

不飽和スラリー粘土の乾燥収縮特性 (その2)

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
 鴻池組 非会員 本間 清真
 (株)アールエフ 非会員 小平計美

1. はじめに X線CTスキャナおよび画像解析を用いて試料作製方法が異なるスラリー粘土の乾燥過程における質量および体積変化について検討した。また、発生したクラックの定性的な評価も行った。

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。すべてのケースにおいて試料は $D=10\text{cm}$ のビーカーに空気乾燥された粘土試料 70g と純水 140g を用いた。本試験では“減圧”“攪拌”“沈降”“浸透”の4つの方法で供試体を作製した。減圧は純水が入ったビーカーに粘土粉末を加えて攪拌した後、さらに真空脱泡機を用いて真空圧 ($p_v \approx -97\text{kPa}$) で30分の攪拌脱泡を行うことで作製した。攪拌は減圧と同様に試料を攪拌したが、真空攪拌脱泡を行わなかった。沈降は純水が入ったビーカーに粘土粉末を少量ずつ表面が平らになるように加えて作製した。浸透は粘土を先にビーカーに入れ、下に向かう水みちができないように霧吹きを用いて純水を加えて作製した。

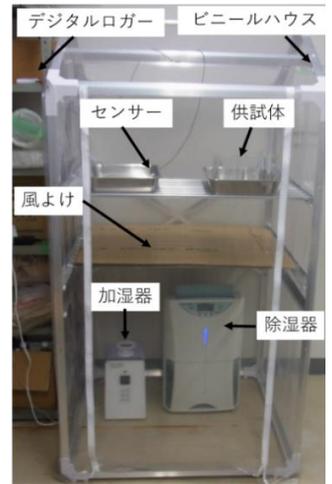


図-1 試験装置

図-1に試験装置を示す。粘土を純水になじませるために供試体を室温 24°C , 湿度 70% 程度で3日間養生した。実験を開始する前に粘土表面に溜まっている上水を除去し、室温 24°C , 湿度 30% 程度で乾燥を開始した。ビニールハウス内の除湿器は乾燥を促進させるために設置した。表-1に試験開始時の含水比と高さを示す。乾燥過程の含水比を測定するために、供試体の質量を約12時間おきにビニールハウスから取り出し、 0.01g の精度の電子天秤で測定した。また、体積の算定を行うため、X線CTスキャナ((株)アールエフ, コンピュータ断層撮影装置 NAOMi-CT)を用いて撮影を行った。NAOMi-CTビューワソフト((株)アールエフ)および画像解析ソフト(Mover-tr/2D, (株)ライブラリー)を用いて供試体の体積を算定した。また、CT解析で供試体内にある間隙の大きさも測定した。

表-1 試験ケース

試料作製方法	乾燥開始時の含水比 (養生後) w_0	初期高さ h_0
減圧	194.7%	1.90cm
攪拌	177.2%	1.87cm
沈降	143.8%	1.63cm
浸透	132.1%	1.49cm

3. 試験結果および考察 図-2(a)に供試体の質量, 図-2(b)に供試体の含水比, 図-2(c)に供試体の体積の経時変化を示す。いずれにおいても乾燥開始とともにほぼ直線的に減少し、急激に折れ曲がる2直線で表される。ケースによって初期含水比が異なるのは試験開始前に除去した上水の量が異なるためである。攪拌することによって粘土と純水がよく混ざり、初期含水比が大きくなる。乾燥状態における供試体の体積は減圧以外の体積が大きくなった。供試体内の初期状態から含まれる空気は最後まで存在するものが

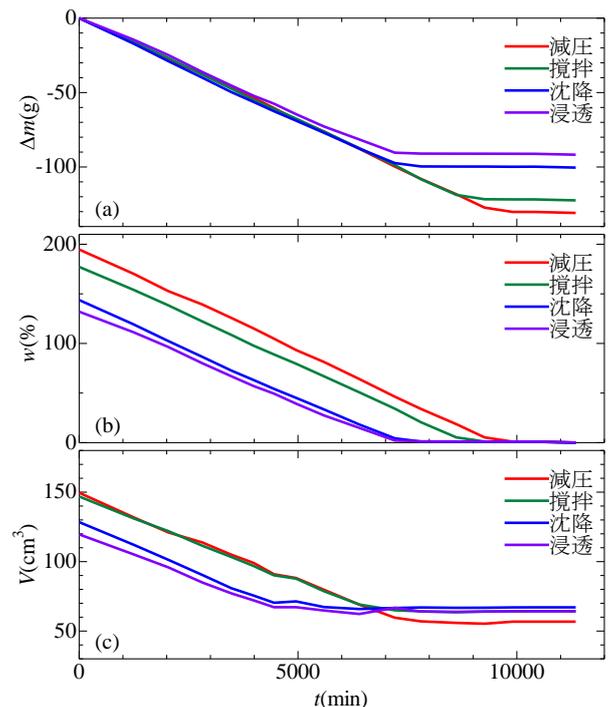
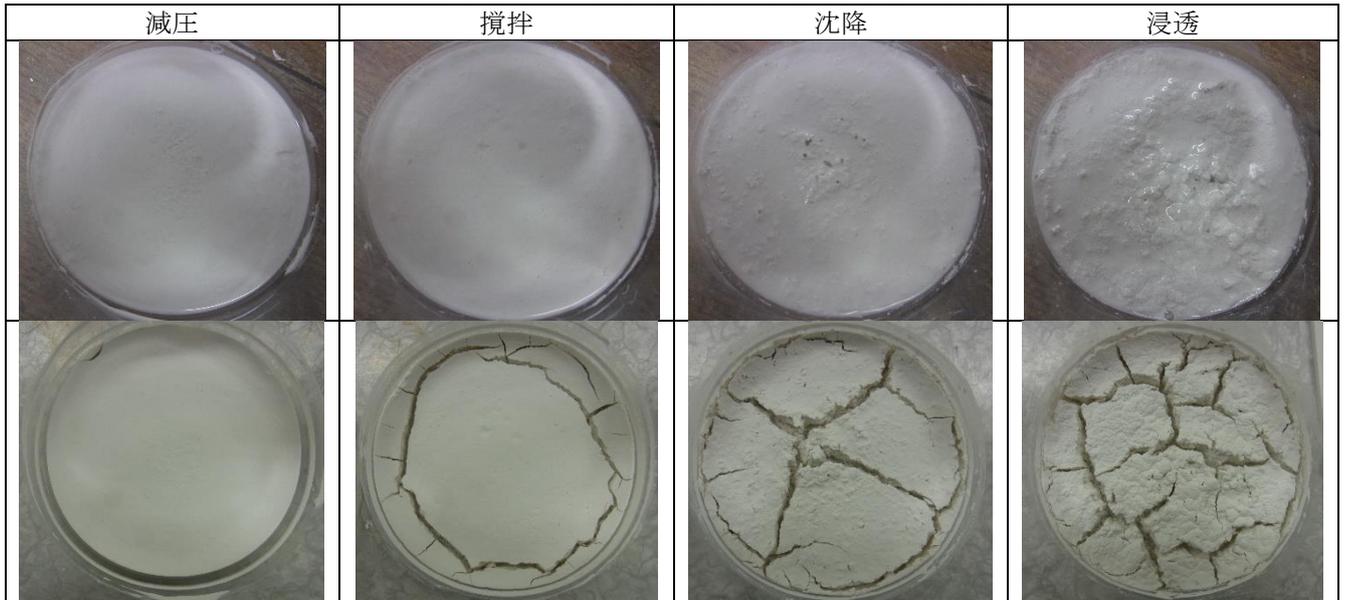


図-2 $\Delta m, w, V$ の経時変化

表-2 初期（上）および終了時（下）における供試体の写真



あることがわかる。

表-2 に初期および絶乾状態における供試体の写真を示す。減圧における初期の表面はほかのケースに比べて滑らかであり、絶乾状態になっても供試体が分断されるようなクラックは発生しなかった。これは既報 1)の結果と同様である。攪拌供試体における初期表面は減圧とほぼ同様である。しかし、乾燥後は減圧とは異なり、壁面に沿って大きなクラックが生じた。これは試料内部の不均質性ではなくビーカーの壁と粘土の間の付着力によるものだと考えられる。沈降の初期の供試体表面は攪拌されたものに比べて凸凹している。供試体の表面が凸凹するのは粘土粒子を沈降させた際に含まれる巻き込み空気が養生期間中に表面から抜け出たためである。攪拌試料にも空気が含まれているが、攪拌されたことによって表面に抜け出るだけの大きな気泡は分解されたと考えられる。沈降は最終的に中央部で交差するクラックが発生した。攪拌で見られた壁面の影響ではなく、既報 1)と同様に試料内にある間隙によるものと考えられる。浸透の初期状態における供試体の表面は最も荒く、発生したクラックも今回のケースの中でもっとも複雑で細かい。試料内部に含まれていた空気が抜け出ること乾燥後のクラックの大きさや複雑さが決定される。

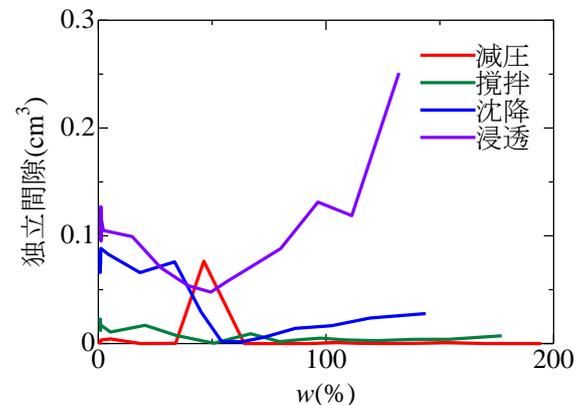


図-3 含水比と独立間隙の体積

CT スキャナで解析可能な供試体内部にある間隙を独立間隙と定義し、それぞれの含水比と独立間隙の関係を図-3 に示す。減圧の含水比が約 50%のときに独立間隙が急激に増加しているが、これは供試体と壁面の間に生じた空間を間隙と認識してしまったゆえの測定誤差である。クラックが発生していない状態では含水比の低下とともに独立間隙の体積は減少しており、既報 1)と異なる挙動を示した。今回のケースでは既報 1)に比べて初期含水比が高い。粘土の初期状態におけるコンシステンシーが独立間隙の含みやすさに影響があると考えられる。クラックの大きさや形状を予測する上で初期状態におけるコンシステンシーの把握が必要であると考えられる。

4. まとめ 得られた主な知見は以下のとおりである。①試料作製方法によって粘土が含める水分量およびクラックの大きさや複雑さが異なる。②スラリー粘土の乾燥収縮における最終的な形状は境界面の影響を強く受ける。③スラリー粘土の乾燥クラックは内部に生じる大きな間隙が影響する。

【参考文献】1)瀬谷 曜, 梅崎健夫, 河村 隆, 本間清真, 小平計美: 不飽和スラリー粘土の乾燥収縮特性 (その 1), 土木学会第 73 回年次学術講演会, pp.203-204, 2018.