

地盤変位を作用させた杭頭半固定杭の挙動に関する検討

正会員 ○郡司 康浩*1 同 宮田 章*2
同 田村 玲*3 同 小田 稔*4
同 中沢 楓太*5 会員外 奥平 紀章*6

杭頭接合部 半固定 場所打ちコンクリート杭
地盤変位 地盤反力係数 解析

1. はじめに

地震時における杭の設計では、建物から作用する慣性力に加えて、地盤変位による影響を考慮する設計が必要な場合もある¹⁾。作用軸力に応じた杭頭回転特性を有する杭頭半固定工法は、地盤変位を考慮する場合に杭頭固定工法と比較して設計上留意すべき点が増えると予測される。そこで本論では、地盤変位を考慮した杭頭半固定杭の設計を行う場合の基礎検討として、地盤変位のみを作用させた杭頭半固定杭の挙動解析結果について報告する。

2. 検討条件

検討地盤の概要を図1および表1に示す。検討地盤は、杭頭接合条件の影響が明確となるように、図1に示すような単純な三層地盤とした。各層の地盤定数は文献^{1,2,3)}を参考に表1に示す値に設定した。表中には、後述する地盤ばね算定用の変形係数を併記した。なお、本論では液状化を考慮していない。

検討に用いた工学的基盤に対する各層の最大相対変位分布(以降、相対変位分布)を図2に示す。相対変位分布は、修正R-Oモデルを用いた逐次非線形解析を行い算定した。各層の動的変形特性は文献³⁾に従って設定し、地震波は「極めて稀に発生する地震動」(位相特性: 八戸NS, 神戸NS, 乱数)を用いた。解析結果から、地表レベルでの相対変位が最大となった神戸NS位相による相対変位分布を用いて検討を行った。想定した建物は、15階建て(桁行方向6m×4スパン、梁間方向12m×1スパン)の整形なRC造であり、桁行方向のみ設計して検討モデルを作成した。

検討モデルの概要を図3に示す。検討モデルは図3に示すように1構面を取り出し、各杭を剛性の高い基礎梁で連結した。図3中に示す軸力は、建物の解析結果から得られた終局時検討用軸力である。杭は弾性梁要素でモデル化し、地盤ばねを介して相対変位分布(図2)を作用させた。相対変位分布の作用方向は、建物の解析方向と同方向とした。本論では、引張軸力の大きい側杭P1、圧縮軸力の大きい側杭P5の挙動に着目して検討を行った。

検討ケースの概要を表2に示す。本論では、地盤ばねとして基礎指針による地盤ばね¹⁾、Francisの式による地盤ばね²⁾の2種類を用い、解析は全て線形で検討した。

杭頭半固定杭の検討に用いた杭頭回転ばねの曲げモーメント(M)-回転角(θ)関係を図4に示す。M- θ 関係は、図3中に示す軸力の影響を考慮して設定したものであり、文献⁴⁾に示される特性を用いている。

3. 検討結果

検討モデルに図2の相対変位分布を作用させた際の曲げモーメント深度分布を図5に、せん断力深度分布を図6に示す。なお、比較のため当該杭1本に地盤変位を作用させた場合の結果(以降、単杭モデル)も併せて示す。曲げモーメントの深度分布を見ると、杭頭固定と比較して杭頭半固定の場合、全体的に地盤ばねの違いによる杭

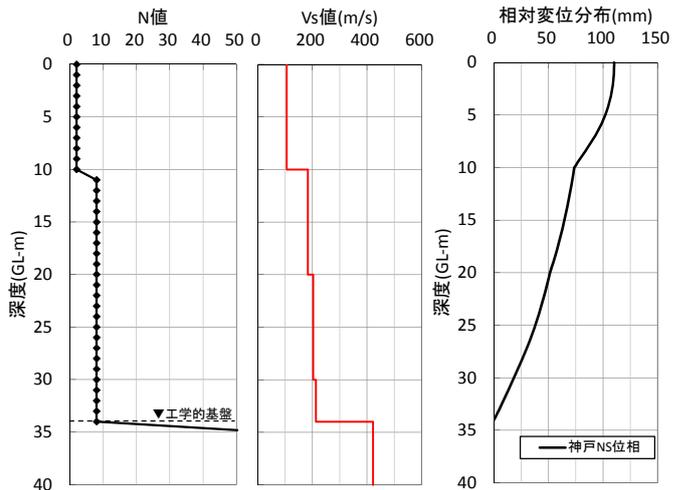


図1 地盤条件

図2 相対変位分布

表1 地盤定数

下端深度 (GL-m)	主たる土質	N値	E_0 (kN/m ²) 【基礎指針】	E_S (kN/m ²) 【Francis式】	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	ν
10	粘性土	2	1,400	54,218	105.6	16.0	0.49
20	砂質土	8	5,600	182,744	183.4	17.0	0.48
30	砂質土	8	5,600	223,670	202.9	17.0	0.48
34	砂質土	8	5,600	246,723	213.1	17.0	0.48
34m以深	砂礫	60	42,000	968,915	422.3	19.0	0.48

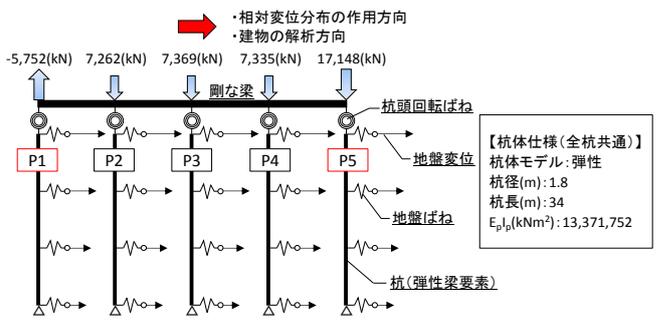


図3 検討モデルの概要

表 2 検討ケース

case	杭頭条件	地盤ばねの種類
1	半固定	基礎指針
2		Francisの式
3	固定	基礎指針
4		Francisの式

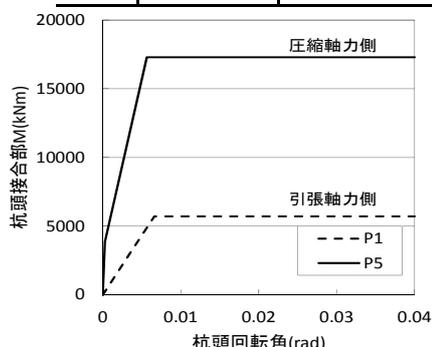


図 4 杭頭 M-θ 関係

頭曲げモーメントの差異が小さい傾向であった。

引張軸力側の P1 では、地盤ばねの違いによらず杭頭固定の場合に対して杭頭半固定の場合で、杭頭曲げモーメントが 70~80%程度小さくなっていた。一方、圧縮軸力側の P5 では、地盤ばねによって傾向が異なっており、地盤ばねを基礎指針とした場合の杭頭曲げモーメントは、杭頭固定よりも杭頭半固定の方が 10%程度大きくなっていた。

せん断力の深度分布を見ると、特に地盤ばねを基礎指針とした場合の杭頭付近のせん断力は、杭頭半固定の場合に、圧縮軸力側の P5 で杭頭固定の場合よりも大きくなっていた。これは、剛な基礎梁で連結した検討モデルが杭頭同一変位を強制していることと、各杭の杭頭回転ばね（剛性）が異なることに起因して、圧縮側へ荷重の移行が生じたことを示唆している。

これらより、荷重が引張軸力側では杭頭回転剛性が小さいことに加えて圧縮側への移行で減少し、圧縮軸力側では杭頭回転剛性が引張軸力側よりも大きいことに加えて引張側からの移行で増加するため、前述した杭頭モーメントの大小関係が生じたと考えられる。但し、地盤ばねが Francis の式の場合には、圧縮軸力側で前述した杭頭曲げモーメントの大小関係が生じていないことから、地盤ばねの大きさによる影響が大きいと言える。

杭頭半固定杭について、単杭モデルの結果と比較すると、地盤ばねの違いによらず引張軸力側では連結モデルよりも単杭モデルの杭頭曲げモーメントが大きく、圧縮

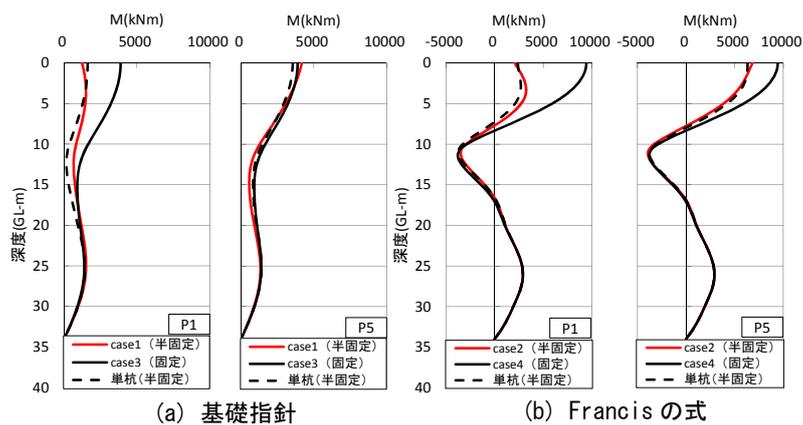


図 5 曲げモーメント分布

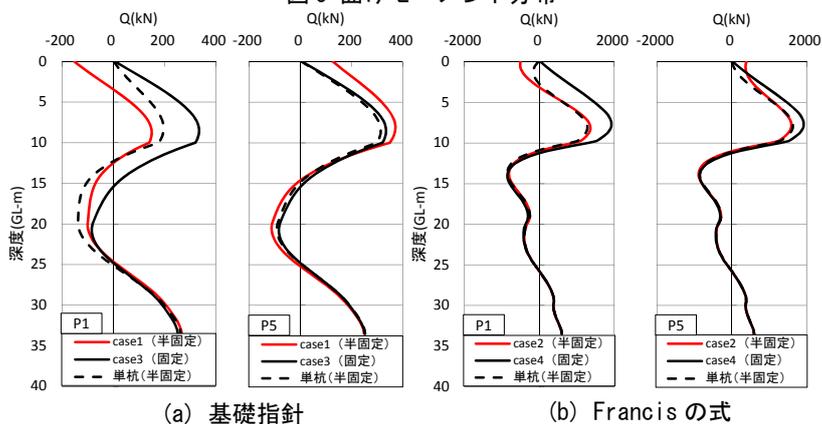


図 6 せん断力分布

軸力側では反対に小さい結果となっていた。この違いは、単杭モデルの場合、前述した荷重の移行による影響を考慮できないため生じたと考えられる。

4. まとめ

- 単純な地盤条件下ではあるが、杭頭半固定杭に地盤変位のみを作用させた解析を行い、以下の知見が得られた。
- 杭頭回転剛性の違いによって荷重の移行が生じる場合があり、それらを考慮した検討を行う必要がある。
- 単杭モデルの検討では、荷重移行の影響を直接的に考慮できないので、特に配慮が必要である。

なお、今後は慣性力と重ね合わせた際の影響等に関しての検証も必要と考えている。また、本検討はキャプ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) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，2001.10
- 2) 日本建築学会：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計，2006.2
- 3) 建築行政情報センター：2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書，2015.6
- 4) 吉松他：場所打ち杭用半固定工法の開発 その 1~9，日本建築学会学術講演梗概集，B-1，pp349-365，2006.9

- *1 西松建設
- *2 鹿島建設
- *3 長谷工コーポレーション
- *4 三井住友建設
- *5 東急建設
- *6 東亜建設工業

- *1 NISHIMATSU Construction Co., Ltd.
- *2 KAJIMA Corporation
- *3 HASEKO Corporation
- *4 SUMITOMO MITSUI Construction Co., Ltd
- *5 TOKYU Construction Co., Ltd.
- *6 TOA Corporation