

石炭ガス化スラグを用いたコンクリートのフレッシュ性状及び強度特性に関する検討

日本大学 非会員 ○佐藤彩映 中川太晴 学生会員 相内豪太

正会員 前島拓 フェロー 岩城一郎

東京電力ホールディングス株式会社 正会員 松浦忠孝

1. はじめに

近年、カーボンニュートラル社会の実現に向けて、発電効率が高く、CO₂の分離回収設備の付設が容易な石炭ガス化複合発電(以下、IGCC)が注目されている。IGCCは現在、全国で3基が稼働しており、IGCCからは石炭ガス化スラグ(以下、CGS)が副産物として排出される。CGSは昨年度、コンクリート用スラグ骨材としてJIS A 5011-5に制定されたものの、CGSを用いたコンクリートの利用実績は少なく、また、置換率をはじめとする適切な配合選定はなされていない。そこで本研究では各IGCCから排出されるCGSの置換率をパラメータとした供試体を作製し、フレッシュ性状及び強度特性について実験的に検討した。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

表-1にコンクリートの配合を示す。単位水量 170kg/m³、水セメント比 50%、細骨材率 46%の普通コンクリート(N)を基準とし、P1 および P2 から排出されるCGSを全細骨材量に対してそれぞれ 30%、50%、100%で容積置換した 6 条件、P3 のCGSを細骨材に対して 50%で置換した 1 条件とした計 8 条件である。

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤(C×%)		Slump (cm)	Air (%)	温度 (°C)
			W	C	S	CGS	G	AE減水剤	AE剤			
N	50.0	46.0	170	340	823	0	988	1.0	0.002	11.0	5.6	22.0
P1-30%					576	259		0.8	0.004	12.0	5.9	22.0
P1-50%					411	431		0.6	0.005	12.5	6	22.0
P1-100%					0	863		0.6	0.008	9.5	5.8	22.0
P2-30%					575	275		0.7	0.003	11.5	6.0	23.5
P2-50%					411	459		0.5	0.004	11.5	5.5	23.5
P2-100%					0	919		1.0	0.003	10.5	6.0	23.0
P3-50%					411	465	983	0.8	0.020	14.0	5.9	12.5

る。なお、いずれの配合についても目標スランプを 12±2.5cm、目標空気量を 5.0~6.0%として AE 減水剤及び AE 剤により調整した。その結果、CGS を 100%置換した配合においても大幅な混和剤の増減はなく、普通コンクリートと同様の配合設計が可能であることを確認した。モルタルはコンクリート配合から粗骨材を除いた配合であり、N と各 CGS を細骨材に対してそれぞれ 30%、50%、100%で容積置換した計 10 条件である。なお、混和剤は使用していない。試験項目は、コンクリートではスランプ試験、空気量試験、ブリーディング試験、凝結時間試験、圧縮強度試験であり、モルタルではブリーディング試験のみ実施した。

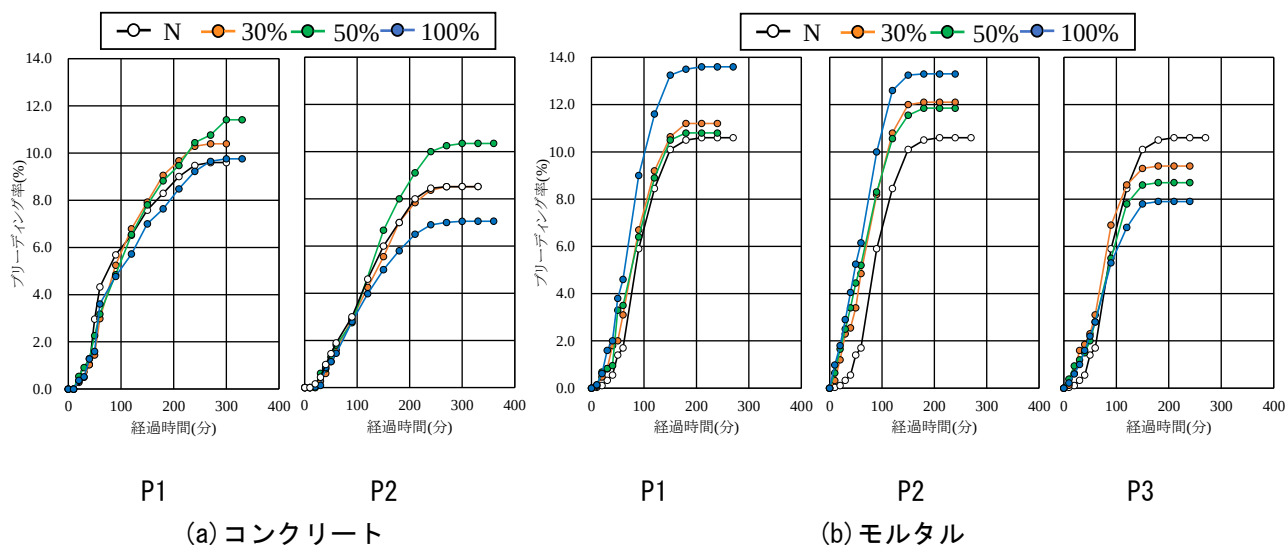


図-2 ブリーディング試験

キーワード 石炭ガス化スラグ、フレッシュ性状、強度発現性

住所 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8721

3. 実験結果及び考察

図-2 にブリーディング試験結果を示す。コンクリートのブリーディング試験では、N に対し、P1 は 100% が同程度、30%、50% はブリーディングが増加する結果であった。P2 は 30% が同程度、50% は増加、100% はブリーディングが抑制される結果であった。既報¹⁾では置換率を増加させるとブリーディングが増大する傾向が示されており、本試験においては同一のフレッシュ性状とするために混和剤の量を変更したことで傾向が異なったものと推察される。そこで、CGS の置換率とブリーディングの本質的な関係について確認するため、モルタルで再検証した。モルタルでは N に対し、P1 は 30%、50% で同程度、100% は増加する結果であった。また、P2 も同様の傾向であり、置換率に伴いブリーディングが増加した。一方で、P3 は置換率に伴いブリーディングが抑制される結果であった。このことから、置換率に伴ってブリーディングは必ずしも増大するわけではなく、CGS の種類や混和剤の使用量によって差異が生じることを明らかとした。図-3 に凝結時間試験結果を示す。図より、P1 は N に対して始発時間が、P2 では終結時間がわずかに遅延する傾向であり、CGS 細骨材を用いたコンクリートは、普通コンクリートと同様の凝結時間を得られることを確認した。図-4 に圧縮強度試験結果を示す。材齢 7 日時点では、P1、P2 いずれも置換率に伴い強度が低下する傾向であり、N よりも強度が低い結果であった。これは CGS の表面が平滑であるためセメントペーストとの付着強度が低下し、骨材周囲の遷移帯が脆弱になったことなどが影響していると推察される。その後、P1、P2 いずれも顕著な強度増進が見られ、材齢 91 日以降では置換率に伴い強度が高くなる傾向であり、N よりも高い強度を示した。長期材齢においては CGS そのものの反応により、遷移帯が緻密化し、強度増進したものと考えられる。一方、P3 は材齢 7 日時点においても N より高い圧縮強度を示した。これは、P3 は他の CGS よりも微粒分量が多いことなどに起因するものと推察され、今後は反応性を分析するなどより詳細な検討を進める予定である。

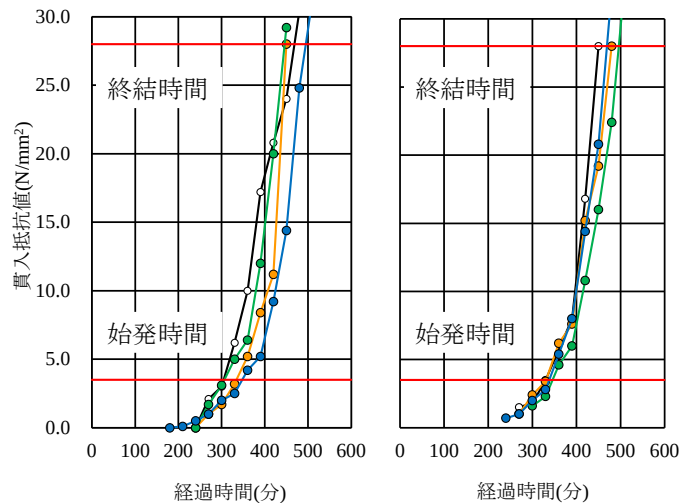
4. まとめ

CGS を用いたコンクリートは置換率によらず普通コンクリートと同様の配合設計が可能であり、普通コンクリートと同程度の凝結時間であることを確認した。また、ブリーディングについては CGS の種類や混和剤の使用量によって傾向が異なることを明らかとした。強度発現性については、CGS の種類によって若材齢の強度発現性が異なることを明らかとし、長期材齢においては CGS そのものの反応とみられる強度増進効果が確認され、普通コンクリートよりも高い圧縮強度が得られた。今後は CGS の物理化学的分析を進め、ブリーディングや強度発現性に及ぼす影響についてより詳細に検証し、各 CGS の最適な置換率について検討を進める予定である。

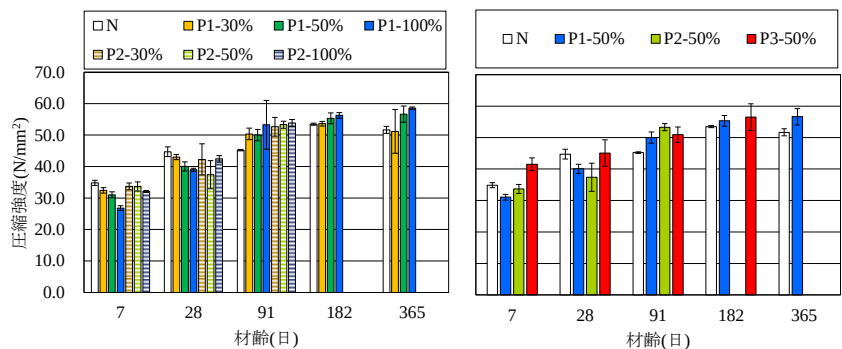
【謝辞】本研究の一部は NEDO 助成事業（2019～2021）および IGCC 関係法人の共同運営により実施した試験結果から得たものである。

【参考文献】

1)北辻 政文：石炭ガス化溶融スラグのコンクリート用細骨材としての利用に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.1



(a) P1 (b) P2
図-3 凝結時間試験



(a) P1 及び P2 (b) 50%での比較

図-4 圧縮強度試験