

平成 22 年 6 月 21 日現在

研究種目：基礎研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19360218

研究課題名 (和文) 国際統一規格に向けた軟弱地盤対策工法の品質管理技術の研究

研究課題名 (英文) Quality Assurance and Control for Ground Improvement Techniques

研究代表者

北詰 昌樹 (KITAZUME MASAKI)

独立行政法人 港湾空港技術研究所・研究主監

研究者番号：70359230

研究成果の概要 (和文)：

セメント固化処理に関する配合試験法などの基準の有無と内容、標準的または個別の現場で採用されている試験法などについて調査し比較したところ、品質管理技術は、対象とする土質の特性の他に、地域的、社会的条件などによって大きく異なっていることが分かった。セメント固化処理土の室内試験法や現地処理土のサンプリング方法は、国内外で大きく異なり、対象とする土質条件、固化材の種類と添加量・添加方法、モールドへの詰め固め方法や程度などによって処理土の特性が大きく影響を受けることが分かった。平成 21 年 5 月に国際シンポジウムを開催し、本研究成果ならびに最近の研究成果の発表と討議を行った。

研究成果の概要 (英文)：

Many researchers and engineers have discussed the importance of QA/QC of the improved ground focusing upon the quality of deep-mixed soil. This is because the deep-mixed soil plays an important role in the engineering behavior of the deep-mixed ground and the quality of deep-mixed soil depends upon a number of factors including the native soil conditions, the type and amount of binder, and on the production process although no one can observe the actual operation at depth. Regarding to the QA/QC, a questionnaire survey regarding protocols for laboratory mix test procedures for the deep mixing method (DMM) was undertaken. Based on the survey results, along with reviews of existing standards and guidelines, similarities and differences between protocols are discussed. Based on the survey outcomes, the international comparative laboratory tests were then carried out in order to identify the influence of different laboratory test procedures. In the study, the current practices worldwide on QA/QC for deep-mixed ground are also discussed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2008年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：地盤工学、国際協力、安定処理土、試験法

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 軟弱地盤対策工法における国際統一規格へ向けた世界の動きと日本の現状

我が国は、軟弱な地盤や地震・洪水などの悪条件の下で港湾・空港・道路・鉄道などの重要なインフラの整備を行うために、数多くの軟弱地盤対策工法が開発されてきた。欧米諸国でも独自の軟弱地盤対策工法が開発されているが、我が国に比べて地盤が比較的良好で地震も少ないため、その技術的水準は低く、我が国の軟弱地盤対策工法に関する設計・施工・施工管理技術は世界中のいかなる国よりも遙かに優れている。一方で、国際社会のグローバル化を迎え、軟弱地盤改良技術の設計・施工分野での国際統一規格への動きが加速している。欧州連合（EU）では12の軟弱地盤対策工法の施工・施工管理に関するユーロコードを策定し、域内だけでなく国際統一規格に向けた海外展開を図っている。一方、我が国での国際統一規格策定や海外展開への取り組みは遅れており、このままでは軟弱地盤対策工法分野での国際的な優位性を確保できなくなり、我が国の優れた技術が国際的に普及せず埋もれてしまう恐れが高い。

### (2) セメント固化処理技術に関する日本主導の国際統一規格の策定へ

数多くの軟弱地盤対策工法の中で、セメント固化処理技術は強固な地盤を短期間に造成できること、騒音・振動などが少なく周辺への環境負荷が少ないことなどの多くの利点を生かして、1970年代以降急速に発展し、東京羽田空港・関西国際空港・中部国際空港の建設、阪神大震災後の復旧工事などの大プロジェクトにも幅広く適用されている。また、同技術は浚渫土や建設残土などの様にこれまでは建設には不適とされてきた土砂を処理して高品質の土砂を製造する有効利用技術にも幅広く活用されている。国内の研究機関・学会・建設会社などのたゆまぬ研究・技術開発の成果で、我が国の設計・施工・施工管理技術は世界中のいかなる国よりも遙かに優れている。日本の技術は海外でも注目を集め、世界各国のインフラ整備にも活用されてきており、今や必要不可欠な技術となっている。そのため、本研究では、セメント固化処理技術を対象として日本の優れた改良技術を基にした国際統一規格を図ることが効率的と考えられる。

### (3) セメント固化処理技術の品質管理技術の

### 国内・国際規格の現状と国際統一規格の重要性

セメント固化処理土の特性は、対象土質の特性、セメントの種類と添加量、施工方法、養生方法などに大きく影響されるため、設計で規定された特性のセメント固化処理土を造成することが非常に難しく、最適な配合設計や現場での品質管理が非常に重要である。我が国では、室内配合試験が JIS 規格され、現場での品質管理技術も確立されているため、高品質のセメント固化処理が行われている。一方、欧州では近年 EuroSoilStab プロジェクトを行って、室内配合試験に関する統一規格の策定が模索されている程度で、統一的な品質管理技術は策定されていない。さらに、米国では標準的な室内試験法すらなく、個々の施工者がばらばらに試験・施工しており品質管理にはほど遠いのが現状である。セメント固化処理技術が国際的に発展し、我が国の品質管理技術が普及していくためには、各国・機関での室内配合試験法や施工機械・施工技術などの違いを調査・比較し、その結果を基に各国・地域で独自に蓄積されたデータを再評価して品質管理技術に関する国際統一規格が策定することが重要である。

### (4) 国際共同研究の必要性

これまで、各国・地域でのセメント固化処理技術を個別的に紹介した書籍はいくつか出版されている。しかし、各国・地域での室内配合試験法や施工機械・施工技術などを含む品質管理技術を全世界レベルで網羅的に調査・比較したり、それらがセメント固化処理土の特性に及ぼす影響を調査・研究した例は皆無である。国際統一規格の策定には、各国・地域の第一人者の研究者・技術者が共同で、各国・地域での室内配合試験法や施工機械・施工技術などの品質管理手法の違いを網羅的に調査・比較・研究することが必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、軟弱地盤対策工法の国際統一規格に向けて、その一例としてセメント固化処理技術を対象に、同技術の国際統一規格の策定を目指し、設計で規定された要求品質を満足させるための品質管理技術を確立することを目標とする。具体的には、各国・地域の大学・研究機関・コンサルタンツなどの研究協力者を通じて、各国・地域での配合試験

法などの基準の有無と内容、標準的または個別の現場で採用されている試験法などを調査し比較する。その後、これらの試験法による室内配合試験を実施し、作製されたセメント固化処理土の強度試験を行って、各試験法の違いが強度特性に及ぼす影響を直接・比較する。本研究の成果に、連携国際共同研究(英国ケンブリッジ大主導)から提供される室内と現場でのセメント処理土の特性に関する調査結果を組み合わせ、世界中の多くの現場で適用できるような品質管理技術を検討する。これら一連の研究を基に国際会議を開催し、セメント固化処理技術に関する品質管理技術の重要性を広め、各国での品質管理技術の策定を促し、国際統一規格の策定を目指す。

### 3. 研究の方法

軟弱地盤対策工法は国・地域ごとに、改良目的、土質条件、施工機械や施工技術などが大きく異なることに加え、これまで国・地域を越えた技術的・人的交流が乏しかったために、多くの改良技術が各国・地域で独自に開発・発展してきた。セメント固化処理技術に関しても、1970年代に日本とスウェーデンでほぼ同時期に開発されながら、技術的・人的交流が乏しいために、近年まで互いの基本的な設計思想や施工管理技術の存在すら分からず、それぞれの技術を理解することも出来なかった。本研究では、世界各国の研究者が参画した国際共同研究を実施し、各国・地域での品質管理手法の比較検討をするとともに、実際に各国・機関で行われている室内配合試験法に基づいた試験を実施してセメント固化処理土の強度特性への影響を検討した。

平成19年度には、アジア・欧州・北米でのセメント固化処理技術の品質管理技術(室内配合試験法、施工法・施工管理法など)の調査を行った(調査機関:港湾空港技術研究所、土木研究所寒地土木研究所、日建設計㈱、スウェーデン地質研究所、フィンランド地盤工学会、英国ケンブリッジ大学、米国バージニア工科大学、米国ライト工業㈱、米国ヘイワードベーカーほか計33機関)。次に、強度特性に及ぼす土質特性、セメントの種類と添加量、攪拌方法、養生条件などの影響を検討するとともに、国内外の研究機関による一斉試験を行った。

平成20年度には、品質管理技術に関する調査の一次取りまとめと評価を行った。さらに、一斉試験結果を整理・評価し、それを基に試験法による影響を評価・検討した。ウェットグラブサンプラーを用いた現地試験も実施し、調査法・試験法の違い、調査機関ごとのばらつきの有無(人的要因など)を評価し、強度特性への影響因子を整理した。

平成21年度には、一連の研究を基に、セメント固化処理土特性への試験法の影響、サンプリング法の影響、室内強度・現場強度の評価・予測手法のとりまとめを行った。国際会議を開催して、研究成果を発表し、世界各国の地域性・技術的・社会的背景を越えた相互理解を図った。

### 4. 研究成果

#### (1) セメント固化処理技術の品質管理技術に関する国際調査・比較

港湾空港技術研究所、土木研究所寒地土木研究所、国内建設会社ならびにコンサルタンツをはじめ、スウェーデン地質研究所、フィンランド地盤工学会、英国ケンブリッジ大学、米国バージニア工科大学、韓国コンサルタンツを含む国内外合計33機関での配合試験法などの基準の有無と内容、標準的または個別の現場で採用されている試験法などを調査し比較した。その結果、品質管理技術は、対象とする土質の特性の他に、地域的、社会的条件などによって大きく異なっていることが分かった。

#### (2) 強度特性に及ぼす影響因子の検討

セメント固化処理土の特性に及ぼす試料作製方法と養生条件に関して、港湾空港技術研究所、土木研究所寒地土木研究所、スウェーデン地質研究所、英国ケンブリッジ大学、韓国コンサルタンツにおいて、3種の試験法(タッピング法、動的締め固め法、静的締め固め法)による一斉試験を行い、作製されたセメント固化処理土の強度試験を行って、各試験法の違いが強度特性に及ぼす影響を比較した。その結果、強度ならびにそのばらつきの程度が試験法によって大きく異なる結果が得られ、対象とする土質条件(種類、含水比など)、固化材の種類と添加量・添加方法などによって試験法の適否が見られた。

#### (3) ウェットグラブサンプラーによる現地試験

現地改良土のサンプリング方法を再現するために、米国で使用されているウェットグラブサンプラーを製作し、ウェットグラブサンプラーを用いた現地試験を実施し、改良土のサンプリング方法の違いが現地改良土の強度特性に及ぼす影響を検討した。その結果、サンプリングの方法によって、得られる改良土の特性が大きく異なることが分かった。施工方法(スラリー式とドライ式の違い、)採取後の試料土のモールドへの詰め固め方法や程度による影響が大きいことが分かった。

#### (4) 国際シンポジウムの開催

平成21年5月19日~21日に、沖縄万国津

梁館において、国際シンポジウム (International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization - DM'09/OKINAWA) を開催し、セメント固化処理土特性への試験法の影響、サンプリング法の影響、室内強度・現場強度の評価・予測手法などの研究成果ならびに最近の研究成果の発表と討議を行った。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

##### (1) 雑誌論文

- ①北詰昌樹、高橋英紀、現地石灰安定処理土の長期特性調査、土木学会論文集、査読有、2008、CD

[学会発表] (計 17 件)

- ①北詰昌樹、西村 聡、ウェットグラブサンプリングによる現場深層混合処理土の強度評価について、地盤工学会、第 45 回地盤工学研究発表会、2010.8.16、松山
- ②橋本 聖、西本 聡、林 宏親、異なる養生温度条件におけるセメント改良土の強度発現と骨格構造の変化、地盤工学会、第 45 回地盤工学研究発表会、2010.8.16、松山
- ③橋本 聖、西本 聡、林 宏親、異なる養生温度条件下でのセメント改良泥炭の強度発現傾向、第 50 回地盤工学会北海道支部技術報告会、2010.2.1、札幌、pp.9-14
- ④北詰昌樹、西村 聡、Quality assurance of cement treated soil by wet grab sampler, Proc. of International Symposium on Ground Improvement Technologies and Case Histories, 2009.12.3、シンガポール、pp.431-436
- ⑤北詰昌樹、高橋英紀、27 Years' investigation on property of in-situ quicklime treated clay, Proc. of the International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol.3, 2009.10.14、アレキサンドリア、pp.2358-2361
- ⑥城戸優一郎、西本 聡、林 宏親、橋本 聖、寒冷地における養生温度を考慮したセメント改良泥炭の強度の把握、第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集、2009.8、横浜、pp.529-530
- ⑦福田利夫、北詰昌樹、Applications of DM to regional soils in Okinawa Prefecture, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.187-190
- ⑧北詰昌樹、西村 聡、Influence of specimen preparation and curing conditions on

unconfined compression behaviour of cement-treated clay, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.155-160

- ⑨北詰昌樹、寺師昌明、International Collaborative study on QA/QC for Deep Mixing -Proposal-, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.103-105
- ⑩北詰昌樹、西村 聡、寺師昌明、大石幹太、International Collaborative Study Task 1: Investigation into Practice of Laboratory Mix Tests as Means of QC/QA for Deep Mixing Method, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.107-126
- ⑪北詰昌樹、大石幹太、西村 聡、寺師昌明、International Collaborative Study Task 2 Report: Interpretation of comparative test program, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.127-139
- ⑫寺師昌明、北詰昌樹、Keynote Lecture: Current Practice and Future Perspective of QA/QC for Deep-Mixed Ground, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.61-99
- ⑬林 宏親、西本 聡、Strength Characteristics of Peaty Ground Improved by Deep Cement Mixing and Its Quality Control, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.619-622
- ⑭城戸優一郎、西本 聡、林 宏親、橋本 聖、Effects of Curing Temperatures on Strength of Cement-Treated Peat, Proc. of the International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, 2009.5.19、沖縄、pp.151-154
- ⑮城戸優一郎、西本 聡、林 宏親、橋本 聖、セメント改良した泥炭の強度と積算温度の関係、第 49 回地盤工学会北海道支部技術報告会、2009.1、北見、pp.97-102
- ⑯北詰昌樹、高橋英紀、現地石灰安定処理土の 27 年にわたる耐久性調査、地盤工学会、第 43 回地盤工学研究発表会、2008.7、??、pp.711-712
- ⑰城戸優一郎、西本 聡、林 宏親、橋本 聖、セメント改良した泥炭における養生温度が改良強度に与える影響、第 48 回地盤工学会北海道支部技術報告会、2008.2、札幌、pp.35-40

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等  
(<http://jiban-htdocs.pari.go.jp/index.php>).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

北詰 昌樹 (KITAZUME MASAKI)  
独立行政法人港湾空港技術研究所・研究主  
監  
研究者番号：7 0 3 5 9 2 3 0

### (2) 研究分担者

林 宏親 (HAYASHI HIROCHIKA)  
独立行政法人土木研究所寒地土木研究所  
寒地基礎研究グループ寒地地盤チーム・主  
任研究員  
研究者番号：0 0 4 1 4 1 7 8  
(H19→H20：連携研究者)

### (3) 連携研究者