

超高性能繊維補強コンクリートの材料的・構造的特性に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○海部貴裕 正会員 松田浩 佐々木謙二
JFE エンジニアリング (株) (前:長崎大学大学院) 非会員 岩本康平
コサカ設計・アソシエーツ 非会員 上阪康雄 (株) ビービーエム 正会員 今井隆

1. はじめに

我が国のインフラ構造物は、1964 年に開催された東京オリンピックや、1970 年の大阪万博前後の高度成長期に集中的に建設や整備が進んだ。しかし、インフラ構造物の物理的な耐用年数は約 50 年といわれており、今後これらの構造物が一斉に老朽化することが予想される。さらに 2012 年 12 月に起きた中央自動車道笹子トンネルの天井崩落事故をきっかけに、我が国のインフラ構造物の老朽化問題への関心は高まっており、補修・補強、新材料等に関する技術等の開発、積極的な活用¹⁾が求められるようになった。

本研究では補修・補強または新材料として超高性能繊維補強コンクリート (以下、UHPFRC、日本では J-ティフコム) に着目した。UHPFRC は圧縮強度 130N/mm^2 以上の現場打設可能な高強度コンクリートであり、短繊維鋼材を一様に分散させることにより、ひび割れに対する抵抗性、靱性を高めた複合材料である。さらに、透気・透水性が普通コンクリートよりも優れた緻密なコンクリートで、道路橋 RC 床版の防水工の省略も考えられる。本研究では UHPFRC の様々な物性試験を実施することで、UHPFRC の施工性能、補強材としての有用性、有効性を検討した。今回は、直接引張強度試験、収縮量試験、付着せん断試験について示す。

2. 試験概要

2.1 直接引張強度試験

UHPFRC の引張特性及び軟化域での性能を確認するため直接引張強度試験を行った。10kN 万能試験機を使用し、載荷速度 0.5mm/min 変位制御とした。試験体数は 3 体である。また、図 1 に示す範囲においてデジタル画像相関法 (以下、DICM) による光学的計測も実施した。写真 1 に計測状況を示す。

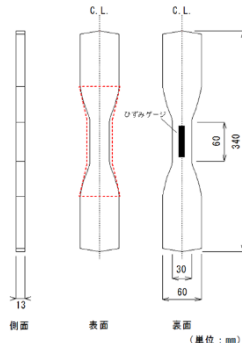


図 1 試験体概要図

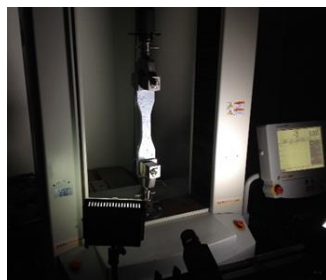


写真 1 計測状況

2.2 収縮量試験

UHPFRC は、高強度コンクリートであるため自己収縮ひずみが大きくなると考えられる。本試験では、UHPFRC の収縮特性、収縮低減剤添加時及び収縮低減剤と膨張材を併用した時の効果を明らかにすることを目的とする。試験体中央部に図 2 のように埋め込みひずみゲージを埋設し、時刻、収縮量の計測を行った。計測材齢は 360 日である。

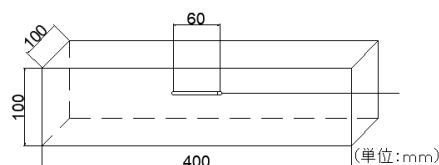


図 2 試験体概要図

2.3 付着せん断試験

UHPFRC と普通コンクリートの付着性能を検証することを目的に、普通コンクリートに対して表面処理を行い、付着せん断試験を実施した。

試験体中央部に傾斜角度 45° の打継ぎ目を設け、新旧コンクリートを打ち継いだ角柱試験体 (寸法: $100 \times 100 \times 400\text{ mm}$) を 12 体作製した。また、打継面での破壊を誘発するために、打継面の端部に $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ の切り欠きを設けた。新旧ともに普通コンクリートの試験体も作製し、比較を行った。

本実験では、一軸圧縮試験機を用いて、圧縮力をかけることで打継面に圧縮応力とせん断応力を作用させる傾斜せん断試験法を採用した。表面粗度は DICM より計測した座標データを用いて算術平均粗さ (以下、 R_a) として評価した。また、直接引張試験同様、図 3 に示す範囲において DICM による光学的計測も実施した。写真 2 に計測状況を示す。

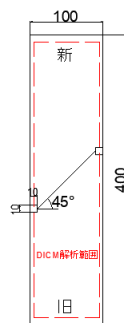


図 3 試験体概要図



写真 2 計測状況

キーワード: UHPFRC, 繊維補強コンクリート, 収縮量試験, 付着せん断試験

住所: 〒852-8135 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース 電話, FAX: 095-819-2590

3. 試験結果

3.1 直接引張強度試験

図4に試験結果を示す。引張強度は圧縮強度の約1/10程度であるものの、鋼繊維の架橋効果によりひび割れが分散され、すぐには破断に至らず靱性が非常に優れていることが確認できる。DICMより計測した試験結果を図5に載せているが、ひずみゲージと比較してほぼ一致していることが確認でき、ひずみ、き裂等の進展過程を非接触による手法で可視化することができた。

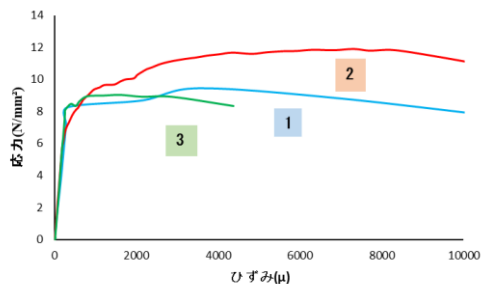


図4 応力-ひずみ関係

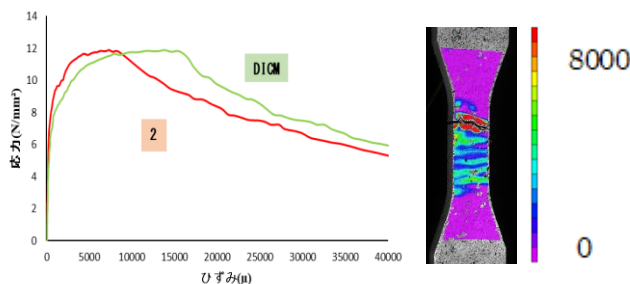


図5 DICMによる応力-ひずみ関係、主ひずみ分布

3.2 収縮量試験

収縮量試験結果を図6に示す。各配合とも材齢初期の段階では膨張し、その後収縮している。基本配合の360日時点の収縮ひずみは約300μであり、基本配合と比較して、収縮低減剤、膨張材の添加は収縮量の低減につながる事がわかる。収縮低減剤のみの配合と収縮低減剤、膨張材を併用した配合では、収縮ひずみが約200μ違うことから収縮低減剤と膨張材を併用することでより一層の収縮低減効果を期待できる。

図7に材齢28日の圧縮強度試験結果を示す。試験結果より、収縮低減剤と膨張材の有無による圧縮強度および弾性係数に与える影響は小さいことが確認できた。

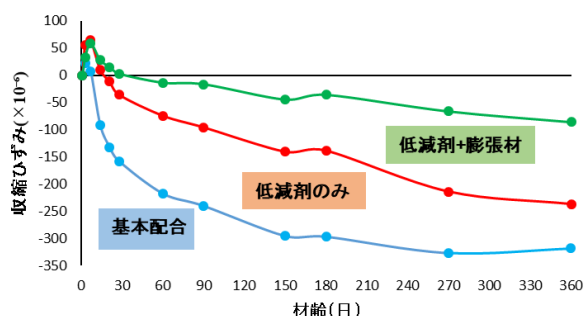


図6 収縮量比較

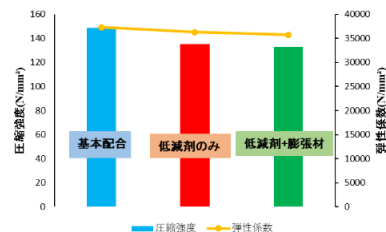


図7 圧縮強度試験結果

3.3 付着せん断試験

せん断破壊した試験体の応力と算術平均粗さとの関係を図8に示す。新コンクリートにUHPFRC、普通コンクリートを用いた試験体のどちらもせん断応力とRaとの間にある程度の相関性を確認できる。また、新コンクリートとしてUHPFRCを用いることで、普通コンクリートを用いる場合よりも、付着性能が向上し、凸凹形状を持たせることで十分な付着性能を有することが可能であると考えられる。図9はDICMにより撮影したせん断破壊した試験体の主ひずみ分布図である。本試験でも直接引張試験同様、ひずみ、き裂等の進展過程を非接触による手法で可視化することができた。

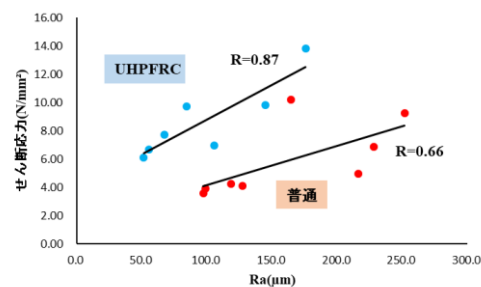


図8 せん断応力とRaの関係

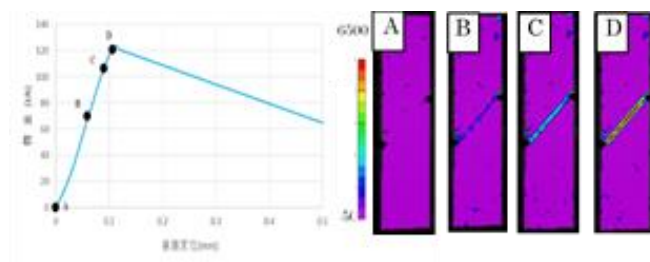


図9 荷重-変位関係、主ひずみ分布（せん断破壊型）

4. まとめ

- ・UHPFRCは鋼繊維の架橋効果によってコンクリートの弱点である引張特性が優れており、高靱性である。
- ・UHPFRCは収縮低減剤や膨張材を添加しても高強度であり、収縮ひずみを低減でき、収縮低減剤と膨張材を併用すると、さらなる低減効果を期待できる。
- ・新コンクリートとしてUHPFRCを用いることで、普通コンクリートを用いる場合よりも付着性能が向上し、上面増厚補強材としての効果を期待できる。
- ・UHPFRCは国内ではJ-ティフコムとして開発されており、本研究では、それを使用した。

参考文献

- 1) 国土交通省：インフラ長寿命化基本計画，2013.11