

構造物と凍土との凍着強度に対する凍着条件の影響評価

北海道大学大学院工学院 学生員 ○笹 祐也
北海道大学大学院工学研究院 フェロー 蟹江 俊仁

1. はじめに

凍着とは、「二つの物体の間に水がある場合、その水の凍結により、物体間の水による接合が生じること」である。凍着せん断強度とは凍着するときの強度のことをいう。寒冷地域では凍着や凍上の現象の連成によって、土木構造物が持ち上がるという被害が報告されている。このような被害を防ぐために、凍着強度に及ぼす要因を解明することは重要である。凍着せん断強度に影響を与える要因として、凍結時間や凍結温度などの環境条件、また、被凍着材料の表面粗度や凍着試料の含水比、密度などの材料条件などがある。本研究では、凍着するときの材料条件に着目し、被凍着材料と凍着試料の条件を変えた時に、それぞれどのように凍着せん断強度に影響するのか解明することを目的とする。

2. 実験概要

本研究で直接せん断試験を行うための凍着せん断試験装置を図-1に示しておく。用いた供試体（断面の直径：50mm）は、被凍着材料を円柱形の供試体の型にはめ、その上から凍着物質となる標準砂やシルトを水に溶かしたもの（標準砂は分離している）を流し込んで一定の高さまで充填させ、 -10°C で凍着させ、必要な時間だけおいて作成した。十分な時間が経過した後、供試体を型から外して、凍着せん断試験装置の下部せん断箱に装填する。その後、上部せん断箱に凍着試料を固定し、下部せん断箱の水平方向に一定なひずみ速度のせん断力を加え凍着せん断荷重を計測し、最大の凍着せん断荷重を凍着面積で除して凍着せん断強度を求め、それぞれ比較する。

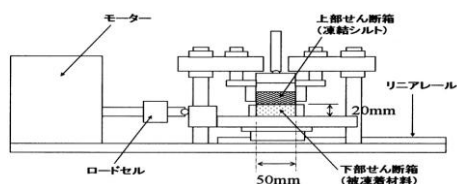


図-1 凍着せん断試験装置

3. 被凍着材料が及ぼす影響に関する実験

3. 1 実験背景

被凍着材料の表面物性は凍着せん断強度に影響するということは既往の研究からもわかっており、また、氷や雪の着氷強度に影響を及ぼす要因として、材料表面のぬれ性が挙げられていた。材料表面のぬれ性は、水との接触角を用いて表わすことができ、接触角が大きいということは、材料表面で水が広がりにくく、ぬれ性が低いことを意味し、この性質を撥水性という。また、接触角が小さいときの材料表面の性質を親水性という。凍着現象が、材料表面で凍土に含まれている間隙氷によって発生するならば、着氷と同様、材料表面のぬれ性が凍着せん断強度に影響を及ぼすと考えられる。そこで、本実験では、実験に用いた被凍着材料のぬれ性がどのように凍着せん断強度に影響を及ぼすのか調べた。

3. 2 方法

被凍着材料に高さがすべて20mmのスチール、ガラス、アルミを用い、表面を親水性コーティングや撥水性コーティングを用い、それぞれ条件を変えた。そして、凍着試料には含水比40%の粉碎石英シルトを用い、供試体の凍着試料の部分の高さを20mmとした。また、凍結時間を一定とし、それぞれ凍着させて実験を行った。

3. 3 結果と考察

実験により得られた凍着せん断強度と水との接触角の関係を図-2に示す。図-2より、ガラスを用

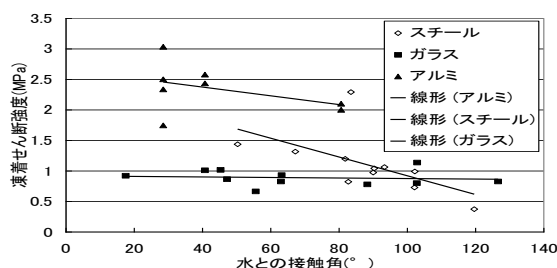


図-2 凍着せん断強度－水との接触角

キーワード 凍着, 凍着強度, 凍上, 構造物, 寒冷地

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学研究院 TEL011-706-6177

いた場合、水との接触角の大きさに依らず凍着せん断強度はほぼ一定の値を示した。そして、スチールとアルミを用いた場合、水との接触角が小さくなると、凍着せん断強度はだんだん大きくなっていき、線形的な関係を示した。また、アルミの方が高い値を示した。これは、被凍着材料の表面粗度が凍着せん断強度に影響を及ぼしているからではないかと思われる。

4. 凍着試料が及ぼす影響に関する実験

4.1 実験背景

凍着試料の含水比や密度などが凍着せん断強度に影響を与えるということは、既往の研究によってわかっていたので、凍着試料の種類を変えて実験を行った。その結果、豊浦標準砂、粉碎石英シルト、純水の順に凍着せん断強度(純水の場合は着氷せん断強度)は高い値を示した。この原因として、試料内部での粒子の粒径や形状が影響しているのではないかと推測したのでそれらに着目して実験を行った。

4.2 方法

被凍着材料として、スチールを用い、表面の条件と環境条件はすべて等しくする。また、凍着試料を豊浦標準砂(粒径の平均：0.2mm)とガラスビーズ(粒径：0.1mm)とする。これは、標準砂の粒子の粒径にはばらつきがあり、形状も異なっているが、一方、ガラスビーズの粒子の粒径はすべて等しく、形状もすべて同じなので、凍着試料の粒子の粒径や形状の違いに着目することができるので、今回の実験ではこの二つの試料を用いた。なお、実験に用いる供試体の凍着試料は飽和状態のものを用いていて、高さも変えることで、有効応力を変化させ、密詰めにしたものである。これらの条件でそれぞれ凍着させて実験を行った。

4.3 結果と考察

実験により得られた、凍着試料ごとの有効応力と凍着せん断強度の関係を図-3に示す。一点鎖線は、純水の着氷せん断強度を表している。図-3より、有効応力が大きくなるほど、標準砂の場合、凍着せん断強度は高くなっていくが、ガラスビーズの場合、凍着せん断強度は一定の値を示し、純水の着氷強度とほぼ等しくなった。これは、凍着試料の粒子の粒径のばらつきや形状が影響しているからではないかと考えられる。

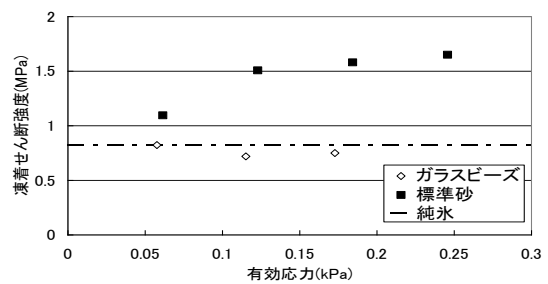


図-3 凍着せん断強度－有効応力

5. 結論

被凍着材料にガラスを用いた場合、水との接触角の大きさに関係なく凍着せん断強度はほぼ一定の値を示した。また、被凍着材料に、スチール、アルミを用いた場合、水との接触角と凍着せん断強度は線形的な関係を示すということが分かる。そして、水との接触角が小さくなると、凍着せん断強度はだんだん大きくなっていき、アルミの方が高い値を示した。この原因として考えられることは、被凍着材料の表面粗度が凍着せん断強度に影響を及ぼしているからではないかと思われる。

凍着試料に標準砂を用いた場合、有効応力を高くしていくと、凍着せん断強度はだんだん高くなっていく。また、凍着試料にガラスビーズを用いた場合、有効応力を高くしていくと、凍着せん断強度は純水が着氷した場合とほぼ等しくなり、有効応力の変化による影響を受けなかった。以上の結果から、凍着試料の粒子の粒径のばらつきや形状が凍着せん断強度に影響を与えているのではないかと考えられる。また、今後の展望として、凍結時の有効応力の考え方、そして、ガラスビーズの粒径にばらつきを与えたときに、どのような挙動を示すか、の2点を挙げる。

参考文献

- 1) 土質工学会編：土の凍結－その理論と実際－，土質工学会改訂版，pp55，1994年
- 2) 上田保司等：凍着面の垂直応力が凍土のせん断強度に及ぼす影響，日本雪氷学会誌 66 巻 2 号，pp19－205，2004年
- 3) 大浦浩文：土の凍着力について，北海道大学低温科学研究所低温科学物理編 19 巻，pp215－221，1960年
- 4) 米谷仁矩：材料物性と凍着条件の差異が土の凍着せん断強度に及ぼす影響，北海道大学平成 21 年度卒業論文，2010