

セメント改良土の繰返し凍結融解作用による強度低下の定量的把握

八戸工業大学	学生会員	遠藤 啓吾・○千葉 悟
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たしていない建設発生土はセメント等を用いた固化処理を行い利用される。セメント等の配合量を決めるための配合設計においては、初期の強度を基準として配合量を決めており、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。その一方で、社会基盤構造物の長寿命化の動きを受けてコンクリート構造物等については凍結融解作用による強度低下が指摘されており、東北地方等の寒冷地域においては課題となっている¹⁾。コンクリートより初期強度が小さく空隙の多い固化処理土についても地盤凍結深さ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、経年的に強度が低下して地盤支持力等の性能を満足できなくなることが懸念される。本研究では、凍結融解作用を受けた固化処理土の一軸圧縮試験を実施して、その凍結融解作用による強度低下の把握を行った。

2. 予備実験と劣化環境の設定

本研究では、予備実験として養生日数と強度の関係を調べ、凍結融解試験に用いる供試体の養生日数を検討した。予備実験の結果、得られた気中養生日数と一軸圧縮強度の関係を図-1に示す。同図より、養生日数7日以降も強度は大きく増加していることがわかる。養生日数14日と28日の間でほとんど強度増加が見られないことから、本研究での養生日数は28日間と設定した。また、飽和度の異なる3種類（乾燥状態、飽和状態、不飽和状態）の試料を用いることとした。乾燥試料については予備実験として28日間気中養生した供試体とその後24時間炉乾燥した供試体の重量を測定・比較し、ほとんど変化がないことから「気中養生28日間・凍結融解サイクルも全て気中で行う」こととした。飽和試料については、気中養生後の供試体を水で満たしたデシケータに設置して、真空ポンプで脱気

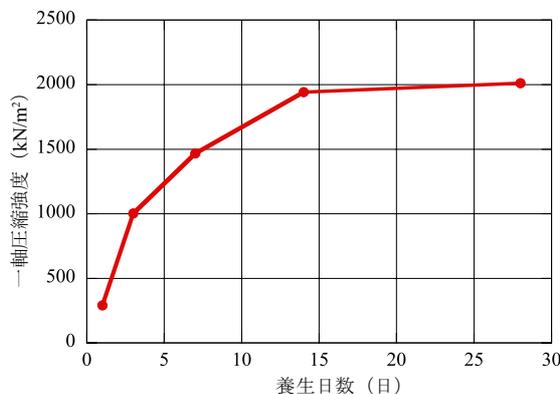


図-1 養生日数ごとの一軸圧縮強度

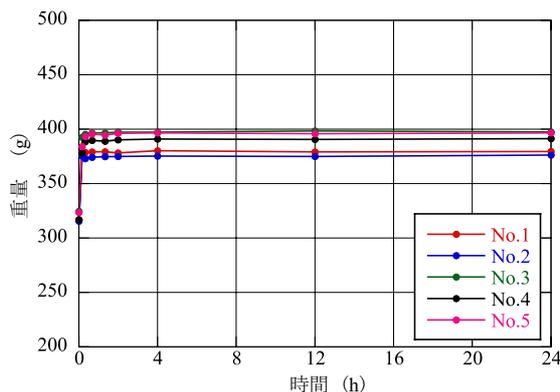


図-2 真空吸水時間と重量の変化

しながら吸水させた。5本の供試体に対して真空吸水時間と重量の変化を計測した結果を図-2に示す。同図よりわかるように、どの供試体も2時間ほどで重量はほぼ変化しなくなることから、飽和試料は「気中養生27日間・水中養生20時間・真空吸水時間4時間」とした。不飽和試料については、「気中養生27日間・水中養生24時間」とすることとした。また、全ての供試体において凍結過程24時間・融解過程24時間とし、凍結過程は気中とした。融解過程については、飽和・不飽和試料については、飽和度が変化しにくいように水中で実施した。養生期間・融解過程は温度は20℃、凍結過程は-20℃に保つこととした。なお、不飽和試料の飽和度は約62%となっている。

Key Words: 凍結融解, セメント改良土, 強度劣化

〒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)

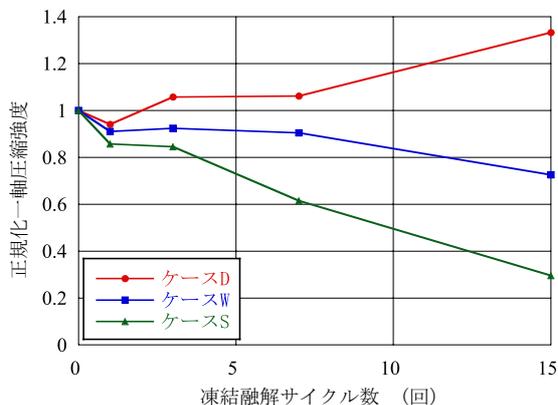


図-3 正規化した一軸圧縮強さとサイクル数の変化

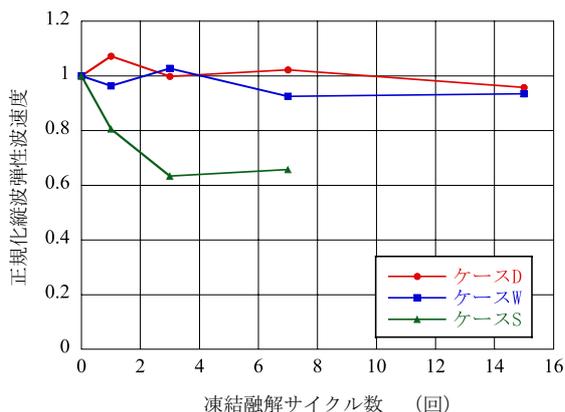


図-4 正規化した縦波弾性波速度とサイクル数の変化

3. 凍結融解試験

(1) 実験概要

砂5号とその重量比10%の普通ポルトランドセメント及び水をモルタルミキサーで練り混ぜ、3層25回突き固めをし、固化改良土を作成。供試体は直径5cm、高さ10cmの円柱供試体を用いた。実験には乾燥試料(ケースD)、不飽和試料(ケースW)、飽和試料(ケースS)の3種類を準備し、凍結融解の繰り返し回数を0, 1, 3, 7, 15とし各サイクルにおいて一軸圧縮強度試験、縦波弾性波速度(V_p)を測定した。一軸圧縮試験用供試体は、ケースW・Sは各サイクル6本ずつ、ケースDは3本、 V_p 計測の供試体は各6本とし、凍結融解過程において同一の供試体を継続して用いた。

(2) 実験結果

図-3に凍結融解サイクル数と正規化した一軸圧縮試験強度の変化を示す。縦軸の正規化一軸圧縮強度は、凍結融解作用を受けていない初期の供試体の一軸圧縮強度で各サイクルの供試体の一軸圧縮強度の平均値を正規化して示している。乾燥試料を用いたケースDの場合には、凍結融解作用による強度変化は見られない。飽和度を60%としたケースWの場合には、凍結融解

1サイクルで若干の強度低下が見られるが、その後はほとんど変化していない。水の凍結による膨張率は約10%であり、各間隙の飽和度のばらつきが含まれると考えられるものの、飽和度が60%程度であればセメントによる土粒子間結合を壊す程の影響は少ないと考えられる。一方で、飽和度100%のケースSの場合には凍結融解サイクルが進むにつれて強度が低下しており、3サイクルで初期強度の約80%程度、7サイクルで60%、9サイクルで50%、15サイクルで30%程度になることがわかる。実際の環境下における固化処理土の凍結融解作用の繰り返しによる強度低下は、ケースDとケースSの間になると予想され、飽和度が高い場合には著しく強度が低下する可能性があり、注意が必要であるといえる。図-4に正規化縦波弾性波速度(V_p)と凍結融解サイクルの関係性を示す。 V_p については同一の供試体を繰り返し使用して測定しているため、各サイクルの測定値をその供試体の初期値の測定値により正規化した後に平均して求めている。 V_p についてもケースD、ケースWについてはほとんど変化が見られずケースSの場合には凍結融解サイクルの増加に伴い低下している。これらの変化の傾向は一軸圧縮強度と類似している。固化処理土の内部構造は劣化し空隙が増加することにより V_p が低下する。このことにより強度が低下されることが確認される。これらの結果より、空隙に存在する水が凍結により膨張することで、セメントによる土粒子間の結合を破壊して空隙が増加するため、強度低下することがわかる。

4. おわりに

本研究では、凍結融解の繰り返し作用によるセメント固化処理土の強度低下を把握した。乾燥状態であればそれほど影響を及ぼさないが、飽和状態であれば15サイクルで30%程度に強度低下することが確認された。また、飽和度が60%以上であれば、15サイクル程度の凍結融解のサイクルだけで供試体の打ち継ぎ目に破壊が確認できた。これらの結果より、飽和状態であれば、凍結融解による固化処理土の劣化速度は、コンクリートと比較して非常に大きい。今後は、強度低下が進む飽和度の限界を把握することや添加率・初期強度の影響等について詳細に検討することが課題である。

参考文献

- 1) 阿波稔ほか：凍結融解を受けたコンクリート表層部の劣化度評価、コンクリート構造物への非破壊検査の展開論文集, Vol2, pp.243-248, 2006.