

凍結防止剤の種類に着目した凍結融解後のモルタルの力学特性

Mechanical characteristic of mortar after freeze-thaw test using different antifreezing agents

北海道大学工学部環境社会工学科	○学生会員	横山直樹	Naoki Yokoyama
北海道大学大学院 工学研究院	正会員	佐藤靖彦	Yasuhiko
北海道大学大学院 工学研究院	正会員	橋本勝文	Katsufumi Hashimoto
北海道大学大学院 工学院	学生会員	三浦泰人	Taito Miura

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地において、コンクリート構造物は絶えず劣化の脅威にさらされている。特に、冬季に凍結融解作用を受け続け、路面の凍結を防ぐための凍結防止剤を大量に散布するによって、コンクリートの凍害が促進されることが問題となっている。

そこで本論文では、イオン交換水、NaCl 水溶液、CaCl₂ 水溶液を含浸させたメソスケールのモルタル供試体の凍結融解を行い、所定の繰返し後に曲げ試験を行い、荷重-変位曲線から引張軟化曲線を同定し、引張強度と弾性係数を求め、凍結防止剤の影響を検討する。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

使用するセメントは普通ポルトランドセメントとし、AE 剤は使用していない。W/C を 0.5 とし、モルタルを構成する水とセメントと砂の割合は、0.5 : 1 : 3 とした。なお、細骨材には 1.7mm のふるいを通過したものを使用した。

(2) 試験体作製方法

型枠は JIS R 5201 に準拠した 40×40×160mm の鋼製型枠を使用した。打設から 24 時間後に脱型し、20℃の水中で材齢が 28 日となるまで水中養生した。養生終了後、角柱供試体の中でブリーディングの影響が小さいと思われる中心部から、1 体の角柱供試体につき 10 枚の試験片(30×70×5mm)を切り出した。なお、試験片を切り出した後にアセトン処理により水和を停止した。

(3) 曲げ試験

支点と荷重点直下に 1μm まで測定可能な LVDT を設置し、載荷速度を 1μm/s とした変位制御による 3 点曲げ試験を行った¹⁾。また、引張軟化曲線の同定に使用した解析プログラムは、JCI-S-001-2003(多直線近似法による引張軟化曲線の推定)である。

(4) 凍結融解サイクル

20℃で 1 時間、-20℃で 4 時間、凍結速度-10℃/h、融解速度 10℃/h の 1 サイクル 13 時間とした。なお、凍結融解サイクル開始前において、5 サイクル毎に、供試体にイオン交換水、それぞれ質量パーセントで 3%の NaCl 水溶液、CaCl₂ 水溶液を 1 時間真空吸水させた。本研究では、凍結融解サイクルを 5 回と 20 回のものを使

用している。

3. 実験結果

(1) 引張軟化挙動

引張軟化曲線の同定に使用した解析プログラムは、有限要素法によって試験体を仮想ひび割れ部とその他の線形弾性体に変形し、破壊が仮想ひび割れ部においてのみ生じると仮定し、曲げ試験から得られた荷重-変位曲線から逆解析により引張軟化曲線を推定するものである。本論文では、曲げ試験から得られた荷重を断面の寸法誤差の影響を考慮するためにスパン長を 50mm、幅を 30±0.5mm、厚さを 5±0.5mm とし、応力を算出した。また、弾性係数は引張軟化曲線の同定における解析の際に曲げ理論に基づき算出される最大荷重の 3 分の 1 までの割線弾性係数とした。

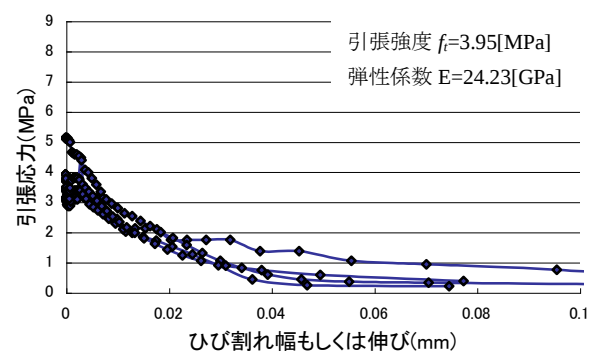


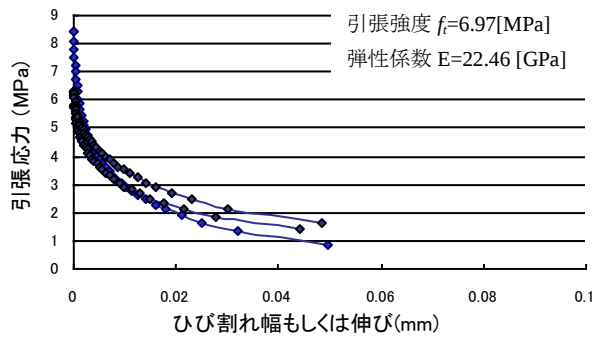
図-1 引張軟化曲線(材齢 28 日)

図-1 に凍結融解作用を受けていない材齢 28 日時点での引張軟化曲線を示す。また、図-2、図-3 に所定の凍結融解サイクル終了後の引張軟化曲線を示す。サイクル数の増加に伴い、引張軟化曲線の勾配は緩やかになる。

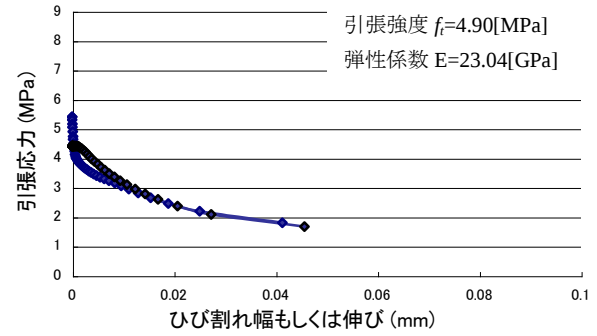
(2) 引張強度と弾性係数

図中に曲げ強度、引張強度および弾性係数を示す。ここで、引張強度は引張軟化曲線におけるひび割れ幅もしくは伸び=0mm の引張応力により算出しており、値は平均値である。

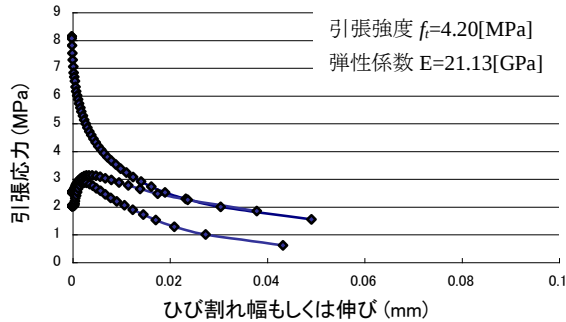
また、図-4 に引張強度と弾性係数のサイクル数ごとの関係を示す。ここでは、材齢 28 日後に比べ、凍結融解サイクルを受けた全ての供試体の引張強度が増加していることがわかる。また弾性係数と引張強度に関して、NaCl の引張強度以外は 5、20 サイクルにおいて値が線



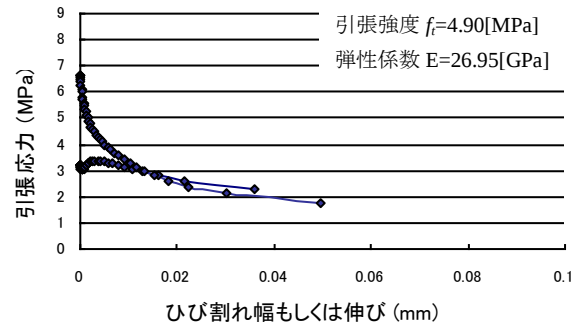
(a)イオン交換水



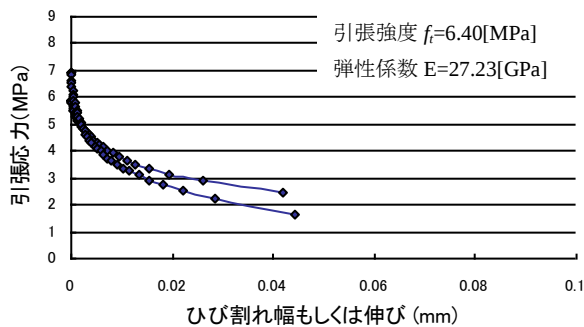
(a)イオン交換水



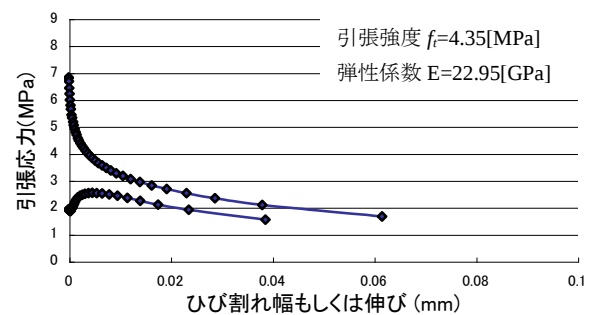
(b) NaCl 水溶液



(b) NaCl 水溶液



(c) CaCl_2 水溶液



(c) CaCl_2 水溶液

図-2 凍結融解後の引張軟化曲線 (5 サイクル)

図-3 凍結融解後の引張軟化曲線 (20 サイクル)

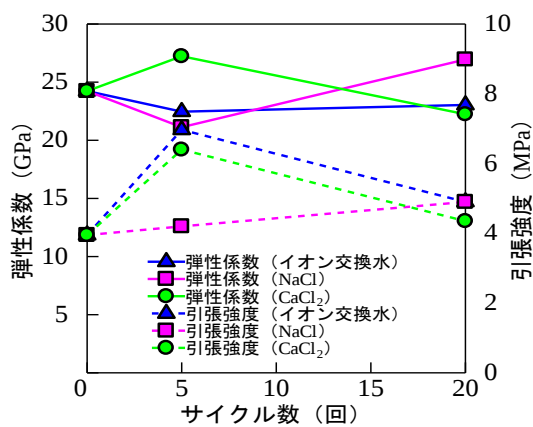


図-4 引張強度と弾性係数の関係
形的に変化していない。5 サイクルを境に増加、もしくは低下している。

4. まとめ

イオン交換水では、引張強度と弾性係数は一方が低下なら一方が増加の関係となっている。

NaCl は、各サイクルにおける弾性係数は低下、増加の変化をしているが、引張強度は一定に増加している。現時点ではこれらの関係についてはわからない。

CaCl_2 は、引張強度と弾性係数が各サイクルで共に増加及び低下をしている。

同じ塩化系の凍結防止剤を使用した、その力学特性は異なる挙動を示した。

5. 参考文献

- 1) 三浦泰人, 佐藤靖彦: NaCl 溶液に浸漬したセメントペーストおよびモルタルの引張軟化特性評価, コンクリート工学論文集, Vol.21, No.3, pp77-86, 2010