

逸走防止型極超微粒子セメントの材料特性

日鉄住金セメント株式会社 正会員 ○ 青 由起雄

同上 正会員 金沢 智彦

同上 土谷 光輝

1. はじめに

極超微粒子セメントは液状化対策、耐震補強、止水を目的として地盤中に注入し、その特性は砂質土地盤に十分に浸透し、強度発現性に優れ、なおかつ耐久性の高い注入材料である¹⁾。しかし極超微粒子セメントは地盤への浸透性を確保するため、高性能分散剤を使用して粒子を極力一次粒子まで分散し、その状態を長時間保持している。この分散保持は長時間に及ぶことから、透水係数の大きい地盤ではセメント粒子が留まることなく地下水の流れとともに逸走する場合がある。そこで、注入性の確実性を向上させることを目的として、一液型の逸走防止型極超微粒子セメントの開発を行っている。本報告では、極超微粒子セメントに逸走防止性能を付与した注入材料の物性について述べる。

2. 極超微粒子セメントの概要

逸走防止型極超微粒子セメントは、透水係数の大きな地盤におけるセメントミルクの逸走を防止するため、セメント系急硬材を配合し、セメントスラリーの粘度が上昇を開始する時間(粘度上昇開始時間)を調整できるセメント系注入材料である。音叉型振動式粘度計による粘度測定の結果を図-1に示す。極超微粒子セメントの場合、混合攪拌直後の粘度は約 $2.5\text{mPa}\cdot\text{s}$ 、混合攪拌から150分経過後においても粘度は変わらない。一方、逸走防止型極超微粒子セメントの粘度は混合攪拌直後では、極超微粒子セメントとほぼ同程度であるが、時間の経過に伴い急激に上昇する。また、セメントスラリーの粘度上昇開始時間は分散剤の添加量により調整が可能であり、分散剤の添加量1.00%では約80分、1.25%では約100分である。逸走防止型極超微粒子セメントのセメントスラリーは粘度上昇開始時間までは極超微粒子セメントと同等の圧送性が得られる。図-2にレーザー散乱・回折法により測定した極超微粒子セメントと逸走防止型極超微粒子セメントの粒径加積曲線を示す。逸走防止型極超微粒子セメントの平均粒径(D50)は $1.7\mu\text{m}$ であり、極超微粒子セメント(D50= $1.5\mu\text{m}$)と同程度である。

3. 試験概要

逸走防止型極超微粒子セメントに求めた性能は、材料分離が少ないこと、透水係数が大きい砂層に注入した時セメントスラリーが逸走せず設計通りの改良体を得られること、得られた改良体は高強度であることである。表-1に試験方法を、表-2にセメントスラリーの配合を示す。逸走防止型極超微粒子セメントの材料特性の把握を目的としてブリーディング試験、

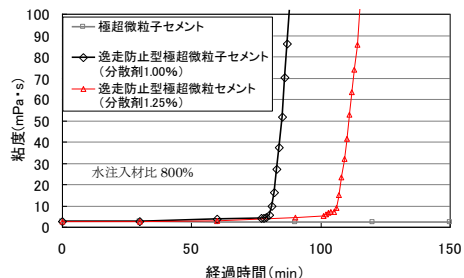


図-1 粘度測定の結果

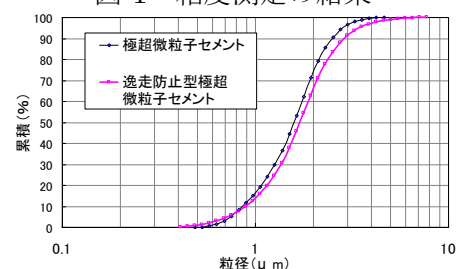


図-2 粒径加積曲線

表-1 試験方法

試験項目	試験方法
ブリーディング試験	「JSCE-F 532」ポリエチレン袋法に準拠 水注入材比800%
三次元注入試験 (飽和地盤)	水注入材比800% 砂層条件: 砂層寸法 φ40×h50cm, 間隙率42%, 6号珪砂, 5号珪砂, 4号珪砂を使用
一軸圧縮試験	3次元注入試験改良体より採取 φ5×h10cm 材齢7日

表-2 セメントスラリーの配合

注入材	水注入 材比 (%)	配合(L)		
		水 (分散剤込 み)(g)	注入材 C (g)	分散剤 (C×%)
極超微粒子セメント	800	960	120	1.50
逸走防止型 極超微粒子セメント	800	960	120	1.00～1.25

表-3 透水係数

砂の種類	透水係数(m/s)
東北珪砂 6号	4.4×10^{-4}
5号	1.5×10^{-3}
岩手珪砂 4号	1.7×10^{-3}

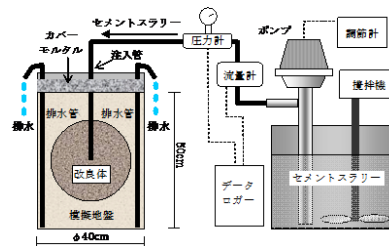


図-3 三次元注入装置

キーワード 地盤注入工法、極超微粒子セメント、逸走防止、高炉スラグ、浸透性、粒径

連絡先 〒050-8510 室蘭市仲町 64 番地 日鉄住金セメント(株) TEL 0143-44-1697

三次元注入試験を行った。また、注入後は改良体からコアを採取し一軸圧縮試験を行った。表-3 に砂層の透水係数を、図-3 に三次元注入装置を示す。三次元注入試験の注入量は、設計改良径 $\phi 30\text{cm}$ 、充填率 120% とし、式(1)により算出した。なお、注入速度は 0.5L/min とした。実験に使用した逸走防止型極超微粒子セメントにおけるセメントスラリーの粘度上昇開始時間は、注入率 40%、注入速度 20L/min の条件で改良径 2m の改良体に必要な注入時間となる 80 分程度とした。セメントスラリーの作液は水、ポリカルボン酸系分散剤、セメントを高速ミキサーで 3 分間混合攪拌した。

$$Q = V \times n \times \alpha \times 1000 = (4/3 \times \pi \times r^3) \times 0.42 \times 1.20 \times 1000 = 7.13 \text{ (L)} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、Q：注入量(L)，V：改良体の体積(m^3)，r：半径(m)，n：間隙率(%)， α ：充填率(%)

4. 試験結果

(1) ブリーディング率

表-4 にブリーディング率を示す。極超微粒子セメントの 24 時間経過後におけるブリーディング率 54% に対し、逸走防止型極超微粒子セメントは 13% であり、高い分離抵抗性が確認された。この分離抵抗性は、セメントスラリーが沈降する前に粘度上昇開始時間に達し、硬化したためと考えられる。

表-4 ブリーディング率

材料名	ブリーディング率(%)
極超微粒子セメント	54
逸走防止型極超微粒子セメント(分散剤1.00%)	13
逸走防止型極超微粒子セメント(分散剤1.25%)	13

(2) 三次元注入試験

改良体の出来形を図-4 に示す。また改良体の状況を写真-1 に示す。極超微粒子セメントは透水係数が 10^{-4}m/s オーダーの砂層では、ほぼ設計通りに球状の改良体を得られたが 10^{-3}m/s オーダーの砂層では、歪な形状でなおかつセメントスラリーが下方に逸走し硬化した状態であった。一方、逸走防止型極超微粒子セメントは透水係数 10^{-4}m/s 、 10^{-3}m/s オーダーいずれの砂層においても、ほぼ設計通り球状の改良体を得ることが出来た。注入完了後、セメントスラリーが逸走する前に粘度上昇開始時間に達し、砂の間隙にとどまったことを示している。

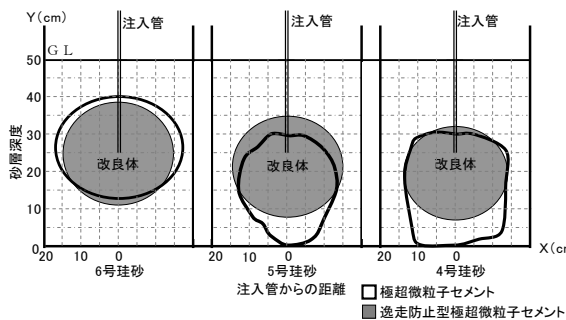


図-4 改良体の出来形



写真-1 改良体の状況

(3) 一軸圧縮試験

一軸圧縮強さを図-5 に示す。材齢 7 日における極超微粒子セメントの一軸圧縮強さは 6 号珪砂、5 号珪砂、4 号珪砂それぞれで 940kN/m^2 、 390kN/m^2 、 220kN/m^2 である。一方、逸走防止型極超微粒子セメントの一軸圧縮強さは、6 号珪砂、5 号珪砂、4 号珪砂それぞれで 2270kN/m^2 、 1300kN/m^2 、 1030kN/m^2 となり、極超微粒子セメントより高い圧縮強さを示した。砂層の間隙内でのセメントスラリーのブリーディングが少なく十分に充填されているためと考えられる。

5. まとめ

逸走防止型極超微粒子セメントの材料特性は、以下のようにまとめられる。①極超微粒子セメントに比べ高い分離抵抗性を示した。② 10^{-3}m/s オーダーの砂層において、セメントスラリーの逸走が防止でき、ほぼ設計通りの改良体を得ることが出来た。③一軸圧縮強さは 6 号珪砂、5 号珪砂、4 号珪砂それぞれで 2270kN/m^2 、 1300kN/m^2 、 1030kN/m^2 となり、極超微粒子セメントより高い値を示した。

参考文献 1) 金沢ら：極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発（その 1）—材料特性—，土木学会第 65 回年次学術講演会，2010。

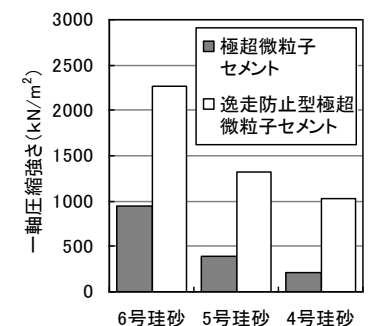


図-5 一軸圧縮強さ