

加圧処理を施した繊維補強 RPC の曲げ性状

金沢大学大学院 学生会員 渡 辺 暁 央
金沢大学大学院 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

超高強度の RPC (Reactive Powder Concrete) は、フレッシュ時に加圧処理が行われるが[1], 非常に脆性的な破壊形式を示すため繊維の混入が不可欠である。加圧処理を施すことによってマトリックスと繊維の付着力は非常に高くなると考えられるが、このような超高強度マトリックス中における繊維補強機構を検討した例は少ないようである。

本研究では、加圧処理を実施した RPC を作製して曲げ強度試験を行った。繊維の混入量を変化させて曲げ変形挙動の相違を検討し、RPC の繊維補強の効果について論ずる。

2. 実験概要

(1)使用材料 セメントはビーライト系セメント (密度 3.2g/cm³, ブレーン比表面積 0.410m²/g) を使用した。微粉末材料として、シリカフューム (密度 2.2g/cm³, 比表面積 20.0m²/g, SiO₂ 含有量 90.8%) および微粉石英 (密度 2.6g/cm³, 比表面積 1.42 m²/g) を使用し、骨材として 6 号珪砂, 7 号珪砂および 8 号珪砂 (珪砂の密度 2.6g/cm³) を使用した。繊維は直径 0.15mm, 長さ 3mm および 13mm のストレート鋼繊維 (密度 7.8g/cm³) を用いた。高性能減水剤はポリカルボン酸系のものを使用した。

表-1 RPC の配合 (kg/m³)

繊維混入量(%)	セメント	シリカフューム	微粉石英	6 号珪砂	7 号珪砂	8 号珪砂	水	減水剤	繊維
0	1126	281	117	486	61	15	208	45	0
2.5	1097	274	114	474	60	15	203	44	195
5.0	1069	267	111	462	58	14	198	43	390
10.0	1013	253	106	438	55	14	187	41	780

(2)配合 配合は、セメントとシリカフュームを合わせて結合材として水結合材比を 18%, シリカフューム混入量をセメント質量に対して 25%とした。珪砂の混入量は、セメント質量に対して 50%, 6~8 号珪砂の代表径を基準に、球形粒子の規則充填[2]に従うように混入割合を算定した。微粉石英は、セメント粒子に対して規則充填になるように混入量を決定した。高性能減水剤はセメント質量に対して 4%である。繊維の混入量は、繊維長 13mm の場合が 2.5%, 3mm の繊維を使用する場合は 2.5, 5 および 10%とした。配合を表-1 に示す。

(3)供試体の作製および養生方法 練混ぜ直後の RPC をφ50mm×100mm の円柱および 40×40×160mm の角柱の加圧処理用型枠に流し込み、テーブルバイブレータにより締固めを行った。その後、加圧装置用いて 50N/mm²の加圧処理を行い、スプリングによって圧力を保持したまま 20℃の恒温槽で 2 日間静置した後に、圧力を除去して脱型した。脱型後の供試体は、24 時間の 20℃水中養生を行い、その後 90℃の水中養生および 200℃の高温常圧養生の 2 条件で養生を行った。

(4)強度試験 材齢 7 日において、円柱供試体による圧縮強度試験および角柱供試体により JCI-SF4 に準じて中央点載荷法により曲げ強度試験を実施した。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た。

3. 結果および考察

表-2 はフロー試験結果を示したものである。長さ 13mm の繊維を 2.5%混入した場合でもファイバーボールの形成は認められず良好な流動性が確保されている。一方、3mm 繊維の場合は、

表-2 フロー値(mm)

繊維量(%)	ℓ _f = 3mm	ℓ _f = 13mm
0	300 以上	
2.5	281	214
5	254	—
10	210	—

表-3 圧縮強度試験結果

90℃	マトリックス $V_f=0\%$		$\ell_f=3\text{mm}$ $V_f=10\%$		$\ell_f=13\text{mm}$ $V_f=2.5\%$	
	無	有	無	有	無	有
圧縮強度(MPa)	239	266	192	269	235	287
弾性係数(GPa)	43	57	52	65	48	65
200℃	マトリックス $V_f=0\%$		$\ell_f=3\text{mm}$ $V_f=10\%$		$\ell_f=13\text{mm}$ $V_f=2.5\%$	
	無	有	無	有	無	有
圧縮強度(MPa)	255	400	255	395	289	369
弾性係数(GPa)	43	55	53	60	43	59

10%まで混入量を増加させても十分なワーカビリティを有し、ファイバーボールの形成は認められなかった。

表-3 は繊維を混入していない RPC (マトリックス) と長さ 3mm の繊維を 10%および長さ 13mm の繊維を 2.5%混入した RPC の圧縮強度試験の結果を示したものである。加圧処理を行うことによる強度増大が著しく、特に 200℃で養生を行った場合、100MPa 以上の増大を示す場合もある。また、繊維を大量に混入しても、圧縮強度にはほとんど影響を与えないことがわかる。

図-1 は長さ 3mm の繊維を使用した RPC の曲げ強度を示したものである。繊維の混入量を増大させると曲げ強度は増大し、加圧処理を行うことにより強度増加の割合が著しく大きくなる。図-2 は 200℃の養生を行った RPC の荷重-たわみ曲線の例を示したものである。加圧処理を行ったものは、繊維の混入量が増加するにつれて初ひびわれ発生荷重も増大しており、繊維の混入による複合効果が現れている。しかし、繊維長が短いため、最大荷重到達後の荷重の低下割合が比較的大きい

表-4 は長さ 13mm の繊維を使用した場合の曲げ強度を示したものであり、図-3 は 200℃の養生を行った RPC の荷重-たわみ曲線の例を示したものである。3mm の繊維を混入した場合と異なり、加圧処理を行うことにより曲げ強度が低下している。また、たわみ 1mm における耐荷力は、3mm の繊維の場合より大きくなるが、加圧処理の有無で比較すると、加圧処理を行ったものの方が低い。加圧処理によって曲げ強度が低くなる原因については、さらに検討を要するが、繊維長が 13mm と長いために加圧によって繊維の配向が変化したことが考えられる。

4. 結論

- (1) 加圧処理によりマトリックスの強度は、約 400MPa に達する。
- (2) 長さ 3mm の繊維を混入した RPC を加圧した場合、初ひびわれ強度は顕著に増大する。
- (3) 長さ 13mm の繊維を混入した RPC に加圧処理を行うと曲げ強度が低下しており、繊維配向の変化の影響が示唆される。

参考文献 [1] Richard, P. and Cheyrezy, M.: Composition of Reactive Powder Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.25, No.7, pp.1501-1511, 1995.

[2] 粉体工学の基礎編集委員会：粉体工学の基礎，日刊工業新聞社，1992。

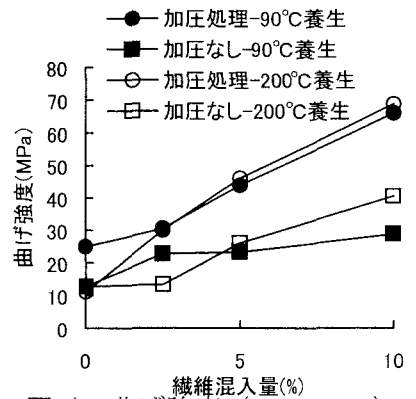


図-1 曲げ強度 ($\ell_f=3\text{mm}$)

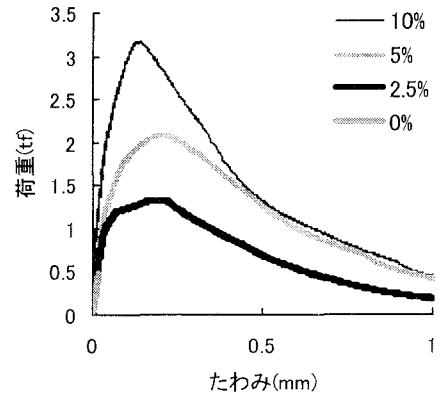


図-2 荷重-たわみ曲線の例 ($\ell_f=3\text{mm}$, 加圧処理, 200℃)

表-4 曲げ強度 ($\ell_f=13\text{mm}$)(MPa)

	加圧無し	加圧処理
90℃	56	41
200℃	62	46

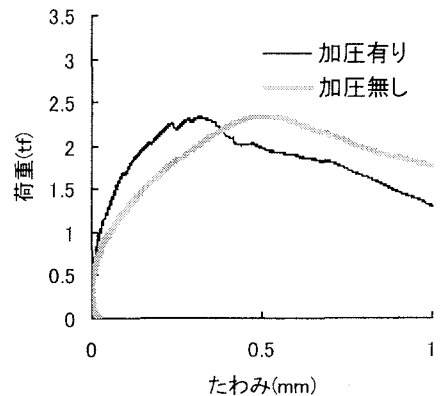


図-3 荷重-たわみ曲線の例 ($\ell_f=13\text{mm}$, 200℃)