

氏名	まつもと たつ のり 松 本 樹 典
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 2198 号
学位授与の日付	平 成 元 年 1 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	鋼管杭の動的小よび静的支持力特性評価に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 柴田 徹 教授 土岐 憲三 教授 足立 紀尚

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、鋼管杭の打設から載荷までの施工手順を考慮して、鋼管杭の支持力特性を総合的に評価する方法についての研究成果をまとめたもので、序論、第1編と第2編の合計11章から成っている。

序論では本研究の背景と目的を述べ、本論文の内容を概説している。

第1章では、本研究の動機となった能登島大橋架橋工事に伴う珪藻泥岩における杭打ち試験、載荷試験および杭打ち本工事での杭基礎施工実績を紹介し、併せて珪藻泥岩中の鋼管杭の支持力を評価する上で、種々の問題点について述べている。

第2章では、能登島大橋の基礎地盤である珪藻泥岩の力学特性を、三軸試験で調べた結果について述べている。

第3章では、鋼管杭（開端）の支持力において大きな役割を持つ管内周面摩擦に起因する支持力算定式を展開するとともに、地盤材料として珪藻泥岩を用いた室内杭載荷試験を行って、管内土による支持力算定式の妥当性を検証している。

第4章では、珪藻泥岩における鋼管杭の鉛直支持力機構を解明することを目的として、鉛直載荷試験の有限要素解析を行っている。そして、杭打込み時の地盤内応力の変化が、杭打設後の支持力特性に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。

第5章は第2編の序論であり、従来から用いられてきた杭の動的支持力算定法の問題点を指摘し、本研究の目的と方針を述べている。従来の応力波解析法は、ハンマー—杭—地盤系をバネ—質点系でモデル化した Smith 法に基づいたものが多いが、これは一次元波動理論を忠実には表現できない数値解析法である。そこで本研究では、こうした従来法の欠点を補うべく、特性曲線解析による応力波解析法を用いている。また杭打ち時の測定に関して、従来は杭体応力と加速度の両者を測定しているが、本研究では応力測定のみから、動的支持力を推定する方法を確立することを目的の一つとしている。

第6章では、本研究の基礎となる一次元波動理論を述べ、周面摩擦が作用する杭中の応力波伝播を一次的に取扱う手法を示している。またハンマと杭の衝突によって発生する打撃応力や、不連続な断面にお

ける応力波の反射と透過の取扱い方を説明している。

第7章では、周面摩擦が作用する杭中の応力波伝播を一次元波動伝播として取扱うことの妥当性、並びに応力測定のみによる動的支持力推定法の妥当性を室内試験によって検証している。室内実験では、杭は周面摩擦支持の状態とし、打撃時の杭体の応力波形および時間一変位関係を測定している。その結果、杭体応力のみを解析することにより、杭の動的貫入挙動が評価できることを明らかにしている。

第8章では、杭体の1点で測定した応力波形を逆解析することにより、周面摩擦を求める方法を示し、珪藻泥岩を対象とする室内杭打ち試験に適用した結果を述べている。そして杭の貫入速度が、鋼管杭の動的周面摩擦に及ぼす影響について考察している。

第9章では、杭体の2点で測定した応力波形から、直接に杭の動的貫入挙動を推定するための2点ゲージ法について述べている。この方法では、用いるハンマの種類に拘わらず、杭各点の応力、速度、変位の時間的变化、およびハンマから杭への伝達エネルギー、杭体のひずみエネルギーと運動エネルギー、さらには杭変位—地盤貫入抵抗力関係を測定応力波形から直接に評価できる。この2点ゲージ法を珪藻泥岩を地盤材料に用いた室内杭打ち試験に適用し、2点ゲージ法の有効性を明らかにしている。

第10章では、関西新空港連絡橋工事の一環として行われた基礎杭の打設試験に、2点ゲージ法を適用した例を紹介している。その際に、直径1.5 m、長さ58 mの長尺鋼管杭がディーゼルハンマによって打込まれたが、2点ゲージ法によって解析した杭の時間一変位関係は、実測の貫入量とよい一致をみた。また従来は実測が困難であったディーゼルハンマの打撃効率を直接評価でき、2点ゲージ法が実際に適用可能なことを示している。

第11章は本論文の結論であって、結果を要約するとともに、今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

構造物基礎としての杭の支持力は、古くから研究対象とされてきたが、今なお未解明の問題を多く残している。そのため、重要構造物の杭基礎は、原則として個々に載荷試験を行い、現場で支持力を確認する方式がとられている。

しかし構造物の巨大化や海洋構造物の建設がクローズ・アップされるに及んで、経費と工期の点から、載荷試験に代る支持力推定法の確立が望まれている。そして種々のアプローチの中で注目されているのは、杭打設時に計測より得た情報に基づいて、打撃貫入時の動的支持力を求めるものである。

以上の背景から、本論文では杭体打撃時に杭体中を伝播する応力波に着目して、動的支持力の推定法を開発するとともに、静的支持力についても考察を加えたものであって、得られた主な成果は次のようにまとめられる。

1. 先端開放型の鋼管杭では、管内土と内壁間の内周面摩擦が無視できないとして、土の変形特性を考慮した摩擦算定法を求めた。そして杭が静的に貫入する場合のモデル実験を行い、管内土の挙動をよく説明できることを示した。

2. 珪藻泥岩中に打設された鋼管杭を対象にして、有限要素解析を行い、荷重伝達機構と周面摩擦の動員過程を明らかにした。その際、解析に用いる泥岩の弾粘塑性パラメータの選び方についても、詳細な検

討を加えている。また解析結果より、支持力に大きな影響を与えるのは、杭打設に伴う地盤内応力変化であると指摘している。

3. 摩擦支持杭の場合、頭部に打撃を与えたときに発生する杭体中の応力波の伝播は、一次元波動理論で近似できることを示し、その妥当性を検証した。これにより、打設時に杭体応力を計測すれば、4. 以下で述べるように、杭の動的支持力を求め得る根拠が確かめられた。

4. 杭体の一点で測定した応力波形を逆解析し、杭周面摩擦の動員過程を推定する手法（1点ゲージ法）を提示した。そして摩擦杭に対する打撃貫入試験を行った結果、この方法が適用できることを確認した。

5. 杭打設時に、杭体の2点で測定した応力波形から、杭の動的貫入挙動を評価できる2点ゲージ応力波解析法を開発した。これによれば、ハンマから杭への伝達エネルギー、杭変位—地盤抵抗力関係などを求めることができる。さらにこの方法を実鋼管杭（直径1.5 m、長さ58 m）に適用し、その有用性を明らかにした。

6. 「2点ゲージ法」では、杭各断面での進行波と後退波を分離できるので、亀裂の存在や断面変状など、杭の健全性調査にも有効な手段となりうることを示唆した。

以上要するに本論文は、杭の打設から放置期間を経て、荷重の載荷に至る施工手順を考慮して、打設時の動的支持力、並びに載荷時の静的支持力を推定する方法に関する理論的手法を開発するとともに、それを実験により検証したものであって、学術上、實際上、貢献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。

また、昭和63年11月7日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。