

論文 改質石炭灰 (CfFA) を用いたコンクリートの特性に関する研究

李 相培*¹・佐藤 嘉昭*²・山田 高慶*³・大谷 俊浩*⁴

要旨: 本研究では、AE 剤や空気量調整剤を吸着する未燃カーボン量を焼成処理によって 1.0%以下に低減することでコンクリート混和材料として容易に使用できるようになった改質石炭灰 (Carbon-free Fly Ash, 以下 CfFA) を用いることにより、そのポズラン活性を最大限に活用して、コンクリート構造物の長寿命化を図ることを目的としている。ここでは、石炭灰原粉の起源となる石炭の銘柄や処理工程が異なる CfFA を用いてコンクリートのフレッシュ性状や硬化性状に関する実験を行い、石炭銘柄の違いや粒径の違いなどが CfFA コンクリートに及ぼす影響を明らかにした。

キーワード: 改質石炭灰 (CfFA), 強熱減量, 処理工程, CfFA コンクリート, フレッシュ性状, 硬化性状

1. はじめに

筆者らが開発した石炭灰改質処理システム¹⁾によって製造される改質石炭灰 (Carbon-free Fly Ash, 以下 CfFA) は、AE 剤や空気量調整剤を吸着する未燃カーボン量を 1.0%以下に抑えることで、従来の石炭灰よりもコンクリートのフレッシュ性状の管理を容易とし、コンクリートへ大量に混入することを可能にするという特徴を有している。これまでに行ってきた実験¹⁾では、CfFA 混入量はセメントの一部を置換する内割混入においてはセメント量の 20%、細骨材の一部として利用する外割混入においては細骨材を 100kg/m³ まで置換した範囲で、無混入の基準コンクリートとほぼ同等な配 (調) 合で目標とするフレッシュ性状が得られることを確認している。しかしながら、これまでの実験では 1 種類の原粉 (同じ石炭銘柄を起源とする原粉) を使用して行ったものにすぎず、現状、実際の石炭灰排出企業で使用される石炭の銘柄が約 1~2 ヶ月程度で変更されていること、また、良質な石炭灰を製造するために発電を行っているわけではないことから、CfFA の特徴をこの実験結果だけから判断することはできない。さらに、石炭灰改質処理システムでは粉碎・分級処理工程を経ることで CfFA を微粉化し粒径を整えるとともに、粒径の異なる CfFA を回収することも可能であるが、これまでの実験では、CfFA を大量に混入した場合、スランプ値がほぼ同一であってもコンクリートの状態は異なり、単位粉体量の増加が原因と思われる粘りが生じる傾向があることが確認されている。

以上のことを踏まえて、本研究では、石炭灰原粉の起源となる石炭の銘柄や改質処理工程が異なる CfFA を用いてコンクリートのフレッシュ性状や硬化性状に関する実験を行い、石炭銘柄の違いや粒径の違いなどが CfFA を混入したコンクリート (以下、CfFA コンクリート) に及ぼす影響を明らかにすることとした。

表-1 実験計画

シリーズ	内容
実験 A	石炭の銘柄の違い、処理工程の違いが CfFA コンクリートのフレッシュ性状および硬化性状に及ぼす影響を明らかにする。
実験 B	焼成処理のみの CfFA コンクリートを用いて、土木構造物への適用を視野に入れた試験練りを行い、CfFA コンクリートの性状を明らかにする。

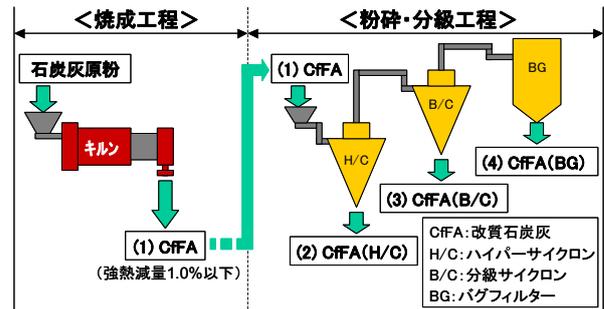


図-1 石炭灰の改質処理システム

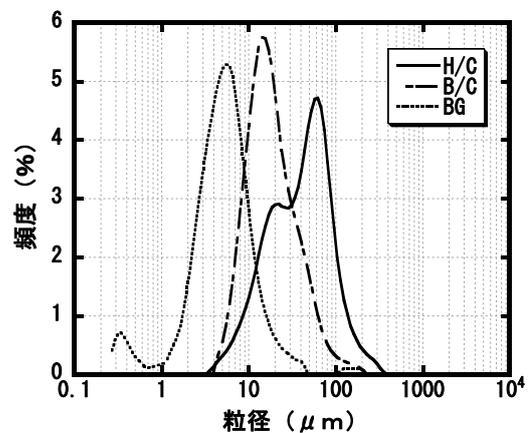


図-2 粉碎・分級処理後の CfFA の粒度分布の一例

*1 大分大学大学院 工学研究科博士後期課程環境工学専攻 修士 (工学) (正会員)
 *2 大分大学 工学部福祉環境工学科建築コース教授 工博 (正会員)
 *3 大分大学大学院 工学研究科博士後期課程環境工学専攻 (株) ゼロテクノ 修士 (工学) (正会員)
 *4 大分大学 工学部福祉環境工学科建築コース准教授 博士 (工学) (正会員)

表-2 CfFA の処理条件による分類

表記	焼成工程	粉砕・分級工程			混合粉体*	本論文における使用の有無	備考
		H/C	B/C	BG			
A	○	—	—	—	(1)	実験 A, 実験 B	焼成処理のみ
B	○	○	×	×	(2)	—	JISIV種相当 (既報 ¹⁾ にて確認) 既報 ¹⁾ にて外割混合に使用
C	○	×	○	×	(3)	—	JISII種相当 (既報 ¹⁾ にて確認)
D	○	×	×	○	(4)	—	JISI種相当 (既報 ¹⁾ にて確認)
E	○	○	○	×	(2)+(3)	実験 A	混合割合 (H/C:B/C=1:3)
F	○	×	○	○	(3)+(4)	—	既報 ¹⁾ にて内割混合に使用
G	○	○	○	○	(2)+(3)+(4)	実験 A	再混合

— : 実施せず × : 実施後使用せず H/C : ハイパーサイクロン B/C : 分級サイクロン BG : バグフィルター
* : 混合粉体の番号は図-1に準拠

表-3 CFFA の特性

表記	原粉の石炭銘柄	処理条件	密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)	平均粒径* ¹ (μm)	45 μm ふるい残分* ¹ (%)	プレーン比表面積* ² (cm ² /g)	フロー値比 (%)	活性度指数 (%)	
									28 日	91 日
[a]	ワンボ	A	2.28	0.45	14.09	11.3	3802	98.8	85.1	95.4
[b]	ワンボ	E	2.30	0.43	15.30	11.9	3654	96.8	83.2	93.0
[c]	ワンボ	G	2.30	0.48	13.99	11.8	3815	97.2	87.1	97.6
[d]	リデル	E	2.29	0.47	16.71	17.8	3503	95.4	88.7	97.2
[e]	バルガ	E	2.30	0.46	16.00	14.8	3576	96.8	85.1	94.6

*1 : レーザ回折粒度分布測定装置から算出, *2 : レーザ回折粒度分布測定装置から算出した値から近似的に求めた値

2. 実験

2.1 実験計画

実験は表-1 に示すように 2 つのシリーズからなっている。実験 A では、石炭の銘柄の違いと改質処理工程の違いが CfFA コンクリートのフレッシュ性状および硬化性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、実験 B では、焼成処理のみの CfFA コンクリートを用いて、土木構造物への適用を視野に入れた試験練りを行い、CfFA コンクリートの性状を明らかにすることを目的としている。

図-1 に石炭灰の改質処理システムを示す。改質処理システムは、大別すると焼成工程と粉砕・分級工程とで構成されており、石炭灰原粉はまず未燃カーボンを燃焼させる焼成工程を経ることで CfFA へと改質される。製造された CfFA は未燃カーボン量を 1.0%以下に低減されているため、この状態でもコンクリートへ混入することが可能である。粉砕・分級工程では、まずハイパーサイクロン (以下, H/C) において、内蔵する回転羽根による衝撃破砕および粉粒体自体の摩擦作用による粉砕によって CfFA を微粉化するほか、装置内に発生する乱気流によって分級も行。次の分級サイクロン (以下, B/C) では装置内に設けられた制御ベーンによって旋回流の調整が可能であることから、これによる CfFA の微粒分の分級が行われ、最後にバグフィルター (以下, BG) では、B/C で分級された微粒子 CfFA が回収される。

図-2 に粉砕・分級処理後の CfFA の粒度分布の一例を示す。図より、粒径が BG < B/C < H/C の順で大きくなっ

基準	W	C	S	G	Air	
内割	W	C	CfFA	S	G	Air
外割	W	C	CfFA	S	G	Air
本実験	W	C	CfFA	S	G	Air

W:水 C:セメント CfFA:改質石炭灰 P:粉体 (C+CfFA)
S:細骨材 G:粗骨材 Air:空気量

図-3 CfFA 混入に対する考え方

ていることが分かる。

表-2 に CfFA の処理条件による分類を示す。焼成処理のみを施した処理条件を A とし、焼成工程ののち粉砕・分級工程を経た CfFA の再混合の組み合わせとして考えられる B から G の 6 つを加えた計 7 つを、CfFA の処理条件の分類とした。なお、本研究では、A, E, G の処理条件を経た CfFA を用いて実験を行った。表-3 に本実験で使用した CfFA の特性を示す。原粉の石炭銘柄および処理条件の違いによって、[a]から[e]の 5 種類の CfFA を用いることとした。

図-3 に、本実験における CfFA 混入に関する考え方を示す。石炭灰を混入する場合、石炭灰を結合材とみなす「内割」か、非結合材とする「外割」で使用する方法が一般的である²⁾。本実験では、石炭灰がポズラン活性を有していることから CfFA を結合材とみなして、CfFA を粉体として扱うこととし、CfFA を使用したコンクリートの配 (調) 合においては水粉体比 (W/P, (P=C+CfFA)) を用いた。

表-4 使用材料 (実験 A)

種別	表記		使用材料および物性	
セメント	C	N	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
		BB	高炉セメント B 種	密度 3.04g/cm ³
細骨材	S		混合砂 (大分市片島 : 佐伯市蒲江) 【質量比 70:30】	表乾密度 2.61g/cm ³
粗骨材	G1		砕石 2005 (大分市片島)	表乾密度 2.65g/cm ³
	G2		砕石 2005 (津久見市上青江)	表乾密度 2.71g/cm ³
混和材	CfFA	[a]	改質石炭灰 (原粉の石炭銘柄 : ワンボ) 処理条件 A	密度 2.28g/cm ³ 強熱減量 0.45%
		[b]	改質石炭灰 (原粉の石炭銘柄 : ワンボ) 処理条件 E	密度 2.30g/cm ³ 強熱減量 0.43%
		[c]	改質石炭灰 (原粉の石炭銘柄 : ワンボ) 処理条件 G	密度 2.30g/cm ³ 強熱減量 0.48%
		[d]	改質石炭灰 (原粉の石炭銘柄 : リデル) 処理条件 E	密度 2.29g/cm ³ 強熱減量 0.47%
		[e]	改質石炭灰 (原粉の石炭銘柄 : パルガ) 処理条件 E	密度 2.30g/cm ³ 強熱減量 0.46%
混和剤	Ad		AE 減水剤 (標準型)	—
練混ぜ水	W		上水道	—

表-5 配 (調) 合表 (実験 A)

No.	セメント種類	CfFA種類	CfFA/(C+CfFA) (%)	W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	目標スランブ (cm)	単位質量 (kg/m ³)						
								W	C	CfFA	S	G1	G2	Ad
1	N	—	—	40.0	40.0	43.2	18	175	438	—	723	676	296	1.642
2	N	—	—	50.0	50.0	46.4	18	178	356	—	804	660	290	1.335
3	N	—	—	60.0	60.0	49.9	18	181	302	—	883	631	277	1.132
4	N	[b]	15	47.0	40.0	43.2	18	175	372	66	716	668	293	1.642
5	N	[b]	15	58.7	50.0	46.4	18	178	303	53	797	655	288	1.335
6	N	[b]	15	70.4	60.0	49.9	18	181	257	45	877	629	274	1.132
7	N	[d]	15	58.7	50.0	46.4	18	178	303	53	797	655	288	1.335
8	N	[a]	15	58.7	50.0	46.4	18	178	303	53	797	655	288	1.335
9	N	[c]	15	58.7	50.0	46.4	18	178	303	53	797	655	288	1.335
10	N	[e]	15	58.7	50.0	46.4	18	178	303	53	797	655	288	1.335
11	N	—	—	55.0	55.0	46.6	8	163	297	—	849	692	304	1.114
12	N	[b]	15	64.7	55.0	46.6	8	163	252	45	844	687	301	1.114
13	BB	—	—	55.0	55.0	46.9	8	159	289	—	859	689	304	1.084
14	BB	[b]	15	64.6	55.0	46.9	8	159	246	43	854	687	301	1.084

W/C : 水セメント比 W/P : 水粉体比 s/a : 細骨材率

2.2 実験 A

(1) 実験方法

表-4 に実験 A の使用材料を示す。セメントには普通ポルトランドセメントと高炉セメントの 2 種類を用いた。混和材料には CfFA を用い、原粉の石炭銘柄および CfFA 処理工程の違いによる 5 種類を用いた。

表-5 に配 (調) 合表を示す。目標空気量 4.5±0.5%、混和剤添加量を粉体量 (セメント+CfFA) に対する定量% とすることを基準とし、配 (調) 合は大きく 3 つのグループから構成されるものとした。なお、CfFA コンクリートは、目標とするフレッシュ性状を満足する同水粉体比の基準コンクリートに対して粉体量の 15% 混入とした。No.1~6 では目標スランブ 18±1cm、水粉体比を 40, 50, 60% の 3 水準とした基準コンクリートに対して 1 種類の CfFA を混入した。No.7~10 では目標スランブ 18±1cm、水粉体比 50% とし、No.5 を基軸に、原粉の石炭銘柄および処理工程の異なる 4 つの CfFA を用いて実験を行った。また、No.11~14 では目標スランブ 8±1cm、水粉体比 55.0% とし、セメントに普通ポルトランドセメントと高炉セメント B 種の 2 種類を用いて実験を行った。

圧縮強度試験は No.1~6 のみ実施し、材齢 7, 28, 91

日において行った。供試体は φ10×20cm の円柱供試体を用い、容量 1000kN 万能試験機によって各材齢 3 体ずつ行った。

(2) 実験結果および考察

表-6 にフレッシュ性状の一覧を示す。CfFA 混入による影響としては、No.1~3 と No.4~6 の比較より、No.4 においてスランブおよび空気量が若干低い値を示したものの、CfFA コンクリートは同水粉体比の普通コンクリートと同量の混和剤添加量で、ほぼ同等のスランブおよび空気量が確保されることが確認された。

CfFA の原粉の石炭銘柄の違いによる影響としては、No.5, 7, 10 より、いずれの配 (調) 合においてもほぼ同等の数値を示す結果となった。このことから本実験の範囲内においては、CfFA の原粉の石炭銘柄の違いがフレッシュ性状に及ぼす影響はほとんど無いことが分かった。

CfFA の処理工程の違いによる影響としては、粉砕・分級工程の影響については No.8 と No.9 においてスランブおよび空気量の値にはほとんど差が見られていないことから、本実験の範囲内においては、粉砕・分級処理による明確な影響は確認されなかった。また、その No.8 および No.9 と、微粒分を除去した No.5 とを比較してもスラ

表-6 フレッシュ性状 (実験 A)

No.	セメント種類	CfFA種類	CfFA/(C+CfFA)(%)	W/C(%)	W/P(%)	s/a(%)	目標スランプ(cm)	混和剤混入量(kg/m ³)	実験項目			
									スランプ(cm)	空気量(%)	単位容積質量(t/m ³)	コンクリート温度(°C)
1	N	—	—	40.0	40.0	43.2	18	1.642	19.0	4.8	2.311	10.0
2	N	—	—	50.0	50.0	46.4	18	1.335	18.5	4.4	2.299	10.0
3	N	—	—	60.0	60.0	49.9	18	1.132	18.5	4.9	2.275	10.0
4	N	[b]	15	47.0	40.0	43.2	18	1.642	17.0	4.0	2.312	10.0
5	N	[b]	15	58.7	50.0	46.4	18	1.335	19.0	4.6	2.276	10.0
6	N	[b]	15	70.4	60.0	49.9	18	1.132	19.0	5.0	2.265	10.0
7	N	[d]	15	58.7	50.0	46.4	18	1.335	19.0	4.4	2.287	10.0
8	N	[a]	15	58.7	50.0	46.4	18	1.335	18.0	4.2	2.283	10.0
9	N	[c]	15	58.7	50.0	46.4	18	1.335	19.0	4.3	2.283	10.0
10	N	[e]	15	58.7	50.0	46.4	18	1.335	19.0	4.2	2.291	10.0
11	N	—	—	55.0	55.0	46.6	8	1.114	8.5	4.9	2.294	10.0
12	N	[b]	15	64.7	55.0	46.6	8	1.114	9.0	4.7	2.292	10.0
13	BB	—	—	55.0	55.0	46.9	8	1.084	8.0	4.3	2.305	10.0
14	BB	[b]	15	64.6	55.0	46.9	8	1.084	8.5	4.1	2.301	10.0

スランプおよび空気量ともにはほぼ同等の値を示す結果となった。このことから、本実験の範囲内においては、CfFAの微粉分の有無がスランプおよび空気量に及ぼす影響は小さいことが分かった。

目標スランプを8±1cmと設定した配(調)合がCfFAコンクリートへ及ぼす影響としては、No.11~14の比較より、いずれもスランプはCfFAコンクリートが、空気量は普通コンクリートの方がそれぞれ若干高い値となったが、その差はわずかである。このことから、本実験の範囲内においては、普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種のいずれを用いても、目標スランプ8±1cmにおけるCfFAコンクリートは基準コンクリートと同量の混和剤添加量で同等のワーカビリティが確保されることが確認された。また、普通ポルトランドセメントを使用した配(調)合の空気量が多くなる結果となったが、これは、各基準コンクリート(No.11および13)が目標とするフレッシュ性状を満足するようにそれぞれの細骨材率を調整したために生じた違いであると考えられる。

図-4に圧縮強度の経時変化を示す。材齢28日までは、CfFAコンクリートは基準コンクリートよりも低い値で推移している。これは、CfFA混入によって単位セメント量が削減されているためであると考えられる。しかしながら、材齢28日以降のCfFAコンクリートの強度増加の傾きは普通コンクリートを上回っており、No.4においては材齢91日圧縮強度が基準コンクリートを上回る結果となった。これらの強度発現は、CfFAのポズラン反応によってコンクリートが密実化されたことによるものと考えられ、水粉体比が低いNo.4において、その影響が顕著に現れたものと考えられる。

図-5に圧縮強度と粉体水比との関係を示す。いずれの配(調)合においてもコンクリートの圧縮強度は粉体水比との直線近似によって精度よく表されることが確認

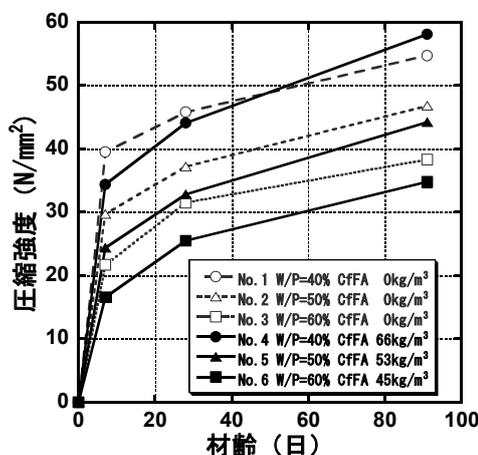


図-4 圧縮強度の経時変化 (実験 A)

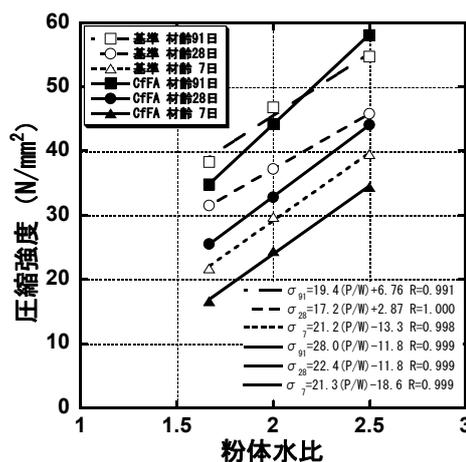


図-5 粉体水比と圧縮強度の関係 (実験 A)

された。また、粉体水比が高い領域では材齢28日においてもCfFAコンクリートが基準コンクリートを上回る可能性があることから、今後、この領域におけるCfFAコンクリートの強度特性について確認する必要があるものと思われる。

表-7 使用材料 (実験 B)

種別	表記	使用材料および物性
セメント	C	高炉セメント B 種 密度 3.04g/cm ³
細骨材	S1	混合砂 (蒲江 : 呼子) 【質量比 40:60】 表乾密度 2.61g/cm ³ 粗粒率 2.55
	S2	砕砂 (津久見) 表乾密度 2.65g/cm ³ 粗粒率 2.80
粗骨材	G1	砕石 2005 (津久見) 表乾密度 2.70g/cm ³ 実積率 61.0%
	G2	砕石 4020 (津久見) 表乾密度 2.70g/cm ³ 実積率 62.5%
混和材	CfFA	改質石炭灰(原粉の石炭銘柄:ワンボ) 処理条件 A 表記[a] 密度 2.30g/cm ³ 強熱減量 0.45%
混和剤	Ad	AE 減水剤 (標準型)
練混ぜ水	W	上水道

表-8 配 (調) 合表 (実験 B)

No.	W/C (%)	W/P (%)	CfFA/(C+CfFA) (%)	s/a (%)	単位質量 (kg/m ³)							
					W	C	CfFA	S1	S2	G1	G2	Ad
1	64.5	64.5	—	41.1	146	226	0	476	318	701	468	2.26
2	76.3	55.0	28	37.1	148	194	75	416	278	724	483	2.69
3	97.3	65.0	33	39.4	146	150	75	453	302	715	476	2.25
4	120.0	75.0	38	41.5	146	120	75	469	312	694	462	2.00
5	57.3	40.0	30	29.5	169	295	127	295	197	724	483	4.22
6	71.6	50.0	30	34.8	156	218	94	377	252	724	483	3.12
7	86.0	60.0	30	38.8	147	171	74	440	294	715	476	2.45
8	100.0	70.0	30	40.0	145	145	62	464	309	715	476	2.07

W/C: 水セメント比 W/P: 水粉体比 s/a: 細骨材率
 細骨材混合比率 (質量比) 【S1:S2=60:40】
 粗骨材混合比率 (質量比) 【G1:G2=60:40】

2.3 実験 B

(1) 実験方法

表-7 に使用材料を示し、表-8 に配 (調) 合表を示す。目標スランプ 8±1cm, 目標空気量 4.5±1.0%, 混和剤添加量を粉体質量に対して 1.0%とすることを基準として、配 (調) 合は大きく 2つのグループから構成されるものとした。No.1~4 では 18-8-40BB を基準コンクリートとし、CfFA を 75kg/m³ 混入し水粉体比を 55, 65, 75%と変化させ実施した。No.5~8 では CfFA を全粉体量の 30%混入し、水粉体比を 40, 50, 60, 70%と変化させ実施した。

圧縮強度試験は、材齢 7, 28, 91 日において行い、φ 12.5×25cm の円柱供試体を用い、容量 1000kN 万能試験機によって各材齢 3 体ずつ行った。また、No.1~4 においては乾燥収縮ひずみの測定も行った。供試体は 10×10×40cm の角柱供試体を用い、材齢 7 日から、恒温恒湿室 (温度 20±1°C, 湿度 60±5%R.H.) で 4 面乾燥状態とし、コンタクトゲージにてひずみの測定を行った。

(2) 実験結果および考察

図-6 に No.1~4 の圧縮強度の経時変化を示す。CfFA コンクリートの圧縮強度が基準コンクリートよりも低い値で推移しているが、これは CfFA の混入によって単位セメント量が低減されているためであると考えられる。また、実験 A (図-4) で見られたような、CfFA コンクリートの圧縮強度が基準コンクリートを上回る結果とはならなかった。これは、使用セメント種類が異なること (実験 A では普通ポルトランドセメント、実験 B では高炉セメント B 種を使用) のほか、実験 B では粉体量に対する CfFA 混入率が高かったこと (実験 A では 15%, 実験 B では 28~38%) により、材齢 91 日では強度増進に寄与するほどポズラン反応が進行していなかったためであると考えられる。このことから、今後は適切な CfFA 混入量および材齢 91 日以降の長期強度発現性の検討を行う必要があると考えられる。

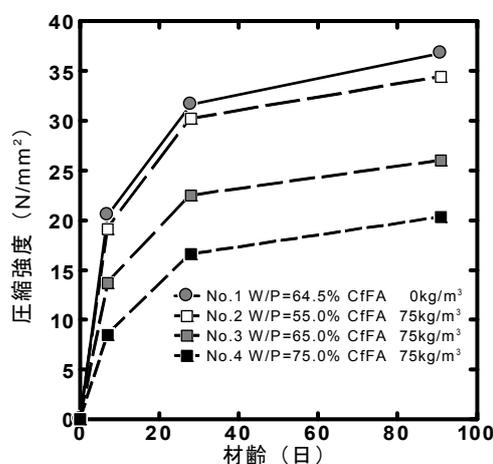


図-6 圧縮強度の経時変化 (実験 B No. 1~4)

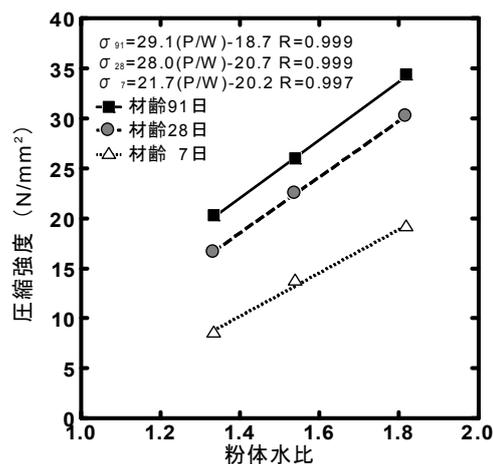


図-7 粉体水比と圧縮強度の関係 (実験 B No. 2, No. 3, No. 4)

図-7 に No.1~4 の粉体水比と圧縮強度の関係を示す。図より、CfFA コンクリートの圧縮強度は粉体水比との直線式によって精度よく表すことができることが分かる。これは、CfFA コンクリートの圧縮強度の強度設計は、粉体水比を用いることで管理可能であることを示している。

図-8にNo.1~4の乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。単位水量が141~148kg/m³と少ない配(調)合設計のため全体的に乾燥収縮ひずみも小さい値で推移しているが、基準コンクリートとCfFAコンクリートを比較した場合、水粉体比が大きい場合においてもCfFAコンクリートが基準コンクリートよりも低い値を示している。このことから、本実験の範囲内においては、CfFAは乾燥収縮抑制効果が高いことが分かった。また、水粉体比が大きく異なるにも関わらず、No.2~4には明確な差がみられなかったが、これは、単位水量がほぼ同じであるためと考えられる。

図-9にNo.5~8の圧縮強度の経時変化を示す。水粉体比が低いほど圧縮強度が高くなっており、また、材齢28日以降の強度増加の傾きはいずれの配(調)合もほぼ同等である。図-10にNo.5~8の粉体水比と圧縮強度の関係を示す。図より、No.1~4と同様に、CfFAコンクリートの圧縮強度は、粉体量に対するCfFA混入率を一定とした場合でも粉体水比との直線式によって精度よく表すことができることが確認された。

3. まとめ

CfFAコンクリートに関する実験として、CfFAの原粉の石炭銘柄や処理条件がコンクリートのフレッシュ性状や硬化性状に及ぼす影響を明らかにする実験を行った結果、本実験の範囲内において、以下の知見が得られた。

- 1) CfFAの原粉の石炭銘柄がフレッシュ性状に及ぼす影響は確認されなかった。
- 2) CfFAは微粒分の有無に関わらず、基準コンクリートと同等の混和剤使用量で目標とするフレッシュ性状を満足する。
- 3) CfFAは普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種を用いたコンクリートに使用する場合、基準コンクリートと同等の混和剤使用量で目標とするフレッシュ性状を満足する。
- 4) CfFAコンクリートの強度設計は、CfFA混入方法の違いに関わらず、水粉体比を用いることで管理が可能である。
- 5) CfFAはコンクリートの乾燥収縮の抑制に対して効果がある。

謝辞

本研究は大分県生コンクリート工業組合との共同研究で実施したものである。実験を実施するにあたり、本学客員研究員・清原千鶴さん、技術職員・遠矢義秋氏、本学卒論生・大城愛さんをはじめコンクリート工学研究室の諸氏に多大の協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

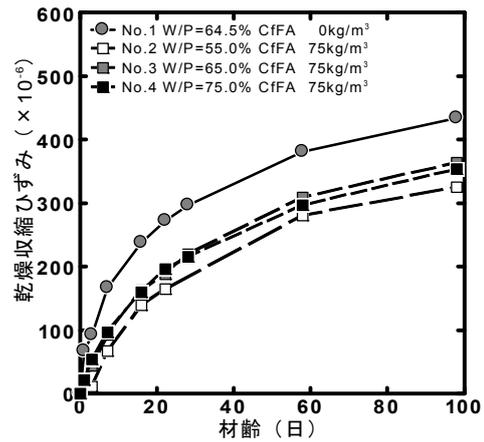


図-8 乾燥収縮ひずみの経時変化 (実験B No. 1~4)

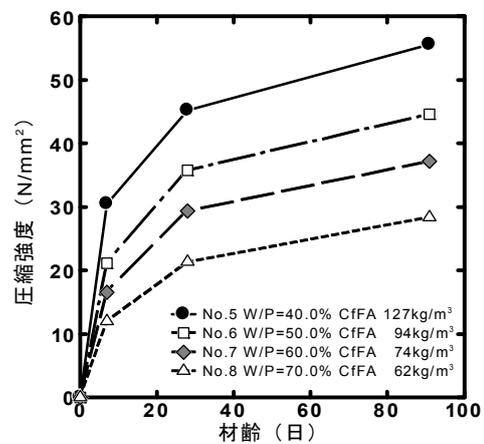


図-9 圧縮強度の経時変化 (実験B No. 5~8)

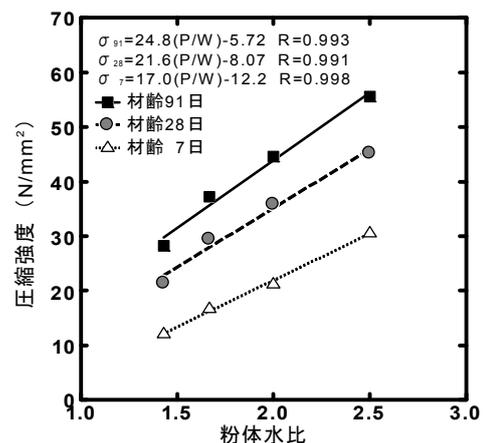


図-10 粉体水比と圧縮強度の関係 (実験B No. 5~8)

参考文献

- 1) 李相培ほか：焼成工程を備えた風力微粉砕処理システムによる石炭灰の改質，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.29，No.1，pp.183-188，2007.7
- 2) 日本建築学会：フライアッシュを使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説，2007.10