

# 環境負荷低減型高耐久コンクリートの早強化の検討

技術本部 技術研究所 椎野碧  
 技術本部 技術研究所 中瀬博一

## 1. はじめに

近年、コンクリート構造物の耐久性向上、長寿命化、環境負荷の低減および骨材事情の悪化に伴うASR抑制対策などが求められており、高炉スラグ微粉末(以降、BFSと称す)やフライアッシュ(以降、FAと称す)などの環境負荷低減型高耐久コンクリート(以降、混和材コンクリートと称す)のPC構造物への需要が高まると考えられる。また、PC床版の耐久性向上ばかりではなく、場所打ちとなるプレキャストPC床版間詰め部のコンクリートの耐久性向上により、構造体としての高耐久化が求められ、さらに、生産性の向上の一環として、混和材コンクリートの早期強度発現への需要も高まりつつある。しかし、混和材コンクリートは初期の強度発現が遅く、養生期間が長期化する傾向にあるため、初期の強度発現性の向上が求められる。

そこで、PC床版間詰め部に場所打ちされるBFSおよびFAを用いた収縮補償コンクリートを対象とし、従来材齢7日で設計基準強度50N/mm<sup>2</sup>(配合強度58N/mm<sup>2</sup>、変動係数8%)を満足する様に配合設計された混和材コンクリート(以降、基準コンクリートと称す)に、早強材を添加することで、設計基準強度を満足する材齢を7日から3日に短縮することが可能となる、収縮補償コンクリート(以降、早強型混和材コンクリートと称す)の検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 要求性能

早強型混和材コンクリートの要求性能を表-1に示す。設計基準強度(材齢3日)は50N/mm<sup>2</sup>、練上り直後のスランプまたはスランブフローおよび空気量の目標値は、経時変化を確認した後、練上りから90分後でも十分な施工性および空気量が確保できるように決定した。また、収縮補償コンクリートとするため、拘束膨張試験による材齢7日における膨張率の目標値は200±50μとした。

### 2.2 使用材料および配合

使用材料を表-2に示す。検討した早強型混和材コンクリートの配合を基準コンクリートと併せて表-3に示す。基準コンクリートをもとに、早強型混和材コンクリートの要求性能を満足するよう、主に早強材や膨張材の適切な添加量の検討を行った。

### 2.3 練混ぜ方法、試験項目、試験方法および養生方法

練混ぜ方法を図-1に示す。試験項目および試験方法は表-4に示すとおりとし、養生方法は打設完了から翌日の脱枠時まで室温20±2℃、相対湿度60±5%の恒温恒湿室で封かん養生と

表-1 要求性能

試験項目	目標値
設計基準強度(材齢3日)	50N/mm <sup>2</sup>
スランプ(練上り直後)	経時変化・施工性より決定
スランブフロー(練上り直後)	経時変化・施工性より決定
空気量(練上りから90分後)	4.5±1.5%
膨張率(材齢7日)	200±50μ

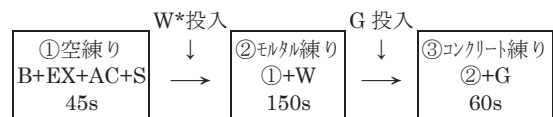
表-2 使用材料

材 料	記号	仕 様
水	W	上水道水
セメント	C	早強ポルトランドセメント、密度3.14g/cm <sup>3</sup>
	FA	フライアッシュII種、密度2.36g/cm <sup>3</sup>
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末6000、密度2.91g/cm <sup>3</sup>
	EX1	密度3.16g/cm <sup>3</sup>
膨張材	EX2	密度2.95g/cm <sup>3</sup>
	S1	陸砂、表乾密度2.58g/cm <sup>3</sup> 、吸水率2.58%
細骨材	S2	砕砂、表乾密度2.62g/cm <sup>3</sup> 、吸水率1.14%
	G	砕石、表乾密度2.64g/cm <sup>3</sup> 、吸水率0.64%、最大寸法20mm
混和剤	SP	高性能AE減水剤、一般型
	AE	AE剤
早強材	AC	エトリンサイト系、粉体
流動保持剤	R	液体

表-3 配合

配合*	W/B (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )										SP	AE	R
		W	B			AC	S			G	(B×%)			
			C	F A	BFS		EX1	EX2	S1					
FA基準	31	170	445	79	—	(25)	—	295	300	985	1.1	0.015	—	
FA-EX2(25kg)	31	170	466	82	—	25	40	267	271	985	2.5	0.090	1.0	
FA-EX2(23kg)	31	170	466	82	—	23	40	268	272	985	2.5	0.085	1.0	
BFS基準	31	170	262	—	262	(25)	—	298	302	985	0.8	0.050	—	
BFS-EX2(25kg)	31	170	274	—	274	25	40	269	273	985	1.5	0.150	1.0	

\*配合は「混和材-膨張材(添加量)」



\*WはSP、AEおよびRを含む。

図-1 練混ぜ方法

表-4 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	実施時期
①圧縮強度	JIS A 1108	材齢1日,3日,7日, 28日
②スランプ	JIS A 1101	練上り直後から90分後まで
③スランブフロー	JIS A 1150	同上
④空気量	JIS A 1128	同上
⑤練上り温度	JIS A 1156	同上
⑥膨張率	JIS A 6202	材齢1日, 3日, 7日

し、脱枠後は試験材齢まで水温 20±2℃の水槽で水中養生とした。なお、材齢1日の圧縮強度試験は封かん養生終了後、水中養生前に試験を実施した。

### 3. 試験結果

#### 3.1 フレッシュ性状

早強型混和材コンクリートのスランプフローおよび空気量の経時変化を図-2 および図-3 に示す。試験練りの結果、ACを用いた早強型混和材コンクリートの場合、スランプロスが大きいことが目視観察により確認された。このため、新たに流動保持剤 R を用い、さらに練上り直後の目標値をスランプ 18±2.5cm からスランプフロー60±10cm として検討を行った。その結果、流動保持剤 R を用いることにより、90分後までのスランプフローの低下は解消され、十分な施工性が確保できることが確認された(表-4 参照)。ただし、空気量に関しては90分後までに BFS では5%以上、FA では3~6%のロスが認められ、練上りから90分後に4.5±1.5%とするには、練上り直後で8.0~9.0%以上とする必要が考えられる。なお、供試体の採取は、練上りから90分後の経時変化の確認後に行った。



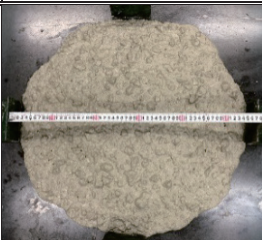

#### 3.2 初期の強度発現性

早強型混和材コンクリートの材齢と圧縮強度の関係を図-4 に示す。また、図-4 には比較のため、基準コンクリートの材齢と圧縮強度の関係も併せて示す。早強材を用いることで材齢3日の圧縮強度は、FA 配合で73.7N/mm<sup>2</sup>(EX2: 25kg/m<sup>3</sup>)および71.4N/mm<sup>2</sup>(EX2: 23kg/m<sup>3</sup>)、BFS 配合は70.9N/mm<sup>2</sup>となり、基準コンクリートに比べ、FA 配合で20%程度、BFS 配合で35%程度の強度の増大が認められ、初期の強度発現性の向上が確認された。

#### 3.3 膨張率

早強型混和材コンクリートの材齢と膨張率の関係を図-5 に示す。単位膨張材量をFAでは23kg/m<sup>3</sup>、BFSでは25kg/m<sup>3</sup>とした場合に材齢7日の膨張率はそれぞれ162μおよび204μとなり、膨張率の目標値(200±50μ)を満足した。

表-4 練上り直後および90分後のフレッシュ性状

混和材	練上り直後	練上りから90分後
FA-EX2(23kg)	 スランプフロー: 50.5cm 空気量: 7.0%	 スランプフロー: 58.5cm 空気量: 2.8%
BFS-EX2(25kg)	 スランプフロー: 56.0cm 空気量: 9.9%	 スランプフロー: 68.0cm 空気量: 4.4%

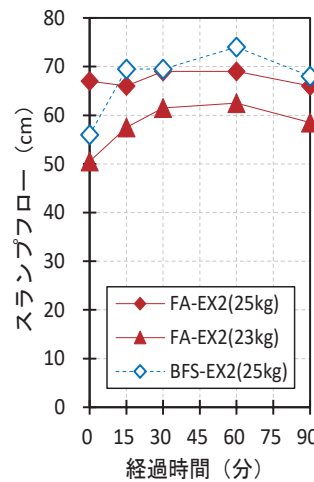


図-2 スランプフローの経時変化

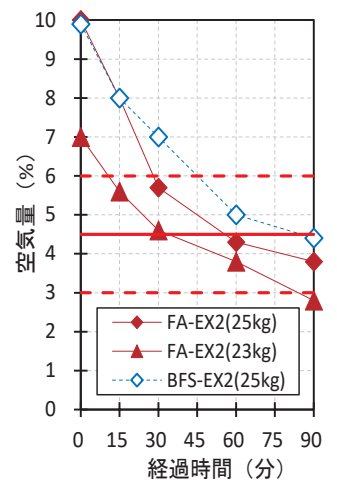


図-3 空気量の経時変化

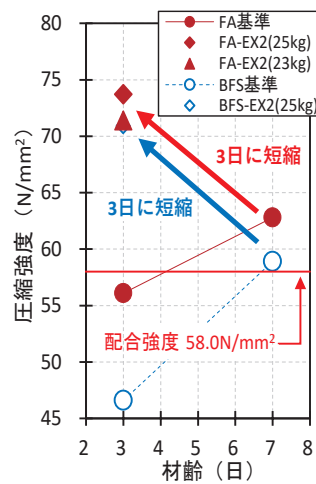


図-4 材齢と圧縮強度の関係

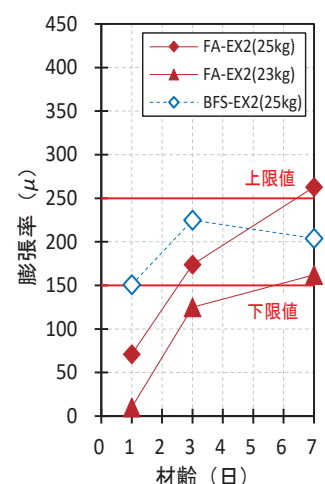


図-5 材齢と膨張率の関係

### 4. まとめ

場所打ちとなるプレキャスト PC 床版間詰め部に施工する混和材を用いた環境負荷低減型コンクリートに早強材、膨張材および流動保持剤を添加することで、20℃環境下において、材齢3日で設計基準強度を満足し、かつ、練り混ぜから90分後でも十分な施工性が確保できる収縮補償コンクリートが製造可能であることが確認された。ただし、空気量のロスが90分後で5%以上であったことなどから、今後は実用化に向け、空気量のロスの抑制方法や耐久性等の検討を実施する予定である。

**Key Words:** 場所打ち間詰め部, 混和材コンクリート, 早期強度発現性, 施工性



椎野碧

中瀬博一