

|          |                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名      | ティラワット ブンヤティー<br>Tirawat Boonyatee                                              |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学)                                                                       |
| 学位記番号    | 工 博 第 2000 号                                                                    |
| 学位授与の日付  | 平成 13 年 3 月 23 日                                                                |
| 学位授与の要件  | 学位規則第 4 条第 1 項該当                                                                |
| 研究科・専攻   | 工学研究科土木工学専攻                                                                     |
| 学位論文題目   | Bearing Mechanism of Piles under Statnamic Loading<br>(急速載荷時における杭基礎の力学挙動に関する研究) |
| 論文調査委員   | (主 査)<br>教授 足立 紀 尚      教授 岡 二 三 生      教授 長 岡 弘 明                              |

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、構造物基礎に 6MN を超える大口径・大容量の場所打ち杭が多用されるようになり、杭の厳格な品質管理と適切な試験法の確立が要請されている。本論文は、静的載荷試験に代わる杭基礎の急速載荷試験法 (Statnamic Load Test (STN)) の原理の究明とその適用性の拡大を目的として、室内試験装置の開発、それを用いた一連の各種実験の遂行と数値解析手法の構築に関する研究成果をまとめたものであり、序論、結論を含め 7 章から成っている。

第 1 章は、序論であって、急速載荷試験法に関する研究が現場における実杭を対象にした試験結果を中心に進められてきたが、地盤の不均質性等に基く結果の不確実性があるため、問題を単純化できかつ繰り返し実験が実施可能な室内模型実験法の確立の重要性を述べるとともに本研究の目的および概要を示している。

第 2 章では、急速載荷試験法の開発の経緯と従来の研究成果を概観するとともに解決すべき問題点を指摘している。また、急速載荷の載荷機構を動的載荷ならびに静的載荷機構との比較において論ずることで明らかにし、急速載荷試験結果より杭の支持力を与える静的試験結果の推定にもちいる除荷点法 (Unloading point method (UPM)) を示している。さらに、急速載荷試験の解析手法に関する従来の研究成果をまとめている。

第 3 章では、室内急速載荷試験装置の開発の必要性を示し、ついで開発の経緯と装置について詳細に論じている。すなわち、急速載荷試験の機構解明と結果の評価法の確立には、地盤条件が確実に把握でき、かつ杭と地盤の相互作用の計測が可能である室内模型実験が不可欠であることを示している。また、この考えに基き、現場急速載荷試験の動力源である推進剤の燃焼の代わりに圧縮空気を動力源に用いた室内模型実験システムを世界に先駆けて開発した。なお、この模型試験結果が直接現場における実杭試験結果の代替となるのではなく、急速載荷時における杭―地盤の相互作用の解明と解析手法の確立に供されるものであることを強調している。

第 4 章では、鉛直載荷試験に関する研究成果を論じている。すなわち、杭の極限支持力を決定するためには、杭の降伏荷重を超えて載荷する必要があるが、従来の原位置における急速載荷試験において用いられている載荷重は降伏荷重に比較してかなり小さく、除荷点法の適用が可能かどうかの検討が必要であることを論じている。そこで、この目的を達成すべく、極限支持力以下の載荷重と極限支持力以上の載荷重の 2 種の載荷試験を実施している。これらの試験によって、全体的な構造的応答すなわち初期剛性の把握と不等沈下防止の判定に重要な弾性領域における荷重―変位挙動と杭基礎の経済的設計に不可欠な極限支持力の定量化が可能であることを示している。さらに、急速載荷時の杭の反応形態は杭の種類によって異なることから、摩擦杭と先端支持杭双方に対する実験を行い、摩擦杭と先端支持杭との支持機構が大きく異なることを明らかにしている。

第 5 章では、水平急速載荷試験時の杭―地盤の相互作用機構について論じている。実験は、まず剛性杭 (短杭) と弾性杭 (長尺杭) 双方について行った。これは、剛性杭は剛体運動を呈するため除荷点法の適用は適切であるが、弾性杭では杭の曲げの影響が大きく除荷点法の仮定と異なるため、除荷点法が弾性杭の静的挙動の推定に適用できるかどうかを解明するた

めに実施したものである。その結果、急速載荷時には杭の抵抗が杭上半部に集中するものの、急速載荷試験結果に除荷点法を適用することで、静的挙動の推定が可能であることを明らかにしている。さらに、水平載荷試験は荷重載荷方向に直列に配した2本群杭に対しても行い、各杭の荷重分担率が解明できることを示している。

第6章では、急速載荷試験時の杭と地盤との相互作用を詳細に分析するために、3次元有限要素解析プログラムDYSC (Dynamic and static systems analysis code)を開発している。ついで、本DYSCを室内急速載荷試験結果と室内静的載荷試験結果のシミュレーション解析に適用し、鉛直載荷時の摩擦杭ならびに先端支持杭、また水平載荷時の剛性杭と弾性杭の杭―地盤の相互作用の機構解明を行い、開発した3次元有限要素解析プログラムの有用性を検証している。なお、解析から、摩擦杭においては杭の動的抵抗は杭上半部で大きく、支持荷重の大半は浅部で地盤に伝達されること、一方先端支持杭では動的抵抗の大部分が杭先端部の堅固な支持層に伝達されることが明らかにされている。また、水平載荷時の弾性杭においては、杭頭近傍のわずかな部分が地盤とともに動くことを明らかにしている。

第7章は、本研究の結論であって、結果を要約するとともに今後の課題について述べている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、杭基礎の静的載荷試験法に代わる合理的な急速載荷試験法 (Statnamic Load Test (STN)) の原理の究明と適用性の拡大を目的として、室内模型実験装置の開発とそれを用いた一連の各種杭に対する実験の遂行ならびに解析手法の構築に関する研究成果をまとめたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 急速載荷試験の機構解明には、地盤条件が既知であり繰り返し同一条件で実験が可能である室内急速載荷模型実験装置による試験が不可欠であることを論じ、現場 STN 試験の動力源である推進剤の燃焼の代わりに圧縮空気を用いる室内模型実験システムを世界に先駆けて開発した。
2. 鉛直載荷試験において、低荷重時の摩擦杭と先端支持杭では急速載荷時と静的載荷時の荷重―変位関係において除荷に転じるときの値は等しく、静的支持力の推定に除荷点法が適用可能であることを示した。
3. 水平載荷試験において、同一の荷重レベルに対しては、杭の上半では急速載荷時の発生曲げモーメントは静的載荷時のそれと等しいこと、杭の下半では急速載荷時の曲げモーメントが小さいが荷重の増加とともにその差異が消滅することを明らかにした。また、群杭における各杭の水平荷重分担率は急速載荷試験と静的載荷試験による差異は認められないことを示している。
4. 3次元有限要素解析プログラムDYSC (Dynamic and static systems analysis code)を開発し、室内試験結果に適用しその有用性を検証している。また、その解析結果から、鉛直載荷試験時の摩擦杭では動的抵抗の大半が杭上半部に生じていること、先端支持杭では杭先端部に集中していること、さらに水平載荷試験時には杭頭近傍のわずかな領域の地盤が杭とともに動くことなど、実験結果を支持する現象を解析的にも明らかにしている。

以上要するに本論文は、大口径・大容量の場所打ち杭が多用される傾向にある現在、それら杭基礎の支持力算定法すなわち設計法の進展に貢献する研究であって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年1月19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。