

報告 別途添加型の特殊混和剤を用いた暑中コンクリートの広範な環境温度および配合条件への適用性に関する実験的検討

齊藤 和秀*1・大石 卓哉*2・桜井 邦昭*3・伊佐治 優*4

要旨：35°Cを超える酷暑期のコンクリート工事の施工性改善を目的に開発した別途添加型の特殊混和剤が、35°C以下も含めた広範な暑中コンクリートに適用できることを実験的に検証した。種々の温度環境下で特殊混和剤の添加率を変化させた場合のスランプ保持性、凝結特性および強度性状、ならびに混和剤の添加前後におけるフレッシュ性状の変化を調査した。その結果、コンクリート温度に応じて添加率を調整することで、標準期の特殊混和剤を添加しないコンクリートと同等以上のスランプ保持性と凝結特性が得られ、硬化後の品質も同等であること、および添加前後のフレッシュ性状の変化はわずかであることを確認した。

キーワード：暑中コンクリート、酷暑期、別途添加型混和剤、特殊混和剤、スランプ保持性、凝結遅延性

1. はじめに

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象等により暑中環境の長期化やコンクリート温度が35°Cを超える日数が増加してきている。筆者らは、スランプ保持性と凝結遅延性を兼ね備えた新しい別途添加型の特殊混和剤を開発し、これを用いることで35°Cを超える酷暑期においても標準期と同等のスランプ保持性と施工性を確保できる新しい暑中コンクリート技術(以下、新規コンクリートという)を開発した。既に、新規コンクリートの基礎物性¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、耐久性⁵⁾、温度ひび割れに対する照査⁶⁾、初期の高温履歴が圧縮強度に及ぼす影響⁷⁾、実構造物への適用⁴⁾⁶⁾、および特殊混和剤の作用機構⁷⁾について報告した。

2023年制定コンクリート標準示方書では〔施工編：目的別コンクリート〕に「35°Cを超える暑中コンクリート⁸⁾」が新設され、コンクリートの打込み温度が35°Cを超えるおそれがある場合にはJSCE-D 504に準じた試験を行い、施工編に規定された判定基準を満足する混和剤を用いる必要性が示された。しかし、暑中期においては打込み温度が35°C以下の場合でも、コンクリートの流動性が早期に低下したり、打ち込んだコンクリートが急激にこわばりを生じたりすることにより、施工不良やコールドジョイントなどの不具合が発生する可能性がある。このため、35°C以下の場合でも、特殊混和剤を用いて施工性を確保することは有効な対策の1つであると考えられる。別途添加型の特殊混和剤は、その添加率を変化させることで流動保持と凝結遅延の効果を調整できるため、環境温度や施工時間等に応じて要求性能に適した添加率で 사용할ことができるが、各種条件において適切な添加率を設定するための技術情報が必要である。

そこで、本報告では、環境温度、特殊混和剤を添加する前のコンクリートに使用する減水剤系の混和剤(以下、ベース混和剤という)の種類やコンクリートの配合、および特殊混和剤の添加率の違いが、この混和剤を添加した後のコンクリートの諸物性(添加直後のフレッシュ性状、スランプ保持性、凝結特性および圧縮強度)に与える影響を把握するために実験的な検討を行った。具体的には、①各温度における特殊混和剤の添加率とスランプ保持性の関係、②各温度における特殊混和剤の添加率と凝結遅延性の関係、③特殊混和剤の添加率が圧縮強度に与える影響、④特殊混和剤の添加率と特殊混和剤添加前後のスランプおよび空気量の変化量の関係について検討した。

2. 別途添加型の特殊混和剤の概要

本実験に用いた特殊混和剤(以下、HTという)は、上述の新規コンクリートに使用する別途添加型の混和剤であり、一般的には外気温やコンクリート温度、ならびに目標とする流動性の保持時間によって添加率を調整できるように製造後のコンクリートに後添加して使用する。なお、コンクリート製造時に添加することも可能である。

HTは、セメント分散保持成分と凝結遅延成分から構成された混和剤であり、JISA 6204「コンクリート用化学混和剤」の減水剤遅延形に適合する。また、2023年制定コンクリート標準示方書〔規準編〕JSCE-D 504に示される試験を行い、2023年制定コンクリート標準示方書〔施工編：目的別コンクリート〕「7章 35°Cを超える暑中コンクリート⁸⁾」の「表 7.2.1」に示される基準を満足することも確認している。JSCE-D 504に示される試験によるHTの試験結果の一例を表-1に示す。

*1 竹本油脂株式会社 第三事業部 営業技術グループ グループリーダー 博士(工学) (正会員)

*2 竹本油脂株式会社 第三事業部 研究開発部 (正会員)

*3 (株)大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 上席研究員 博士(工学) (正会員)

*4 (株)大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 主任(正会員)

表-1 JSCE-D 504 による HT の試験結果の一例

項目	判定基準	試験値
練り混ぜから 60 分後のスランブ低下量	6cm 以内	1.0cm
練り混ぜから 60 分後の空気量の変化量	±1.5%以内	0.3%
貫入抵抗値が 0.1N/mm ² に達する時間	練混ぜから 3.5 時間以上	4 時間 05 分
凝結の始発	練混ぜから 12 時間以内	5 時間 45 分

注：混和剤添加率 ベース混和剤:C×1.0%, HT:C×0.3%, HT 添加時期：練上がりから 5 分後

表-2 実験条件

実験条件		水準	
コンクリート温度		20, 25, 30, 37°C	
配合条件	W/C	53%	45%
	ベース混和剤	AE 減水剤 (高機能タイプ)	高性能 AE 減水剤
	スランブ	15cm	21cm
HT の添加率		C×0.1, 0.2, 0.3, 0.4%	

表-3 実験の組合せ

記号	温度 (°C)	W/C (%)	ベース混和剤	目標スランブ	HT 添加率 (C×%)								
20AE0	20	53	AE 減水剤 (高機能タイプ) 遅延形	15cm	0								
20AE1					0.1								
20AE2					0.2								
20AE3					0.3								
25AE0	25	45			高性能 AE 減水剤 遅延形	21cm	0						
25AE1							0.1						
25AE2							0.2						
25AE3							0.3						
30AE0	30	53					AE 減水剤 (高機能タイプ) 遅延形	15cm	0				
30AE1									0.1				
30AE2									0.2				
30AE3									0.3				
30AE4	0.4												
37AE0	37	45	高性能 AE 減水剤 遅延形	21cm					0				
37AE1									0.1				
37AE2									0.2				
37AE3					0.3								
37AE4	0.4												
20SP0	20	45			高性能 AE 減水剤 遅延形	21cm			0				
20SP1									0.1				
25SP0							25	53	AE 減水剤 (高機能タイプ) 遅延形	15cm	0		
25SP1											0.1		
30SP0	30	45									高性能 AE 減水剤 遅延形	21cm	0
30SP2													0.2
37SP0							37	53					AE 減水剤 (高機能タイプ) 遅延形
37SP3			0.3										

3. 実験概要

3.1 実験条件および実験の組合せ

実験条件を表-2 に示す。コンクリート温度は、標準期を想定した 20°C を基準として、暑中コンクリートの範疇となる 25~30°C, 30~35°C, 35~38°C の 3 つの時期を想定し、それぞれ代表値として 25, 30, 37°C とした。すべての温度条件において、基準とした HT を添加しないコンクリート(以下、基準コンクリートという)、および HT 添加前のコンクリート(以下、ベースコンクリートという)は、ベース混和剤として AE 減水剤(高機能タイプ)遅延形あるいは高性能 AE 減水剤遅延形を使用した。コンクリート温度 20°C においても遅延形を使用した理由

表-4 使用材料

種類	記号	物理的性質など
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm ³
細骨材	S	大井川産陸砂, 表乾密度 2.59g/cm ³ , 粗粒率 2.71
粗骨材	G	岡崎産砕石, 表乾密度 2.66g/cm ³ , 実積率 60.0%
混和剤	AE	AE 減水剤(高機能タイプ)遅延形
	SP	高性能 AE 減水剤遅延形
	HT	特殊混和剤(開発品)
	AE2	AE 調整剤

表-5 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
53.0	47.5	15±1	4.5±0.5	164	309	852	968
45.0	47.8	21±1	4.5±0.5	165	367	834	936

は、異なる温度条件でのコンクリートのスランブ保持性や凝結特性を比較する場合のベース混和剤の違いによる影響を排除するためである。コンクリートの配合条件は、土木分野で一般に使用される配合を想定した W/C=53%(設計基準強度 27N/mm² 程度)のスランブ 15cm の AE 減水剤(高機能タイプ)を用いたコンクリート(以下、AE 減水剤配合という)と、建築分野での適用を想定した高性能 AE 減水剤を用いた W/C=45%のスランブ 21cm のコンクリート(以下、高性能 AE 減水剤配合という)の 2 種類とした。HT の添加率は、セメント質量に対して 0.1~0.4%とした。実験の組合せを表-3 に示す。検討ケースは、「コンクリート温度」、「ベース混和剤の種類」および「HT の添加率」を結合した記号で表した。例えば、30AE2 は、温度が 30°C, ベース混和剤が AE 減水剤(高機能タイプ), HT 添加率が C×0.2%であることを示す。

3.2 使用材料および配合

使用材料および配合を表-4 および表-5 に示す。練上がり時の目標スランブは目標値±1cm, 目標空気量は目標値±0.5%とし、通常よりも狭い範囲とした。配合は温度条件によらず同一の配合とし、ベース混和剤および AE 調整剤の添加率で練上がり時のスランブおよび空気量を調整した。

3.3 試験方法および試験項目

練混ぜには、強制パン型ミキサを用い、練混ぜ量は 40L とした。骨材およびセメントを投入して 10 秒間空練りを行い、あらかじめベース混和剤を溶解した練混ぜ水を投入して 90 秒間攪拌した。試料を練り舟に排出してスコップで練り返した後にフレッシュ性状を測定した。HT を添加するコンクリートは、練上がりから 10 分後まで練り舟内に静置し、再度フレッシュ性状を測定してから試料を全てミキサに戻し、HT を添加して 30 秒間攪拌した。試料を排出して添加後のフレッシュ性状を測定し、添加直後(15 分後)の測定値とした。その後は、基準コン

表-6 試験項目

試験項目	準拠規準	備考
スランブ	JIS A 1101	-
空気量	JIS A 1128	-
コンクリート温度	JIS A 1156	-
経時変化	-	試料は練り舟内で静置した
凝結時間	JIS A 1147	プロクター貫入試験で貫入抵抗値が0.1N/mm ² に達するまで測定
圧縮強度	JIS A 1108	φ10×20cm, 材齢24時間, 28日

クリートおよび HT 添加コンクリートとも、試料を練り舟内に静置して練上がりから 30, 60, 90, 120 分後に再び試料を練り返してフレッシュ性状の経時変化を測定した。

試験項目を表-6 に示す。基準コンクリートは練上がり直後、HT を添加するコンクリートは添加直後に供試体採取した。凝結時間は、試験温度の室内で、許容打重ね時間間隔とされるプロクター貫入試験における貫入抵抗値が 0.1N/mm² に達する時間まで測定した⁹⁾。圧縮強度供試体は、材齢 24 時間まで練混ぜ温度と同じ温度で封緘養生した。材齢 28 日の圧縮強度用供試体は脱型後、20℃水中養生した。20℃の基準コンクリートと 37℃で練り混ぜたコンクリートについては、材齢 28 日まで 20℃および 37℃で封緘養生した圧縮強度も測定した。

4. 実験結果および考察

4.1 フレッシュ性状

フレッシュコンクリートの試験結果の抜粋を表-7 に示す。ベース混和剤および AE 調整剤の添加率は、いずれの配合においても温度が高いほど増加した。いずれのコンクリートも練上がり時の目標スランブおよび目標空気量を満足した。コンクリート温度は、練上がり時から経時変化試験終了後までの間、目標温度 20℃では 19~21℃, 25℃では 25~27℃, 30℃では 30~32℃, 37℃では 36~38℃であった。HT 添加直後の空気量は、JIS A 5308 の荷卸し地点での許容差 4.5±1.5%の範囲内であり、また、経時変化試験においても緩やかに低下したが試験終了時まで許容範囲内であった。

4.2 HT 添加率とスランブ保持性の関係

スランブの経時変化を図-1 および図-2 に示す。基準コンクリートのスランブ保持性は、温度が上昇するほど低下した。また、高性能 AE 減水剤配合よりも AE 減水剤配合の方が高温時のスランブ低下が大きい傾向にある。HT を添加したコンクリートは、いずれの温度でも HT の添加率が増加するほどスランブ保持性が向上した。

ここで、AE 減水剤配合について、図-1 からスランブが目標値の 15cm から JIS A 5308 の荷卸し地点での許容差の下限値である 12.5cm に到達するまでの時間 (以下、

表-7 フレッシュ試験結果(抜粋)

記号	混和剤 (C×%)				スランブ (cm)			空気量 (%)			
	AE	SP	AE2	HT	直後	10分	15分	直後	10分	15分	
20AE0	1.00	-	0.001	0	16.0	-	15.0	4.5	-	4.4	
20AE1					0.1	15.5	15.0	15.0	4.6	4.4	4.8
20AE2					0.2	15.5	14.5	16.0	4.8	4.7	4.9
20AE3					0.3	15.0	14.5	16.5	4.9	4.9	4.8
25AE0	1.10	-	0.0015	0	15.5	-	14.0	4.6	-	4.4	
25AE1					0.1	15.5	14.5	15.0	4.6	4.7	5.0
25AE2					0.2	16.0	15.0	16.0	4.8	4.7	4.9
25AE3					0.3	16.0	15.0	16.5	4.9	4.8	4.9
30AE0	1.20	-	0.002	0	15.5	-	13.5	4.6	-	4.2	
30AE1					0.1	15.0	14.0	14.0	4.4	4.3	4.7
30AE2					0.2	15.0	14.0	15.0	4.7	4.5	4.8
30AE3					0.3	15.5	14.0	15.5	4.5	4.3	4.5
30AE4	0.4	15.0	14.0	16.5	4.8	4.4	4.4				
37AE0	1.30	-	0.002	0	15.0	-	12.5	4.4	-	4.1	
37AE1					0.1	15.0	13.0	13.0	4.6	4.7	4.9
37AE2					0.2	15.0	13.5	14.0	4.7	4.6	4.8
37AE3					0.3	15.0	13.5	14.5	4.3	4.6	4.7
37AE4	0.4	15.5	13.5	15.5	4.6	4.8	4.7				
20SP0	-	0.80	0.0015	0	21.0	-	20.0	4.7	-	4.4	
20SP1					0.1	21.5	21.0	21.5	4.5	4.3	4.8
25SP0	-	0.85	0.002	0	21.5	-	19.5	4.6	-	4.5	
25SP1					0.1	21.5	21.0	21.0	4.4	4.2	4.6
30SP0	-	0.90	0.003	0	21.5	-	19.0	4.8	-	4.4	
30SP2					0.2	21.5	19.5	20.0	4.7	4.4	4.6
37SP0	-	1.00	0.004	0	21.0	-	18.5	4.7	-	4.5	
37SP3					0.3	21.0	19.0	19.5	4.9	4.8	4.8

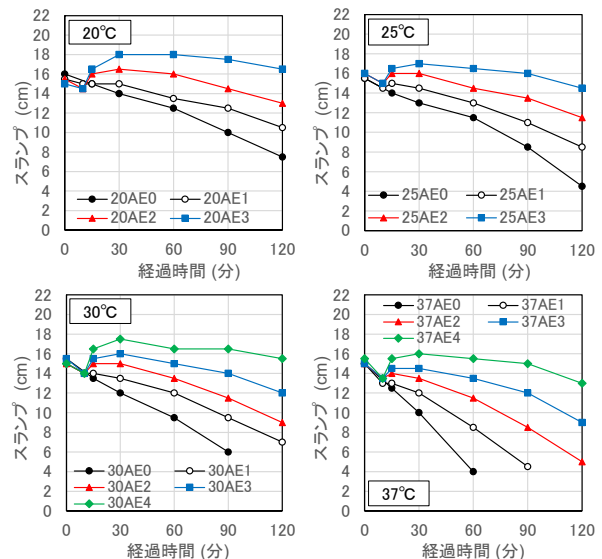


図-1 スランブの経時変化(AE 減水剤配合)

保持時間という)を読み取り、HT 添加率と保持時間の関係で整理して図-3 に示す。HT 添加率の増加にともない保持時間は増大し、20 から 25℃, 25 から 30℃, 30 から 37℃と温度が上昇するごとに添加率を C×0.1%増加することで概ね同等の保持時間となることわかる。

20℃の基準コンクリートと同等のスランブ保持性を得るために最適と思われる HT 添加率でのスランブの経時

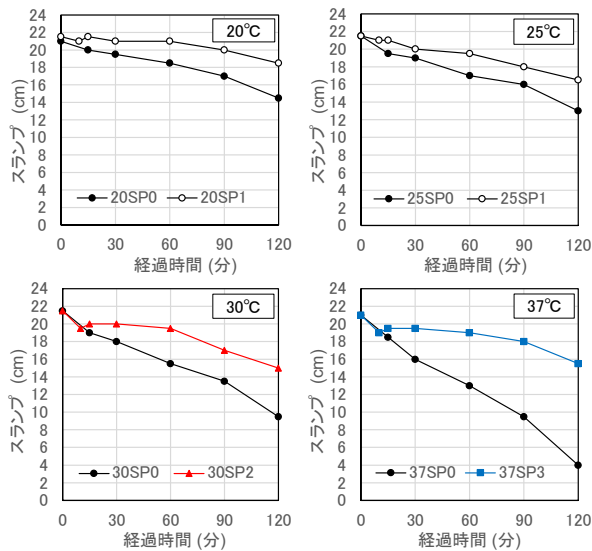


図-2 スラップの経時変化 (高性能 AE 減水剤配合)

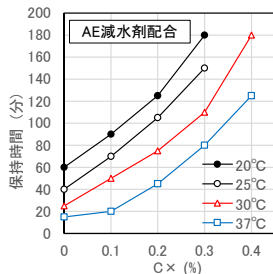


図-3 HT 添加率と保持時間の関係

変化を図-4 に示す。AE 減水剤配合および高性能 AE 減水剤配合のいずれにおいても、25°Cは $C \times 0.1\%$ 、30°Cは $C \times 0.2\%$ 、37°Cは $C \times 0.3\%$ で 20°C の基準コンクリートと同等以上の保持性が得られることがわかる。また、基準コンクリートと HT を添加したコンクリートの保持時間の差を保持増加時間とし、HT 添加率と保持増加時間の関係として図-5 に示す。20°C および 25°C は HT 添加率と保持増加時間の関係はほぼ同等であるが、30°C および 37°C では温度が高いほど同一添加率での保持増加時間は減少する傾向にあり、高温になるほど同じ保持増加時間を確保するための HT 添加率は増加した。次に、図-5 の添加率と保持増加時間の関係を温度ごとに二次曲線で近似して図-6 に示す。この図を用いれば、施工時のコンクリートの打込み温度と施工条件から要求されるスラップの保持増加時間から必要な HT 添加率のおおよその目安を把握することが可能と考えられる。

4.3 HT 添加率と凝延遅延性の関係

HT 添加率と $0.1N/mm^2$ に達する時間の関係を図-7 に示す。両者には二次曲線に近い関係が認められ、いずれの温度においても添加率が大きいほど傾きが大きくなる。コールドジョイントを防止するための $0.1N/mm^2$ に達する時間が示方書に示される判定基準 (3.5 時間以上) を

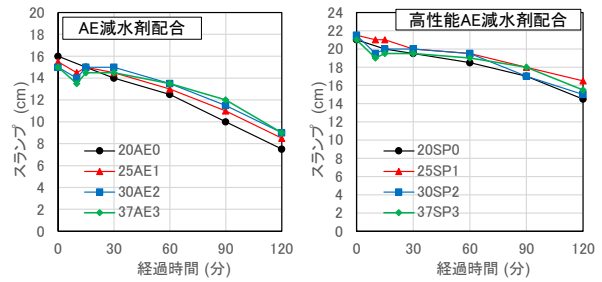


図-4 最適添加率でのスラップの経時変化

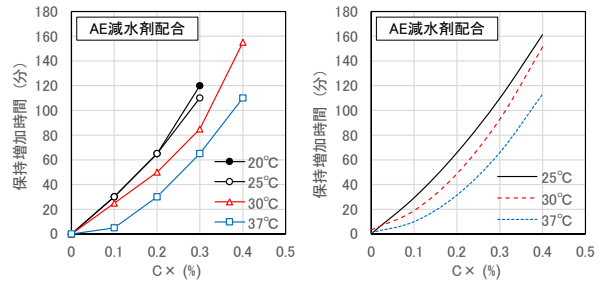


図-5 HT 添加率と保持増加時間の関係

図-6 HT 添加率と保持増加時間の関係 (近似)

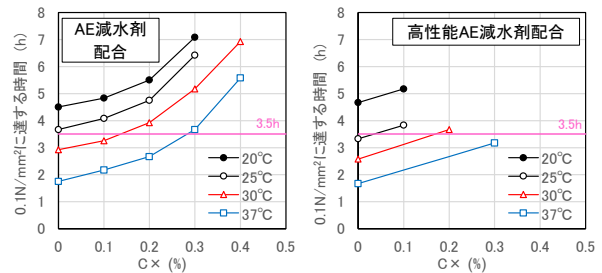


図-7 HT 添加率と $0.1N/mm^2$ に達する時間の関係

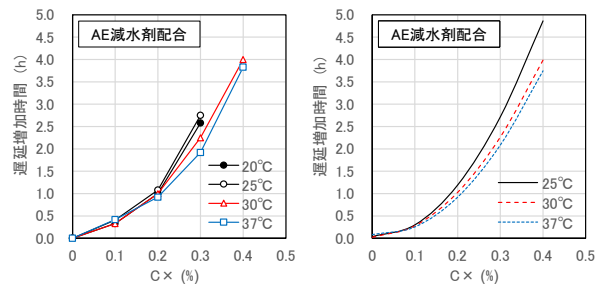


図-8 HT 添加率と遅延増加時間の関係

図-9 HT 添加率と遅延増加時間の関係 (近似)

確保するために必要な HT 添加率は、AE 減水剤配合では 30°C で $C \times 0.14\%$ 程度、37°C で $C \times 0.3\%$ 程度、高性能 AE 減水剤配合では、25°C で $C \times 0.03\%$ 程度、30°C で $C \times 0.18\%$ 程度、37°C で $C \times 0.32\%$ 程度であることが読み取れる。

また、例えば、AE 減水剤配合において、37°C で $0.1N/mm^2$ に達する時間 4 時間を確保するための HT 添加率は $C \times 0.32\%$ 程度であるが、この添加率を 30°C で用いた場合、 $0.1N/mm^2$ に達する時間は約 5.5 時間程度になることが推定できる。

これらのことから、使用材料や配合ごといくつかの温度条件で HT 添加率と 0.1N/mm² に達する時間の関係を調べておくことにより、任意の温度と HT 添加率における 0.1N/mm² に達する時間が推定できると考えられる。

ここで、AE 減水剤配合について、基準コンクリートと HT 添加コンクリートの 0.1N/mm² に達する時間の差(以下、遅延増加時間という)を算出し、HT 添加率と遅延増加時間の関係として図-8 に示す。両者の関係は、コンクリート温度が異なってもほぼ同様の傾向であるが、HT 添加率が C×0.3% の場合には、高温になるほど遅延増加時間が低下する。次に、図-8 の添加率と遅延増加時間の関係を温度ごとに二次曲線で近似して図-9 に示す。図より、施工時のコンクリートの打込み温度と、施工条件から要求される延長させたい打重ね時間間隔(0.1N/mm² に達する時間)から必要な HT 添加率のおおよその目安を把握することが可能と考えられる。

4.4 HT 添加率が圧縮強度に与える影響

HT 添加率と圧縮強度(材齢 24 時間)の関係を図-10 に示す。AE 減水剤配合では、各温度とも、HT を添加したコンクリートの 24 時間強度は、HT 無添加の場合とほぼ同等であり、HT の添加が初期強度発現性に与える影響は小さいことがわかる。高性能 AE 減水剤配合では、20℃ および 25℃ で 24 時間強度が若干低下したが、大きな強度低下は認められなかった。

HT 添加率と圧縮強度(20℃水中養生、材齢 28 日)の関係を図-11 に示す。いずれのコンクリートも、基準とした 20℃の基準コンクリートとほぼ同等の強度であり、練混ぜ温度や HT の添加が 20℃水中養生した材齢 28 日の圧縮強度に与える影響は小さいことがわかる。

練上がり時の温度が 37℃のコンクリートについて、20℃封緘養生および 37℃封緘養生を行い、HT の添加が封緘養生強度に与える影響を調べた結果を図-12 に示す。図中の記号は、例えば「37℃→20℃封緘」とは、練上がり温度が 37℃で、20℃で封緘養生したことを示す。練上がり温度 37℃で 20℃水中養生した HT 添加コンクリートの強度は、練上がり温度と水中養生温度をともに 20℃とした基準コンクリートと同等であった。封緘養生した場合には、基準コンクリート(20℃→20℃水中)に比べやや小さくなり、AE 減水剤配合よりも高性能 AE 減水剤配合の方が、やや低下が大きくなった。しかし、HT の添加による特定の傾向は認められず、HT の添加が封緘養生時の強度に与える影響は小さいことがわかる。

4.5 HT 添加前後のスランプおよび空気量の変化

HT 添加率と HT 添加前後のスランプの変化量の関係を図-13 に示す。HT 添加後のスランプは、添加前と同等ないしは若干増大したが、いずれのコンクリートも、その変化量は JIS A 5308 の荷卸し地点での許容差の範囲

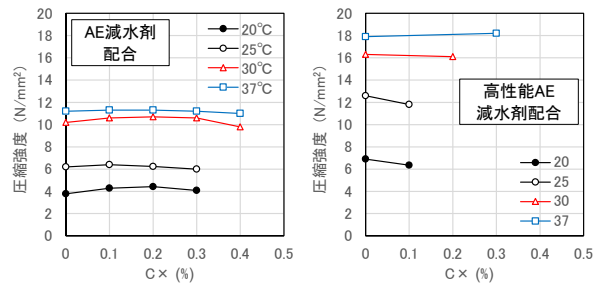


図-10 HT 添加率と圧縮強度の関係(材齢 24 時間)

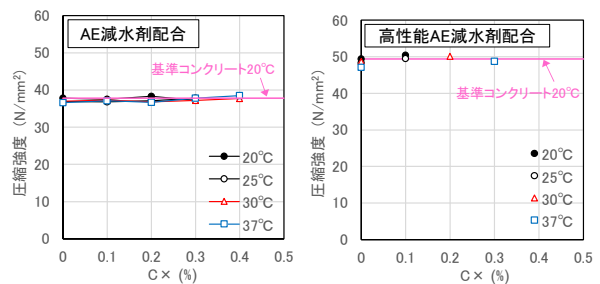


図-11 HT 添加率と圧縮強度の関係
(20℃水中養生、材齢 28 日)

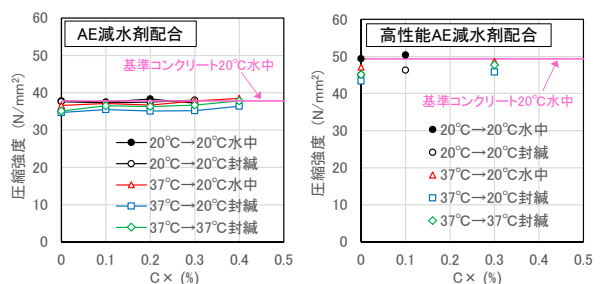


図-12 HT 添加率と圧縮強度の関係
(20℃および 37℃封緘養生、材齢 28 日)

内であった。AE 減水剤配合では、HT 添加率の増加にともない添加後のスランプは若干増大する傾向が見られたが、高性能 AE 減水剤配合では水準数が少ないため特定の傾向は認められなかった。HT 添加率の増加にともなうスランプ増大の傾向は温度が高いほど小さくなった。HT 添加後にスランプが増大するのは、HT に含まれる遅延成分が若干減水性を有しており、添加率の増加により遅延成分の添加率も増加するためと考えられる。

HT 添加率と HT 添加前後の空気量の変化量の関係を図-14 に示す。HT 添加後の空気量は、添加の前後で増減しているが、その変化は±0.5%程度であり、添加後の空気量は JIS A 5308 の荷卸し地点での許容差の範囲内であった。AE 減水剤配合および高性能 AE 減水剤配合のいずれも、HT 添加率の増加にともない添加後の空気量の変化量は若干減少する傾向が見られた。これは、HT は添加時の攪拌による過剰なエントラップトエアの巻き込みを抑制するため、ごく少量の抑泡剤を内添しており、HT の添加率の増加にともない内添されている抑泡剤の添加率が増加するためと考えられる。

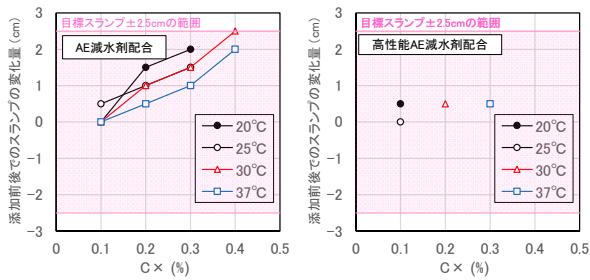


図-13 HT 添加率と HT 添加前後のスランブの変化量

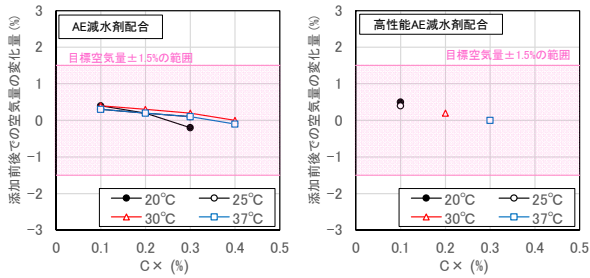


図-14 HT 添加率と HT 添加前後の空気量の変化量

5. まとめ

35℃を超える暑中コンクリートに使用する目的で開発した別途添加型の特殊混和剤(HT)を、35℃以下も含めた広範な温度環境の暑中コンクリートに適用するために実験的な検討を行った。種々の温度条件で HT 添加率を変化させた場合のスランブ保持性、凝結特性および強度性状、ならびに HT の添加前後のフレッシュ性状の変化を調査した。本報告で得られた知見を以下に示す。

- (1) AE 減水剤配合、高性能 AE 減水剤配合いずれにおいても、環境温度に応じて HT 添加率を、25℃は $C \times 0.1\%$ 、30℃は $C \times 0.2\%$ 、37℃は $C \times 0.3\%$ とすることで 20℃の基準コンクリートと同等以上のスランブ保持性が確保できる。
- (2) HT 添加率と、HT を添加したコンクリートと基準コンクリートの流動性の保持時間の差(保持増加時間)は、温度ごとに曲線関係にあり、その関係から目標とする保持時間に対する添加率の目安を得ることができる。
- (3) HT 添加率と $0.1N/mm^2$ に達する時間の関係は、温度ごとにそれぞれ曲線関係にあり、添加率が増加するほど到達時間を遅延できる。このため、添加率を調整することで、環境温度が 25～37℃の範囲で変化しても 3.5 時間以上の許容打重ね時間間隔を確保できる。
- (4) HT 添加率と、HT を添加したコンクリートと基準コンクリートの $0.1N/mm^2$ に達する時間の差(遅延増加時間)は、温度ごとに曲線関係が認められ、その関係から、目標とする遅延増加時間に対する添加率の目安を得ることができる。
- (5) 環境温度が 20 から 37℃の場合、HT 添加率が $C \times$

0.4%以下の範囲であれば、HT の添加が初期強度発現性および 37℃封緘養生強度に与える影響は小さい。

- (6) HT 添加後のスランブは、添加前と同等か若干増大する傾向にあるが、その変化量はわずかであり、JIS A 5308 の荷卸し地点での許容差の範囲内であった。
- (7) HT 添加後の空気量は、添加の前後で増減するが、その変化量はわずかであり、JIS A 5308 の荷卸し地点での許容差の範囲内であった。
- (8) HT を温度環境に応じて適切な添加率で使用することにより、広範な暑中コンクリートの施工性を改善することが可能である。

参考文献

- 1) 伊佐治優, 桜井邦昭, 齊藤和秀, 大石卓哉: 特殊混和剤による暑中コンクリートの品質改善に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, pp.941-946, 2020
- 2) 伊佐治優, 桜井邦昭, 齊藤和秀, 大石卓哉: 特殊混和剤の後添加により暑中期や酷暑期の施工性を改善できる新しいコンクリートの施工実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.1415-1420, 2021
- 3) 桜井邦昭, 伊佐治優, 齊藤和秀, 大石卓哉: 暑中期のコンクリート工事の施工性を改善できる新しい暑中コンクリート「サンワーク」の開発, コンクリートテクノ, Vol.40, No.12, pp.46-51, 2021.12
- 4) 桜井邦昭, 伊佐治優, 齊藤和秀, 大石卓哉: 新規の特殊混和剤による暑中コンクリートの施工性改善と品質確保, コンクリート工学, Vol.60, No.7, pp.596-604, 2022.7
- 5) 伊佐治優, 桜井邦昭, 齊藤和秀, 大石卓哉: 特殊混和剤を添加した新しい暑中コンクリートの温度ひび割れの抑制効果と初期の高温履歴が強度や耐久性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.1606-1611, 2022
- 6) 桜井邦昭, 伊佐治優, 諸石鉄二, 篠田康人: 特殊混和剤により暑中期の施工性を改善できる新しい暑中コンクリートの実構造物への適用, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.1624-1629, 2022
- 7) 大石卓哉, 齊藤和秀, 桜井邦昭, 伊佐治優: 暑中コンクリートの施工性を改善する特殊混和剤の作用機構に関する考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.1600-1605, 2022
- 8) 土木学会: 2023 年制定コンクリート標準示方書【施工編】, pp.266-270, 2023
- 9) 土木学会: コンクリートライブラリー103 コンクリート構造物のコールドジョイント問題と対策, pp.7～20, 2000