セメント改良土の凍結融解による 微視的構造劣化の定量化

八戸工業大学	学生会員	○赤松	慎也・盛	健太郎
八戸工業大学	正会員	橋詰	豊・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,固化処理した後に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.佐々木らは,固化処理土の凍結融解の 繰り返しによる強度の低下や含水量の影響をなどを把 握し,劣化した供試体の微視的内部構造の可視化を行 なった¹⁾.しかしながら,凍結融解作用による微視的 内部構造の変化についての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 固化処理土の内部の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) 供試体作製条件

配合試験を行い, 圧縮強度が 2000kN/m² となるよ うに直径 5cm, 高さ 10cm の円柱供試体を作製した. 配合試験の結果により, 含水比 10%の硅砂 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と各供試体の条件を図-1 に示 す.水分量としては乾燥状態,飽和状態,不飽和状態 の3種類とし,凍結時には全ての供試体をラップで密 閉し水分が変化しないようにした.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,一軸圧縮強度と空隙率を測定した.

(3) 実験結果

図-2 に一軸圧縮強度と凍結融解サイクル数の関係を 示す.一軸圧縮強度については各サイクルの供試体の

Key Words: 凍結融解, セメント改良土, 微視的構造劣化 (〒 031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1) 平均値をとっており,初期強度で正規化している.乾 燥状態の場合には強度低下はしなかった.しかし,不 飽和状態のケース及び飽和状態のケースでは初期強度 より大幅に強度が低下した.図-3に空隙率とサイク ル数の関係を示す.飽和状態の場合には,凍結融解の 繰り返しにより空隙率が増加しているが,乾燥及び不





図-2 正規化した一軸圧縮強度とサイクル数の関係

飽和状態においてはほとんど変化していない. 飽和度 88%の不飽和状態の供試体は,凍結融解の繰り返しに より空隙が増加していないにも関わらず,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 にも,微視的な内部構造変化を観察・定量化する必要 があると考えられる.

3. 画像処理による微視的内部構造の定量化

(1) 概要

供試体に紫外線で発光する特殊な薬剤を浸透させ, ブラックライトを照射した断面をマイクロスコープで 撮影することで空隙を可視化する¹⁾. 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, 巨視的な空隙率が再現可能なマイクロスコープの倍率 を決定するために,倍率を変化させて10枚づつの画 像を取得した.取得した画像の空隙の面積率を求めて, 倍率との関係を図-5に示す.倍率を大きくすると鮮明 な画像が撮影可能であるが,撮影箇所によるバラツキ が大きくなる.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 ことがわかる.したがって,本研究では,20倍の倍率 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

佐々木らの報告では、画像による観察の結果、凍結 融解の結果として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抽出し たクラックの本数と凍結融解サイクル数の関係を図-6 に示す.凍結融解サイクルが増加すると飽和状態・不飽 和状態に関わらず微細なクラックが増加している.特 に、不飽和状態の場合には巨視的な間隙率はそれほど 増加していないものの、凍結による水分の膨張によっ てセメントペースト部分にクラックが増えるなどの損 傷を受けて、強度が低下すると考えられる.

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、巨視的な空隙率が増加していな い飽和度 88%の供試体においても強度が低下するメカ



図-6 微細なクラックとサイクル数の関係

ニズムを説明することができた. 微細なクラックなど のダメージの供試体内部の分布状況の把握など,より 詳細な観察と定量化を行なうことや種々の条件の供試 体についても実験を行なってデータを増やしたい.ま た,凍結融解による劣化を防止する対策手法について も検討を行いたい.

参考文献

 佐々木智弘:繰返し凍結作用を受けるセメント改良土の微視構造の観察、土木学会東北支部技術研究発表会、 2016.