

## ポリプロピレン繊維を用いた繊維補強コンクリートの凍結融解試験

東北大学大学院 学生会員 ○齊木佑介

東北大学大学院 正会員 内藤英樹

東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

東北大学大学院 学生会員 林 弘

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 山洞晃一 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 古賀秀幸

## 1. はじめに

高架橋や道路の跨道部, トンネル坑口部など, コンクリート片の剥落を回避すべき箇所に対して, ポリプロピレン繊維(以下, PP 繊維)を混入したコンクリート片の剥落防止対策が検討されており<sup>1),2)</sup>, 寒冷地においてもその使用例は多く見られる. しかし, PP 繊維補強コンクリートの凍結融解試験を行った例<sup>3)</sup>は少なく, 寒冷地において PP 繊維補強コンクリートを効果的に使用するためには, その凍結融解抵抗性を把握する必要がある. そこで, PP 繊維の混入がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響を検討する. 本研究では, 初期ひび割れのないコンクリート供試体に加えて, 初期ひび割れを導入した繊維補強コンクリート供試体を作製し, コンクリート内部に分散される PP 繊維が, 凍結融解作用に伴うひび割れ進展を抑制する効果についても検討する.

## 2. 凍結融解試験

## (1) 試験概要

供試体諸元を表-1に示す. 供試体形状は図-1に示すような100mm×100mm×400mmの角柱供試体とする. 普通ポルトランドセメントを使用した表-2の配合を基準として, 練り混ぜ時に繊維 A<sup>1)</sup>および繊維 B<sup>2)</sup>の PP 繊維を混入した. 繊維混入率は参考文献 1), 2)に示されるそれぞれの標準体積混入量に対して, 2 倍, 標準量, 1/2 倍, 1/4 倍とした. また, PP 繊維が凍結融解作用に伴うコンクリートのひび割れ進展を抑制する効果を検討するため, 初期ひび割れを導入した供試体(以下, ひび割れ供試体)を作製した<sup>5)</sup>. 打設後は, 実構造物の施工を想定して 5 日間型枠を設置し, その後の材齢 28 日まで実験室内(室温:10~15℃)に気中静置した.

本研究では, 凍結融解試験(水中 A 法)を用い, 供試体中心部の温度変化-18~+5℃を基準として, 300 サイクルまでの温度履歴を与えた<sup>4)</sup>. 計測は 20 サイクル毎に行った.

## (2) 凍結融解作用による供試体の損傷状況

初期ひび割れを導入しない供試体(Plane, A0, B0)の損傷状況に大きな違いはなく, 300 サイクル終了までに供試体表面に軽微なスケーリングが生じる程度であった.

一方, ひび割れ供試体では, 写真-1に示すように, 凍結融解作用に伴うひび割れの進展が目視によって確認できた. これは, ひび割れ部に満たされた水の凍結膨張圧によってひび割れ部が開いたものと推察される<sup>5)</sup>. なお, 参考文献 5)と本実験との比較では, PP 繊維の有無によるひび割れ供試体の割裂状況に大きな差異はなかった.

## (3) 相対動弾性係数

凍結融解サイクル数と相対動弾性係数との関係を図-2に示す. 図-2より, Plane 供試体と同様に, PP 繊維を混

表-1 供試体諸元の一覧

| 供試体<br>シリーズ※1 | 繊維種別               | 繊維の体積<br>混入率(%) | ひび割れ<br>の有無※2 |
|---------------|--------------------|-----------------|---------------|
| A0            | 繊維 A <sup>1)</sup> | 0.05 (標準)       | なし            |
| A2            |                    | 0.10            |               |
| A1            |                    | 0.05 (標準)       |               |
| A1/2          |                    | 0.025           |               |
| A1/4          |                    | 0.012           |               |
| B0            | 繊維 B <sup>2)</sup> | 0.10 (標準)       | あり            |
| B2            |                    | 0.20            |               |
| B1            |                    | 0.10 (標準)       |               |
| B1/2          |                    | 0.05            |               |
| B1/4          |                    | 0.025           |               |
| Plane         | なし                 | ---             | なし            |

※1 供試体はシリーズ毎に 3 体作製した.

※2 ひび割れ深さ 30mm, ひび割れ幅 0.3mm とした.

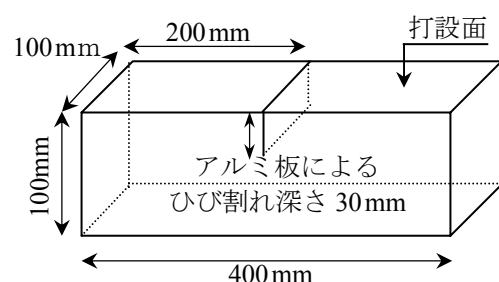


図-1 ひび割れ供試体の概略

Key Words : 凍結融解試験, 繊維補強コンクリート, ポリプロピレン繊維, 初期ひび割れ

連絡先 : 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL : 022 (795) 7449 FAX : 022 (795) 7448

表-2 基準コンクリートの示方配合

| W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | $G_{max}$<br>(mm) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      | AE 減水剤<br>(ml) | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) |
|------------|------------|-------------------|--------------------------|-----|-----|------|----------------|--------------|------------|
|            |            |                   | W                        | C   | S   | G    |                |              |            |
| 53         | 40.6       | 25                | 148                      | 279 | 755 | 1143 | 2.79           | 10.0         | 6.3        |

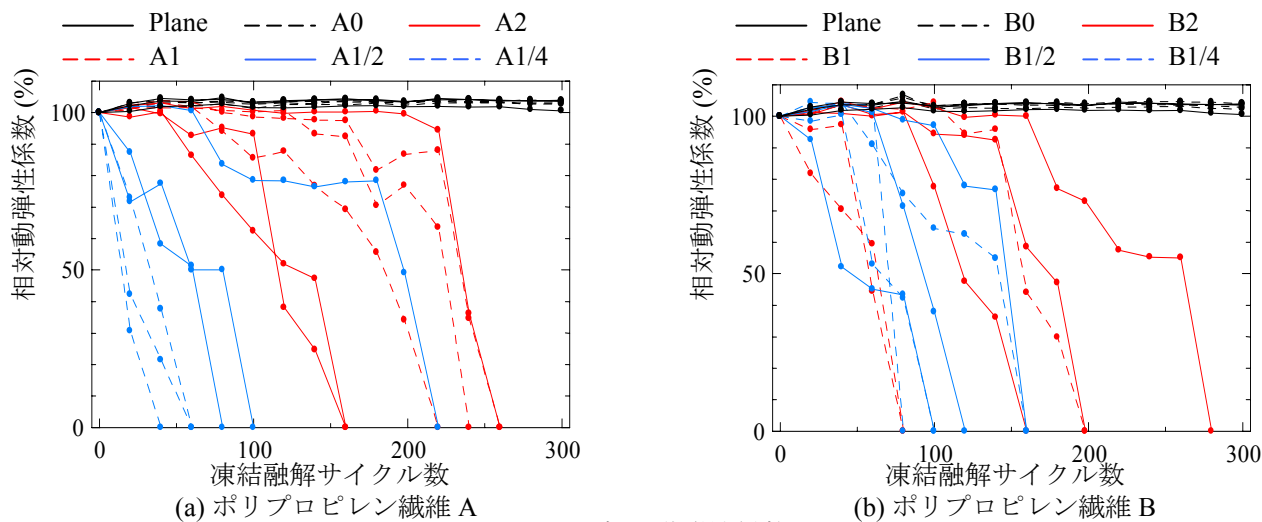


図-2 相対動弾性係数

入した A0 供試体および B0 供試体でも、300 サイクルまで相対動弾性係数が低下しないことから、繊維補強コンクリートは凍結融解抵抗性に優れていることが確認された。

しかし、初期ひび割れを導入した供試体では、凍結融解作用に伴ってひび割れが進展し、相対動弾性係数が大きく低下した<sup>5)</sup>。繊維 A については、標準繊維混入量の 1/2 以下の供試体 (A1/2, A1/4) では、繊維によるひび割れ進展の抑制効果はほとんど見られなかったが、標準混入量以上であれば 100 サイクル程度の繰り返し凍結融解作用に対してはひび割れ抑制効果が得られた。全体として繊維混入量の増加によってひび割れの進展が抑制される傾向が見られたが、100 サイクル以降においてひび割れが大きく進展し、供試体が割裂した。繊維 B については、繊維混入量が標準混入量以下の供試体 (B1, B1/2, B1/4) では、60 サイクルまでにひび割れが進展し、繊維によるひび割れ抑制効果はほとんどないと判断される。しかし、繊維混入量が標準混入量の 2 倍以上であれば、100 サイクル程度まではひび割れの進展を抑制することができた。

なお、同じ条件でシリーズ毎に作製した 3 体の供試体であっても、相対動弾性係数の低下は大きくばらついた。

### 3. まとめ

本研究では、2 種類の PP 繊維を混入した繊維補強コンクリートの凍結融解試験を行った。その結果、1) 初期ひび割れがない場合には、2 つの PP 繊維のいずれもコンクリートの凍結融解抵抗性を低下させないこと、2) ひび割れ供試体では、繊維 A は標準混入量以上、繊維 B は標準混入量の 2 倍以上の繊維を混入することによって、100 サイクル程度まではコンクリートのひび割れ進展を抑制できる可能性があること、などが示された。

### 参考文献

1) 大島章弘, 矢吹増男, 坂田昇, 古市耕輔, 平石剛紀: 連糸状 PP 繊維を用いたコンクリートの剥落防止技術の開発, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 5-512, pp.1021-1022, 2004. 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) 林大介, 芦澤良一, 横関康祐, 坂田昇: 有機繊維補強セメント複合材料の耐久性評価に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.1585-1590, 2005. 4) 土木学会: コンクリート標準示方書 規準編, 2005. 5) 内藤英樹, 山岡晃一, 古賀秀幸, 鈴木基行: 初期ひび割れを有するコンクリートの凍結融解抵抗性, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.915-920, 2008.

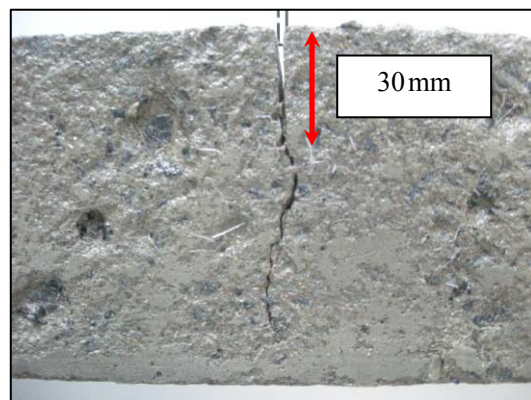


写真-1 ひび割れ供試体の損傷状況 (B1/2 供試体側面:220 サイクル)