

設計基準強度 80N/mm² 級の高強度 SFRC の基礎的な強度特性と収縮特性大成建設（株）技術センター 正会員 ○川端 康平
正会員 村田 裕志

1. 目的

土木分野において、SFRC（鋼繊維補強コンクリート）で適用実績が多いものとして、設計基準強度が 24~60N/mm² 程度（実強度 30~75N/mm² 程度）のもの¹と、設計基準強度が 180N/mm² 程度（実強度 200N/mm² 程度）の UFC（超高強度繊維補強コンクリート²）が挙げられる。一方で、上記の 2 種類の SFRC の設計基準強度の中間となる 80N/mm² 程度を対象とした高強度 SFRC については、適用実績が少なく鋼繊維が引張力に対して抵抗する効果を明確に考慮した設計基準も整備されていない。計基準強度 80N/mm² 級の高強度 SFRC の開発を目指し、村田ら³は各種強度特性試験を行い十分なじん性を保有していることを示している。本研究では、収縮対策として結合材の一部を膨張材に置換した場合における、高強度 SFRC の基礎的な強度特性と膨張・収縮ひずみを得るための各種試験を実施した。

2. 試験概要

2. 1. 使用材料

表-1 に使用材料を示す。結合材は普通ポルトランドセメントを基本として高炉スラグ微粉末を 50% 置換した。また、W/B=25% 程度であり粉体量が多くなることから、収縮対策として結合材の一部を膨張材と置換した。細骨材に陸砂、粗骨材に硬質砂岩砕石を用いた。混和剤には高性能 AE 減水剤を、空気量を導入させることを目的に AE 助剤を使用した。

本研究で使用した鋼繊維を写真-1 に示す。低コストで構造性能に与える引張じん性を（引張軟化曲線）を発揮できるものとするため、直径 0.75mm、繊維長 60mm（アスペクト比 80）、規格引張強度 1800N/mm² のものを使用した。鋼繊維の混入量は 40kg/m³ とした。

2. 2. 試験項目および方法

実施した試験項目および方法を表-2 に示す。引張軟化曲線は、JCI 基準⁴に準じて切欠きはりの 3 点曲げ載荷試験を実施し、得られた荷重-変位曲線に対して逆解析を行うことで算出した。なお、繊維長が 40mm を超えているため、試験体寸法は□150×150×530mm とした。収縮ひずみの測定は、□100×100×400 の角柱供試体中央位置に埋込型ひずみ計を設置して行った。

鋼繊維の混入の有無による強度への影響を確認するため、破壊エネルギー以外の各種試験項目について鋼繊維ありと鋼繊維なしの 2 パターンの試験を実施した。

3. 試験結果

材齢 28 日における圧縮強度の結果を図-1 に示す。圧縮強度は鋼繊維なしでは 85.5N/mm²、鋼繊維ありでは 88.7N/mm² であった。鋼繊維ありは鋼繊維なしより約 4% 強度が増進したが有意な差ではないと考えられる。

材齢 28 日におけるヤング係数の結果を図-2 に示す。参考としてコンクリート標準示方書を基に算出した圧縮強度 80N/mm² でのヤング係数の計算値(=3.80×10⁴N/mm²)を併せて示す。圧縮強度と同様、鋼繊維の混入の有無による影響はほとんど見られず、2 ケースともに計算値を

表-1 使用材料

材料		仕様等
結合材	セメント	普通ポルトランドセメント
	混和材①	高炉スラグ微粉末
	混和材②	膨張材
細骨材		陸砂
粗骨材		硬質砂岩砕石
混和剤①		高性能 AE 減水剤
混和剤②		AE 助剤
鋼繊維		写真-1

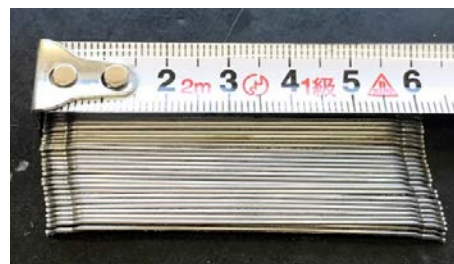


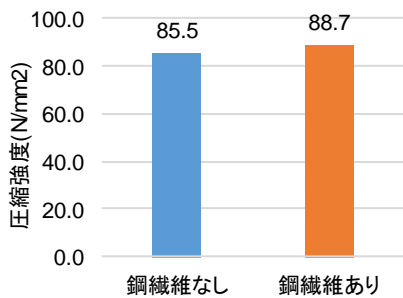
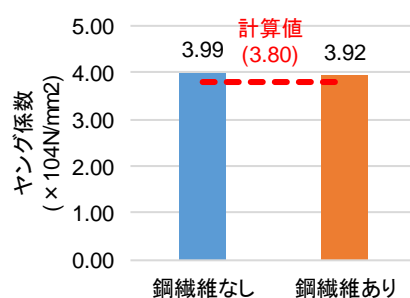
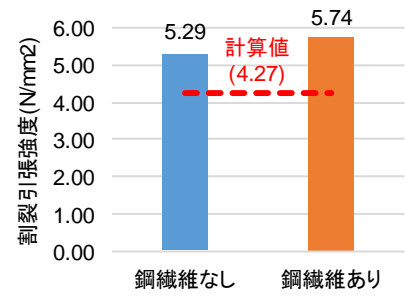
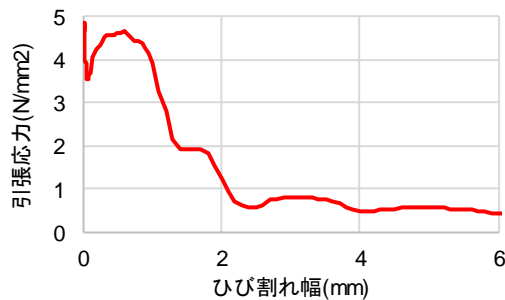
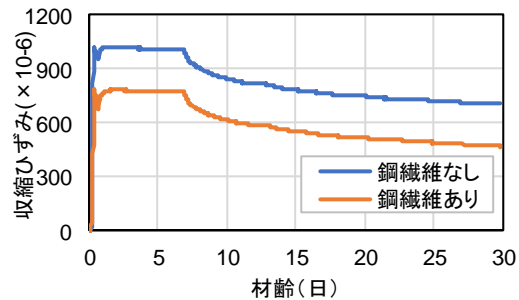
写真-1 使用した鋼繊維

表-2 試験項目および方法

項目	方法
圧縮強度	JIS A 1108
ヤング係数	JIS A 1149
割裂引張強度	JIS A 1106
引張軟化曲線	JCI-S-002
収縮ひずみ	-

キーワード SFRC, 鋼繊維, 高強度コンクリート, 引張軟化曲線, 収縮ひずみ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL-045-814-7221

図-1 圧縮強度(σ₂₈)図-2 ヤング係数(σ₂₈)図-3 引張強度(σ₂₈)図-4 引張軟化曲線
(逆解析により算出)図-5 収縮ひずみ
(膨張：+，収縮：-)

満足する結果となった。

材齢 28 日における割裂引張強度の結果を図-3 に示す。参考としてコンクリート標準示方書を基に算出した圧縮強度 80N/mm² での引張強度の計算値(=4.27N/mm²)を併せて示す。鋼繊維ありは鋼繊維なしより約 9%強度が増進しており、鋼繊維混入による影響が少し見られた。これは、鋼繊維がひび割れの開口や進展の抑制に寄与したこと、および、膨張材の効果によるケミカルプレストレスが導入されたことが考えられる。

切欠きはりの 3 点曲げ載荷試験の結果を基に JCI 基準に従い逆解析を実施して得られた引張軟化曲線を図-4 に示す。一般的な繊維補強コンクリートと同様、ひび割れ発生後に鋼繊維のブリッジングにより再度応力が増加していることを確認した。その後、ひび割れ幅 6mm 程度の大変位領域まで引張応力を保持していることから、十分なじん性を保有していることが分かる。

材齢 28 日までの収縮ひずみの測定結果を図-5 に示す。鋼繊維なし、鋼繊維ありともに計測開始後から急速に膨張した後、徐々に収縮したが、材齢 28 日時点で膨張状態を維持していることを確認した。計測開始から材齢 28 日までの期間において、膨張ひずみの最大値は鋼繊維ありの方が 30%程度小さいが、これは鋼繊維がコンクリートマトリックスの変形を拘束しているためと考えられる。

4. まとめ

膨張材を使用した設計基準強度 80N/mm² 級の高強度 SFRC について、圧縮強度、ヤング係数、割裂引張強度、引張軟化曲線、膨張・収縮ひずみを得るために各種試験を実施した。その結果、鋼繊維の混入の有無に関わらず、材齢 28 日における圧縮強度は 85~90N/mm² であること、ヤング係数と割裂引張強度はコンクリート標準示方書を基に算出した圧縮強度 80N/mm² での計算値を満たすことを確認した。また、逆解析により算出した引張軟化曲線から十分なじん性を保有していることを確認した。収縮対策として膨張材を使用したことにより、材齢 28 日においても膨張状態を維持していることを確認した。

参考文献

- 1) 土木学会：「繊維補強鉄筋コンクリート製セグメントの設計・製作技術」に関する技術評価，技術推進ライブラリー，No.6，2010.
- 2) 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No.113，2004.
- 3) 村田裕志，川端康平，畑明仁：設計基準強度 80N/mm² の高強度 SFRC の材料強度特性，令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，2021
- 4) コンクリート工学会：切欠きはりを用いた繊維補強コンクリートの荷重-変位曲線試験方法 JCI-S-002-2003.