

氏名	ちか た やす お 近 田 康 夫
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 2353 号
学位授与の日付	平 成 2 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	杭基礎における杭頭結合部の応力伝達機構と安全性評価方法に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 山田善一 教授 小林昭一 教授 渡邊英一

論 文 内 容 の 要 旨

杭基礎は、構造物の基礎として構造物の重量や、活荷重による鉛直荷重を地盤に伝達するほか、地震などによる水平力に対しても抵抗することが期待されている。杭基礎における杭頭結合部はフーチングから杭への力の伝達をうけもつ重要な構造部分でありその応力伝達機構はかなり複雑である。本論文は実験的には求めることの困難な杭頭結合部における応力伝達機構を、有限要素法などの解析的方法により解明し、その結果から杭頭結合部の安全性評価方法についても提案したもので、5章からなっている。

第1章は総論であり、杭頭結合部の設計の重要性について述べた上で、その設計の現状について説明している。実験的研究では応力伝達の機構が巨視的に考察されるのみであり、各因子の様子を調べるためには、解析的研究が必要であることを強調している。さらに従来行なわれた研究について説明したのち、本研究の目的と内容の概要を述べている。

第2章では、杭頭結合部の応力伝達を解析するための数値解析手法について述べている。杭頭結合部が形状的に軸対称体であるが、荷重の作用条件は軸対称ではないことから、新しく半解析的手法を導入した。この方法は、有限帯板法を軸対称体に適用したものであり、円柱座標系において、変位および荷重を円周方向の有限フーリエ級数に展開し、その直交性を利用して調和成分毎のフーリエ振幅に関する平衡方程式を解くことに帰着している。また杭とフーチング間の境界面での剝離あるいは滑動が応力伝達機構に大きく影響がすることが従来の実験から推察されるので、これを表現するための半解析的手法に適用可能な軸対称ジョイント要素を新たに定式化し、モデル計算によりその挙動特性を検討した結果、このジョイント要素が有効なものであることを確認している。

第3章では、第2章で求められた解析手法を用いて実際に杭頭結合部の応力伝達機構を解析している。ここで着目するパラメータは実験的研究の結果からとくに杭頭結合部での応力伝達に影響が大きいと思われる、杭頭のフーチングへの埋め込み深さ、中詰めコンクリート深さ、軸力の有無、杭とフーチングの境界面での摩擦、の4種を考えている。対象とする杭は、PC杭、鋼管杭の2種類である。杭頭のフーチングへの埋め込み深さについては、Aタイプ、Bタイプの2種を考え、中詰めコンクリート深さは有限要

素分割を変更することで、軸力の作用は荷重の大きさで、杭とフーチング間の境界面での摩擦状態はジョイント要素に与える特性値、すなわち内部摩擦角と粘着力で表現している。解析の結果、剝離あるいは滑動が発生する場合としない場合で、フーチングコンクリートの支圧応力分布がどのように異なるか、また個々のパラメーターが応力分布傾向にどのように影響するかについて検討し、考察している。

第4章では、第3章での解析結果に基づいて、杭頭結合部の安全性評価方法について検討している。特にフーチング支圧応力が最も大きくなる杭側面における応力分布のモデル化に関して検討し、まず杭周方向の支圧応力分布の特徴を考慮した応力伝達モデルを考え、これを拡張して杭周面摩擦および支圧有効域を考慮した応力伝達モデルを提案している。これらの結果を現行の設計方法と比較検討するとともに、有限要素解析の応力値から、塑性理論を用いて要素毎に降伏に至るまでの余裕を計算し、比較することにより、より破壊し易い部位を特定することで、杭を含めた杭頭結合部全体の安全性評価を試みている。

第5章は結論で、本論文で得られた主な結論を要約して述べている。

論文審査の結果の要旨

杭基礎は構造物の重量や、活荷重、地震力などを構造物から地盤に伝える基礎構造の一種であり、近年構造物基礎として最も広く用いられている。杭の構造設計のうち、杭頭結合部は、比較的フレキシブルな杭と剛なフーチングの連結部であり、杭基礎全体として最も複雑で解析が困難な部分である。

本論文は、実験的なアプローチでは求めるのが困難な杭頭結合部における応力伝達機構を、有限要素法や、これにジョイント要素を巧妙に付加するなどの手法により解析的に解明し、杭頭結合部の安全性とその評価方法について検討した結果をまとめたもので得られた主な成果はつぎのとおりである。

1. 杭頭結合部の応力伝達機構を解析するため、結合部が軸対称である形状特性を考慮し、有限帯板法を適用した半解析的手法を新しく考案した。また応力伝達に影響する杭とフーチングの境界面の剝離・滑動を解析にとり入れるため、軸対称ジョイント要素を新たに定式化し、導入した。

2. 導かれた解析手法を用いて、杭頭のフーチングへの埋め込み深さ、中詰めコンクリート深さ、軸力の有無、杭とフーチングとの境界面での摩擦をパラメーターとして、数値解析を行なった結果、境界面での杭周面摩擦は杭頭結合部の応力伝達に大きく影響すること、中詰コンクリートは杭周面摩擦の効果を助長すると同時に、変形を抑制する因子として効果が大きいことなどを明らかにした。また軸力の作用下では、杭自体の変形により杭周面での水平方向支圧応力域が増大し、摩擦面積を大きくする効果があることを数値的に明確にした。

3. さらに解析の結果から、水平方向支圧応力が、円周方向に1次の余弦分布で近似できることを見出し、安全性評価式を提案した。この評価式によると最大支圧応力値は、現行設計示方書により求めた値の1.27倍になること、この値は摩擦の効果により減少すること、有効支圧域が減少すると最大支圧応力値が著しく増大することを示した。摩擦に関する実験的資料が将来さらに整備されることにより、評価式の実用性がさらに向上することを明らかにした。

4. 現行設計における安全性評価が主としてフーチングのコンクリートに着目しているが、杭も含めた形での杭頭結合部の解析と設計へのとり入れの重要性を指摘し、有限要素法による解析の応力値から、降

伏までの余裕を計算し、杭頭結合部での危険部位と、インターラクションカーブを明確にした。またずれ止め付近での応力集中を緩和するために、ずれ止めの形状を検討することの重要性を指摘した。

以上要するに本論文は、構造物基礎として広く用いられる杭基礎のうち、その力学的特性が不明確な点の多い杭頭結合部の耐荷特性を、有限要素法とジョイント要素を用いて解析する方法を新しく導くとともに、各種のパラメーターの影響を数値的に明らかにし、安全性の評価にも新しい知見を加えたもので、学術上、実際に寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお平成2年1月16日論文内容とそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と認めた。