

有機短繊維を用いたコンクリートの耐凍害性評価に関する基礎的研究

Fundamental study on the freeze-thaw resistance of organic short-fiber reinforced concrete

北見工業大学大学院工学研究科 ○学生員 森将 (Sho Mori)
北見工業大学工学部社会環境工学科 正 員 井上真澄 (Masumi Inoue)
北見工業大学工学部社会環境工学科 正 員 三上修一 (Shuichi Mikami)
北見工業大学工学部社会環境工学科 正 員 猪狩平三郎 (Heizaburoh Igari)
北見工業大学技術部 正 員 岡田包儀 (Kaneyoshi Okada)

1. 背景および目的

寒冷地のコンクリート構造物は、凍害単独および凍害と塩害との複合劣化の被害を受けやすい非常に厳しい環境下に曝されている。そのため、コンクリート自体には高い耐久性が求められる。

コンクリートの耐久性を向上させる手法の一つとして、短繊維の利用が挙げられる。最近では、従来の主流であった鋼繊維に比べて密度が小さく軽量でコンクリートに混入した際に流動性への影響が少ない、施工性に優れた有機短繊維が注目されており、これを混入したコンクリートに関する研究が数多く進められている。¹⁾⁴⁾ 例えば、各種の有機短繊維を少量混入（0.06～0.2%程度）することによりコンクリートの剥落防止効果が得られること¹⁾や、コンクリートの収縮ひび割れの抑制効果があること²⁾が明らかにされている。しかし、有機短繊維を混入したコンクリートの耐凍害性に関する報告は少ないのが現状である。

そこで本研究では、各種有機短繊維を混入したコンクリートの耐凍害性に関する評価を行うことを目的として基礎的検討を行った。

2. 使用材料及び試験方法

2.1 使用材料

有機短繊維はビニロン繊維（以下、PVA）、ポリプロピレン繊維（以下、PP）、ナイロン繊維（以下、NY）の3種類を使用した。表1に各有機短繊維の物性値を示す。

セメント[C]は普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³）を使用した。粗骨材[G]は北見産碎石（表乾

表1 使用繊維の物性値

種類	繊維長 (mm)	径 (μm)	密度 (g/mm ³)	引張強度 (N/mm ²)	標準混入量 (Vol.%)
PVA	12	40	1.30	1200	0.075
PP		65	0.91	530	0.05
NY		15	1.16	550	0.026

密度：2.88 g/cm³、吸水率：1.30%、F.M:6.36）、細骨材[S]は幕別町産陸砂（表乾密度：2.61 g/cm³、吸水率：1.69%、F.M:2.54）を使用した。混和剤には高性能減水剤（主成分：スルホン化メラミン縮合物）、AE剤（主成分：天然樹脂酸塩）を使用した。

2.2 コンクリートの配合

表2にコンクリートの配合を示す。配合条件は、水セメント比 55%、細骨材率 41.1%、単位水量 173kg/m³の一定とし、繊維は外割で混入（体積比）した。繊維の混入率は、コンクリートの剥落防止や収縮ひび割れ抑制を目的として使用する場合の標準混入量（各繊維メーカー指定）とした。目標スランプ値は 8.0±2.0cm、目標空気量は 5.0±0.5%とした。

2.3 練混ぜおよび供試体作製方法

練混ぜにはパン型強制練りミキサーを用いた。コンクリートの練混ぜ方法は、細骨材、粗骨材を加えて 30 秒間の空練り後、セメント、練混ぜ水、混和剤を添加して 90 秒間練混ぜた。その後、繊維補強コンクリートの場合には、短繊維を加えて PVA および PP では 120 秒間、NY では 60 秒間練混ぜた。

表2 配合とフレッシュコンクリートの性状

配合名	繊維 混入率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能 減水剤 (C×%)	AE 剤 (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
				W	C	S	G				
N	—	55	41.1	173	315	732	1158	—	0.025	6.0	4.8
PVA	0.075							0.4	0.03	6.5	4.8
PP	0.05							0.4	0.03	7.5	5.3
NY	0.026							0.4	0.03	6.5	5.5

供試体の作製は、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準拠した。打込み後、恒湿恒温室内（ $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $85\pm 5\%\text{RH}$ ）で1日保管して脱型を行い、材齢28日まで標準水中養生（ $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）を行った。

2.4 試験方法

(1)フレッシュ試験

スランブは、JIS A 1101「コンクリートのスランブ試験方法」、空気量はJIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法」に準拠して測定した。

(2)圧縮強度試験および静弾性係数試験

圧縮強度はJIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に、静弾性係数強度はJIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準拠して行った。各試験とも $\phi 10\times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用いた。

(3)凍結融解試験

JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」における水中凍結融解試験方法(A法)に準拠して行った。 $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体を用い、材齢28日まで水中養生を行った後、淡水および海水を試験水として凍結融解試験を開始した。

3. 試験結果

3.1 圧縮強度試験および静弾性係数結果

図1にコンクリートの圧縮強度を、図2に静弾性係数を示す。圧縮強度については、繊維混入の有無が圧縮強

度におよぼす影響は認められない。静弾性係数についても繊維混入の有無が静弾性係数におよぼす影響は認められない。

3.2 凍結融解試験結果

(1)相対動弾性係数

図3に凍結融解回数と相対動弾性係数の関係を示す。淡水の場合、凍結融解300サイクル終了時の相対動弾性係数は $N=94.4\%$ 、 $PVA=96.5\%$ 、 $PP=94.0\%$ 、 $NY=96.8\%$ であり、いずれのケースについても耐凍害性は極めて良好であった。一方、海水の場合は同サイクル終了時で $N=87.2\%$ 、 $PVA=90.2\%$ 、 $PP=86.4\%$ 、 $NY=89.7\%$ であり、淡水の場合に比較すると全体的に相対動弾性係数は低下している。しかし、いずれのケースについても85%以上の相対動弾性係数を示しており耐凍害性は良好と判断される。

繊維混入の有無および種類による影響は、淡水の場合には明確な差異はない。しかし、海水では、凍結融解300サイクル終了時で普通コンクリートと比較してPVA使用時は+3.0ポイント、NY使用時は+2.5ポイント高くなっており、耐凍害性の改善傾向が認められた。

(2)質量減少率とスケーリング

図4に凍結融解回数と質量減少率の試験結果を示す。また、供試体の外観の位置例としてNとPVAの試験終了時の供試体の外観を写真1に示す。凍結融解300サイクル終了時の質量減少率は淡水の場合、 $N=-1.02\%$ 、 $PVA=-$

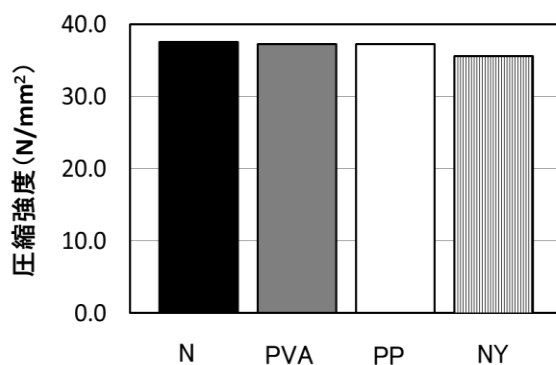


図1 圧縮強度試験結果

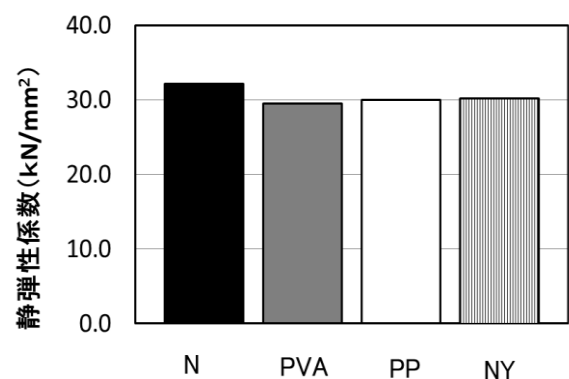
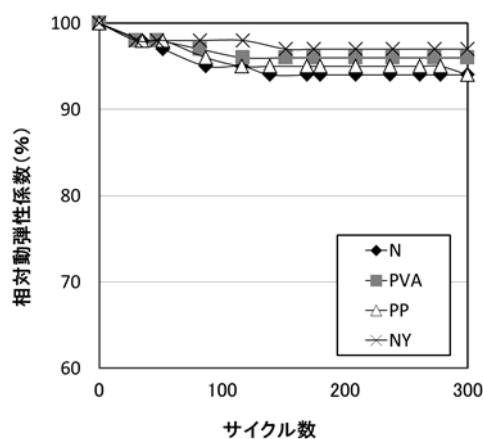
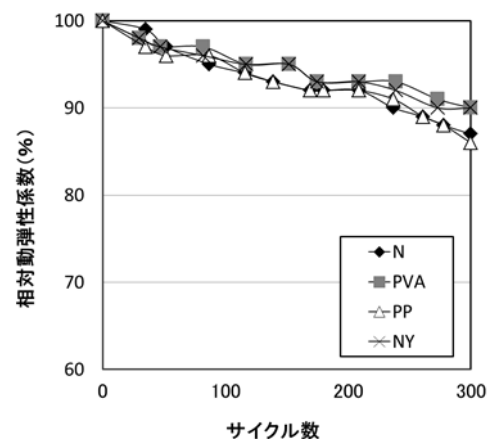


図2 静弾性係数試験結果



(a)淡水



(b)海水

図3 凍結融解試験結果（相対動弾性係数）

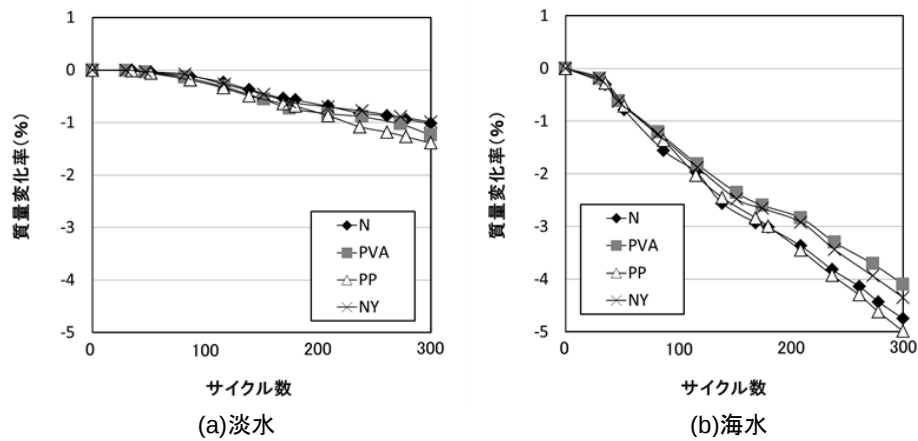


図4 凍結融解試験結果（質量減少率）

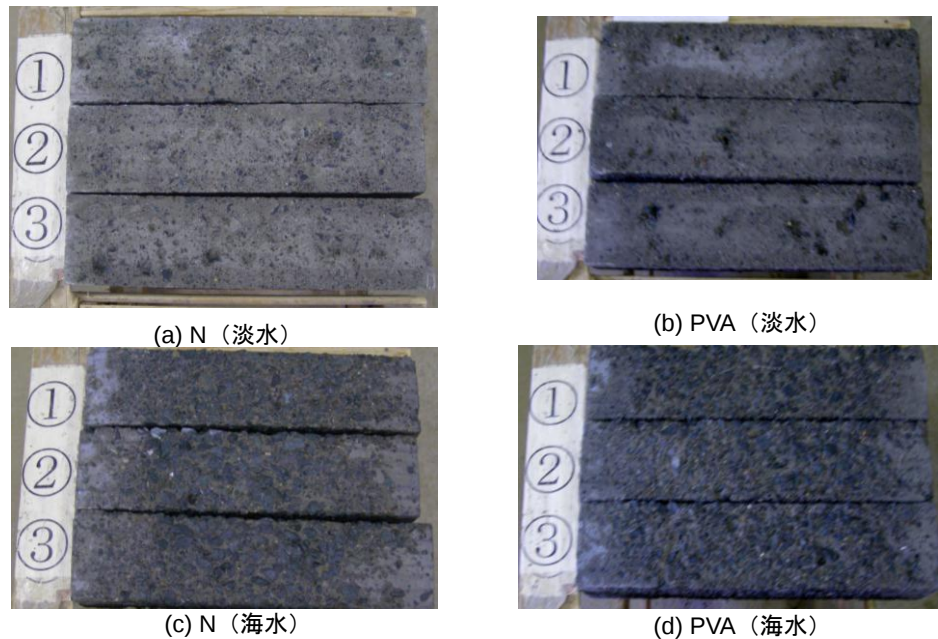


写真1 凍結融解試験終了時の供試体の外観（N および PVA）

1.24%、PP=-1.27%、NY=-0.99%であり、淡水使用時の凍結融解 300 サイクル終了時における質量減少率は繊維の有無や種類に関わらず同程度の値を示しており、スケーリングの性状にも明確な差異は観察されない。また、海水の場合、N=-4.75%、PVA=-4.10%、PP=-4.99%、NY=-4.35%であり、海水においても、PVA および NY 使用時に質量減少率が若干低くなる傾向にはあるが、供試体表面の外観観察ではスケーリングに明確な差異は観察されず、繊維混入の有無に関わらず概ね同様なスケーリング性状を示した。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 各種有機短繊維を混入したコンクリートの圧縮強度および静弾性係数は普通コンクリートと同等であり、有機短繊維を混入する事による影響は見られなかった。
- (2) 各種有機短繊維を混入したコンクリートの凍結融解 300 サイクル終了時の相対動弾性係数は普通コンクリートと同等以上であり、良好な耐凍害性を示した。

- (3) 各種有機短繊維を混入したコンクリートの凍結融解 300 サイクル終了時の質量減少率は普通コンクリートと同程度であり、スケーリングに明確な差異は観察されなかった

参考文献

- 1) 上田賢司、佐藤嘉昭、清原千鶴、広原寿竜：短繊維補強コンクリートの強度特性と乾燥収縮ひび割れ、コンクリート工学年次論文集、Vol.23、No.2、pp.211-216、2001
- 2) 細田暁、菅野貴浩、石橋忠良：合成短繊維添加によるコンクリート片の剥落対策、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、pp.275-280、2003
- 3) 細田暁、高梨大介、高木亮一、我彦聡志：少量の合成短繊維による収縮ひび割れの抑制機構、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.1、pp.299-304、2006
- 4) 黒野薫、佐藤嘉昭、大谷俊浩、濱永康仁：合成短繊維混入コンクリートの靱性評価に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.1、pp.419-424、2006