

繰り返し凍結融解を受けるセメント改良土の微視的構造劣化の定量化の試み

八戸工業大学大学院 学生会員 ○小笠原 亮介・盛 健太郎
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た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、固化剤の配合量を決定するための配合設計において、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ていない。コンクリートより空隙が多く、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、凍結融解作用を受けることにより強度が低下する可能性が高いと考えられる。これまでに、固化処理土の繰り返し凍結融解による強度の低下や含水量の影響などを把握し、劣化した供試体の微視的構造の可視化が行なわれている¹⁾。しかし、凍結融解作用による微視的構造の変化については観察に留まっており、定量的な評価までには至っていない。本研究では、凍結融解作用により劣化する固化処理土の内部における微視的な空隙構造の変化の定量化を試みた。

2. 凍結融解による巨視的強度低下

(1) 配合試験

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）、地盤材料として珪砂5号を使用した。まず、配合試験を行い、圧縮強度が2000kN/m²となるような固化剤添加量を決定した。なお、供試体は直径5cm、高さ10cmの円柱とした。配合試験の結果から、含水比10%の珪砂5号にセメント系固化剤（タフロックE3）を11%添加し28日養生とした。

(2) 実験概要

凍結融解までの過程及び各供試体の条件を図-1に示す。水分量は乾燥状態、飽和状態、不飽和状態の3種類とし、凍結時には供試体の水分が変化しないようラップで密閉した。不飽和状態の供試体は、事前の予備実験により飽和度をあらかじめ調べており、24時間の水中養生により約88%となることを確認している。凍結融解0, 1, 3, 6, 10, 15の各サイクルにおいて、

一軸圧縮強さと空隙率を測定した。

(3) 実験結果

図-2に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の供試体の平均値を初期強度で正規化している。乾燥状態のケースではほとんど変化していないが、不飽和状態のケース及び

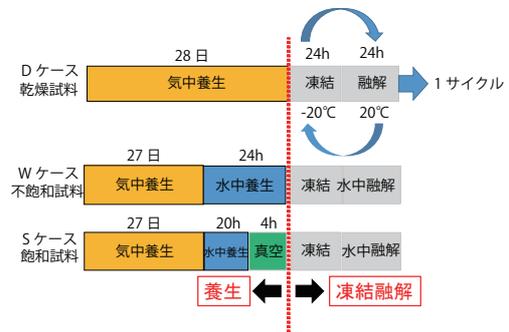


図-1 養生期間と1サイクルの概要

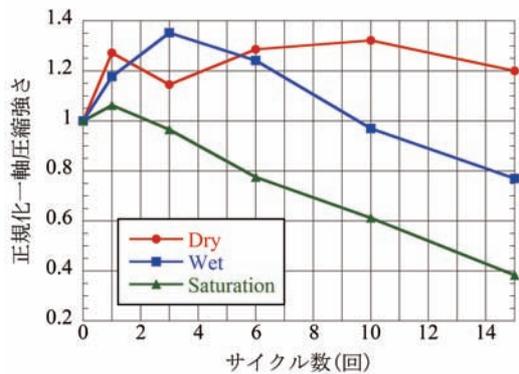


図-2 正規化した一軸圧縮強さとサイクル数の関係

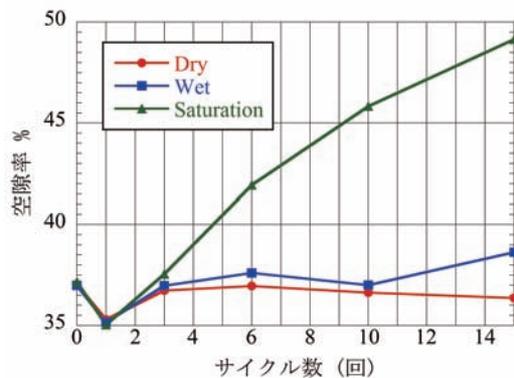


図-3 空隙率とサイクル数の関係

Key Words: 凍結融解, セメント改良土, 微視的構造劣化

〒031-8501 青森県八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学 地盤工学研究室 TEL: 0178-25-3111(内 2657)

飽和状態のケースでは初期強度より大幅に低下している。図-3に各サイクルと空隙率の関係を示す。不飽和状態の供試体については、凍結融解の繰り返しによる空隙の増加は見られないが、強度は低下している。これらの要因やメカニズムを検討するために、微視的な内部構造変化の観察および定量化が必要であると考えられる。

3. 画像処理による微視的内部構造の定量化

(1) 概要

空隙を可視化するため、供試体に紫外線で発光する特殊な薬剤(岩石検知薬)を浸透させ、ブラックライトを照射した断面をマイクログラフで撮影する。図-4に示すように、撮影した画像を2値化して、空隙と固体部分に分けることとした。また、バラツキがなるべく少なく、巨視的な空隙が再現可能なマイクログラフの倍率を決定するために、倍率を変化させて10枚ずつ画像を取得し、取得した画像から空隙の面積率を求めた。倍率と面積率の関係を図-5に示す。倍率が大きくなると鮮明に撮影できるが、撮影箇所による面積率のばらつきが大きくなる。また、倍率が小さくなるほど、バラツキが小さく、平均値も巨視的な空隙率に近い値になっている。したがって、20倍で撮影した画像を元に空隙の定量化を行うこととした。

(2) 結果

画像による観察の結果、凍結融解の作用を受けることにより微細な線状のクラックが増加することが指摘されている。¹⁾ここでは、2値化合成した画像から微細な線状のクラックを手作業で抽出し、本数をカウントした。各ケース10箇所の画像を撮影し、そこから抽出したクラックの単位面積あたりの本数と凍結融解サイクル数の関係を図-6に示す。凍結融解サイクル数が増加するに従い、飽和・不飽和状態に関わらず、微細なクラックが増加している。不飽和状態の場合、巨視的な空隙率はそれほど増加していないが、凍結による水分の膨張によるクラックの増加などの損傷から、強度低下が発生すると考えられる。

4. おわりに

本研究では、凍結融解の繰り返しによるセメント固化処理土の強度低下のメカニズムを明らかにするために、微視的な内部構造変化の定量化を試みた。凍結融解の繰り返しにより、微細なクラックが増加することが定量的に評価でき、巨視的な空隙が増加していない

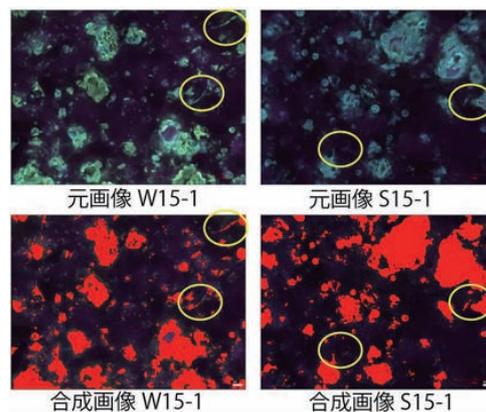


図-4 画像の例

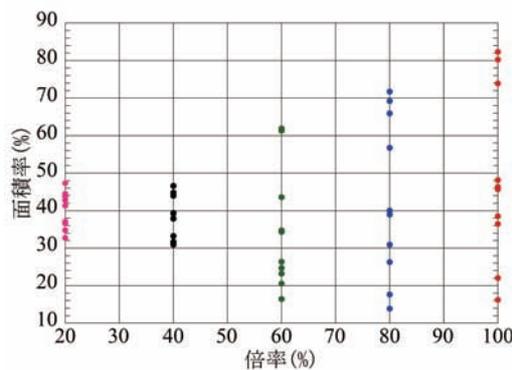


図-5 倍率と面積率の関係

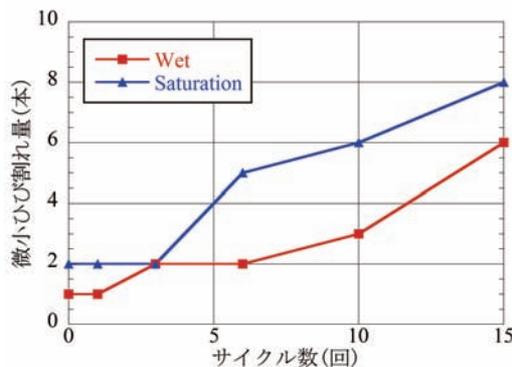


図-6 微細なクラックとサイクル数の関係

飽和度 88%の供試体においても強度が低下するメカニズムを説明することができた。今後は供試体内部の劣化分布状況の把握など、より詳細な観察と定量化を行うことや種々の条件の供試体についての実験を行ってデータを増やしていきたい。

参考文献

1) 佐々木智弘, 橋詰豊, 金子賢治: 繰り返し凍結融解を受けるセメント改良土の微視構造の観察, 地盤工学研究発表会, 2015.