

III - 377

杭基礎の薄層支持に関する解析的研究

大阪大学工学部 正会員 松井 保
 大阪大学工学部 正会員 ○小田和広
 阪神高速道路公団 正会員 古池正宏
 大阪大学工学部 安井啓祐

1. はじめに

近年、大阪湾を始めとするウォーターフロントの開発が盛んになってきている。このような場所の地盤は、粘土層と砂礫層の互層となっていることが多く、砂礫層厚が薄く明確な支持層を持たないことが多い。本研究は、このような地盤に建設される杭基礎の鉛直支持力特性を検討するため、実際に行われた現場載荷試験を数値解析により再現し、実測値と解析結果の比較検討を行なうことにより、薄層支持杭の支持力評価に対する数値解析手法の適用性とその支持機構について検討するものである。

2. 解析モデル

解析対象は、阪神高速道路公団によって行われた現場載荷試験¹⁾である。モデル化した杭基礎は、杭長 $l_0=35.78\text{m}$ 、杭径 $D=1.2\text{m}$ の鉄筋コンクリート場所打ち杭であり、 1.8m の砂礫層に 0.6m の根入れて打ち込まれている。図-1に要素分割を示す。解析モデルは、軸対称問題であり、粘土層は、松井・阿部によって提案された弾塑性モデル²⁾によって、砂礫層は中井・松岡らによって提案されたTi-j-Sand Model³⁾によってモデル化を行っている。さらに、杭と地盤との境界には、不連続性を考慮できるようにジョイント要素を挿入している。また、解析パラメータについては、現場載荷試験に先立って行われた地盤調査結果に基づき決定した。本解析では、計算容量の効率化と計算時間の短縮のため、大規模構造計算で用いられるサブストラクチャー法⁴⁾を弾塑性多次元圧密有限要素解析に適用して解析を行なっている。

3. 解析結果

図-2に杭の軸力分布を示す。解析値と実測値は、ほぼ一致していることが分かる。ただし、終局状態近くの杭頭荷重 1600tf のときの相違は、地表面から深さ約 14m 付近の、砂礫層における終局状態の杭と地盤との周面摩擦特性をうまく表現できなかったことによると思われる。図-3に杭頭荷重と沈下量関係を、図-4に杭先端荷重と杭先端沈下量関係を示す。実測値と解析値はよく一致していることが分かる。両図中点Aは、杭頭沈下量が約 1.7cm である点を示している。図-3では、明確な折れ曲がりの存在が認められるが、図-4では認められない。また、図-5(a)にこのときの杭先端部分の安全率の分布を示す。図から分かるように、杭先端部分の安全率の低下はほとんど進行していない。したがって、図-3のA点における支持力増分の低下は、主に周面摩擦力

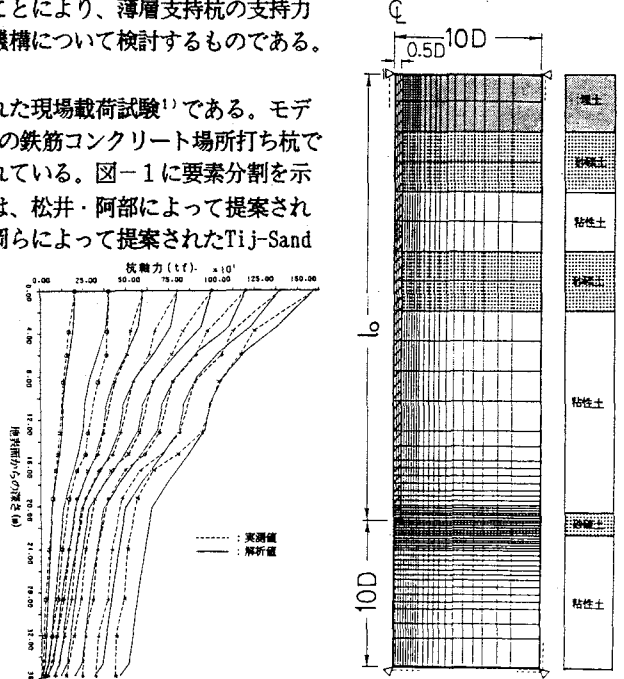


図-1 要素分割図

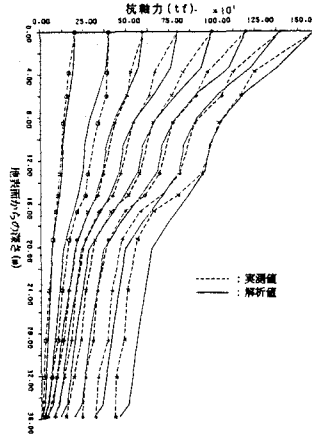


図-2 杭の軸力分布

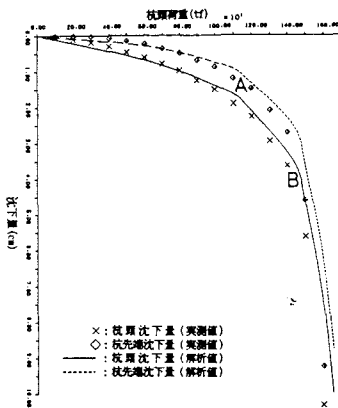


図-3 杭頭荷重～沈下量関係

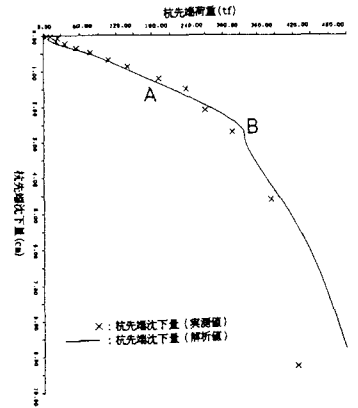


図-4 杭先端荷重～杭先端沈下量関係

のモービライズの進行によるものと考えられる。

図-3、4における点Bは、杭頭沈下量が約4.0cmの点を示している。両図ともに明確な折れ曲がり認められる。図-5(b)にこのときの杭先端部分の安全率の分布を示す。図から分かるように、杭先端直下の要素群（中心より3つ目までの要素群）を取り囲む様にして安全率の低下が起こっており、特に、杭先端直下の要素群を取り囲む要素群（中心より4つ目の要素群）

については、すべての要素が破壊状態に達しており、しかも下部粘土層にまで達しているのがよくわかる。なお、この点においてすべてのジョイント要素がモービライズし、周面摩擦力による支持力増加は期待できないことが認められている。したがって、図-3、4のB点における支持力増分の低下は、主に杭先端支持地盤が、限界状態に達したため起こったものと考えられる。図-5(c)に杭頭沈下量が10cmのときの杭先端部分の安全率の分布を示す。砂礫層においても粘土層においても、破壊状態に達した要素が増加しているのがよく分かる。しかし、杭先端直下の要素群の安全率の低下はほとんど起こっていない。図-6にこのときの杭先端地盤の変形状態を示す。これらのことから、杭先端地盤においては、支持層を押し抜くような、いわゆるパンチング破壊が起こっているものと考えられる。

4. あとがき

今回の研究により、数値解析によって薄層支持杭の支持力評価に対する検討が行えることが確認された。また、薄層支持杭の先端支持機構は、パンチング破壊によって支配されることが推察された。今後、各種パラメータによる、パラメトリックスタディーを行なうことによって杭基礎の薄層支持力機構の特性ならびに問題を明らかにしていきたい。また、実測データを提供して頂いた阪神高速道路公団に謝意を表わす。

参考文献：1) 広瀬鉄夫、古池正宏、阿部知之：“薄層支持杭鉛直載荷試験報告”，第44回年次学術講演会（投稿中）
2) Matsui, T. & Abe, N.: "Multi-Dimensional Elasto-Plastic Consolidation Analysis by Finite Element Method", Soils & Foundations Vol. 21 No. 1, 1981 3) 中井照夫、松岡元：“ひずみ増分方向の応力経路依存性を考慮した砂の弾塑性構成式（その1）”，第39回年次学術講演会講演概要集，pp7-8, 1984 4) Noor, A. K., Kamel, H., Fulton, R. E.: Substructuring Techniques-Status and Projections, Computers & Structures, Vol. 8, No. 5, 1978 pp. 621-632

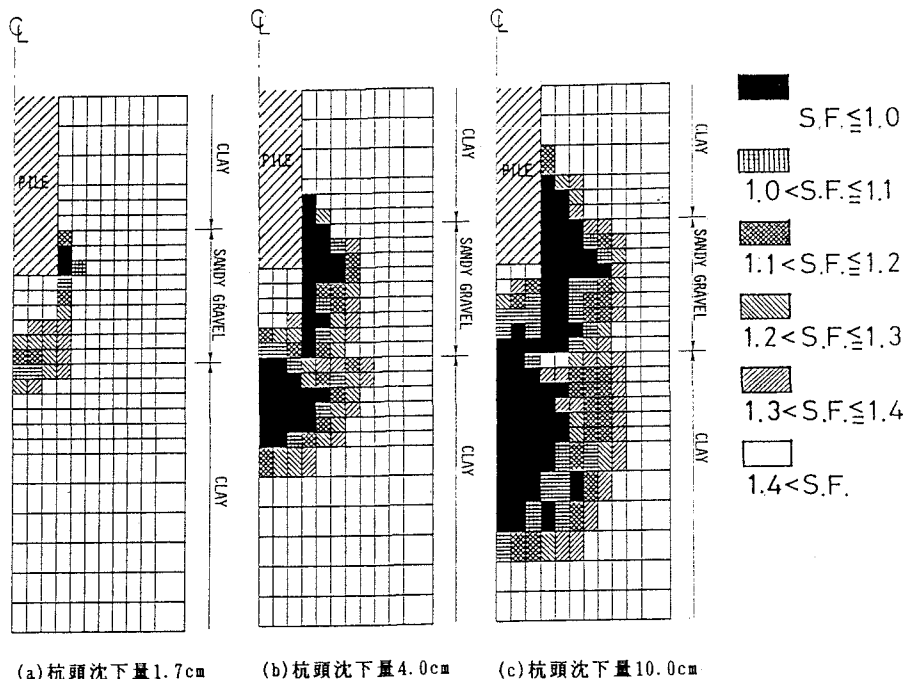


図-5 杭先端地盤の安全率の分布

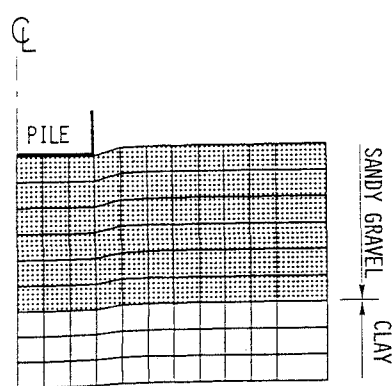


図-6 終局状態付近における杭先端地盤の変形