCリングおよびパイルキャップ部の回転剛性の累加で評価する。ただし、M<sub>1</sub>およびK<sub>1</sub>ともに引張定着筋の剛性は無視している。また、M<sub>u</sub>は塑性曲げ理論に基づいて算定される曲げ強度である。さらに、降伏時回転角θ<sub>y</sub>は、ヒンジ領域の長さを杭頭接合部径、かつヒンジ領域で曲率一定と仮定して、杭頭接合部径と曲率の積で評価する。

以上の仮定より、圧縮軸力時は図に示すようなトリリニアのモデルとなり、引張軸力時は離間時曲げモーメントが0であるためバイリニアのモデルとなる。

3. 固定度

固定度とせん断力Qの関係はChang式を拡張した下式により算定される。

$$\theta = Q / (2 \cdot E \cdot I \cdot \beta^2) \cdot (1 - \alpha) \quad \dots \dots (1)$$

$$\alpha = K_e / (E \cdot I \cdot \beta + K_e) \quad \dots \dots (2)$$

$$K_e = M / \theta \quad \dots \dots (3)$$

ここに、E:杭のヤング係数、I:杭の断面二次モーメント、β:杭の特性値、K<sub>e</sub>:等価剛性を示す。

一方、杭頭部曲げモーメントM<sub>0</sub>と地中部曲げモーメントM<sub>max</sub>は、図3に示すように固定度0.41の場合に等しい値となる。また、固定度が大きいほど、負担するせん断力は大きくなることから、合理的な杭配筋とするためには、M<sub>0</sub>とM<sub>max</sub>の関係を考慮するとともに、固定度のバラつきが極力小さくなるような杭頭接合部仕様にする必要がある。

4. 固定度に及ぼす各因子の影響

図4に軸力の大きさ、杭頭の絞りの有無、引張定着筋の本数、地盤反力係数を変化させた場合の固定度とせん断力の関係を示す。ここで、杭径(1600)、コンクリート強度(Fc27)、引張定着筋の配置径(980)、鉄筋径(D41)および強度(SD490)は共通条件とした。

表1に解析条件一覧を示す。解析はケースA~Dの4ケース

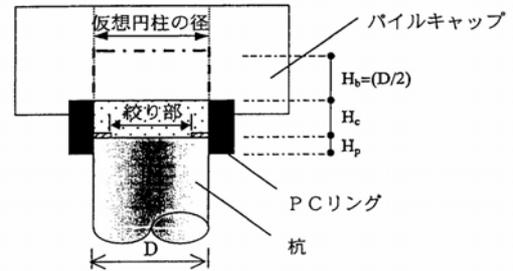


図1 杭頭部断面

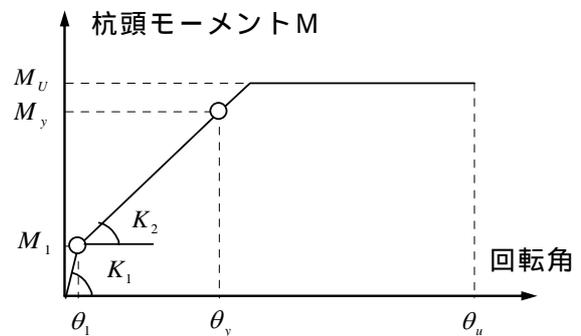


図2 曲げモーメント - 回転角関係

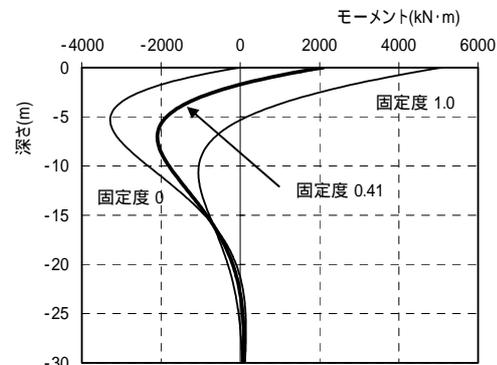


図3 固定度と杭の曲げモーメント分布の関係

スを実施した。ケースAは、杭頭に絞りを設け、引張定着筋を16本、地盤変形係数Eoを5000 kN/m<sup>2</sup>とした基準ケースである。なお、断面の絞りは、絞り部の断面積が杭体断面積の1/2となるよう

表1 解析条件一覧

ケース	杭頭絞り	引張定着筋	地盤変形係数 Eo(kN/m <sup>2</sup> )
A	有	16-D41	5000
B	無	16-D41	5000
C	有	8-D41	5000
D	有	16-D41	2500

考慮して2倍とした<sup>3)</sup>。

設定軸力の範囲はいずれも共通であり、最大引張軸力は8本 - D41(ケース C)の引張耐力の0.75倍、最大圧縮軸力は杭体に対する軸応力度で $0.3 \cdot F_c$ とした。

固定度とせん断力の関係は、図4に示す曲線となる。図中の各折れ点は曲げモーメント - 回転角関係上の折れ点に対応する。即ち圧縮軸力時における初期固定度が一定の水平部分は、 $M_1$ までの範囲に対応し、第二折れ点は図2の $M_u$ 到達点に対応している。前述したように $M_1$ 点までは引張定着筋の剛性を考慮していないことから、杭頭接合部径が同じ場合には、第一折れ点まで固定度は等しい値となる。

本工法では、このグラフを用いてせん断力と軸力に応じた固定度を算出できるため、各杭が負担するせん断力を容易に算出することが可能である。

最初に軸力の影響についてみると、いずれのケースも圧縮軸力が大きいほど、固定度は大きな値を示している。これは、本検討が釣合軸力(圧縮側コンクリートが終局ひずみに達すると同時に引張鉄筋が降伏する時の軸力)以下の場合について示しているためであり、釣合軸力を超える圧縮軸力の場合には、釣合軸力時より曲げ強度が低下することに起因して、固定度は小さな値となる。

杭頭断面の絞りの影響についてケースAとBを比較すると、初期固定度は、若干ではあるが絞りが無いケースBのほうが、絞りが有る場合より大きな値となる。一方、第二折れ点( $M_u$ 到達点)のせん断力は、曲げ強度が大きい絞りが無いケースBのほうが大きな値となり、絞りの有無による固定度の差異は、第一折れ点( $M_1$ 点)以降顕著となる。

引張定着筋量の影響についてケースAとCを比較する。引張定着筋量が少ないケースCのほうが、同一軸力時における曲げ強度は小さいため、初期固定度および第二折れ点の固定度とせん断力は、ケースAより小さな値を示す。特に軸力の変動に伴う固定度の変動は、引張定着筋が少ない場合のほうが大きな幅となる。したがって、軸力変動が大きい外周部の杭は、引張定着筋を引抜力に必要な本数より多くするなど、地震力の作用方向の正負において、固定度のばらつきを小さくしたほうが良い。

地盤反力係数による影響についてケースAとDを比較する。地盤変形係数が小さいほうが、杭体剛性に対する地盤剛性の比が小さくなるため、ケースDの初期固定度および第二折れ点における固定度は、ケースAより大きな値を示す。しかし、(1)式および(2)式から分かるように、地盤変形係数が及ぼす影響は、固定度よりせん断力に与えるほうが大きく、この結果、第二折れ点以降の固定度は、ケースDのほうがケースAより小さな値となる傾向を示している。

本報では、地盤変形係数をケースAに対して1/2とした場

<b>【共通事項】</b> 杭径 : 1600 コンクリート強度 : $F_c27$ 引張定着筋 : ・配置径 : 980 ・鉄筋径 : D41 ・強度 : SD490 ・終局強度倍率 : 1.05	<b>【軸力】上から</b> 16286 kN (0.30 $A_p F_c$ ) 13572 kN (0.25 $A_p F_c$ ) 10857 kN (0.20 $A_p F_c$ ) 8143 kN (0.15 $A_p F_c$ ) 5429 kN (0.10 $A_p F_c$ ) 2714 kN (0.05 $A_p F_c$ ) 0 kN -1313 kN (0.25 $A_s \times 8$ 本) -2626 kN (0.50 $A_s \times 8$ 本) -3940 kN (0.75 $A_s \times 8$ 本)	$A_p$ : 杭体断面積 $F_c$ : 杭体コンクリート強度 $A_s$ : 鉄筋断面積 $y$ : 鉄筋強度
--	---	--

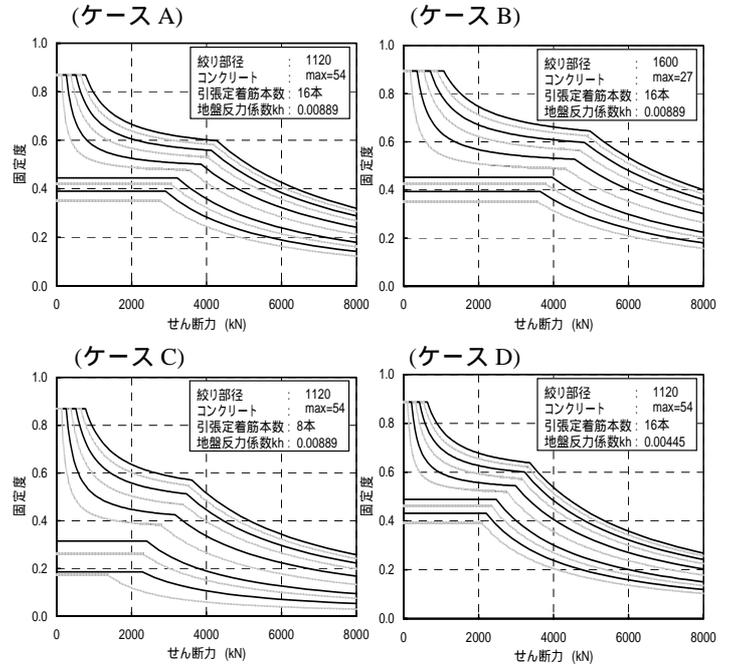


図4 固定度 - せん断力関係

合について示したが、終局時などにおいて変位量が大きくなり地盤の剛性が著しく低下する場合には、地盤の剛性を適切に評価して検討する必要がある。

### 5. まとめ

固定度を簡便に算定する方法を示し、各因子が固定度に与える影響について検討を行った。

杭には正加力時・負加力時と正負の軸力が作用し、固定度にバラつきが発生する。建物内で各杭の応力のバラつきを小さくする設計を行うには、引張定着筋は終局時の引抜力から算定される本数より多少多めに配置し、杭頭には絞りを付け、建物全体としての杭の固定度を一定となるように、各杭の軸力変動を考慮し引張定着筋の本数を調整することが良い。

### 【参考文献】

- 1) 吉松敏行他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1、2006.9(投稿中)
- 2) 宮田章他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発（その3）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1、2006.9(投稿中)
- 3) 秦雅史他：杭頭半固定接合部の圧縮試験、第41回地盤工学研究発表会、地盤工学会、2006年(投稿中)

\*1 松井建設(株)  
 \*2 高周波熱練(株)  
 \*3 戸田建設(株)  
 \*4 (株) 奥村組  
 \*5 (株) 長谷工コーポレーション  
 \*6 五洋建設(株)

MATSUI Construction  
 Neturen Co.,Ltd.  
 Toda Corporation Technical Research Institute  
 OKUMURA CORPORATION, Technical Research Institute  
 Architectural & Engineering Division, HASEKO Corporation  
 Engineering Div., Architectural Divisions Group, Penta-Ocean Construction Co., Ltd.