繰返し凍結融解作用を受けるセメント 改良土の微視構造の観察

八戸工業大学	学生会員	○佐々木智大
八戸工業大学大学院	学生会員	小山 直輝
八戸工業大学	正会員	橋詰 豊
八戸工業大学大学院	正会員	金子 賢治

1. はじめに

力学的性質などの基準を満していない建設発生土はセメ ント・石灰等を用いた固化処理により利用される。しかし 固化処理した後の気象条件等による経年劣化や耐久性につ いてはほとんど考慮されることなく利用されている。コン クリートより初期強度が小さい固化処理土は、凍結深より 浅い部分に施工された場合には凍結融解作用により強度が 低下する可能性が高いと考えられる。しかしながら、固化 処理土の凍結融解の繰り返しによる強度の低下については、 水分量が少ない場合についてのみ検討されていて、含水量 の違いによる影響などはほとんど検討されていない。著者 らの研究グループでは、これまで固化処理土を対象として、 飽和度を変化させた凍結融解による強度低下の定量的な把 握を行ってきた、その結果、飽和状態においては凍結融解 15 サイクルで 30%程度まで強度低下することがわかった. しかし、これまでの検討においては現象の把握に留まって おり、凍結融解による劣化メカニズムについては明らかに なっていない. そこで、本研究では凍結融解作用により劣 化する固化処理土を対象として、材料内部の微視的な空隙 構造の観察を試みた.

2. 凍結融解試験の概要

本研究では固化剤としてセメント系固化剤(タフロック E3)を使用した.予備実験として配合試験を行い,7日養 生で目標圧縮強度が2000kN/m²となるように供試体を作 製した.供試体は直径5cm,高さ10cmの円柱供試体とし, 硅砂5号に重量比8%のセメントをモルタルミキサーで混合 したのち,3層に分けて突き固めながら固化処理土を作成 した.凍結融解過程における強度増加をなるべく生じない ように,養生日数は28日とした.凍結融解の過程を図-1 に示す.28日間の気中養生を行った乾燥試料*D*,27日気中 養生の後1日水中養生を行った不飽和試料*W*,20時間の水 中養生の後4時間の真空吸引を行った飽和試料*S*の飽和度 を変化させた3ケースの供試体を準備した.予備実験の結 果,不飽和試料の飽和度は約80%,飽和試料の飽和度はほ ぼ100%となることを確認している.



図-1 凍結融解までの過程

昨年度の実験同様¹⁾,凍結融解過程は,凍結時は-20 °C で気中 24 時間,融解時は気中または水中 20 °C で 24 時間,計 48 時間を 1 サイクルとした.乾燥試料以外の供試体についての凍結融解過程において,サランラップで供試体を密閉し,できるだけ水分変化が生じないようにした.凍結融解 0,1,3,7,15 サイクルの各サイクルにおいて巨視的な重量(間隙率),一軸圧縮強さ,縦波弾性波速度(Vp)を測定した.

また,これらの供試体に対して内部の空隙構造を把握す るために,空隙に紫外線により発光する特殊な薬剤を浸透・ 固化させ,紫外線ライトを照射してマイクロスコープによ り空隙を観察した.作業手順としては,乾燥状態の供試体を 高さ5cmに切断し,塗料を供試体断面に塗布した後,真空 デシケーターにて塗料を浸透させたあと自然乾燥させ,塗 料の上塗り分を研磨し取り除いた.なお劣化が大きい7サ イクル以降の供試体は研磨の際,供試体が壊れやすいため, 供試体の周りをセメントペーストで硬化させた後,研磨作 業を行った.

3. 実験結果

図-2 に正規化一軸圧縮強さと凍結融解サイクル数の関係 を示す.一軸圧縮強さは、各サイクルで平均値をとってお り、初期強度で正規化して表している.これまでの結果と同 様に乾燥試料については強度低下はほとんど無く、ケース



W は初期強度より7割低下し、ケースS は初期強度より8 割低下した.このことから飽和度80%程度以上の場合、凍 結融解の繰返しによる劣化の危険性は非常に高いといえる.

図-3 に凍結融解による間隙率の変化を示す.一軸圧縮強 さが大きく低下したケースWとSについては,間隙率が2 ~3%程度増加している.一軸圧縮強さの大幅な低下に対し て,間隙率の増加は比較的小さいように感じられる.一方, 図-4 に示した縦波弾性波速度と凍結融解サイクル数の関係 から,縦波弾性波速度に関しては,ケースSの場合には急 激に低下していることがわかる.また,不飽和試料のWも 凍結融解サイクルが進むと徐々に低下し15サイクルにおい ては空気の縦波弾性波速度0.3km/secに近づくことがわか る.これらの結果から,微視構造は凍結融解により大幅に 劣化して強度が低下していくが,巨視的な間隙率はそれほ ど変化していないことがわかる.これは若干矛盾したよう に感じられ,微視構造を詳細に観察する必要があると考え られる.

図-5 に倍率 100 倍のマイクロスコープで撮影した供試体 内部の空隙の様子を示す.緑に発光している部分が空隙で あり,青く発光しているのが土粒子およびセメントペース トの固体部分である.同図のように本研究で行った方法に よって,固化処理土の内部の微視的な空隙と固体部分を可 視化し観察することができた.凍結融解履歴を受けた供試





図-5 供試体内部の空隙の様子

体については、大きめの空隙に特徴的な変化は見られない が、細い空隙(クラック)が増加している.ただし、現状 では、これらを定量的に評価する手法については確立され ておらず、より詳細な検討のためには、画像解析等による 評価手法を確立する必要がある.

4. おわりに

本研究では、凍結融解の繰り返し作用による劣化したセ メント固化処理土を対象として内部空隙の様子を微視的に 観察した.コンクリートの気泡やクラックと比べ、空隙構 造の複雑な改良土では、空隙サイズや分布などの詳細な分 析まで至ることはできなかったが、固体部分と空隙を分離 して観察可能となった。今後の課題として、供試体内部の 空隙のサイズや分布の観察や定量的な評価手法の確立等が 課題である.また、固化処理土の凍結融解による劣化に対 しては、劣化のメカニズムに基づいた合理的な対策手法の 検討も課題となる.

参考文献

 遠藤啓吾ほか:繰返し凍結融解作用を受けるセメント改良土 強度低下の把握,平成26年度土木学会東北支部技術研究発表 会,2015.