

氏 名	いそ べ こう いち 磯 部 公 一
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2769 号
学位授与の日付	平 成 19 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 都 市 社 会 工 学 専 攻
学位論文題目	鋼管矢板基礎を用いた既設基礎の耐震補強技術に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 大 津 宏 康 教授 木 村 亮 教授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、既設基礎の耐震補強工法のひとつである鋼管矢板基礎増設工法の補強効果ならびに補強効果発現メカニズムを模型実験、数値解析により明らかにしたものであり、実験および解析結果に基づいた設計実務に適用可能な設計手法を提案している。本論文は、6章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景として、既設橋梁基礎の耐震補強の必要性、既設基礎耐震補強技術の現状、鋼管矢板基礎増設工法の特徴と課題についてまとめている。鋼管矢板基礎増設工法を合理的かつ経済的に施工するためには、補強構造や断面形状が補強後の基礎の支持力特性や変形特性に与える影響を評価する手法を確立し、最適設計手法を提案することが望まれており、遠心模型実験および模型実験を通じ妥当性を検証した解析手法により、鋼管矢板基礎増設工法に関する基本原理の解明ならびに解明結果を基にした最適設計手法の提案を目的として示している。

第2章では、既設基礎の耐震補強技術として、基礎の補強の現状、基礎の補強が必要な事例と各基礎形式の安定性照査項目、基礎の補強の基本的な考え方を説明したのちに、既設基礎耐震補強技術に関する研究および適用事例について述べている。続いて、鋼管矢板基礎増設工法の特徴、施工実績、現状の設計手法ならびにその問題点を示し、これらの課題を克服し合理的かつ経済的な設計基準を確立するための手法として、簡便な補強構造の提案を行っている。この提案に対する解明すべき課題として、簡便な補強構造に対する補強効果の定量的評価ならびに補強効果発現メカニズムの把握、および従来補強構造と比較検討することと整理している。この一連の研究において、a) 頂版結合構造、b) 鋼管矢板長、c) 剛性比(鋼管矢板基礎/ケーソン)、d) ケーソンと鋼管矢板の離隔、e) 地盤条件の影響因子に対する補強効果および補強効果発現メカニズムへの影響を検討し、最適設計手法確立の礎にしている。

第3章では、鋼管矢板基礎増設により補強されたケーソン基礎の補強効果ならびに鋼管矢板基礎への荷重伝達機構を解明するために、遠心模型実験を実施している。遠心模型実験では、静的水平荷重を載荷した静的実験と動的水平荷重を載荷した動的実験の2種類を実施し、それぞれの支持力特性の差異について検証している。着目したパラメータは、ケーソンと鋼管矢板基礎の剛性比(鋼管矢板基礎の曲げ剛性/ケーソンの曲げ剛性)、施工性の向上および経済的な施工法の模索を目的にした頂版の結合構造、ならびに種々の地盤で施工されることを想定した支持層の剛性であり、それぞれの影響因子がもたらす支持力特性への影響を検討している。その結果、鋼管矢板基礎増設工法は、ケーソンと鋼管矢板基礎を頂版で結合し、直接、鋼管矢板へ力を伝達させることで補強効果を発揮する構造体であり、簡便な頂版構造でも十分に補強効果を発揮すること、剛性比の違いによる影響が、水平支持力増加、水平変位抑制効果、回転角抑制効果、残留変位の点で確認でき、剛性比の大きい方で抑制効果が高く、残留変位も小さい傾向にあることから、設計で考慮すべき重要なパラメータと判断している。

第4章では、三次元弾塑性有限要素解析コード DGPILE-3D を用いて、地盤～基礎～上部工を一体とした三次元解析を行っている。本解析手法を用いて得られた解析結果と第3章で示した静的水平載荷実験結果を比較することで、解析手法の妥当性を検証すると同時に、鋼管矢板の断面力や基礎内外の地盤の応力変化から補強効果発現メカニズムを詳細に検証して

いる。

続いて、実験のシミュレーションによりその妥当性を確認した解析手法を用いて、実大基礎レベルにおける鋼管矢板基礎増設工法の適用効果を検証している。これらの解析結果により、鋼管矢板基礎増設工法の現場適用性を実証するとともに、本検討事例における最適な補強構造を提案している。

これらの結果より、補強効果が得られる要因として、前面載荷幅が鋼管矢板基礎の外径となることによる地盤反力の増加、鋼管矢板自体の曲げ抵抗が挙げられ、剛結構造の場合には鋼管矢板の先端支持力ならびに摩擦抵抗も考慮する必要があることを示している。また、鋼管矢板の先端支持力ならびに摩擦抵抗が期待できる剛結合では、鋼管矢板長による補強効果の差異が著しく、半固定構造では一定長さ以上の鋼管矢板を根入れさせると、支持層まで根入れさせた場合の補強効果とほとんど違いがないことを示している。ゆえに、半固定構造を適用して経済的に補強設計できる場合と、剛結合を採用して鋼管矢板長さを支持層まで根入れしなければ必要とされる補強効果を得られない場合もあることを明らかにしている。

第5章では、鋼管矢板基礎増設工法の経済的かつ合理的な設計手法を提案している。特に、本研究の成果を反映させている箇所は、補強構造（頂版の結合構造および鋼管矢板の長さ）を簡便に選択できる手法、ならびにケーソン基礎および鋼管矢板基礎を三次元の骨組でモデル化し、複合構造を一体として解く解析手法である。前者は、本研究で提案している簡便な補強構造を採用する判断の目安となり、より合理的な、すなわち必要な水平耐力のみを必要だけ補強できる設計を可能とする。後者は、統一的な解釈もないままに、各基礎の荷重分担を設定し、それらの荷重に対する安定性照査を各基礎個別に検証していた従来の設計に対し、複合構造を一体として解く手法であることから、より実際の挙動を忠実に予測可能となるため、経済性を追及した補強構造の選択に理論的な裏づけを与えられる。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の課題をまとめている。今後の解決すべき課題として、補強構造一次選定手法に用いるノモグラムについて、様々な地盤条件、補強対象に対して数値解析による結合構造、剛性比、補強効果の相関関係に関する評価を行い、ノモグラムの精度向上に努める必要があり、その手法には三次元骨組構造解析手法の適用が望ましいことを示している。また、三次元骨組構造解析手法では、本補強工法に適用可能なように改良を加える必要性と、その解析手法の妥当性をこれまでの実験および解析結果との比較により行う必要性があることを挙げている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、既設基礎の耐震補強工法のひとつである鋼管矢板基礎増設工法の補強効果ならびに補強効果発現メカニズムを模型実験、数値解析により明らかにしたものであり、実験および解析結果に基づいた設計実務に適用可能な設計手法を提案している。

具体的には、鋼管矢板基礎増設工法の設計上、施工上の問題点のひとつである既設基礎と新設基礎の荷重分担に対する考え方が明確でない点に起因する統一的設計規範の不在を解決し、合理的かつ経済的な設計基準を確立することを目的として、鋼管矢板基礎増設工法の従来の補強構造の簡略化を提案している。すなわち、簡便な頂版結合構造の設置と鋼管矢板の根入れ長さの短縮により、より安価で施工性の高い工法を開発、提案している。

上記の工法の開発にあたり、従来の補強構造ならびに本論文で提案している簡便な補強構造の補強効果発現メカニズムの違いを明確にし、また、補強効果へ影響を与える要因を整理し、それらの要因による補強効果への影響を定量的に評価するために、本論文では遠心模型実験ならびに三次元弾塑性有限要素解析の手法が用いられている。

本論文の成果としては、①実験および解析により明らかにされた補強効果発現メカニズムが詳細であり、既設基礎と新設基礎との荷重分担機構を明らかにしている点、②従来の経験的に安全側に設計するために既設基礎の既存耐力を考慮しない手法は合理的でないとの評価を行っている点、ならびに③設計で考慮すべき要因が適切に抽出され、簡便な補強構造の適用範囲が明らかにされている点にある。また、いくつかの事例に対する補強効果の定量的評価は意義深い。

本論文で提案している設計手法は、即実務での適用にはサンプル数がやや不足しており、今後より精度を高めることが望まれるものの、実務レベルでの適用を十分に考慮した手法となっている。以上より、本論文は、学術上、実用上、社会基盤整備に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られる。また、平成19年2月13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。