

Ⅲ - 456

橋脚PHC杭基礎の大変位領域における挙動解析

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 沢野嘉延
 (株) マ エ ダ 正会員 高橋正好
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 森田 聖
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 田中俊作
 同 上 正会員 西村昭彦

1. はじめに

現在、鉄道構造物基礎への限界状態設計法の導入が試みられており、既に実際に設計された構造物の変形特性を検討し、大変位領域における基礎の変形特性が実験および解析から定量的に評価されている。文献¹⁾では、場所打ちコンクリート杭基礎の橋脚において、杭・地盤の非線形性を考慮した骨組解析を行えば、大変位領域における基礎の変形性能（荷重～変位曲線）や杭体の発生断面力等を定量的に評価できることを報告した。本論文においては、PHC杭基礎の橋脚において同様の解析を行い、基礎の変形性能や終局状態に至る過程について把握することを試みた。

2. 構造および土質条件

解析に用いた実杭基礎モデルは、図-1に示す北陸新幹線用に設計された壁式橋脚で、橋軸方向に3列のPHC杭（ $\phi=500\text{mm}$ 、 $L=5.0\text{m}$ ）基礎である。

地盤条件は、表-1に示すように杭先端は $N=50$ 以上の砂礫層で、杭周面は $N=0\sim3$ の軟弱粘性土層である。

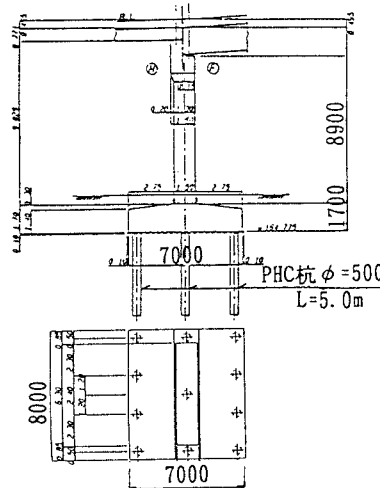


表-1 地盤条件

	層厚 (m)	N値
1 層 粘性土	0.95	0
2 層 砂質土	1.60	0
3 層 粘性土	1.80	3
4 層 砂質土	0.65	50

図-1 構造図

3. 解析方法および解析条件

解析方法は、図-2に示すように、杭・地盤の非線形性を考慮した2次元骨組解析（橋軸方向）を行った。

杭の非線形性については、図-3に示すように、杭体の $M\sim\phi$ 関係をバイリニアモデルで設定し、軸力変動による影響も考慮した。また、杭体の終局は、部材断面圧縮縁のコンクリート歪みが、0.0035となる時と定義した。地盤の非線形性については、図-4に示すように $P\sim\delta$ 関係をバイリニアモデルで設定した。地盤の抵抗力の上限値は、基礎標準²⁾に示す有効抵抗土圧力や最大周面支持力または基準支持力とした。また、地盤バネ値は、基礎標準に示す地震時バネとした。

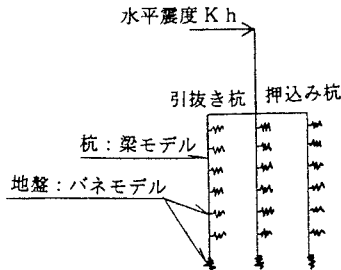


図-2 非線形骨組解析モデル

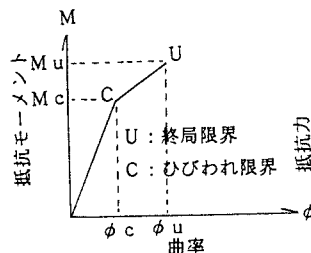


図-3 杭体のモデル

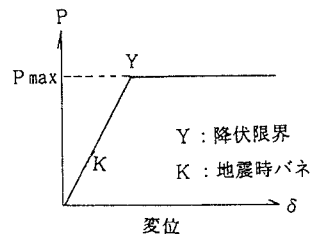


図-4 地盤のモデル

4. 解析結果

(1) 終局状態およびそれに至る過程

水平震度を徐々に上げていった結果、発生曲げモーメントは地中部より杭頭部の方が大きく、 $Kh=0.35$ で杭頭部の杭体が終局に達した。

また地盤は、震度の低い段階から、引抜き杭の鉛直方向の周面地盤抵抗が降伏に達していた。

(2) 荷重～変位曲線

図-5に示すように、引抜き杭の杭頭鉛直変位に着目すると、 $Kh=0.16$ で鉛直方向の周面バネが完全降伏するため、荷重～変位曲線に明確な折れ点が生じた。

(3) 杭体発生断面力

杭体に発生する曲げモーメントは、別途行った杭体を線形部材として解析した結果と比較しても、図-6に示すように有意な差は生じなかった。

また、従来の変位法による杭頭固定およびヒンジ条件による発生断面力と今回の解析結果を比較すると、図-7に示すように杭頭部では杭頭固定より得られた曲げモーメントとほぼ等しいが、地中部では杭頭ヒンジによる曲げモーメントより小さくなっている。

5. 考 察

今回の解析では、杭体の終局によって杭基礎が終局に達した。また杭基礎の変形性能は、荷重～変位曲線で評価でき、杭周面が軟弱地盤で引抜き抵抗が小さいため、その非線形性は、引抜き杭の杭頭鉛直変位に着目した荷重～変位曲線に明確に現れた。

また、PHC杭は、変形性能が乏しいため、杭体を線形部材として解析しても十分に発生断面力を評価できる。

6. おわりに

今回の解析により、PHC杭においても杭・地盤の非線形性を考慮した2次元骨組解析によって、大变位領域における変形性能や発生断面力を評価できることが分かった。

今後は、杭基礎の限界状態設計法の導入に向けて、杭径、杭長、地盤など様々な条件で同様の解析を行う予定である。

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杭基礎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) 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。
- 2) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説、基礎構造物、抗土圧構造物、昭和61年3月

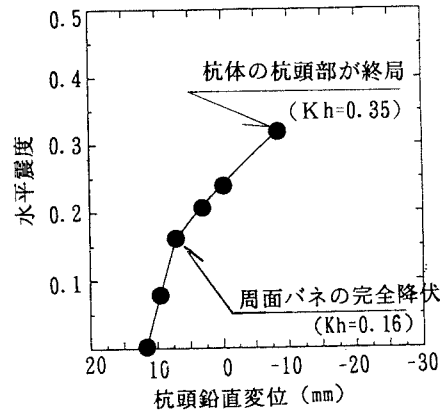


図-5 震度～杭頭鉛直変位（引抜き杭）

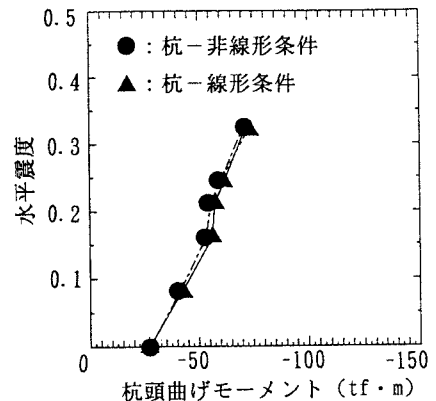


図-6 震度～杭頭曲げモーメント
(引抜き杭)

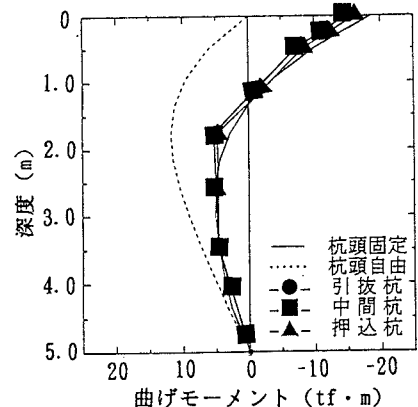


図-7 曲げモーメント分布 ($Kh=0.24$)
(引抜き杭)