

混和材と石炭ガス化スラグ細骨材を併用したコンクリートの強度特性・耐久性評価(2)
水の浸透および中性化に対する抵抗性に及ぼす影響

東京電力ホールディングス ○ 正会員 小林保之
正会員 松浦忠孝

1. はじめに

石炭ガス化スラグ細骨材（以下、CGS という）を用いたコンクリートは、セメント種類に普通ポルトランドセメント（以下、OPC という）を用いた配合を中心とした近年の研究によって設計施工の標準化が進められている。一方、環境負荷低減や高耐久化を指向するうえで、フライアッシュ（以下、FA という）や高炉スラグ微粉末（以下、BFS という）等の混和材、あるいは混合セメントとの利用は欠かすことができない。今後のCGS 利用普及を堅固なものとするには、CGS とこれら混和材等を併用したデータを蓄積し、整理していくことが必要である。

本研究では、CGS とFA またはBFS を併用したコンクリートについて基礎的な硬化物性を評価することを目的として、前稿(1)圧縮強度および静弾性係数に及ぼす影響¹⁾に続き、耐久性の評価として、水の浸透および中性化に対する抵抗性の評価を行った。

2. 使用材料

試験に使用した材料、コンクリート配合（表-1）は、前稿¹⁾と同様である。CGS は、JIS A 5011-5 に適合するもの、混和材はFA II 種およびBFS 4000 に適合する材料を用いた。コンクリート配合は、水結合材比（W/B）を50%一定とし、混和材置換率は、FA/B=25%、BFS/B=45%とした。CGS を用いた配合のCGS 混合率は、50%である。

3. 試験方法

水の浸透に対する抵抗性の評価は、JSCE-G582「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法（案）」に基づき実施した。なお、浸水深さを求めるための現像剤はNDIS 3423 適合の水分検出剤（モレ

ミール W450 型）を利用した。中性化に対する抵抗性の評価は、JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」により（本稿では促進材齢13 週まで）実施した。なお、CGS の反応性は、混和材と同様に養生（水分供給）の影響を受けることが予想されることから、それぞれの配合について養生方法を2 水準（①脱型後、20℃水中養生、②型枠存置5 日または7 日後、20℃、60%RH 気中養生）設定し、養生による影響も確認することとした。ここに、図中の凡例のW は水中養生、D は気中養生を指す。

4. 試験結果と考察

4.1 水分浸透速度係数

水分浸透速度係数試験の結果を配合種類別に図-1 に示す。水中養生のOPC-50-W の水分浸透深さは、OPC-0-W と比較しておよそ半減しており、既往の知見²⁾のとおりにCGS が水分浸透抵抗性の向上に寄与することを示している。一方、気中養生のOPC-50-D の水分浸透深さはOPC-0-D とほぼ同等となっており、水中養生時のような性能向上が発現しない結果となった。この結果は、CGS の利用によって水分浸透抵抗性の向上を期待する場合には、湿潤養生が重要であることを示唆している。

水中養生のFA およびBFS 配合は、OPC 配合より水分浸透深さが浅くなっており、混和材の反応が組織の緻密化をもたらしていることを示している。ただし、FA-0-W とFA-50-W、BFS-0-W とBFS-50-W はそれぞれ同等の水分浸透深さとなっており、CGS の利用による明らかな性能向上は認められなかった。この結果から、混和材を使用した配合では、CGS の反応より混和材の反応が支配的になると考えられる。他方、気中養生のFA およびBFS

表-1 コンクリート配合

配合 No.	W/B	S/a	CGS 混合率	単位量 kg/m ³							フレッシュ性状					
				W	B		S		G	AD1 C×%	AD2 C×%	AD3 C×%	スランプ cm	空気量 %	コンクリート温度 ℃	
					C	FA	BFS	SI								CGS
OPC-0	50	47	0	160	320			841	0	968	0.35	0.0025		12.0	3.8	21
OPC-50			50					421	455		0.35	0.0025		12.0	4.7	21
FA-0			0		240	80		828	0	955	0.05		0.08	13.5	4.0	21
FA-50			50					415	449		0.10		0.06	13.5	4.3	21
BFS-0			0		176		144	836	0	960	0.35	0.0025		13.0	3.8	21
BFS-50			50					418	452		0.35	0.0030		14.0	4.8	21

キーワード 石炭ガス化スラグ細骨材 混和材 水分浸透速度係数 中性化速度係数 湿潤養生

連絡先 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 東京電力ホールディングス（株）経営技術戦略研究所 TEL045-585-6000

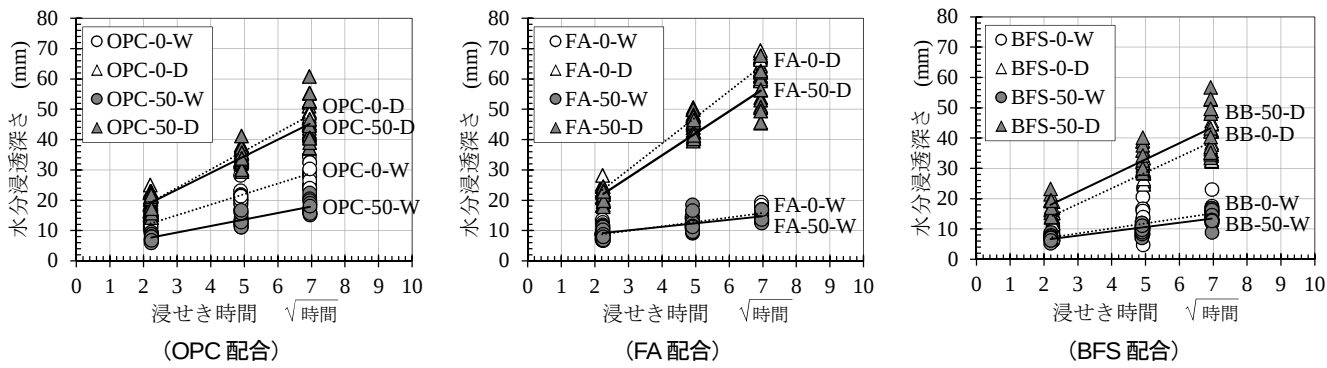


図-1 水分浸透速度係数試験の結果

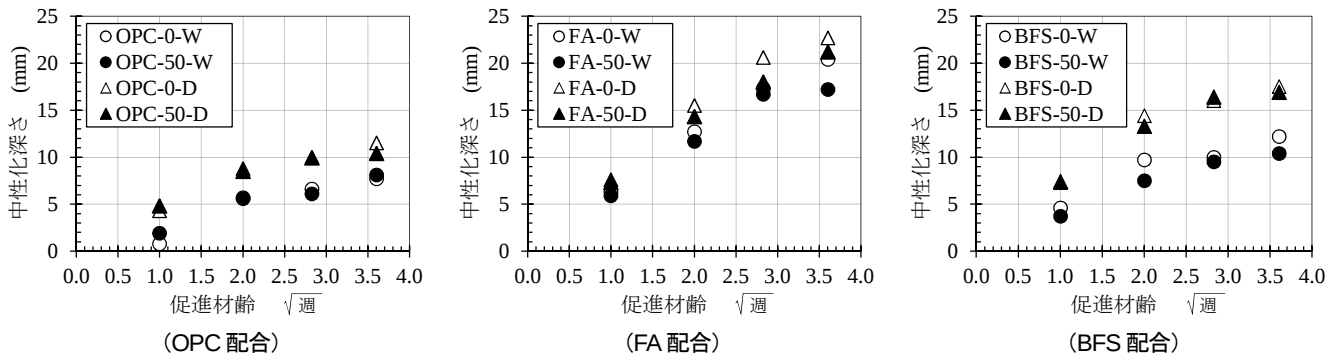


図-2 促進中性化試験の結果

配合は、混和材およびCGS利用による水分浸透抵抗性の向上は認められず、湿潤養生が一層重要であることを示す結果であった。

4.2 中性化速度係数

促進中性化試験の結果を図-2に示す。CGSは、その反応性によってFAやBFSと同じように水和生成物である水酸化カルシウムCa(OH)₂量を低下させると考えられる。しかし、今回の結果において、OPC、FA、BFS配合ともに、また水中・気中養生ともに、CGSの利用によって中性化が促進される傾向は認められなかった。すなわち、OPC配合によって確認されている既往の研究³⁾と同様に、混和材を使用した場合も、CGSが中性化の進行に与える影響は一般の骨材と同等と見なしてよいと判断される。

ここで、水中・気中の養生違いに着目すると、水中養生の方が何れの結合材においても中性化深さが抑制される傾向にある。特にFAやBFS配合では、促進期間が長くなると中性化深さの増加が小さくなる傾向にあり、特にFA-50-WやBSF-50-Wでは、7週と13週でほぼ同程度の中性化深さとなっている。また、FA-0-WとFA-50-Wの差異はCGSの効果とも言え、この傾向はBFS配合でも確認できる。この結果からも中性化に対する抵抗性を得るためには、湿潤養生、すなわち施工時の初期養生が重要であると言える。

表-2 水分浸透速度係数および中性化速度係数の算定結果

配合 No.	水分浸透速度係数 (mm/ 時間)		中性化速度係数 (材齢13週時点) (mm/ 週)	
	W 水中養生	D 気中養生	W 水中養生	D 気中養生
OPC-0	3.47	6.04	2.14	3.19
OPC-50	2.14	5.51	2.25	2.88
FA-0	1.46	8.64	5.66	6.30
FA-50	1.15	7.27	4.77	5.88
BFS-0	1.66	5.18	3.38	4.85
BFS-50	1.43	5.33	2.88	4.69

5. まとめ

表-2には、今回の試験結果より得られた水分浸透速度係数、中性化速度係数の算定結果を示す。この整理結果から、CGSの利用は水の浸透に対する抵抗性、中性化に対する抵抗性を向上し得るが、混和材を使用した配合では、混和材の反応による効果が支配的となるとともに、これら耐久性向上の効果を得るには、養生に十分な配慮が必要であることが確認された。

参考文献

1) 松浦忠孝, 小林保之: 混和材と石炭ガス化スラグ細骨材を併用したコンクリートの強度特性・耐久性評価(1) 圧縮強度および静弾性係数に及ぼす影響, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.78, 2023.
2) 松浦忠孝, 小林保之: 石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの物質移動抵抗性の検討(2) 水分移動速度係数に関する一考察, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.77, V-532, 2022.
3) 松浦忠孝, 鷲巣正樹, 前島拓, 岩城一郎: 石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの基礎的性質に関する検討, セメント・コンクリート論文集, Vol.75, No.1, pp.210-217, 2022.