

超微粒子セメントを地盤に設置する袋状織布への注入に用いた基礎実験

九州工業大学大学院 学生会員 ○東 竜太郎
 九州工業大学大学院 国際会員 永瀬 英生 廣岡 明彦
 九州工業大学大学院 正会員 小田 真也

1. はじめに

グラウンドアンカーは地盤に鋼材などの引張材を挿入してセメントで地盤と一体化させ、地盤の滑動に積極的に抵抗させるシステムである。図 1 にグラウンドアンカーの配置図を示す。引張力の伝達には地盤の周面摩擦力に大きく依存しており、本来施工には頑強な地盤が必要となる。一方でそのような地盤に適用することができず、砂層などの空隙の大きな地盤にアンカーを設置しなければならない場合、地盤と接する部分にセメントが流出し、十分な強度を持つアンカー一体が造成できない恐れがある。

これを防止する方法として袋状織布を用いたアンカー一体部のセメントの流出保護がある。アンカー一体を確実に形成しつつ、袋状織布から流出したセメントミルクによるアンカー体の拡張、空隙への流入による地盤改良の副次的効果も期待される。

本実験では空隙が大きく緩い地盤を想定し、模擬地盤を作製してセメントミルクを注入し、地盤内でのセメントミルクの挙動を調べた。本実験ではセメントとして粒径が小さく高い浸透性が期待される超微粒子セメントを採用し、袋状織布からの流出、地盤への浸透を検証した。また、模型地盤は細粒分の影響を考慮するため二次しらすで作製して実験を行った。

2. 実験概要

超微粒子セメントの二次しらす地盤への浸透性を検証するため無加圧浸透試験と加圧注入試験を行った。図 2 は無加圧浸透試験の模擬地盤の様子を示したものである。無加圧浸透試験では 13L(リットル)

程度の容積を持つ箱に対して直径 6.6cm のセメント注入口を確保し、相対密度 Dr が 50%になるように土を詰めて豊浦珪砂と二次しらす地盤の二つの模擬地盤を作製した。同様に地盤の締固め具合が緩い状態において検証するため、二次しらす土で $Dr=30, 40\%$ に調整した模擬地盤を作製した。これらの地盤に $W/C=60\%$ で配合した超微粒子セメント、普通ポルトランドセメントを無加圧で注入し、固結体径からセメントの浸透性を考察した。

無加圧注入試験の結果を受けて加圧注入試験を実施した。直径 20cm、高さ 100cm の円筒内部に直径 10cm の注入口を設け、 $Dr=30\sim40\%$ になるように二次しらす土を詰めて模擬地盤を作製した。これに対し超微粒子セメントグラウトを 0.15~0.3MPa の圧力で加圧注入して固結体を取り出し浸透の挙動を検証した。

3. 実験結果と考察

表 1 に無加圧浸透試験でのセメント固結体径を計測した値を示す。セメントを注入した径の大きさは 6.6 cm であり、この大きさと比較する。 $Dr=40\%$ の場合、超微粒子セメントが普通セメントよりも大きな径をとっていることがわかる。浸透したセメントが固結体を形成したことから超微粒子セメントが高い

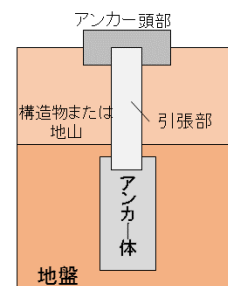


図 1 アンカー配置図



図 2 無加圧浸透試験の模擬地盤

表 1 無加圧試験の結果

普通セメント	上	中	下	普通セメント	上	中	下
1	6.72	6.63	6.73	1	7.40	6.81	8.33
2	6.65	6.72	6.82	2	7.35	7.01	7.89
3	6.62	6.63	6.84	3	7.42	6.89	8.32
平均	6.66	6.66	6.80	平均	7.39	6.90	8.18
超微粒子セメント	上	中	下	※ $Dr=30\%$ 条件 超微粒子セメントは 地盤に流出し、固結形状を とらなかった			
1	6.74	6.65	7.14				
2	6.74	6.74	7.20				
3	6.75	6.89	7.06				
平均	6.74	6.76	7.13				

(左: $Dr=40\%$ 右: $Dr=30\%$ 二次しらす)

普通セメント	上	中	下	普通セメント	上	中	下
1	6.78	6.70	6.70	1	6.69	6.75	6.73
2	6.79	6.82	6.71	2	6.80	6.73	6.73
3	6.68	6.60	6.61	3	6.73	6.73	6.72
平均	6.75	6.71	6.67	平均	6.74	6.74	6.73
超微粒子セメント	上	中	下	超微粒子セメント	上	中	下
1	6.68	6.65	6.89	1	8.11	8.11	7.85
2	6.65	6.70	6.80	2	8.11	7.90	7.80
3	6.88	6.70	6.80	3	8.10	7.89	7.65
平均	6.74	6.68	6.83	平均	8.11	7.97	7.77

(Dr=50% 左:二次しらす 右:豊浦珪砂)

浸透性を発揮したと考えられる。ただし、普通セメントは Dr が小さくなるほど径は大きくなっている。

地盤に注目すると豊浦珪砂において二次しらすよりも大きな径の固結体が確認できる。これは二次しらすに含まれる細粒分が空隙を満たし、セメントの浸透を妨げたことが一因と思われる。

また二次しらすの結果より考察すると相対密度が低いほど大きな径をとり、浸透していることがわかる。しかし普通セメントに着目すると径は超微粒子セメントほど大きくなっておらず、前述の細粒分による作用がより支配的であることも考えられる。

以上のことから超微粒子セメントの応用は地盤への高い浸透性を発揮することがわかった。一方で細粒分を多く含む地盤ではセメントの浸透を阻害する結果も得られた。

以上の結果を受けてよりグラウンドアンカーのアンカー体に近い形になるように加圧注入試験を行った。図 3 に本実験で準備した模擬地盤を示す。養生後に地盤から取り出したセメント固結体にはフェノールフタレイン溶液をスプレーし、付着した土にどの程度セメントが浸透したのかを確認した。図 4 が模擬地盤から取り出したセメント固結体である。地盤は相対密度 Dr の異なる 2 つを用意し、相対密度による固結の様子の変化を検証した。

全体を見た際の固まり方に関して、相対密度が大きな $Dr=40.3\%$ のケースの方が地盤の下部へ集中してセメント分が浸透していることがわかる。袋状織布の下部のキャップ部も凝結したセメントと砂で覆われており、土へのセメントの浸透も地盤下部に集中していることが観察できた。一方で $Dr=31.0\%$ のケースではセメントが集中せず地盤全体に均等に浸透している。地盤下部への浸透もキャップを覆うほど大きなものはなく、セメントが全体に分散している様子がみられた。

相対密度が大きなケースでは、図 4 の結果よりセメントが模擬地盤に加圧注入される際に地盤下方にセメントグラウトが集中して注入、浸透したものと見える。地盤に注入されたセメントが相対密度の高さと細粒分含有率から地盤全体には浸透することができず、地盤の下方に集中して加圧されたため、図に示す形状を取ったと考えられる。

一方で相対密度の低いケースにおいては注入初期から全体に均等にセメントが浸透していったものと考えられる。無加圧注入試験で $Dr=30\%$ の二次しらす地盤に注入するケースではセメントがほとんど流出してしまったことから、加圧条件においても同様の現象が起こったものと考えられる。その条件で加圧されたためセメントグラウトが地盤下部に関わらず全体に浸透し固結した結果であると思われる。

また、グラウンドアンカーのアンカー体として本実験の固結体の形状を見ると、下方にセメント固結体が集中した形状は引張における高い強度が期待される。また、全体が膨らんで凝結した $Dr=31.0\%$ のセメント固結体においてもアンカー半径が拡大することによるアンカー引張強度の増加が考えられる。

4. 結論

本研究では以下の知見が得られた。

- ・無加圧浸透試験
 - (1) セメントは地盤の相対密度が小さいほど大きく浸透する。
 - (2) 超微粒子セメントは通常地盤に対して高い浸透性を発揮するが、一方で二次しらすなどの細粒分が多く含まれる地盤に対して加圧なしでの浸透は難しい。
- ・加圧注入試験
 - (1) 相対密度が大きくセメントが浸透しにくい地盤ではセメントは下部に集中して浸透する。
 - (2) 相対密度が小さなセメントが浸透しやすい地盤ではセメントは全体へ均等に浸透する。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本アンカー協会:グラウンドアンカー設計施工マニュアル, pp.3~27, 81~106.
- 2) 吉田他:超微粒子セメントの細粒分質砂への浸透性向上に関する考察, 太平洋セメント研究報告書第 169 号, pp.62-69, 2015.



図 3 加圧注入試験の模擬地盤

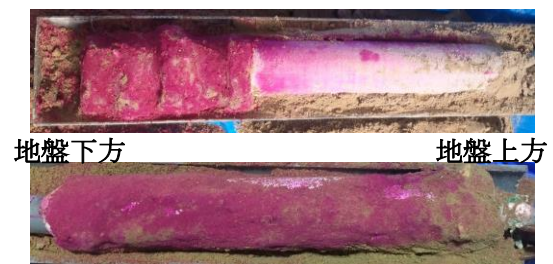


図 4 加圧注入試験でのセメント固結体
(上: $Dr=40.3\%$ 下: $Dr=31.0\%$)