

高靱性セメント複合材料のひび割れ部における凍結融解抵抗性

長岡技術科学大学 学生会員 小倉 孝道

独立行政法人 北海道開発土木研究所 正会員 三田村 浩

鹿島技術研究所 正会員 福田 一郎 関田 徹志 フェロー 坂田 昇

1. はじめに

高靱性セメント複合材料（以下、ECC）は、セメント、水、砂などの通常のモルタル材料に加え、高強度の有機性繊維や、増粘剤等の特殊な材料を混合したセメント系材料であり、ひび割れ発生後も繊維が引張力を負担し、数パーセント程度の引張ひずみが作用しても引張力を保持できる。ECC についての研究は、主に硬化直後の力学特性や部材性能に着目したものが多く、劣化作用を受けた後の性能を検討した例は少ない。また、ECC はひび割れを許容する材料であることから、ひび割れ部での塩害や中性化に着目した研究例はあるものの、凍結融解に関する研究はまだ行われていない。そこで、本研究では、ひび割れ部での ECC の凍結融解抵抗性と、凍結融解作用後における曲げ特性を確認するための実験的検討を行なった。

2. 実験概要

(1) 凍結融解前の曲げ試験

表 - 1, 2 に ECC の力学的性質およびフレッシュ性状を示す。試験体は 10cm × 10cm × 40cm の角柱供試体を 3 体作製し、ひび割れ部の凍結融解抵抗性を確認するため、凍結融解サイクル開始前に曲げ試験 (JIS-A-1106) を行った。図 - 1 に荷重 - 変位関係およびひび割れ状況を示す。ECC は繊維の架橋効果によって引張力を負担できるため、ひび割れ発生後も変位の増加に伴い荷重が増加する。凍結融解前の曲げ試験では、初期載荷終了点としてひび割れ発生荷重の 1.5 倍の荷重まで載荷した。

(2) 凍結融解試験

凍結融解試験は、「コンクリートの凍結融解試験方法 (JSCE-G501)」に準拠して行い、30 サイクルごとに、相対動弾性係数および質量変化率を測定し、同一配合で凍結融解前に曲げ試験を行なわなかった試験体（以下、ひび割れなしの試験体）との比較をした。また、同サイクルでマイクロスコープを用いて、ひび割れ幅の測定と、試験体表面におけるスケーリング状況の観察を行った。

(3) 再曲げ試験

ひび割れ部の凍結融解作用後における曲げ特性を評価するため、凍結融解 300 サイクル終了後に再度曲げ試験を行い、同一配合の凍結融解作用を受けていない試験体の曲げ特性と比較した。

3. 試験結果

(1) 凍結融解試験結果

図 - 2 に、ひび割れありの試験体における最大ひび割れ幅の変化を、図 - 3, 4 に凍結融解試験における相対動弾性係数の比較および質量変化率の比較を示す。

図 - 2 から、初期載荷で発生した最大ひび割れ幅は、

表 - 1 ECC の力学的性質

項目	試験値
圧縮強度 (N/mm ²)	40.8
ヤング係数 (kN/mm ²)	16.2
引張降伏強度 (N/mm ²)	3.1
引張終局ひずみ (%)	2.5

表 - 2 フレッシュ性状一覧

スランプフロー (mm × mm)	530 × 525
空気量 (%)	8.8

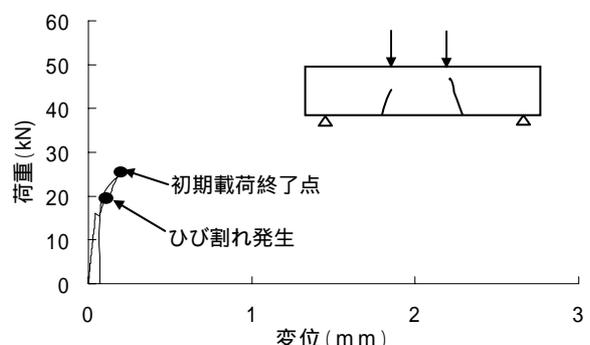


図 - 1 荷重 - 変位関係 (初期載荷時)

キーワード 高靱性セメント複合材料, ひび割れ, 凍結融解, 曲げ特性

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL: 0258-46-6000

すべての試験体で0.04mm以下であり、試験開始から終了まで、ひび割れの進展およびひび割れ幅の顕著な増加は認められなかった。ひび割れ中に侵入した水分は凍結時に膨張圧を生じ、ひび割れを拡大および進展させると考えられたが、試験結果からはそのような現象は観察されなかった。これは、上記の膨張圧に対してひび割れを架橋する繊維が、十分な剛性を持って抵抗したことを示していると考えられる。

図-3から、相対動弾性係数はほとんど変化がなかった。表面に微細なひび割れが生じた状態で凍結融解が生じてても、内部のひび割れは進行せず、健全な状態を保つと考えられる。これは、ひび割れ部分以外での劣化が生じなかったとともに、ひび割れ部でも水の膨張圧を、繊維の架橋によって拘束し、ひび割れの進行を抑制したためだと考えられる。

図-4から、質量変化率は緩やかに増加した。ひび割れなしの試験体も質量変化率が増加していることから、サイクル数の増加とともに、ECC表面に微細なひび割れが発生して水を吸収したためだと考えられる。

これらのことから、ECCはひび割れ部においても高い凍結融解抵抗性を有していると考えられる。

(2) 再曲げ試験結果

図-5に凍結融解サイクルを終了した試験体の曲げ試験における荷重-変位関係およびひび割れ状況を示す。

図-5から、荷重-変位関係は、凍結融解作用を受けていない試験体とほぼ同様であった。凍結融解前のひび割れが進展して破壊に至るのではなく、数本のひび割れが新たに分散して発生し、繊維の架橋効果が認められた。よって、凍結融解作用では、繊維や繊維とマトリックス界面の性能に損傷は生じないと考えられる。これらのことから、凍結融解作用がECCの引張降伏強度や引張終局ひずみに及ぼす影響は小さく、ECCはひび割れ部に凍結融解が繰返し作用しても、曲げ特性を確保できると考えられる。

4. まとめ

ひび割れの生じたECCに凍結融解が作用しても、ひび割れ幅の増加や相対動弾性係数の低下はほとんどなく、ECCはひび割れ部においても高い凍結融解抵抗性を有することを確認した。

ECCの曲げ特性に凍結融解が与える影響は小さく、凍結融解の繰返し作用後もECCは引張性能を保持できることを確認した。

参考文献

1) 閑田ほか：高靱性繊維補強セメント複合材料の施工性および耐久性に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.25，No.1，2003，pp.1859-1864

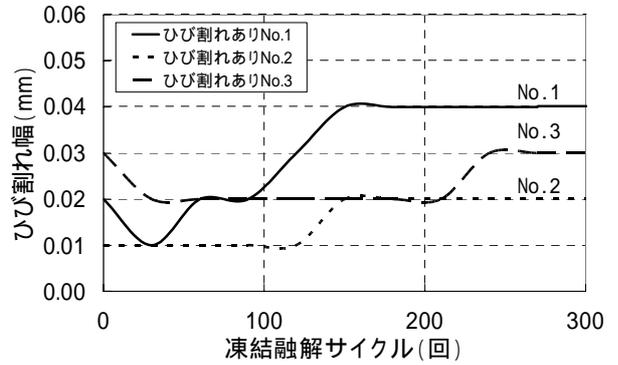


図-2 最大ひび割れ幅の変化

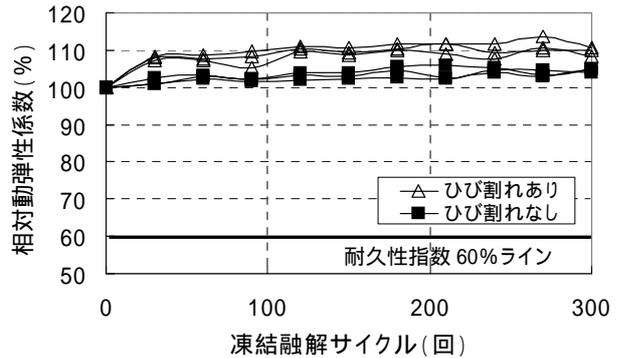


図-3 相対動弾性係数の比較

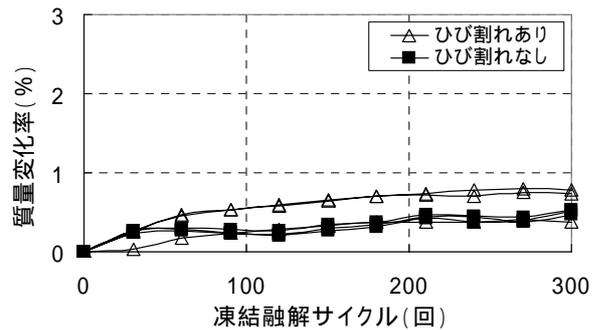


図-4 質量変化率の比較

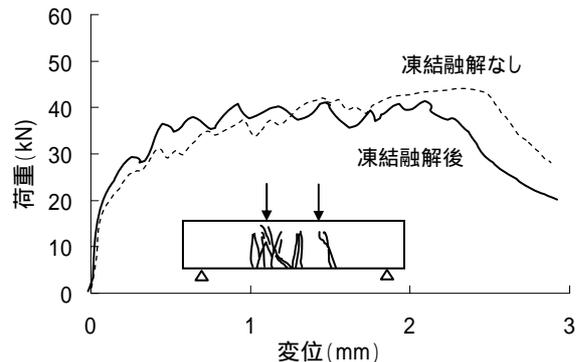


図-5 荷重-変位関係（凍結融解終了後）