## 飽和凍土の透水係数の温度依存性

苫小牧高専	〇正会員	所	哲也,	北海道大学	フェロー会員	石川	達也
低温圈工学研究	印所 正会員	赤川	敏,	摂南大学	正会員	伊藤	譲
北海道大学		佐々オ	卞飛翔,	関西大学	フェロー会員	大西	有三
奥村組土木興業	き 正会員	廣瀬	剛,	精研	正会員	上田	保司

## 1. はじめに

細粒土は凍結する際に、アイスレンズの発生を伴い地盤が膨張する凍上が生じる場合がある. 凍上が生じる際, フローズンフリンジと呼ばれる凍土中を不凍水が流れ、アイスレンズ発生面に水が供給されることでアイスレンズ が生成・成長する. このため、凍上メカニズムを明らかにするためには、フローズンフリンジの透水性を明らかに する必要がある. これまで、筆者らは、アイスレンズの発生を抑止した条件下で凍土の透水係数を求める試験法を 提案している<sup>1)</sup>.本研究では、試験装置に改良を加え、凍土の透水特性の評価精度を向上することを目的とする.

## 2. 試験装置および試験方法

試験装置を図1に示す.本試験機では、ベロフラムシリンダー によりアイスレンズが発生する間隙氷圧以上の上載荷重を供試体 に載荷することでアイスレンズの成長を抑止して、凍土の透水試 験を実施することが可能である.凍上試験機と同様にキャップ・ ペデスタルを独立して温度制御が可能であり、さらに供試体を設 置する試験モールド中央部に冷媒を循環できる機構になっている. このため、供試体の中央部を凍結させ、キャップ、ペデスタルを 0°C 以上の温度に保つことにより、供試体に流出入する水が凍る ことなく凍土透水試験を実施可能な仕組みとなっている.試験法 の詳細は、文献1を参考にされたい.本研究では、供試体内部の 温度分布を均一にして試験精度の向上を図るため、供試体直径を 既往研究<sup>1)</sup>の 70mm から 50mm に変更し、さらに装置は 2°C に 設定された低温実験室内に設置した.

試料には、図2に示す通り不凍水量が比較的多い NSF を用いた.供試体は、500kPa で予圧密した試料を凍土透水用セル内に設置し、1MPa の上載圧で一次元圧密することで作製する(*p*<sub>d</sub>=1.53g/cm<sup>3</sup>, *S*<sub>r</sub>=100%).供試体作製後、供試体上下部温度を0.2°Cに設定し、未凍土供試体に対して透水試験を実施する.未凍土供試体の透水係数の測定終了後、凍結過程へと移る.供試体上下部を0.2°Cに保持した状態で、供試体中央部を-10℃でサー



マルショックを与えた後に、-1°C に変更して供試体中央部を凍結させる.24 時間経過後、透水試験設定温度である -0.5°C に設定し、さらに24 時間経過後に、凍土の透水試験を実施する.その後、冷却温度を変更し、昇温、降温過 程の凍土の透水試験を実施する.一連の凍土透水試験の実施後、供試体温度を0.2°C に設定し、融解後の未凍土の 透水試験を実施する.また、供試体内部の温度分布を明らかにするため、同一の試験条件下で供試体の温度計測を 別途実施した.

キーワード 凍土,透水係数,不凍水

連絡先

絡先 〒059-1275 北海道苫小牧市錦岡 443 苫小牧工業高等専門学校 TEL 0144-67-8062

-557-



## 3. 試験結果および考察

図3に供試体内部温度の計測結果の一例として、本研究で凍土に対して透水試験を実施した最高温度(-0.25℃)、 最低温度(-0.5℃)の供試体内部の温度分布を示す.両計測結果ともに冷却面から離れるに従い、設定温度との僅 かな差が生じているが、本研究で試験実施温度の中で最も高温の凍土においても供試体中央部まで確実に凍結して いることがわかる.

図4に昇温過程の各温度における流速と動水勾配の関係を示す.各温度における流速と動水勾配の関係が比例関係にあることより,未凍土と同様にダルシー則が適用可能である.ダルシー則より算出した透水係数を図5に示す. 横軸の温度は,詳細な検討を要するため冷却部の温度としている.凍土と未凍土の透水係数を比較すると、凍土の 透水係数は1オーダーから3オーダーほど低い値となっている.昇温,降温過程ともに0°C 近傍では透水係数が大 きくなり,低温になるに従い透水係数は小さくなるという温度依存性が伺える.また,凍結前,凍結融解後の未凍 土の透水係数に大きな差が無いことから,凍結による供試体内部の構造変化は生じていないことが推測される.凍 土の透水係数の温度依存性は,図2に示す通り,本研究で透水試験を実施した温度範囲(-0.5°C~-0.25°C)で,不 凍水量の変化割合が大きいことに起因していると考えられる.透水係数と不凍水量の関係をより詳細に検討するた めに,昇温過程の透水係数と不凍水量の関係を図6に示す.透水係数-不凍水量の関係は,概ね直線関係になって おり,凍土の透水係数は不凍水量と強い相関がみられる.凍土中の通水経路は,温度に依存する不凍水量に応じて 増減すると考えられるため,妥当な結果であると考えらえる.

4. まとめ

温度分布の計測結果から凍土の透水係数を確実に測定できていることが示された.凍土の透水係数は,不凍水量 と相関があり,温度依存性があることが示された.今後,供試体内部の温度分布の検討を進め,凍土の透水特性を 明らかにしていく予定である.

|参考文献 1) 所ら:アイスレンズの発生を抑止した凍土透水試験法の提案,地盤工学ジャーナル, Vol.5, No.4, pp.603-613, 2012.