

膨張材を用いた超高強度コンクリートの基礎性状

太平洋セメント(株) 正会員 ○谷村 充 松本 健一
太平洋マテリアル(株) 正会員 郭 度連 佐竹 紳也

1. はじめに

近年、コンクリートの高強度化の研究が進み、圧縮強度 150N/mm² 級の超高強度コンクリートが実用化されつつある。一方、超高強度コンクリートは水結合材比の大幅な低減によって達成されるため、自己収縮が顕著に大きくなることが予想される。高強度コンクリートの自己収縮低減に対して膨張材が効果的であることは既に知られているが、水結合材比が20%よりも小さい領域の超高強度コンクリートの自己収縮低減への作用に関しては、十分な基礎データがない現状である。

本研究では、シリカフュームプレミックスセメント (SFPC) を用いた超高強度コンクリートを対象として、膨張材の適正な添加量、膨張効果等を実験的に検討した。また、水セメント比が極めて低い超高強度コンクリートの特性上、適切な膨張材の使用についても検討を加えた。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を、表-2 にコンクリートの配合を示す。膨張材は比表面積の異なる 2 種類を用いており、添加量は普通強度コンクリートに対する標準使用量の 20kg/m³ から使用量を増加させた 40kg/m³ まで検討した。自己収縮ひずみの測定は、「(仮)高流動コンクリートの自己収縮試験方法」¹⁾

に準じ、埋込み型ひずみ計を用いて行った。コンクリートの目標スランブフローは 65±10cm、目標空気量は 2%以下とした。

3. 実験結果および考察

(1) フレッシュ性状・凝結特性

表-3 にフレッシュコンクリートおよび凝結時間の試験結果を示す。目標スランブフローを満足するための高性能減水剤の添加量は、膨張材の添加により若干増加する傾向にある。凝結時間は、膨張材の種類および添加量に関係なく、膨張材の添加により 2 時間程度早くなる傾向が認められる。

(2) 膨張材による自己収縮の低減効果

図-1 に膨張材 EX の添加量による圧縮強度の変化を示す。封緘、水中養生ともにほぼ同等の圧縮強度を示しており、膨張材の添加が圧縮強度に及ぼす影響は軽微であった。

自己収縮・膨張ひずみの測定結果を図-2 に示す。PL の自己収縮は、材齢 100 日で約 400×10⁻⁶ に達している。一方、膨張材の添加によって、20kg/m³ では約 30×10⁻⁶、30 kg/m³ では約

表-1 使用材料

材料	記号	種類/物性
シリカフュームプレミックスセメント	SFPC	密度3.07g/cm ³ 、比表面積6160cm ² /g
膨張材	EX	石灰系、密度3.16g/cm ³ 、比表面積3280cm ² /g
	EX	石灰系、密度3.19g/cm ³ 、比表面積4920cm ² /g
粗骨材	G	岩瀬産砕石2005、密度2.64g/cm ³ 、吸水率0.67%、F.M.6.74
細骨材	S	河東産山砂、密度2.61g/cm ³ 、吸水率1.66%、F.M.2.88
混和剤	SP	ポリカルボン酸系高性能減水剤

表-2 コンクリートの配合と試験水準

記号	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					SP/ (SFPC+EX)	試験水準		
		W	SFPC	EX	S	G		自己収縮	圧縮強度	
									水中	封緘
PL	16.5	155	939	0	518	839	0.80%	○	28, 91日	7、28、91日
EX -20			919	20	526		0.85%	○		28、91日
EX -40			899	40	526		0.90%	○		7、28、91日
EX -20			919	20	526		0.85%	○		28、91日
EX -30			909	30	526		0.90%	○		28、91日
EX -40			899	40	527		0.95%	○		7、28、91日

表-3 フレッシュ性状および凝結特性

記号	フレッシュ性状				凝結 (h-m)	
	スランブフロー (cm)	空気量 (sec)	Temp (°C)	始発 ()	終結 ()	始発 終結
PL	69.0	10.6	1.0	23.0	9-05	11-30
EX -20	61.0	17.5	1.4	22.5	6-50	9-00
EX -40	74.0	12.2	1.1	22.3	6-40	8-55
EX -20	59.5	17.2	1.6	24.5	7-00	9-05
EX -30	66.0	11.7	1.0	24.5	6-20	8-15
EX -40	73.5	11.3	1.3	24.0	6-50	8-45

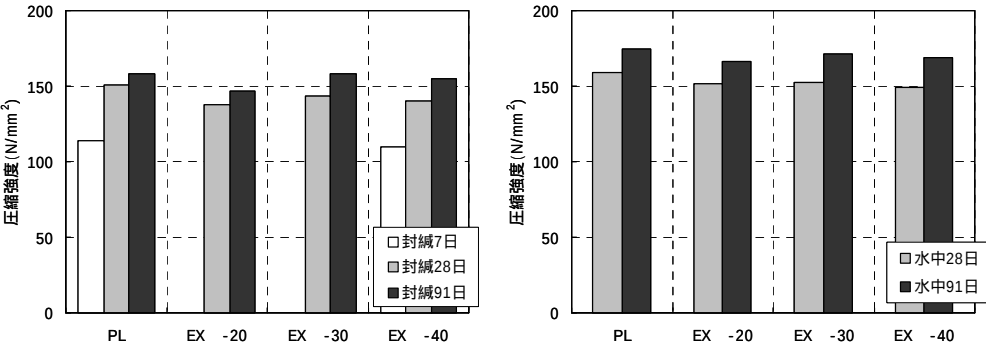


図-1 膨張材の添加量による圧縮強度

キーワード：膨張材，超高強度コンクリート，自己収縮，比表面積，圧縮強度，収縮低減
〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント中央研究所 TEL043-498-3804

140×10^{-6} , 40 kg/m^3 では約 330×10^{-6} 膨張しており, 自己収縮の低減に有効であり, さらに膨張が付与されている。最大膨張量に達する時間は 20 kg/m^3 で26時間, 30 kg/m^3 で40時間, 40 kg/m^3 で49時間になっており, 膨張材量が多いほど膨張量も大きく, 膨張持続時間も長くなる。収縮に転じてからのひずみ勾配は膨張材の添加量が多いほど幾分緩やかな傾向が認められる。なお, PLの自己収縮ひずみ (400×10^{-6})は, 普通セメントを用いて $W/C=30\%$ とした, 圧縮強度 80 N/mm^2 級の高強度コンクリートと同程度の大きさであり, $W/C=16.5\%$ の結果としては小さいレベルに止まっている。この理由は, SFPCが低発熱系のセメントと比表面積の小さいシリカフュームを基材として製造されたプレミックスセメントであることによると思われる。

(3) 膨張材の種類による影響

比表面積の異なる2種類の膨張材によるひずみの測定結果を図-3に示す。EXの 20 kg/m^3 および 40 kg/m^3 添加およびEXの 20 kg/m^3 添加は, 若材齢時に有効な膨張を示しており, 膨張材量に応じた健全な収縮低減効果が発揮されている。その反面, EXの 40 kg/m^3 添加は, 35日ごろから再び大きな膨張が生じており(以下, 再膨張), ひずみの発生性状が明らかに異なる。再膨張のメカニズム解明には, 水と解析等による詳細な検討が必要であるが, 基本的には未水和の膨張材の存在が関係しているものと思われる。超高強度コンクリートは, 水セメント比が極めて低く, 水和に必要な水はもとから不足しており, 未水和の膨張材が残存する可能性は特に高くなることが考えられる。したがって, 極低水セメント比のコンクリートの場合は, できるだけ未水和の膨張材が残存しないような膨張材, すなわち, 膨張性能を十分有しながら, 水和反応の早い比表面積の大きい膨張材が望ましいと推察される。

図-4に膨張材の種類による圧縮強度の変化を示す。封緘養生で比表面積の大きいEXは 40 kg/m^3 添加でもPLに遜色ない圧縮強度を示すが, EXは28日と

91日の間で再膨張に伴う強度の低下が生じている。水中養生の場合もEXは強度低下が生じており, 封緘養生の場合よりもより顕著である。水中養生の場合は外部から水の供給があるために, より大きな再膨張を生じている可能性も考えられる。その反面, EXの圧縮強度は28日から91日にかけてPLの場合と同様に増加しており, 今後も再膨張の可能性は低いといえる。

4. まとめ

超高強度コンクリートの収縮低減策として膨張材を検討し, その適切な使用について以下の知見が得られた。

膨張材が超高強度コンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度に及ぼす影響は軽微であり, 自己収縮の低減に有効である。ただし, 極低水セメント比のコンクリートで膨張材の添加量が多い場合は, 再膨張に伴う強度低下が生じる可能性が高まるため, 超高強度コンクリート用の膨張材としては, 水和反応の早い比表面積の大きい膨張材がより優れている。

【参考文献】1) 日本コンクリート工学協会: 超流動コンクリート研究委員会報告書(), pp.209-210, 1994

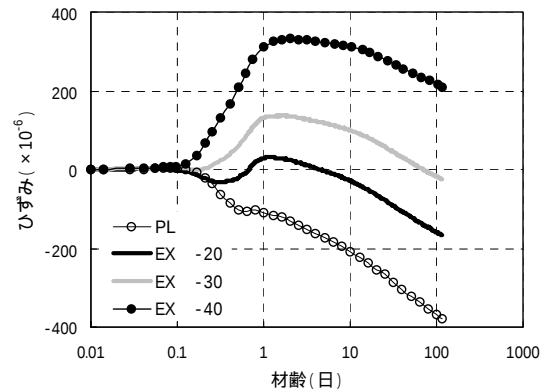


図-2 自己収縮・膨張ひずみ

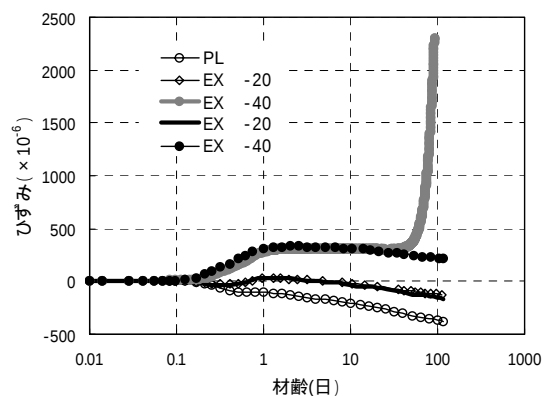


図-3 膨張材の種類によるひずみ

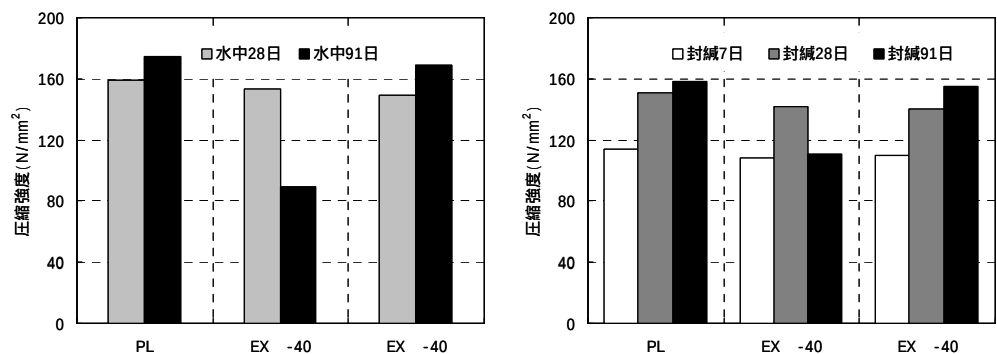


図-4 膨張材の種類による圧縮強度