

曲げ耐力が異なる鉄筋コンクリート杭の液状化地盤中の挙動について (その1) - 模型杭作製及びその力学的性質と遠心模型振動実験の概要 -

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○高橋啓久 近江健吾
フェロー会員 風間基樹, 正会員 渦岡良介
東北大学工学部建築社会環境工学科 学生会員 伊藤貴晴

1. はじめに

近年の建設材料の高強度化に伴い、杭体の高強度化も進んでいる。例えば、高強度コンクリート及び高強度鉄筋を組み合わせ、地震時保有水平耐力を向上させた高強度 RC 杭が開発されている¹⁾。これらの杭体は強振動時に橋梁などの重要拠点において、杭基礎の降伏を許容せずに修復が比較的容易な橋脚基部に損傷を誘導しようとするものである。しかしながら、液状化地盤中における高強度 RC 杭の挙動を検討した研究は見当たらず、通常の杭よりも剛性が高い高強度 RC 杭の地震時挙動は未解明な部分が多い。

今回、新たに極細異形鉄筋とグラウト材を用いて 1/30 スケールの RC 模型杭を作製した。さらに、模型杭にプレストレスを導入し、液状化地盤中における高強度 RC 杭の挙動について遠心模型振動実験及び 3 次元有効応力解析から検討を行った。

2. 鉄筋コンクリート模型杭の作製

遠心模型振動実験で使用する高強度 RC 杭の模型として、ミニチュアの鉄筋コンクリート杭を作製した。設計断面は既往の高強度 RC 杭体¹⁾を参考に、1/30 スケールで設定した。模型断面を図-1 に示す。主筋として D2 相当の極細異形鉄筋を 8 本配し、せん断補強筋として直径 0.9 mm のステンレス針金を 3 mm 間隔で配筋した。コンクリートは高強度グラウト材を練り混ぜ後、直径 2 mm 以上の大きさを持つ骨材を取り除いて打設した。なお、充填状況が確認できるようアクリル製の型枠を使用した。また、この模型は中心部のステンレス製ねじ棒を介してプレストレスを導入することが可能であり、プレストレスの有無をパラメータとしている。プレストレスはポストテンション方式とし、緊張力はねじ棒に貼り付けたひずみゲージで管理した。

3. 鉄筋コンクリート模型杭の曲げ荷重試験

模型杭の曲げ特性を把握するために 4 点曲げ荷重試験を行った。4 点曲げ荷重試験の概略図を図-2 に示す。

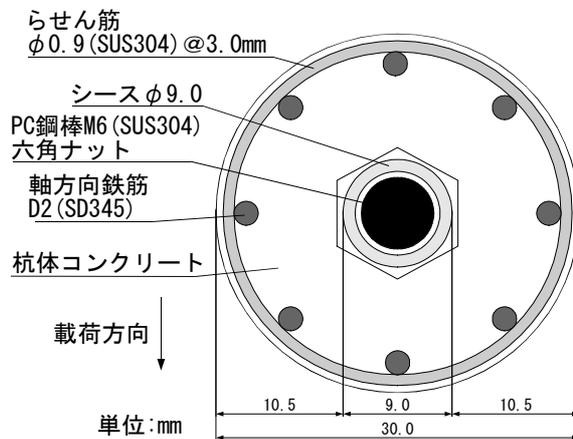


図-1 模型杭断面

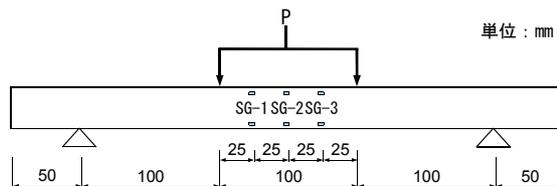


図-2 4点曲げ荷重試験の概略図

なお、試験体は材齢 7 日とし、使用したコンクリートの圧縮強度は 34.9 MPa であった。プレストレスは曲げ荷重の直前に導入し、その際のプレストレス量は 8.8N/mm^2 であった。計測項目は純曲げスパン 3 点において、引張及び圧縮鉄筋のひずみ、純曲げスパン中央部の変位、荷重である。荷重は荷重ジグを介して単調荷重で行い、変位が変位計の容量である 25 mm に達した時に荷重を終了した。

曲げ試験後の杭体状況の一例を写真-1 に示す。写真-1 において、かぶりコンクリートの剥落及び曲げひび割れが確認できる。杭体はプレストレスの有無に関わらず、圧縮縁でのコンクリートの圧壊による曲げ破壊を示した。試験結果から得られた曲げモーメント-曲率関係を図-3 に示す。図-3 に示す曲率は、ひずみゲージ貼付位置それぞれで算出されたものの平均値を示している。プレストレスを導入することにより、杭体の曲げ耐力が約 25% 向上した。さらに、実験結果から算出した初期曲げ剛性はプレストレス無杭体が $723\text{N}\cdot\text{m}^2$,



写真-1 杭体破壊状況

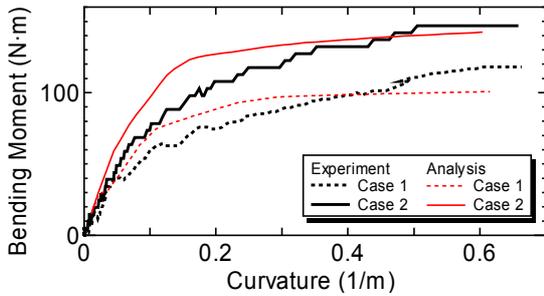


図-3 曲げモーメント-曲率関係

プレストレス有杭体が $971\text{N}\cdot\text{m}^2$ となり、プレストレスによって剛性が大きくなっていることがわかる。また、AFD モデル²⁾を用いてプッシュオーバー解析を行った解析値を図-3に示している。解析値は実験値と比較してやや大きい、曲げモーメント-曲率関係の形状と最大荷重から、作製した模型杭が高強度 RC 杭体としての性能を概ね有していることを確認した。

4. 遠心模型振動実験概要

実験は株式会社大林組技術研究所所有の振動台を搭載した国内最大級の遠心模型実験装置により行った。実験には、内寸法で長さ 190 cm、幅 80 cm、高さ 60 cm の鋼製剛土槽を用いた。遠心加速度は 30 G であり、プレストレス無杭体のケースを Case 1、プレストレス有杭体のケースを Case 2 とする。なお、緊張力は土槽内への杭体設置の直前に導入し、プレストレス量は $8.5\text{N}/\text{mm}^2$ であった。

遠心模型振動実験に用いた試験体及び計器配置を図-4に示す。なお、杭体は同一ケースにおいて2本設置し、土槽内西側の杭体には水平力が作用させてある。しかし、紙面の都合により、結果については記述しない。杭体は長さ 60 cm (実物換算で 18 m)、杭頭に上部工質量 1.8 kg (実物換算で 49 t) を設置した突出杭となっている。計測項目は杭体ひずみ、杭体に作用する土圧及び間隙水圧、杭頭の加速度及び変位、自由地盤の加速度及び間隙水圧である。模型地盤は、杭体の支持層とするソイルセメント層 (砂セメント比 5 %, 含水

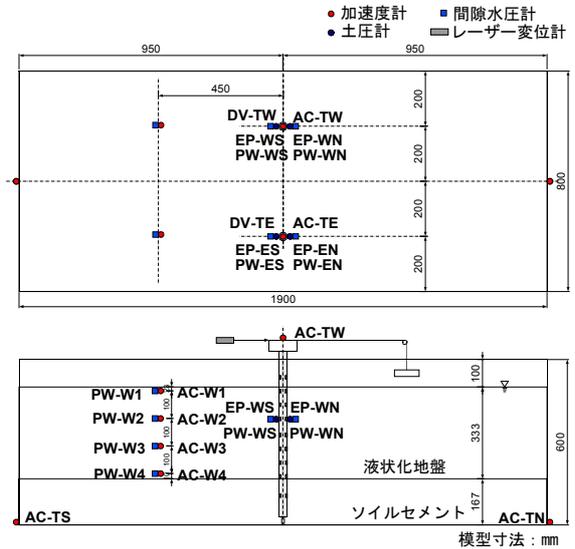


図-4 計器配置 (モデルスケール)

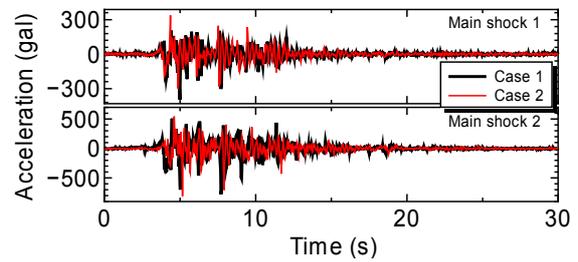


図-5 入力加速度

比 30 %) を 16.7 cm の厚さで作製した。上層の液状化層として平均粒径 0.15 mm の岐阜砂 7 号を用い、水中落下法で厚さ 33.3 cm の飽和地盤を作製した。間隙水には地盤の透水性の相似則を考慮して、粘性流体を用いた。相対密度は Case 1 が 57 %, Case 2 が 62 % となり、Case 2 が若干密な地盤となった。入力地震動は、神戸ポートアイランドの地下 32 m で観測された地震波を、最大加速度を調整して入力した。地震動入力時に振動台で観測された地震波を図-5に示す。1 回目の加振は最大加速度 300 gal 程度で、2 回目の加振は最大加速度 800 gal 程度となった。

5. まとめ

鉄筋コンクリート製の模型杭を作製し、プレストレスを導入することによって曲げ耐力が向上することを確認した。遠心模型振動実験の結果及び 3 次元有効応力解析についてはその 2 に示す。

謝辞

遠心模型実験を行うに際し、株式会社大林組の樋口俊一氏にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 浅沼大寿, 秋山充良, 佐藤啓, 鈴木基行: 高強度 RC 杭体へのプレストレス導入による曲げ耐力の改善, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.1003-1008, 2008.
- 2) Zhang, F., Kimura, M.: Numerical prediction of the dynamic behaviors of an RC group-pile foundation, *Soils and Foundations*, Vol.42, No.3, pp.77-92, 2002.