

セルロース繊維混入コンクリートの凍結融解抵抗性

Freezing and thawing resistance of the cellulose fiber mixing concrete

北海道大学工学部環境社会工学科 学生員 前田祥平 (Shohei Maeda)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー会員 上田多門 (Tamon Ueda)

1. まえがき

アメリカで新たなコンクリート混入用繊維が開発された。塊状に製造されたセルロース繊維である(図-1)。セルロース繊維は凝集したセルロース繊維がコンクリートの練り混ぜ過程において分散し、個々の独立した繊維に分散した状態でコンクリート中に散らばることができる。

諸外国(主に米国)における既往の研究において、本セルロース繊維が分散した状態で散りばめられたセルロース繊維混入コンクリートは、コンクリートの種々の特性(特に、耐凍害性、乾燥収縮や透水性等の耐久性に関連する特性)を改善させることが実験的に明らか¹⁾にされた。

2. 研究目的

本研究では、耐久性の中でも耐凍害性に着目した。セルロース繊維を混入したコンクリートは、凍害に対する耐久性の向上が実験的に明らかにされている²⁾。しかし、耐凍害性を向上させるメカニズムまでは明らかにされておらず、本研究ではセルロース繊維を混入したコンクリートの耐凍害性向上のメカニズムを明らかにしようというものである。

3. 実験概要

3.1 実験の流れ

セルロース繊維を混入したコンクリート・モルタルと、セルロース繊維無混入のコンクリート・モルタルを作成し、それぞれの試料に凍結融解作用を与え、供試体の膨張量、相対動弾性係数、耐久性指数、質量減少率(質量損失)、微細ひび割れ、供試体膨張量、細孔径分布などから、試験を行った試料について凍害による影響を観察する。これらの結果より、凍害に対する耐久性向上のメカニズムを調査する。

3.2 使用材料および打設方法

本実験に使用した材料は、普通ポルトランドセメント、粗骨材、細骨材、水道水、セルロース繊維である。AEコンクリートを作成した場合、凍害の程度を比較するための繊維無混入コンクリートで凍害が生じにくくなる可能性がある。したがって、AE剤を使用して繊維混入の効果を調べるために、Non-AEコンクリート W/C=60%で作成した。セルロース繊維混入量は、モルタルで 1.375kg/m^3 、コンクリートで 0.9kg/m^3 である。また、セルロース繊維を良好に分散させる為に、練混ぜ方に配慮した。繊維ありコンクリートは粗骨材およびセルロース繊維を先に練り混ぜることにより、骨材同士の摩擦力によってセルロース繊維は良好に分散する。繊維ありモルタルの練混ぜ方に関しては、モルタルでは粗骨材がないため、粗骨材、セルロース繊維および水を先に練り混ぜる方法を採用することができない。そのため事前にセルロース繊維を繊維重量の20倍程度の水に浸け置き、ハンドミキサーやキッチンミキサーなどで攪拌させあらかじめ分散させた状態で、練り混ぜ水の一部として投入し作成した³⁾。

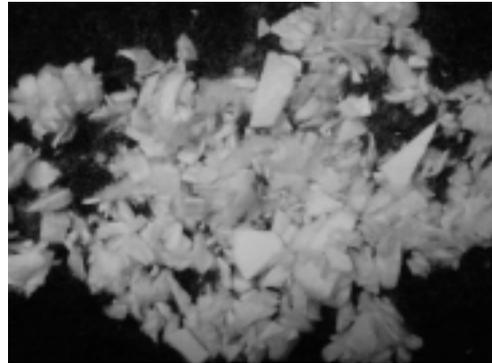


図-1 セルロース繊維

3.3 測定項目

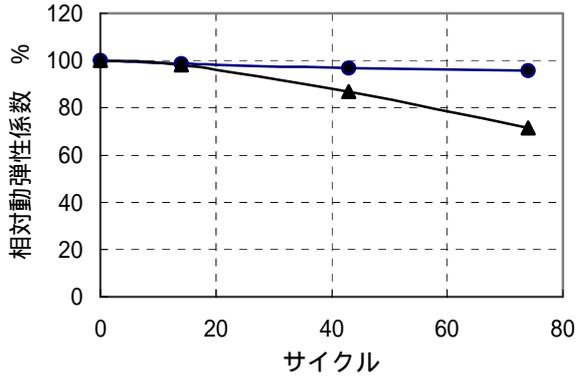
3.1でも述べたように測定項目は、供試体の膨張量、相対動弾性係数、耐久性指数、質量減少率(質量損失)、微細ひび割れ、材料強度、細孔径分布とし、セルロース繊維混入、セルロース繊維無混入のコンクリートおよびモルタルを作成し、それぞれにおいて凍結融解作用による劣化機構を調査する。

3.4 凍結融解試験

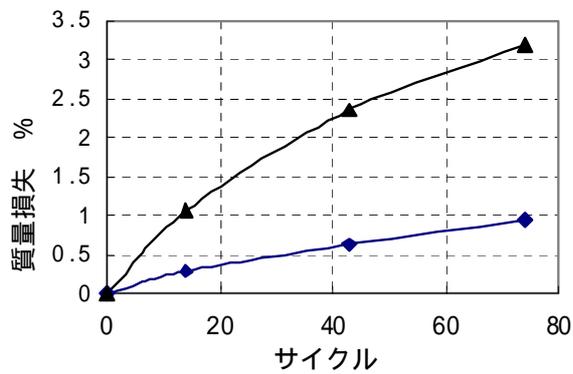
凍結融解試験はコンクリートとモルタル $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を用いて日本工業規格 JIS A 1148(水中凍結融解試験法)に準じて開始した⁴⁾。凍結融解の繰り返しは1サイクル3~4時間とし、300サイクルまでおよそ30サイクル毎に質量変化、相対動弾性係数の測定を行った。また、 $2 \times 2 \times 8\text{cm}$ という小型供試体をモルタルで作成し、同様にして質量損失の測定を行った。ここで小さな試験体を用いたのは、小さな試験体により、凍結融解作用の影響が出やすく、条件の変化に敏感に反応してくれると期待したからである。

4. 凍結融解試験結果

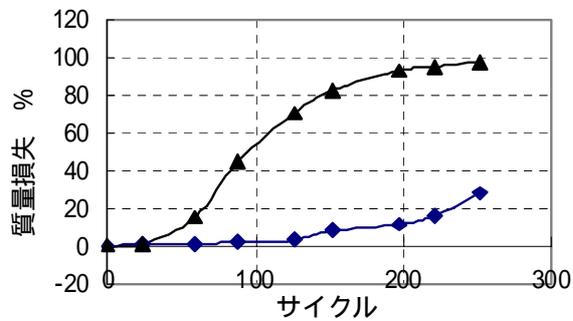
図-2、図-3にモルタル供試体における相対動弾性係数および質量損失の結果を示す。本実験においてセルロース繊維無混入のものより、セルロース繊維を混入したものが相対動弾性係数の低下が抑えられ、質量の減少量も少ないことがわかる。また図-4は小型供試体での質量損失の結果である。同様に、セルロース繊維無混入のものより、セルロース繊維を混入したものが圧倒的に質量損失は少ない。図-5、図-6は凍結融解試験126サイクル時の繊維混入および繊維無混入の小型供試体の様子である。繊維混入モルタルは折れてしまっているが、大半が原形を保っている。一方で、繊維無混入モルタルは剥落が激しくほとんどが粉々になってしまい、わずかに塊が残っている状態である。図-7、図-8ではセルロース繊維とセメントの架橋効果により凍結融解における内部構造の破壊や表面層の剥落を緩和しているのがわかる。これにより繊維の有無が耐凍害性に影響を及ぼすことが確認できる。



● 繊維混入モルタル ▲ 繊維無混入モルタル
図-2 相対動弾性係数 モルタル 10×10×40cm



◆ 繊維混入モルタル ▲ 繊維無混入モルタル
図-3 質量損失 モルタル 10×10×40cm



◆ 繊維混入モルタル ▲ 繊維無混入モルタル
図-4 質量損失 モルタル 2×2×8cm

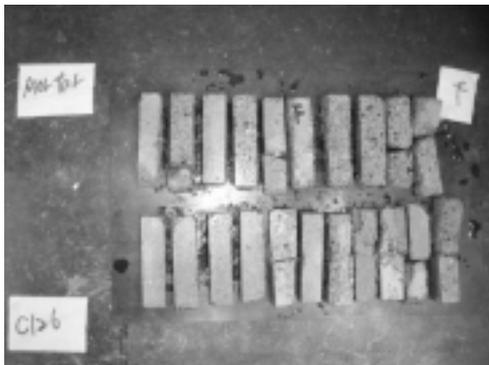


図-5 126 サイクル時 繊維混入モルタル

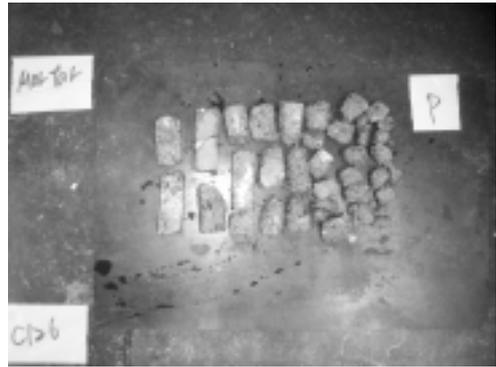


図-6 126 サイクル時 繊維無混入モルタル

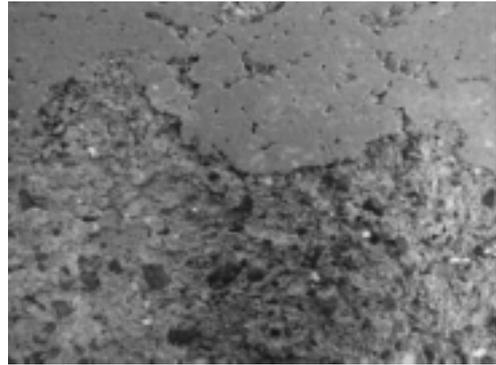


図-7 74 サイクル時 繊維無混入モルタル表面

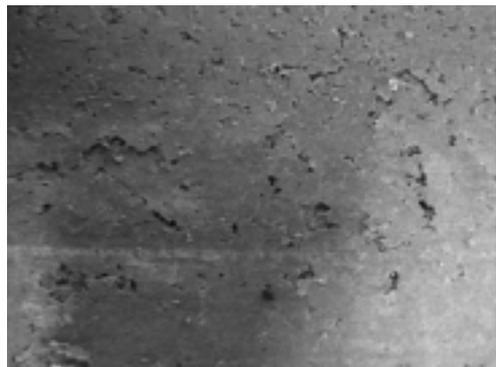


図-8 74 サイクル時繊維混入モルタル表面

5. まとめ

本実験により、セルローズ繊維の有無が凍結融解抵抗性の向上に影響を及ぼすことが確認された。今後はコンクリート供試体の実験結果の検討を進めるとともに、耐凍害性の向上を大きく支配するであろう要因を追究するため、顕微鏡観察による組織変化の確認や、耐凍害性に大きな影響を与える細孔の分布状態を繊維混入、無混入の試料においてそれぞれ調査する必要がある。

参考文献

- 1) Buckeye Technology Inc. : Buckeye Ultra Fiber500 power point June07, 2006
- 2) Buckeye Technology Inc. : Freeze/Thaw Durability, Buckeye Technical Bulletin#7, pp1-4
- 3) 豊田大: チップ状に製造されたセルローズ繊維のコンクリートへの適用に関する研究, pp.23-33 学会論文集, No.123/1-456, pp.12-34, 1999.
- 4) コンクリート標準示法書[基準編], 土木学会, pp453-456