

スラリー粘土の乾燥収縮過程における鉛直・水平変位（その 1）

信州大学大学院 学生会員○瀬谷 曜
信州大学工学部 正会員 梅崎 健夫, 正会員 河村 隆
信州大学工学部 非会員 本間 清真

1. はじめに 既報^{1)~3)}において、スラリー粘土の画像解析を用いた乾燥収縮挙動を評価している。本文では、乾燥過程におけるスラリー粘土の収縮挙動のうち、供試体の初期直径および初期含水比の違いが及ぼすスラリー粘土の鉛直・水平の変位量と方向の違いについてまとめた。

2. 試験概要 試料には、NSF(C)粘土（土粒子密度 $\rho_s=2.723\text{g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L=57.5\%$ 、塑性限界 $w_P=35.7\%$ 、収縮限界 $w_s=37.6\%$ ）を用いた。乾燥試験中にクラックが生じないように所定の含水比のスラリー試料を真空脱泡機によって攪拌脱泡し、収縮皿（内径約 4.7, 6.0, 7.1cm, 深さ約 1.6~1.7cm）に入れてさらに脱気した。脱気後、上端面を直ナイフで平らに成形して供試体($w_0/w_L=1.4, 1.8, 2.2$)とした。図-1 に示すように、恒温室（23℃）において供試体を電子天秤の上に載せて空気乾燥させた。乾燥に伴う供試体の質量変化の測定とともに、水平および鉛直変位測定用の 2 台のデジタルカメラにより 30 分毎に撮影し、測点として供試体の上端面に設置した半球状のガラスビーズの動きを記録した。

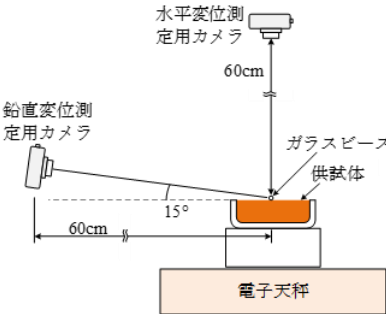


図-1 試験装置

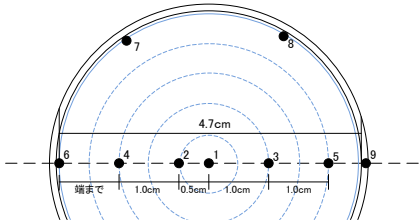


図-2 供試体直径 4.7cm の測点の配置例

図-2 に直径 4.7cm の場合の測点の配置例を示す。始めに、供試体の中央に測点を設置した。2 つ目は中心を通る直線上に中心から左側 0.5cm のところに設置した。そして、供試体の直径に応じて既設の測点から 1.0cm 間隔で設置した。最後の測点は供試体の端（収縮皿の内側）に設置した。供試体の中心を算定するために直線上ではない供試体の端部に 2 つと鉛直変位の基準点とするために収縮皿上に 1 つ設置した。

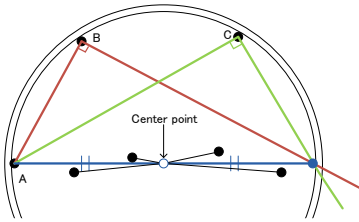


図-3 供試体中心の算定方法

画像解析ソフト（Mover-tr/2D, (株)ライブラリー）を用いて各測点における鉛直・水平変位を算出した。始めに、鉛直変位測定用カメラから得られた画像より、収縮皿の上に置いた測点の鉛直座標を基準に各測点の鉛直座標 z_i を算出した。次に、水平変位測定用カメラから得られた画像に測点の沈下による見かけ上の水平方向への移動を補正した平面座標を算出した。図-3 に示すように、供試体の端に置いた測点 A~C の平面座標から三角形の外接円の定理を用いて供試体の直径を算出し、中心座標を求めた。得られた供試体の中心座標と各測点の平面座標より、供試体の中心を原点とした各測点の水平座標 r_i を求めた。なお、水平および鉛直変位を算定する際の距離の基準は、それぞれ供試体の側に設置した定規を下にした。

3. 試験結果および考察 表-1 に、スラリー粘土の乾燥収縮における試験終了時の絶乾状態の写真の代表例を示す。供試体の直径に関わらず、乾燥収縮は軸対称であり、乾燥中にクラックは生じていない。

図-4 に、供試体の直径の違いにおける含水比 w と鉛直ひずみ ϵ_z 、水平ひずみ ϵ_r の関係を示す。鉛直ひずみは中心軸に近いほど大きく、水平ひずみは小さくなる。また直径が大きいほど端部の鉛直ひずみは小さく、水平ひずみは

表-1 絶乾状態の写真の代表例

	水平変位測定用カメラ
初期直径 4.7cm w_0/w_L 1.5	
初期直径 6.0cm w_0/w_L 1.5	
初期直径 7.1cm w_0/w_L 2.0	

大きくなる。ただし、直径 7.1cm において逆転した結果が得られたのは測定誤差だと考えられる。

図-5 に、初期含水比の違いにおける含水比 w と鉛直ひずみ ε_z 、水平ひずみ ε_r の関係を示す。初期含水比が大きいほど鉛直・水平ひずみはともに大きくなるが、初期含水比による水平ひずみの変化量は鉛直ひずみに比べて小さい。

図-6 に、各測点の高さと中心軸からの距離の関係を示す。スラリー粘土が乾燥に伴い収縮していく過程で、初期含水比や初期直径に関わらず、始めに鉛直方向のみに変位していく。その後、ある含水比になると水平収縮が生じて斜めに収縮する。各測点において変位方向は一樣に中心軸に向かっている。図-7 に水平変位が生じた後の各測点における乾燥収縮の変位方向 $\Delta z/\Delta r$ と中心軸からの距離 r の関係を示す。水平変位が生じた後の各測点の変位方向は中心軸からの距離によって異なるが、初期含水比による違いは少ない。初期含水比および初期直径によらず、スラリー粘土の乾燥収縮における変位方向は中心軸からの距離に対して指数関数で近似できる。

4. まとめ 得られた主な知見は以下のとおりである。①初期直径および初期含水比によらず、中心軸に近いほど鉛直ひずみは大きくなり、水平ひずみは小さくなる。②初期含水比と鉛直・水平ひずみの関係は、初期含水比が大きいほど鉛直・水平ひずみともに大きくなる。鉛直ひずみは水平ひずみに比べて初期含水比の影響を大きく受ける。③鉛直変位と水平変位の関係は、初期含水比および初期直径によらず、初めに鉛直方向のみに変位する。その後、水平変位も生じ中心軸方向に折れ曲がる 2 直線で表される。④乾燥収縮におけるスラリー粘土の変位方向は、初期含水比および初期直径によらず、中心軸からの距離によって決定される。また、その関係は指数関数で近似できる。

【参考文献】1) 瀬谷 曜, 梅崎健夫, 河村 隆: スラリー粘土の真空蒸発および空気乾燥に伴う体積収縮, 第 52 回地盤工学研究発表会, pp.327-328, 2017. 2) 河村 隆, 梅崎健夫, 瀬谷 曜: 乾燥過程におけるスラリー粘性土の収縮特性 (その 1), 土木学会第 71 回年次学術講演会, pp.419-420, 2016. 3) 河村 隆, 梅崎健夫, 瀬谷 曜: 乾燥過程におけるスラリー粘性土の体積収縮への画像解析の適用 (その 3), 第 51 回地盤工学研究発表会, 2016

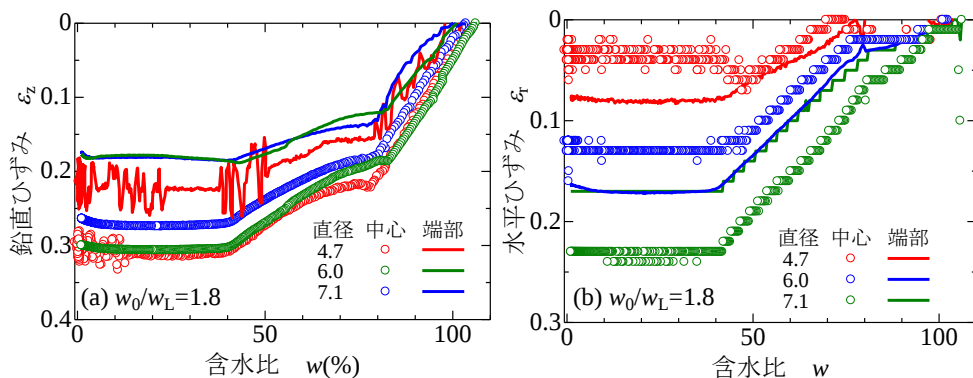


図-4 供試体直径の違いにおける含水比 w と鉛直ひずみ ε_z 、水平ひずみ ε_r の関係

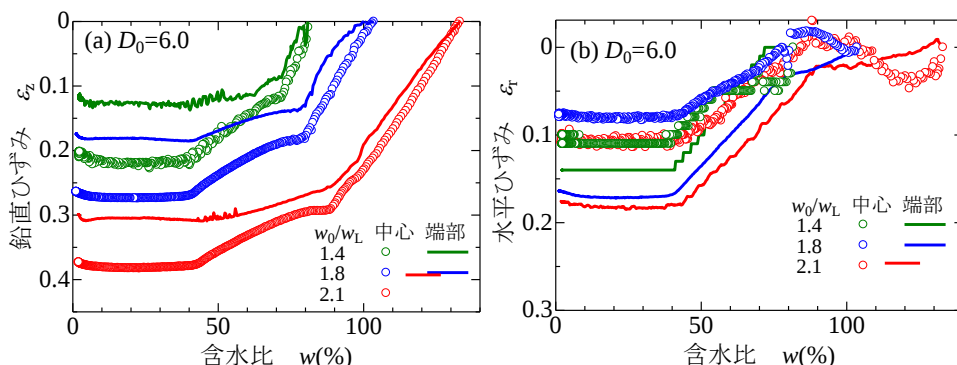


図-5 初期含水比の違いにおける含水比 w と鉛直ひずみ ε_z 、水平ひずみ ε_r の関係

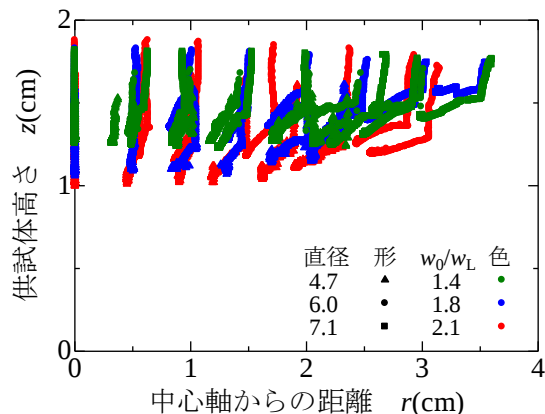


図-6 経過時間における各測点の鉛直・水平変位

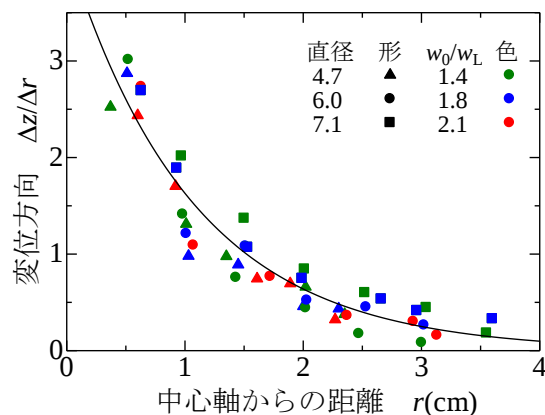


図-7 各測点の収縮変位方向と中心軸からの距離