

早強材を添加した環境負荷低減型コンクリートの 強度発現性に及ぼす環境温度の影響

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

コンクリート構造物には耐久性向上、長寿命化および環境負荷の低減が求められており、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)などの混和材を用いた環境負荷低減型コンクリート(以降、混和材コンクリートと称す)の需要が高まると考えられる。混和材コンクリートはプレキャスト PC 床版を用いた床版取替工事でも適用が進んでおり、場所打ちとなる間詰め部にも用いることにより、構造体としての高耐久化が期待できる。しかし、混和材コンクリートは初期の強度発現が遅く、生産性が低くなる傾向にあるため、初期強度発現性の向上が望まれる。

こうした背景から、筆者らは打設時の雰囲気温度および養生温度(以降、環境温度と称す)を 20℃とした場合において、練混ぜから 90 分後でも十分な施工性を保持し、かつ材齢 3 日で設計基準強度を満足する早強性を有する混和材コンクリート(以降、早強型混和材コンクリートと称す)を開発した。

本稿では、早強型混和材コンクリートの実用化に向けて、環境温度の変化がフレッシュ性状およびその経時変化や初期強度発現性に与える影響を確認した結果を報告する。

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。設計基準強度は 50N/mm²(材齢 3 日)、場所打ちとなる間詰め部を想定し、練上りから 90 分後のスランブフローおよび空気量の目標値は 60±10cm および 4.5±1.5%とした。

2.2 使用材料および配合

使用材料を表-2 に、早強型混和材コンクリートの配合を表-3 に示す。配合は BFS を用いた配合(以降、早強型 BFS と称す)および FA を用いた配合(以降、早強型 FA と称す)の 2 種類とし、使用した早強材 AC はエトリンサイトおよびカルシウムシリケート水和物の生成を作用機構とするものであり、膨張材 EX は CSA を主成分としたものである。また、EX はメーカーヒアリングより、強度発現への寄与が小さく細骨材の一部と置換することが標準とされているため、本検討でも細骨材の一部と置換して使用した。

2.3 試験項目、試験方法および養生方法

試験項目および試験方法を表-4 に示す。各試験は当該 JIS に準拠して実施した。養生方法は環境温度を 10℃および 30℃の 2 水準とし、圧縮強度供試体は槽内温度を各環境温度に設

表-1 要求性能

試験項目	目標値
設計基準強度	50N/mm ²
設計基準強度に対する配合強度	58N/mm ²
スランブフロー(練上りから 90 分後)	60±10cm
空気量(練上りから 90 分後)	4.5±1.5%

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 ³
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末6000、密度2.91g/cm ³
	FA	フライアッシュⅡ種、密度2.36g/cm ³
膨張材	EX	主成分はCSA、粉体密度2.95g/cm ³
早強材	AC	エトリンサイトおよびカルシウムシリケート水和物の生成を作用機構、密度2.91g/cm ³
細骨材	S1	陸砂、表乾密度2.58g/cm ³ 、吸水率2.58%
	S2	砕砂、表乾密度2.62g/cm ³ 、吸水率1.14%
粗骨材	G	碎石、表乾密度2.64g/cm ³ 、吸水率0.64%
混和剤	SP	高性能AE減水剤、標準形
	AE	AE剤
	R	流動保持剤(液体)

表-3 コンクリートの配合

配合	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)									添加率 (B×%)
			W	B			EX	AC	S		G	
				C	FA	BFS			S1	S2		
早強型 BFS	31.0	35.8	170	274	—	274	25	40	269	273	985	適宜調整
早強型 FA	31.0	35.6	170	466	82	—	23	40	268	272	985	

表-4 各種試験方法

試験項目	試験方法	実施時期
圧縮強度	JIS A 1108	材齢1,2,3,(4),7日
スランブフロー	JIS A 1150	練上り直後、15分、30分、60分、90分、(環境温度10℃では120分)
空気量	JIS A 1128	同上
コンクリート温度	JIS A 1156	同上

定した養生槽内で試験材齢まで封かん養生とした。なお、圧縮強度供試体はフレッシュ性状の経時変化確認後に採取した。

2.4 練混ぜ方法

コンクリートの練混ぜはモルタル先練り方式とし、モルタル練りを 150 秒、コンクリート練りを 90 秒実施した。

3. 実験結果

環境温度をパラメータとして実施した各種試験結果を下節に示す。なお、環境温度 20℃の結果は既往の研究からの引用データである。

3.1 フレッシュ性状

3.1.1 スランプフローの経時変化

各環境温度における練上りからの経過時間とスランプフローの関係を図-1に示す。環境温度 10℃の場合、早強型 BFS では流動保持剤を無添加としても、練上りから 120 分後におけるスランプフローの目標値を満足した。一方、早強型 FA では練上りから 60 分後までは目標値を満足したが、90 分後では目標値を下回った。ただし、練上りから 120 分後までのスランプフローの低下は 15cm 程度であり、練上り直後のスランプフローを 60cm 程度以上とする、もしくは流動保持剤を少量添加することで、練上りから 120 分後でも目標値を満足することが可能であると考えられる。一方、環境温度 30℃の場合、練上りから 90 分後におけるスランプフローの目標値を満足するための流動保持剤の添加率は、早強型 BFS では 1.5%、早強型 FA では 2.0%となり、環境温度 20℃の場合の 1.0%と比較し増加する傾向にあった。以上より、高性能 AE 減水剤および流動保持剤の添加量を調整することで環境温度が 10℃および 30℃の場合でも可使時間のコントロールが可能であることが確認された。

3.1.2 空気量の経時変化

各環境温度における経過時間と空気量の関係を図-2に示す。なお、図中に示す数値は練上りから 90 分後の空気量の低下量である。早強型 BFS および早強型 FA いずれの配合も練上りから 90 分後の空気量の低下量は、環境温度 20℃と比較し、環境温度 10℃では小さくなり、30℃では大きくなる傾向が認められた。このため、高温環境下での適用に際しては、アジテータ車で運搬した場合の空気量の経時変化の傾向などを事前に調査しておく必要があると考えられる。

3.2 圧縮強度発現性

材齢と圧縮強度の関係を図-3に、配合強度を満足する材齢を表-5に示す。環境温度 10℃の場合、20℃に比べ初期の圧縮強度発現は僅かに遅延する傾向にあり、配合強度を満足する材齢は、早強型 BFS では 4 日となり、早強型 FA では環境温度 20℃と同様の 3 日であった。ただし、早強型 BFS における初期の圧縮強度発現の遅延は僅かであり、場所打ちコンクリートとして適用が可能であると考えられる。一方、環境温度 30℃の場合、初期の強度発現性が向上し、早強型 BFS および早強型 FA いずれの配合も材齢 1 日で配合強度を満足した。

以上より、早強型混和材コンクリートの初期の強度発現性は、環境温度 20℃と比較し、環境温度 10℃では若干低下する

表-5 各環境温度で配合強度を満足する材齢

配合	環境温度		
	10℃	20℃	30℃
早強型 BFS	4 日	3 日	1 日
早強型 FA	3 日	3 日	1 日

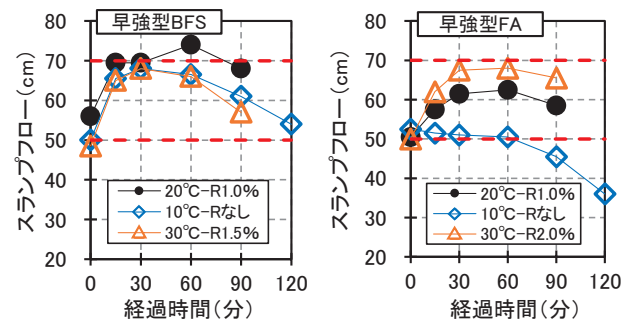


図-1 経過時間とスランプフローの関係

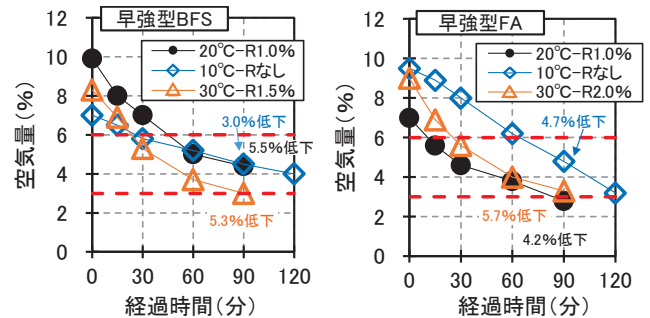


図-2 経過時間と空気量の関係

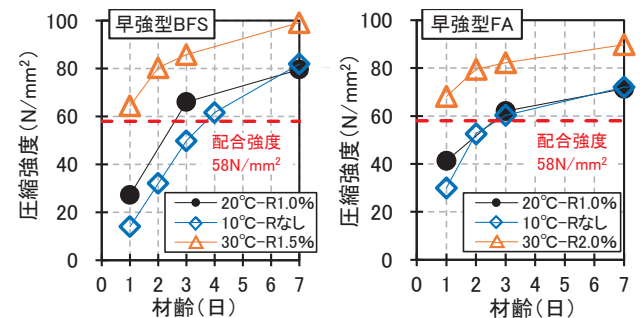


図-3 材齢と圧縮強度の関係

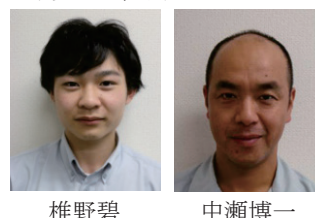
傾向にあり、環境温度 30℃では大きく向上する傾向にあることが確認された。

4. まとめ

早強型混和材コンクリートの環境温度の変化による影響をまとめると以下となる。

- ・スランプフローおよび空気量の経時変化は、環境温度 30℃の高温環境下では大きくなる傾向があるが、高性能減水剤や流動保持剤の添加量の調整により、環境温度が 10℃および 30℃の環境下での施工にも適用可能である。
- ・早強型混和材コンクリートは寒冷期における初期強度発現の遅延は僅かであり、場所打ちコンクリートとして 10℃～30℃の温度環境下で適用が可能であることが明らかとなった。今後、収縮特性や各種耐久性なども調査する予定である。

Key Words: 混和材コンクリート, 初期強度発現性, 環境温度, 間詰めコンクリート



椎野碧 中瀬博一