

地盤変位を受ける RC 杭段落し部の損傷に関する研究 ー静的載荷実験ー

鉄道総合技術研究所 正会員 ○佐名川太亮, 西岡 英俊, 西村 昌宏
 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 森野 達也, 米澤 豊司, 青木一二三

1. はじめに

軟弱地盤における鉄道杭基礎構造物の耐震設計では、地震時の地盤変位を考慮する応答変位法を用いた設計がなされている。しかしながら、慣性力と地盤変位の相互作用によって発生する地中部の杭体損傷程度が未解明であることから、現状では安全側へ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となっており、経済的な段落しを行うことが困難となっている。飯島ら¹⁾は段落し RC 杭の載荷試験により段落し部の損傷について検討を行っているが、Y点を超えるような損傷が発生するケースについては検討されていない。そこで本稿では応答変位法による杭体設計の合理化を目的とし、RC 模型杭の静的載荷試験により、Y点を超えるような損傷が発生する荷重レベルにおいて段落しの有無が水平耐力や杭体の損傷度に与える影響を検討する。

2. 模型杭及び模型地盤

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・静的載荷装置」²⁾を用いた。模型地盤及び模型杭の配置図を図1に示す。地盤条件としては、底面から1400mmを相対密度90%の硅砂6号を用いた支持層とし、表層1600mmを相対密度60%とした。載荷によって杭体に明確な損傷が発生するよう、杭先端は土層底面に固定している。

図2に模型杭の配筋図を示す。直径146mm、長さ3400mmであり、D4の主筋(16本)にD4のフープ筋を25mm間隔で一様に配筋した杭(段落し無し杭)と、杭先端から1450mm区間の段落し部分を主筋本数8本、フープ筋間隔50mmで配筋した杭(段落し有り杭)の2種類を用いた。底板(外径200mm、厚さt=16mm)は主筋と溶接で接合している。また杭頭部には鋼管(外径165.2mm、長さL=384mm)を設置してCFT化を行っており、載荷点での局所的な損傷が発生しないよう補強を施した構造となっている。

3. 載荷条件

一つの地盤に2本の杭を設置し、一方にはせん断土層を油圧ジャッキにより水平に載荷する「地盤変位載荷」、キーワード RC 杭, 段落し, 水平載荷, 応答変位法, 地盤変位

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎・土構造 TEL: 042-573-7261

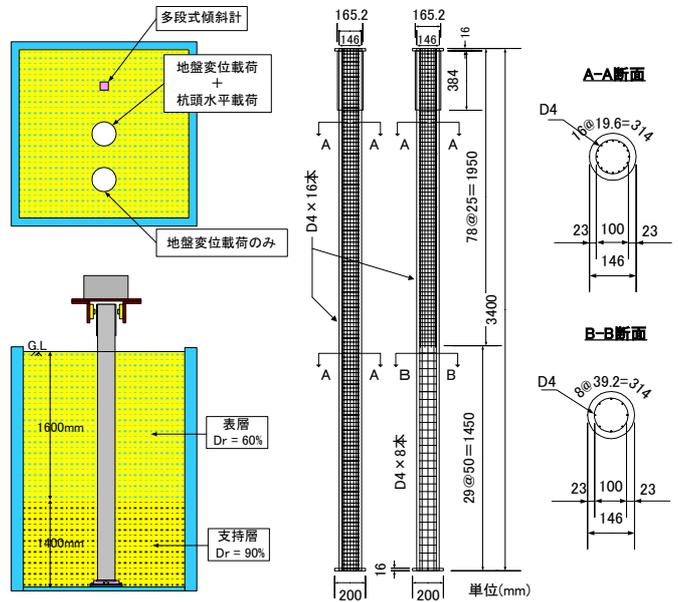


図1 模型地盤及び模型杭

図2 配筋図

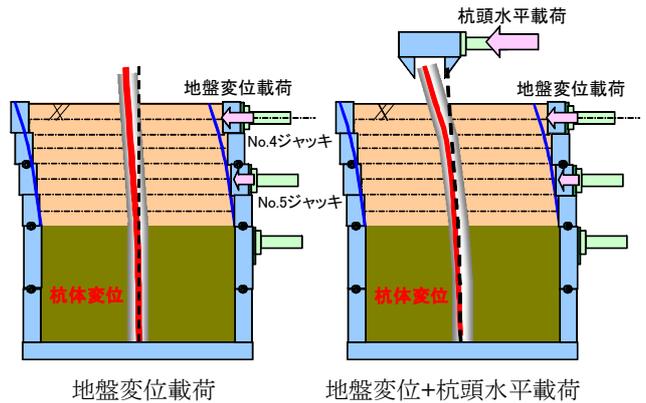


図3 載荷方法概略

表1 実験ケース及び条件

ケース番号	模型杭	載荷条件	載荷ステップ
1 地盤目	段落し無し	地盤変位のみ	0.5 δ _v (0.5 δ _p) _{正負1回} →1 δ _v (1 δ _p) _{正負3回} →2 δ _v (2 δ _p) _{正負3回} →3 δ _v (3 δ _p) _{正負3回} →5 δ _v (3 δ _p) _{正負3回}
		地盤変位+杭頭水平力	0.5 δ _v (0.5 δ _p +0.5 δ _p) _{正負1回} →1 δ _v (1 δ _p +1 δ _p) _{正負3回} →2 δ _v (2 δ _p +2 δ _p) _{正負3回} →3 δ _v (3 δ _p +3 δ _p) _{正負3回} →5 δ _v (3 δ _p +5 δ _p) _{正負3回}
2 地盤目	段落し有り	地盤変位のみ	0.5 δ _v (0.5 δ _p) _{正負1回} →1 δ _v (1 δ _p) _{正負3回} →2 δ _v (2 δ _p) _{正負3回} →3 δ _v (3 δ _p) _{正負3回} →5 δ _v (3 δ _p) _{正負3回}
		地盤変位+杭頭水平力	0.5 δ _v (0.5 δ _p +0.5 δ _p) _{正負1回} →1 δ _v (1 δ _p +1 δ _p) _{正負3回} →2 δ _v (2 δ _p +2 δ _p) _{正負3回} →3 δ _v (3 δ _p +3 δ _p) _{正負3回} →5 δ _v (3 δ _p +5 δ _p) _{正負3回}

もう一方には地盤変位载荷と杭頭部 (GL+350mm) の水平载荷を組み合わせた载荷を実施した (図 3)。

実験ケース及び条件を表 1 に示す。各载荷ステップの载荷変位量については、地盤変位载荷及び杭頭水平载荷単独の予備载荷の結果を基に決定している。具体的には、予備载荷において地中部の最外縁鉄筋ひずみが降伏ひずみの $1/2 (=1000 \mu)$ に至った時点をおよそ $0.5 y$ とし、この時の地盤変位量を $0.5 y$ ($0.5 J_4 = 21\text{mm}$ (No.4 ジャッキ)), $0.5 y_5 = 7\text{mm}$ (No.5 ジャッキ), あるいは杭頭変位量を $0.5 y_p (=10\text{mm})$ とした。なお油圧ジャッキの容量により、 $5 y$ については地盤変位を $3 y$ 程度としている。

4. 実験結果

図 4 に各载荷ステップにおいて地盤変位が最大となる時点の地盤変位分布図を示す。土中部においては、多段式傾斜計の測定結果を土層底面から積み上げた値を地盤変位量としており、GL+50mm での地盤変位量は多段式傾斜計の端部を変位計で測定した値である。1, 2 地盤目を比較すると、各载荷段階ステップにおいて地盤変位の分布に差は見られず、同程度の地盤変位が作用していることが確認された。

図 5 に Case1-2, Case2-2 の载荷点水平荷重-水平変位関係を示す。また各载荷ステップにおける最大荷重点を結んだ骨格曲線を併せて示す。残留ひずみの影響により水平変位量に若干の差は見られるものの、段落しの有無による有意な差は見られない。

図 6 に各ケースについて実験終了後の杭体のひび割れ状況を示す。Case1-1 では GL-1.6m 付近において、Case1-2 では GL-1.6m に加えて GL-0.6m においてクラックが発生している。すなわち、地盤変位により杭体の深い位置が、杭頭载荷により杭体の浅い位置が損傷していることが示された。また段落しを有する杭では、段落し部付近において、圧壊には至らないが非常に大きなクラックが発生し、その周辺のクラックの発生は抑えられる傾向が見られた。

5. まとめ

模型杭载荷実験より、载荷点水平荷重-水平変位関係において、段落しの有無による有意な差は見られないことが示された。また実験後の杭体調査の結果、段落し杭では段落し部に大きなクラックが発生しているが、この部分の降伏により杭全体の損傷は抑えられていることが確認された。

参考文献

1) 飯島正敏, 米澤豊司, 清田三四郎, 青木一二三, 西岡英俊, 坂本寛章, 神田政幸: 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 静的载荷実験- 2) 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・回転角による载荷制御可能な基礎構造物の载荷試験装置の開発, 第 40 回地盤工学研究発表会, pp.1461-1462, 2005.7

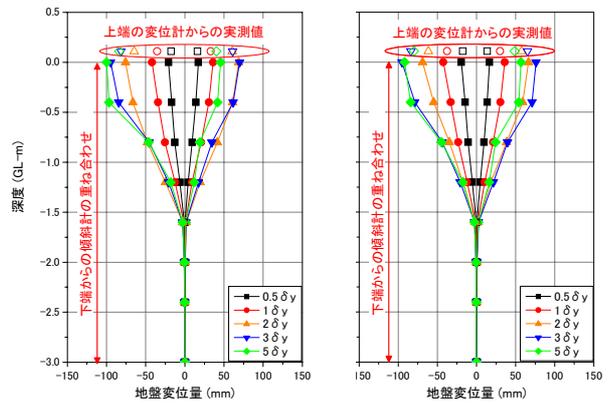


図 4 地盤変位分布(左: 1 地盤目, 右: 2 地盤目)

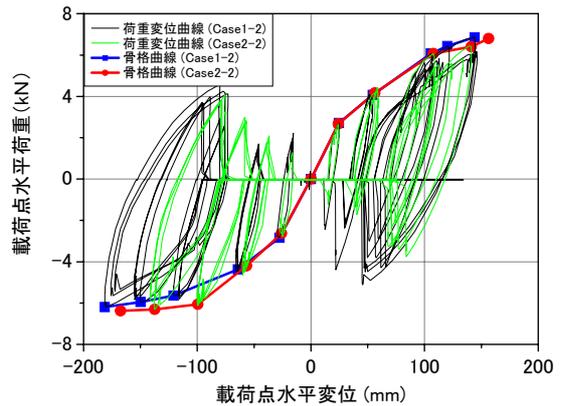


図 5 载荷点水平荷重-水平変位関係

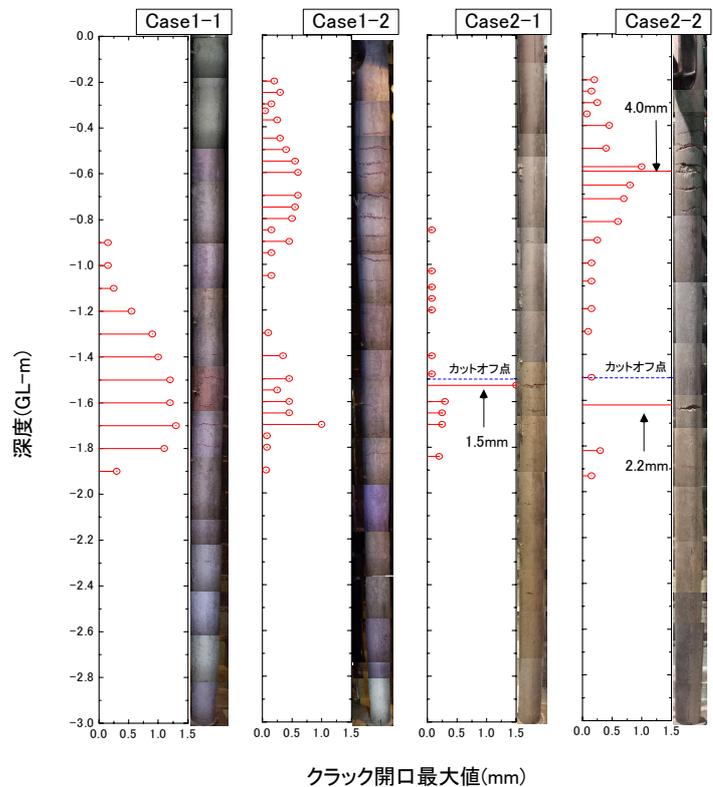


図 6 試験後の杭体ひび割れ状況