

増し杭工法における鋼製外殻および既設橋脚の接合処理に関する数値解析的検討

摂南大学大学院 学生会員 ○奥田 勝稀
 摂南大学 正会員 寺本 俊太郎

1. はじめに

地震による構造物被害に対して設計指針が改訂されてきた経緯から、現在では、構造物に高い耐震性能が求められており、既設構造物に対して様々な耐震補強が施工されている。本研究が対象とする増し杭工法は、構造物の基礎に対する耐震補強方法であり、既設基礎の周囲に新設基礎を構築・一体化する工法であるが、新旧フーチングの接合処理に多大な労力を要していることが施工上の主要な問題点として挙げられる。そこで本研究では、鋼製外殻および鉄筋による無鉄筋の鋼コンクリート構造とした、合理的な増し杭工法の開発を目指す。これまでに、一連の模型実験および数値解析¹⁾²⁾³⁾を実施してきた。本稿では、鋼製外殻上面部と既設橋脚の接合条件と鋼製外殻高さを変えた数値解析を実施し、上記が群杭の力学挙動に及ぼす影響について報告する。

2. 数値解析条件

本解析には、3次元弾塑性 FEM コード「DBLEAVES⁴⁾」を用いた。図1に有限要素メッシュを示す。1G 場静的水平載荷実験を基に、4本既設杭+6本増し杭の10本群杭基礎をモデル化した。図2に示すように、新旧フーチングを連続体として完全に接合した場合（接合ケース）、新旧基礎フーチングをジョイント要素で接合した場合（非接合・外殻無ケース）、鋼製外殻治具を橋脚と接合した場合（非接合・外殻有ケース）の3ケースを実施した。さらに、鋼製外殻治具の高さをパラメータとし、接合条件による影響についても検討する。実験では、繰返し載荷を行ったが、解析では、100 Nの単サイクル荷重とした。杭は弾性体のハイブリッドモデル⁵⁾でモデル化し、群杭効果を適切に表現した。地盤モデルは弾塑性モデル subloading t_{ij} model⁶⁾を用いた。入力パラメータとして、弾性パラメータは実験値を用いた。弾塑性パラメータは既往の研究結果⁶⁾を用いた。新旧フーチング間のジョイント要素のパラメータには、直列2本群杭の1G 場振動台実験結果⁷⁾から得られたせん断剛性率を用いるが、接合の条件による影響を明確化するために、今回は得られたせん断剛性率を1/100として比較する。

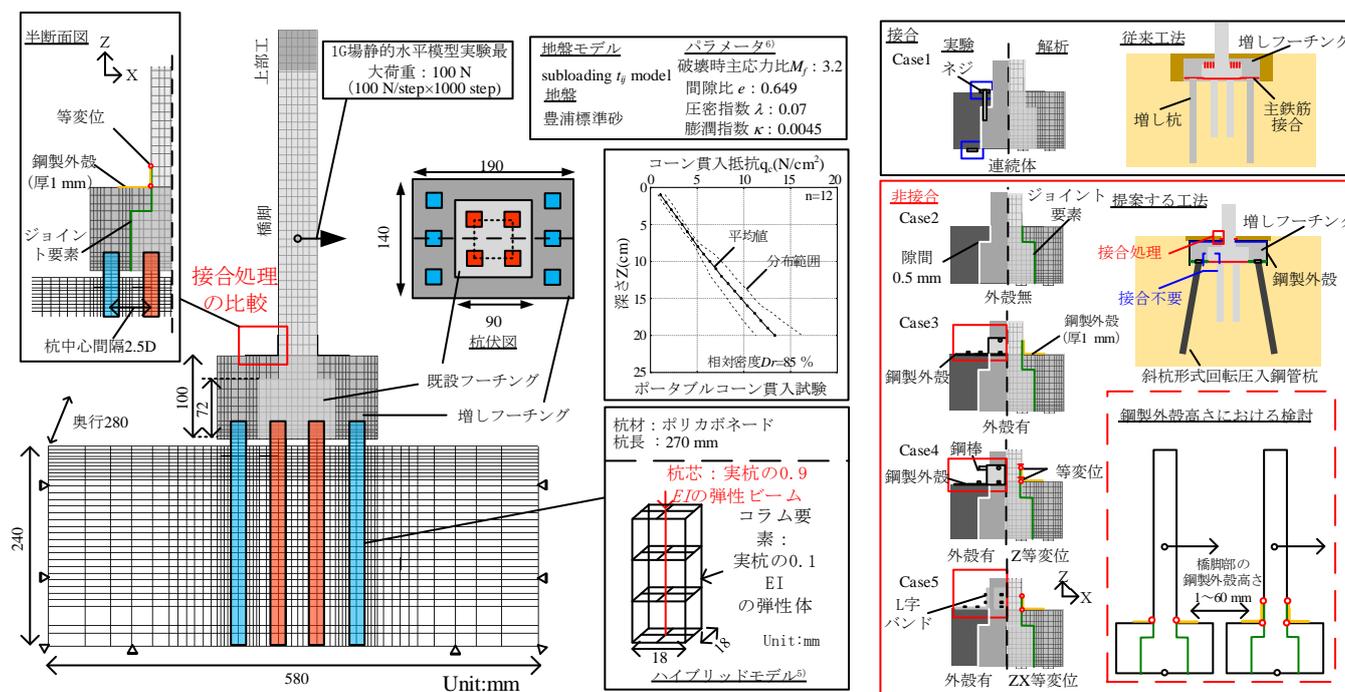


図1 有限要素メッシュと解析条件

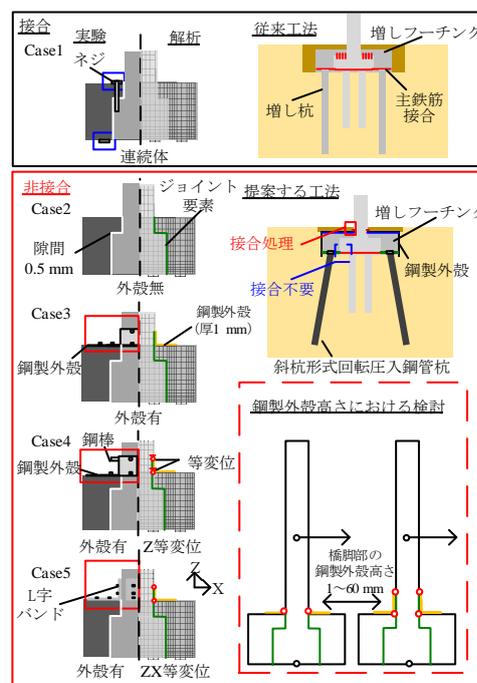


図2 数値解析検討ケース

キーワード 杭基礎, 群杭基礎, 増し杭工法, 有限要素法

連絡先 〒572-0074 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学理工学部都市環境工学科 TEL072-839-9126

3. 解析結果

図4に荷重変位関係を示す。実験値と解析値を比較すると、最大荷重時の変位は同変位である。次に解析のケース間で比較してみると、フーチング中央位置では、全ケースでほぼ同変位となり、既往の実大解析²⁾と同様に、接合の有無や鋼製外殻高さ等は基礎の水平変位に対して影響がなかった。橋脚中央位置では、外殻無の場合は接合した場合と比較すると、5割程度変位が大きい、外殻高さが低い外殻有の場合でも、1割程度となり、鋼製外殻による一体性向上の効果がみられた。

つづいて、各鋼製外殻高さおよび接合条件における上部工位置の変位を図5に示す。鋼製外殻高さが高くなるほど、橋脚中央位置の変位が小さくなる。また、鋼製外殻と橋脚の固定度(=両基礎の一体性)が高いほど変位が小さくなる。固定度が高く、鋼製外殻高さが25mm以上になると、接合の条件と同程度の変位となる。

増し杭を1とした時の既設杭の平均杭頭せん断力の割合を図6に示す。鋼製外殻高さが高くなるにつれ、既設杭の割合が高くなる。荷重レベルが大きくなるにつれ、既設杭の割合が大きくなった理由として、橋脚中央に荷重していることから、荷重位置後の後列杭に前列より大きい曲げモーメントが作用する。さらに変位が増加するに伴って、群杭周辺の地盤の塑性化が進行し、増し杭後列のせん断力が減少したためと考えられる。

つぎに、荷重直角方向のせん断力の平均値を算出し、荷重方向からみた最前列の杭頭せん断力を1とした時の各列の荷重分担比を図7に示す。荷重分担比においては、フーチング間の一体性がある解析値の方が、既設杭の分担は大きくなる。

4. まとめ

既設橋脚および鋼製外殻上面部の接合処理に関する数値解析を実施した。基礎中央位置における水平変位については、外殻の有無やフーチングの接合の有無による影響はなかった。橋脚中央位置変位においては、鋼製外殻高さが高く、固定度が高いほど、従来工法(接合)と同程度となった。各杭の荷重分担においても、同様である。

5. 今後の予定

本検討で、接合処理に関する違いが確認できたため、実大スケールにおいて検討する。また、提案する鉄骨造ガイドにおける杭頭接合が新旧基礎の一体性に及ぼす影響について検討を行う。

参考文献 1) 白石ら：1G 場振動台を用いた増し杭された群杭基礎のフーチング接合条件の検討，土木学会全国大会第70回年次学術講演会，III-313，2015。 2) 寺本ら：斜杭により増し杭された群杭基礎の水平力学挙動に関する数値解析的検討，土木学会全国大会第74回年次学術講演会，III-009，2019。 3) 奥田ら：模型実験および数値解析による杭の配置が群杭の水平力学挙動に与える影響の解明，土木学会関西支部年次学術，III-26，2019。 4) Ye, B. et al.: Experiment and numerical simulation of repeated liquefaction- consolidation of sand, *S & F*, Vol.47, No.3, pp.547-558, 2007。 5) Zhang, F. et al.: Mechanical behavior of pile foundations subjected to cyclic lateral loading up to the ultimate state, *S & F*, Vol.40, No.5, pp.1-17, 2000。 6) Nakai et al.: A simple elastoplastic model for normally and over consolidated soils with unified material parameters, *S & F*, Vol.44, No.2, pp.53-70, 2004。 7) 寺本ら：有限要素法を用いた増し杭された群杭基礎の荷重分担機構の検討，第50回地盤工学研究発表会発表論文集，pp.1313-1314,2015。

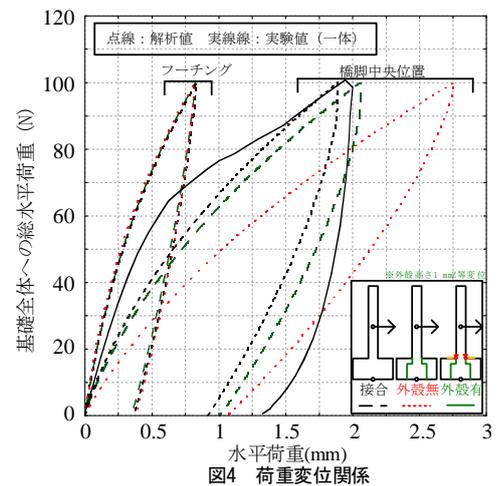


図4 荷重変位関係

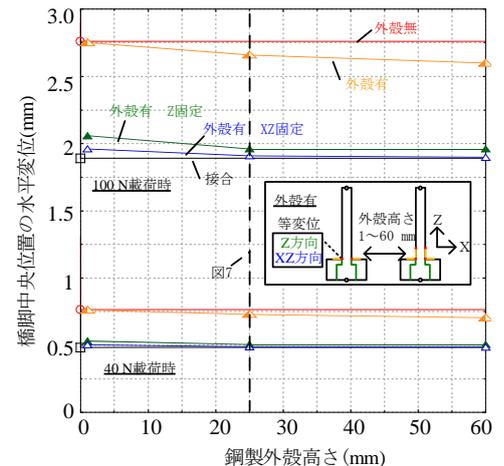


図5 外殻高さと上部工位置の水平変位の関係

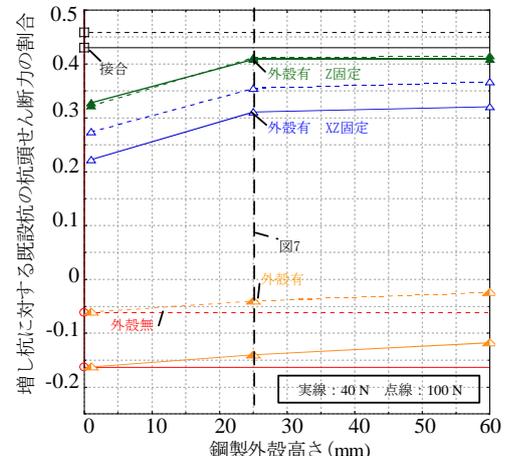


図6 外殻高さと杭頭せん断力の関係

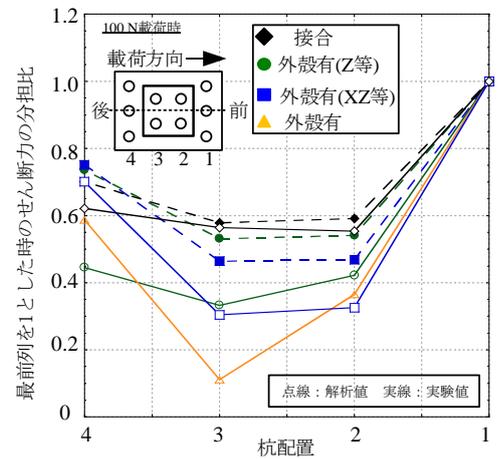


図7 荷重分担比