

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21760370

研究課題名（和文）強度発現阻害物質を用いた超低強度の固化処理浚渫泥土の配合設計方法の提案

研究課題名（英文）Proposal for mixture design of extremely low strength cement treated dredged soils with using strength development controlling agents

研究代表者

早野 公敏 (HAYANO KIMITOSHI)

横浜国立大学・都市イノベーション研究院・准教授

研究者番号：40302632

研究成果の概要（和文）：一般的に、固化処理土は自然堆積粘土に比較して強度が大きく硬い。そのため変形・破壊挙動がクラックの発生を伴う脆性的なものになる。この欠点により固化処理泥土の利用範囲が限られてしまい、用途の拡大が妨げられている。そこで本課題では、固化処理泥土の強度発現を効率的に促進させるという従来の発想を転換して、強度発現を抑制する添加剤に着目した。その効果およびメカニズムを明らかにするとともに、均質でかつ長期的に変形追従性を有する、自然堆積土に近い性質を有する超低強度の固化処理泥土の配合設計方法の提案を行った。

研究成果の概要（英文）：In general, cement-treated soils show higher strength and stiffness compared to natural soils. Owing to this characteristic, cement-treated soils show brittle behavior associated with the occurrence of cracks. This fact limits the fields which cement-treated soils can be applied. In this study, particular agents were focused to suppress the strength development of cement-treated soils and to obtain deformable cement-treated soils. Attempts were made to clarify the effect of the agents on the strength development and the mechanism. Based on these findings, this study proposed mixture design of extremely low-strength cement-treated dredged soils with using strength development controlling agents

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

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：土質力学

## 1. 研究開始当初の背景

土木工事に用いる良質な地盤材料が枯渇してきており、港湾・河川工事等の浚渫で発生する軟弱な泥土を、建設用地盤材料として再利用するケースが増えている（図-1）。リ

サイクルの方法にはいろいろあるが、セメントあるいはセメント系固化材を添加する方法、すなわち泥土を固化処理する方法を用いると、すぐに材料の強度を発現でき、またその強度をある程度自由に設定できるという、

優れている点があり、この方法で再利用されるケースが非常に多い。



図－1 港湾工事で発生する浚渫泥土

ところが一般的に固化処理された泥土は、自然に堆積している粘土や砂質土に比較して強度が大きい。強度が大きいということは、必ずしもより良質であることを意味してはならず、材料の破壊の仕方が脆性的になるという欠点がある。たとえば、地震時にはクラックの発生をともなって一気に全体的に壊れることが明らかになっており、その後の復旧が困難となる。また地震時だけではなく、常時の場合にも基礎地盤が沈下していくとそのたわみに十分に追従できず、クラックが生じてしまう。

このように強度が大きく硬いために土本来の変形追従性が失われる。そのために再利用の用途・範囲が限定される。一方である程度の変形追従性を確保しようと、セメントあるいはセメント系固化材の添加量をなるべく少なくしていくと、母材である浚渫泥土にセメント成分が十分に行き渡らなくなり、セメントの水和反応が局所的になる。このため、低強度になると建設資材として許容しがたい品質のばらつきが生じる。

## 2. 研究の目的

セメント改良土の品質のばらつきをなるべく抑制するために、今までは施工技術の研究開発が精力的に行われてきた。その努力の結果、セメントあるいはセメント系固化材の添加直後にいかに効率よく混合するかについて、わが国の施工機械の能力は世界トップレベルである。

しかし現在その効率化は頭打ちになっていて、一軸圧縮強さで  $200\sim 300\text{kN/m}^2$  程度の強度をもつ固化処理泥土の創生が、ばらつきの許容される限界である。それ以下の強度の固化処理泥土については品質のばらつきが相当に大きくなる。

もうひとつ課題があり、固化処理泥土の長期強度を抑制できない。通常、固化処理泥土

は初期のセメントの水和反応によって強度が増加し、その後生成されたセメント水和物を介してポゾラン反応という現象が生じ、さらに日数の経過とともに強度が発現していく。前述の一軸圧縮強さ  $200\sim 300\text{kN/m}^2$  というのはセメント添加後 28 日経過後のものであって、28 日以降さらに強度が増加し、一年後には 2～3 倍になる場合がある。そうするとさらに破壊が脆性的になる。

以上述べた施工技術面の技術開発の限界を考えると、材料面での研究開発を思い至った。通常、材料面での研究開発はいかに効率よく迅速に固化処理泥土の強度を発現させるかに重点がおかれている。セメント系固化材はその成果であり、一般のセメントより泥土との相性がよいように開発されてきたもので、セメントの水和反応やポゾラン反応を助ける添加剤を取り入れている。この発想を転換し、品質のばらつきの増大を抑制するためにセメントをそれなりに多く添加する一方で、少量の特殊な添加剤により強度発現を  $100\text{ kN/m}^2$  程度に抑制させることによって、均質でありかつ長期的に変形追従性を有している自然堆積土に近い固化処理泥土を創生できるという着想に至った。

以上の着想を踏まえて、本研究では、固化処理泥土の強度発現を効率的に促進させるという従来の発想を転換して、強度発現を抑制する添加剤に着目し、その効果およびメカニズムを明らかにするとともに、均質でかつ長期的に変形追従性を有する、自然堆積土に近い性質を有する超低強度の固化処理泥土の配合設計方法の提案を目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究は、均質で長期的に変形追従性を有している固化処理泥土の配合設計方法を提案するものである。具体的には以下の課題に取り組んだ。

### ①強度発現を抑制する添加剤の効果に関するデータの取得

系統的な供試体作製と一軸圧縮試験の実施により、フミン酸および糖の添加による強度発現抑制の効果に関するデータを取得した。

### ②添加剤の強度抑制メカニズムの解明および長期強度抑制効果の実証

添加剤の強度抑制メカニズムを解明し、長期強度抑制効果を実証した。

### ③品質のばらつきに関するデータの取得

簡易に固化処理泥土の品質のばらつきを測定できる試験方法を考案し、データの取得および品質のばらつきの評価を行った。

#### ④品質基準値と配合設計方法の提案

施工現場の環境条件を再現した三軸圧縮試験および透水試験を実施し、設計パラメータと配合条件の関係を明らかにし、固化処理泥土の品質基準値の範囲と配合設計方法を提案した。

具体的には初年度では強度発現を抑制する添加剤の効果に関するデータを取得し、添加剤の強度抑制メカニズムの解明および強度の安定性の実証を通して、長期強度の抑制が期待される添加剤の種類および添加率について提案した。2年目以降では品質のばらつきの評価および設計パラメータの評価を展開し、品質基準値と配合設計方法の提案を行った。

#### 4. 研究成果

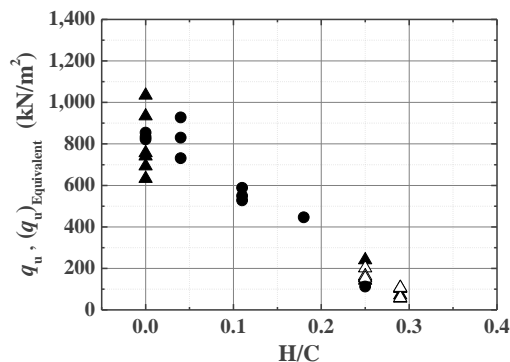
フミン酸や糖を添加することで強度発現を長期的に抑制することができ、添加率を増加するほど強度が抑制されることが分かった。特に糖を添加した場合に生じる効果は原料土の物性の違いにあまり影響を受けないが、セメントの量には影響をやや受けてセメント添加率が増加するほど効果が強いことが分かった。また、糖を添加しても一軸圧縮強さと変形係数の相関関係はあまり変化せず、さらに透水係数と一軸圧縮強さに相関関係が認められることが分かった。従って配合設計の基本として、一軸圧縮強さを糖添加率と養生日数の関係で表現することを提案した。

詳細な知見は以下のとおりである。

##### 1) 添加剤としてフミン酸を用いた場合

添加剤としてフミン酸を用いて、セメント固化処理土のフロー試験、一軸試験、pH測定、土壌硬度試験を実施した。その結果、次の知見が得られた。

- ・フミン酸を添加しても、添加しない場合と同様に施工上望ましい流動性を確保できる。



図一2 フミン酸添加率と一軸圧縮強さ

- ・フミン酸をある程度添加するとセメントの強度発現が阻害され、強度を抑制できる (図一2)。

- ・フミン酸を添加しても pH 値はフミン酸を添加しない改良土と同程度であるため、周辺環境に及ぼす影響は変化しない。

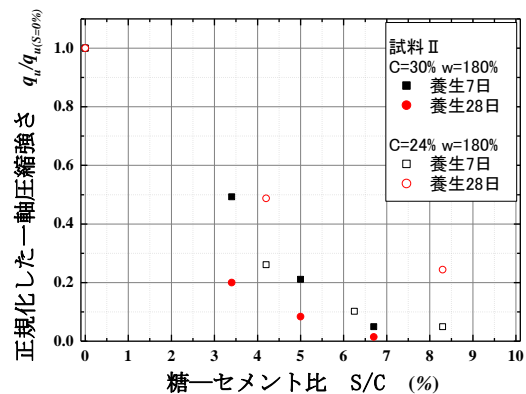
- ・土壌硬度計を使用して強度の均質性の評価を行ったところ、フミン酸を添加して強度を抑制したセメント固化処理土のばらつきは、セメントのみを添加して同程度の強度にした供試体よりも小さい。

##### 2) 添加剤として糖を用いた場合

添加剤として糖を用いて、セメント固化処理土のフロー試験、一軸試験、pH試験、土壌硬度試験、高温促進養生試験を実施した。その結果、次の知見が得られた。

- ・糖を添加しても、添加しない場合と比べてほぼ同程度の流動性を確保できる。フミン酸を添加した場合はやや流動性が高くなる。

- ・糖を添加するとセメントの強度発現が阻害され、強度を抑制できる (図一3)。

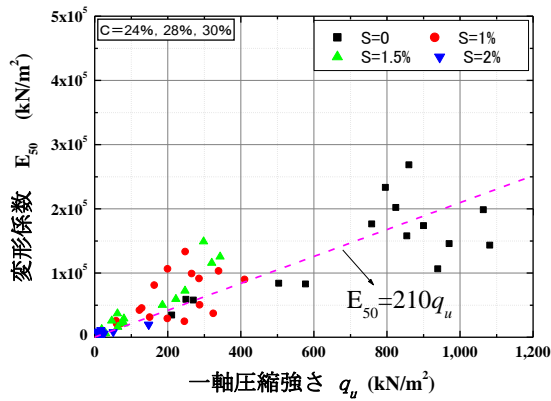


図一3 糖添加率と一軸圧縮強さ

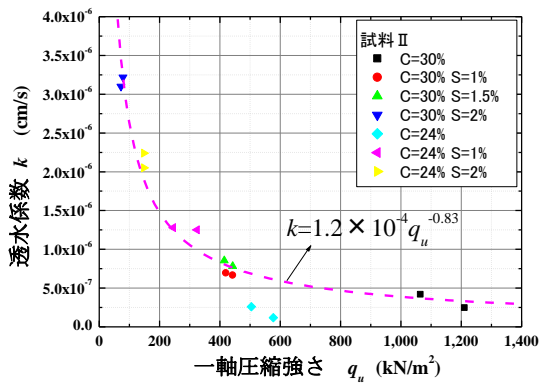
- ・糖を添加しても pH 値は添加しない改良土と同程度であるため、周辺環境に及ぼす影響は変化しない。

- ・土壌硬度計を使用して強度の均質性の評価を行ったところ、糖を添加して強度を抑制したセメント固化処理土のばらつきは、セメントのみを添加して同程度の強度にした供試体よりも小さい。

- ・高温促進養生試験を実施したところ、高温域では糖の強度発現抑制効果がやや低くなる可能性がある。



図一4 一軸圧縮強さと変形係数



図一5 一軸圧縮強さと透水係数

### 3) 配合設計の提案

糖を添加することで強度発現を長期的に抑制することができ、糖添加率を増加するほど強度が抑制されることが分かった。また、この効果は原料土の物性の違いにあまり影響を受けないが、セメントの量には影響をやや受けてセメント添加率が増加するほど糖による効果が強いことが分かった。また、糖を添加しても一軸圧縮強さと変形係数の相関関係はあまり変化せず(図一4)、さらに透水係数と一軸圧縮強さに相関関係が認められることが分かった(図一5)。従って配合設計の基本として、一軸圧縮強さを糖添加率と養生日数の関係で表現することを提案した。

### 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 2 件)

- ① 府川裕史, 御手洗義夫, 早野公敏, “セメ

ント改良土の配合設計におけるフミン酸の強度発現遅延剤としての応用に関する検討”, 第9回地盤改良シンポジウム論文集, 1巻, 2010, pp.161-166.

- ② 小林貴志, 早野公敏, 御手洗義夫, “フミン酸添加による低強度セメント改良土の均質化に関する検討”, 第54回地盤工学シンポジウム論文集, 1巻, 2009, pp.533-538.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 世一信吾, 御手洗義夫, 早野公敏, “糖添加がセメント改良浚渫泥土の強度・透水特性に及ぼす影響”, 第46回地盤工学研究発表会, 2011, CD-ROM.  
 ② 府川裕史, 御手洗義夫, 早野公敏, “セメント改良土におけるフミン酸の強度発現遅延効果と長期強度の予測”, 第45回地盤工学研究発表会, 2010, CD-ROM.  
 ③ 小林貴志, 早野公敏, 御手洗義夫, “フミン酸を用いた低強度セメント改良土の創生に関する基礎的検討”, 第44回地盤工学研究発表会, 2009, CD-ROM.

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

早野 公敏 (HAYANO KIMITOSHI)  
 横浜国立大学・都市イノベーション研究院・准教授  
 研究者番号: 40302632

#### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

#### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: