

III-465

実杭基礎の非線形解析（解析方法と地盤条件による影響）

(株) マ エ ダ

正会員 百 木 雅

同 上

正会員 高 橋 正 好

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 田中隆一郎

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 山 岡 一 雅

(財) 鉄道総合技術研究所 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。本報告は、実杭基礎の解析を杭・地盤の非線形性が考慮できる解析プログラムを用いて行い、実杭基礎の変形性能や終局状態に至る過程について把握し、地盤条件がそれらに及ぼす影響について検討した。

2. 構造および土質条件

実杭基礎のモデルは、図-1に示す北陸新幹線用に設計された橋脚で、杭は、場所打ちコンクリート杭（ $\phi = 1.2\text{m}$ 、 $L = 18.5\text{m}$ ）である。解析は、橋軸方向で行っている。

地盤条件は、図-2に示すように、モデルⅠとして硬い地盤、モデルⅡとして軟らかい地盤を設定し、地盤条件の違いによる影響を検討した。

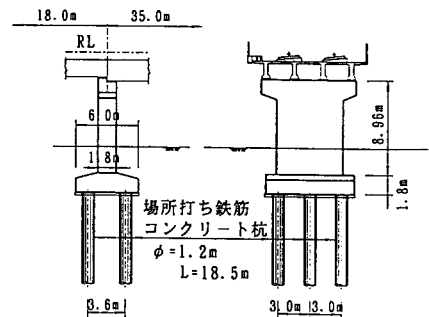


図-1 構造図

3. 解析方法および解析条件

解析方法は、図-3に示すように、杭・地盤の非線形性を考慮した2次元骨組解析を行った。

杭の非線形性については、図-4に示すように、杭体の $M \sim \phi$ （モーメント～曲率）関係をトリリニアモデルで設定し、軸力の変動による $M \sim \phi$ 曲線の変化も考慮した。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-5に示すように $P \sim \delta$ （地盤抵抗力～変位）関係をバイリニアモデルで設定した。地盤の水平抵抗力の上限値は有効抵抗土圧力を、また鉛直抵抗力の上限値は基礎標準¹⁾に示す最大周面支持力および先端の基準支持力とした。

また、解析に用いたバネ値は、基礎標準に示す地震時バネとした。水平力は、震度に換算してグラフを作成した。

	モデルⅠ	モデルⅡ
砂質土 N=3	4.0m	砂質土 N=3
砂質土 N=50	3.0m	砂質土 N=3
砂質土 N=15	2.0m	砂質土 N=10
砂質土 N=30	10.5m	砂質土 N=15
砂質土 N=50		砂質土 N=50

図-2 地盤条件

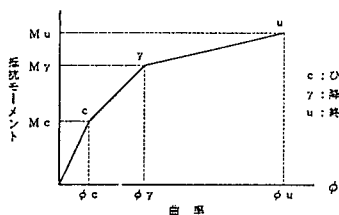


図-4 杭体のモデル

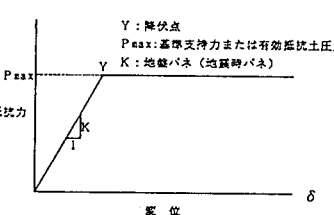


図-5 地盤のモデル

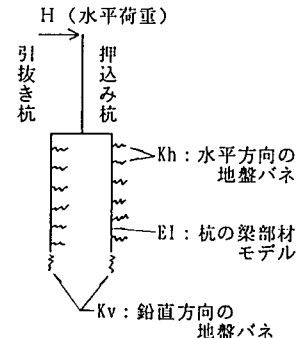


図-3 非線形骨組解析モデル

4. 解析結果

(1) 終局状態およびそれに至る過程

モデルⅠ（硬い地盤）では、震度 $K_h=0.40$ で引抜き側の杭体が降伏し、 $K_h=0.48$ で引抜き側の杭体が終局に達した。地盤は、周面、先端抵抗ともに降伏していない。

モデルⅡでは、 $K_h=0.32$ で引抜き側の杭体が降伏し、押込み側の鉛直方向の周面バネが完全降伏した。 $K_h=0.44$ で押込み側の鉛直方向の先端バネが完全降伏した。

(2) 荷重～変位曲線（図-6、7参照）

モデルⅠでは、明確な折れ点は生じない。

モデルⅡでは、押込み杭の杭頭鉛直変位（図-7）に着目すると、 $K_h=0.32$ で鉛直方向の周面バネが完全降伏し、 $K_h=0.44$ で鉛直方向の先端バネが完全降伏し、それぞれの点で明確な折れ点が生じている。

(3) 荷重～沈下曲線

モデルⅠでは、 $K_h=0.48$ の杭体の終局時までは、地盤の周面抵抗、先端抵抗は共に降伏していない。

モデルⅡでは、地盤の周面抵抗が先に降伏し、そのあと先端抵抗が降伏している。

5. 考 察

(1) 杭基礎の終局状態の定義

杭基礎の終局状態は、地盤の硬軟によって、それに至る過程が異なり、今回の解析では、硬い地盤の場合は杭体の終局で定義でき、軟らかい地盤の場合は地盤の鉛直抵抗の完全降伏で定義できる。

(2) 杭基礎の変形性能とその評価

杭基礎の変形性能は、荷重～変位曲線で評価できる。

また、杭基礎の挙動は、地盤の鉛直抵抗の降伏に大きく影響されるため、その非線形性は、杭頭鉛直変位に着目した荷重～変位曲線に明確に現れる。

6. おわりに

杭基礎の限界状態設計法（大地震を対象とした耐震設計法）を確立するためには、杭基礎が終局状態に至るまでの過程（基礎全体の变形性能、地盤抵抗の推移、杭体の耐力など）を定量的に把握する必要がある。今回の解析において、杭・地盤の非線形解析を行えば、大変位領域における杭基礎の荷重～変位曲線や杭体の断面力等が把握できることが分かった。今後は、様々な構造形式（橋脚：1列3本杭、橋台など）や地盤条件（軟弱地盤など）で同様の解析を行い、地盤の水平抵抗等の影響についても検討する予定である。

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) 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

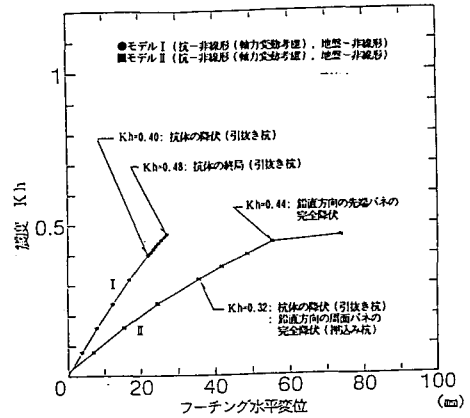


図-6 震度～フーチング水平変位曲線

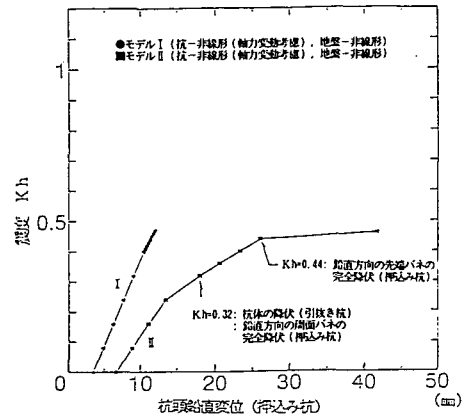


図-7 震度～杭頭鉛直変位（押込み杭）曲線