

石炭ガス化スラグを用いたコンクリートの耐火性に関する実験的検討

日本大学 学生会員 ○林 祐太 東京電力ホールディングス（株） 正会員 松浦 忠孝
日本大学 正会員 子田 康弘

1. はじめに

コンクリート構造物は火害を受けると受熱温度、受熱時間により表面及び内部に微細ひび割れの発生、セメント水和生成物の熱分解が生じ、圧縮強度の低下、中性化の進行および物質侵入抵抗性の低下等の劣化が起こる。また、火害は損傷の程度によっては、補修・補強等の対策を講じる必要がある。この種の対策にあたっては、まず損傷の診断を実施する。火害を受けたコンクリートの損傷診断の指標としては、受熱温度と受熱時間によって変わるひび割れ量など、受熱面に変状が表れる特性が利用される。一方で、現在カーボンニュートラル社会実現への貢献が期待されるクリーンコールエネルギー技術のIGCCから副生される石炭ガス化スラグ細骨材 CGS の普及に向け様々な研究が展開されている。しかし、CGS を用いたコンクリートについては、実構造物に適用する上での一般的な性質は取得されているものの、火害についての検討は少ない。そこで本研究では、CGS を用いたコンクリートの性質を調べるため耐火性に関する検討を行った。

2. 実験概要

表-1 に実験条件を示す。表より、CGS 混合率を 30%,50%, 最高温度を 400℃, 600℃, 最高温度保持時間を 1h, 2h, 3h, とする合計 12 条件で試験を行った。表-2 にコンクリートの配合、表-3 に本検討で使用した CGS の物性値を示す。表より、水セメント比(W/C)は、既往の研究りと比較するため 50%で作製した。図-1 に本実験の加熱曲線の例を示す。図より、最高温度保持時間は、設定最高温度に達した時点を保 持時間開始とした。温度管理は試験体の加熱面とし、放射温度計を用いて 15 分毎に計測を行った。図-2 に、供試体形状の概要を示す。供試体は φ100mm×100mm で作製し、供試体には結束バンドによる自由膨張の抑制と、熱の発散を防ぐ断熱の措置を行った。また、加熱面は型枠底面とし、加熱にはガスバーナーを用いた。計測については、供試体作製後、加熱前後の超音波伝播速度の計測と加熱面のひび割れ密度を測定した。超音波伝播速度の測定では、深さ方向の損傷を調べるため加熱後供試体を熱伝達方向に切断し、深さ方向に 20mm 間隔ごとの測定も実施した。

表-1 実験条件

供試体名	CGS混合率		最高温度(℃)		最高温度保持時間			供試体数
	30%	50%	400	600	1h	2h	3h	
400-1-30	○		○		○			1
400-2-30	○		○			○		1
400-3-30	○		○				○	1
600-1-30	○			○	○			3
600-2-30	○			○		○		3
600-3-30	○			○			○	3
400-1-50		○	○		○			1
400-2-50		○	○			○		1
400-3-50		○	○				○	1
600-1-50		○		○	○			3
600-2-50		○		○		○		3
600-3-50		○		○			○	3

表-2 コンクリート配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スラン プ (cm)	水セメ ント比 W/C (%)	空 気 量 (%)	細骨 材率 s/a (%)	CGS 混合率 (%)	単位量(kg/m³)					混和剤(kg)	
						水	セメ ント	CGS	細骨 材	粗骨 材	AE 減水 剤	AE 助剤
						W	C		S	G		
20	7.5	50	1.8	46	30	4.25	8.5	6.98	14.4	24.8	0.068	0.01
	5		2.4		50			11.6	10.28			0.03

表-3 CGS 物性値

項目	試験成績
絶乾密度	2.99 (g/cm³)
吸水率	0.63 (%)
単位容積質量	2.07 (kg/L)
粗粒率	2.39
微粒分量	6.9 (%)

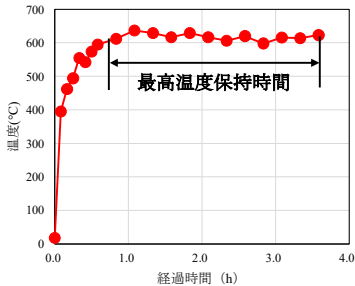


図-1 本実験の加熱曲線の例



1) 供試体 2) 結束バンド 3) 断熱材
図-2 供試体概要

キーワード 火害損傷, 石炭ガス化スラグ, ひび割れ密度
連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 TEL 024-956-8721

3. 実験結果及び考察

図-3 に、加熱面の損傷状態を示す。図より、CGS と、普通コンクリートの加熱面を比較したところ、ひび割れ密度は増加しており、ひび割れ幅も大きくなっていることを確認した。図-4 と図-5 に、超音波伝播速度の測定結果を示す。図中の橙点線は加熱前の健全な状態の超音波伝播速度(4762m/s)である。図より、加熱温度が高く、加熱時間が長くなるに従って深部(80mm 位置)の超音波伝播速度が遅くなる傾向にある。CGS 混合の供試体と普通コンクリートの600℃加熱の伝播速度の値を比較すると、CGS 混合の供試体の方が値は大きい結果となった。また、加熱面付近の超音波伝播速度を見ると、CGS 混合の供試体は普通コンクリートの超音波伝播速度400℃から600℃加熱の間に推移しており、深部の伝播速度もそれに近い位置にプロットされた。

CGS30%の場合は、600℃1h と2h 加熱は普通コンクリートの400℃1h 加熱相当、600℃3h 加熱は600℃1h 加熱と同程度の損傷であった。CGS50%の供試体の場合は、600℃1h 加熱は普通コンクリートの400℃3h 加熱相当、600℃2h と3h 加熱は600℃1h 加熱と同程度の損傷であることを確認した。図-6 と図-7 に、400℃加熱と600℃加熱それぞれの普通コンクリートの超音波伝播速度に対するCGSの超音波伝播速度の比を示す。図より、表面付近では、1.0 以下になる場合があるが40mm 以深ではほぼ全ての値が1.0 以上を示した。つまり、普通コンクリートよりも火害損傷の程度が小さいことを意味しており、CGS コンクリートは耐火性を有する可能性が示唆された。また、本実験の範囲のCGS 混入率による差異は明確には表れなかった。なお、CGS コンクリートの損傷の程度が小さくなるメカニズムは今後の検討課題とする。

4. まとめ

本研究では石炭ガス化スラグを用いたコンクリートの耐火性について検討した。その結果、CGS コンクリートは普通コンクリートと比較し、深さ方向の火害損傷が抑えられており、耐火性を有する可能性を得た。実験は、CGS 混合率を30%と50%とする2条件のみであったが、今後は、温度条件、CGSの種類や混合率を換え、再現性など検討する予定である。

謝辞: 本研究に使用したCGSは、JCOALを事務局とする石炭ガス化スラグ共同運営委員会より提供を受けた。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】 1) 林祐太, 小澤満津雄, 子田康弘: 火害を受けたコンクリートの深さ方向の損傷判別決定境界に関する実験的検討, 土木学会全国大会, V-505, 2022



a)普通 600℃-3h b)CGS30%-600℃-3h c)CGS50%-600℃-3h

図-3 火害による表面損傷状況

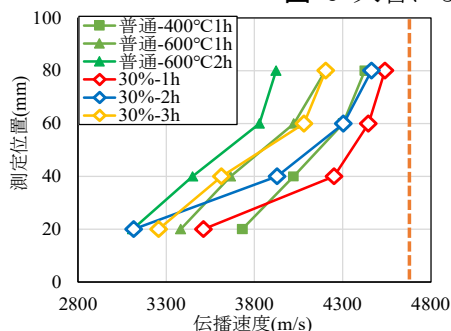


図-4 CGS30%深さ方向の伝播速度

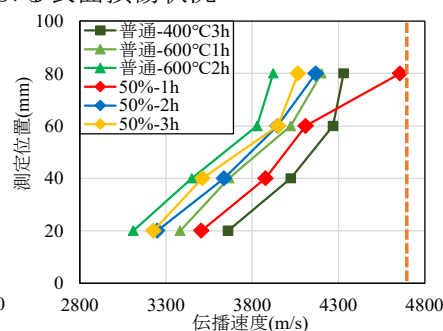


図-5 CGS50%深さ方向の伝播速度

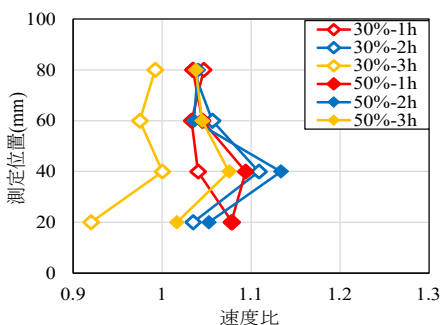


図-6 400℃加熱の伝播速度比

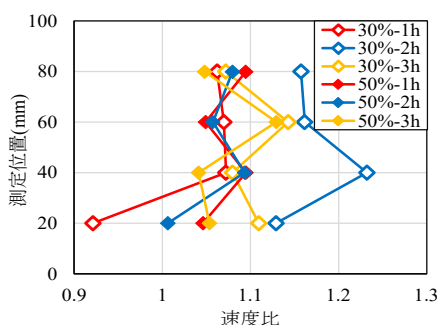


図-7 600℃加熱の伝播速度比