土質材料に着目したプレボーリング拡大根固め部のソイルセメントの強度・変形特性

福岡大学大学院　学生会員　椿　貴裕
福岡大学工学部　正会員　佐藤 研一　藤川 拓朗　古賀 千佳嗣
福岡大学大学院　正会員　廣田 武次
リーフ エア㈱　稲元 裕二
㈲宮坂設計　宮坂 博信

1. はじめに　プレボーリング拡大根固め工法は、根固め部を拡大掘削することで高支持力が期待でき、設計上の杭本数を減らすことができ、杭材料費の削減・工期の短縮に繋がっている。**図-1** にこの工法の杭先端部のイメージ図を示す。杭の先端部にセメントミルクを注入し支持層と一体化させる手法が取られており、現地土とセメントミルクを混合させたソイルセメントの適切な強度発現が求められる。しかし、根固め部には掘削残土及び孔壁崩壊を防止する杭周固定液が充填され、注入されたセメントミルクはプラントで混錬された状態と相違する。これらを踏まえ現在、根固め部から未固結状態のソイルセメントを採取し 28 日養生の圧縮強度を確認する品質管理が行われている。また、3 日養生圧縮強度が確認されるまでは規定の 2 倍程度のセメントミルクを孔内に注入し、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のが現状である。そこで本研究では、根固め部の確実な強度確保を図るため塩化化合混合物を主体とした混和剤を用い、セメントミルクと掘削残土が混合した状態での強度発現効果について特に土質試料に着目し一軸圧縮強度にて評価した結果について報告する。

図-1　杭先端のイメージ図

2. 実験概要

2-1　実験試料及び混和剤　本研究では、セメントミルクに混合した土質試料は、砂質土を想定し珪砂 5 号(以降、珪砂)、木節粘土、関東ローム(以降、ローム)とし、これらの物理特性を**表-1** に示す。

表-1　物理特性

実験試料	土粒子の密度 ρ_d (g/cm^3)	均等係数 Uc	曲率係数 U'c	細粒分含有率 F_C(%)	強熱減量 Li(%)
珪砂	2.655	1.8	1.1	-	0.2
木節粘土	2.594	-	-	94.10	6.5
ローム	2.844	-	-	80.15	25.8

図-2 に土質試料の粒径加積曲線を示す。珪砂は、ほぼ単一粒径で、木節粘土は細粒分が 90%以上の粘性土である。また、ロームは、有機質分を 25.8%含む高有機質粘性土である。固化材は、普通ポルトランドセメントを使用した。実験に用いた混和剤は、アルカリ土類金属の塩化化合混合物であり、セメントによる固化を補助する役割を有している。混和剤の添加量は**表-2** に示す通り 0～9.0%の範囲で土質試料の強度発現を見ながら決定しており土質試料によって異なっている。ここで、混和剤の添加量は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。

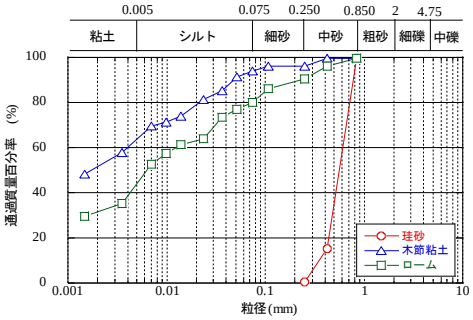


図-2　粒径加積曲線

2-2 実験条件　**表-2** に供試体の作製条件を示す。ソイルセメントの水セメント比は現在一般的に使用されている W/C=60%、混合する土質試料は現場の状態を想定し、含水比(20%)、ロームは自然含水比(140%)で試験を実施した。土砂含有量は30%と一定にし、**表-2** に示すように混和剤を添加し、混合攪拌し試料を作製した。試料はブリーディングを考慮しカラー付きのモールド(直径 50mm, 高さ 100mm)に流し込み供試体を作製した。**写真-1** にモールドの外観を示す。供試体は、約 20℃の室内で所定の日数養生後、一軸圧縮試験を実施した。

表-2　作製条件

実験試料	混和剤 (%)	土砂含有率 (%)	水セメント比 (%)	材齢 (日)
珪砂	0～9.0	30	60	3 7 28
木節粘土				
ローム				

写真-1　モールド

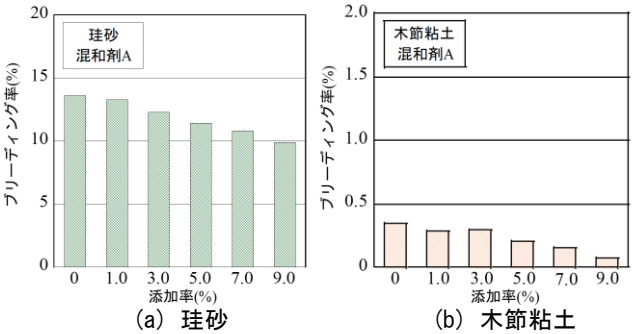
2-3 ブリーディング試験　この試験(JIS A 1123)は、作製したソイルセメントをポリエチレン袋に入れ 3 時間養生後、ソイルセメント全体の体積(a)を量り、供試体上面に浸み出した水の体積(b)を吸い取り、ブリーディング率(b/a×100)を求めた。

キーワード　根固め部，一軸圧縮強さ，有機物含有量，
連絡先　〒814-0180　福岡市城南区七隈 8-19-1　福岡大学工学部　TEL092-871-6631(ext.6464)

© Japan Society of Civil Engineers

3. 実験結果および考察

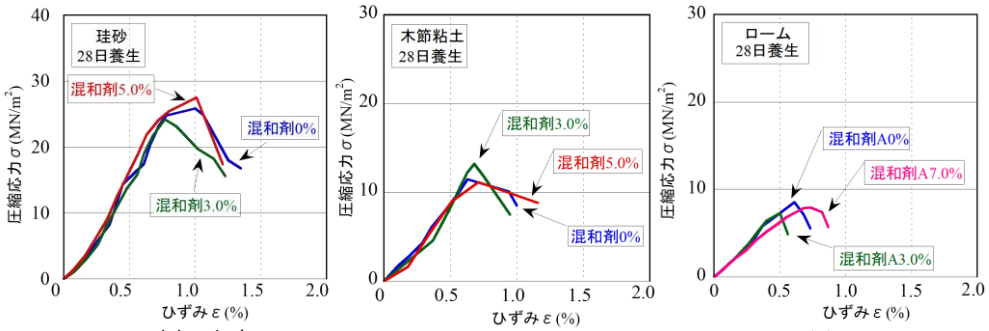
3-1 ブリーディング特性 図-3 にブリーディング率に及ぼす土質試料の影響を示す。ここでロームについて材料分離が発生しなかったため示していない。両土質材料も混和剤の添加量が増加するとブリーディング率が低下しており、材料分離を抑える効果があることを示している。珪砂のブリーディング率は、木節粘土と比較すると非常に高く、このような材料分離は、ソイルセメントのセメントや混和剤による固化効果を減少させることから均一粒径の砂質土における杭の根固めでは、材料分離に注意する必要がある。



(a) 珪砂 (b) 木節粘土

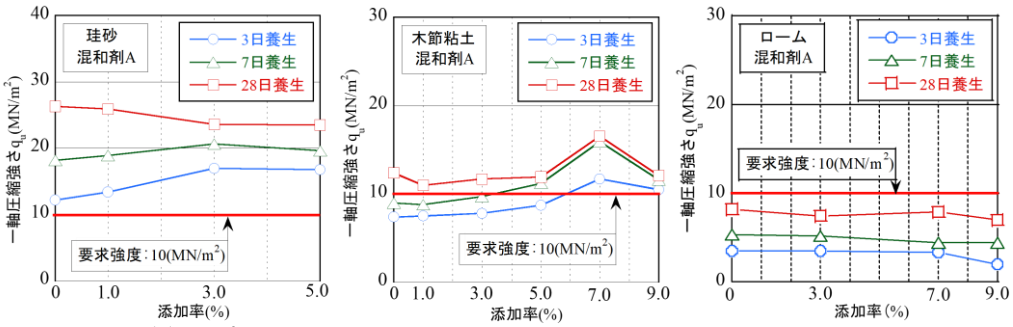
図-3 ブリーディング率に及ぼす混和剤の影響

3-2 ソイルセメントの強度変形特性に及ぼす混和剤の影響 図-4 に 28 日養生の珪砂、木節粘土、ロームの混和剤添加量を変化させた一軸圧縮試験結果を示す。圧縮強度は、混和剤の添加に関係なく、粒径の大きな珪砂が高い値を示している。また、有機物含有量を多く含むロームは普通ポルトランドセメントの固化効果を有機分により阻害されるため、有機物含有量が少ない木節粘土に比べて低い強度を示している。図-5 に珪砂、木節粘土、ロームの一軸圧縮強さと混和剤添加率の関係について養生日数ごとに取りまとめている。既往の研究より根固め部の要求強度(10MN/m^2) [1]と比較すると、珪砂は養生早期から強度発現が見られた。また、混和剤を添加しない場合においても、要求強度を上回っている。木節粘土は、3 種類の土質試料の中で最も混和剤の影響が顕著に生じており、添加率 7.0%にて最も強度増加が大きいことが分かる。このことから、混和剤添加には最適な添加量があることが確認された。一方、有機物含有量が多いロームは、混和剤による効果は見られず、7.0%以上で強度低下を示している。これは有機分を多く含む土質試料は、セメント固化を阻害する成分であるフミン酸が含まれている理由が大きいと考えられる [2]。図-6 に各土質試料の変形係数 E_{50} と混和剤添加率の関係を示す。各土質試料とも最適な添加量を添加させることで供試体の剛性は増加している。このようなソイルセメントの剛性の増加は、杭先端部の定着において有利と考えられ、混和剤の有効性が伺える。



(a) 珪砂 (b) 木節粘土 (c) ローム

図-4 一軸圧縮試験結果、（２８日養生）



(a) 珪砂 (b) 木節粘土 (c) ローム

図-5 一軸圧縮強さに及ぼす混和剤添加の影響

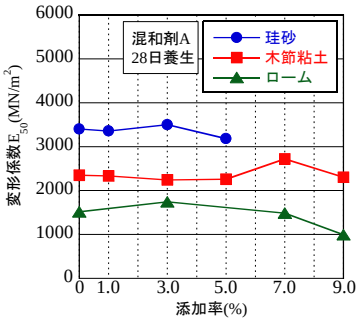


図-6 変形係数 E_{50} に及ぼす混和剤の影響

4 まとめ 1) 単一粒径である珪砂は、十分な早期強度が伺え、混和剤の添加の効果は養生早期に生じる。2) 有機質分が少ない粘性土では、最適な混和剤を添加することはソイルセメントの強度と剛性の増加に繋がり、杭の定着に有効である。一方、有機質分を多く含む土質試料に対しては、混和剤の効果が見られなかった。今後、土質試料への最適な混和剤添加量と有機物含有量の関係性を検討することが必要である。

【参考文献】 1) 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，日本建築学会技術報告書，第 19 巻，第 41 号，pp95-100, 2013. 2)一般社団法人日本建設業連合会：高支持力埋込み杭の根固め部の施工管理方法の提案，p.11,2013.

© Japan Society of Civil Engineers