

III-B3

橋脚杭基礎の大変位領域解析＜地震時保有耐力に関する考察＞

マ エ ダ 正会員 百 木 雅
 中央復建コンサルタンツ 正会員 沢 野 嘉 延
 パシフィックコンサルタンツ 正会員 山 岡 一 雅
 鉄 道 総 合 技 術 研 究 所 正会員 近 藤 政 弘
 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進められている。文献¹⁾で場所打ち杭基礎の橋脚を対象に、基礎の変形性能や杭体に発生する断面力について報告したが、本稿では、前回報告した構造物を対象として、限界状態設計法を用いた大変位領域における解析を行い、杭基礎の終局状態に至る過程（変形状況、地盤反力状況、杭体状況）について把握したので報告する。

2. 構造・地盤条件および解析方法

解析対象の橋脚構造図および地盤条件を図-1に示す。構造の概要は、基礎が場所打ちコンクリート杭、上部工がPC連続箱桁である。地盤条件は、杭上層部は砂質土、下層部は粘性土、先端部は砂質土となっている。

解析方法は、地盤については文献²⁾に準じ地盤バネをバイリニアモデルとし、杭体は軸力固定（引抜き杭 $N=0$ 、押込み N =死荷重時荷重）として $M-\phi$ 関係をトリリニアモデルとする非線形の2次元骨組解析を行った。荷重は、慣性力を水平震度に換算し 0から 0.05 ずつ増加させた。

3. 解析結果

ここでは、主に橋軸直角方向の結果について延べる。なお、変位領域は降伏変位（最外縁の押込み杭が最大鉛直抵抗力に達した時）の1から5倍（応答塑性率1～5）の領域について考察した。

(1) 変形状況

図-2に橋脚天端における荷重～変位曲線を示す。

ここでは、橋脚く体の降伏は考慮していない。

図中の橋脚天端の変位に着目すると、水平震度 $K_h=0.32$ で押込み杭の周面支持力と先端支持力が降伏し、 $K_h=0.42$ で引抜き杭の周面支持力が降伏した。杭体は、 $K_h=0.35$ で引抜き杭の地中部が降伏し、 $K_h=0.38$ で終局に至った。

(2) 地盤反力状況

図-3、4、5に、引抜き杭の地盤反力分布を示す。図-3の斜線部は、基礎降伏時の水平抵抗の塑

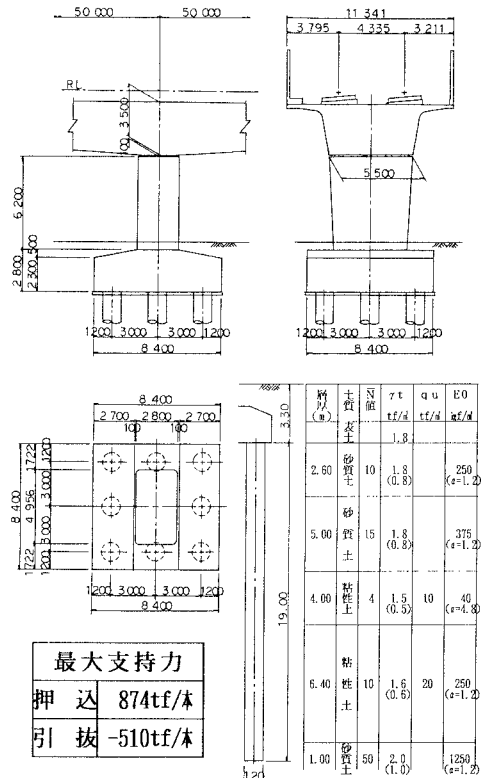


図-1 橋脚構造図および地盤条件

性化状況を示し、図-4、図-5は、基礎降伏時の変位量（ δy ）の3倍および5倍の時の塑性化状況を示す。

1 δy 時は、杭頭から1 mの位置まで塑性化し、3 δy の時は4.5 mまで塑性化した。また5 δy の時は5 mまで地盤が塑性化した。5 δy 付近では地盤の塑性化は杭長の1/4 程度であった。

(3) 杭体の発生断面力

図-6は、1 δy 、2 δy 、3 δy 時の杭体線形および非線形の発生曲げモーメントの解析結果を示す。図中の最大曲げモーメントに着目すると、杭体非線形の場合、1 δy では $M_1 = 120 \text{ t}\cdot\text{m}$ 、2 δy では、 $M_2 = 195 \text{ t}\cdot\text{m}$ 、3 δy では、 $M_3 = 215 \text{ t}\cdot\text{m}$ となった。

1 δy ～3 δy レベルでの杭体線形の曲げモーメントと比較した場合、線形の曲げモーメントが非線形の曲げモーメントより1.4 倍程度大きな値となった。

また、杭体非線形の場合の1 δy レベルの曲げモーメントは、軸力固定と軸力変動を比較してもほとんど差は見られなかった。

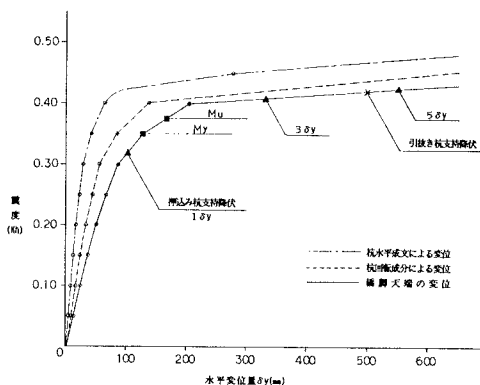


図-2 荷重～変位曲線

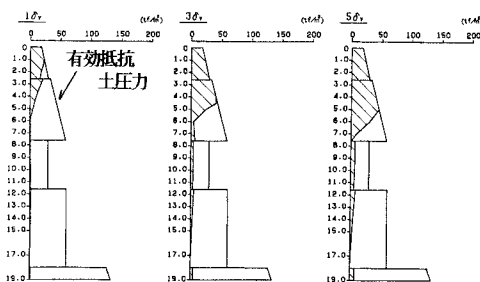


図-3

図-4

図-5

地盤反力分布図

4. 考 察

今回検討した橋脚の場合は、大きな地震力を受けて基礎（地盤）が降伏した後も、基礎の変形性能が確保できる結果を得られた。今後、杭体降伏後の剛性、部材じん性能を詳細に検討しなければならないが、今回の設定では、大変位領域での基礎の変形を追跡することができ、大変位領域を考慮した設計が可能である方向を示すことができた。

5. おわりに

今後、杭基礎の限界状態設計法の導入に向けて、軟弱地盤などで同様の検討を行う予定である。なお、本報告は「基礎・杭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。

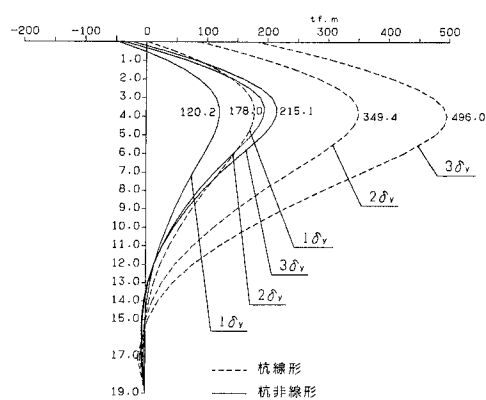


図-6 杭体の曲げモーメント

参考文献

- 1) 高橋、山岡、西村：実杭基礎の非線形解析、土木学会49回年次学術講演会Ⅲ-464, 1994
百木、水谷、田中他：橋脚場所打ち杭基礎の大変位領域における挙動解析、
土木学会50回年次学術講演会Ⅲ-457, 1995
- 2) 鉄道総合技術研究所「限界状態設計法による基礎構造物設計指針（案）」平成 5年10月