

スウェイに着目した RC 杭頭接合部の変形性能の評価

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○阿部 慶太

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 神田 政幸

1. はじめに

フーチングに固定された杭頭接合部では、一般にスウェイ（左右揺れ時の変形モード）が顕著となる。しかしながら、現行の RC 杭頭接合部の変形性能の評価は、気中で杭端部に水平および鉛直荷重を付与して杭頭接合部に曲げモーメントを作用させる載荷試験をもとに行われており、スウェイの影響が適切に考慮されているか不明確である。さらに、気中で載荷試験を行うため、杭周辺の地盤の影響も適切に評価できていないと考えられる。そこで筆者らは、スウェイに着目しつつ杭周辺の地盤の影響も考慮できる、RC 杭頭接合部に対する載荷試験を計画している。ここでは、試験の概要と試験に向けた試計算の結果について報告する。

2. 試験の概要

図 1 に試験体の概要を示す。試験体は杭部とフーチング部からなり、杭部は RC 部材、フーチング部は RC 部材と鋼管で構成する。また、杭頭接合部の変形性能に着目するため、曲げモーメントが最大になる杭頭接合部から曲げモーメントが 0 になる点までを対象とし、以下の載荷方法で杭頭接合部近傍の断面力分布および変形を再現する。すなわち、杭端（実際の長杭では曲げモーメントが 0 になる点）ではピン接合として水平、鉛直方向に対してのみ拘束し、フーチング上端の載荷点では水平方向のみ拘束されない固定端を適用して鉛直、回転方向を拘束する。そして、載荷点に水平変位を作用させて、曲げモーメント分布が載荷点で最大、杭端で 0 の三角形分布になるようにする。また、 $Dr=90\%$ の乾燥砂内に試験体を埋設した載荷（以後、地中載荷）と気中での載荷（以後、気中載荷）を行い、杭頭接合部に対する杭周辺の地盤の影響を確認する。

3. 試計算の結果

(1) 解析方法、モデル

試計算は、骨組みモデルを用いた静的非線形解析で行った。部材性能および地盤特性は鉄道構造物等設計標準¹⁾に基づいてモデル化し、前節で示した載荷方法を再現しつつ部材に軸力を作用させるため、載荷点に剛性が非常に大きい鉛直拘束バネを設けて鉛直荷重を付与させた。図 2 に解析モデルの概要を示す。

(2) 断面力図、変位図

図 3 に鉛直荷重-100.0(kN)（引張を正）で地中載荷した部材の最大耐力時の断面力図および変位図を示す。載荷点で最大、杭端で 0 の三角形分布をした曲げモーメント図、杭軸に沿ってほぼ一定のせん断力図、軸力図を確認できる。また、変位図からはスウェイを確認できる。

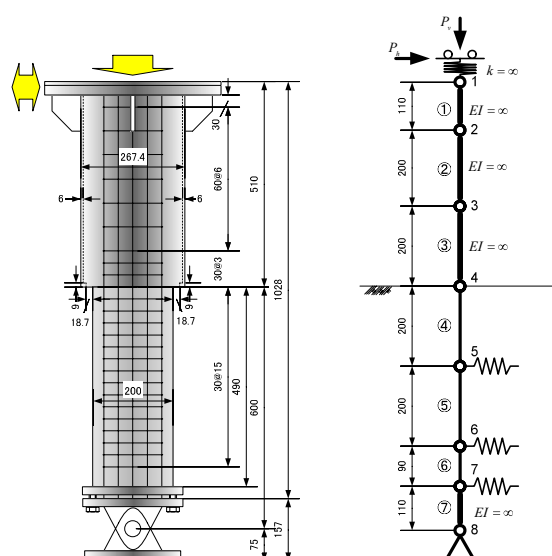


図 1 試験体の概要

図 2 解析モデルの概要

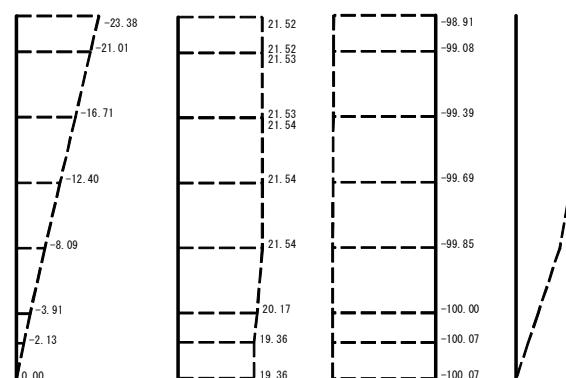


図 3 断面力図、変位図（左から曲げモーメント図(kNm)、せん断力図(kN)、軸力図(kN)、変位図)

キーワード スウェイ、場所打ち RC 杭、杭頭接合部、変形性能、地中載荷

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL 042-573-7261 FAX 042-573-7248

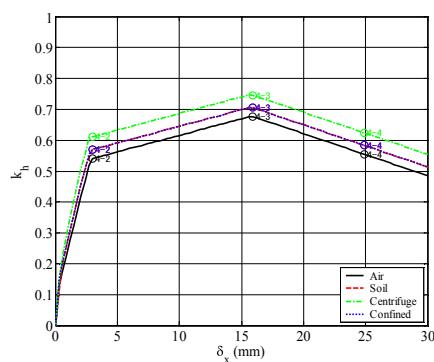


図4 水平震度変位曲線, モーメント
曲率関係 (鉛直荷重 0 (kN))

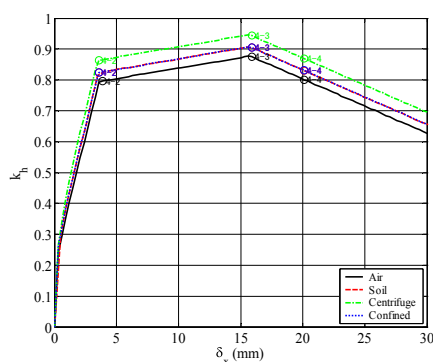


図5 水平震度変位曲線, モーメント
曲率関係 (鉛直荷重 -100 (kN))

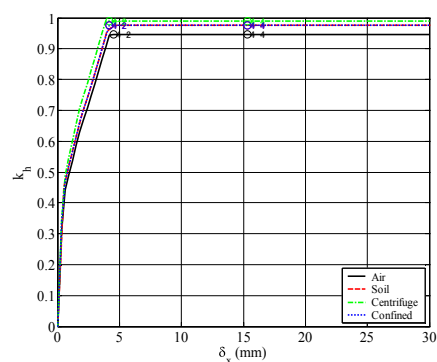


図6 水平震度変位曲線, モーメント
曲率関係 (鉛直荷重 -250 (kN))

(3) 気中載荷時と地中載荷時の変形性能の違い

図4, 図5, 図6に鉛直荷重がそれぞれ0.0(kN), -100.0(kN), -250.0(kN)の場合の気中載荷時(Air)と地中載荷時(Soil)の載荷点での水平震度変位曲線, 杭頭接合部(節点番号4)でのモーメント曲率関係を示す。ただし, 最大水平荷重($k_h=1.0$ 時の荷重)は30.0(kN)である。また各図には, 相似則($n=5/2$)を考慮して乾燥砂の単位体積重量を2.5倍した場合の曲線(Centrifuge), 杭周辺地盤による拘束圧の影響²⁾を考慮した場合の曲線(Confined)も示す。なお, 文献2)の仮定に基づき拘束圧は受働土圧の半分の値とした。これらの曲線の比較から以下のことがわかる。

- 1) 杭頭接合部で部材が損傷し, 鉛直荷重が0.0(kN), -100.0(kN)の場合では通常軸力下での変形性能, 鉛直荷重が-250.0(kN)の場合では高圧縮軸力下での変形性能となる。
- 2) 気中載荷時に対し地中載荷時には耐力が大きくなり, 相似則を考慮した場合ではさらに耐力が大きくなる。ただし, 杭頭接合部でのモーメント曲率関係に対してはそれらの違いが明確に現れない。
- 3) 地中載荷時に対し杭周辺地盤による拘束圧を考慮した場合は, 鉛直荷重の大きさに関わらずその変形性能にほとんど違いがない。

すなわち, 杭周辺の地盤の有無による違いが載荷点での水平震度変位曲線で確認できるが, 杭の部材性能を支配する杭頭接合部でのモーメント曲率関係ではほとんど確認できない。また, 文献2)から求めた杭周辺地盤の拘束圧の効果も明確に確認できない。

4. まとめ

試計算の結果, 現行の設計標準に基づいた計算では, スウェイに影響を受けた損傷が杭頭接合部で生じた際, その部材性能は杭周辺の地盤の影響をほとんど受けないという結果になった。載荷試験では, この現象が適切かどうか確認することを目的に, 水平震度変位曲線とモーメント曲率関係の測定および比較を行う予定である。

参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 1999。
- 2) 今村年成, 室野剛隆, 永尾拓洋: 地盤の拘束圧を考慮した RC 杭の変形性能の評価手法に関する検討, 土木学会地震工学論文集, Vol.28, 2005。