



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Experimental Study on Near-surface Stabilization of Slopes in Cold Region using Bio-mediated Geotechnical Engineering [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Sivakumar, Gowthaman
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14247号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79492
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Sivakumar_Gowthaman_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	Sivakumar Gowthaman
審査担当者	主 査 教 授	川崎 了	
	副 査 教 授	五十嵐 敏文	
	副 査 教 授	渡部 要一	
	副 査 准教授	中島 一紀	

学位論文題名

Experimental Study on Near-surface Stabilization of Slopes in Cold Region using Bio-mediated Geotechnical Engineering

(生物を利用した地盤工学による寒冷地の法面表層安定化に関する実験的研究)

自然の斜面や人工の法面を維持管理する際には、表層部の不安定性が問題となる。高速道路などの法面表層部の強度特性は、季節変化に伴って徐々に低下し、その結果として表層地盤の侵食や劣化が生じる。地盤を低環境負荷かつ効果的に安定化させるための新たな技術として、Microbial Induced Carbonate Precipitation (MICP) が注目されている。MICP は、生物化学反応によって土粒子間に炭酸カルシウムのバイオセメントを析出させることで、地盤の強度と剛性を増加させる。本論文の研究目的は、法面表層の安定化のための新たな代替技術として期待される MICP の実現可能性を評価することである。本研究では、微生物機能を利用した地盤工学的な視点から、信頼性の高い安定化処理の促進と現場実装段階に近い処理技術の提案を目指し、微生物学特性、力学特性、耐久性、現場実装方法を理解するための実験的検討を実施した。

第 1 章は、本研究の背景、適用範囲、独創性、重要性について述べている。

第 2 章では、MICP 法で得られた種々の知見に関する広範囲な文献調査結果と法面表層の安定性について論じている。

第 3 章は、MICP 法に関する基礎的な自然科学的手法による研究について述べている。表層地盤の侵食が生じる北海道の高速道路法面を対象とし、北海道に固有な寒冷地気候を考慮した広範囲な実験的検討を実施した。法面地盤から単離した尿素分解菌は *Lysinibacillus xylanilyticus* と同定され、異なる温度と化学条件におけるウレアーゼ活性を評価した結果、この菌株は 15~25 °C の温度条件下において効果的に炭酸カルシウムを析出させ、比較的低温の環境下において十分な働きを示した。また、生物化学反応に関する理解を深めるため、種々の試験条件が MICP 法に与える影響について詳細に調査を実施した。

第 4 章では、MICP 処理した法面地盤の物理・力学特性に関して議論している。セメンテーションレベルの適切な範囲を把握することを考慮し、可能な限り種々のセメンテーションレベルで法面地盤の安定化処理を行い、処理した地盤の物理特性、S 波速度、力学特性について検討した。実施した試験は、一軸圧縮試験、せん断試験、透水試験であり、炭酸カルシウムの析出量が MICP 処理した地盤の物性を反映する最も重要な要因の 1 つであることが明らかとなった。また、法面地盤の土粒子間接点におけるセメンテーションが、ピーク強度、内部摩擦角、粘着力の増加に寄与し、土粒子の粗度が法面地盤の残留強度に影響を与えることが確認された。

第5章は、MICP処理した法面地盤の長期物性変化に関する一連の研究について論じている。寒冷地における定期的な降雪と降雨を勘案し、凍結融解繰返し試験 (FT)、乾湿繰返し試験 (WD)、酸性雨繰返し試験 (AR) を行い、耐久性に関する潜在的な指標について調査した。その結果、WDによる損傷は、FTやARによる損傷と比較して顕著ではないことがわかった。また、MICP処理した法面地盤の長期耐久性は、セメンテーションレベルに大きく依存し、炭酸カルシウム含有量が多い供試体において高い骨格の安定性が認められ、損傷が小さいという結果が得られた。

第6章では、この技術開発を推進して実用化と商業化を目指すために、処理方法に関する検討を実施した。具体的には、一連の小型法面模型試験として、格子添加方式、1液スプレー方式、2液スプレー方式による処理を行い、法面表層の地盤強度は非破壊の針貫入試験で評価した。その結果、現場に適用するためには、1 mol/Lの供給資材を2液スプレー方式で処理する方法が最も効果的であることが明らかとなった。この最適な処理方法によって、さらにスケールアップした法面模型試験を実施した結果、法面表層において1.6～2.8 MPaの一軸圧縮強度が得られた。

第7章は、各章で得られた結論の総括と、今後の展望および課題について述べている。また、気象条件の影響を考慮してMICP処理した法面表層の耐久性確保に役立つモニタリングに加え、最適なMICP法および現場実装の方法と条件に関する実施工マニュアルについて概説している。

これを要するに、著者は、微生物機能を利用した寒冷地における法面表層の安定化処理技術を新たに開発するための実験的検討を行い、法面表層地盤から単離した尿素分解菌の微生物学特性および安定化処理した法面表層地盤の力学特性と耐久性に関する新知見を得たものであり、地盤環境工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。