

極超微粒子セメントで浸透注入された地盤の平均粒径が一軸圧縮強さに与える影響

東北学院大学 非会員 ○村林豊、佐藤裕哉
 東北学院大学 正会員 山口晶
 日鉄住金セメント(株) 正会員 青由起雄
 日本基礎技術 正会員 岡田和成

1. はじめに

本研究では、極超微粒子セメント改良材を土粒子に浸透注入する一次元浸透実験を行った。ここでは、移流分散方程式と一次元浸透実験から土粒子に改良材が吸着される量を求め、改良体の一軸圧縮強さを推定する方法を検討した。

2. 一次元浸透試験

一次元浸透試験装置を図-1に示す。

使用した試料は、ケイ砂5号と6号の混合試料（以降試料A、質量比 5号:6号= 1 : 1、平均粒径 $D_{50}=0.382$ mm）、ケイ砂5号と6号と7号の混合試料（以降試料B、質量比 5号:6号:7号=1:1:1、 $D_{50}=0.310$

mm）、ケイ砂6号と7号の混合試料(以降試料C、質量比 6号:7号=1:1、平均粒径 $D_{50}=0.237$ mm)である。相対密度 D_r は40%と60%で行った。試料の粒径加積曲線を図-2に示す。

実験条件を表-1に示す。水セメント比 (W/C) は、400%、800%とした。

実験手順は次の通りである。まず、アクリル管（高さ70 cm、内径5 cm）に砂を投入し、所定の相対密度に調整後、供試体上部表面に0.2 MPaの圧力を加える。次に、水を下部から水頭差2 mで浸透させる。水が上部から流出したことを確認後、0.02 MPaの圧力で所定の配合の改良材をアクリル管の下部から浸透注入した。

アクリル管上部から灰色の改良材が流出と同時に、100 ml ずつ3回採取し、その時間を計測して注入を終了した。採取液は、110 度の恒温乾燥炉で24時間乾燥させ、残留固形物の質量を計測した。供試体は14日間25度に調整した部屋



図-1 一次元浸透試験機

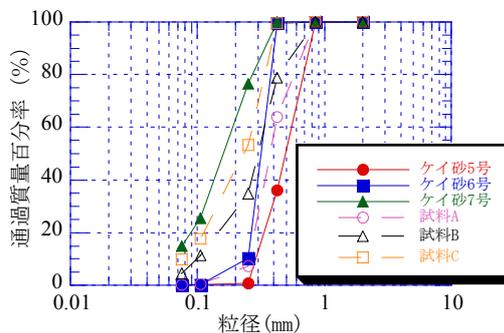


図-2 試料の粒径加積曲線

表-1 実験条件と一軸圧縮強さ

試験名	試料	D_r	W/C	実験一軸圧縮強さ (kPa)	推定一軸圧縮強さ (kPa)
A-40-400	試料 A (5+6号)	40	400	744	775
A-60-400		60		1822	1666
A-40-800		40	800	438	373
A-60-800		60		503	818
B-40-400	試料 B (5+6+7号)	40	400	2684	2467
B-60-400		60		3628	3576
B-40-800		40	800	511	1031
B60-800		60		1579	1688
C-40-400	試料 C (6+7号)	40	400	3646	3432
C-60-400		60		4169	推定できず
C-40-800		40	800	1016	1504
C-60-800		60		1668	1668

で養生した。養生終了後に一軸圧縮試験を行った。

なお、同様の手順で昨年度も実験しており¹⁾、昨年度の実験もデータに含めている。

3. 実験結果と考察

ここでは、供試体内に存在する改良材の固形成分密度(改良材が土粒子に吸着された量と間隙中に含まれる量の供試体 1 cm^2 あたりの質量)と一軸圧縮強さの関係性を調べることにする。固形成分密度は、以下の移流分散方程式を差分形式で解くことによって計算した。分散は考慮している。

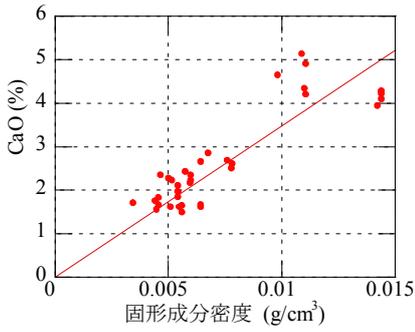


図-3 供試体内の CaO と固形成分密度

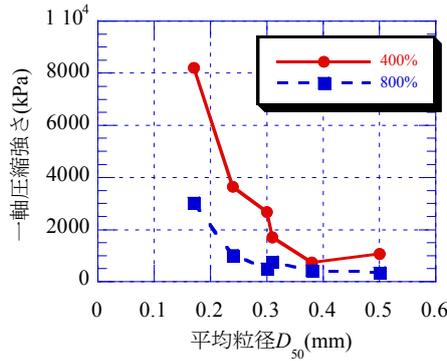


図-4 D_{50} と一軸圧縮強さの関係

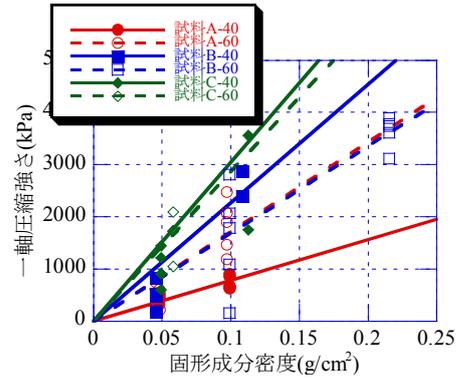


図-5 固形成分密度と一軸圧縮強さの関係

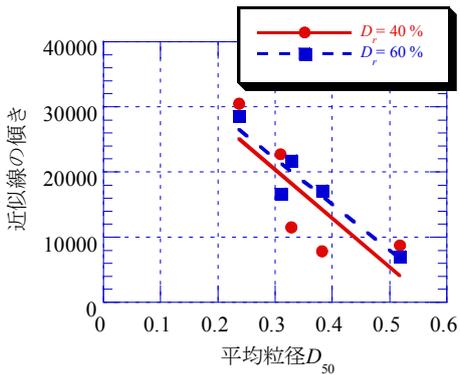


図-6 図-5 の近似直線の傾きと D_{50} の関係

$$R_d \frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v' \frac{\partial C}{\partial x}$$

ここで、 R_d は遅延係数、 D_x は分散係数、 v' は平均間隙流速、 C は濃度、 x は注入孔からの距離、 t は時間となる。遅延係数 R_d は採取した試料通過後の改良材最終の 100 ml 分の濃度と時間から同定した。

なお、昨年度の一軸圧縮供試体¹⁾について、固形成分を計算するとともに、それぞれの供試体について X 線蛍光分析を行っている。図-3 に各供試体の X 線蛍光分析により求めた CaO 濃度と計算した固形成分密度の関係を示す。図では、CaO 濃度と固形成分密度がほぼ比例関係にある。このため、本研究で定義した固形成分密度はセメント成分に対応していると考えられる。

図-4 では相対密度 $D_f=40\%$ の条件における平均粒径 D_{50} と一軸圧縮強さの関係を示す。図に示されているように、平均粒径が小さくなると、一軸圧縮強さが大きくなるのが分かる。なお、相対密度 $D_f=60\%$ の条件でも同様の傾向となった。

図-5 に、各供試体の固形成分密度と一軸圧縮強さの関係を示す。この図から、固形成分密度と一軸圧縮強さは比例関係にあることがわかる。そこで、図中に原

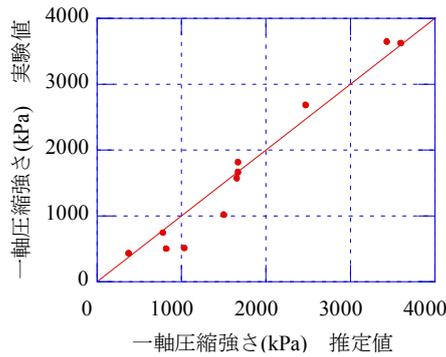


図-7 一軸圧縮強さの推定値と実験値

点を通る一次近似直線を示した。移流分散方程式で供試体の固形成分密度を求めることができれば、図-5 中の直線を用いることで、一軸圧縮強さの推定が可能になる。

図-6 では、図-5 で示した近似直線の傾きの値と、平均粒径 D_{50} を示す。図-5 の近似曲線の傾きは、平均粒径が小さくなると大きくなる傾向となった。

図-7 では、図-5 の近似直線を用いて固形成分密度から一軸圧縮強さを推定した推定値と実験値の比較を示す。図よりほぼ一致した結果になったことから、図-5 の近似直線の妥当性が確認できた。

このことから、地盤の相対密度、改良材の水セメント比、試料の D_{50} がわかれば、一軸圧縮強さが推定できることが示された。

4. まとめ

本研究では、実験結果と移流分散方程式を用いて、改良材に含まれる固形成分密度と一軸圧縮強さの関係を調べた。また、地盤の相対密度、平均粒径、改良材の濃度を決定すれば、一軸圧縮強さを推定できることを示した。

参考文献

- 1) 大内猛幹・成田佳樹・高坂祐介・山口 晶, 岡田和成, 青由起雄: 極超微粒子セメントを浸透注入させた改良体の一軸圧縮強さと試料の粒径の関係, III-13, 2016.