材料物性が凍着せん断強度に及ぼす影響

Effects of Differences in Sample Conditions on Adfreeze Strength

北海道大学大学院工学研究科　○学生員　古川　無何有(Mukau Furukawa)
北海道大学工学部　学生員　笹　祐也　(Yuya Sasa)
北海道大学大学院工学研究院　フェロー　蟹江　俊仁　(Shunji Kanie)
システム工学研究所（株）　正　員　赤川　敏　(Satoshi Akagawa)

1.はじめに

凍着とは，凍土内の間隙氷によって構造物と凍土が接着することであり，一般に凍着せん断強度とは凍土と他の材料の接合面におけるせん断強度のことを指す．寒冷地では、凍着と凍上が連成し，凍着した構造物が凍上方向に押し出される凍着凍上問題が発生している．このような現象を防ぐために，構造物の設計管理において凍着せん断強度を正確に把握することが重要である．

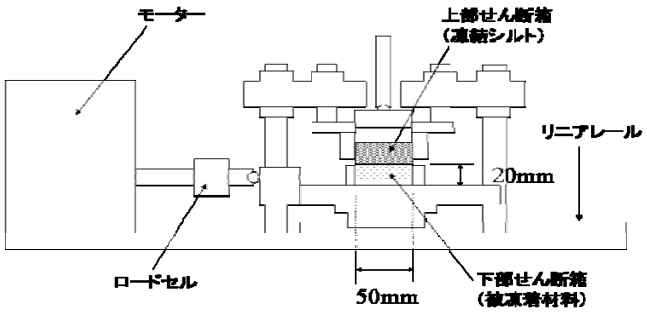
これまでにも凍着せん断強度について多数の研究報告がなされており，温度・凍結方向・せん断変位速度・凍着面の垂直応力等多くの影響因子に依存することが分かっている．したがって凍土地域の構造物を設計・管理する場合，様々な要因によって変化する凍着せん断強度を定量的に把握することが望ましい．

本研究では，その様々な影響要因の中で凍着試料・被凍着材料に着目し，凍着試料・被凍着材料の差異が凍着せん断強度に及ぼす影響を調べる．

2.実験概要

凍着せん断試験装置(図 1)を用いて実験を行う．凍着試料と被凍着材料を(-10℃)で凍着させ，円柱形の供試体を作成し，凍着せん断実験装置に供試体を充填する．そして，上部せん断箱を固定し，下部せん断箱にひずみ速度一定でせん断力を加え，凍着せん断強度を求める．

本実験では凍着試料・被凍着材料以外の実験条件を統一し，他の実験条件による影響を排除する．



図－1 凍着せん断試験装置

3.表面粗さが凍着せん断強度に及ぼす影響

3.1 実験方法

表面粗さ・材質の差異が凍着せん断強度に与える影響を調べるために，被凍着材料としてスチールさらにスチール・木材の表面粗さをコピーしたエポキシを用いた．

これからスチールの表面粗さをコピーしたエポキシを i スチールとし，木材の表面粗さをコピーしたエポキシを i 木材とする．また凍着試料には含水比 40%の粉砕石英シルトを用いた．

オリジナル材料とコピー材料間の凍着せん断強度を比較することで，材質の差異が凍着せん断強度に与える影響について，i スチールと i 木材を比較することによって同材質で表面粗さが凍着せん断強度に与える影響について調べた．

また，表面粗さは JIS 規格の算術平均粗さ Ra を用いて定量的に評価し，被凍着材料の表面粗さ・材質が凍着せん断強度に与える影響を明らかにした．

3.2 結果と考察

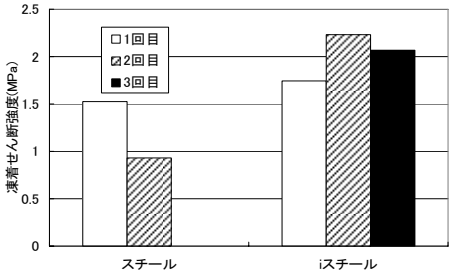
スチールと i スチールの Ra の測定結果を表 1 に示す．なお，Ra が大きいほど表面の凹凸は大きい．スチールと i スチール間の表面粗さに有意な差がなく，コピーの精度が高いことが分かる．

図 2 は合計 3 回測定したスチールと i スチールの凍着せん断強度で，各回の凍着せん断強度は 3 ケースまたは 5 ケースの試験結果の平均である．

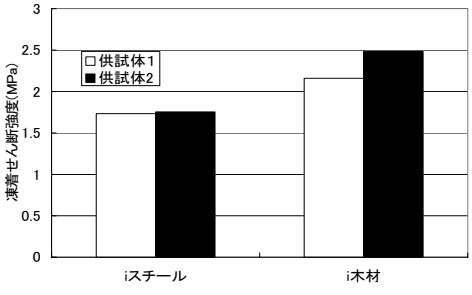
図 3 は i スチールの凍着せん断強度と i 木材の凍着せん断強度である．

表－1 表面粗さ Ra 測定結果(μm)

	供試体 1	供試体 2	供試体 3
スチール	0.75	1.2	0.85
i スチール	0.9	1.1	0.9



図－2 スチールと i スチールの比較



図－3 i スチールと i 木材の比較

図 2，図 3 よりスチールと i スチール間の凍着せん断強度に，また，i スチールと i 木材間の凍着せん断強度に有意な差が見られた．このことから，材質・表面粗さが共に凍着せん断強度に影響を与えることが確認できる．

また，スチールと凍土の凍着せん断強度については回数を重ねるごとに値が小さくなっていくこと，また，エポキシについても実験日ごとに値が異なることを確認した．これは，被凍着材料を空気中に置いておいたため，表面の性状が変わってしまったからではないかと考えることができる．

4.被凍着材料の差異が凍着せん断強度に及ぼす影響

4.1 実験方法

これまでの研究により，同じ材質であっても、凍着せん断強度にばらつきが見られた．また，氷・雪の付着では，材料表面のぬれ性が着氷力に影響を及ぼしていることが分かっている．凍着が間隙氷によって発生するならば，着氷と同様に表面のぬれ性に影響を受けるかを調べた．

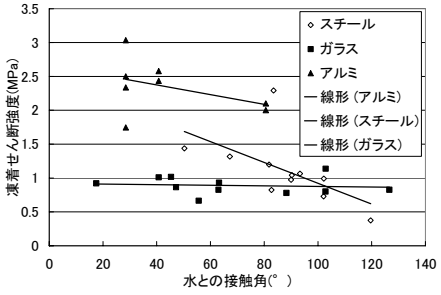
「表面のぬれ性」が凍着せん断強度に与える影響，「材質」が凍着せん断強度に与える影響を調べるために，被凍着材料としてスチール・ガラス及びアルミを用いた．スチール及びガラスに様々な表面処理を施しぬれ性を変化させた．作成した供試体の同材料間の凍着せん断強度を比較することで，表面粗さによる影響を排除し、表面のぬれ性の影響を調べた．

また，同程度の表面のぬれ性を持つ，スチール・ガラス・アルミ間の凍着せん断強度を比較することで，材質による影響を調べた．

4.2 結果と考察

図 4 はそれぞれの材料の表面のぬれ性と凍着せん断強度の関係を載せたものである．

また，表面粗さはスチール・アルミ・ガラスの順に大きい．



図－4 水の接触角と凍着せん断強度の関係

図 4 から表面のぬれ性が凍着せん断強度と線形的な関係を持つことが分かる．

また，既往の研究では表面粗さと凍着せん断強度に線形的な関係があるといわれている．しかし，スチール・アルミ間で同程度の表面のぬれ性の凍着せん断強度を比較すると，アルミの方がスチールに比べ表面粗さが小さいにもかかわらず，大きな凍着せん断強度を示している．このことから被凍着材料の材質も，凍着せん断強度に大きく影響を与えていることが分かる．

5.凍着試料の差異が凍着せん断強度に及ぼす影響

5.1 実験方法

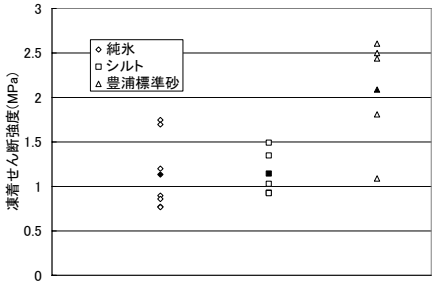
本実験は表面性状を同じにしたスチールに対し，粉砕石英シルト・豊浦標準砂及び水を凍着（水の場合は正確には着氷）させ，その凍着せん断強度の差異を見る実験である．

これまでの研究により，表面のぬれ性及び表面粗さを一定にすることで，同材料同士の凍着強度は一定になることが分かっている．

そこで，凍着試料の違いによる凍着せん断強度の差異を調べるために，被凍着材料として使われるスチールの表面性状を一定にした．まず，スチールの表面を鏡面仕上げにすることによりスチールの表面粗さを同一にし，また金属洗浄を施すことによってスチールの表面のぬれ性を同一にする．このような準備を行うことによって，凍着試料の違いによる凍着せん断強度の差異を調べる．

5.2 結果と考察

図 5 は左より純氷・シルト・豊浦標準砂の凍着せん断強度を示している．また，黒点はそれぞれの凍着せん断強度の平均値を表している．



図－5 凍着物質と凍着せん断強度の関係

図 5 より凍着せん断強度は，豊浦標準砂・粉砕石英シルト・純氷の順に大きくなった．この結果から凍着試料自身のかみ合わせや粘性が凍着せん断強度に影響を与えていると考えられる．

6.結論

表面のぬれ性が凍着せん断強度と線形的な関係を持つことが分かった．さらに，表面粗さ・材質の差異が凍着せん断強度に大きく影響を与えることが分かった．

また，凍着せん断強度は，凍着試料自身のかみ合わせ，粘性に影響を受けると考えることができる．

今後は，材質・凍着試料の差異がどのようなメカニズムで凍着せん断強度に影響を及ぼしていくかを解明する必要がある．

参考文献

1）土質工学会編：土の凍結―その理論と実際―，土工学会改訂版，p55，1994 年
2）上田保司等：棟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 pp197-205，2004 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