

## Ⅲ-455

## 橋台鋼管杭基礎の大変位領域における挙動解析

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 山岡 一 雅  
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 北 嶋 武 彦  
 同 上 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、鉄道構造物基礎への限界状態設計法へ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性能を検討し、大変位領域における基礎の変形性能が実験および解析から定量的に評価されている。文献<sup>1)</sup>で場所打ちコンクリート杭基礎の橋脚を対象に、解析方法・結果について報告したが、本稿では、土圧を受ける構造物に着目して、橋台鋼管杭基礎構造物を対象に同様の解析を行い、大変位領域における基礎の変形性能や終局状態に至る過程、ならびに杭体に発生する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「橋台および地盤条件」を図-1に示す。構造の概要は、基礎が中掘工法による鋼管杭( $\phi 800$ ,  $t=12\sim 16$ mm, 杭長 42.5 m,  $n=6$ 本)、上部工が単線トラス橋(橋長 63.5m, 単純桁)である。

地盤条件は、杭根入れ部の  $1/\beta (=4.5\text{m})$  間が  $N=4$  の粘性土と軟弱地盤に分類され、杭先端は  $N=40$  の砂質土に支持されている。

解析方法は、地盤を基礎標準<sup>2)</sup>に示す有効抵抗土圧力や杭の最大周面支持力・基準支持力を制限値とするバイリニア型の【非線形】とし、杭体は材料【非線形】および材料【線形】の2種類行った。

上・下部工の荷重は、水平震度  $K_h=0.0\sim 1.0$  の間で逐次増分させ、土圧については、港湾関係の既往の研究<sup>3)</sup>や擁壁の振動試験結果を解析した報告<sup>4)</sup>より、図-2に実線で示す  $K_h=0.4$  まで物部・岡部の式による地震時主働土圧係数を直線で近似した土圧とし、 $K_h=0.4$  以降一定値の土圧とした。

## 3. 解析結果

## (1) 大変位領域における変形性能

図-3に、杭体【線形】の場合の押し込み杭の「水平震度～杭頭水平変位」の解析結果を示す。図中において水平震度  $K_h=0.4$  で第一変化点があるが、これは前述したように、土圧が  $K_h=0.4$  以上では一定に変化する点にあたる。次の第二変化点は、 $K_h=0.72$  で見られ、この時、押し込み杭の杭先端地盤の鉛直支持が降伏し、以降急激に変位が増大する。

一方、杭体【非線形】の場合は、 $K_h=0.64$  において杭体が降伏したが、それまでの変形性能はほとんど、杭体【線形】の場合と同じ挙動を示した。

図-4に杭体【線形】の場合の「杭周面地盤の塑性化図」を示す。なお、地盤が塑性化した範囲を■で表現している。

まず、 $K_h=0$  の時に土圧が作用していることから、押し込み杭の周面支持が杭中央部付近まで降伏し、そして、水平震度の増大とともに、 $K_h=0.32$  で押し込み杭の周面支持が完全降伏した。

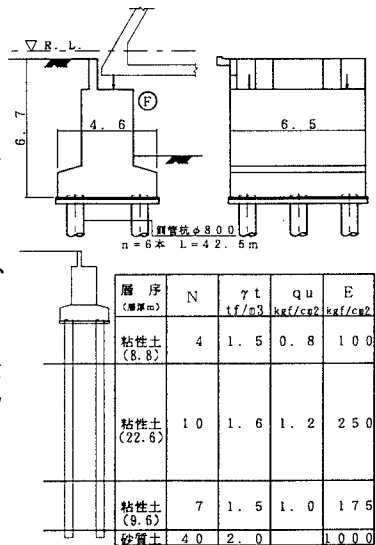


図-1 橋台一般図・地盤条件

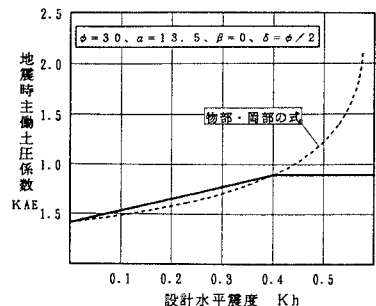


図-2 地震時主働土圧の考え方

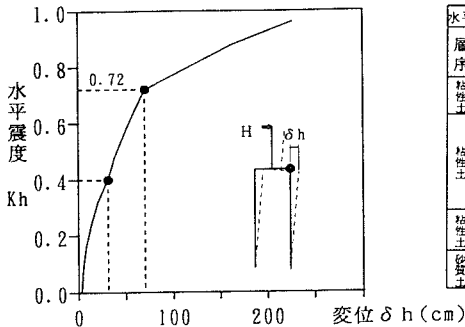
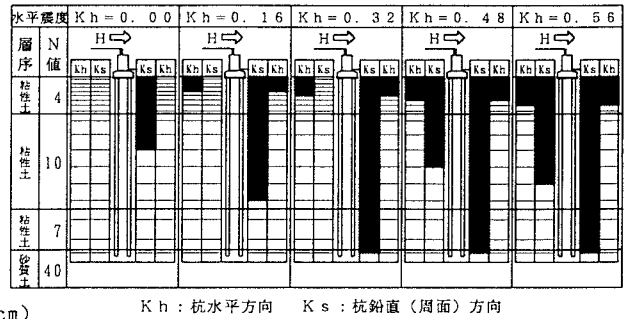


図-3 水平震度～杭頭水平変位（押し込み杭）


図-4 杭周面地盤の塑性化図  
 $K_h$  : 杭水平方向  $K_s$  : 杭鉛直（周面）方向

## (2) 杭体発生断面力

図-5に杭体【線形】の場合の、水平震度別の押し込み杭の曲げモーメントを、図-6に $K_h = 0.32$ の時の押し込み杭の杭体【線形】の曲げモーメント、および別途計算した地盤を線形とした場合の杭頭固定・ヒンジの結果を示す。なお、杭体【線形】【非線形】の解析結果の差はほとんどない。図-6より、本解析結果と地盤線形（杭頭固定）を比較すると、杭頭部の曲げモーメントの発生状況が異なる結果となり、地中部では地盤線形（杭頭ヒンジ）の方が地盤【非線形】の場合に比べて大きい。

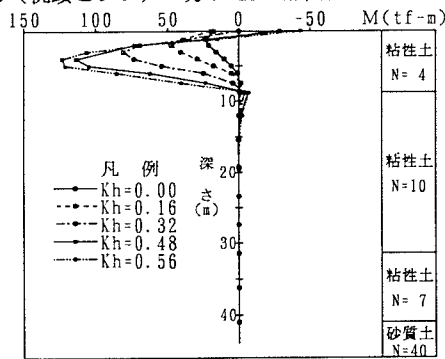


図-5 水平震度別の杭体曲げモーメント（押し込み杭）

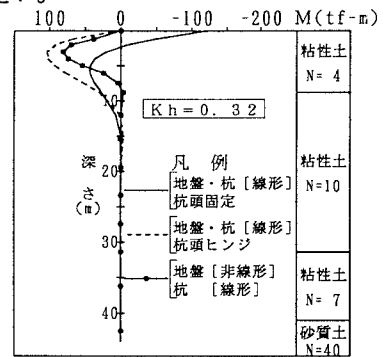


図-6 杭体曲げモーメント（押し込み杭）

## 4. 考 察

今回報告した橋台のケースでは、杭頭部付近の地盤が軟弱な場合でも、杭先端の地盤が良好であれば、 $K_h = 0.6$ 前後の水平震度下でも、基礎の変位はほぼ線形的に増加し、押し込み杭の杭先端地盤の鉛直支持の降伏により急激に基礎の変位が増加することがわかった。そして、前述したように杭体の降伏は、杭先端地盤の鉛直支持の降伏前の $K_h = 0.64$ で生じた。よって、想定される地震力に対して杭体の耐力を十分満足させておけば、それ以上の地震力を受けて杭体が降伏した後も、荷重は杭に伝達されることから、杭基礎の大変位領域における変形性能は、杭先端地盤の鉛直支持に期待できる結果が得られた。

また、杭体の材料特性は【線形】で解析しても杭体降伏までの発生断面力は十分評価できることがわかった。

## 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、種々の条件下の杭基礎の同様の解析を行うとともに、

①杭体および杭頭結合部の設計方針 ②フーチング等の構造部材についての設計方針 ③安全係数の値等の検討を行っていく予定である。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) 山岡、高橋、奥村：実杭基礎の非線形解析、土木学会第49回年次学術講演会Ⅲ-466（他Ⅲ-464、465）、1994. 9
- 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
- 3) 野田、上部、千葉：重力式岸壁の震度と地盤加速度、港湾技術研究所報告、Vol. 14, No. 4, 1975. 12
- 4) 棚村、澤田、西村：抗土圧構造物の限界状態設計法の一試案、基礎構造物の限界状態設計法に関するシンポジウム、土質工学会、平成7年5月（予定稿）