

材料物性が凍着せん断強度に及ぼす影響

Effects of Material Properties on Adfreeze Strength

北海道大学工学部 ○学生員 米谷仁矩 (Masanori Yoneya)
北海道大学大学院工学研究科 学生員 古川無何有 (Mukau Furukawa)
北海道大学大学院工学研究科 正 員 蟹江俊仁 (Shunji Kanie)

1. はじめに

凍着とは、凍土の間隙氷によって構造物と凍土が結合することである。凍着せん断強度とは、凍土と他の材料との接合面のせん断強度のことである。寒冷地域では、凍着と凍上が練成し、凍着した構造物が凍上方向に押し出される現象が問題となる。また地盤凍結工法において、凍土と構造物の剥離による出水事故が発生している。このような点から、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は重要である。

凍着せん断強度は多くの要因の影響を受け、凍土と凍着させる材料によって変化することがわかっている。しかしその変化が、材料物性と材料の表面粗度のどちらに依存しているのか、既往の研究から判断するのは難しい。また、材料物性の影響ならば、材料のどのような物性の影響なのかも明らかになっていない。

氷の付着（着氷）の研究では、材料表面のぬれ性が着氷力に影響を及ぼすことがわかっている。これは、凍結前の水分の材料表面での広がり方で、凍結後の氷の付着面積が変化するためである。凍着が凍土中の間隙氷により発生するならば、着氷と同様、材料物性のうち特に、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。そこで本研究では、「材料物性による影響の有無」と「材料表面のぬれ性が及ぼす影響」を解明する。

2. 実験方法

凍着せん断試験装置を図1に示す。シルトと被凍着材料（凍土と凍着させる材料）を-10℃で凍着させて円柱形の供試体を作成する。上部せん断箱にシルト、下部せん断箱に被凍着材料となるように供試体を装填し、凍着面にせん断力を加え、凍着せん断強度を求める。

3. 表面粗度と材料物性に関する実験

3.1 概要

被凍着材料としてスチールと、その表面をコピーしたエポキシ樹脂を用いる。実験は3回行い、各回で用いる供試体を表1に示す。表1において、エポキシ樹脂の供試体の前につくiはコピーの意味で、i-供試体1はスチールの供試体1のコピーを意味する。スチールとそのエポキシ樹脂によるコピーは、表面粗度が等しく、それ以外の材料物性のみ異なると考えられるので、その凍着せん断強度を比較し材料物性による影響の有無を解明する。さらに、スチールとそのエポキシ樹脂によるコピーの表面粗度を、表面粗さ測定器で算術平均粗さRaとして測定し、コピーの精度の確認を行う。

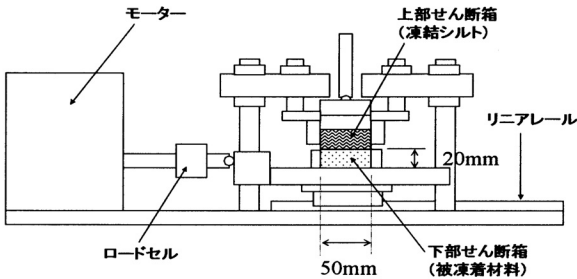


図1 凍着せん断試験装置

表1 各回で用いる供試体

回	材料	用いる供試体	合計
1	スチール	供試体 1~3	3 体
	エポキシ	i-供試体 1~3	3 体
2	スチール	供試体 1~3 (1回目と同じもの) + 4, 5	5 体
3	エポキシ	i-供試体 1~3 (新しく作成) + 4, 5	5 体

3.2 結果と考察

各供試体の凍着せん断強度を図2, 3に示す。スチールの2, 3回目では供試体装填時のわずかな衝撃で破壊した供試体があったため結果から除外した。また、エポキシ樹脂で凍着面でせん断されなかった供試体も除外した。各材料の供試体1~3についてのRaの測定結果を表1に示す。Raが大きいほど表面の凹凸が大きいことを表す。

表1より、スチールとエポキシ樹脂でRaに有意な差はないが、図2, 3より凍着せん断強度はエポキシ樹脂が大きい。これより、表面粗度以外の材料物性が凍着せん断強度に影響を及ぼしていると考えられる。また、エポキシ樹脂は回が異なる結果に大きな差が見られないのに対し、スチールは実験を重ねる毎に強度が低下した。これは、実験を繰り返したことによりスチール表面に不純物や凍土が残留したことや、時間経過によりスチールの表面性状が変化したことによる影響であると考えられる。

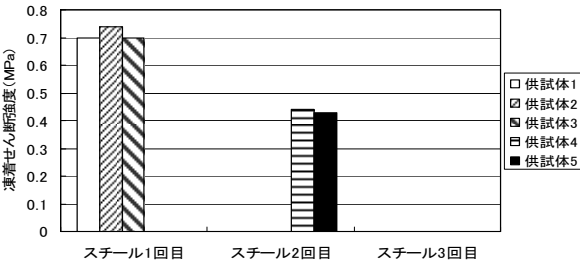


図2 各供試体の凍着せん断強度（スチール）

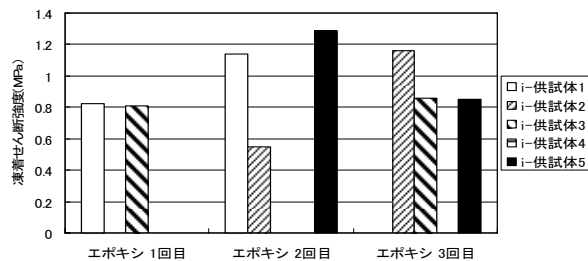


図3 各供試体の凍着せん断強度（エポキシ樹脂）

表2 各供試体の表面粗さ Ra

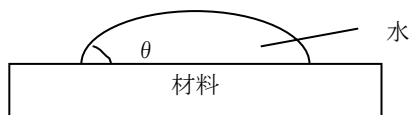
	供試体 1	供試体 2	供試体 3
スチールの Ra (μ)	0.75	1.20	0.85
エポキシの Ra (μ)	0.90	1.10	0.90

4. 材料表面のぬれ性の影響に関する実験

4.1 概要

材料表面のぬれ性は水との接触角 θ を用いて表すことができる（図4）。接触角が小さいということは、材料表面で水がよく広がることを意味し（親水性）、接触角が大きいことは水をよくはじくということを意味する（撥水性）。そこで、水との接触角が凍着せん断強度に及ぼす影響を実験により明らかにする。

被凍着材料としてスチールとガラスを用いる。供試体の表面に表2のようなさまざまな表面処理を施す。ぬれ性は材料表面に依存するので、同材料でも異なる表面処理を施すことでぬれ性を変化させることができる。スチール16体、ガラス5体に表面処理を行い、接触角測定装置で接触角を測定し、その後凍着せん断試験を行う。

図4 水との接触角 θ

4.2 表面処理方法

シリコーンゴムによるコピーとは、型枠に設置した各材料の表面に、液状のシリコーンゴムを流し込み、固化後に材料から剥離するものである。材料表面にシリコーンゴムの残留があると考えられる。

親水性コーティングは、水との接触角を小さくし、表面を親水化する性能をもつ市販のコーティング剤を材料表面に塗布する処理である。

撥水性コーティングは、水との接触角を大きくし、表面を撥水化するコーティング剤を塗布する処理である。

洗浄とは、錆取り効果のある酸性洗浄液を用いて表面を洗浄する処理である。

4.3 結果と考察

スチールとガラスの凍着せん断試験より得られた凍着せん断強度と水との接触角との関係を図5, 6に示す。

図5, 6より、接触角が小さくなるほど凍着せん断強度

が大きくなる傾向が読み取れる。スチールでは、水との接触角と凍着せん断強度はほぼ直線関係にあると言える。ガラスでは、スチールと比べ、水との接触角が凍着せん断強度に与える影響は少ないようである。

スチールとガラスを比較すると、同程度の接触角でもスチールの方が凍着せん断強度が大きい。これは、材料表面のぬれ性だけでなく、表面粗度や表面性状に依存しない物性が影響を与えているためと考えられる。

表3 表面処理方法

処理なし
シリコーンゴムによるコピー
親水性コーティング
撥水性コーティング
洗浄

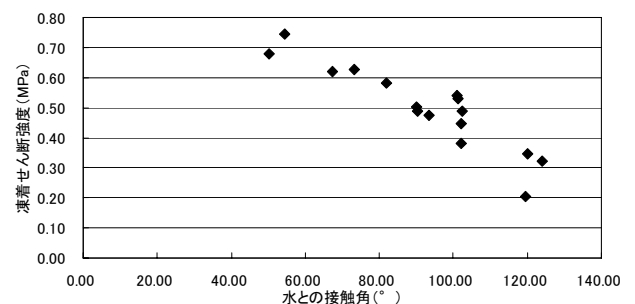


図5 凍着せん断強度－水との接触角（スチール）

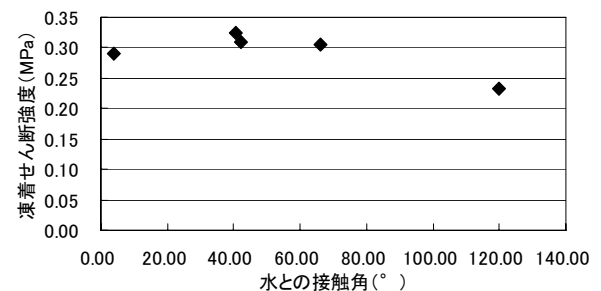


図6 凍着せん断強度－水との接触角（ガラス）

5. 結論

材料表面の水に対するぬれ性が凍着せん断強度に影響を及ぼしていることがわかった。水との接触角が小さく表面で水が広がるほど凍着せん断強度が大きく、接触角が大きく水をはじくほど凍着せん断強度が小さくなる。

また凍着せん断強度は、表面粗度、または表面に依存しない物性の影響も受けていると考えられる。

今後は、ガラスについて表面処理条件を増やし、その水との接触角と凍着せん断強度を測定し、その関係を解明する。さらに、同程度の接触角でもスチールとガラスでは凍着せん断強度が異なる原因を解明する。

参考文献

後藤亮太：凍着面の粗度が凍着せん断強度に及ぼす影響、北海道大学学士論文、2007