

ポルトランドセメントを使用しない超低収縮高強度繊維補強  
コンクリートの凍結融解抵抗性および物質透過抵抗性

三井住友建設株式会社      正会員    〇恩田    陽介, 佐々木   亘, 松田   拓

1. はじめに

筆者らは、超低環境負荷かつ腐食劣化要因を排除し高耐久性を極限まで追求した PC 橋梁<sup>1)</sup>を開発し、プレキャスト工場の敷地内に架設し長期的な耐久性の確認を行っている。本稿は、そこで用いたポルトランドセメントを用いない超低収縮高強度繊維補強コンクリートを対象に、耐凍害性と水分および塩化物イオンの浸透に対する抵抗性を確認した結果を報告するものである。

2. 実験概要

表-1 配合および試験値の一例

(1)コンクリートの条件：表-1 に超

低収縮高強度繊維補強コンクリートの配合および試験値の一例を示す。使用材料は表-2 に示す通りである。開発した超低収縮高強度繊維補

強コンクリートは細径の短繊維を混入率 1.0%で使用し、かつ単位水量が 100 kg/m<sup>3</sup> と極めて少ない条件であるが、高い流動性を有している。また、蒸気養生（1 次養生：最高温度 35℃保持時間 36 時間、2 次養生：最高温度 90℃保持時間 48 時間）により材齢 1 週間程度で 150 N/mm<sup>2</sup> 前後の高い圧縮強度が得られるが、その間に自己収縮ひずみはほとんど生じず、その後の乾燥収縮も極めて小さい。

(2)測定項目：表-1 に示した配合から短繊維を除い

た配合で供試体を作製し、前述の蒸気養生を行ったのち各種試験を実施した。行った試験は凍結融解試験（JIS A 1148 A 法）、水分浸透速度係数試験（JSCE-G 582）、塩水浸せき試験（JSCE-G 571）、非定常法による塩化物イオンの電気泳動試験<sup>2)</sup>（以降、非定常電気泳動試験）である。凍結融解試験のみ短繊維混入率を表-1 に示した 1.0%および 0.5%を追加した 3 水準とし、JCI-S-001 および JCI-S-002 により試験開始前と 300 サイクル到達時点における引張軟化特性の推定を行った。各試験方法は基本的にそれぞれ示した規準または文献に準じたが、試験開始材齢は塩水浸せき試験では 18 日、非定常電気泳動試験および凍結融解試験では材齢 14 日とし、蒸気養生終了から試験開始前までは温度 20℃相対湿度 60%の恒温恒湿室に保管した。水分浸透速度試験では、蒸気養生終了直後に切断等の処理を行い、その後、温度 20℃相対湿度 60%で 94 日間乾燥を行った。

3. 実験結果および考察

凍結融解試験結果を図-2 に示す。いずれの短繊維混入率においても、500 サイクル程度まで相対動弾性係数の低下は見られず、短繊維混入率が大きくなるほどより高サイクル数まで相対動弾性係数の低下が少なかった。短繊維補強コンクリートでは、凍結融解作用を受けた場合に相対動弾性係数の低下が生じていなくても、曲げタフネス等の力学特性が低下している場合があることが報告されている<sup>3)</sup>。図-3 に示すように、少なくとも 300 サイクル時点での引張軟化特性の低下は生じておらず、耐凍害性が確保されているものと判断できる。

一般に混和材を大量に使用したコンクリートは凍害に対する抵抗性を確保するために AE 剤の選定や十分

キーワード    短繊維補強コンクリート、ポルトランドセメント不使用、凍結融解、水分浸透、塩分浸透  
連絡先            〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設株式会社 R&D センター 建設基盤技術部

な空気量の確保が必要となる場合がある<sup>4)</sup>が、このコンクリートはポルトランドセメントを用いていないことに加えて、AE 剤を用いたエントレインドエアの導入は行っていない（空気量は 3.5～4.1%の範囲）が、水結合材比が極めて

小さく高い圧縮強度も発現しているコンクリートであるため、一定の耐凍害性が確保できているものと考えられる。

図-4 に試験により求めた水分浸透速度係数を水結合材比との関係としてプロットし、示方書<sup>5)</sup>に示される予測式より求まる曲線を併記した。このコンクリートの水分浸透速度係数は、通常のコンクリートと比べて極めて小さい値であり、この試験が想定している短期の雨掛かりでの水分浸透はほとんど生じないものと考えられる。

図-5 に塩水浸せき試験から求めた塩化物イオンの見掛けの拡散係数（以下、単に「見掛けの拡散係数」と称す）と非定常電気泳動試験により求めた塩化物イオンの拡散係数を示す。また図中には比較例として、混和材を大量に使用したコンクリートの浸せき期間 1 年での見掛けの拡散係数の測定値例<sup>4)</sup>と超高強度コンクリートの拡散係数の例（実効拡散係数からの換算）<sup>6)</sup>を併記した。このコンクリートの非定常法による拡散係数や浸せき 1 年での見掛けの拡散係数は、混和材を大量に使用したコンクリートの例と比べて小さい値であり、同程度の圧縮強度を有する超高強度コンクリートで報告されている値と同程度であった。浸せき期間に着目すると、浸せき期間 0.5 年と 1 年とでは、浸せき期間が長くなるほど見掛けの拡散係数は小さくなった。混和材を大量に使用したコンクリートでは浸せき期間が増加しても塩化物イオン濃度分布の変化がみられないことがあり、見掛けの拡散係数が浸せき期間の増加に反比例して小さくなる可能性がある<sup>4)</sup>ことが指摘されている。このコンクリートでも同様の現象が生じている可能性がある。また、非定常法による拡散係数は浸せき期間 1 年の見かけの拡散係数より小さい値であった。長期間の浸せき実験によって得られる値が、非定常法という短期間の試験で得られている可能性があるが、今後、より長期の実験により見掛けの拡散係数を確認し、非定常法による拡散係数との関係も含めて検討していく予定である。

#### 4. まとめ

ポルトランドセメントを用いない超低収縮高強度繊維補強コンクリートは耐凍害性や水分および塩化物イオンの浸透に対する抵抗性に優れていることが確認できた。

#### 参考文献

- 1) Going cement-free: tested concrete girder makes it into a bridge in Japan, Bridge Design & Engineering, Issue No. 96, pp. 64-65, 2019.
- 2) 日本コンクリート工学会：電気化学的手法を活用した実効的維持管理手法の確立に関する研究委員会委員会報告書シンポジウム論文集，2018.9
- 3) 土木学会：繊維補強コンクリートの構造利用研究小委員会（第2期）委員会報告書，2018.9
- 4) 土木学会：混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針（案），2018.9
- 5) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書設計編，2018.3
- 6) 日紫喜剛啓ほか：自己収縮を低減した 150 N/mm<sup>2</sup> 級超高強度コンクリートの耐久性能，コンクリート工学年次論文集，Vol. 27, No. 1, pp. 1105-1110, 2005.

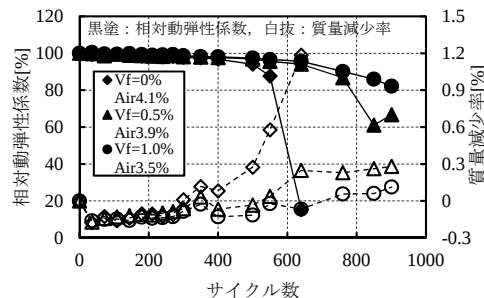


図-2 凍結融解試験結果

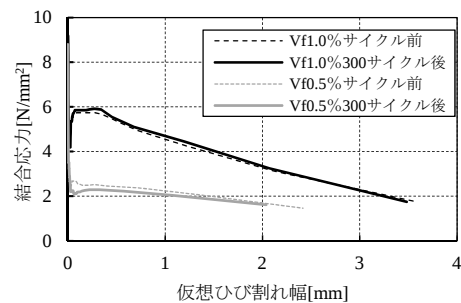


図-3 凍結融解前後の引張軟化特性

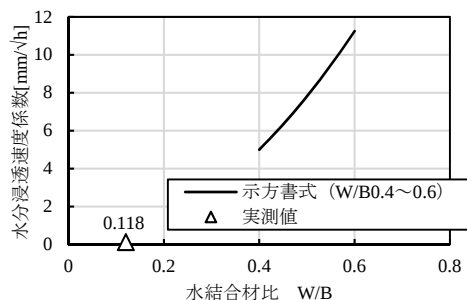


図-4 水分浸透速度係数

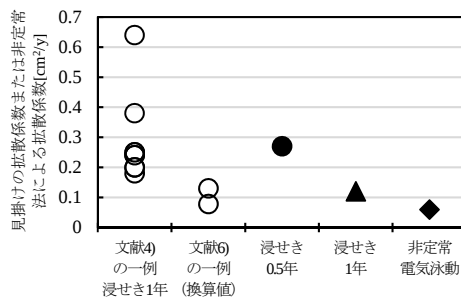


図-5 拡散係数