

模型鋼管杭を用いた静的載荷実験による水平地盤反力特性の比較

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 ○清田三四郎, 米澤 豊司, 青木一二三  
 鉄道総合技術研究所 正会員 西岡 英俊, 坂本 寛章, 室野 剛隆  
 複合技術研究所 正会員 飯島 正敏

1. はじめに

軟弱地盤中の杭基礎では、地震規模によっては大きな地盤変位を生じ、地中深くまで大きな曲げモーメントが生じるため、応答変位法による設計がなされる。しかし、現状の応答変位法では、地震時における慣性力と地盤変位との相互作用による地中部の杭体損傷程度が未解明であることから、安全側の配慮として地中部の損傷を出来る限り生じさせない設計を行っているため、場所打ち杭の主鉄筋や鋼管杭の肉厚等について、経済的な段落としを行うことが困難となっている。そこで、応答変位法による杭体設計の合理化を図り、鋼材量の減少による建設コスト縮減や、効率的な段落としによる施工性の向上を目的として、地中部の地盤変位を再現した模型載荷実験や感度解析を実施することにより、地中部における損傷の程度や損傷後の耐力低下について検討を行っている<sup>1)~4)</sup>。

本稿では、杭体の損傷について議論する前段として、水平地盤反力特性の把握を主目的に実施した模型鋼管杭による静的載荷実験の結果について報告する。

2. 実験概要

載荷実験には、水平載荷と地盤変位載荷が任意に制御可能である「基礎の動・静的載荷試験装置」<sup>5)</sup>を用いた。載荷方法の概要を図1に、模型地盤および模型杭配置の概要を図2に、載荷条件を表1に示す。

模型杭は、実杭の約 1/5 モデルの単杭模型であり、材質 STK400 の鋼管(外径: φ216.3mm, 長さ: 3453mm, 肉厚: 4.5mm)に、底版(外径: φ225mm, 厚さ: 12mm)を溶接したものをを用い、土槽底部に配置したφ10mmのコロの直上に設置した。模型地盤は、乾燥珪砂6号を用い、支持層はバイブレーター転圧によって相対密度90%、表層は空中落下法によって相対密度60%となるように作成した。載荷は、CASE1では水平ジャッキAを用い、杭頭部(GL+500mm)に変位制御による静的な水平交番載荷(慣性力載荷に相当)を、CASE2では3本の水平ジャッキB~Dを用い、せん断土槽に変位制御による静的な正負交番載荷(地盤変位載荷)を行った後、CASE1と同様の水平載荷を行っている。与えた変位量は、表1に示した。

実験では、杭体の17断面について載荷方向と載荷45°方向に貼り付けたひずみゲージによる曲げモーメントとせん断力の測定、変位計による模型地盤表面と杭頭部での変位量の測定、傾斜計による地中変位の測定、ロードセルによる載荷点での荷重の測定を行った。

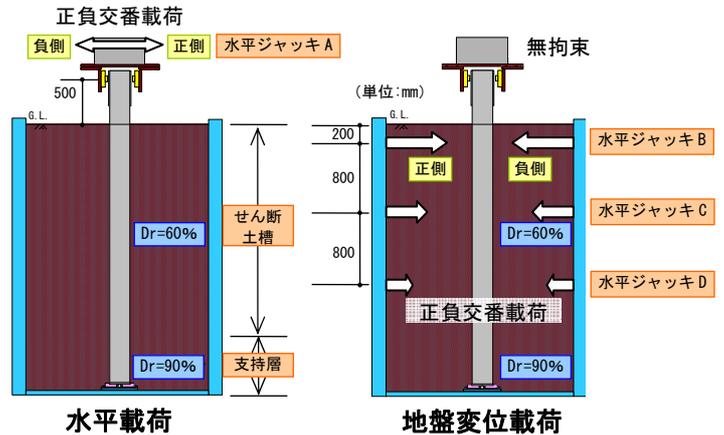


図1 載荷方法の概要

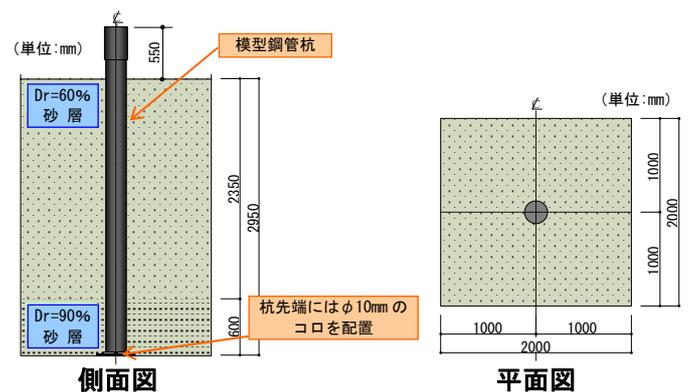


図2 模型地盤および模型杭配置の概要

表1 実験の載荷条件

実験ケース	CASE1	CASE2
載荷方法	水平載荷	地盤変位載荷→水平載荷
水平載荷の載荷ステップ (水平ジャッキAによる変位制御)	+5mm→-5mm→+10mm→-10mm→+20mm→-20mm →+40mm→-40mm→+60mm→-70mm (水平ジャッキA位置の変位)	
地盤変位載荷の載荷ステップ (水平ジャッキB~Dによる変位制御)		+100mm→-100mm→200mm→-100mm→0(初期) (水平ジャッキB位置の変位)

キーワード 鋼管杭, 模型実験, 水平載荷, 地盤変位載荷, 応答変位法

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 設計技術部 TEL:045-222-9082

### 3. 実験結果

図3に、CASE1と地盤変位荷重によって地盤が乱された後に水平荷重を行ったCASE2について、水平荷重時の荷重点水平荷重と荷重点水平変位の関係を示す。初期変位の多少のずれによる影響は見られるものの、荷重～変位関係としては優位な差は見られず、水平荷重に対して地盤変位荷重履歴の有無は、ほとんど影響しないことが分かる。

図4に、CASE1とCASE2の水平荷重時における杭体の曲げモーメント分布を示す。凡例に示した値は、荷重点(ジャッキA)における荷重と変位である。曲げモーメントの最大値に若干の違いが見られるものの、分布形状や最大値の発生深度にほとんど差は見られず、図3も含めて考えると、地盤変位履歴を受けた場合でも初期の変位量に戻せば、水平荷重に対する地盤反力特性に与える影響は小さいということが分かる。

図5に、CASE2の地盤変位荷重時の地中変位分布を、図6に、この時の杭体の曲げモーメント分布を示す。図6より、大きな地盤変位が生じる際には、水平荷重時よりも地中深くで大きなモーメントが発生するという現象が定性的に表現できている。また、両図より、地盤変位量を倍にすると、曲げモーメントの最大値もほぼ倍になっていることが分かる。さらに、曲げモーメントの最大値は、せん断土槽と支持層の境界よりも浅い位置で発生しており、この傾向は、事前に行った静的非線形解析と一致していた。

### 4. おわりに

模型鋼管杭を用いた静的荷重実験を行い、以下のことを確認することができた。

- ① 地盤変位履歴の有無が、水平荷重に対する地盤反力特性に与える影響は小さい。
- ② 地盤変位荷重時の曲げモーメントの最大値は、せん断土槽と支持層の境界よりも浅い位置で発生する。

引き続き、数値解析を行いこれらの現象を確認するとともに、定量的な評価を行う予定である。また、本稿では杭体が損傷を受けない条件で実験を行ったが、冒頭で述べたように、応答変位法による杭体設計の合理化を図るためには、地盤変位荷重によって杭体が損傷を受ける条件での実験を行なう必要がある。

### 参考文献

1)青木,米澤,清田,西岡,坂本,神田:杭の慣性力設計と応答変位法に用いる水平地盤反力係数に関する一考察,第64回土木学会年次学術講演会,2009.9.(投稿中) 2)飯島,清田,米澤,青木,西岡,坂本,神田:地盤変位によるRC杭段落し部の損傷に関する検討-その1静的荷重実験-,土木学会第64回年次講演会,2009.9.(投稿中) 3)米澤,清田,青木,西岡,坂本,西村:地盤変位によるRC杭段落し部の損傷に関する検討-その2静的非線形解析-,第64回土木学会年次学術講演会,2009.9.(投稿中) 4)西村,西岡,神田,米澤,清田,青木:地盤変位を受けるRC杭の主鉄筋段落し位置に関する感度解析,第64回土木学会年次学術講演会,2009.9.(投稿中) 5)神田,西岡,山畑,高橋,甲斐:鉛直力・水平力・モーメントおよび鉛直変位・水平変位・回転角による荷重制御可能な基礎構造物の荷重試験装置の開発,第40回地盤工学研究発表会,pp.1461-1462,2005.7.

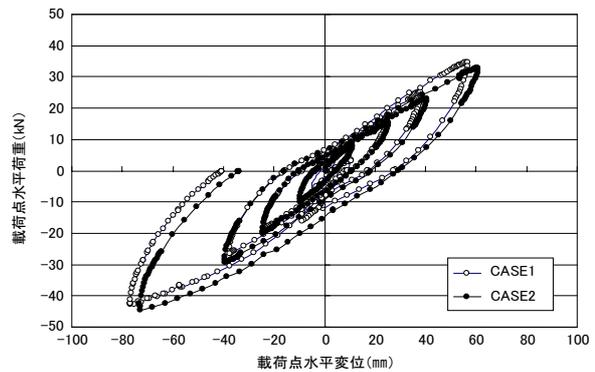


図3 荷重点水平荷重と荷重点水平変位の関係

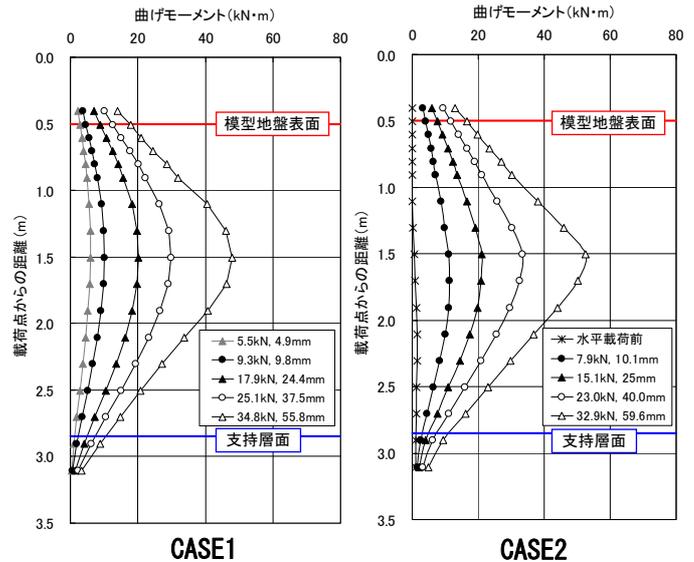


図4 水平荷重時(正側)における曲げモーメント分布

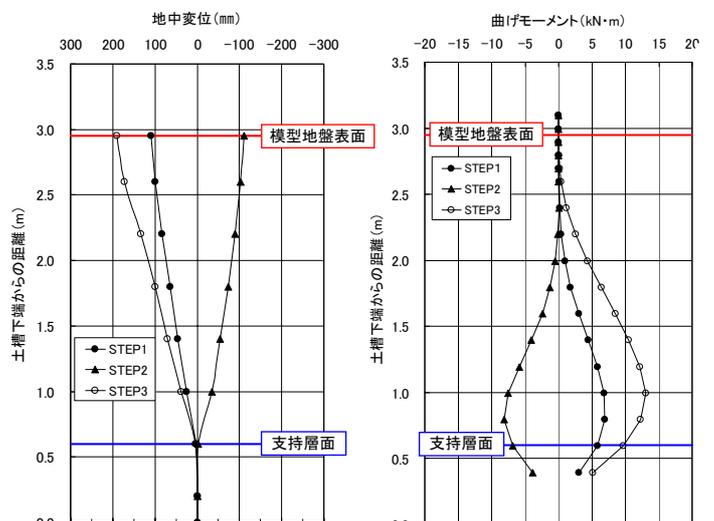


図5 地盤変位荷重時の地中変位分布

図6 地盤変位荷重時の曲げモーメント分布