

乾湿繰返し作用を受けた気泡混合軽量土の強度・変形特性

九州大学工学部 学○黒木 啓一朗

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

九州大学大学院 正 大嶺 聖 正 山田 正太郎

はじめに

気泡混合軽量土は軽量性、流動性に優れ、所定の強度を確保しつつ沈下を軽減することができる。この利点を活かし軟弱地盤上の盛土における荷重軽減、垂直壁を有する盛土における壁面への土圧軽減などの工法に用いられている。しかし現場において実際に気泡混合軽量土が用いられた場合、降雨や地下水位の変化などにより乾湿繰返しの影響を受けることが考えられる。本研究では、気泡混合軽量土や、補強材を混合した気泡混合軽量土に対し乾湿繰返し作用を与えて、一軸圧縮試験、及び非破壊試験による変形係数の測定を行い、気泡混合軽量土の強度・変形特性に及ぼす乾湿繰返しの影響について検討を行う。

試料および供試体作製方法

本試験に使用した試料土はカオリン粘土 ($\rho_s = 2.70 \text{ g/cm}^3$ 、 $w_L = 50.6\%$) である。固化材には普通ポルトランドセメントを使用し、その添加量を 200 kg/m^3 とする。補強材として廃棄漁網を想定した市販のナイロン糸 ($\rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$ 、寸法: $\phi 0.95 \times 40 \text{ mm}$) と、市販の割り箸から作った木炭を砕いて、 2 mm 以下のふるいを通過した粉末状のものの2種類を用いた。また気泡は動物性蛋白質系起泡剤を、蒸留水で約25倍に希釈し、気泡の単位体積重量が約 0.06 g/cm^3 となるよう発泡した。供試体作製方法は、液性限界の約2倍 ($w_0 = 100\%$) に調整したカオリン粘土をミキサーで約5分間攪拌した後に、普通ポルトランドセメントを粉体のまま添加する。補強材を混合しない場合はここで気泡を混合し、さらに約5分間攪拌する。ナイロン糸を加える場合はここで上記の試料に体積率で約4%混合し、気泡を混合する。また木炭を混合する場合はセメントと同量をセメント添加前に混合した。その後、 $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ のモールドに詰めて、表面をラップで覆い、温度約 20°C の恒温槽に静置して、適当な時期にモールドから脱型し14日間の湿潤養生を行う。

乾湿の与え方と試験方法

乾湿繰返しを行う供試体は14日養生させた後、1日 60°C の炉乾燥を行い、1時間冷却のために静置した後、23時間 20°C で水浸させたものを1サイクルとして5サイクル行う。この間、0、1、3、5サイクル終了後に、非破壊試験による変形係数の測定、および一軸圧縮試験を行う。また同時に 20°C の恒温槽で湿潤養生を行った供試体についても同様の測定を行い、比較を試みる。

非破壊試験装置(簡易FWDM装置)について

本研究では安定処理土の変形係数を測定するために開発された重錐落下式変形係数測定装置(以下、簡易FWDM装置)を用いる。この装置は、弾性ばねを介して重錐を供試体に落下させることによって、非破壊で変形係数の測定を行うものである。ここでは供試体が弾性的な挙動を示す範囲内の鉛直ひずみとして 5×10^{-5} (0.005%) 程度の変形係数を用いる¹⁾。ここでは鉛直ひずみが 5×10^{-5} (0.005%) 程度のときの変形係数を変形係数 E_d (0.005%) とする。

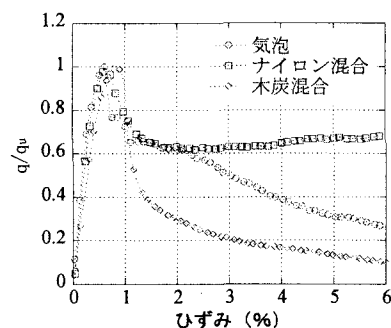


図-1 一軸圧縮試験結果

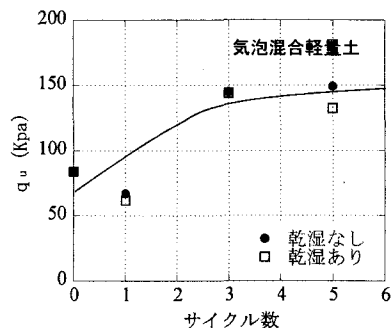


図-2 一軸圧縮強度の経時変化

実験結果と考察

図-1に乾湿繰返し3サイクル終了時における、一軸圧縮試験の結果を示す。このとき、供試体作製時のばらつき（密度が同じでも、気泡、ナイロン、木炭の分布状態、大きさに偏りがあること）があるために、一軸圧縮応力 q を一軸圧縮強度 q_u で正規化した q/q_u と軸ひずみの関係を示した。次に、気泡混合軽量土（密度約 0.8 g/cm^3 ）についての一軸圧縮強度の経時変化を示したものを図-2に示す。これより乾湿を受けた供試体と、乾湿を受けていない供試体との一軸圧縮強度の間には明確な差異は認められない。

また一軸圧縮試験を行う前に簡易 FWDM 装置によって測定した変形係数 $E_d(0.005\%)$ の経時変化を図-3に示す。これより乾湿作用を受けた供試体の変形係数は乾湿作用を受けていないものと比べて大きく低下していることがわかる。

補強材としてナイロン糸を添加した気泡混合軽量土（密度約 0.8 g/cm^3 ）の、一軸圧縮強度、変形係数の経時変化も、図-2、図-3と同様の傾向を示した。このことから、これらの供試体では内部まで乾湿繰返しの影響は及んでおらず、供試体表面のみが乾湿作用の影響を受けたため、表面が劣化し、変形係数の低下につながっていると考えられる。

次に、木炭の粉末を混合した気泡混合軽量土（密度約 1.1 g/cm^3 ）についての、一軸圧縮強度の経時変化を図-4に、変形係数の経時変化を図-5に示す。5サイクル目で、乾湿作用を受けた供試体の、一軸圧縮強度と変形係数が大きく低下しているのは供試体にひび割れが生じていたためと考えられる。5サイクル終了時にはほとんどの供試体にひび割れが生じているのが確認できた。

一軸圧縮試験後の供試体にフェノールフタレイン溶液を吹きかけると、乾湿作用を受けた供試体の内部は赤紫色に変色し、供試体表面から厚さ数ミリの部分は無色のままであった。これは供試体表面が中性化作用を受けているためと考えられる。木炭を混合したものは供試体表面の他に、内部にも部分的に赤紫色に変色しない領域が確認できた。これはひび割れの影響により、供試体内部にも劣化が進行しているためと考えられる。

まとめ

今回の試験においては、乾湿繰返しによる気泡混合軽量土の一軸圧縮強度の低下はあまり見られなかったが、非破壊試験によって表面の劣化の程度は把握することができると考えられる。またナイロン糸、木炭を混合しても乾湿により、表面の劣化は進行していることがわかった。また変形係数の低下傾向から、乾湿のサイクル数を増加させれば一軸圧縮強度が低下することも十分に考えられる。よって今後はサイクル数を増加させて乾湿繰返し試験を継続していくことにする。

【参考文献】1) 属ら：重錐落下式変形係数測定装置を用いたセメント安定処理土の変形・強度特性の評価 土木学会論文集 No.701/III-58、PP.283～292、2002-03

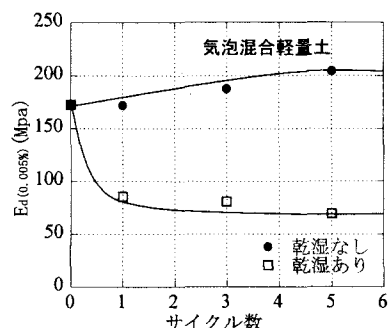


図-3 変形係数 $E_d(0.005\%)$ の経時変化

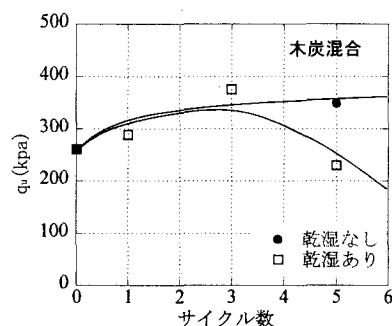


図-4 一軸圧縮強度の経時変化

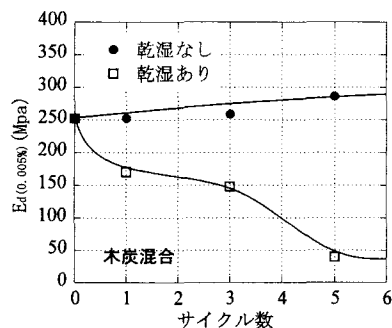


図-5 変形係数 $E_d(0.005\%)$ の経時変化