

舗装材料の電気抵抗による凍結融解評価について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○上野 千草
 同上 正会員 丸山記美雄
 同上 正会員 木村 孝司

1. はじめに

積雪寒冷地の路盤や路床は、低温時における材料の凍結や、融解期の含水比上昇や凍結融解作用による支持力低下等の影響を受ける過酷な条件下にある。このため、凍結の深さや凍結融解の頻度、含水比の変化を把握することは積雪寒冷地において舗装を構築する上で重要である。本文では、路盤や路床などの舗装体内部の土系材料の凍結融解状況を電気抵抗の変化により評価する方法について基礎的な検証を行った結果を報告する。

2. 計測の原理と特徴

凍結した土は、凍結していない土に比べて電気抵抗等が大きく変化することが知られている¹⁾。そこで本検討では、この性質を利用して路盤材および路床土の凍結・融解状況を電気抵抗の計測により判定することを試みた。

3. 計測装置の概要

図-1 に本検討で作製した計測装置を示す。電極を 5cm 等間隔で配置した棒状の計測装置（以下、凍結融解深度計）を試作した。電極には電導性銅箔テープを用い、硬質ポリ塩化ビニル管（以下、VP 管）に等間隔で巻き付け、VP 管の側面に孔を開け、管の内側からリード線を接続している。隣り合う電極間に繋がるリード線の先端に、LCR メータを接続し、周波数 100Hz の交流のときのインピーダンス（以下、電気抵抗値）を計測した。計測にはハンディタイプの LCR メータ (GW Instek 製 LCR-916) を用いた。なお、電極を増設することにより、さらに多点での同時計測が可能であり、交流での計測が可能な自記記録装置を接続すれば、凍結融解状態を任意の時間間隔で計測することが可能である。本検討で作製した計測装置は、従来の凍結融解判定手法であるメチレンブルー凍結深度計、開削観測、地中温度測定、水分計による方法等と比べ、非破壊、深度方向の連続した計測が可能、計測の自動化といった利点があると考えられる。

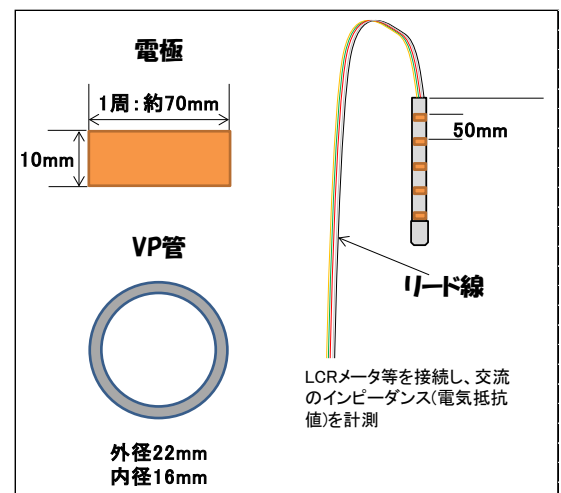


図-1 凍結融解深度計の概要

4. 試験方法

4.1 試験試料の作製

試験試料は、路盤材（切込碎石 40mm 級：最適含水比 5.4%）および路床土（粘性土質礫質砂：最適含水比 55.5%）の計 2 種類を用いた。試験試料は写真-2 に示すようにプラスチック容器に納め、この中に凍結融解深度計を埋設した。また、試料の含水比を調整するため、100℃の高温乾燥炉において 2 日間養生して絶乾状態とし、これに電子天秤にて計測した水を混合した。含水比は、路盤材で 5%、路床土では 10%、20%、30%、40%、及び 50%となるよう調整している。



写真-1 試験試料および凍結融解深度計

キーワード 路盤、路床、凍結融解、凍結融解深度計、含水比

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 Tel.011-841-1747

4.2 養生条件

試料の凍結にあたり、-20℃の低温室にて養生した。また、試料の融解にあたっては、常温の部屋にて養生を行った。なお、熱電対温度計を試料に埋設し、内部温度を確認した上で養生の終了時期を決定した。また、試料の乾燥を防ぎかつ試料の凍結状態を目視で観察できるよう、容器上面を透明のビニルシートにて覆った。

5. 試験結果

凍結前(常温)、凍結後(-20℃)および融解後(常温)に電気抵抗値を計測した。また、事前動作確認として、水道水に対して電気抵抗値を計測した。各試料の計測結果を図-2に示す。

5.1 凍結状況の評価

事前に行った水道水においては、凍結前後で電気抵抗値が二桁上昇し、凍結の判断が明確にできる結果となった。

路盤材においては、最適含水比付近の5%において計測を行った結果、凍結前後で電気抵抗値が一桁上昇し、その差が明確であり凍結の判断が可能な状況であった。これは、凍結前に存在した水が凍結後には氷となり、電気抵抗が上昇したためと考えられる。

路床土においては、含水比が最適含水比に近い50%の条件では、凍結前後で電気抵抗値が二桁上昇し、その差が顕著であり凍結の判断が可能な状況であった。また、含水比30%および40%の条件においても凍結前後で一桁の上昇が確認され、その差が明確であり凍結の判断が可能な状況であった。一方、含水比が10%および20%の条件においては、凍結前後の電気抵抗値の差は小さくなり、判定が困難な状況であった。この要因として、凍結前の段階で水がほぼ土粒子内に吸着されており、土粒子の表面が乾燥状態に近く、凍結前から電気抵抗が高い状態であったことから、凍結前後に差が現れなかったと推察される。

5.2 融解状況の評価

全ての試料で融解後の電気抵抗値は凍結前の値と概ね同程度となった。また、乾燥状態に近いと考えられる路床土の含水比10%、および20%の試料以外では、融解前後の電気抵抗値の差は明確であり、融解の判定が可能であると考えられる。

5.3 含水比と電気抵抗値の関係

路床土における含水比と電気抵抗値の関係を図-3に示す。電気抵抗値は、含水比に指数比例する結果となり、決定係数は0.98と高い精度で近似できている。このため、凍結融解深度計を用いることで、含水比をある程度計測可能であり、融解期における含水比の変化の傾向を把握することができると考えられる。

6. まとめ

今回試作した電気抵抗を計測する原理を有する凍結融解深度計を用いて、舗装体内部の電気抵抗値を計測することにより、凍結融解状況の評価できる可能性を見いだした。ただし、最適含水比と比較して、含水比が低く乾燥状態に近い条件では、凍結融解の判定が困難であると考えられる。

また、電気抵抗値は含水比に指数比例する傾向を示すことから、本検討で試作した凍結融解深度計により含水状態をある程度把握することが可能であると考えられる。

なお、現地計測への利用にあたっては、材料の種類や含水比によって判定に影響が現れるため、事前に試料をサンプリングし、キャリブレーションを行い、基礎データを取得しておくことが必要と考える。

参考文献: 1) 公益社団法人 土木学会: 舗装工学ライブラリー15「積雪寒冷地の舗装に関する諸問題と対策」、pp.32-33、2016。

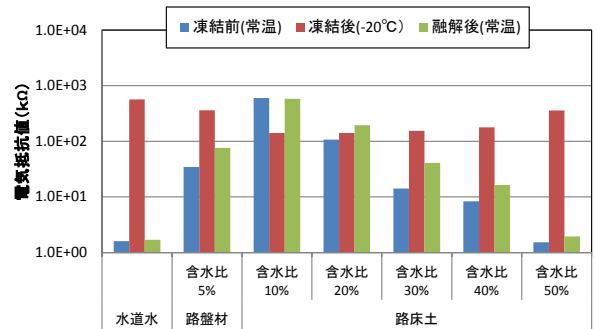


図-2 計測結果

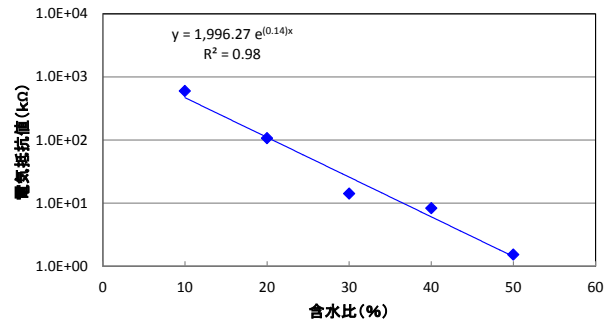


図-3 路床土の含水比と電気抵抗値の関係