

	[10]
氏名	やまだ てっし 山田 哲司
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	博第487号
学位授与の日付	平成27年9月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	酸化マグネシウム改良土の固化機構とその応用に関する研究
論文審査委員	主査教授 西形 達明 副査教授 小林 晃 副査教授 鶴田 浩章

## 論文内容の要旨

近年になって、地盤改良工法（固結工法）では、「土を固める」といった目的以外の要求性能が多様化し、これらの要求に応えるべく、従来から使用されてきたセメントや石灰以外のより有効な改良材の開発が行われるようになってきた。

本研究では、新しい固化材として注目されている酸化マグネシウムについて、対象土の種類、酸化マグネシウムの物性、固化材の添加量、養生条件等をパラメータとして、その固化特性を明らかにし、より広範囲な分野への適用を探り、有効性を明らかにしている。その内容は、以下の9章から構成されている。

まず、1章では研究の背景と現状の問題点を概括するとともに研究の目的と意義を明確にし、本研究の必要性について述べている。

2章では、土質特性が異なる数多くの土試料に対して酸化マグネシウムの固化改良特性を調べ、酸化マグネシウム改良土は、高炉セメントでは改良効果が低いとされてきた火山灰土に対して、高い改良強度をもたらすことを見出している。また、酸化マグネシウム改良土の pH は高炉セメント改良土と比較して 1.0～2.0 程度低い値を示し、周辺の地盤への環境負荷が小さいことを明らかにしている。

3章では、酸化マグネシウムの添加量、添加方法、養生条件、材齢などが及ぼす影響について検討し、野外曝露環境下においては、養生中の pH の低下が小さいために改良土の強度低下は小さいことを明らかにしている。

4章では、酸化マグネシウムによる土の固化機構について検討している。その結果、酸化マグネシウム改良土では、 $Mg_4Al_2(OH)_{14} \cdot 3H_2O$  等の反応生成物が認められ、これらの化合物が強度発現の要因になっていることを明らかにしている。また、対象土の非晶質物質含有量が強度発現に影響していることをつきとめている。

5章では、酸化マグネシウムの製造方法に注目し、製造方法が異なる酸化マグネシウムを用いて改良効果を調べ、酸化マグネシウムの製造方法やその比表面積によって改良土の固化機構が異なることを明らかにし、その適用には酸化マグネシウムの物性を検討してお

く必要があるとしている。

6章では、酸化マグネシウムの特徴を生かした利用用途の拡大と材料コストの低減を目指して、高炉スラグ微粉末を用いた混合固化材を提案し、混合固化材を用いた改良土の一軸圧縮強さは酸化マグネシウムを単体使用した場合と比べて大きくなる。この結果は材料コストの低減に繋り、地盤改良材として十分に使用できることを示している。

7章では、酸化マグネシウムによる重金属汚染土壌の固化不溶化特性を考察している。酸化マグネシウムの重金属等に対する不溶化効果は、多くのケースで土壌環境基準以下の不溶化効果が認められ、土壌汚染の修復分野は酸化マグネシウムの有効な用途であることを明らかにしている。

8章では、酸化マグネシウムが関東ロームに対して優れた固化特性を示したことから、関東ロームを用いた流動化処理土への適用について検討し、酸化マグネシウムは、セメント系固化材と比較して改良効果が大きく、必要とする添加量も小さいことから、関東ロームの流動化処理土に対して有効な固化材となり得ることを明らかにしている。

## 論文審査結果の要旨

国内外の物性が異なる34種類もの土試料に対して、酸化マグネシウムの固化材としての性能を評価した本研究の結果は、十分な精度を有し信頼性の高いものである。とくに、従来から固化が難しいとされてきた火山灰土の固化処理に対して、高い効果をもたらすことを明らかにし、さらには、酸化マグネシウム改良土のpHは全体的に低いことを明らかにしている。これらの結果は、地盤改良分野において今後大きく貢献するものであると考える。

酸化マグネシウム単体については、比表面積試験と熱重量分析結果を行い、その結果、酸化マグネシウムの水和反応速度は、その製造方法によるところが大きいことを明らかにし、適用分野によって適切な酸化マグネシウムを選定する必要があるとしている。

また、改良土のX線回折の結果から、マグネシウムと土中のアルミニウムからなる反応生成物が強度発現に大きく影響することを見だし、この結果によって、火山灰土に対して酸化マグネシウムの固化効果が高いという結果の原因を明らかにしている。

次に、より広範囲な実利用に向けた研究として、製鉄過程で産出される鉄鋼スラグと酸化マグネシウムを混合使用することで、材料コストを下げるとともに、より高い強度発現を得ることができることを示している。さらには、最近、社会問題となっている重金属による汚染地盤の不溶化対策としての酸化マグネシウムの利用の可能性を探っている。この結果、鉛、ひ素、六価クロム、シアン、ふっ素、ほう素を含む土壌に対して、溶出を環境基準値以下に止めることが可能であるという重要な結論を得ている。

本研究で得られた以上の結果は、地盤改良技術に貴重な知見を与えるものであり、地盤改良材としての酸化マグネシウムの今後の利用とその適用分野の拡大に対して大きく貢献するものと考えられる。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。