

## 拘束を受けた UHPFRC のひび割れ抵抗性評価試験に関する基礎的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○渡邊有寿 高木智子 柳井修司  
 中日本高速道路(株) 正会員 牧田 通 北川寛和

### 1. はじめに

高速道路の大規模更新・修繕事業では、健全度評価に基づく RC 中空床版橋の標準的な更新方法として、床版上面を全面的に打ち替えることを基本としている。筆者らは、この打替え材料に高強度で物質移動抵抗性が高い超高性能繊維補強セメント系複合材料（以下、UHPFRC）を用いる新たな工法を研究・開発している<sup>1)</sup>。UHPFRC が RC 中空床版の上面に薄い層（50～100mm）として打ち込まれた場合、UHPFRC の収縮が既設床版により拘束され、ほぼ一軸状態の引張応力が発生する。これまでに、新たに考案した直接引張試験にて UHPFRC の引張特性を把握、評価してきたが<sup>2)</sup>、本研究では、拘束を受けた UHPFRC のひび割れ抵抗性を評価するために、既存の JIS 規格を基本とした試験にて基礎データを取得するとともに、試験の適用性を検討した。

### 2. 試験方法

本研究では、収縮に対するひび割れ抵抗性を評価する手法として、JIS A 1151「拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法」の型枠を用いた。型枠は図-1 に示すように、ダンベル状の型枠の両端に収縮を拘束する形鋼や棒鋼が設置されている。

JIS では、コンクリート打込み後は温度 20℃で 7 日間湿潤状態を保った後に曲面部の側枠を取り外し、温度 20℃、相対湿度 60%で乾燥を開始しているが、本研究では実施工での乾燥面が打込み面のみであることから、側枠は収縮が収束するまでは取り外さないことを基本とした。また、コンクリート内部に埋設型ひずみ計を、打込み翌日の硬化した打込み面にひずみゲージを設置して、経時的な長さ変化を測定した。

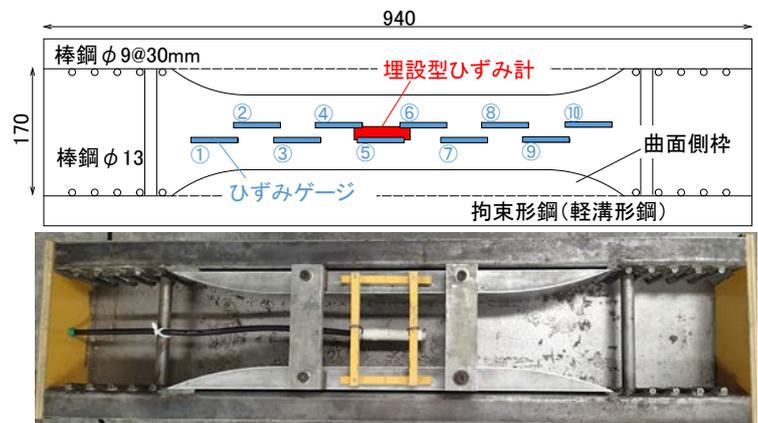


図-1 拘束試験体 (JIS A 1151 参考)

### 3. 検討水準および配合

検討ケースを表-1 に、試験に供したコンクリート配合を表-2 に示す。本研究では、鋼橋 RC 床版の上面増厚工法に従来から用いられている鋼繊維補強コンクリート (SFRC)<sup>3)</sup> を比較対象とし、膨張材の効果も併せて確認した (No.1, 2)。UHPFRC は、UFC 指針<sup>4)</sup> に準拠したもの (No.3)

表-1 検討ケース

| No. | 材料     | 配合条件   |           |                          | 計測方法    |        |
|-----|--------|--------|-----------|--------------------------|---------|--------|
|     |        | 膨張材 EX | 収縮低減剤 SRA | 繊維量 (kg/m <sup>3</sup> ) | 埋設型ひずみ計 | ひずみゲージ |
| 1   | SFRC   | —      | —         | 100.0                    | ○       | ○      |
| 2   |        | ○      | —         |                          | ○       | —      |
| 3   | UHPFRC | —      | —         | 137.5                    | ○       | ○      |
| 4   |        | ○      | ○         |                          | ○       | —      |

表-2 コンクリート配合

| No. | 材料     | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |        |          |       |       |            |         |           | 鋼繊維*** SF (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|--------|--------------------------|--------|----------|-------|-------|------------|---------|-----------|--------------------------------|
|     |        | 水 W                      | 結合材* B | 膨張材** EX | 細骨材 S | 粗骨材 G | 高性能 AE 減水剤 | 高性能 減水剤 | 収縮低減剤 SRA |                                |
| 1   | SFRC   | 175                      | 365    | —        | 963   | 762   | 2.6        | —       | —         | 100.0                          |
| 2   |        | 175                      | 345    | 20       | 963   | 762   | 3.3        | —       | —         | 100.0                          |
| 3   | UHPFRC | 195                      | 1287   | —        | 912   | —     | —          | 34.8    | —         | 137.4                          |
| 4   |        | 195                      | 1322   | 30       | 879   | —     | —          | 37.3    | 12.9      | 235.5                          |

\*結合材: SFRC は早強ポルトランドセメント/UHPFRC は専用品

\*\*膨張材: SFRC は石灰系/UHPFRC はエトリンガイト・石灰複合系

\*\*\*鋼繊維: SFRC は繊維長 30mm (両端フック型) /UHPFRC は繊維長 15mm (ストレート)

キーワード: UHPFRC (UFC), 道路橋床版, 打替え・補強, ひび割れ抵抗性, 拘束収縮ひずみ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8029

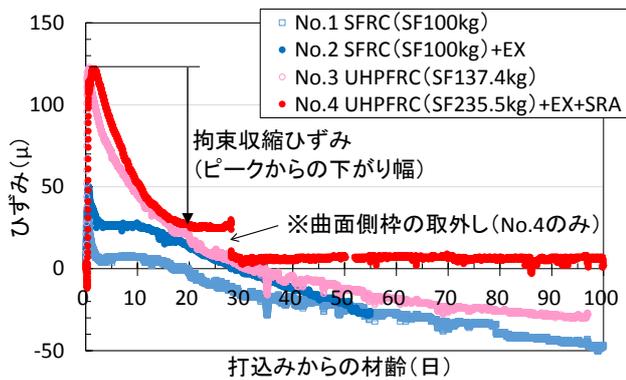


図-2 拘束収縮ひずみ (埋設型ひずみ計)

に、鉄筋部までの打替えといった拘束がより厳しい条件への用途を想定し、膨張材の収縮低減剤の添加に加え、鋼繊維を増量した配合 (No.4) とした<sup>2)</sup>。

#### 4. 試験結果

埋設型ひずみ計による計測結果を図-2 に示す。SFRC は No.1, 2 ともに収縮が進んでいる。UHPFRC は No.3 は材齢 90 日程度で収束し始めているが、No.4 は材齢 20 日程度で収束しており、膨張材や収縮低減剤の効果が認められる。4 つの配合いずれもひび割れは発生していないが、収縮が収束していない SFRC は引き続き計測と観察を行う必要がある。ここで、No.4 は、収縮が収束した時点で曲面側枠 (図-1) を取り外した

が、その直後から収縮ひずみが大きくなった。側枠の取外しは乾燥収縮の促進が目的であったが、ひずみに長期的な変化が見られないことから、側枠を外すことは拘束効果を下げる結果となり、コンクリートのひび割れ抵抗性を比較・評価する際には、側枠を外さない方がより安全側で評価できるものと考えられる。本研究で用いた拘束試験体の拘束率を材齢 28 日時点で整理すると、表-3 のように UHPFRC の収縮は約 8 割程度拘束され、UHPFRC のひび割れ抵抗性の評価にも有用であることが分かった。なお、この試算で用いた UHPFRC の自由収縮ひずみは過去の保有データであるため、今後は拘束試験と同じタイミングで自由収縮ひずみを取得し、より正確な拘束率を時系列で求める必要がある。

次に、硬化した打込み面に設置したひずみゲージによる No.3 の計測結果を図-3 に示す。図より、ひずみゲージの位置によって拘束収縮ひずみ量が異なり、試験体の中央付近 (⑤) が最も小さく、埋設型ひずみ計よりも拘束率が高く算出される結果であった。結果は割愛するが、No.1 の計測結果も同様であり、ひずみゲージを設置していない No.2, 4 も同じ傾向になると思われる。より安全側の評価となり、かつ打込み直後からひずみを計測できる埋設型ひずみ計の方が乾燥収縮よりも自己収縮が卓越する UHPFRC には有用であると考えられる。

#### 5. おわりに

UHPFRC は結合材の単位量が多く、収縮ひずみ (特に自己収縮ひずみ) が大きいいため、拘束応力の増加には注意が必要である一方、実際には拘束時のクリープやリラクゼーションによる応力緩和が働く。実構造物で上面増厚・打替えを行う環境は様々であり、現場打ち UHPFRC による高耐久化手法を確立するためには、拘束条件下での収縮ひび割れメカニズムの解明や環境条件の定量化が必要である。今後、これに資する基礎的検討を引き続き行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1)北川ら：道路床版の打替え・補強に対する超高強度繊維補強コンクリートの適用性の検討，土木学会第 72 回年次学術講演会 講演概要集，pp.1097-1098，2017
- 2)牧田ら：直接引張試験による UHPFRC の引張特性に関する研究，土木学会第 72 回年次学術講演会 講演概要集，pp.1083-1084，2017
- 3)高速道路調査会：上面増厚工法設計施工マニュアル，1995
- 4)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

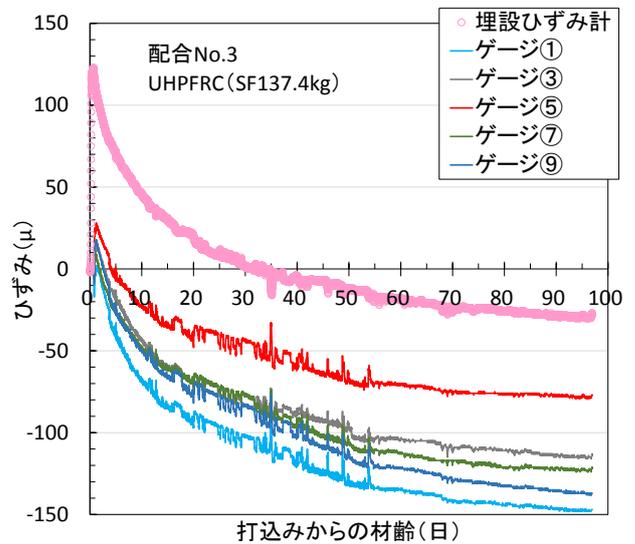


図-3 拘束収縮ひずみ (ひずみゲージ, 配合 No. 3)

表-3 拘束率の算出 (材齢 28 日時点)

| No. | 材料     | 材齢 28 日時点での整理  |                 |           |
|-----|--------|----------------|-----------------|-----------|
|     |        | 拘束収縮ひずみ* (本試験) | 自由収縮ひずみ (保有データ) | 拘束率**     |
| 1   | SFRC   | 47μ            | —               | —         |
| 2   |        | 49μ            | —               | —         |
| 3   | UHPFRC | 116μ           | 約 600~800μ      | 0.81~0.86 |
| 4   |        | 95μ            | 約 400~600μ      | 0.76~0.84 |

\*拘束収縮ひずみはひずみのピーク (膨張側) からの下がり幅

\*\*拘束率=1-(拘束収縮ひずみ/自由収縮ひずみ)