



Title	Development of sustainable ground improvement methods using biochemical techniques [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Gamaralale Gedara, Nirmali Nisansala Amarakoon
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第12467号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/63419">http://hdl.handle.net/2115/63419</a>
Rights(URL)	<a href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Gamaralale_Gedara_Nirmali_Nisansala_Amarakoon_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

## 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 Gamaralale Gedara Nirmali Nisansala  
Amarakoon

審査担当者 主査教授 川崎了  
副査教授 石川達也  
副査教授 藤井義明  
副査准教授 中島一紀

## 学位論文題名

Development of sustainable ground improvement methods using biochemical techniques  
(生物化学的手法による持続可能な地盤改良工法の開発)

人口の増加に伴って人間の活動範囲が拡大しており、これまで未開発であった地域の軟弱地盤に対して構造物を建設する機会が増加している。地盤の沈下対策や液状化対策などの地盤改良は建設工事の重要な部分を占めているため、持続可能な建設工事という観点からは低環境負荷で従来技術の代替となる新たな地盤改良工法の開発に期待が寄せられている。本研究は、持続可能な地盤改良工法の開発を目的としており、生物化学的手法に着目している点に特徴がある。本論文は、大きく2つの内容から構成されている。すなわち、リン酸カルシウム化合物(CPC)による地盤改良と、微生物由来の炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )析出(MICP)による地盤改良である。

第1章は、本研究の背景、目的、新規性について示している。

第2章と第3章は、CPC法(CPC-Chem法およびCPC-Powder法)について述べている。

第2章では、地盤の液状化対策としてCPCを用いた新しいグラウト(CPC-Chem法)が期待されていることから、異なる濃度のCa溶液とP溶液を混合させ、CPCの析出条件について検討した。CPCで固化した豊浦砂供試体を28日間養生し、一軸圧縮強さ(UCS)試験を実施した。Ca/P=0.5の時に最もUCSが大きいCPCの配合は、酢酸カルシウム(CA)1.5M:リン酸水素二カリウム(DPP)3.0Mと硝酸カルシウム(CN)1.5M:DPP 3.0Mであり、それぞれ供試体のUCSが144.65 kPa, 143.60 kPaとなった。さらに、pH測定と走査型電子顕微鏡(SEM)観察を行った結果、時間経過に伴ってpHが上昇し、CA:DPP=0.5の時にウイスカ状のCPC結晶が確認された。以上より、Ca/P=0.5の時に最適なCPCの配合はCA 1.5 M:DPP 3.0 Mであると判断された。

第3章では、CPC-Powder法について述べている。CPCと市販の $\text{CaCO}_3$ 粉末(CC)またはホタテ貝殻粉末(SS)を豊浦砂供試体に添加し、28日間養生後のUCSが100 kPa以上となることを確認した。なお、100 kPaとは地震時の液状化対策として必要な地盤のUCSである。CPC以外にCCまたはSSを添加した供試体のUCSは、CPCのみで固化した供試体のUCSよりも大きくなり、100 kPa以上のUCSを示した。加えて、供試体のpH測定、密度測定、微視的構造を調べるためにSEM観察を実施した。その結果、CPC以外にCCまたはSSを添加した供試体のpHと密度が、添加しない供試体よりも大きくなることがわかった。

第4章と第5章は、MICP法について述べている。尿素加水分解を利用したMICPは複雑な生物化学反応過程であり、特に地盤の力学的特性を改良するために土粒子間で生じる。この反応過程に

は多くの要因が関与している。

第4章では、これらの要因に関する検討をシリンジ固化試験により実施した。対象とした要因は、微生物の濃度、培養液の再注入、砂の種類と粒径、固化溶液のCa濃度、固化溶液の注入間隔、養生日数、養生温度、培養液の粘性である。得られた結果は、すべての要因がMICP固化砂の針貫入試験より得られる推定UCSに影響を与えることを示した。また、固化した供試体で3MPa以上の推定UCSが得られ、培養液を7日後に再注入した試験ケースで10MPa以上の推定UCSが得られた。これらの要因が推定UCS( $q_{eu}$ )に与える影響を詳しく把握するために重回帰分析を実施し、 $q_{eu}$ が2つの重要要因である固化溶液のCa濃度 $C_{ca}$ と養生日数 $D$ を用いて $q_{eu}=13.99C_{ca}+0.37D-0.09$ で表現できることを示した。

第5章では、数MPaのUSCを有する均質な固化地盤を作製するため、三河砂(平均粒径0.6mm)と瑞浪砂(平均粒径1.3mm)を用いた小型の模型地盤による固化試験を実施した。また、模型地盤を対象として、UCS試験、SEM-EDX観察、X-CT測定、超音波速度測定、CaCO<sub>3</sub>含有率測定、色測定を実施した。その結果、14~21日間の養生後に縦20cm、横12.5cm、高さ9cmの固化した供試体を得られ、その平均UCSは3.1~4.4MPaを示した。また、UCS( $q_u$ )とCaCO<sub>3</sub>含有率( $x$ )の間には高い相関があり、両者の間に $q_u=66.6x^2+3.5287x$ なる関係が存在することを示した。さらに、瑞浪砂に関しては、 $q_{eu}$ と明度 $L^*$ の間に $q_{eu}=0.7669L^*-33.921$ なる関係があることを見出した。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめており、CPC法およびMICP法が新しい地盤改良工法として有望であることを結論付けている。

これを要するに、著者は、新たな生物化学的手法によるCPC法およびMICP法による砂供試体の最適な固化条件と強度向上の効果を確認すると同時に、UCSが100kPa(CPC法)~数MPa(MICP法)となる地盤改良工法を独自に提案しており、環境地盤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。