

V-289

RC 杭-地盤系の非線形復元力特性に関する研究

埼玉大学建設工学科 正会員 牧 剛史
 埼玉大学建設工学科 正会員 睦好 宏史
 埼玉大学大学院 学生会員 高野 光司

1. はじめに

平成7年兵庫県南部地震において基礎杭まで損傷を受けた構造物が多く存在するという事実は、基礎の挙動によって構造物の応答が影響を受ける可能性を示唆するものである。この点で実験的考察を行った報告は数例ある[1,2]ものの、未だ定量評価されるに至っていない。RC 構造物の設計にも性能照査型設計が適用されつつあることと併せると、適切な応答評価手法の確立が急務であると考えられる。本研究は、地盤まで含めた RC 構造物全体系の応答を評価する手法の確立を将来に見据え、まず基礎杭の復元力特性と変形性状、およびその影響要因について実験的および解析的な考察を行ったものである。

2. RC 杭-地盤系の水平載荷実験および有限要素解析

2. 1 実験概要および結果[3]

鋼製土槽中に構造物基礎の RC 杭を模擬した供試体を設置後、均質な乾燥砂（岐阜砂）[4]を充填して模擬地盤を作成し、図-1に示すように杭頭部に対して水平載荷試験を行った。実験は表-2に示す計4ケース行ったが、以下 SP-3 の結果を例にとって考察する。杭頭における荷重-変位関係を図-2に示す。包絡線は通常の RC の特性と類似したトリリニア型で表され、軸方向鉄筋降伏後（変位 35mm 程度）も地盤反力の影響により荷重が上昇する傾向が見られる。また、履歴ループは非常に大きく、各サイクル毎に算定した等価減衰定数は、降伏時には 0.2、最終サイクル（最大変位 95mm）では 0.3 程度にまで達した。交番載荷を続けるにつれ、供試体近傍地盤にすり鉢状の沈下が生じたが、これは用いた地盤材料が乾燥砂で供試体との付着が全くないこと、および地盤作成時の締め固め程度の影響によるものと考えられる。また、図-3に鉄筋ひずみから算出した杭の深さ方向曲率分布を示すが、地盤の存在によって塑性ヒンジ発生位置が中程の深さへ移行する傾向が見られた。

2. 2 有限要素解析[3]

将来の実構造物への適用を考えると、実現象を忠実に再現できる解析手法の確立が必要である。そこで、3次元有限要素解析を用いて今回の実験結果をシミュレートすることを試みた。解析には東京大学で開発されたプログラム「COM3」を用いた。導入されている材料モデルの詳細については文献[5,6]に譲る。RC 杭には3節点梁要素を用い、杭下端はフーチング上面で完全固定とした。また、地盤には20節点ソリッド要素を用いた。解析から得られた SP-3 の荷重-変位関係を図-4に、深さ方向の曲率分布を図-5に示す。荷重-変位の包絡線については降伏変位に少々ズレが見られるが、実験結果をほぼ表していると言える。しかし、履歴ループについては実際よりも小さめに表現されており、このことは結果的に履歴ループから算定される等価減衰が低く評価されることを意味している。これらの原因として、実験において供試体近傍で発生する地盤の沈下、締め固めを解析で表現できないこと、および

表-1 実験条件

No.	軸方向鉄筋	圧縮強度	地盤	載荷方法
SP-1	D6	41.9 MPa	無	一方向単調
SP-2	D6	44.2 MPa	有	一方向単調
SP-3	D6	45.3 MPa	有	正負交番
SP-4	D10	43.0 MPa	有	正負交番

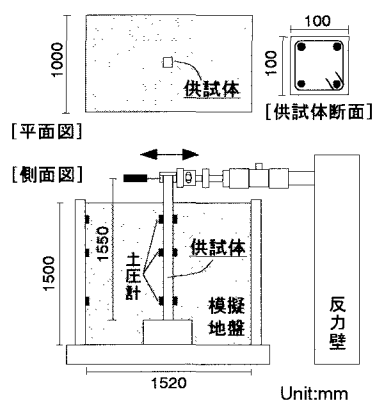


図-1 実験概要図

キーワード：RC 杭、非線形砂地盤、復元力特性、等価減衰定数、塑性ヒンジ発生位置、有限要素解析

〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科建設材料研究室 048-858-3556(Tel&Fax)

要素分割上は杭背面と地盤要素との間に引張力が作用していること等が挙げられ、本実験結果を忠実に再現するには地盤構成則および RC 杭との接触部分のモデルに再考を要すると考えられる。

2. 3 地盤物性の変化による影響

地盤物性の変化が RC 杭の復元力特性と変形状に及ぼす影響を調べるために、数ケースの数値実験を行った。杭の諸元は SP-3 と同じとし、地盤の初期せん断剛性を実験における剛性の 0.0（地盤なし）、0.5、2.0、3.0 倍に変化させて同様の解析を行った。図-6 に包絡線の変化を示すが、地盤の初期剛性の増加により荷重自体が上昇しているのが分かる。図-7 に杭の深さ方向曲率分布を示す。図より、塑性ヒンジ発生位置は地盤剛性の増加に伴い、浅い位置へ移行していく傾向が見受けられ、曲率の絶対値に関しては、地盤と杭の剛性比によって決定されるものと考えられる。

3. まとめ

本研究で得られた知見を以下に記して結びとする。

- (1) 実験の結果から、地盤反力によって杭の塑性ヒンジ発生位置が基部ではなく浅い方向へ移行することが確認された。今後は円形断面や異なる地盤特性のケースについても実験的検討を行う予定である。
- (2) RC 杭の復元力特性に関して、用いた解析手法は包絡線については実験をよく再現することが出来るが、履歴ループについては今後改良する必要がある。
- (3) 簡単な数値実験を行った結果、塑性ヒンジ発生位置は地盤の初期せん断剛性の変化と共に移動し、曲率の絶対値は杭と地盤の剛性比に依存すると考えられるが、これについては更なる検討を要する。

謝辞 本研究において東京大学前川宏一教授の御厚意により、有限要素解析プログラム「COM3」を使用させていただきました。ここに記して感謝の意を表します。また、実験に携わっていただいた埼玉大学建設材料研究室卒業生、日井 徹氏（菊池建設）、藤松剛至氏（住友建設）に感謝の意を表します。

参考文献 [1]福井他：砂地盤中における単杭の交番水平載荷試験，土木技術資料，Vol.40，No.3，1998.3 [2]福田他：大型せん断土槽での模型杭の水平載荷試験（その1～その3），日本建築学会大会講演梗概集，pp.525-530，1997.9 [3]高野，牧，睦好：RC 杭－地盤系の静的載荷実験および3次元有限要素解析，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，投稿中 [4]石田他：低拘束圧下の模型実験材料の静的動的物性，電力中央研究所報告，No.380045，1981.5 [5]土屋，福浦，前川：Fiber Modelを用いた3次元有限要素動的解析による多方向入力を受ける RC 橋脚の応答，JCI「塑性域の繰り返し劣化性状」に関するシンポジウム，pp.359-368，1998.8 [6]Shawky,A. and Mackawa,K.：Computational Approach to Path-Dependent Nonlinear RC/Soil Interactions, Concrete Library of JSCE, No.28, pp.175-188, 1996.12

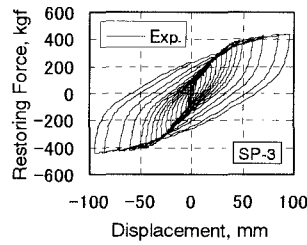


図-2 荷重－変位関係（実験）

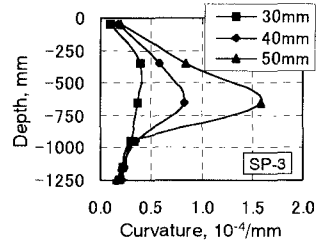


図-3 深さ方向曲率分布

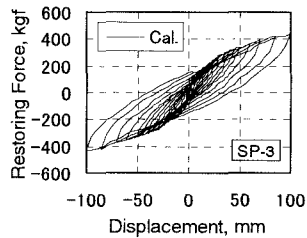


図-4 荷重－変位関係（解析）

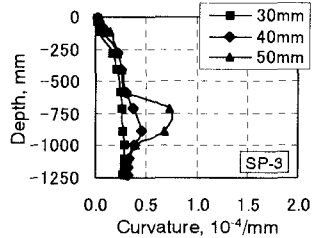


図-5 深さ方向曲率分布

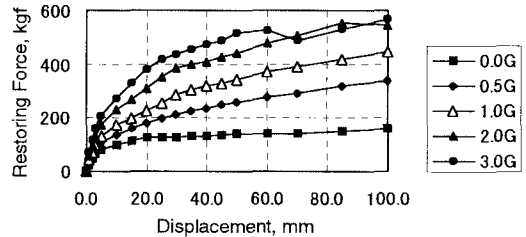


図-6 荷重－変位関係の包絡線

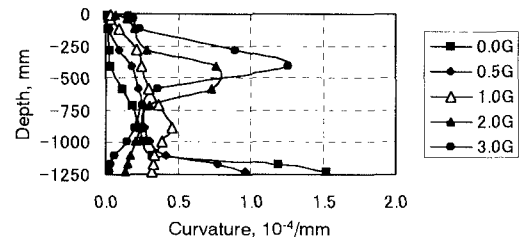


図-7 深さ方向の曲率分布（変位 40mm）