

石炭灰を用いた中流動コンクリートの強度特性および耐久性に関する研究

太平洋コンサルタント 正会員 ○片柳 学 太平洋コンサルタント 正会員 赤塚 久修
東北電力 正会員 成田 健 東北電力 正会員 大高 昌彦

1. はじめに

近年、建設工事における施工の省力化、高品質化および建設コストの削減を目的として、軽微な振動締固めにより充てん可能なスランプフロー45cm程度の中流動コンクリートが種々提案されている¹⁾。一方、近年、石炭灰は、その処分地の逼迫も相俟って、その有効利用策の検討が急務となっている。

そこで、本研究では、石炭灰の中流動コンクリートへの適用性を検討することを目的として、各種要因の相違が石炭灰を用いた中流動コンクリートの強度特性および耐久性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

使用材料を表－1に示す。コンクリートの配合を表－2に示す。本実験には、石炭灰に原粉を用いた。本石炭灰中流動コンクリート（以下、MFC）は、スランプフロー（以下、SF）を45±5cmとして、水セメント比（以下、W/C）および単位石炭灰量を変更した12配合である。また、比較用としてスランプ（以下、SL）12±1.5cmの普通コンクリート（以下、NC）についても検討した。

なお、空気量は、いずれの配合も5±1%である。

実験項目および実験方法を表－3に示す。促進中性化、凍結融解および気泡間隔係数試験は、NCおよびNCと材齢28日の圧縮強度が同程度のMFCの配合No.10, 11および12について実施した。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度

単位石炭灰量と圧縮強度との関係を図－1に示す。図－1に示すように、W/Cが同一であれば、MFCの圧縮強度は、材齢にかかわらず、大略、単位石炭灰量の増大に伴い直線的に増加し、特に長期材齢ほど顕著となる。これは、初期材齢では石炭灰の形状や粒度分布に起因する微粉末効果²⁾、長期材齢ではポゾラン反応が励起したものと推察される。

また、各W/CのMFCにおいて、材齢28日の圧縮強度がNCと同程度となる単位石炭灰量は、W/C75%、80%および85%でそれぞれ、147、199および261 kg/m³であり、W/Cの増大に伴い増加する。

3.2 凍結融解抵抗性

凍結融解試験結果を表－4、図－2および図－3に示す。

表－1 使用材料

使用材料	記号	備考
セメント	C	普通ポルトランドセメント，密度3.14g/cm ³
石炭灰	CA	原粉，密度2.23g/cm ³ ，強熱減量5.02%
水	W	水道水
細骨材	S	陸砂，表乾密度2.60g/cm ³ ，吸水率1.55%
粗骨材	G	砕石2005，表乾密度2.64g/cm ³ ，吸水率0.73%
混和剤	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	高性能AE減水剤	末期スルホン酸基を有するポリカルボン酸含有多元ポリマー
	AE剤	AE1 高級脂肪酸塩及び非イオン界面活性剤
		AE2 アクリル系スルホン酸化合物系陰イオン界面活性剤
	抑泡剤	ポリエーテル系非イオン界面活性剤

表－3 実験項目および実験方法

試験項目	備考
スラブ	JIS A 1101「コンクリートのスラブ試験方法」
スラブフロー	JIS A 1150「コンクリートのスラブフロー試験方法」
空気量	JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法」
圧縮強度	JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」，標準水中養生(20℃)
促進中性化	JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」
凍結融解	JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法：A法」
気泡間隔係数	ASTM C 457：リニアトラバース法による

表－2 コンクリートの配合

コンクリートの種類	配合No.	W/C (%)	単位量(kg/m ³)										スラブフロー	スラブ	空気量	σ ₂₈ (N/mm ²)
			W	C	CA	S	G	SP	WRA	AE1	AE2	DA	(cm)	(cm)	(%)	
MFC	1	75	233	100	879	840	2.50	0.00	0.100	0.000	0.008	43.0	22.5	5.8	27.0	
	2			150	741	921	3.14	0.00	0.115	0.000	0.009	41.5	22.5	5.3	31.4	
	3			200	684	919	3.68	0.00	0.130	0.000	0.011	42.0	23.0	5.6	36.1	
	4	80	219	150	796	876	3.03	0.00	0.111	0.000	0.009	45.0	23.0	4.6	27.2	
	5			200	705	908	3.56	0.00	0.126	0.000	0.011	45.0	23.5	4.5	32.6	
	6			250	640	916	4.08	0.00	0.141	0.000	0.012	48.5	24.0	5.9	34.0	
	7	85	206	200	749	876	3.53	0.00	0.122	0.000	0.011	47.0	22.5	4.8	28.2	
	8			250	668	900	3.97	0.00	0.137	0.000	0.012	48.5	22.0	4.6	30.3	
	9			300	598	911	4.55	0.00	0.152	0.000	0.014	44.0	23.5	5.1	33.4	
	10	75	233	147	744	921	2.96	0.00	0.133	0.000	0.009	42.5	22.0	5.7	30.2	
	11	80	219	199	705	911	3.55	0.00	0.146	0.000	0.011	41.5	23.5	4.6	29.7	
	12	85	206	261	632	924	4.20	0.00	0.163	0.000	0.013	42.5	22.0	4.6	29.8	
NC	13	65	162	249	0	876	982	0.00	0.02	0.000	0.006	0.000	—	12.0	4.9	31.2

キーワード：中流動コンクリート，石炭灰，圧縮強度，凍結融解，気泡間隔係数，中性化

連絡先：千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋コンサルタント TEL043-498-3911 FAX043-498-3919

図-2に示すように、材齢28日の圧縮強度をNCと同程度としたMFCの耐久性指数は、W/Cにかかわらず、いずれも85以上と凍結融解抵抗性に優れ、NCのそれよりも大きい。

表-4に示すように、MFCの気泡間隔係数は、W/Cにかかわらず、いずれも250 μm 以下であり、NCのそれよりも小さい。既往の研究³⁾では、コンクリートの気泡間隔係数が250 μm 以下の場合には、凍結融解作用による硬化体組織破壊を低減する効果があると報告されている。本研究では、MFCについては、抑泡剤を添加し、所要の空気量を得るために必要なAE剤量を増加させた。このことが、MFCにおいて、NCよりも良好な気泡組織を形成し、凍結融解抵抗性を向上させた一因と推察される。

図-3に示すように、MFCの質量減少率は、W/Cの増大に伴い増加する。上述のように、MFCの耐久性指数は、85以上と凍結融解抵抗性に優れる。ただし、MFCの質量減少率は、圧縮強度が同程度のNCのそれよりは小さいものの、凍結融解300サイクル時において、5%以上と大きく、供試体表面のスケーリングも多い。これらに関しては、今後の課題である。

3.3 中性化特性

促進中性化試験結果を図-4に示す。図-4に示すように、MFCの中性化深さは、試験期間にかかわらず、W/Cの増大に伴い増加し、いずれも圧縮強度が同程度のNCのそれよりも大きい。

4. まとめ

- ①W/Cが同一のMFCの圧縮強度は、大略、単位石炭灰量の増大に伴い直線的に増加し、特に長期材齢ほど顕著となる。
- ②MFCは、抑泡剤とAE剤を併用することで、良好な気泡組織を形成し、圧縮強度が同程度のNCよりも凍結融解抵抗性に優れる。
- ③MFCの質量減少率は、W/Cの増大に伴い増加し、圧縮強度が同程度のNCのそれよりは小さいものの、凍結融解300サイクルにおいて5%以上と大きく、スケーリングも多い。
- ④MFCの中性化深さは、試験期間にかかわらず、W/Cの増大に伴い増加し、いずれの配合も圧縮強度が同程度のNCのそれよりも大きい。

表-4 気泡間隔係数

配合No.	W/C (%)	CA (kg/m ³)	耐久性指数	気泡間隔係数(μm)
10	75	147	91	111
11	80	199	87	81
12	85	261	87	88
13	65	0	80	139

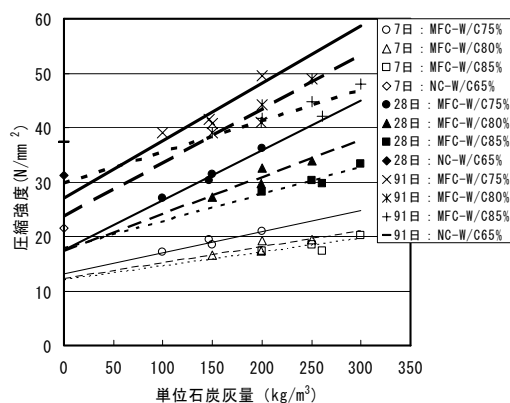


図-1 圧縮強度

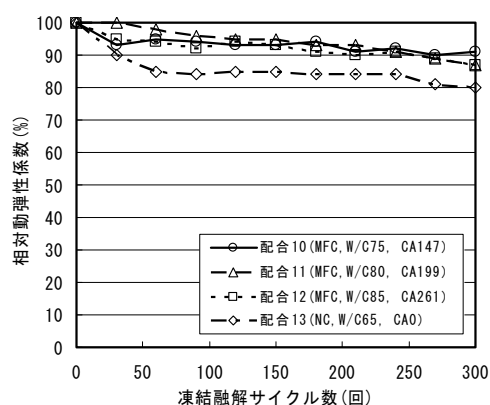


図-2 凍結融解(相対動弾性係数)

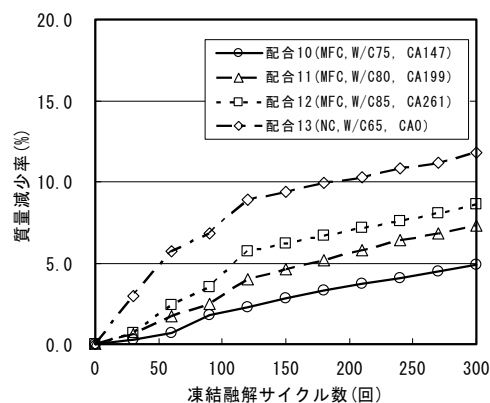


図-3 凍結融解(質量減少率)

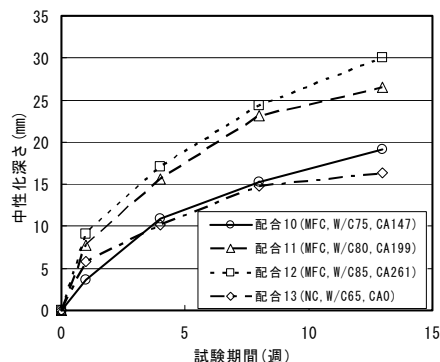


図-4 中性化特性

【参考文献】1) 末松他：振動を受けた中流動コンクリートの基礎性状について，コンクリート工学年次論文報告集，vol.21，No.2，pp427-432，1999

2) 山崎：鉱物質微粉末がコンクリートの強度に及ぼす効果に関する基礎研究，土木学会論文集第85号，pp15～44，1962

3) 岡田他：コンクリート工学ハンドブック，pp586～587，1981