

# 極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発 ―室内浸透特性―

鹿島建設株式会社 正会員 ○ 小泉 悠 田中 俊行  
 岡山大学大学院 正会員 西垣 誠  
 日特建設株式会社 正会員 竹内 仁哉  
 日鐵セメント株式会社 正会員 金沢 智彦

## 1. はじめに

著者らは、高い浸透性、高い強度発現性、高い耐久性を有する極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発に取り組んでいる<sup>1)</sup>。極超微粒子注入材は、従来の超微粒子注入材よりさらに粒子径が小さく、これまで懸濁型注入材では注入が困難であった地盤にも浸透し、注入工法の適用地盤を拡大できると期待される。本論文では、室内一次元注入試験を実施して、極超微粒子注入材の浸透特性について調査した結果を報告する。

## 2. 試験方法

室内一次元注入試験の概略図を図-1に示す。試験地盤は、東北ケイ砂7号と8号を1:1で混合した試料をからなり、その物性を表-1に示す。試験地盤は内径50mm、長さ1025mmの亚克力筒に、所定の間隙率となるよう層厚25mmずつ試料を投入し、ランマーを用いて突き固めることで作製した。亚克力筒の上下にフィルター層を25mmずつ設けて、試験地盤の長さは975mmとした。はじめに、圧力を徐々に上昇させながら、試験地盤を通水させ、圧力と流量が比例関係を保つ限界圧力を調べた結果、0.50MPaを得た。極超微粒子注入材の配合は、水セメント比(以下W/C)400%, 600%, 800%, 1200%, 1600%の5ケースとし、試験地盤を完全に飽和させた後、高速ミキサーで3分間攪拌して作液したグラウトを先述した限界圧力で筒底部より注入した。また、市販の超微粒子注入材(W/C=800%)および溶液型薬液注入材、懸濁系薬液注入材についても同様に試験し、比較した。注入量は、間隙体積に相当する823mlとし、上部から排出される間隙水が注入量に達したときに、試験を終了した。試験終了後、3日程度経過したときの試験地盤の状況を写真-1に示す。注入材が浸透した領域は緑色を呈しているが、これは高炉急冷砕スラグに含まれるFeやMnが、還元性の雰囲気中でFe<sup>2+</sup>やMn<sup>2+</sup>として存在するためである。このようにして、セメントの水和および硬化を確認してから、試験地盤を10cmごとに切断して供試体を作製し、材齢7日で一軸圧縮試験を実施した。

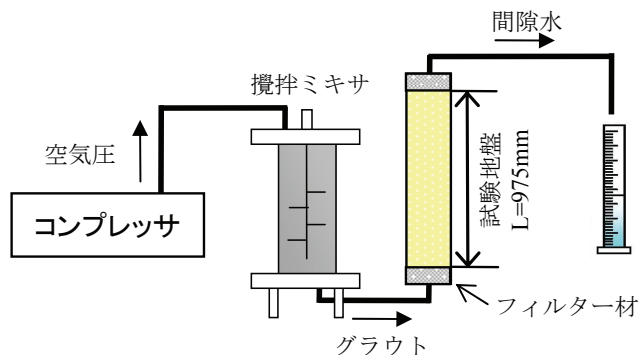


図-1 室内一次元注入試験の概略図

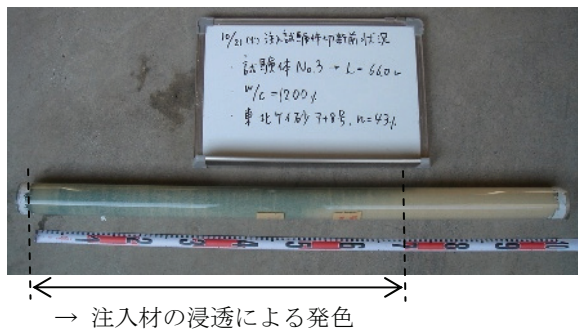


写真-1 注入後の試験体（極超微粒子 W/C=1200%）

表-1 試験地盤の物性

| 試料                     | 間隙率 (%) | 細粒分含有率 (%) | 相対密度 (%) | 透水係数 (cm/s)                   | 限界注入圧 (MPa) |
|------------------------|---------|------------|----------|-------------------------------|-------------|
| 東北ケイ砂 7・8号混合砂 (混合率1:1) | 43      | 21         | 87       | $1.5 \sim 2.5 \times 10^{-3}$ | 0.50        |

キーワード 極超微粒子注入材, 室内試験, 浸透長, 改良強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-7706

### 3. 試験結果と考察

注入量と時間の関係を図-2に示す。懸濁系薬液注入材は、注入量約 80mℓ で注入速度がほぼ 0 となり、全量注入できなかった。全量注入するまでに最も時間を要したのは超微粒子注入材(W/C=800%)で、曲線の傾きが時間の経過に伴って、緩慢となることが分かった。これは、セメント粒子により試験地盤の間隙が目詰まることで、注入速度が徐々に低下していったためと考えられる。一方、極超微粒子注入材の場合、注入量と時間の関係はほぼ直線で、濃度が薄いほど注入速度が速くなることが分かった。W/C=400, 600, 800, 1200%では、注入中に、排出口からの注入材の流出も視認された。

次に、一軸圧縮試験σ<sub>7</sub>の結果を図-3に示す。横軸の供試体番号のNo.1が注入口側、No.9が排出口側の供試体を示す。懸濁系薬液注入材は、いずれの供試体も一軸圧縮強さはほぼ 0 であった。超微粒子注入材(W/C=800%)では、供試体 No.2 から No.3 で一軸圧縮強さが急激に低下し、No.4 以降でほぼ 0 となった。注入口から 20~30cm 付近でセメント粒子が目詰まりし、分離した水のみが浸透して排出されたと考えられる。一方、極超微粒子注入材の場合、W/C=1600%を除く、いずれの配合でも全長に渡って改良強度が認められた。改良強度はグラウトの濃度が濃いほど大きく、W/C=400%は平均 3440kN/m<sup>2</sup>、W/C=600%は 2330kN/m<sup>2</sup>、W/C=800%は 1610kN/m<sup>2</sup>、W/C=1200%は 870kN/m<sup>2</sup>であった。ただし、W/C=400%は、W/C=600%や 800%に比較して、注入口からの距離の増加に伴う強度の低下傾向が顕著であった。溶液型薬液注入材による改良強度の平均 380kN/m<sup>2</sup>に比較すると、W/C=400%で約 9.1 倍、W/C=600%で約 6.1 倍、W/C=800%で約 4.2 倍、W/C=1200%で約 2.3 倍の高い強度特性を示した。

### 4. まとめ

極超微粒子注入材の室内浸透特性を把握するため、細粒分含有率 21%、相対密度 87%の試験地盤に対して、一次元注入試験を実施した。その結果、従来の懸濁系薬液注入材は浸透せず、超微粒子注入材は 20~30cm の改良長しか得られなかったのに対し、極超微粒子注入材は設計どおりの浸透長が得られた。そして W/C=400~1200%での改良強度は、溶液型薬液注入材の強度の約 2.3~9.1 倍あり、高い強度特性を示した。以上のように、今回の地盤条件で、極超微粒子注入材は、溶液型薬液注入材と同等の高い浸透性や、高い強度発現性を有することが明らかになった。今後は、施工性や経済性も勘案し、適用地盤および構造物ごとの最適配合といった課題を含め、新たな注入工法の開発に向けて、更なる検討を進めていく所存である。

### 参考文献

- 1) 金沢他：極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発 ―材料特性―，土木学会第 65 回年次学術講演会（投稿中），2010。

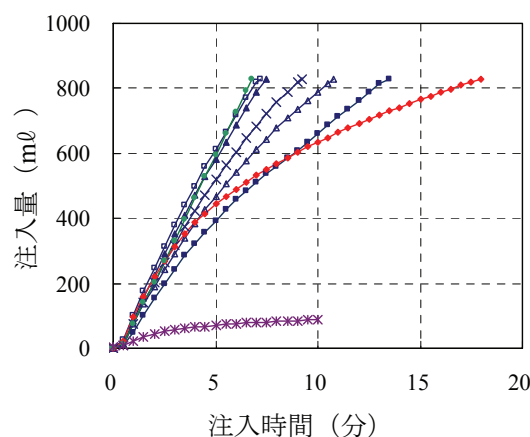


図-2 注入量と時間の関係

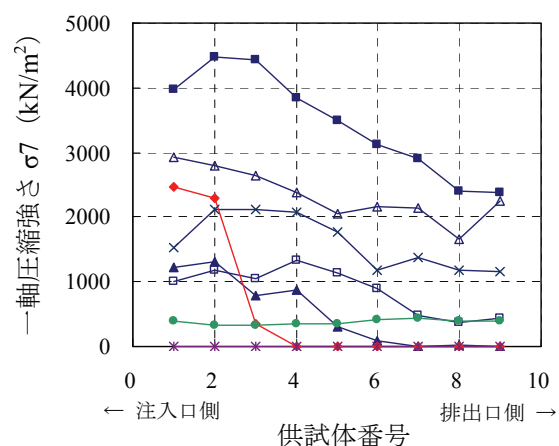


図-3 一軸圧縮強さと供試体番号の関係