

有機質土地盤におけるソイルセメントの強度特性に及ぼす添加剤の混合方法の検討

福岡大学大学院

福岡大学工学部

福岡大学大学院

リーフ エア 株式会社

有限会社 宮坂設計

学生会員 椿 貴裕

正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

正会員 廣田 武次

稲元 裕二

宮坂 博信

1. はじめに プレボーリング拡大根固め工法¹⁾は、根固め部を拡大掘削することで高支持力が期待でき、設計上杭本数の軽減を図り杭材料費の削減・工期の短縮に繋がっている。この工法は、杭支持力確保のため杭先端根固め部にセメントミルクを注入し支持層と杭を一体化する手法が取られている(図-1)。しかしながら、対象地盤の土質試料が有機分を多く含む場合、固化反応が阻害されてしまい、所定の強度発現が生じないことが懸念される。また、3日養生圧縮強度が確認されるまでは根固め部に十分なセメント分を確保し品質を担保しているため、多量のセメントを使用することでコスト高などの課題が顕在化している。そこで本研究では、有機分を含む土質試料の強度確保を目的に添加剤の適用の検討を行った。実験では、有機分含有量の異なる2種類の試料を用いて、プレボーリング拡大根固め工法を考慮した添加剤の混合方法に着目し、一軸圧縮強度から添加剤の評価を行った結果について報告する。



図-1 プレボーリング拡大根固め工法

2. 実験概要

2-1 実験試料及び添加剤 本研究で用いた土質試料は、木節粘土と関東ローム（以下、ロームと称す）である。これらの物理特性を表-1に示す。図-2に土質材料の粒径加積曲線を示す。木節粘土は細粒含有率90%以上の粘土であり、ロームは自然含水比140.2%の強熱減量が25.7%の高有機質土である。固化材は普通ポルトランドセメントを使用した。添加剤の添加率は、普通ポルトランドセメントに対する質量比であり、土砂含有量は、セメントミルクに対する質量比である。本研究で使用した添加剤は、土質試料中の陽イオン交換を促進させる性質を有する。粘性土や有機質土は、水和反応が促進されにくく、特に有機質土は、有機化合物イオン中の炭素イオンが固化強度阻害要因となり強度不足が懸念される。これらの要因に対して添加剤を用いることで、固化強度阻害要因である炭素イオンと結合させ、水和反応にも寄与することで反応阻害要因を抑制するとともに強度発現を促すことを可能とするものである。

2-2 実験条件 表-2に実験条件を示す。ソイルセメントの水セメント比は杭を施工する上で一般的に用いられているW/C=60%、混合する土質試料が高含水比かつ孔壁崩壊を防止する杭周固定液が充填された状態を想定するため、液性限界（木節粘土：45.5%、ローム：166.7%）として、土砂含有量は30%として試験を実施した。添加剤の添加率は、4条件(0, 2.0, 4.0, 6.0%)として試験を行った。今回の検討では、杭の施工方法を考慮し、添加剤の混合方法に着目し、表-3に示す3種類の混合方法でソイルセメントを作製した。混合方法Iは、現状の杭の施工方法を模擬し、根固め部での現地土と添加剤を添加したセメントミルクを混合・攪拌する方法である。これに対し、混合方法IIとIIIは、杭の根固め部でまず、水溶液あるいは粉体状の添加剤と現地土を混合させ、有機質土のイオン交換促進を行った後、セメントミルクをする混合・攪拌する方法である。

表-1 物理特性

土質試料	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	含水比 (%)	細粒分含有率 (%)	強熱減量 (%)
木節粘土	2.594	45.5 ^{※1}	94.1	6.5
関東ローム	2.107	166.7 ^{※1}	77.6	25.7

※1：両土砂ともに含水比は液性限界として試験を行った。

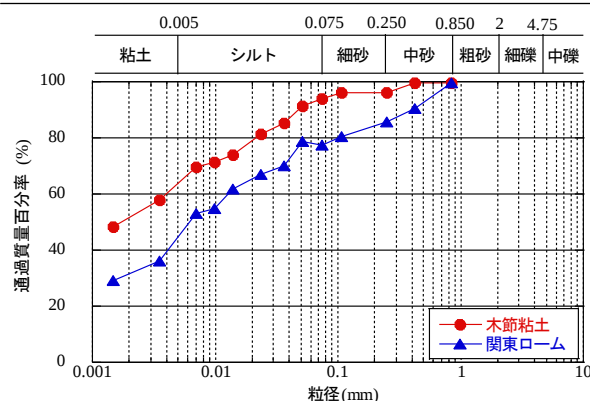


図-2 粒径加積曲線

表-2 実験条件

試料	添加剤添加率 (%)	添加剤 の状態	W/C (%)	土砂含有量 (%)	材齢 (日)
木節粘土	0	粉体	60	30	3
	2.0				7
	4.0				28
関東ローム	6.0				

表-3 試料混合方法

混合方法	特徴
混合方法Ⅰ	現状の杭の施工方法を模擬し、根固め部での現地土と添加剤を添加したセメントミルクを混合・攪拌する方法
混合方法Ⅱ	根固め部でまず水に溶解させた添加剤と現地土を混合させ、有機質土のイオン交換促進を行った後にセメントミルクを混合・攪拌する方法
混合方法Ⅲ	根固め部でまず粉体状の添加剤と現地土を混合させ、有機質土のイオン交換促進を行った後にセメントミルクを混合・攪拌する方法

3. 実験結果および考察

3-1 添加剤の混合方法が根固め部の強度に及ぼす影響

今回の検討における根固め部の強度評価は、既往の研究²⁾から目標の一軸圧縮強度を 10MN/m^2 としている。

3-2 混合方法Ⅰによる検討 図-3 に一軸圧縮強さに及ぼす混合方法Ⅰの影響を土質試料別に示す。木節粘土では添加率 2.0% のとき、最も高い値を示した。しかし、2.0% 以上の添加により強度低下を起こしている。ロームの場合、添加剤の添加率による顕著な強度発現は見られなかった。この混合方法では、セメントミルク内に添加剤を入れたものを土質材料と混合・攪拌することから添加剤によるイオン交換が進まなかったと考えられる。

3-3 混合方法Ⅱによる検討 図-4 に一軸圧縮強さに及ぼす混合方法Ⅱの影響を土質試料別に示す。この混合方法では、添加剤を水に溶かし、土質試料と混合し、イオン交換を図ることを目的としている。しかし、両土質試料ともに添加剤添加による強度発現が全く見られないことがわかる。これは、今回の実験条件における添加剤水溶液の濃度がイオン交換に必要な濃度に達してなかったことが要因となり強度発現が見られなかったと考えられる。

3-4 混合方法Ⅲによる検討 図-5 に一軸圧縮強さに及ぼす混合方法Ⅲの影響を土質試料別に示す。いずれの土質試料においても添加剤の添加により強度増加していることがわかる。特に有機分を多く含むロームに関しては、添加剤による明らかな強度発現が見られる。また、添加剤 2.0%、28 日強度において要求強度以上の強度発現が生じている。このように有機分の含有量が多いロームでは、添加剤を粉体で添加し、十分にイオン交換を促進した後にセメントミルクによる混合・攪拌することにより強度発現することが明らかになった。

3-5 混合方法の評価 図-6 に 28 日養生における一軸圧縮強さに及ぼす試料混合方法別の影響について示す。今回用いた有機分含有量の異なる 2 種類の土質試料において、土質試料と添加剤を粉体状態で事前混合する混合方法Ⅲで要求強度を満たしていることがわかる。有機分を含有する地盤においてイオン交換を目的とする添加剤の適用をプレボーリング拡大根固め工法に適用する場合、添加剤を地盤材料と確実に混合させ、イオン交換を促進させることが重要であることが明らかになった。しかしながら、現行の杭の施工方法である混合方法Ⅰでは、添加剤の機能を発揮させることが困難であることも示された。今後は、現行の杭の施工方法に適用可能にするため、配合条件等の再検討を行う必要があると言える。

4 まとめ

有機分の含有量が多い土質地盤では、粉体状の添加剤を添加し、十分にイオン交換を促進した後にセメントミルクによる混合・攪拌する方法を用いることにより強度発現することが明らかになった。

【参考文献】 1) 今ら：プレボーリング杭工法の根固め部におけるソイルセメントの室内配合試験による強度特性，地盤工学ジャーナル Vol.8, No.4, pp.567-578, 2013. 2) 土屋ら：高支持力埋込み杭の支持力に必要な根固め部の強度に関する研究，建築学会学術講演梗概集，19 巻，第 41 号，PP99-100, 2013.

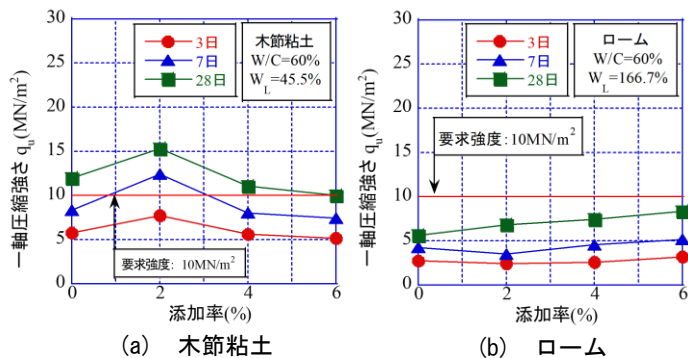


図-3 一軸圧縮強さに及ぼす混合方法Ⅰの影響

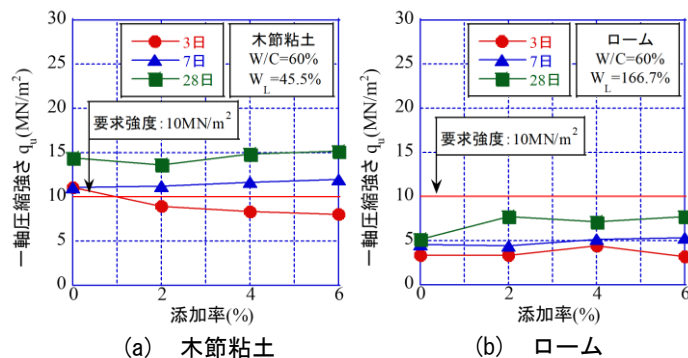


図-4 一軸圧縮強さに及ぼす混合方法Ⅱの影響

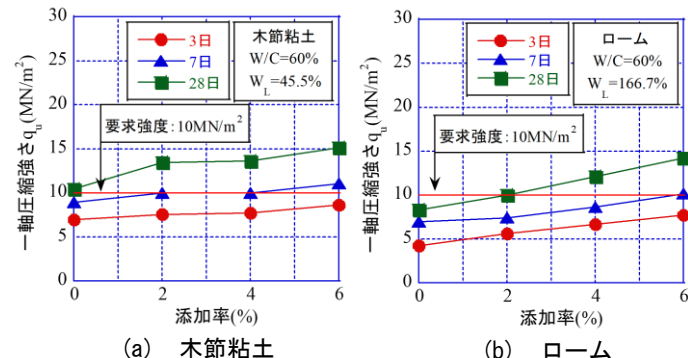


図-5 一軸圧縮強さに及ぼす混合方法Ⅲの影響

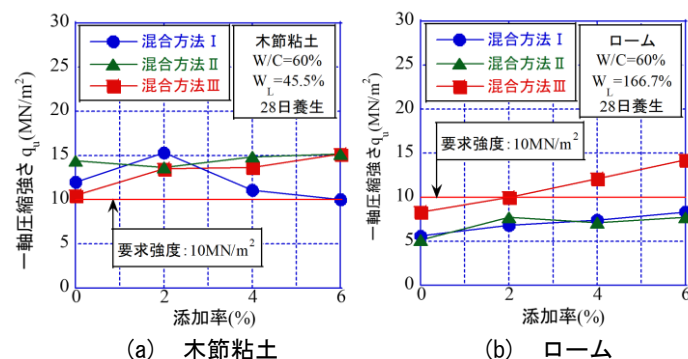


図-6 一軸圧縮強さに及ぼす試料混合方法別の影響 (28 日養生)