

第V部門

廃碍子を細骨材全量に用いたコンクリーの基本特性

神戸市立工業高等専門学校専攻科 学生員 ○北山 海偉大  
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 水越 睦視  
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 上中 宏二郎  
 近畿大学理工学部社会環境工学科 正会員 東山 浩士

1. はじめに

碍子とは電線と支持物との間の絶縁用器具であるが、廃棄される碍子(CWS)は、毎年1万トンを超える。大量かつ継続的に利用するには、CWSをコンクリートの細骨材全量に使用することが望ましいが、コンクリートの材料分離が懸念されるなど、CWSのコンクリートへの適用性は明確にされていない。本研究では、CWSを細骨材全量に用いた普通コンクリート(CWS-NC)および軽量コンクリート(CWS-LC)の最適配合を決定し、それらの各種特性を把握するために、フレッシュ試験、ブリーディング試験、凝結試験、強度試験を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合条件

使用材料およびそれらの物理的性質を表1に示す。CWSは、吸水率が0.79%と小さく、粗粒率は3.42と汎用的な砕砂に比べて大きく、粒径1.2mm以上の粗い粒子が多いという特徴を有している。配合条件として、目標スランプおよび空気量はCWS-NCで10±2.5cm、4.5±1.5%、CWS-LCで23±2.0cm、5.0±1.5%に設定した。

2.2 ブリーディングおよび凝結試験

対象とした配合は、材料分離の傾向がみられたW/C=55%のCWS-NCとし、フライアッシュ(FA)の使用の有無による特性の差異に着目した。また、試験室温度は冬期の6~10°Cで実施した。

3. 結果および考察

3.1 フレッシュ性状

CWS-NCの示方配合およびフレッシュ試験の結果を表2、表3に示す。ここで、AE剤の1AはC×0.002%の添加率を表している。表2では最適s/aを決定するために、s/aのみを変化させた。s/a=46、50%の配合でスランプは最大となり、スランプ試験後にスランプ板を叩いてコンクリートの変形状態を観察すると、

キーワード 碍子, 材料分離, ブリーディング, フライアッシュ, 静弾性係数

連絡先 〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町8-3 神戸市立工業高等専門学校 TEL 078-795-3311

表1 使用材料の物理的性質

水	W	水道水 (密度: 1.00g/cm <sup>3</sup> )
セメント	C	普通ポルトランドセメント (密度: 3.15g/cm <sup>3</sup> , 粉末度: 3390cm <sup>2</sup> /g)
フライアッシュ	FA	JIS II種 (密度: 2.24g/cm <sup>3</sup> , 粉末度: 3810cm <sup>2</sup> /g)
細骨材	S	碍子 (使用済み・再生細骨材) (表乾密度: 2.41g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 3.42, 吸水率: 0.79%)
粗骨材①	G①	砕石, 大阪府高槻産, 硬質砂岩系 (表乾密度: 2.71g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 6.73, 吸水率: 0.68%, 最大寸法20mm)
粗骨材②	G②	構造用人工軽量粗骨材, 膨潤頁岩系 (表乾密度: 1.68g/cm <sup>3</sup> , 絶対密度: 1.31g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 6.37, 最大寸法: 15mm, 吸水率: 28.5%)
混和剤①	AEWR	A E 減水剤高機能タイプ, ポリカルボン酸系
混和剤②	SP	高性能 A E 減水剤, ポリカルボン酸系
混和剤③	AE	AE 剤, 樹脂酸系界面活性剤, 高級樹脂酸系界面活性剤 (FA 使用時)

表2 CWS-NCの示方配合およびフレッシュ試験結果①

空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	示方配合						フレッシュコンクリートの試験結果		
			単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				C× (%)		Aの数		スランプ (cm)
W	C	S(CWS)	G①	AEWR	AE	スランプ	空気量	練上り温度			
4.5	50	46	175	350	742	978	0.5	1	9.0	4.2	24.1
		50			807	905			9.0	4.2	23.7
		54			870	832			6.5	5.0	23.6

表3 CWS-NCの示方配合およびフレッシュ試験結果②

空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	示方配合						フレッシュコンクリートの試験結果					
			単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				C× (%)		Aの数		スランプ (cm)	空気量 (%)	練上り温度 (°C)	
W	C	FA	S(CWS)	G①	AEWR	AE	スランプ	空気量	練上り温度					
4.5	40	48	165	413	-	762	930	1.0	0.5	8.5	4.9	21.4		
						795	930	1.0	1.0	6.0	6.2	17.6		
						827	927	1.0	1.0	11.0	4.2	16.7		
			50	50	165	300	-	853	924	1.0	0.5	4.0	5.9	17.6
								815	916	1.0	2.0	19.0	4.8	16.4
								846	949	1.0	2.0	12.5	5.6	16.0
55	51	165	300	20	844	911	1.0	2.0	11.5	4.8	17.6			

表4 CWS-LCの示方配合およびフレッシュ試験結果

空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	示方配合						フレッシュコンクリートの試験結果			
			単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				C× (%)		Aの数		スランプ (cm)	スランプ フロー (cm)
W	C	S(CWS)	G②	SP	AE	スランプ	スランプ フロー	空気量	練上り温度			
5.0	28	46	165	589	663	543	1.0	2	19.5	30.0	3.7	13.7
									22.5	32.5	3.6	13.4
	23.5	41.5							5.8	13.0		
	24.0	40.0							4.5	12.6		
33	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

s/a=50%の方が分離抵抗性は良好であると判断できたことから、W/C=50%での最適s/aを50%に決定した。

表3より、W/C=45%でスランプが目標範囲より小さくなったものの、目視観察では明らかな材料分離は生じていなかった。しかし、W/C=50%では、最適s/a試験時よりも単位水量を10kg/m<sup>3</sup>減らしたことから、スランプ試験後のタンピングからやや材料分離傾向が認められた。また、W/C=55%において、スランプが4.0cmと小さくなったが、これは、明らかに材料分離が原因であ

ると目視により判断された。そこで、W/C=55%において、セメントの外割でCWSの一部としてFAを20kg/m<sup>3</sup>使用したところ、目標スランブが得られ、材料分離も生じなかった。

CWS-LCの示方配合およびフレッシュ試験の結果を表4に示す。目標スランブを得るためにW/C=28%では、高性能AE減水剤の添加率を1.0%から1.3%に増やしたが、W/C=33%, 38%では、添加率1.0%で目標スランブを得ることができ、良好なフレッシュ性状が得られることが確認された。

### 3. 2 ブリーディングおよび凝結特性

W/C=55%のブリーディング試験結果を図1に示す。FAを20kg/m<sup>3</sup>使用することで、60分までのブリーディング量は約20%に抑制されることが確認された。しかし、最終のブリーディング量は0.45cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>と比較的多くなった。凝結試験で得られた始発時間はFAなしで18.6時間、FAありで20.2時間であり、約20°Cでの一般的な始発時間約6~7時間に比べると相当遅延している。また、FAを使用することで、1.5時間程度の凝結遅延が生じた。これらが原因でブリーディングが長時間継続し、最終量も増えたものと考えられる。

### 3. 3 圧縮強度特性および静弾性係数

CWS-NCの圧縮強度とセメント水比(C/W)の関係を本研究室で実施したNCのデータと併せて図2に示す。FAを使用していないCWS-NCは、NCと同様に線形関係が認められる。しかし、NCの直線の傾きに比べて大きくなった。これは、W/C=50%, 55%の配合の材料分離による圧縮強度の低下が原因であると考えられる。そこで、FAを20kg/m<sup>3</sup>使用すると、圧縮強度の向上が確認された。また、CWS-LCでは、NCと同様に線形関係が認められ、圧縮強度は向上することが確認された。

CWS-NCおよびCWS-LCの静弾性係数と圧縮強度の関係を土木学会コンクリート標準示方書の値<sup>1)</sup>と併せて図3に示す。CWS-NCおよびCWS-LCともに静弾性係数の向上が見られ、特に軽量コンクリートはその向上が顕著であった。

## 4. 結論

CWS-NCにおいて、W/C=50%以上の配合では材料分離が生じる可能性が高いが、FAを20kg/m<sup>3</sup>用いることで、材料分離や初期のブリーディング量の抑制、圧縮強度の改善および静弾性係数の向上が確認された。ただ

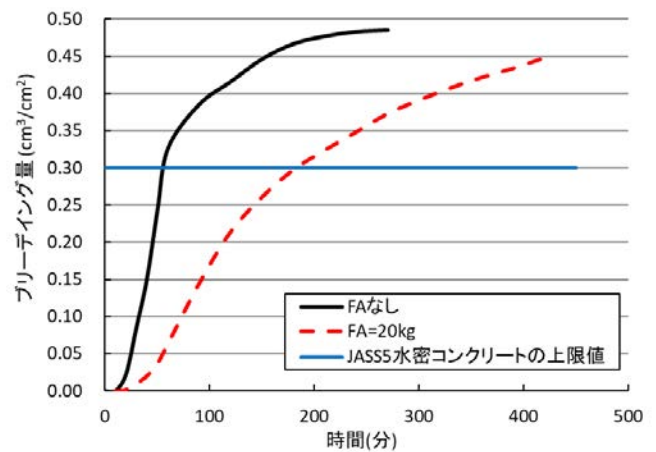


図1 CWS-NCのブリーディング量の経時変化

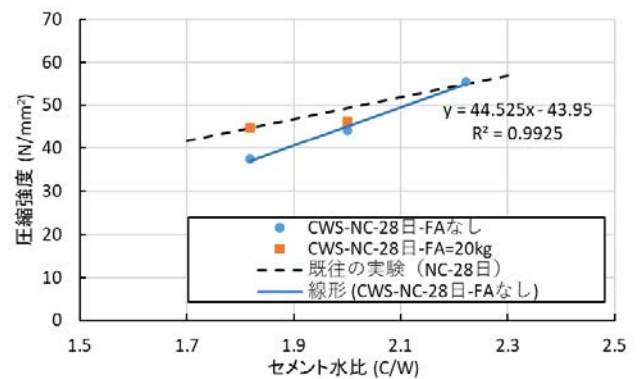


図2 CWS-NCの圧縮強度とセメント水比C/Wの関係

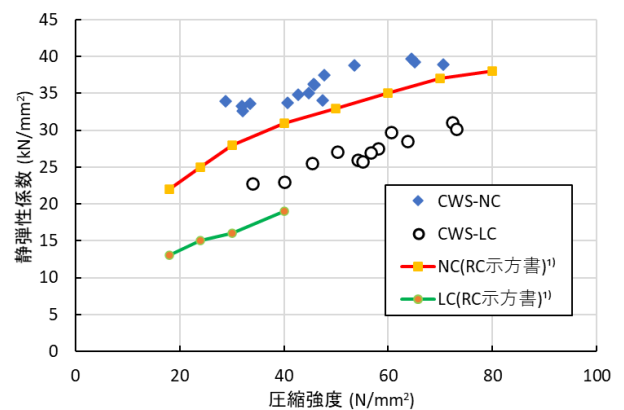


図3 静弾性係数と圧縮強度の関係

し、約6~10°Cの環境ではブリーディング量の増大と凝結遅延が生じるため、初期養生には留意が必要である。

## 謝辞

本研究は2021年度(一社)近畿建設協会の研究助成を受けたものである。

## 参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[設計編]，2018.3.