

鋼繊維補強RPCの力学的特性に関する基礎的研究

金沢大学大学院 学生会員 今村哲史
 金沢大学工学部 正会員 五十嵐心一
 金沢大学工学部 フェロー 川村満紀

1. 序論

RPC(Reactive Powder Concrete)は超低水セメント比、粉体の最密充填、硬化後の熱処理などを基本原理としてつくられた、超高強度かつ緻密な微視構造を有するセメント系材料である。RPCは通常のコンクリートと同様に、高強度になるにつれて、より脆性的な破壊形態を示すようになる。これを改善し、靱性を確保するという観点から繊維を混入した繊維補強RPCが開発されている。しかし、より均質な組織を有する超高強度モルタルをマトリックスとする場合、繊維補強効果は低強度マトリックスの場合とは異なることも予想されるが、適切な繊維混入率などの配合設計に関する詳細な点は明らかにされていない。

そこで、本研究においては、RPCに鋼繊維を混入し、その繊維混入率を変化させた鋼繊維補強RPCの基本的な力学的特性について実験的に検討する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用したセメントはピーライトセメント(略号C)である。骨材は6号珪砂(S_1)および8号珪砂(S_2)の2種類を使用した。シリカフューム(SF)の混入率はセメント重量に対して25%とした。減水剤はポリカルボン酸系の高性能AE減水剤(SP)をセメント重量の4%使用した。水結合材比は0.18である。また、鋼繊維として直径0.15mm、繊維長13mmの異形加工されていないストレート繊維を使用した。配合を表-1に示す。

2.2 供試体作製および養生方法
 (1)圧縮強度試験 JIS R 5201 および JSCE-F506 に準じて直径50mm、高さ100mmの円柱供試体を作製した。設定した養生温度としては、20 および90 の水中養生、200 の高温常圧養生であり、材齢7日にて圧縮強度試験を行なった。20 および90 の養生を行なう場合は打設後24時間で脱型し、その後、養生温度20 では材齢7日まで水中養生を行なった。また、90 では脱型後2日間20 の水中養生を行ない、その後材齢7日まで90 の温水にて養生を行なった。養生温度200 では、打設後24時間にて脱型せずに、2日間の水中養生を行ない、その後材齢7日まで200 の高温炉内にて養生を行なった。なお、高温炉に入れる際に、供試体上面からの乾燥を防ぐためにセメントペーストによるキャッピングを行なった。

2.2 供試体作製および養生方法

(2)曲げ強度試験 JIS-SF2 に準じて、40×40×160mmの角柱供試体を作成した。設定した養生温度は(1)と同様に、20、90 および200 である。曲げ強度試験はJIS-SF4 に準じて、中央点載荷法により曲げ強度を求めた。また、曲げ強度試験時に、載荷点たわみを計測して、荷重たわみ曲線を記録し、曲げタフネスを求めた。曲げタフネスは、たわみが150分の1となるまでの荷重たわみ曲線下の面積と定義した。

3. 結果および考察

表-2 にフロー試験結果を示す。通常の繊維補強コンクリートよりも大きな混入率までファイバーボールが

キーワード：RPC、繊維補強、靱性

金沢大学工学部 〒920-8667 石川県金沢市小立野2-40-20 TEL.076-234-4622 FAX.076-234-4632

表-1 RPCの配合(kg/m³)

W/B	C	SF	S_1	S_2	W	SP	$V_f(\%)$
0.18	1000	250	500	400	225	4%/C	0
							1
							1.5
							2
							2.5

表-2 フロー試験結果

繊維混入率(%)	フロー
0	210
1	210
1.5	200
2	223
2.5	209

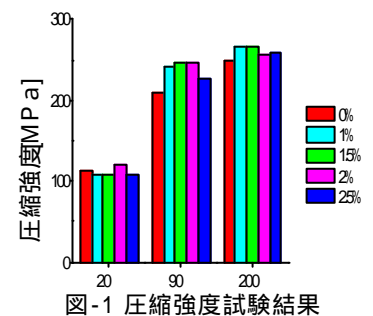


図-2 供試体写真

形成されることはなく、またフローの低下も認められず、打設時には十分なワーカビリティが確保されていたということが分かる。

図-1 は材齢 7 日における圧縮強度試験結果を示したものである。いずれの養生温度においても、繊維無混入時と同程度もしくは若干の圧縮強度の増大を示している。

図-2 は養生温度 200、繊維混入率 2% の圧縮強度試験後の供試体を示している。鋼繊維無混入の供試体は、最大荷重到達と同時に細かな破片となり飛散し、非常に脆性的な破壊形態を示す。しかしながら、繊維を混入することにより、最大荷重到達後も荷重が低下しながら順次破壊は進行し、このことより圧縮タフネスの増大が確認できる。

図-3 は材齢 7 日における曲げ強度試験結果を示したものである。各養生温度とも繊維混入率が増加するにしたがい、曲げ強度は増大し、特にマトリックス強度の低い方が、曲げ強度の増加率が大きい。一方、養生温度 90 においては、繊維混入率が 2.5% になると、強度の増大が著しくなっている。これは、マトリックスの強度が高いため、繊維の補強効果を得るために必要な繊維混入率が増大したためと考えられる。

図-4 は繊維混入率が 2.5%、養生温度 90 において得られた荷重たわみ曲線を示したものである。マトリックスに初期ひび割れが生じた後も荷重が増加するひずみ硬化型の変形挙動を示し、最大荷重に達した後も急激な強度の低下は見られず、鋼繊維混入による靱性の増大効果が現れている。

図-5 は曲げタフネスの計算結果を示したものである。この図からも、繊維を混入することによる曲げタフネスの大幅な増大は明らかである。

図-6 は養生温度 90、繊維混入率 2% の曲げ供試体において、たわみが 2mm となるまで載荷を行った後のひび割れ先端部を赤色の染料を混ぜた樹脂で含浸したものの拡大写真である。低い繊維混入率での供試体においては見られない、ひび割れ先端部からの複数の微細なひび割れの発生が認められるが、曲げひび割れが多数発生している様子は認められない。

図-7 は、供試体を完全に破断させたときの破断面を示したものであるが、繊維が破断せずすべて引き抜かれていることが分かる。RPC においてはマトリックスが高強度で、十分な付着強度を有しているため、異形加工されていないストレート繊維でも、十分な架橋効果と、その後の引き抜けに伴うエネルギー吸収効果が得られているようである。

4. 結論

本研究において得られた結論をまとめると以下の通りである。

- (1) 繊維混入率を 2.5% まで増加させたときでも、ファイバーボールの形成は見られず、またフローが低下しなかったことから均一な練混ぜが可能であった。
- (2) 繊維を混入することにより、圧縮強度はマトリックス強度と同程度もしくは若干高い圧縮強度を示した。また、繊維を混入することによる圧縮タフネスの増加が確認された。
- (3) 鋼繊維を混入することにより RPC の曲げ強度は著しく増大した。また、繊維混入率をある程度大きくすることにより、荷重たわみ曲線はひずみ硬化型の曲線を示し、曲げタフネスも大幅に増大した。

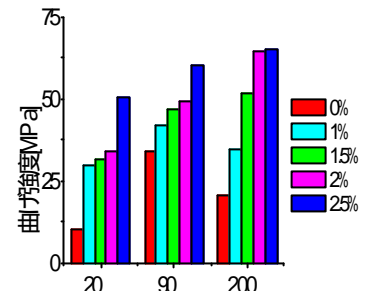


図3 曲げ強度試験結果

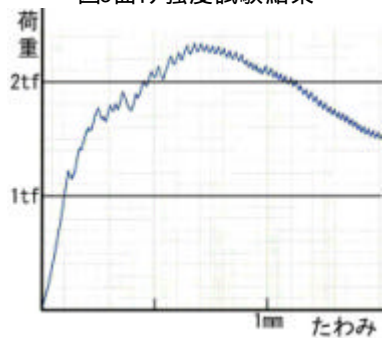


図-4 荷重たわみ曲線

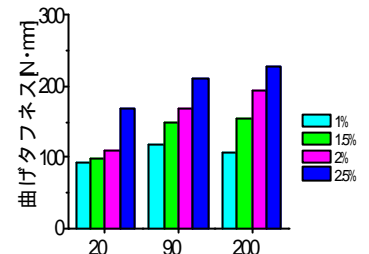


図5 曲げタフネス計算結果

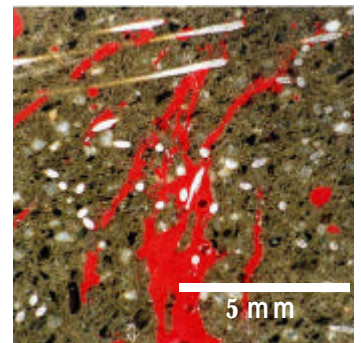


図-6 ひび割れ写真



図-7 破断面写真