

石炭ガス化スラグを細骨材として用いたコンクリートの凍結融解抵抗性

日本大学工学部 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 松浦忠孝

1. はじめに

近年，新たな発電方式として注目されている石炭ガス化複合発電(IGCC)から副産される石炭ガス化スラグ(CGS)は，2020 年に JIS A 5011-5 としてコンクリート用スラグ骨材として制定されており，実構造物への利用に向けた検討が進められている．この CGS は石炭起源の材料であることからコンクリートに混和することで，ポゾラン反応に起因するとみられる長期強度増進効果や塩分浸透抵抗性の向上に寄与することが明らかとなっている¹⁾．一方で，CGS を過度に置換した場合，ブリーディングが増大し，それに伴って凍結融解抵抗性が低下する可能性が報告されている．また，IGCC は現在 2 基が積雪寒冷地域である福島県で稼働しており，福島県内のコンクリート材料としての利用を想定すると CGS を用いたコンクリートにおいても耐凍害性の確保は必須である．そこで本研究では，CGS の種類および置換率をパラメータとした供試体を作製し，凍結融解抵抗性について実験的に検討した．

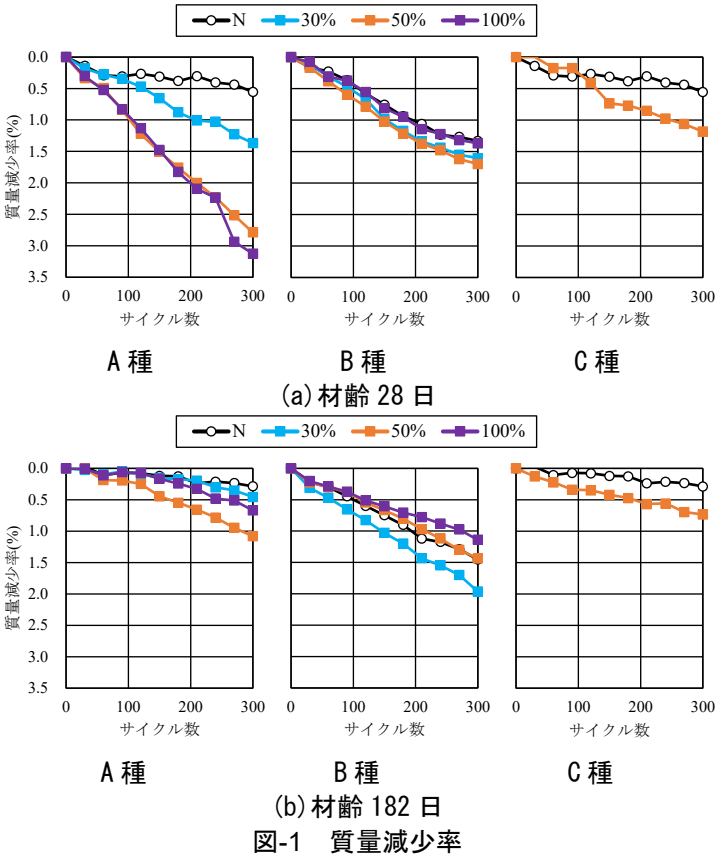
2. 実験概要

表-1 にコンクリートの配合を示す．なお，試験開始材齢の 28，182 日の圧縮強度を併記している．CGS は福島県内の IGCC で副生される A，B 種，比較として広島県の

IGCC で副生される C 種の 3 種類を使用した．表より，単位水量 170kg/m³，水セメント比 50.0%，細骨材率 46.0%の普通コンクリート(N)を基準配合とし，CGS は N の細骨材の容積に対し，30%，50%，100%で置換した(C 種は 50%のみ)．コンクリートのフレッシュ性状はスランプ 12±2.5cm，空気量 5.0~6.0%を満足するように AE 減水剤および AE 剤により調整した．圧縮強度は，材齢 28 日では A，B 種を混和した条件ではいずれも N よりも強度が低い傾向であるものの，C 種は N と同程度の強度であった．一方，材齢 182 日では，種類によらず N よりも強度が高い結果であり，特に A，B 種では置換率に伴い強度増進し CGS の混和による長期強度増進効果がみられた．凍結融解試験は，JIS A 1148 法と，凍結防止剤散布環境下での利用を想定し，3%NaCl 水溶液を試験媒体とした ASTM C672 法による 2 種類を実施した．なお，JIS 法による試験については基準の 28 日に加え 182 日の 2 材齢で実施した．

表-1 コンクリートの配合

ID	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(C×%)		Slump (cm)	Air (%)	圧縮強度(N/mm ²)	
			W	C	S	CGS	AE減水剤	AE剤			材齢28日	材齢182日
N	50.0	46.0	170	340	823	0	1.0	0.002	11.0	5.6	44.7	53.4
A-30%					576	259	0.8	0.004	12.0	5.9	43.0	53.6
A-50%					411	431	0.6	0.005	12.5	6.0	40.0	55.3
A-100%					0	863	0.6	0.008	9.5	5.8	39.0	56.3
B-30%					576	276	0.7	0.003	11.5	6.0	42.3	55.2
B-50%					411	459	0.5	0.004	11.5	5.5	37.4	56.2
B-100%					0	919	1.0	0.003	10.5	6.0	42.4	61.6
C-50%					411	465	0.8	0.020	14.0	5.9	45.1	56.5



3. 実験結果及び概要

図-1, 2 に JIS 法による凍結融解試験結果として質量減少率と相対動弾性係数の推移を示す。図より、材齢 28 日で開始した試験において、CGS を用いたコンクリートはいずれも N より質量減少率が増加し、スケーリング抵抗性が低下する結果であった。一方、相対動弾性係数は A 種では置換率に応じてわずかに低下するものの、B, C 種は N と同程度であり、CGS の種類によって傾向が異なった。材齢 182 日で開始した試験では、A 種は材齢 28 日の試験結果と比較して質量減少率の増加が抑制されており、相対動弾性係数も N と同程度まで向上するなど凍結融解抵抗性が明らかに向上する結果であった。A 種では、材齢経過に伴うコンクリートの強度増進と遷移帯を含む組織の緻密化により普通コンクリートと同程度まで凍結融解抵抗性が向上したものと推察される。一方、B, C 種は材齢 28 日の結果と比較して質量減少率、相対動弾性係数いずれも大きな差異は見られず、長期材齢における凍結融解抵抗性の向上は見られなかった。なお、本検討において CGS を使用したコンクリートは試験開始材齢および CGS の種類、置換率に関わらず相対動弾性係数が 90% 以上を示しており、5.0~6.0% の空気量を確保することで十分な耐凍害性を有するものと判断される。図-3 に ASTM 法による凍結融解試験結果を示す。図より、N に対して CGS を用いた配合はいずれもスケーリングが増加する結果であった。ASTM 法では供試体の水中養生期間が 14 日間であり、試験開始材齢である 28 日では強度が十分に発現せず、凍結融解抵抗性が低下したものと推察される。一方で、試験終了時点のスケーリング量がいずれも 1.0kg/m^2 以下であり、さらに試験面の状態は粗骨材が露出するほど深さ方向にスケーリングが進展していない。このことから本試験が 3%NaCl 水溶液を試験媒体とした厳しい条件での凍結融解試験であることを勘案すると、本検討配合においてはいずれも塩分環境下においても一定のスケーリング抵抗性を有するものと判断される。

4. まとめ

本研究では、CGS の種類および置換率をパラメータとした供試体を作製し、凍結融解抵抗性について実験的に検討した。その結果、CGS を用いたコンクリートはいずれも置換率に応じてスケーリングが増大することを明らかにした。一方で、長期材齢においては強度増進と遷移帯を含む組織の緻密化により凍結融解抵抗性が向上し得ること、また、いずれの条件でも相対動弾性係数は 90% 以上と良好であり、5.0~6.0% の空気量を確保することで、十分な耐凍害性を有するものと考えられる。さらに、凍結防止剤散布環境下を想定した凍結融解試験により、塩分環境下においても一定のスケーリング抵抗性を有することを示した。

参考文献 1) 松浦忠孝ほか：石炭ガス化スラ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，pp.210-217，2021

