

超微粒子系セメント注入による改良体の形状について

明石工業高等専門学校 正会員 ○鍋島康之
明石工業高等専門学校 専攻科 吉岡佑太

1. はじめに

地盤改良工法の一つであるセメント固化材系注入工法は、注入材が粒子であるために、地盤への浸透性はその粒子の大きさにより制限される。砂質土地盤に十分に浸透し、かつ強度発現性に優れた注入材料として極超微粒子セメントがある¹⁾。本研究では粒径の小さい超微粒子系セメント固化材の注入として、超微粒子セメント、極超微粒子セメントの2種類の注入挙動ならびに改良体について検討する。これらの超微粒子系セメントは汎用セメントの10~20 μm に比べ粒径が小さいため、注入挙動ならびに改良体の形状については不明な点が多い。そこで本研究では、超微粒子系セメントを模型砂質地盤に注入することにより、注入挙動ならびに固化後の改良体の形状について解明することを目的に、砂質模型地盤への三次元注入試験を行った。

2. 微粒子系セメントの特性

本研究では、セメントの粒径の差による浸透性能を比較するために、超微粒子セメント(平均粒径4 μm)、極超微粒子セメント(平均粒径1.5 μm)の2種類のセメントを使用した。一般的な汎用セメントの平均粒径10~20 μm である。国内では、粒径によるセメントの分類は特に定められていないが、平均粒径が8 μm 程度のセメントを微粒子セメント、4 μm 程度あるいはそれ以下のセメントを超微粒子セメントとする場合が多い。

超微粒子系セメントの用途としては、本研究が対象とするような砂質地盤への実用例は少なく、現在使用されている実例²⁾としては、粒径が小さく細かいひび割れまで浸透できる利点を活かし、トンネルにおける止水及び地山補強、ダム・堰堤の各種グラウト材、などが主な使用例である。このように、止水対策として微粒子系セメントが使用されているが、極超微粒子セメントのように粒径が小さいセメントの開発により、地盤への浸透性が改善されてきている。このため、適用範囲が拡大し、細粒分を含む地盤への適用が可能になってきている。



図1 三次元注入試験装置

3. 浸透試験

本試験では、砂質試料として珪砂を用いて模型地盤を作製し、珪砂の粒径および超微粒子系セメントの粒径を変えて三次元注入試験を行った。予備試験結果から珪砂6号を採用した場合には浸透挙動に差が見られなかったため、三次元注入試験では珪砂7号、8号を用いることにした。

三次元注入試験を行うにあたり、ポンプからセメントグラウトを直接注入できるように図1のような試験装置を作製した。土槽は図2に示すような変形しないステンレス製の高さ60cm、直径47cmのドラムを使用した。珪砂7号または8号120kgを高さ50cmまで砂を充填することで密度を1.38g/cm³に調整した。

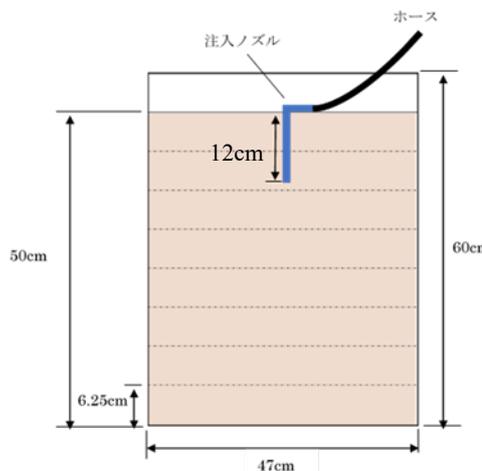


図2 三次元注入土槽寸法

キーワード 極超微粒子セメント, 地盤改良, 注入試験, 改良体
連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 TEL 078-946-6170

セメントグラウトは、表1のようにセメント 250g, 水 2000 g で水セメント比 800%とし、セメント量に対し 1.5%の分散剤を加えた。攪拌時間 3分とし、攪拌後すぐにポンプから吐出量 2.3L/min で注入する。砂質試料の粒形

表1 三次元注入試験条件

	材料	セメント	W/C	攪拌時間	吐出量
CaseI	珪砂	超微粒子セメント	800%	3min	2.3 L/min
CaseII	7号	極超微粒子セメント			
CaseIII	珪砂	超微粒子セメント			
CaseIV	8号	極超微粒子セメント			

とセメントグラウトの粒形を変化させて、表1に示す Case I ~Case IVの4ケースについて試験を行った。注入日から2日後に、改良体を土槽から掘り出し、直交する2つの面で改良体の直径を 2cm 間隔で計測して、改良体の形状を比較した。

4. 注入試験

図3, 4は微粒子系セメント注入後の改良体形状である。珪砂7号の地盤に対して、Case I では水平方向での最大直径が 20.2mm, Case II では 23.3mm であり、極超微粒子セメントの方が 2.1mm 大きい。鉛直方向に関しても Case I では 24.5mm, Case I では 26.0mm であり、水平方向同様、極超微粒子セメントの改良体大きい。この結果より、注入によるセメント注入後に生じる改良体の大きさには、セメント粒径が影響することがわかる。次に、珪砂8号の結果より、Case IIIでは水平方向での最大直径が 10.2mm, Case IVでは 14.0mm であり、極超微粒子セメントの方が 3.8mm 大きい。鉛直方向に関しても Case IIIでは 16.5mm, Case IVでは 23.6mm であり、水平・鉛直方向共に珪砂7号の結果よりも、超微粒子セメントと極超微粒子セメントの差が現れた。この結果から、平均粒径 0.18mm の珪差7号の方が、平均粒径 0.11mm の珪差8号より超微粒子系セメント注入による固化範囲が大きくなった。

また、改良体の形状は珪砂7号に対しては球型のような改良体が形成され、珪砂8号のような地盤に対しては涙滴型の改良体が形成された。今回の試験では、吐出口(深さ 12cm)が鉛直下向きであったため、平均粒形が小さくなり注入が困難になるほど、水平方向よりも鉛直方向へ改良体が形成されることがわかり、注入方向に影響を受けることがわかった。

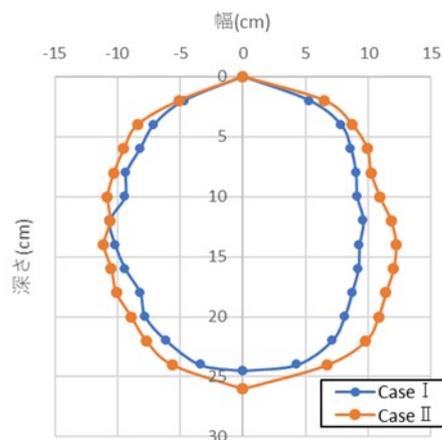


図3 Case I・IIの改良体寸法

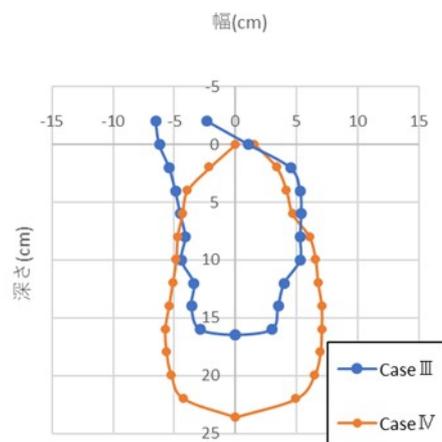


図4 Case III・IVの改良体寸法

5. まとめ

砂質試料の粒形とセメントグラウトの粒形を変化させて三次元注入試験を行った結果、改良体の形状はセメントグラウトの粒形が小さいほど改良体は大きくなることがわかった。また、圧入方向が鉛直下向きの場合、珪砂7号(平均粒径 0.18mm)では球型になり、珪砂8号(平均粒径 0.11mm)では涙滴型の改良体が形成された。

謝辞 今回使用したセメント系固化材は日鉄住金セメント(株)から提出して頂いた。固化材ならびに様々な助言に対して、ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 小泉, 田中, 竹内, 金沢, 西垣: 極超微粒子注入材による地盤改良工法の開発, 地盤改良シンポジウム論文集 Vol.9, pp.237~242, 2010. 2) 竹内: 高い浸透性能を発揮する「極超微粒子セメント注入材料」, 北陸地方建設事業推進協議会平成29年度建設技術報告会報告集, pp.82~85, 2017.