

地盤拘束圧を受ける鉄筋コンクリート杭の解析的検討

(株) CRCソリューションズ	正会員	和内 博樹
(財) 鉄道総合技術研究所	正会員	室野 剛隆
(財) 鉄道総合技術研究所	正会員	川西 智浩
(株) CRCソリューションズ	正会員	佐野 秀昭

1. はじめに 著者らはこれまでに、地盤の拘束効果をコイルバネで模擬した杭部材の載荷試験¹⁾及び大型三軸試験機を用いた拘束圧下でのコンクリート要素の圧縮試験²⁾を実施し、地盤中の杭部材の変形特性が、周辺地盤による拘束効果により影響を受けることを明らかにしている。本文では、地盤拘束を考慮した非線形FEM解析を実施し、実験結果²⁾と比較することにより、地盤の拘束が鉄筋コンクリート杭の座屈挙動に与える影響を解析的に明らかにすることを目的としている。

2. 解析モデル 鉄筋コンクリート杭の終局耐力は、鉄筋の座屈発生に大きく影響を受けるが、鉄筋の座屈によりかぶりが剥落するため、鉄筋の座屈発生時についてはかぶりによる拘束効果が期待できない。今回の解析では鉄筋単体の座屈挙動(STEP-1)を求め、その結果を応力-ひずみ関係として鉄筋コンクリートモデル(STEP-2)の鉄筋に適用する手法をとった。また、今回の実験に用いた供試体は骨材を用いないモルタルを使用しているため、コンクリートのみのモデルについても実験と解析を行なっている。図1に解析モデルを示す。モデルは高さ300mm半径50mmの円柱で半径31mm位置に主鉄筋D6を配置し、帯鉄筋D4で巻いている。モデルは形状・境界条件等を考慮し1/2モデルとした。

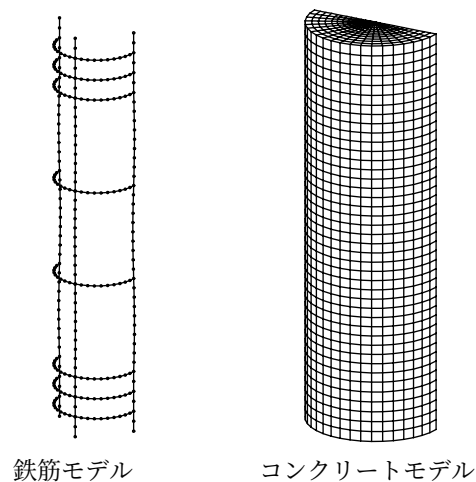


図1 解析モデル図

鉄筋単体モデルでは、主鉄筋と帯鉄筋を図2に示すようにモデル化し、帯筋による拘束を考慮した。鉄筋コンクリートモデルでは鉄筋モデルとコンクリートモデルを結合させたモデルになり、鉄筋とコンクリートは剛結合としている。また、地盤による拘束圧については、実験との整合をとるため、外側からの分布荷重により模擬した。

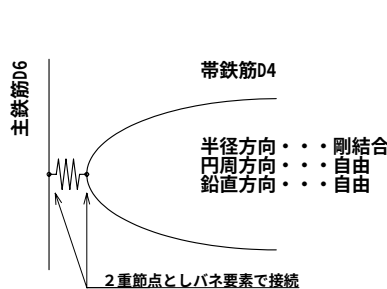


図2 鉄筋モデル化

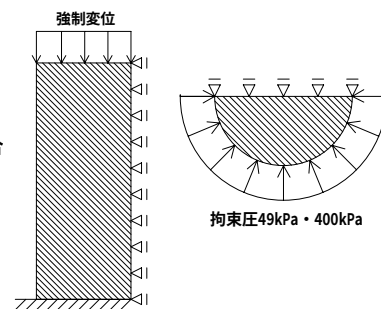


図3 荷重・境界条件

3. 解析ケース 解析ケースは地盤の拘束圧なし、49.0[kPa]、400.0[kPa]の3ケースとした。荷重・境界条件は図3のように下端を固定し周囲から拘束圧を与え、天端を強制変位させた。尚、解析はコンクリート構造非線形解析システムFINALを使用し、鉄筋は降伏応力235[N/mm²]のバイリニア、コンクリート構成則は修正 Ahmad モデル³⁾とした。

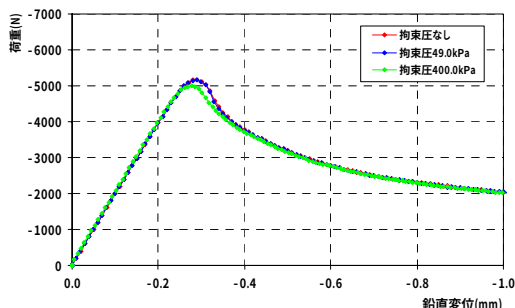


図4 鉄筋 P-δ



図5 変位

キーワード コンクリート杭、非線形解析、地盤拘束効果、鉄筋座屈、FEM解析

連絡先 〒136-8581 東京都江東区南砂 2-7-5 (株) CRCソリューションズ TEL03-5634-5788

4. 解析結果 鉄筋モデルの解析結果のP- δ グラフを図4に、最大耐力時の変位図を図5に示す。最大荷重 5000[N]付近で座屈することが確認できた。降伏荷重は 7000[N]以上になるため、鉄筋降伏前に主鉄筋が座屈している。この結果を鉄筋の応力-ひずみ関係として鉄筋コンクリートモデルに与えた。

コンクリートモデルの解析結果の軸差応力-ひずみグラフを図6に示す。応力はモデルの中心位置（高さ 150mm）の供試体表面の値としている。軸差応力は鉛直方向の応力から円周方向の応力を引いた値としている。今回の実験供試体は骨材を入れないモルタルコンクリートを使用したこと、供試体が小さいことにより、一般的なコンクリートとは異なり、各ケース共に圧縮強度時のひずみが 0.7%を超える実験結果になっているが、その点を考慮して材料特性をモデル化した。拘束圧なしの場合に、シミュレーション結果と実験結果との差が大きいが、実験にはばらつきがあり、拘束圧ありの実験結果を考慮してコンクリート特性を設定している。このコンクリート特性を鉄筋コンクリートモデルのコンクリート材料特性として与えた。

鉄筋コンクリートモデルの結果について、図7に軸差応力-ひずみグラフを、図8に拘束圧 400.0[kPa]時の最大耐力時のコンター図を示す。応力についてはコンクリートモデルと同じ位置・手法で算出している。圧縮強度までの応力-ひずみ関係は3ケース共にほぼシミュレーションできているが、ポストピーク挙動に関しては今後の検討課題としたい。図7の結果では材料として一軸圧縮強度を 20000[kPa]と設定しているが、拘束圧 400[kPa]の結果では実験同様に圧縮強度の増加が確認できた。実験ではあまり大きな違いが現れなかった拘束圧なしと 49[kPa]のケースは、解析でもほぼ同様の結果となり、49[kPa]程度の拘束圧では強度増加があまり期待できない結果となった。また、図8のコンター図より、かぶりコンクリートに比べて配筋内側のコンクリートは、鉄筋の拘束効果により若干圧縮強度が大きくなる傾向も確認できた。

5. まとめ 本文では、鉄筋コンクリートにおける鉄筋の座屈による非線形特性を材料非線形モデルとし、地盤の拘束圧を载荷により考慮した非線形 FEM 解析検討結果を紹介した。今回の手法を用いることで実験モデルにおける、地盤の拘束圧の影響を十分考慮できると考える。今後は、解析モデルを実際の杭構造モデルとし、繰り返し载荷による非線形 FEM 解析を実施し、実構造における地震応答について検討を行う予定である。

謝辞 本研究は、国土交通省からの補助金を受けて得られた研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 永尾，棚村，室野，神田：模擬地盤（コイルバネ）を用いた地中における RC 杭の非線形モデルに関する検討，第 11 回日本地震工学シンポジウム，pp.1119-1124，2002。
- 2) 篠田，弥勒，室野：地盤中の拘束圧の影響を模擬した RC 部材の载荷試験，第 59 回土木学会年次学術講演会，2004.9(投稿中)
- 3) 長沼：3 軸応力下のコンクリートの応力-ひずみ関係，日本建築学会構造系論文集，第 474 号，pp.163-170，1995.8

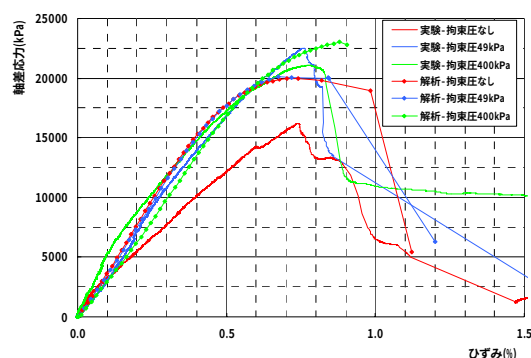


図6 コンクリート応力-ひずみ

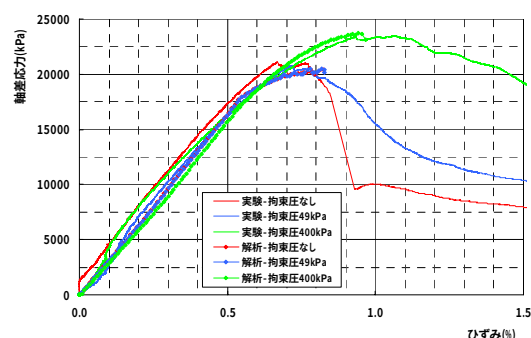


図7 鉄筋コンクリート応力-ひずみ

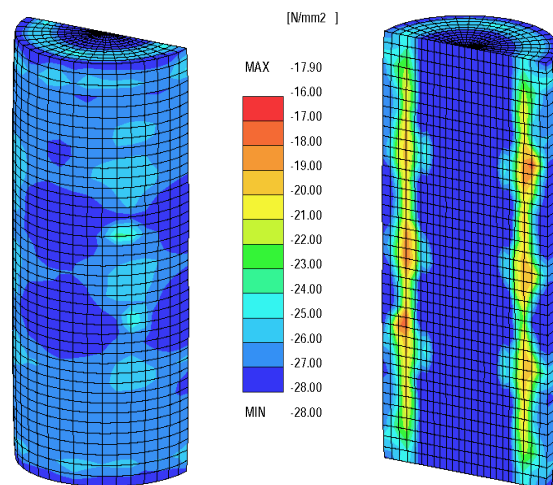


図8 拘束圧 400.0kPa 最小主応力コンター