

超高強度繊維補強コンクリートの塩分環境下における凍結融解抵抗性

(国研) 土木研究所 正会員 ○小沢 拓弥, 櫻庭 浩樹, 古賀 裕久

1. はじめに

近年、通常のコングリートに比べて高強度で耐久性に優れた超高強度繊維補強コンクリートの開発が進んでおり、積雪寒冷地で凍結防止剤が散布されるような厳しい環境下において、道路橋のコングリート床版への適用が期待されている。これまで、超高強度繊維補強コンクリートの凍結融解抵抗性については、淡水を用いた凍結融解試験 (JIS A 1148, A 法) の報告がなされているが¹⁾、塩分がある場合については必ずしも明らかではない。一般的に、塩分の作用を受けることでスケーリングが激しくなり、特に塩分濃度を3%とした場合、その影響が最も大きくなると言われている。そこで、本研究では、塩水 (3%NaCl) を用いた凍結融解試験を実施して、塩分環境下における凍結融解抵抗性を検討した。

2. 実験概要

(1) 配合と養生条件：表-1 に配合条件、表-2 に養生条件を示す。基準供試体 (以下、N 供試体) は、結合材 B に普通セメントを使用し、W/B50%、空気量 5.5%として、20°Cで 28 日以上の中水養生を行った。超高強度繊維補強コンクリート供試体 (以下、UH 供試体) には、W/B15%程度、空気量 5%以下として、有機繊維または鋼繊維を用いた 4 者²⁻⁵⁾の配合を使用した。また、UH 供試体では、想定する用途によって養生条件が異なるため、20°Cで 28 日以上の中水養生を行って、試験前の条件を統一した。供試体名は、材料名-部材名 (例えば、UH1-P) で示す。

(2) 圧縮強度：図-1 に、各供試体の圧縮強度を示す。供試体寸法は、N 供試体ではφ100×200mm、UH 供試体ではφ50×100mmの円柱とした。圧縮強度の測定は、凍結融解開始日に行い、N 供試体では 47N/mm²、UH 供試体では 136~220 N/mm²であった。なお、試験開始の材齢は、供試体製作の都合上、材齢を統一することができず、42~146 日の範囲であった。

(3) 凍結融解試験：凍結融解試験の方法は、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」における A 法に準拠し、試験水には淡水の代わりに塩水 (3%NaCl) を用いた。測定は、相対動弾性係数と質量減少率を測定し、300 サイクルまで実施した。供試体寸法は、100×100×400mmの角柱とした。

表-1 配合条件^{※1}

供試体名	W/B (%)	単位量 (Kg/m ³)			空気量 (%)	繊維種類
		水 W	結合材 B	骨材 ^{※2}		
N	50.0	165	330	1,801	5.5	-
UH1 ²⁾	13.2 ~13.4	198 ~201	1,500	629	2.5	有機
UH2 ³⁾	14.1 ~15.7	170 ~216	1,086 ~1,423	650 ~1,135	2.0	鋼
UH3 ⁴⁾	15.2	195	1,287	905	2.0	鋼
UH4 ⁵⁾	-	250 ~300	1,780 以上		5.0 以下	鋼

※1:UH では P, J および R によって、配合が若干異なる。

※2:N では細骨材と粗骨材、UH では細骨材を使用した。

表-2 養生条件

部材名 (想定する用途)	養生条件
P (プレキャスト部材)	脱型後、85~90°C×8~48 時間で蒸気養生 ^{※3} →28 日以上の中水養生
J (接合部)	20°C×24 時間で封緘養生 →脱型後、20°C×28 日以上の中水養生
R (補修材)	

※3:UH の配合により温度と時間が異なる。

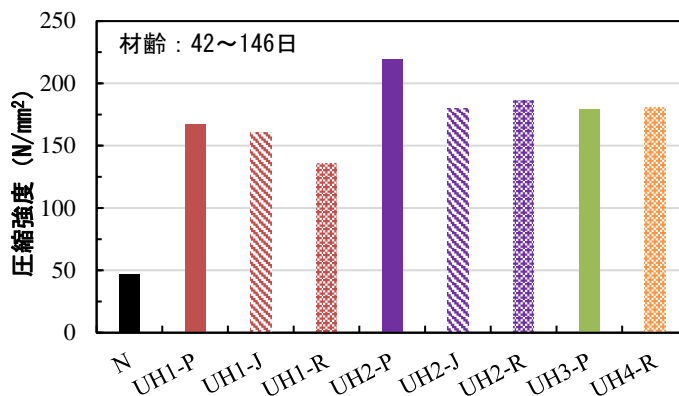


図-1 圧縮強度

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, 凍結融解抵抗性, ソルトスケーリング, 凍結防止剤

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 材料資源研究グループ TEL 029-879-6761

3. 実験結果および考察

(1) 相対動弾性係数：図-2(a)に、凍結融解のサイクル数と相対動弾性係数との関係を示す。N 供試体は、相対動弾性係数が最初の測定点である 10 サイクル目から徐々に低下しており、試験終了時の 300 サイクル目には 83%まで低下した。一方で、UH 供試体では、相対動弾性係数がいずれも試験終了時までほぼ変化がなく、98%以上であった。

(2) 質量減少率：図-2(b)に、凍結融解のサイクル数と質量減少率との関係を示す。N 供試体は、質量が 10 サイクル目から徐々に減少しており、試験終了時の質量減少率では 11%であった。一方で、UH 供試体は、質量減少率がいずれも試験終了時まで 0%であった。

(3) 外観の様子：写真-1(a)から(d)に、N 供試体、UH 供試体の一例として UH2-R における、凍結融解試験開始前と終了後の外観を撮影した写真を示す。N 供試体は、凍結融解の影響でコンクリート表面の劣化が進行し、骨材が露出した状態になった。一方で、UH 供試体は、表面の気泡が若干目立つようになったものの外観がほとんど変わらなかった。なお、これはいずれの UH 供試体でも同様の傾向であった。

(4) 考察：塩水を用いた凍結融解試験の結果から、N 供試体と比較して UH 供試体は、繊維の種類、配合や養生条件、圧縮強度がそれぞれ異なるにも関わらず、良好な凍結融解抵抗性を示していた。理由としては、W/B が極端に低く組織が緻密であるため、凍害の発生要因である水や塩がほとんど浸透せず、また圧縮強度に応じて引張強度も高いため、凍結による水圧や濃度差による浸透圧に対する抵抗力も向上していたものと考えられる。そのため、積雪寒冷地で凍結防止剤が散布されるような環境下においても適用が期待できるものと考えられた。

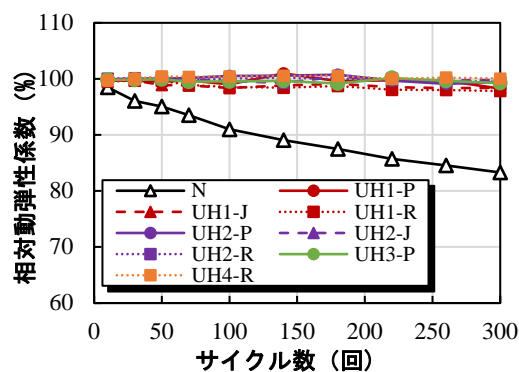
4. まとめ

4 者の配合が異なる超高強度繊維補強コンクリートの塩水を用いた凍結融解試験を実施した。その結果、300 サイクルまでの間、相対動弾性係数、質量減少率や外観の変化が認められなかったことから、良好な凍結融解抵抗性を示していた。

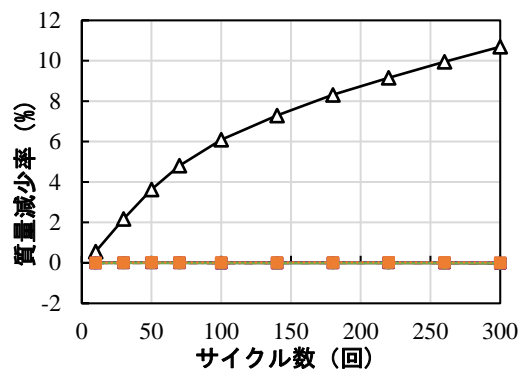
謝辞：本研究は、土木研究所と民間 5 者が実施している「短繊維補強コンクリートを用いた橋梁床版の耐久性向上技術に関する共同研究」の一環として実施した。

参考文献

- 1)土木学会:超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案), コンクリートライブラリー113, 2004.
- 2)野澤忠明ほか:超高強度材料を用いた薄型 RC 床版の開発, 構造工学論文集, Vol.62A, pp.1214-1225, 2016.
- 3)島崎利孝ほか:既設 RC 床版上面増厚工法への現場打ち UFC の適用性の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.1177-1182, 2019.
- 4)土木学会:超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」の技術評価報告書, 技術推進ライブラリーNo.3, 2006.11
- 5)国土交通省:NETIS HK-140006-A「超緻密高強度繊維補強コンクリート (J-THIFCOM)」

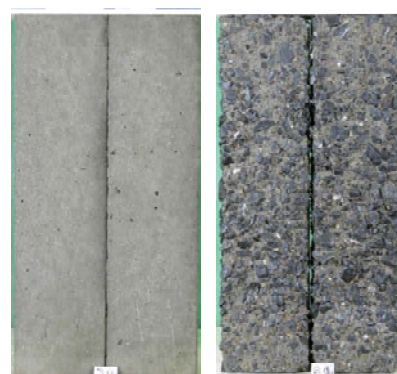


(a) 相対動弾性係数



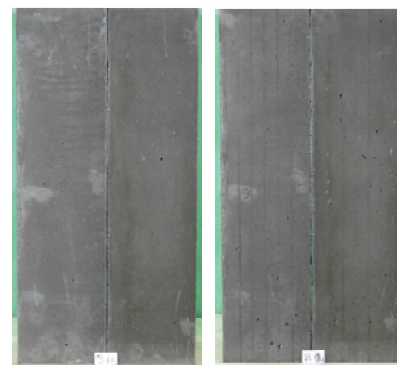
(b) 質量減少率

図-2 凍結融解試験の結果



(a) N の開始時

(b) N の終了時



(c) UH2-R の開始時

(d) UH2-R の終了時

写真-1 外観写真