

高炉スラグ微粉末を高含有した 環境配慮型コンクリートの実機実験による品質評価

中村慶一郎・桐山宏和・高原幸之助・綿屋晃希

黒田泰弘・菊地俊文・大島佑介・足澤和也・飯嶋大輔

近年、建設業界では、カーボンニュートラルの実現に向けて、高炉スラグ微粉末を高炉セメントC種と同等もしくはそれ以上に含有した環境配慮型コンクリートの利用が拡大している。筆者らは、これまでにポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末に加え、強度増進および収縮低減効果を有する特殊混和材の質量比率を、それぞれ16.5 : 80.0 : 3.5とした結合材を使用することで、温度ひび割れ抵抗性に優れる環境配慮型コンクリートが得られることを見出した。本研究では、本結合材を使用したコンクリートの実機実験を実施し、フレッシュ性状や圧縮強度が一般的なコンクリートと同様に制御が可能であり、構造体コンクリートの強度発現も良好であることを確認した。また、温度上昇量や自己収縮ひずみは十分に小さく、温度ひび割れ抵抗性にも優れることを確認した。

キーワード：高炉セメント、高炉スラグ微粉末、実機実験、特殊混和材、自己収縮ひずみ、
温度ひび割れ抵抗性

1 緒 言

建設業界でカーボンニュートラル実現に向けたセメント・コンクリートの低炭素化の検討が進む中で、その一つの手段として、高炉スラグ微粉末の利用が拡大している。高炉セメントB種は既に広く普及している一方で、近年では、更なるCO₂削減を目的に、高炉スラグ微粉末を高炉セメントC種 (JIS R 5211、高炉スラグの分量：60%超70%以下) と同等もしくはそれ以上に含有したコンクリートの実用例が増加している。

筆者らは、これまでに高炉スラグ微粉末を高含

有したコンクリートの結合材の品質設計を検討し、組成を調整したポルトランドセメント(以下、PC)、石膏添加の高炉スラグ微粉末(以下、BFS)、強度増進および収縮低減効果を有する特殊混和材(以下、AD)の質量比がそれぞれ16.5 : 80.0 : 3.5の結合材を使用したコンクリートについて、温度ひび割れ抵抗性が普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種、高炉セメントC種相当を使用したコンクリートよりも高く、中庸熟ポルトランドセメントを使用したコンクリートと概ね同等となることを見出した⁽¹⁾。

本研究では、上記に示す、温度ひび割れ抵抗性に優れ、かつ低炭素型の結合材を使用したコンクリートについて、実機製造したコンクリートの品質および各種物性について検討した。

2 実機実験の概要

2.1 実施概要

本実験では、上記配合の結合材を使用した環境配慮型コンクリートについて、結合材の各原料を予め混合したセメントを用いる方法(以下、プレミックスセメント方式)と、結合材の各原料をレ



図1 高炉スラグ微粉末を高含有した
コンクリートの外観

ディーミクストコンクリート工場において個別で計量してコンクリートを製造する方法（以下、混和材計量方式）の二方式での製造を想定し、それぞれの方法で実機製造したコンクリートの品質および各種物性を評価した。

実機実験の概要を表1に示す。実機実験は、関東圏にある2箇所の工場で行った。打込み時期は、プレミックスセメント方式の場合、冬期、標準期および夏期とし、混和材計量方式の場合、標準期および夏期とした。

表1 実機実験の概要

製造方法	実施工場	打込み時期	打込み日
プレミックスセメント方式	A工場	冬期①	2024年2月8日
		標準期①	2023年11月15日
		夏期①	2024年7月17日
混和材計量方式	A工場	夏期②	2024年8月6日
	B工場	標準期②	2024年6月5日

表2 使用材料

種類	記号	摘要
水	W	上水道水
結合材 セメント	C	プレミックスセメント ^{※1} 、密度 2.93g/cm ³
	PC	ポルトランドセメント
高炉スラグ	BFS	高炉スラグ微粉末 4000、密度 2.89g/cm ³
	AD	強度増進・収縮低減用混和材
細骨材 (A工場)	Sa1	山砂、表乾密度 2.59g/cm ³
	Sa2	石灰碎砂、表乾密度 2.69g/cm ³
	Sa	Sa1とSa2を質量比 7:3で予め混合
細骨材 (B工場)	Sb1	砂岩碎砂、表乾密度 2.66g/cm ³
	Sb2	山砂、表乾密度 2.60g/cm ³
	Sb3	石灰碎砂、表乾密度 2.67g/cm ³
	Sb	Sb1とSb2とSb3を質量比 5:2:3で計量
粗骨材 (A工場)	Ga1	石灰碎石、美祢産、表乾密度 2.69g/cm ³
	Ga2	石灰碎石、八戸産、表乾密度 2.69g/cm ³
	Ga	Ga1とGa2を質量比 3:7で計量
粗骨材(B工場)	Gb	砂岩碎石、表乾密度 2.67g/m ³
化学混和剤 ^{※2}	AE	AE剤、樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤
	SPa	高性能AE減水剤[遅延形]、ポリカルボン酸系
	SPb	高性能AE減水剤[遅延形]、ポリカルボン酸系
	AC	硬化促進剤、密度 1.43g/cm ³

※1:PC、BFS および AD を質量比 16.5:80.0:3.5 で予め混合。

※2:SPa は A 工場、SPb は B 工場で使用。AC は冬期①で使用。

2.2 使用材料

使用材料を表2に示す。結合材は、高炉スラグ微粉末他の原料を予め混合したプレミックスセメントと、プレミックスセメントに用いた原料と同品質の材料を用いた。骨材は、各工場で汎用的に使用しているものとし、化学混和剤は、高炉スラグ微粉末を高含有する結合材に適した遅延形の高性能AE減水剤を使用した。SPaとSPbはいずれも同一の製造会社の混和剤で、シリーズは異なるものの同様の性能を有するものである。また、A工場の冬期の実験において、凝結時間や強度発現の遅延の対策として硬化促進剤の使用を検討した。硬化促進剤は、JIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)に適合する亜硝酸・硝酸化合物を主成分とするものを使用し、水に容積置換とした。

表3 コンクリートの調合 (A工場)

調合記号 ^{※3}	W/B (%)	単位量(kg/m ³)							
		W	B				Sa	Ga	AC
			C	PC	BFS	AD			
BSp55	55	170	309	—	—	—	886	920	—
BSp40	40	170	425	—	—	—	757	944	—
BSp40AC3	40	170	425	—	—	—	757	944	12.8
BSp32	32	175	547	—	—	—	707	869	—
BSs55	55	170	—	51	247	10.8	886	920	—
BSs40	40	170	—	70	340	14.9	757	944	—
BSs32	32	175	—	90	438	19.1	707	869	—

※3:BSp40AC3は冬期①のみ実施。ACは水に容積置換して添加。

表4 コンクリートの調合 (B工場)

調合記号	W/B (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	B			Sb	Gb
			PC	BFS	AD		
BFs55	55	175	53	255	11.1	953	833
BFs40	40	175	72	350	15.3	820	857
BFs32	32	175	90	438	19.1	730	849

表5 練混ぜ方法

製造方法	調合記号	材料投入手順と練混ぜ時間
プレミックスセメント方式	BSp55、BSp40	S+W+C+G→60秒→排出→静置なし
	BSp32	S+W+C+G→240秒→排出→静置5分
混和材計量方式	BSs55、BSs40	S+W+B+G→80秒→排出→静置なし
	BSs32	S+W+B+G→240秒→排出→静置5分
粗骨材(B工場)	BFs55、BFs40	S+W+B+G→110秒→排出→静置なし
	BFs32	S+W+B+G→270秒→排出→静置5分

表 6 試験項目および試験方法

試験項目		試験方法
フ	スランプ	JIS A 1101
レ	スランプフロー	JIS A 1150
ツ	空気量	JIS A 1128
シ	コンクリート温度	JIS A 1156
ユ	経時変化	練上り直後、30 分、60 分、90 分、120 分
性	塩化物含有量	JASS 5 T-502、練上り直後に試料採取。
状	ブリーディング	JIS A 1123、30 分後に試料採取。
硬 化 性 状 ※5	標準養生	JIS A 1108、材齢 7、28、35、56、91 日
	簡易断熱養生	JASS 5 T-606、材齢 28、56、91 日
	圧縮強度 ※4	JASS 5 T-605 に準拠し、柱を想定し上下面に断熱材を設置した 1m 角の型枠にコンクリートを打込み(模擬柱部材と称す)、温度変化を測定。 BSp40 の調合のみ、マットスラブを想定し側面および下面に断熱材を設置した 1m 角の型枠にコンクリートを打込み(模擬マットスラブ部材と称す)、温度変化を測定。
	模擬部材コア	JIS A 1107 に準拠し、模擬部材コアの圧縮強度を試験。材齢は、28、56、91 日。
	静弾性係数	JIS A 1149、A 工場での夏期①および②の標準養生供試体(材齢 28 日)およびコア供試体(材齢 91 日)で実施。
自己収縮ひずみ		アルミ粘着テープとビニール袋を用いて封緘状態とし埋込みひずみ計を用いて測定。供試体は □10×10×40cm、成型後の環境温度は 20°C、有効材齢 182 日まで測定。

※4:供試体の寸法は全て $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 。

※5:供試体採取および模擬部材型枠への打込みは 60 分後。

2.3 コンクリートの調合

各工場でのコンクリートの調合を表 3 および表 4 に示す。水結合材比は、普通コンクリート相当の呼び強度を想定し、55、40 および 32% とし、55 および 40% は目標スランプ $21 \pm 2\text{cm}$ 、32% は目標スランプフロー $60 \pm 10\text{cm}$ とした。目標空気量は、いずれの水結合材比でも $4.5 \pm 1.5\%$ とした。なお、調合記号の「BS」は A 工場、「BF」は B 工場の材料を使用していることを示し、「p」はプレミックスセメント (Premix cement)、「s」は別計量 (Separate weighing) を示す。

2.4 コンクリートの練混ぜ方法

コンクリートの練混ぜ方法を表 5 に示す。プレミックスセメント方式の場合、A 工場における普通コンクリートの製造条件を参考にして練混ぜ時間を設定した。混和材計量方式の場合、特殊混和材の混合性を考慮し、練混ぜ時間を通常よりも延長して設定した。

2.5 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表 6 に示す。フレッシュ性状の経時変化は練上がり直後から 30 分毎に 120 分まで測定した。供試体の養生は、標準養生および簡易断熱養生とし、所定の材齢で試験に供した。構造体コンクリートの強度を確認するため、模擬部材から採取したコアの強度試験も行った。模擬部材は、1m 角の柱 (上下面を断熱) を基本とし、BSp40 のみ、マスコンクリートを想定した 1m 角のマットスラブ (上面以外を断熱) とした。また、静弾性係数および自己収縮ひずみも測定した。

3 実機実験結果

3.1 プレミックスセメント方式

プレミックスセメント方式で製造したコンクリートの練上り直後のフレッシュ性状の試験結果を表 7 に示す。標準的な化学混和剤の添加量で、目標のフレッシュ性状を得ることができ、塩化物含有量およびブリーディングも十分に小さかった。

スランプ、スランプフローおよび空気量の経時変化を図 2 に示す。標準期および冬期の場合、経過時間 90 分までは目標の流動性が得られた。一方、夏期の場合、BSp40 および BSp32 は経過時間 90 分まで目標の流動性が得られ、BSp55 は経過時間 90 分でスランプが管理幅外となったが、高性能 AE 減水剤の後添加によりスランプを回復できることが確認された。また、BSp40 において、硬化促進剤を使用すると流動性の低下が若干早くなつた。以上より、フレッシュ性状は良好であることが確認されたが、特に夏期においては、高性能 AE 減水剤の選定が重要であると考えられる。

標準養生および簡易断熱養生した供試体と模擬部材から採取したコアの圧縮強度試験結果を図 3 に示す。また、3 シーズンのセメント水比と材齢 28 日の標準養生強度の関係を図 4 に、模擬柱部材のコア強度から求めた構造体強度補正值 ${}_{28}S_{91}$ お

より模擬マットスラブ部材から求めたマスコンクリートの構造体強度補正值 $_{28}SM_{91}$ を図 5 に示す。なお、図 4 の圧縮強度は、目標空気量を 4.5% とし、空気量の影響を考慮した補正（空気量 1.0% 増減で圧縮強度 5% 減増）を行った。

図 3 より、各調合の標準養生強度は、冬期の BSp32 を除き、3 シーズンともに同程度の強度発現となった。冬期の BSp32 が標準期および夏期に比べて大きくなった要因としては、供試体採取時の空気量が 3.4% であり、他の時期に比べ 1.0% 以上小さかったためと考えられる。各調合の 3 シーズンの簡易断熱養生強度およびコア強度は、同一

材齢の標準養生強度と比べ小さくなかった。簡易断熱養生強度とコア強度の差は、BSp55 および BSp40 はコア強度の方が大きくなり、BSp32 は概ね同等となった。また、図 3 の右上のグラフより、硬化促進剤の添加により、標準養生強度および構造体強度ともに大幅に向上し、硬化促進剤の効果が確認できた。

図 4 より、セメント水比と圧縮強度の関係は線形となり、一般的なコンクリートと同様に水セメント比により圧縮強度の制御が可能であることが確認された。また、W/C=55~32% で材齢 28 日の標準養生強度は約 30~60N/mm² の範囲となった。

表 7 練上り直後のフレッシュ性状の試験結果（プレミックスセメント方式）

時期	調合記号	W/C (%)	高性能AE 減水剤添加量 ^{※6} (C×%)	練上り直後の試験結果							塩化物含有量 (kg/m ³)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	ブリーディング率 (%)			
				スランプ (cm)	スランプフロー (cm)		スランプフロー時間 (秒)		空気量 ^{※7} (%)	コンクリート温度 (°C)						
					平均	50cm	停止									
冬期 ①	BSp55	55	0.85(6A)	23.0	43.1×42.6	43.0	—	—	3.9(4.5)	10	0.03	0.13	2.93			
	BSp40	40	0.725(5.5A)	23.0	43.2×43.0	43.0	—	—	4.5(5.5)	12	0.03	0.05	1.07			
	BSp40AC3	40	0.725(6A)	23.0	43.1×42.2	42.5	—	—	4.7(4.0)	11	0.02	0.02	0.46			
	BSp32	32	0.975(16A)	—	60.2×59.8	60.0	5.2	24.0	3.2(3.4)	11	0.03	0.05	1.02			
標準期 ①	BSp55	55	1.00(2A)	23.0	39.7×39.5	39.5	—	—	4.0(4.2)	17	0.02	0.12	2.73			
	BSp40	40	0.875(5A)	23.0	40.4×40.1	40.5	—	—	5.5(4.8)	18	0.02	0.07	1.57			
	BSp32	32	1.15(8A)	—	53.7×53.2	53.5	6.7	16.3	5.5(5.3)	18	0.03	0.04	0.89			
夏期 ①	BSp55	55	0.875(4A)	22.5	40.9×40.0	40.5	—	—	4.0(4.1)	27	0.02	0.05	1.13			
	BSp40	40	0.80(5.5A)	22.5	43.1×42.2	42.5	—	—	5.9(4.8)	29	0.03	0.04	1.05			
	BSp32	32	0.95(6A)	—	64.0×63.6	64.0	4.5	27.7	5.6(4.6)	27	0.03	0.02	0.55			

※6:()内は AE 剤の添加量で、1A=0.001 (C×%) である。

※7:()内は 60 分後の空気量で、硬化性状の供試体採取時および模擬部材型枠への打込み時の空気量を示す。

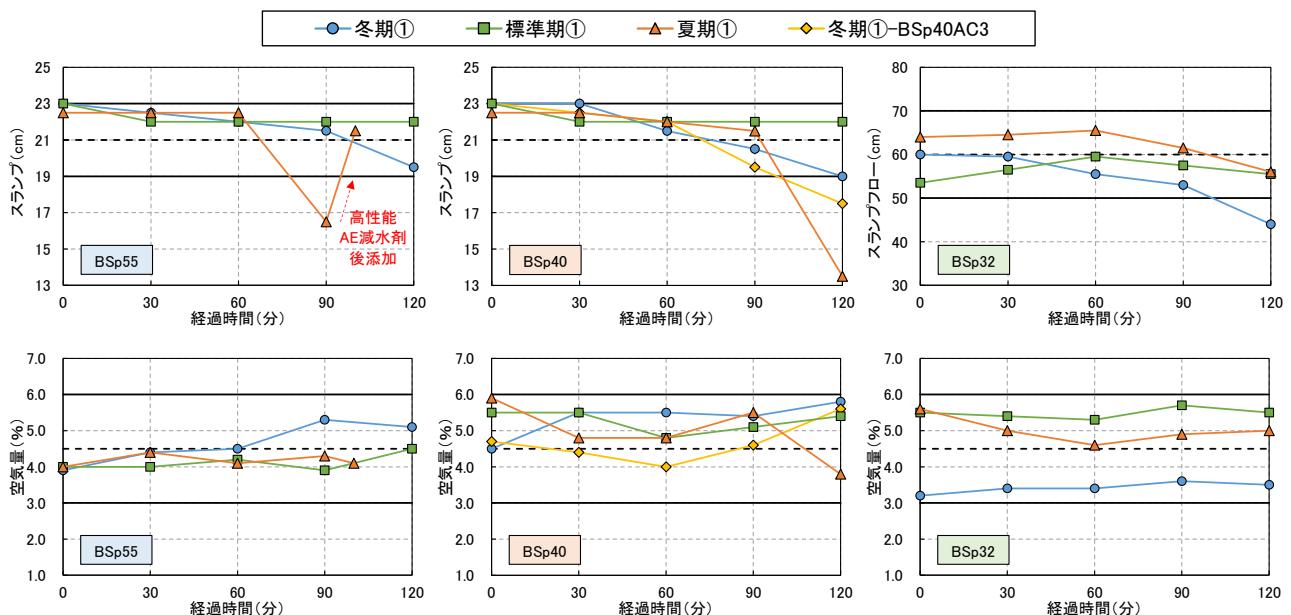


図 2 スランプ、スランプフローおよび空気量の経時変化

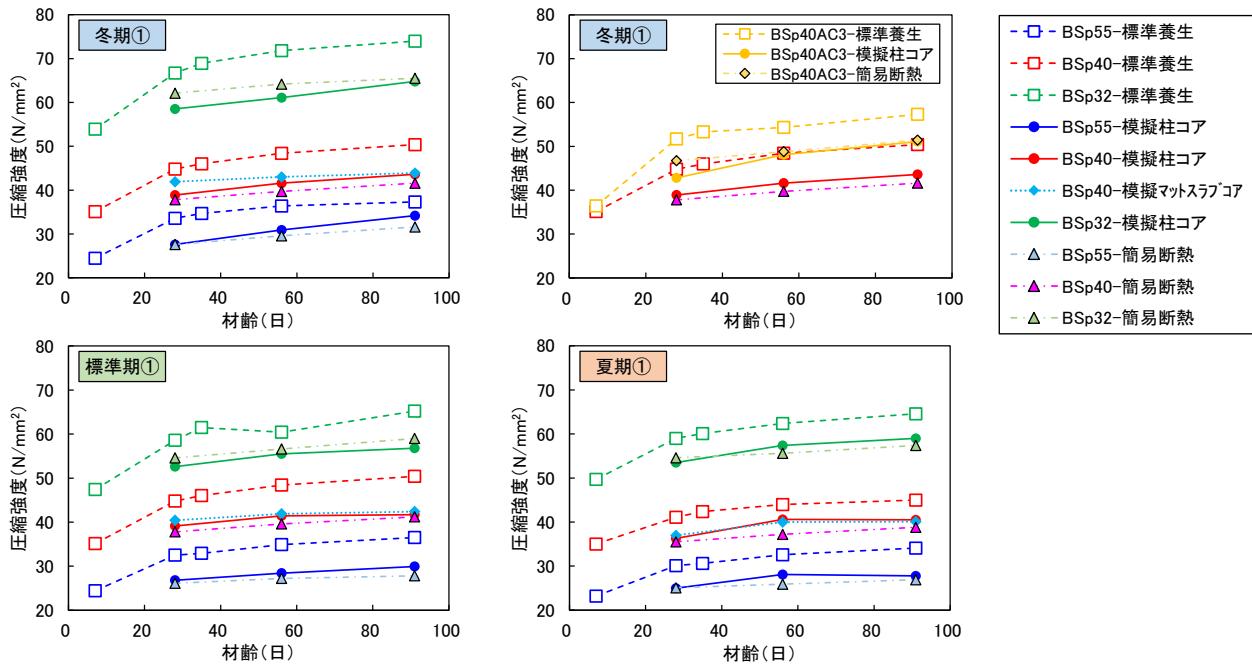


図3 標準養生強度、簡易断熱養生強度およびコア強度の試験結果

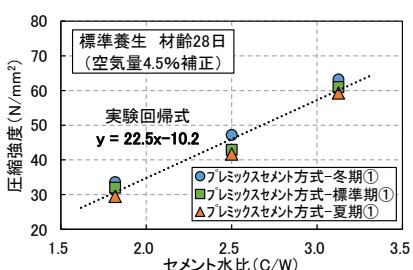


図4 セメント水比と圧縮強度の関係

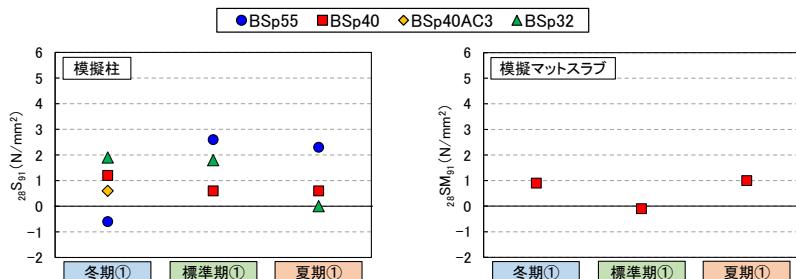
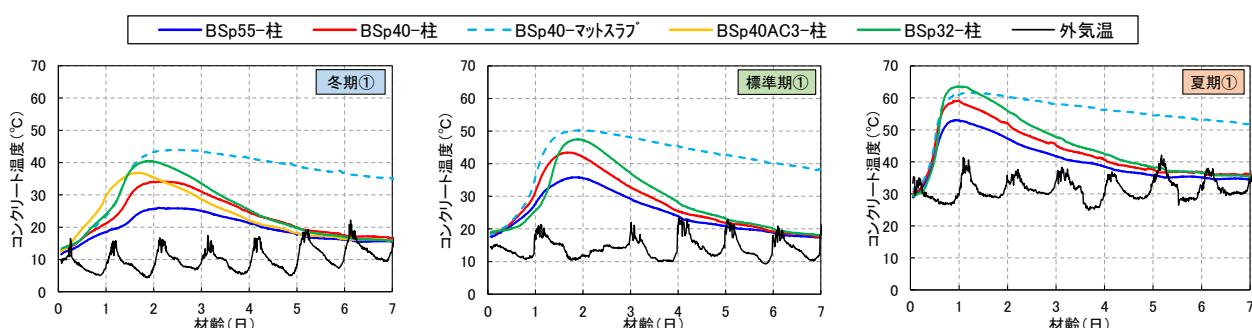
図5 構造体強度補正値 $28S_{91}$ および $28SM_{91}$ 

図6 模擬部材の中心の温度履歴

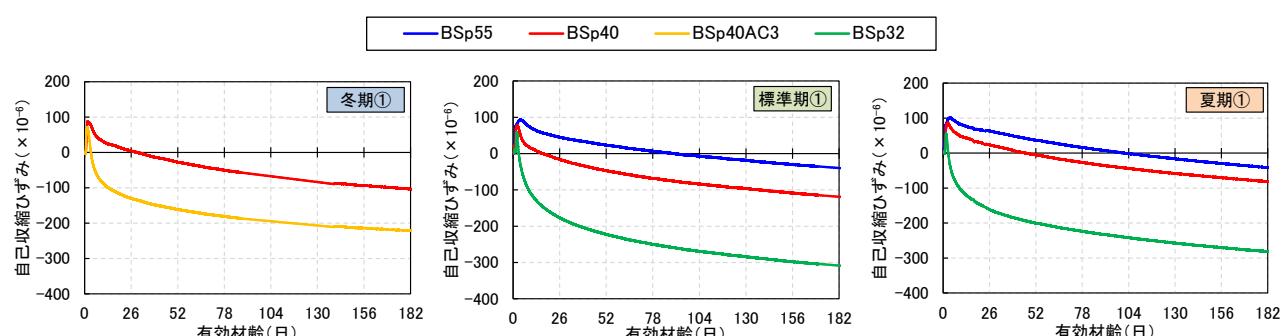


図7 有効材齢と自己収縮ひずみの関係 (収縮が負)

図5より、構造体強度補正値は、いずれの調合でも 3N/mm^2 以下であった。また、BSp40における模擬柱および模擬マットスラブの構造体強度補正値は、いずれの時期でも同程度となった。

模擬部材の中心の温度履歴を図6に示す。模擬部材中心の最高温度は、一般的なコンクリートと同様に水セメント比が小さくなるほど高くなり、温度上昇量は普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種を用いた汎用コンクリートよりも小さくなつた⁽²⁾⁽³⁾。また、温度上昇量は、冬期が最も小さく、標準期、次いで夏期の順に高くなり、昇温速度も同様の順で速くなつた。さらに、BSp40の模擬マットスラブの最高温度は、いずれの時期でもBSp40の模擬柱より高く、降温速度は模擬柱よりも遅く、同一材齢で比較すると模擬マットスラブの積算温度は模擬柱より大きくなつた。これより、模擬マットスラブはマスコンクリートの温

度変化を再現できていることが示唆された。続いて、冬期のBSp40とBSp40AC3を比較すると、硬化促進剤の添加により、温度上昇開始の材齢が早くなり、最高温度も高くなつた。

有効材齢と自己収縮ひずみの関係を図7に示す。同一調合の場合、いずれの時期においても、同等の自己収縮ひずみとなり、打込み時期の影響は小さいことが分かった。また、そのひずみ量は、普通ポルトランドセメントのみを使用した水セメント比40%の有効材齢182日における自己収縮ひずみが -260×10^{-6} 程度⁽¹⁾と比較すると、BSp55、BSp40およびBSp40AC3の自己収縮ひずみは小さい値となつた。さらに、硬化促進剤の添加により、自己収縮ひずみは増大することが分かった。なお、参考文献(1)に示すように、JIS A 1129に準拠した長さ変化率は普通ポルトランドセメントのみを使用したコンクリートよりも小さくなつており、本結

表8 練上り直後のフレッシュ性状の試験結果（混和材計量方式）

時期	調合記号	W/B (%)	高性能AE減水剤添加量 ^{※8} (B×%)	練上り直後の試験結果						塩化物含有量 (kg/m ³)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	率 (%)			
				スランプ (cm)	スランプフロー (cm)			空気量 ^{※9} (%)	コンクリート温度 (°C)						
					平均	50cm	停止								
夏期 ②	BSS55	55	1.125(3.5A)	22.5	42.6×41.6	42.0	—	3.3(4.0)	32	0.02	—	—			
	BSS40	40	0.925(4.5A)	22.5	43.4×42.6	43.0	—	3.6(4.3)	33	0.02	0.04	0.89			
	BSS32	32	1.05(9A)	—	62.8×62.2	62.5	5.3	31.9	33	0.03	0.02	0.50			
標準期 ②	BFs55	55	0.80(0A)	23.0	46.0×45.0	45.5	—	4.0(4.8)	25	0.02	0.17	3.89			
	BFs40	40	0.675(0.5A)	23.0	48.0×48.0	48.0	—	4.9(4.8)	26	0.03	0.07	1.46			
	BFs32	32	0.90(3A)	—	62.8×62.2	62.5	5.5	23.7	46(4.9)	25	0.05	0.03	0.69		

※8:()内はAE剤の添加量で、1A=0.001(B×%)である。

※9:()内は60分後の空気量で、硬化性状の供試体採取時および模擬部材型枠への打込み時の空気量を示す。

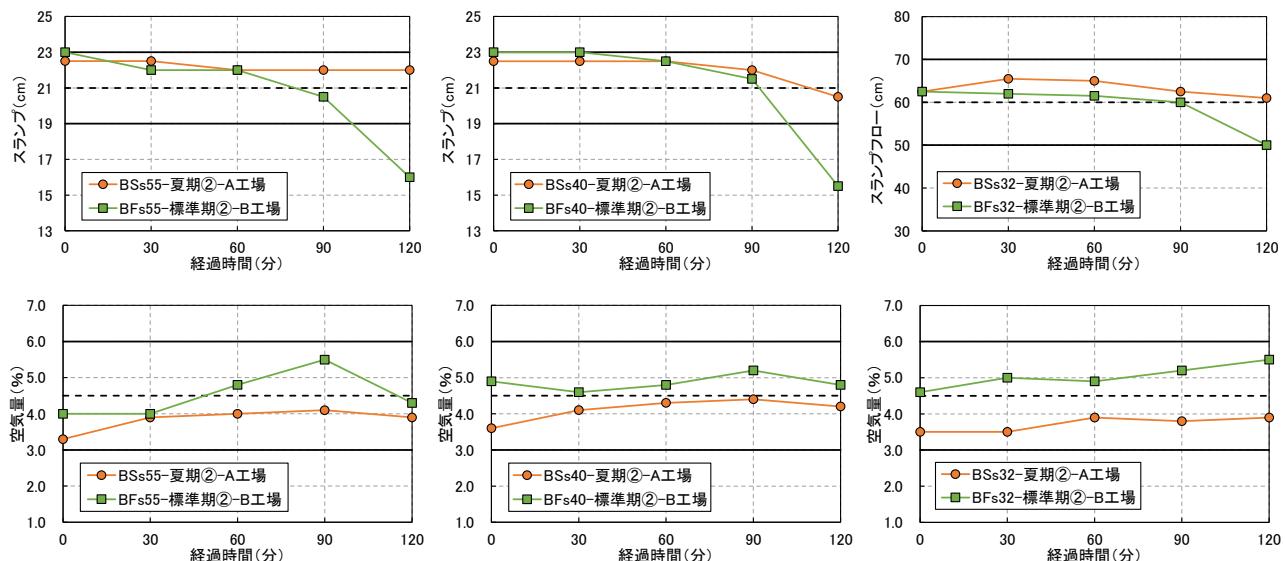


図8 スランプ、スランプフローおよび空気量の経時変化

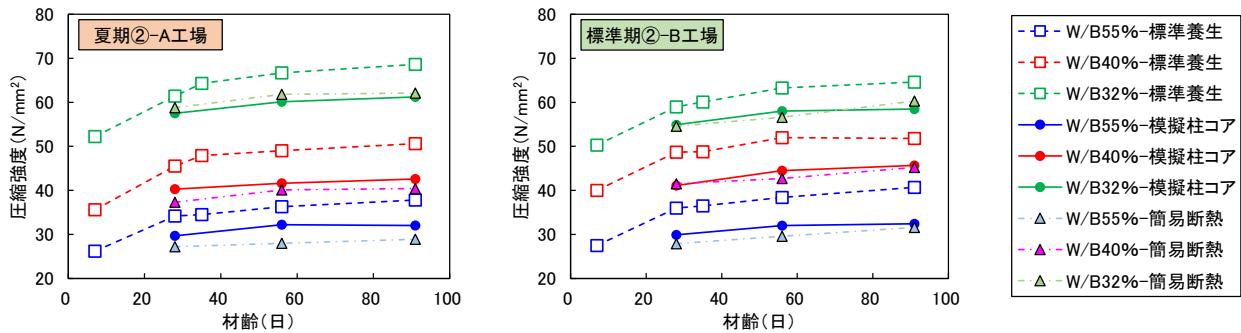


図 9 標準養生強度、簡易断熱養生強度およびコア強度の試験結果

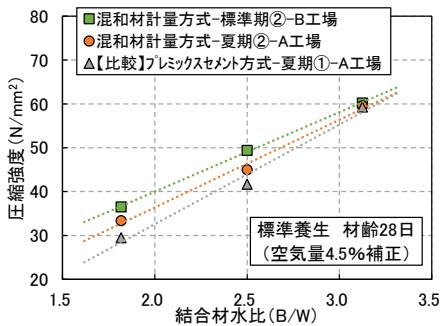


図 10 結合材水比と圧縮強度の関係

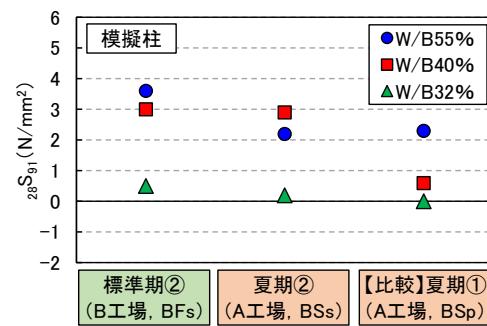
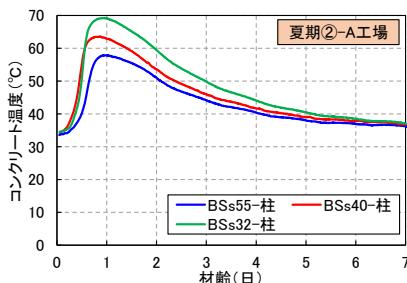
図 11 構造体強度補正値 $28S_{91}$ 

図 12 模擬柱部材の中心の温度履歴

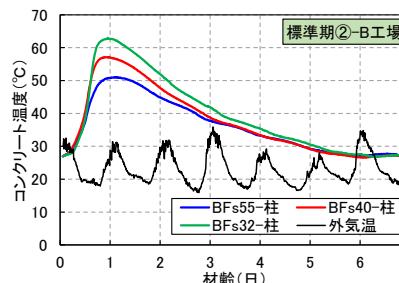


図 13 圧縮強度と静弾性係数の関係

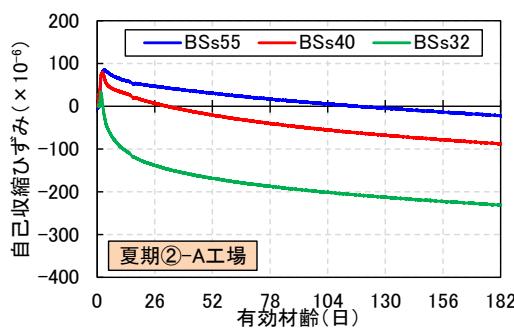


図 14 有効材齢と自己収縮ひずみの関係 (収縮が負)

合材を使用したコンクリートは乾燥収縮ひずみも小さいことが明らかとなっている。

3.2 混合材計量方式

混合材計量方式で製造したコンクリートの練上り直後のフレッシュ性状の試験結果を表 8 に、スランプ、スランプフローおよび空気量の経時変化

を図 8 に示す。いずれの調合も、スランプまたはスランプフローは経過時間 90 分まで管理幅を満足し、良好な保持性を示した。夏期よりも標準期の方が流動性のロスが大きかった原因是、夏期の方が高性能 AE 減水剤中の遅延成分および保持成分が多いものを使用したためと考えられる。また、塩化物含有量およびブリーディング量は十分に小

さかった。

標準養生強度、簡易断熱養生強度およびコア強度の試験結果を図9に、結合材水比と圧縮強度の関係を図10に、模擬柱部材のコア強度から求めた構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ を図11に示す。なお、図10の圧縮強度は、目標空気量を4.5%とし、空気量の影響を考慮した補正(空気量1.0%増減で圧縮強度5%減増)を行った。

図9より、標準養生強度、簡易断熱養生強度およびコア強度の大小関係は、プレミックスセメント方式と同様の傾向となったが、A工場での夏期のプレミックスセメント方式と混和材計量方式の結果を比較すると(図3および図9の比較)、混和材計量方式の方がいずれの圧縮強度も若干大きくなつた。

図10より、混和材計量方式の結合材水比と圧縮強度の関係も線形となり、W/B=55~32%で材齢28日の標準養生強度は約30~60N/mm²の範囲となつた。

図11より、構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ は、BFs55のみ若干大きくなつたが、いずれの時期および調合でも4N/mm²以下と構造体強度の発現は良好であることが分かった。また、A工場での夏期のプレミックスセメント方式と混和材計量方式の結果を比較すると、概ね同等の $_{28}S_{91}$ となつた。

模擬柱部材の中心の温度履歴を図12に示す。模擬柱部材の中心の最高温度は、一般的なコンクリートと同様に水結合材比が小さくなるほど高くなり、また、温度上昇量は普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種を用いた汎用コンクリートよりも小さくなつた^{(2),(3)}。

圧縮強度と静弾性係数の関係を図13に示す。プレミックスセメント方式および混和材計量方式の夏期における静弾性係数は、図中に示す建築工事標準仕様書・同解説JASS5鉄筋コンクリート工事(2022)の関係式と概ね同等となつた。また、プレミックスセメント方式と混和材計量方式で差は小さかつた。

有効材齢と自己収縮ひずみの関係を図14に示す。A工場の夏期②の方がB工場の標準期②より自己収縮ひずみが小さくなつた。これは、A工場では石灰石骨材を使用しているため、収縮が抑制されたと考えられる。また、A工場での夏期のプレミックスセメント方式と混和材計量方式の結果を比較すると(図7の右と図14の左のグラフの比

較)、概ね同等のひずみ量となつた。

4 結 言

本研究では、ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末および強度増進と収縮低減効果を有する特殊混和材の割合がそれぞれ16.5:80.0:3.5(質量比)の結合材を使用した環境配慮型コンクリートについて、結合材の各原料を予め混合するプレミックスセメント方式と、各原料をレディーミクストコンクリート工場において個別で計量する混和材計量方式の二方式での製造を想定し、それぞれの方法で実機製造したコンクリートの品質および各種物性を評価した。

その結果、得られた知見を以下に示す。

- (1) プレミックスセメント方式および混和材計量方式とともに、いずれの調合および製造時期でも、標準的な化学混和剤の添加量で所要のフレッシュ性状が得られた。
- (2) プレミックスセメント方式および混和材計量方式とともに、結合材水比と圧縮強度の関係は線形となり、一般的なコンクリートと同様に水結合材比で圧縮強度の制御が可能であることが確認された。
- (3) W/B=55~32%の標準養生材齢28日の圧縮強度は約30~60N/mm²となつた。
- (4) プレミックスセメント方式および混和材計量方式とともに、構造体強度の発現は良好で、模擬部材のコア強度より求めた構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ は、通期で小さい値となつた。
- (5) 模擬部材の温度履歴は、一般的なコンクリートと同様に水結合材比が小さくなるほど最高温度は高くなり、また、温度上昇量は普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種を用いた汎用コンクリートよりも小さくなつた。
- (6) 静弾性係数は、一般的なコンクリートと同程度の値となつた。
- (7) 自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみは、普通ポルトランドセメントのみを使用したコンクリートに比べ、小さくなり、低収縮性が確認された。

参考文献

- (1) 中村慶一郎、石川璃空、桐山宏和、高原幸之助、菊地俊文、黒田泰弘：高炉スラグ微粉末を高含有した環境配慮型コンクリートに関する基礎的研究（その4および5）、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、pp.599-602、2025.9
- (2) 佐々木真宏、中田善久、大塚秀三、春山信人：水中浸せきさせた模擬柱部材のコア強度に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、No.1、pp.1615-1620、2009
- (3) 関田徹志、依田和久、米澤敏男、黒田萌：高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリート構造体強度に関する実験検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.229-234、2013

足澤和也・たるさわ かずや

関東宇部コンクリート工業株式会社
豊洲工場 次長

飯嶋大輔・いいじま だいすけ

関東宇部コンクリート工業株式会社
豊洲工場 品質管理課 課長

中村慶一郎・なかむら けいいちろう

研究所 コンクリート研究室
コンクリートグループ 研究員

桐山宏和・きりやま ひろかず

研究所 コンクリート研究室
コンクリートグループ 主幹

高原幸之助・たかはら こうのすけ

研究所 コンクリート研究室 室長

綿屋晃希・わたや こうき

技術戦略部 技術開発室

黒田泰弘・くろだ やすひろ

清水建設株式会社 技術研究所
建設基盤技術センター 主席研究員

菊地俊文・きくち としふみ

清水建設株式会社 技術研究所
建設基盤技術センター 主任研究員

大島佑介・おおしま ゆうすけ

清水建設株式会社 技術研究所
建設基盤技術センター 研究員