

杭部材における軸力変動の影響に関する一考察

(株) 復建エンジニアリング ○正会員 池亀 真樹、井口 光雄

1. はじめに

杭部材の部材性能（耐力、変形性能）算定においては、その求解の理論上、軸力変動の影響評価が重要であり、近年、耐震設計の精度向上に伴い、その概念の定式化および解析ツールへの導入が、積極的に行われた。

しかし、実務におけるそれらツールの利用に際しては、設定方法が非常に煩雑である、設定方法は簡易だが、その構成則がブラックボックス化しており、解の信頼性に不安がある、特殊な材料への適用が困難である、などの課題がある。

そこで、本検討では、構造解析における軸力変動の影響の程度を確認し、軸力変動の影響を考慮しない簡易法の可能性を検討することとした。

2. 解析モデルおよび検討ケース

本検討は、平面骨組モデルにおける静的非線形解に拠ることとした。解析モデルおよび地盤条件を図1に示す。同図に示すように、フーチングおよび杭部材のみで構成される仮想モデルとし、上部構造の地震時慣性力は、フーチング中心に載荷する曲げモーメントにより表現することとした。

杭は場所打ち RC 杭とし、杭径 $\phi 1.2\text{m}$ 、主鉄筋 D29-24 (SD390; $p_s=1.40\%$)、帯鉄筋 D19-1ctc150 (SD390; $p_w=0.32\%$)とし、配列は 3×3 とした。

杭部材の変形性能は、耐震標準¹⁾に準じるモデルとし、曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係で表現し、軸力変動を考慮したモデル（以下、現行法）と、死荷重時の軸力で変形性能を固定したモデル（以下、簡易法）を作成し、比較検討を行った。

解析ケースは、軸力変動の幅を変化させるため、上述した曲げモーメントの値をパラメータとした。解析ケースを表1に示す。

なお、解析ツールは、(財)鉄道総合技術研究所監修の静的非線形解析プログラム(SNAP)を用いることとした。

3. 解析結果

図 2～4 に、Case 1～3 までの静的非線形解析の結果を示す。

これらの図から、軸力変動考慮の有無による解析結果の開きは、荷重変位曲線そのものの形状を大きく変えるほどのものではないことが分かった。

一方、部材の損傷過程には開きが生じ、その開き具合は軸力変動の幅が大きくなるにつれて、大きくなるという傾向が確認できた。

表1 検討ケース

解析ケース	載荷曲げモーメント (kN・m)	発生軸力の変動幅 (kN)
Case 1	25,000	6N ₀
Case 2	50,000	7.5N ₀
Case 3	100,000	10N ₀

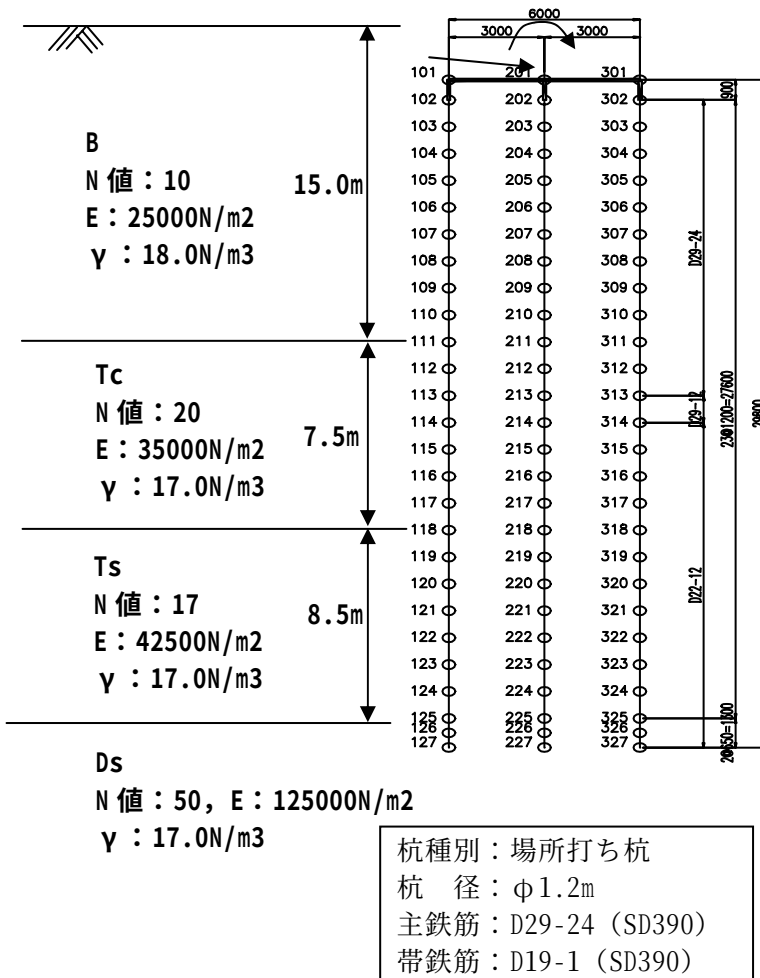
 N_0 : 死荷重時軸力

図1 解析モデルおよび地盤条件

キーワード：M~N 相関、静的非線形解析、耐震設計

連絡先：〒104-0061 東京都中央区日本橋堀留町 2-11-12、(株)復建エンジニアリング、tel 03(5652)-8563

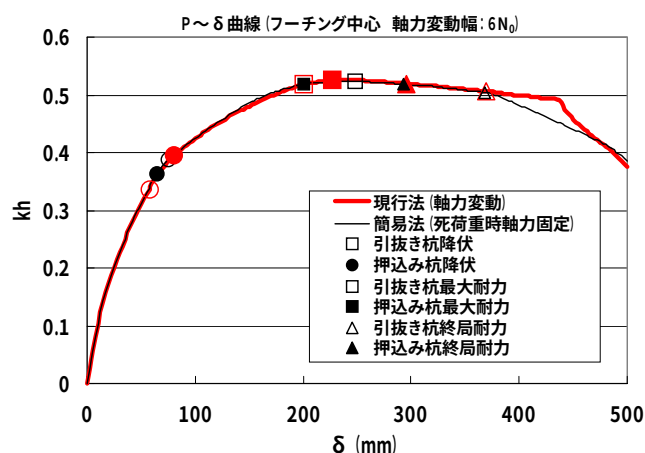


図2 静的非線形解析 (Case1)

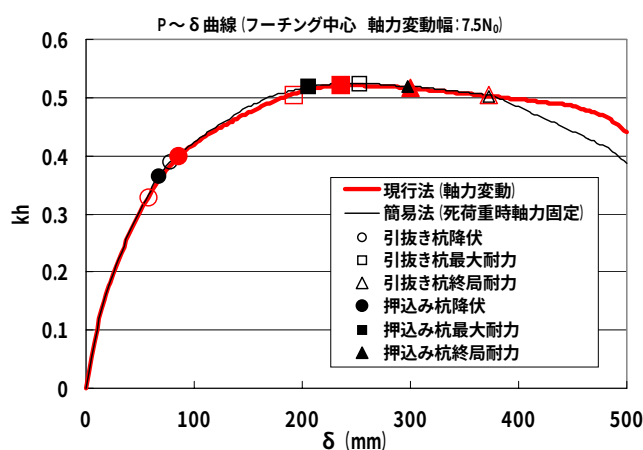


図3 静的非線形解析 (Case2)

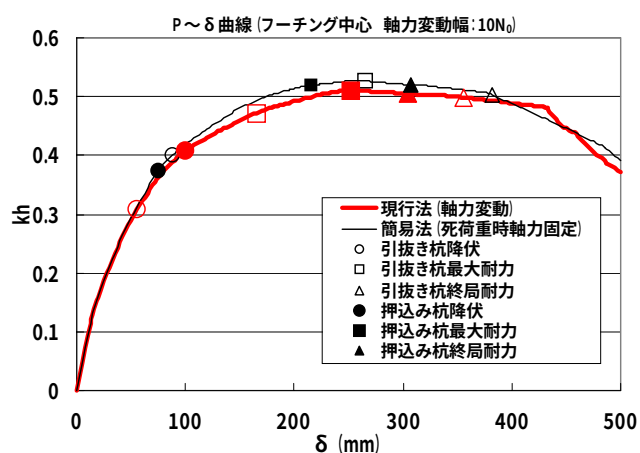


図4 静的非線形解析 (Case3)

なお、地盤抵抗は、塑性化が部分的に進行しているが、耐震標準にある降伏には達しておらず、十分な支持力を有している状態であった。

4. まとめ

今回の 3×3 の杭配列モデルでは、部材の変形性能における軸力変動の有無によって、部材の損傷状況は変化するものの、基礎全体の荷重～変位曲線の形状はあまり変化しないことが確認できた。

この点より、荷重載荷方向に3列以上ある杭基礎の解析において、水平力に対する基礎全体の抵抗力は、杭部材における軸力変動の有無にそれほど影響を受けないと判断できる。

また、部材の損傷状況の開きは、M点（最大耐力到達点）について特に顕著となっているが、N点（終局耐力到達点）については、ほとんど差がないという結果になっている。

したがって、本件と同規模の基礎においては、変形性能を固定する簡易法は、耐震性能Ⅱを目指すようなシビアな設計には不向きであるが、耐震性能Ⅲを目指す重要度の相対的に低い構造物の設計や、設計外力に対する基礎全体の抵抗力の確認などを行う概略検討には、その利用も十分可能だと考えられる。

5. 最後に

本件で確認した傾向は、同規模の基礎に限れば、今回着目した場所打ち RC 杭に加え、RC の部材性能算定と同様の理論を利用している他の材料についても、広く適用できるものと考えられる。特に、PHC 杭、SC 杭などは、今日現在、軸力変動の構成則の解析ツールへの導入実績が少ない材料であり、本検討がそれら材料を用いた設計に際し、参考になれば幸いである。

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，1999.10