

固化処理土の凍結融解作用による力学特性の劣化の把握

八戸工業大学 学生会員 ○柏崎 匡哉
八戸工業大学大学院 学生会員 野添 重晃
八戸工業大学 正会員 橋詰 豊・金子 賢治

1. はじめに

建設廃棄物の発生量を削減するために、建設発生土の地盤材料としての有効利用が進められている。近年では、力学的性質などの基準を満足しない発生土の多くは、セメント・石灰等を用いた安定処理により固化改良され、大量に利用される。固化処理土の配合設計については、初期の一軸圧縮強さに基づいて設計されセメント添加率等が決められており、その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ていない。一方、コンクリートや岩石等については、凍結融解作用により強度が低下することが指摘されており^{1),2)}、東北地方においては構造物の長寿命化などを目指す際の課題となっている。コンクリートよりも初期強度の小さい固化体である固化処理土についても、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劣化過程、含水量の違いによる影響などを把握することを目的に系統的に行われている研究は多くない。このことから、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凍結融解過程における劣化特性の把握を行った。また、飽和度の違い等についても検討を行った。

2. 予備実験

養生条件等による固化処理土の飽和度の違い等をあらかじめ把握しておくために、予備的な実験を行った。本研究では、全ての供試体でケイ砂5号に普通ポルトランドセメント10%を添加した固化処理土を用い、7日間養生の乾燥・飽和・不飽和試料の3種類の供試体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、7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にほとんど変化が無いことから、「気中養生7日間・凍結融解サイクルの際も全て気中で行う」こととした。

飽和試料については、水で満たしたデシケータに供試体を設置して、真空ポンプで脱気しながら吸水させた。予備実験として、5本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-1に示す。同図より分かるように、どの供試体も2時間程度で重量はほぼ変化しなくなることがわかる。したがって、飽和試料は、「気中養生6日・水中

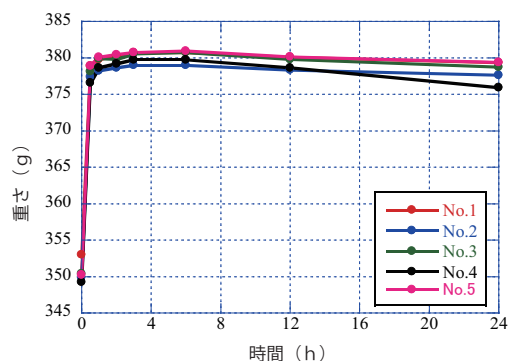


図-1 真空養生の時間と重量変化

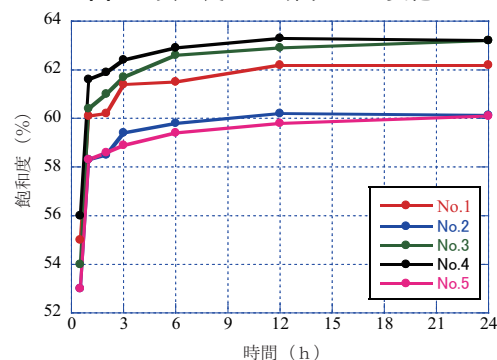


図-2 水中養生の時間と飽和度の変化

養生20時間・真空吸水4時間とし、凍結時は気中・融解時は水中で20時間・真空吸水4時間」とした。

不飽和試料については、気中6日養生・水中1日養生とすることとし、その際の飽和度を予備実験として計測する。6日間気中養生した供試体を炉乾燥して乾燥重量を計測した。その後、24時間水中に設置して、一定間隔毎に重量を測定した。24時間後に水を満たしたデシケータに供試体を設置して、24時間真空ポンプで脱気しながら吸水し飽和重量を測定した。これらの計測結果より求めた、水中に設置した時間と飽和度の関係を図-2に示す。5本の供試体で若干のばらつきはあるが、24時間水中に設置することで、平均して62%程度の飽和度なることがわかる。

以上の予備実験の結果より、乾燥試料は0%、不飽和試料は62%、飽和試料は100%の飽和度であることがわかり、次章ではこれらを用いて凍結融解を繰り返し作用させた飽和度の異なる供試体の劣化について検討する。

3. 凍結融解作用による力学特性の劣化

供試体は、直径5cm、高さ10cmの円柱供試体を用いた。ケイ砂とその重量比10%のセメントをモルタルミキサーで混合して、締固め度90%の密度となるように3層に分けて

突き固めながら固化改良供試体を作成した。前章で示したように乾燥試料（ケース D）、不飽和試料（ケース W）、飽和試料（ケース S）の3種類を準備する。凍結融解過程における実験環境は次のように設定した。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は凍結過程において、ラップで供試体を密閉し、できるだけ水分が逃げないようにした。凍結融解の繰返し回数は、0、1、3、4、5サイクルとし、各サイクルにおいて重量、体積、一軸圧縮強さ、空隙率、縦波弾性波速度（ V_p ）を測定した。一軸圧縮試験に用いる供試体は各3本とし、 V_p と供試体重量は各1本の供試体を繰返し使用して計測した。空隙率については、各2本の供試体を準備し、24時間飽和させた重量と、 100°C の恒温槽内で24時間乾燥させた乾燥重量の差を供試体の初期体積で除すことで算定した。

ここでは、各計測項目について、凍結融解作用を受けない7日養生の供試体の計測結果で正規化して示す。図-3にサイクル数と正規化一軸圧縮強度の変化を示す。乾燥試料の一軸圧縮強度については、凍結融解が繰返し作用してもほとんど変化はないことがわかる。空隙中に水分が含まず、温度収縮の繰返しのみでは強度劣化に大きな影響を及ぼさないことを示している。飽和試料および不飽和試料については、繰返し凍結融解作用を受けることで、たった5サイクルで80%の強度まで低下することがわかる。飽和試料の方が不飽和試料に比べて劣化の程度が大きい。実際の環境下においては、乾燥試料と飽和試料の間となると考えることができる。次に、凍結融解作用による内部構造の劣化を把握するために正規化空隙率の変化を図-4に示す。飽和試料・不飽和試料では、空隙率は凍結融解サイクル数が増えるに伴い増加している傾向を示し、乾燥試料ではほとんど変化しない。このことから、空隙に存在する水が凍結によって体積膨張し、内部構造が微視的クラックの発生等の損傷を与えるため、一軸圧縮強度が低下するものと考えられる。不飽和試料の方が飽和試料よりも空隙率の増加率が大きい。供試体のばらつきによる可能性がある。飽和度が60%程度の供試体においても、強度低下や内部構造の劣化程度が飽和試料と同程度であることについては、当初の予想とは大きく異なっており、実験ケースを増やす等して今後検討が必要である。図-5に正規化した V_p とサイクル数の変化を示す。飽和試料・不飽和試料は凍結融解の繰返しにより V_p は減少する傾向を示しており、乾燥試料はほとんど変化が見られない。一軸圧縮強度の低下の結果と非常に近い傾向にあり、このことから内部構造の劣化・空隙の増加により固化処理土の強度が低下することが確認

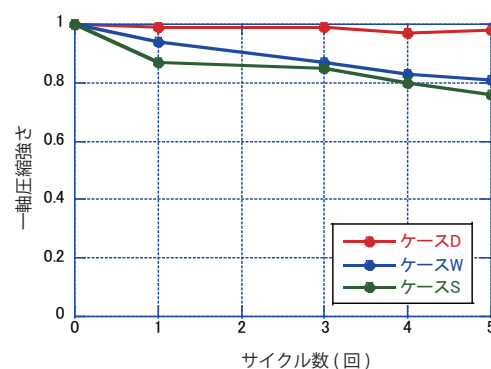


図-3 正規化した一軸圧縮強さとサイクル数の変化

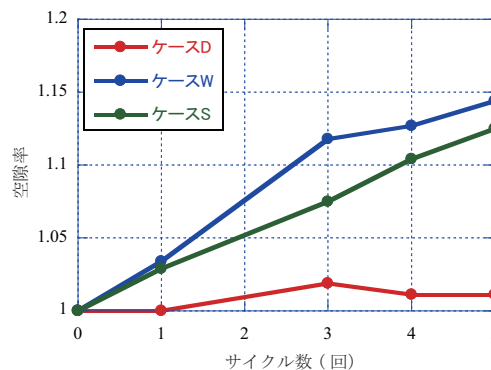


図-4 正規化した空隙率とサイクル数の変化

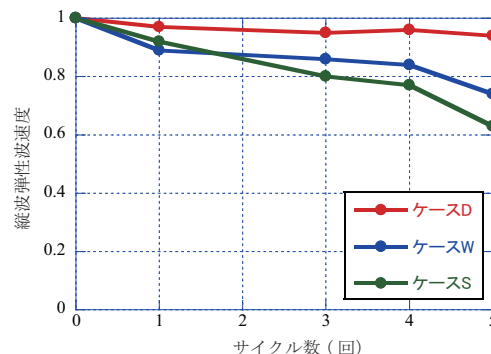


図-5 正規化した縦波弾性波速度とサイクル数の変化

される。以上より、固化処理土の凍結融解作用による強度低下は水の供給と内部構造の劣化に起因することが確認される。

4. おわりに

本研究では、凍結融解作用による固化処理土の強度低下を把握した。凍結融解による劣化の速度は非常に大きく、一軸圧縮強さは5サイクル程度で80%程度となることがわかった。また、供試体内部の水の有無によって影響されること、凍結融解の繰返しにより内部構造の変化し、空隙率が増加したためと考えられる。さらに凍結融解サイクルを増やすこと等でデータを蓄積することや供試体内部の空隙のサイズや分布の観察、劣化の定量的評価等が今後の課題である。

参考文献

- 1) 京谷孝史ほか：多孔質軟岩（大谷石）の凍結融解による力学特性劣化の定量的把握について、土木学会論文集，No. 652/III-51，pp. 103-114，2000.
- 2) 阿波稔ほか：凍結融解作用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，Vol.2，pp.243-248，2006.