

氏名	いま い ま さ ひと 今 井 政 人
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2207 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 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	薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造を用いた杭部材に関する研究

論文調査委員 (主 査)  
教 授 岡 二 三 生 教 授 大 西 有 三 教 授 田 村 武

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、部材載荷試験、三軸圧縮試験、解析、現場載荷試験等により、ソイルセメントと薄肉鋼管を組合せた複合構造の圧縮特性およびその構造を杭部材に適用した時の部材特性を明らかにするとともに、杭としての優位性を検討した成果をまとめたものであり、序論、結論を含め8章から成っている。

第1章は、序論であって、薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造を用いた杭を提案するに至った背景、研究の目的、研究の手順、関係する既往の研究について述べている。

第2章では、薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造を用いた杭の構造を定義するとともに、施工法について検討を行い、交差噴流式攪拌工法による芯材同時埋め込み方式を採用することとしている。

第3章では、ソイルセメント等の本構造の構成要素の基本的な特性を把握している。特に薄肉鋼管に拘束されたソイルセメントの応力—ひずみ関係を明らかにし、拘束により、圧縮強度の増加、破壊ひずみ等の大幅な伸びが期待できること、圧縮強度の増加、破壊ひずみ等の伸びは、一軸圧縮強度の違いにより差異があることを明らかにしている。

第4章では、第3章で明らかになった拘束効果の発揮できる構造を持つ試験体を製作し、各種部材載荷試験等に取り組み、部材特性の検討を行っている。圧縮特性については、圧縮耐力は第3章で明らかになったソイルセメントの強度の増加を見込めば、ソイルセメント、軸方向鉄筋、薄肉鋼管の圧縮強度を足し合わせて評価できることを明らかにしている。本構造ではコンクリートより強度の低いソイルセメントを用いることから鉄筋コンクリート構造に比べて曲げ付着破壊が発生しやすいため、曲げ特性については、曲げ破壊と曲げ付着破壊の両方の検討が必要であることがわかった。また、曲げ耐力は、曲げ破壊と曲げ付着破壊のどちらが先行するかで決定され、それには軸方向鉄筋とソイルセメントの付着切れが大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

曲げ破壊が先行する場合には、曲げ耐力は全断面を有効とした軸方向鉄筋降伏時の曲げモーメントで求めることができること、軸方向鉄筋降伏後は軸方向鉄筋とソイルセメントの付着切れが進行するが急激な耐力の低下は発生しないことがわかった。また、曲げ付着破壊が先行する場合には、曲げ耐力は薄肉鋼管の拘束効果を考慮した軸方向鉄筋とソイルセメント間の摩擦力より算出できることが明らかとなった。部材の変形性能については付着切れの影響が顕著であり、軸方向鉄筋の降伏後は付着切れをともないながら変形が伸びていくことから部材角で降伏時の10倍以上の変形性能が得られることが明らかとなった。

第5章では、拘束されたソイルセメントの圧縮特性について三軸圧縮試験を実施し詳細に検討している。第3章で仮定した拘束されたソイルセメントの応力—ひずみ関係が三軸圧縮試験の結果でよく説明できること、ソイルセメントには、軟岩に似たひずみ硬化軟化型の応力—ひずみ関係とダイレイタンスー挙動があることが判明した。そこで、これらの関係を足立・岡の弾塑性構成式で再現できるのではないかと考え、シミュレーションを行った。その結果、三軸圧縮試験により得られた材料パラメータを用いることによりソイルセメントの圧縮特性を足立・岡の弾塑性構成式で良く再現することができた。

次に、拘束圧がひずみに応じて変化する薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造の圧縮試験の結果を足立・岡の弾塑性構成式を用いた有限要素法解析でシミュレーションしたところ、荷重—変位関係等を良く再現することができた。さらに、薄肉鋼管の厚さ、ソイルセメント配合を変化させたパラメトリックスタディーを実施し、これらのパラメータが薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造の圧縮特性に与える影響を把握している。

第6章では、現場載荷試験を用いて支持力等を解明している。載荷試験一例の結果ではあるが、鉛直支持に関しては場所打ち杭に準じた支持力、地盤反力係数が確保できることがわかった。また、現場での施工性、長期安定性等については、施工試験及び実杭の計測により確認したが、十分な施工性、長期安定性があることを確認している。

第7章では、第2章から第6章の内容をふまえて設計方法と設計上の留意点、耐震上の優位性を述べるとともに、実設計の例を紹介している。

第8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、耐震性と経済性を持つ杭として薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造からなるソイルセメント杭を提案するとともに、モデル化、変形解析、室内試験と現場試験を実施し、その有効性を明らかにしたものである。主な成果は以下のとおりである。

1. 複合構造に用いられる砂とセメントより構成されるソイルセメントの物性を明らかにするため、未解明の1500～10000kN/m<sup>2</sup>の比較的高強度のセメント改良土の拘束圧依存性に注目して、排水三軸圧縮試験を種々の拘束圧で実施し、ひずみ軟化とダイレイタンスを説明し得る弾塑性構成式としてモデル化を行った。
2. 薄肉鋼管で拘束されたソイルセメント複合構造からなる杭部材と鉄筋・薄肉鋼管ソイルセメント杭を対象とし、ひずみ軟化型の弾塑性モデルと、薄肉鋼管の薄肉弾性体モデルを用い、杭に対して軸対称有限要素解析を実施し、ソイルセメントを拘束し、複合構造とすることの有効性を検証した。
3. 部材載荷試験により異型鉄筋で強化されたソイルセメントを薄肉鋼管で拘束した複合構造体の曲げ、圧縮特性等を調べた結果、複合構造による杭は、変形性能に優れており、吸収エネルギーが大きく、耐震性能が優れていることを明らかにしている。
4. 地盤中での支持特性を現場載荷試験により明らかにし、実際の地盤に施工された実杭の長期計測により安定性を検証し、本杭の設計・施工の考え方、実構造物への適用性を明らかにするとともに、今後の課題についても言及している。

以上要するに本論文は、薄肉鋼管—ソイルセメント複合構造からなるソイルセメント杭を提案するとともに、その複合構造の力学特性を明らかにし、ソイルセメント杭の設計施工方法を提案したものであり、地盤工学の進展に多大に貢献する研究であって、学術上、實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15年1月27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。