凍着面の粗度と凍着せん断強度の関係

- 北海道大学大学院工学研究科 学生員 古川 無何有
- 北海道大学学生員工学研究科 学生員 後藤 亮太
- 北海道大学大学院工学研究科 正 員 蟹江 俊仁
- 北海道大学大学院工学研究科 正 員 赤川 敏

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結合することであり,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.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.

影響因子の中でも凍着面の粗度が凍着せん断強度に大きく影響することが分かっている.しかし既往の研究では凍着 面の表面粗度を定量的に評価していなかった.そこで本研究では材質を統一し,凍着面の粗度を単純なモデルにするこ とによって,凍着面の粗度と凍着せん断強度の関係を定量的に評価する.

2.実験概要

凍着せん断実験装置図1を用いて実験を行う.凍着せん断実験装置の上部せん断箱 に凍着材料である凍結シルト,下部せん断箱に被凍着材料であるエポキシ樹脂となる ように供試体を充填し,せん断ひずみ速度一定で凍着面にせん断力を加える.このと きのせん断方向は溝方向と平行方向で行う.最大荷重を P max 求め,凍着せん断強 度を求める.実験条件を表1,供試体形状を表2および図2に示す.

粗度をモデル化するために表3に示す溝の深さの異なる金属片を用いる.なお,溝 は図3に示すように一方向に並んでおり長方形の断面をしている.それぞれの金属片 の表面の凹凸をシリコンゴムで型を取り,更にシリコンゴムの表面をエポキシ樹脂で 型を取る.二度型を取ることによって,金属片と同じ凹凸を持つエポキシ樹脂片を作 ることが出来る。金属片の表面をコピーしたエポキシ樹脂片とシルトを凍着させ供試 体とする.シリコンゴム,エポキシ樹脂は充分な剛性が見込める48時間以上,24時 間以上の養生時間,また供試体は粉砕シルトとエポキシ樹脂の充分な凍着が見込める 48時間以上の養生時間とする.

表 1 実験条件	
温度	-10
せん断ひずみ速度	1%/min
せん断方向	溝方向
実験供試体数	6~10 個
粉砕シルト含水比	40%

円柱	
1 2 1 2	
50mm	
40mm	
(20mm)	
(20mm)	
₹3 被凍着材料の溝の諸元	
31 本	

深さ

幅

0.5 · 1.0 · 1.5mm

0.5mm

本実験では表面粗度を凍着面積(断面形状をコピーした総面積)の大きさで定量的に評価し,凍着面積が大きいほど 粗度が大きいと定義する.これは,溝が深くなるにつれ粗度が大きくなる事を示している.



キーワード 凍着せん断強度,表面粗度,凍着面積,せん断面積

〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究科 構造システム研究室 TEL 011-706-7248

-120

3.結果と考察

代表的な実験結果を図4に示す.同図から分かるように荷重・変 位が一定速度で増加しており,また凍着切れが起きていることから 実験は正常に行われたといえる.またせん断後も荷重が発生してい るのは凍着面で摩擦が発生しているからと考えられる.

せん断面を確認すると,凍着面でせん断されている供試体以外に エポキシ樹脂が破壊されている供試体および凍土が破壊されている 供試体が複数見られた.エポキシ樹脂および凍土で破壊された供試 体の凍着せん断強度を評価するにはエポキシ樹脂の強度および凍土 の強度を正しく評価しなくてはならないため,今回の実験では凍着 面で正しくせん断されている供試体のみを評価の対象とした.

凍着切れを起こしたときの最大荷重 P max をせん断面積で除し たいわゆる凍着せん断強度を求めた.また本実験では凍着面積を用 いて表面粗度を定量的に評価しているため,最大荷重 P max を凍 着面積で除した凍着せん断強度も求めた.せん断面積および凍着面 積より求めた2通りの凍着せん断強度を溝の深さ別にまとめ,その 結果を図5に示す.同図は溝の深さとせん断面積および凍着面積に 着目して評価した凍着せん断強度のデータの幅・実験供試体数・平 均値を表している.

図5の結果を凍着せん断強度と溝の深さに関して整理して図6に 示す。なお、溝なしの場合はせん断面積と凍着面積が同じ値となる. このときの凍着せん断強度は筆者らが過去に行った実験の値を用いた.

同図から粗度が大きくなるとせん断面に対する凍着せん断強度は 大きくなる傾向が読み取れ,凍着面積に対する凍着せん断強度は小 さくなる傾向が読み取れる.

既往の研究でも表面粗度が大きくなると凍着せん断強度が大きく なる報告がなされており,表面粗度を凍着面積で定量的に評価した 本研究でも同様の結果を得ることができた.また、表面粗度が大き くなると凍着面積に対する凍着せん断強度が小さくなることが明ら かになった.これは,より大きな荷重が加わることによって間隙氷 が水になりやすいからではないかと考えられる.

4.結論

今回の実験の範囲では,粗度が定量的に大きくなるとせん断面積 に対する積凍着せん断強度が大きくなることを確認した.また粗度 が定量的に大きくなると凍着面積に対する単位面積あたりの凍着せ ん断強度は小さくなることが判明した.





図6 凍着せん断強度(平均)-溝の深さ

参考文献

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, p55, 1994 年

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 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