

ウルトラファインバブルを含む極超微粒子セメント改良材で改良した土の一軸圧縮強さ

東北学院大学
東北学院大学
日本基礎技術(株)
(株)ワイビーエム

非会員
正会員
正会員
非会員

○庄子佑太
山口晶
岡田和成
宇川岳史

松田恭輝

1. はじめに

本研究では、ウルトラファインバブル(以降 UFB)を含んだ極超微粒子セメント改良材で改良された土の一軸圧縮強さを調べた。

2. ウルトラファインバブル(UFB)

UFB とは、1 μm に満たない極超小気泡である。主に医療や食品などの分野で応用研究が進められており、特に医療分野では、殺菌、修復、再生能力の効果に期待されている。

3. 一次元浸透試験

一次元浸透試験装置を図-1 に示す。試料は 5 号ケイ砂、6 号ケイ砂、7 号ケイ砂、5 号+6 号ケイ砂(質量比 1 : 1)、6 号+7 号ケイ砂(質量比 1 : 1)、5 号+6 号+7 号ケイ砂(質量比 1 : 1 : 1)を用いた。各試料の土質特性

を表-1 に、粒径加積曲線を図-2 に示す。

実験条件を表-2 に示す。各試料に対して UFB の有無、水セメント比(W/C)を変更し実験を行った。試料は全ての実験で相対密度 $D_r=60$ %とした。

実験方法は、以下の通りとした。アクリル管(高さ 70 cm、内径 5 cm)に砂を詰め、打撃を与え、相対密度 $D_r=60$ %に調整する。供試体上部に圧力 0.2 MPa を与え、水を下部から水頭差 2 m で浸透させる。そして、薬液タンクに圧力 0.02 MPa を作用させ、改良材をアクリル管の下部から充填する。アクリル管上部から改良材が流出したら、100 ml ずつ 3 回採取し、その時間を計測する。また、原液を薬液タンクから 100 ml 採取する。採取した液体を 110 °C で 24 時間乾燥させ、残留物質(固形成分)の質量を計測する。供試体は 25 °C に

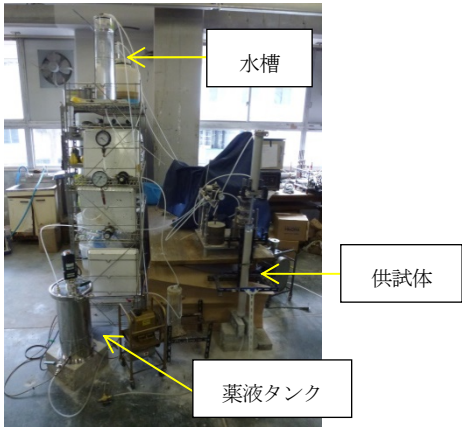


図-1 一次元浸透装置

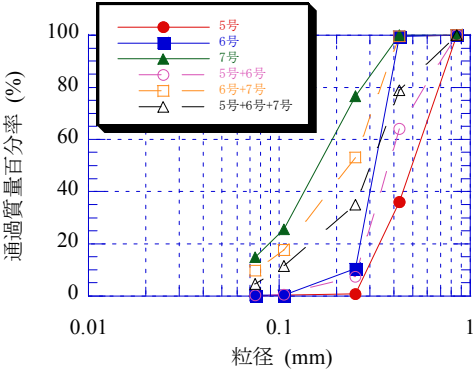


図-2 粒径加積曲線

表-1 各ケイ砂の土質特性

試料(ケイ砂)	5号	6号	7号	5号+6号	6号+7号	5号+6号+7号
密度 (g/cm ³)	2.651	2.645	2.645	2.640	2.648	2.632
最大間隙比	1.08999	1.15141	1.15321	1.09430	1.10137	1.01809
最小間隙比	0.70222	0.67756	0.60351	0.66771	0.57778	0.54111
平均粒径 (mm)	0.518	0.328	0.175	0.382	0.237	0.310

表-2 実験条件

実験名	試料 (ケイ砂)	相対密度 (%)	W/C(%)	ウルトラフ ァインバブ ル
Test5-60-400	5 号	60	400	無
Test5-60-400-UFB				有
Test5-60-800			800	無
Test5-60-800-UFB				有
Test6-60-400	6 号	60	400	無
Test6-60-400-UFB				有
Test6-60-800			800	無
Test6-60-800-UFB				有
Test7-60-400	7 号	60	400	無
Test7-60-400-UFB				有
Test7-60-800			800	無
Test7-60-800-UFB				有
Test56-60-400	5 号+6 号	60	400	無
Test56-60-400-UFB				有
Test56-60-800			800	無
Test56-60-800-UFB				有
Test67-60-400	6 号+7 号	60	400	無
Test67-60-400-UFB				有
Test67-60-800			800	無
Test67-60-800-UFB				有
Test567-60-400	5 号+6 号+7 号	60	400	無
Test567-60-400-UFB				有
Test567-60-800			800	無
Test567-60-800-UFB				有

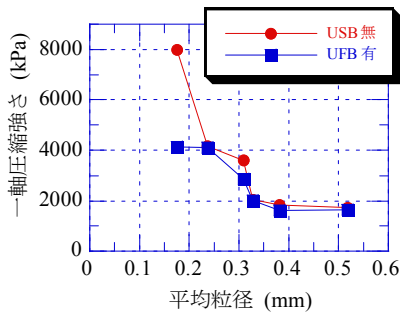


図-3 平均粒径と一軸圧縮強さ (W/C=400%)

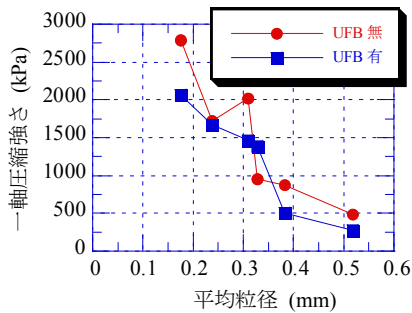


図-4 平均粒径と一軸圧縮強さ (W/C=800%)

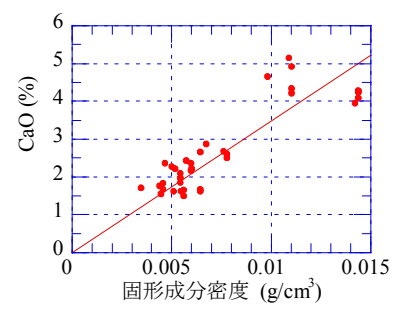


図-6 固形成分密度と供試体の CaO

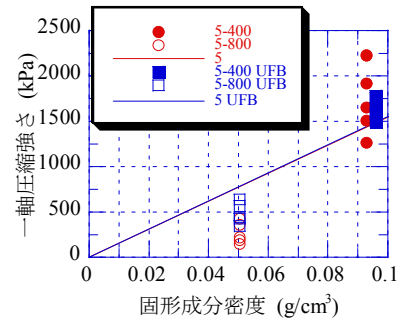


図-6 固形成分密度と一軸圧縮強さ(5号)

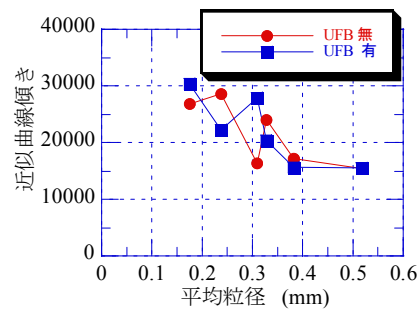


図-7 平均粒径と近似曲線

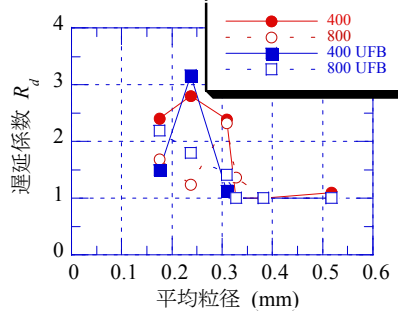


図-8 平均粒径と遅延係数

調整した部屋で14日間養生する。養生終了後に供試体を12 cmごと5つに切断し、一軸圧縮試験を行う。

4. 実験結果と考察

図-3と図-4に各試験の一連の5本の一軸圧縮強さの平均値を試料の平均粒径に対して示す。粒径が小さいほど一軸圧縮強さの値は大きくなる傾向になった。また、若干ではあるが、UFBが無い方が、一軸圧縮強さが大きくなっている。

ここで、一軸圧縮強さの推定のために、土粒子に吸着される固形成分密度を考えてみる。ここでいう固形成分密度とは供試体1 cm³に含まれる固形成分の質量を意味し、下記の移流分散方程式を用いて求めた。

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

ここで、 R_d は遅延係数、 C は濃度、 x は距離、 t は時間、 V' は平均間隙流速、 D_x は分散係数である。なお、昨年度の供試体¹⁾についてX線蛍光分析を行い、供試体内のCaOの濃度を求めている。CaO濃度と固形成分密度の関係を図-5に示す。この図からCaO濃度と固形成分密度はほぼ比例関係にあることが分かる。これにより、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-6に5号ケイ砂固形成分密度と一軸圧縮強さの関係を示す。固形成分密度と一軸圧縮強さは比例関係と

なった。ここでは、原点を通る直線で近似した。図-7に図-6に示した固形成分密度と一軸圧縮強さの近似直線の傾きと平均粒径の関係を示す(図-6以外の実験も含めた)。この図から、UFBの有無では、固形成分密度と一軸圧縮強さの関係がほぼ同じとなった。つまり、同じ固形成分密度では、ほぼ同程度の一軸圧縮強さになることを示している。

図-8に平均粒径と実験結果から同定した遅延係数の関係を示す。遅延係数は吸着の程度を表す指標で、数値が大きいと吸着が大きいことを示す。なお、 $W/C=400\%$ でUFB無しでは、平均粒径0.237 mm(6号+7号)以下の粒径では所定の時間内(4時間)に通らなかったため計測を停止している。図からUFB有無によりセメントの吸着に影響を与えることを示すような傾向はみられなかった。

5. まとめ

本研究から、極超微粒子セメント改良材にUFBを混合させても、強度増加、浸透性にほとんど影響を与えないことが分かった。

参考文献

- 1) 大内猛幹・成田佳樹・高坂祐介・山口晶, 日本基礎技術(株) 岡田和成, 日鉄住金セメント(株) 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。