

加圧締固めによるRPCの高強度化と内部組織の特徴

金沢大学大学院 学生会員 今村哲史

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

RPC(Reactive Powder Concrete)は、超高強度および非常に緻密な微視構造を有するセメント系の材料である。RPC800 と称されるコンクリートにおいては、コンクリートのフレッシュ時に 50MPa の加圧が施され、その後高温養生を行なうことにより 800MPa の圧縮強度が発現することが報告されている。しかし、RPC における詳細な加圧過程や、加圧が内部組織形成過程や強度発現に及ぼす影響については明らかではない。

本研究においては、無加圧の供試体においても 250MPa 程度の超高強度が得られる RPC に対して加圧締固めを行ない、それによって生ずる微視構造の変化を強度発現のメカニズムに関連付けながら検討することを目的としたものである。

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。また、シリカフューム(SF)をセメント

表1 RPCの配合 [kg/m³]

W/B	C	SF	S1	S2	W	SP	加圧力
0.18	1000	250	500	400	225	4%/C	0MPa 20MPa 50MPa

ト重量に対して25%の外割添加で使用した。骨材は6号珪砂(S1)および8号珪砂(S2)の2種類を使用した。また、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤(SP)を使用し、その添加率はセメント重量の4%である。材料の練混ぜ過程としては、粉体のみの空練りを2分間行ない、水と減水剤の混合水の約半分を添加して3分間練混ぜた。その後残りの混合水を投入し、ペースト状になるまで練混ぜた。フロー値は210である。

2.2 供試体作製および養生方法

(1) 加圧方法 加圧締固めは、図1に示す加圧装置を用いて行なった。まず、練混ぜ直後のRPCを直径50mm、高さ110mmの型枠に流し込み、テーブルバイブレータにより締固めを行なった。その後、加圧装置を組み立て、供試体への加圧を行なった。所定荷重に到達後、四隅の六角ボルトを締め、スプリングにより加圧状態を保持したまま恒温恒湿室に2日間静置した後、脱型した。

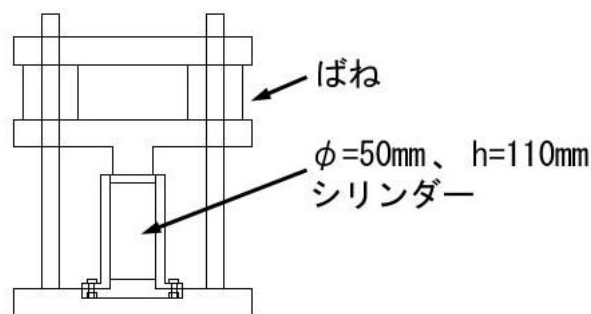


図1 加圧装置断面図

(2) 養生方法および圧縮強度試験 脱型後の供試体を24時間20℃の水中養生を行なった。その後、20℃の水中養生の継続、90℃の水中養生および200℃の高温常圧(恒温炉内)養生の3条件下で養生を行ない、材齢7日にて圧縮強度試験を行なった。

(3) 反射電子像観察 材齢7日の供試体から試料を切り出し、エタノール浸漬した。その後、真空装置を用いて樹脂含浸し、樹脂の硬化後、耐水性研磨紙およびダイヤモンドスラリーを用いて注意深く研磨した。研磨面に金-パラジウムを蒸着した後、電子顕微鏡観察を行なった。

(4) 画像解析法 反射電子像に対して2値化処理を行ない、累積細孔容積を求めた。また、RPC構成粒子の充填に関する空間特性を評価することを目的として、個々の骨材粒子およびセメント粒子をその重心位置を中心とする等価な面積の円に置換し、それらの粒子間距離を求めた。

キーワード：RPC、加圧締固め、毛細管空隙、粒子間距離

連絡先：工学部土木建設工学科 〒920-0941 金沢市小立野 2-40-20 TEL076-234-4622 FAX076-234-4632

3．結果および考察

図2に加圧力の相違による脱型直後におけるRPCの密度の相違を示す。20MPaの加圧を行なうことにより、約4%程度密度が増大する。加圧を行なうことによる供試体からの水の排出が認められ、さらに、無加圧の供試体において目視により確認された多数の微細な気泡が、加圧供試体では全く認められなくなった。つまり、加圧による密度の増大は水の排出および気泡の消失に起因していると言える。一方、加圧力を20MPaから50MPaに増加させても、RPCの密度の増大はあまり大きくない。

図3に材齢7日における加圧力の相違によるRPCの圧縮強度の相違を示す。いずれの養生温度においても、加圧を行なうことにより圧縮強度の増大が確認される。この増加の割合は養生温度が高くなるにしたがい大きくなり、加圧力50MPa、養生温度200の供試体では約380MPaもの圧縮強度が得られた。これは、水の搾り出しによる実質的な水結合材比の低減および気泡の消失に起因する組織の緻密化によるものと考えられる。

図4に養生温度200、材齢7日における細孔径分布を示す。加圧力の増加にともない、毛細管空隙量が減少していることが確認される。特に、50MPa加圧試料においては、粗大な毛細管空隙量が無加圧の試料と比較して2分の1程度にまで減少している。さらに、最大細孔径(曲線の立ち上がり時の細孔径)も、加圧力の増加にともない、小さくなっていることがわかる。

表2に材齢7日における加圧力、養生温度ごとの骨材およびセメント粒子の粒子間距離および単位面積あたりの粒子個数を示す。骨材粒子に関しては、加圧力の増加にともない粒子間距離の減少および単位面積あたりの粒子数の増大が認められる。これは、まだ固まらない状態のRPC供試体が圧縮力を受け、粒子同士が接近したことを示している。また、硬質な骨材の実質的な体積率の増大も、加圧力の増加にともなう圧縮強度の増大に寄与していると考えられる。セメント粒子に関しても、骨材粒子同様、加圧力の増加にともなう粒子間距離の減少および単位面積あたりの粒子個数の増大が認められる。以上のことより、RPCの構成要素の空間配置特性に関する定量評価においても、加圧による内部組織の緻密化が確認され、このことがRPCの超高強度の発現に寄与していると言える。

4．結論

- (1)加圧を行なうことにより、水の排出および気泡の消失等による組織の緻密化、およびそれに起因する圧縮強度の著しい増大が確認された。
- (2)加圧によって骨材粒子やセメント粒子は密に充填されるため、粒子間距離の減少および単位面積あたりの粒子個数の増大が認められた。
- (3)加圧によるRPCの超高強度の発現は、余剰水の排出による実質的な水結合材の低減および気泡の消失、毛細管空隙量の減少による組織の緻密化に起因することが確認された。

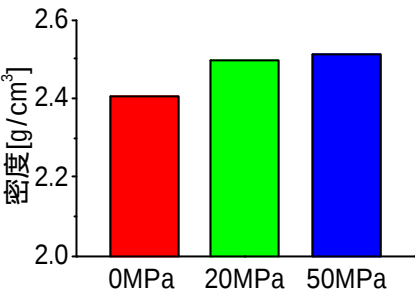


図2 脱型直後の密度の相違

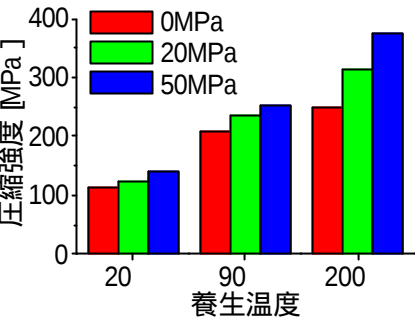


図3 圧縮強度の相違

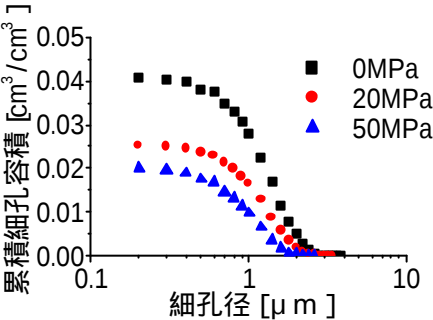


図4 養生温度200の細孔径分布

表2 骨材およびセメント粒子の空間特性

加圧力		0MPa	20MPa	50MPa	
骨材 粒子	中心間[μ m]	177.8	159.1	134.7	
	表面間[μ m]	41.8	38.7	29.5	
	粒子個数 [個/mm ²]	12.9	14.0	14.7	
セ メ ン ト 粒 子	200	中心間[μ m]	8.00	7.23	6.77
		表面間[μ m]	2.63	2.23	1.81
		粒子個数 [個/mm ²]	6889.1	8681.2	9162.5
	900	中心間[μ m]	8.66	8.11	7.87
		表面間[μ m]	3.22	2.87	2.75
		粒子個数 [個/mm ²]	5667.4	6202.3	6326.7
	2000	中心間[μ m]	9.90	8.44	8.74
		表面間[μ m]	3.75	2.77	3.13
		粒子個数 [個/mm ²]	4099.7	5720.2	4742.7