

収束アラミド繊維を混入した超高強度繊維補強コンクリートはりのせん断破壊性状

太平洋セメント(株) 正会員 ○川口 哲生, 河野 克哉, 森 香奈子, 田中 敏嗣
太平洋建設工業(株) 川村 禎昭

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート(以下, UFCと略記)は, 鋼繊維を含むため, 引張抵抗力, 変形性能に優れた材料である. しかし, 塩害環境下においては, ごく表面に鋼繊維の点錆が発生し美観を損ねる懸念もあり, 仮にひび割れが発生した場合, 架橋した鋼繊維に腐食が発生する可能性も懸念される. このような背景を踏まえ, 本研究では腐食に強く, 優れた力学特性を示すアラミド繊維を混入したUFCについて着目した. ここでは, 樹脂により収束させたアラミド繊維を混入したUFC(以降, AMと表記)について, 強度特性, 破壊エネルギー, RCはりのせん断破壊性状について検討を行うこととした. 比較のため, 鋼繊維を混入したUFC(以降, FMと表記), PVA繊維を混入したUFC(以降FOと表記)についても検討を行った.

2. 実験概要

表-1 は示方配合, 図-1 は使用した収束アラミド繊維を示したものである. AM における繊維混入率は 2.0vol%, FM における繊維混入率は 2.0%, FO における繊維混入率は 3.0vol%である. 試験体の成型に必要な流動性を確保しつつ, 繊維量が最大となる様に AM の繊維混入率を設定した. ここで使用したアラミド繊維の直径は 0.2mm であり, 繊維長さは, 15mm である. 圧縮強度試験では, φ 50×100mm の円柱供試体, 割裂引張試験では φ 100×200mm の円柱供試体を用い, 土木学会より刊行されている「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)¹⁾」に従って強度試験を実施した. 破壊エネルギーの計測は, 「切欠きはりをを用いた繊維コンクリートの荷重-変位曲線試験方法」(JCI-S-002-2003)²⁾に従った. 図-2 に示す切欠きはりの曲げ試験を行い, 破壊エネルギー G_F は式(1)を用いて算出した.

$$G_F = (0.75W_0 + W_1) / A_{lig} \quad (\text{N/mm}) \tag{1}$$

ここで, W_0 : 荷重-開口変位曲線下の面積(N・mm), W_1 : 供試体の自重および載荷治具がなす仕事(N・mm), A_{lig} : はり破断部分面積(mm²)

図-3は, RC はりの載荷試験概要を示したものである. 試験体は, ウェブ厚30mm, 有効高さ170mm のI型断面を有する全長1600mm のはり部材である. 軸方向鋼材には異形PC 棒鋼(SBPD 1080, D22)を使用し, 両側のせん断スパンには, せん断補強鉄筋を一切使用しない配筋状態とした. RC はりは, UFC の自己充填性を利用して一方向から流し込み成形し, 20℃24時間の養生の後, 標準熱養生(90℃48時間)²⁾を行った後で載荷試験を実施した. 図-3に示すように支間1400mm, 等モーメント区間150mm, せん断スパン有効高さ比 $a/d=3.67$ となるように支点と載荷点を設置し, 耐圧機にて2点集中荷重を静的に載荷した. また, 載荷に際して, 荷重とたわみを計測した.

3. 実験結果

表-2は実験結果を示したものである. 圧縮強度については, AMとFOはほぼ同等であり, FMが最も高くなった.
キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, 収束アラミド繊維, せん断破壊, 破壊エネルギー
連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント株式会社 中央研究所 建設技術チーム Tel.043-498-3902

表-1 示方配合

名称	単位量 (kg/m ³)				
	水	標準配合 粉体 ¹⁾	骨材	SP(水に 含む)	繊維
AM (アラミド)	180	1322	932	32	27
FM (鋼繊維)	180	1322	932	24	157
FO (PVA繊維)	178	1309	922	32	39



図-1 収束アラミド繊維

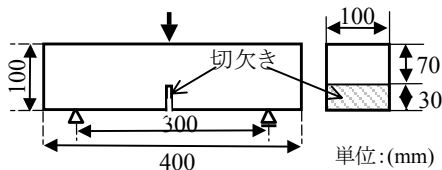


図-2 切欠きはりの3点曲げ試験

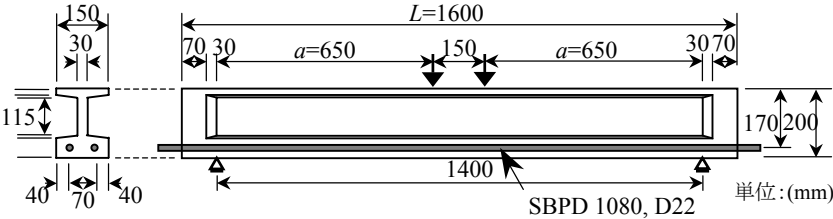


図-3 RC はりの載荷試験概要

割裂引張強度では、AM は FO を上回るが、FM を若干下回ることが確認された。

(1) 破壊エネルギーと荷重－開口変位関係

表-2 に示した様に AM の破壊エネルギーは 12.4N/mm となった。FM の破壊エネルギーは 16.2N/mm、FO では 5.7N/mm となっており、AM は FO を上回るが、FM より若干下回ることが確認された。図-4 は、切欠きはりの 3 点曲げ試験から得られた荷重－開口関係を示したものである。AM と FO を比較すると、AM における最大荷重、ポストピーク領域における荷重抵抗力が、FO を大きく上回ることが確認された。次に FM と比較すると、AM の最大荷重は FM を上回っており、開口変位が 2.0mm 程度までは、FM を上回ることが確認された。

(2) RC はりのせん断載荷実験

図-5 は、RC はりのせん断載荷試験より得られた荷重－たわみ関係を示したものである。表-2 に示す様に、ひび割れ発生荷重については全ケースともに大きな差異は見られなかった。最大荷重については、FO では 85.6kN、FM では 153.6kN、AM では 156.5kN となった。つまり、AM は、FO を大きく上回り、FM とほぼ同等のせん断耐荷力を有することが確認された。また、最大荷重以降において、FM では比較的緩やかに荷重が低下するが、AM では、急激に耐荷力が低下しており、繊維によって荷重－たわみ関係が大きく異なることが確認された。載荷試験後、ひび割れを架橋している繊維について、観察を行ったが、FM では鋼繊維が引き抜けているのに対し、AM では、破断した繊維が混在していることが確認された。そのため、急激に耐荷力が低下したものと考えられる。図-6 は、ひび割れ性状を示したものである。全水準とも斜めひび割れが支配的な破壊となった。また、FM では微細なひび割れが多く発生し、ひび割れが分散していることが確認されたが、AM、FO は、FM ほど、ひび割れは分散していなかった。また、支配的なひび割れと軸方向のなす角度に着目すると、AM と FM は、ほぼ同程度であり、FO よりは、小さくなっていることが確認された。

4. まとめ

収束アラミド繊維を用いた UFC の強度特性と破壊エネルギーを把握した。破壊エネルギーは、FO を大きく上回るが、FM を若干下回ることが確認された。また、RC はりのせん断耐荷特性を把握したが、せん断耐荷力は、FM とほぼ同等となることが確認された。

謝辞 本研究の実施にあたり、帝人テクノプロダクツ(株)より繊維を提供頂きました。ここに記して謝辞を示します。

参考文献 1) 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.113，2004.9.，2) http://www.jci-web.jp/jci_standard/kitsutaka_dl.html

表-2 試験結果一覧

名称	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂引張強 度(N/mm ²)	破壊エネ ルギー(N/mm)	RCはりの載荷試験結果	
				ひび割れ発 生荷重(kN)	最大荷重 (kN)
AM(アラミド)	188.8	9.6	12.4	16.8	156.5
FM(鋼繊維)	223.5	10.3	16.2	17.2	153.6
FO(PVA繊維)	187.3	8.8	5.7	17.5	85.6

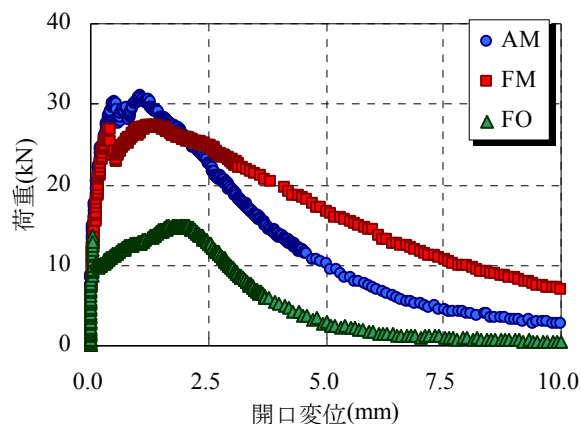


図-4 荷重－開口変位関係(切欠きはりの曲げ試験)

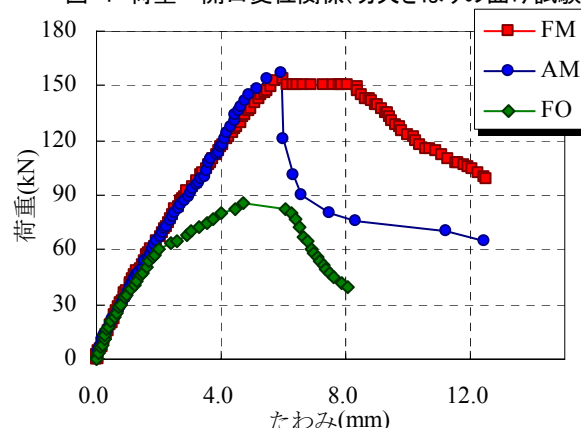


図-5 荷重－たわみ関係(RC はり)

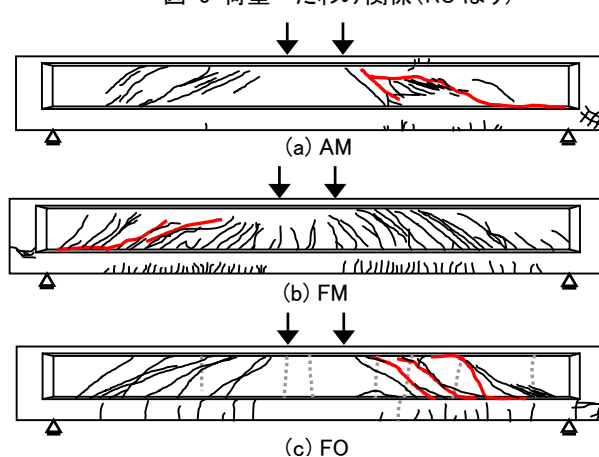


図-6 ひび割れ性状(RC はり)