

氏 名	顧 飲 達
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1772 号
学位授与の日付	平 成 10 年 11 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	Environmental Geotechnical Approach on the Application of Ferrum-Series Lime Stabilized Soils to Road Base and Subgrade (鉄系石灰安定処理土の道路路盤・路床への適用に関する環境地盤工学的研究)
	(主査)
論 文 調 査 委 員	教 授 嘉 門 雅 史 教 授 関 口 秀 雄 教 授 岡 二 三 生

論 文 内 容 の 要 旨

産業廃棄物の地盤材料としてのリサイクルは、埋立材料や道路路盤・路床材料としての直接利用の分野で以前から採用されている。しかし、産業廃棄物の性質は廃棄物を構成する材料特性に大きく左右される。スラッジ、スラグ、焼却灰など固体系産業廃棄物は、いくつかの反応しやすい酸化物を含有しており、これらの酸化物を有効に利用できれば地盤改良へ展開しうる可能性を持っている。

本論文は、環境保全対策における産業廃棄物の有効利用において、製鉄業での廃棄物である微粉酸化鉄と消石灰の混合物である鉄系石灰を取り上げ、これにアルミ赤泥や下水汚泥焼却灰を混入して新たに作製した固化材を、道路の路盤・路床の安定処理へ適用したものである。室内実験を通じて舗装の強化特性と耐久性付与効果の評価及び強度発展のメカニズムの解明を行うと共に、多層地盤系舗装構造の評価を現場でのFWD (Falling Weight Deflectometer) 試験結果との相関から、薄層要素法を用いた表面たわみ評価解析を行い、これを設計へ導入する可能性について検討している。

第1章では、産業廃棄物の地盤工学的な高度利用の必要性和舗装材料として用いられた場合の解析上の問題点などを指摘し、研究の意義および目的と本論文の内容を概述している。

第2章では、鉄系安定処理土の地盤材料特性を室内実験により求めている。静的強度特性については一軸圧縮強さと曲げ強さに着目し、路盤・路床材料としての必要強度を確認した。さらに、動的材料定数として、繰返し载荷における処理土の復元変形係数を検討し、処理土中の固化材の種類とその含有量や養生条件などが、処理土の強度特性へ及ぼす影響を明らかにした。

道路の路盤・路床材料の供用性を高めるには、繰返し交通荷重を受けた場合の耐久性の向上が不可欠である。舗装の疲労破壊、例えば、表面のわだち掘れ、亀裂などは、舗装を構成する路盤・路床層に繰返し载荷を受けた時に発生する累積塑性ひずみや材料の引っ張り破壊に対する抵抗力に大きく関連する。第3章では、エネルギー消費の観点から、繰返し载荷における引っ張り亀裂特性に着目し、累積塑性ひずみから亀裂表面エネルギーを算定し、亀裂発生状況の予測モデルを確立した。さらに、これらのモデルに基づいて、安定処理土の繰返し载荷を受けた場合の処理土の耐久性の評価を行い、鉄-アルミ-石灰系処理土の改良効果が高いことを実証した。

第4章では、鉄系石灰安定処理土の反応のメカニズムについて検討した。一般に石灰・セメント系安定処理土では、水和反応とポゾラン反応とによる反応生成物が土粒子の間隙を充填し、粒子と粒子のつながりを強化し、結果として処理土の強度発現に貢献する。ここでは、微細構造の観察や化学反応生成物の同定などの手段を駆使し、処理土の微細構造の変化と反応生成物の形態を明らかにし、処理土の強度発現との相関が高いことを示した。特に、アルミニウム汚泥を含有する石灰系安定処理土は、アルミン酸石灰水和物であるCAH系反応生成物(ここに、C:CaO, A:Al₂O₃, H:H₂Oを表す)が他の処理

土より多く、安定処理土の緻密性が一層改善され、結果的に優れる曲げ特性が得られることが明らかとなった。さらに、CAH系反応生成物は早い段階で生成し、処理土の早期強度の発揮との強い相関を示している。

舗装面たわみの現場における評価手法として、近年多用されているFWD法では、地表面から動的荷重を舗装に加えて、その時の表面たわみ量から舗装構成材料の特性を評価するものである。第5章では、地震工学の分野で層構造を持つ地盤の地震時の挙動解析に広く利用されている薄層要素法に基づいて、多層地盤系の繰返し载荷における表面たわみ解析モデルを提案している。動的解析を通じて、舗装の表面たわみは载荷振動数に大きく左右されること、また舗装構造の動特性を現場でのFWD法による舗装表面たわみ計測から把握することによって、繰返し载荷下の舗装表面たわみ挙動を評価できることを明らかにして、多層弾性論を用いた舗装設計における舗装構造の合理的選定を可能とした。

第6章の結論では、本研究の結果を要約し、今後の課題についてとりまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、産業廃棄物の有効利用の視点から新しく開発された鉄系石灰安定処理土を、道路路盤・路床へ用いた場合の地盤工学的特性を、室内実験、理論解析ならびに現場測定結果等に基づき詳細に検討したもので、得られた成果は次のとおりである。

1. 30年の実績を有する鉄系安定処理工法へ、産業廃棄物であるアルミ赤泥、下水汚泥焼却灰を新たに導入した安定処理工法を開発し、これを道路路盤・路床に用いた場合の地盤工学的特性の評価を室内試験を中心に行った。静的特性として曲げ強さを、動的特性として復元変形係数を取り上げ、それらが舗装たわみを考慮した設計解析の評価に有効であることを明らかにした。

2. 処理土の道路路盤・路床としての耐久性の評価のために、引っ張り亀裂特性に着目した亀裂表面エネルギーが、舗装亀裂の抵抗性をうまく表現しうることを示し、鉄-アルミ-石灰系処理土の改良効果が大きいことを明らかにした。

3. 鉄系石灰安定処理土の反応メカニズムについて、強度や変形特性と反応生成物との関係を詳細に検討し、処理土の微細構造の変化と反応メカニズムとの関連から、安定処理土の改良効果の発現の理由を明らかにした。

4. 舗装面たわみの現場計測で、近年採用されることが多くなっているFWD法に着目して、多層地盤系である舗装の繰返し载荷による表面たわみ解析モデルを提案した。さらに、薄層要素法を用いて交通荷重による舗装面のたわみ挙動を評価できることを見出し、合理的舗装構造の選定を可能とした。

以上要するに、本論文は固体系廃棄物を鉄系石灰安定処理工法に導入し、高度有効利用を図ると共に、道路舗装断面構造の新しい評価手法と多層地盤系舗装設計への提案とを行ったものであり、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10年9月17日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。