

III - 466

実杭基礎の非線形解析（杭体の非線形性の考慮の影響）

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 山岡一雅
 (株) マ エ ダ 正会員 高橋正好
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 田中玲光
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 奥村文直
 同 上 正会員 西村昭彦

1. はじめに

現在、鉄道構造物の上部工の設計法には限界状態設計法が導入されており、基礎構造物もそれに対応した設計手法を確立する必要がある。それには大変位領域における杭基礎の変形性能（荷重～変位曲線）等を把握し、定量的に評価しなければならない。本論文では、先に報告した¹⁾²⁾ 実杭基礎の非線形解析と同じモデルにより、杭体の非線形性を考慮した解析を行い、大変位領域における杭基礎の変形性能、そして杭体の発生断面力について報告する。

2. 構造・地盤条件および解析方法

解析の対象とした実杭基礎モデル・解析方法は文献1) 2) と同様であり、地盤パネモデルはバイリニア型とした。杭体の材料特性は① [線形] そして図-1 に示すトリリニア型の $M \sim \phi$ 曲線の

② 軸力を無視した非線形（以下 [N=0]）

③ 軸力を考慮した非線形（以下 [N考慮]）

の3タイプとした。

3. 解析結果

(1) 終局状態およびそれに至る過程

図-2、3 に硬い地盤のモデルⅠの [震度（水平力）～杭頭水平変位] と [震度（水平力）～杭頭鉛直変位] の解析結果を、また図-4、5 に軟らかい地盤のモデルⅡの同様の解析結果を示す。

まず、モデルⅠの変形性能は、 $Kh=0.24$ までは杭体の非線形性の影響はなく、[N=0] の場合、 $Kh=0.56$ で変形の変化点が生じ、この時、押込み杭の杭体が降伏し、 $Kh=0.64$ で押込み杭の鉛直方向の周面バネが完全降伏し、 $Kh=0.80$ で押込み杭の杭体が終局に達した。

また [N考慮] の場合、変形の変化点はなく、 $Kh=0.40$ で引抜き杭の杭体が降伏し、 $Kh=0.48$ で杭体の終局に達した。

次に、モデルⅡの変形性能も、 $Kh=0.24$ までは杭体の非線形性の影響はなく、[N=0] の場合、 $Kh=0.24$ で変形の変化点が生じ、この時、押込み杭の鉛直方向の周面バネが完全降伏し、 $Kh=0.44$ で押込み杭の鉛直方向の先端バネが完全降伏した。

また、[N考慮] では、 $Kh=0.32$ で引抜き杭の杭体が降伏し、そして、押込み杭の鉛直方向の周面バネが完全降伏し、 $Kh=0.44$ で押込み杭の鉛直方向の先端バネが完全降伏した。

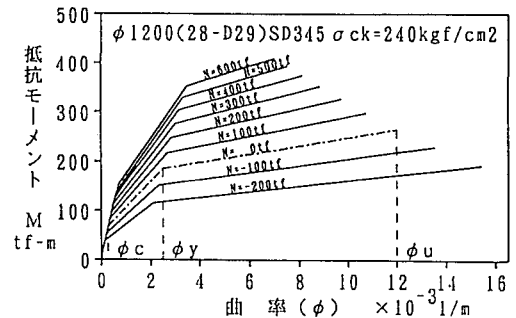


図-1 杭断面の $M \sim \phi$ 曲線

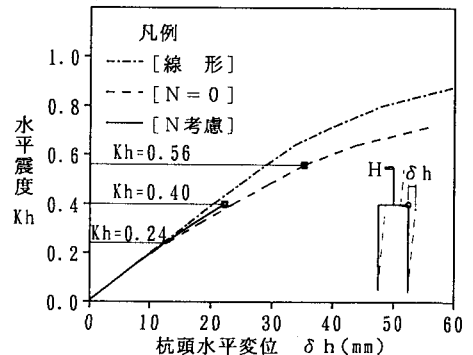


図-2 震度～杭頭水平変位（モデルⅠ）

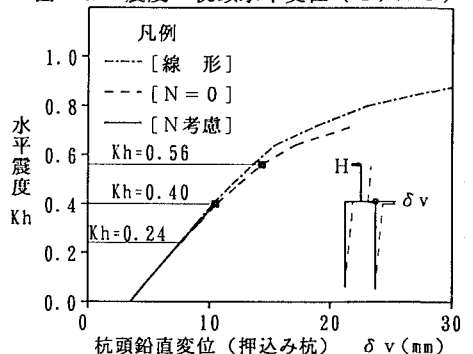


図-3 震度～杭頭鉛直変位（モデルⅠ）

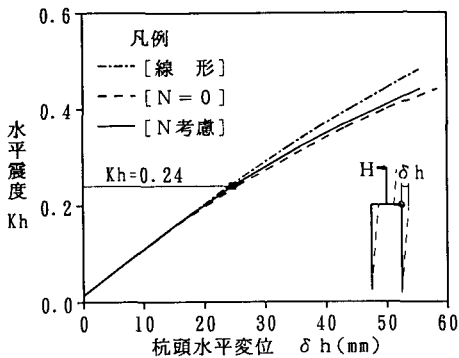


図-4 震度～杭頭水平変位（モデルⅡ）

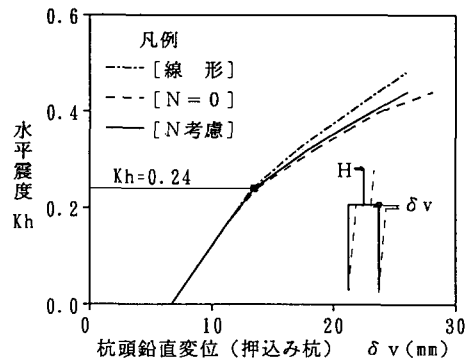


図-5 震度～杭頭鉛直変位（モデルⅡ）

(2) 杭体の曲げモーメント

図-6、7にモデルⅠの水平震度 $K_h = 0.24$ の場合の引抜き杭と押し込み杭の曲げモーメント図を示す。

引抜き杭では、[線形] $\neq$ [N考慮] $\approx$ [N=0]

押し込み杭では、[線形] $\approx$ [N考慮] $\neq$ [N=0]

となった。

また、[N考慮]の場合、杭頭部の曲げモーメントおよび地中部の最大曲げモーメントが、引抜き杭と押し込み杭で大きく異なっている。

以上より、今回の解析モデルでは、杭体の発生断面力に対しては、着目する杭列により、杭体の[N考慮]の非線形性を無視することができないことが分かった。

4. 考察

大変位領域の杭基礎の変形性能及び杭体の発生断面力を評価する時は、杭体の材料特性を軸力を考慮した[非線形]及び地盤バネを[非線形]で扱うのが現実の挙動に則している。しかし、個々の事例へ適用することは多大の労力を要する。

今回の検討において、変形性能だけに着目すると、地盤バネは[非線形]とし、杭体の材料特性は[線形]でも、ある程度、変形性能が評価できることが分かった。

今後、限界状態設計法を確立するための課題として

- (a) 杭体断面力の評価
 - (b) 地震時残留変位の評価
 - (c) 杭体終局後の変形性能の評価
- 等がある。

5. おわりに

今後、鋼管杭・PHC杭の場合についても、実杭基礎の同様の解析を行い、杭基礎の大変位領域における挙動について検討を行う予定である。なお、本報告は、基礎・抗土圧構造物設計標準に関する委員会ワーキンググループでの活動を基に作成したことを付記する。

参考文献

- 1) 百木、他：実杭基礎の非線形解析（解析方法と地盤条件による影響）土木学会第49回年次講演会，1994.9
- 2) 沢野、他：実杭基礎の非線形解析（地盤バネの設定法による影響）土木学会第49回年次講演会，1994.9

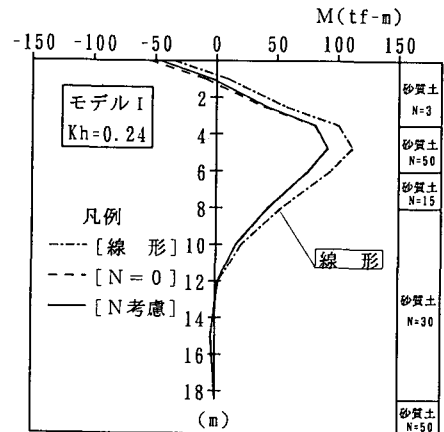


図-6 杭体曲げモーメント（引抜き杭）

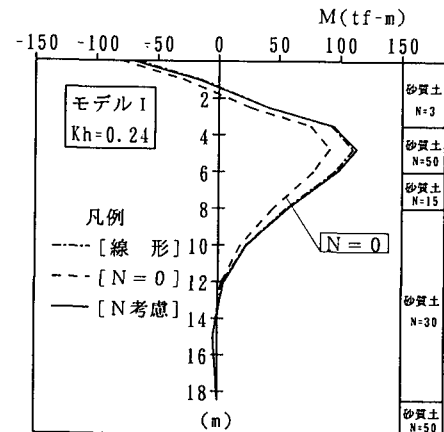


図-7 杭体曲げモーメント（押し込み杭）