

クリンカー細骨材を用いたコンクリートの蒸気養生特性

宇都宮大学 学生会員 ○鈴木 颯斗 宇都宮大学大学院 学生会員 伊藤 駿之介 大和田 瑞樹
宇都宮大学大学院 正会員 藤原 浩巳 丸岡 正知 太平洋セメント(株) 正会員 林 建佑

1. はじめに

国内の大きな課題としてごみ問題は深刻である。そこでセメント産業は循環型社会の実現に向けた取り組みの一環として廃棄物を有効利用している。特にセメントの中間生成物であるクリンカーの製造に多量の廃棄物を利用している。また、近年多発する自然災害による災害廃棄物を引き受け、資源にすることで被災地を支援している。このように持続的な発展を支えるセメント産業では新たな廃棄物の有効利用法の提案が必要であると考えられる。

近年の研究で廃棄物を有効利用したセメントクリンカーをコンクリートの細骨材に使用すると自己治癒性が発揮されることが明らかとされている¹⁾。自己治癒性とはひび割れ部分に外部から浸入した水が未反応のセメントと水和反応することで水和生成物の析出によりひび割れを塞ぐものである。これが構造物に使われることで軽微なひび割れならば補修をせずに安全に長くインフラの機能を発揮できると考える。本研究ではプレキャストコンクリート製品への適用を想定してピーライト・ゲーレナイト系クリンカー(GCL)¹⁾細骨材を用いたコンクリートの蒸気養生特性について検討する。

2. GCL 細骨材を用いたコンクリートの蒸気養生特性

2.1 使用材料および練混ぜ方法

使用材料を表 1 に示す。水セメント比は一般的なコンクリート製品適用を想定し 55%とした。GCL は細骨材に対して体積比 0%、50%、100%で置換した。

表 1 使用材料

種別	記号	使用材料	密度 (g/cm ³)
結合材	C	普通ポルトランドセメント	3.15
	S	鬼怒川産川砂(吸水率: 1.94%)	2.58(表乾)
細骨材	GCL	ピーライト・ゲーレナイト系クリンカー(吸水率: 1.10%)	3.16(絶乾)
	G	笠間産砕石 2005	2.63(表乾)
混和剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能AE減水剤	1.05
	AE	AE剤(高アルキルカルボン酸系イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体)	1.05
水	W	上水道水	1.00

練混ぜには公称容量 55L のパン形一軸強制練りコンクリートミキサーを使用した。練混ぜ手順はセメント、細骨材、粗骨材をミキサーに投入し空練りを 30 秒間行い、高性能 AE 減水剤を混和した練混ぜ水を投入し 1 分 30 秒間練り混ぜた後、消泡剤を投入し 30 秒間練り混ぜ排出した。スランプ 8.0±2.5cm、空気量 4.5±1.5%とした。

2.2 養生方法および圧縮強度試験

養生は図 1 に示すように最高温度と保持時間を組み合わせ、50°C3 時間、6 時間、60°C3 時間、6 時間、80°C3 時間、6 時間の 6 パターンで行い、蒸気養生後、脱型し、温度 20°C湿度 60%の恒温室にて封かん養生した。

試験は「JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠して行った。供試体は直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を 3 本作製した。

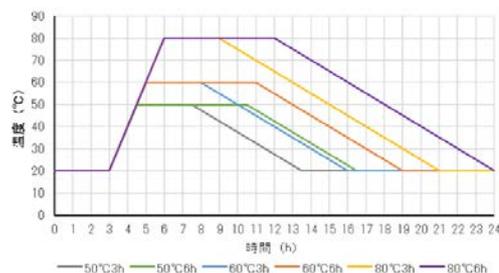


図 1 蒸気養生におけるプログラムパターン

圧縮強度試験結果を図 2 および図 3 に示す。GCL を細骨材に用いることで、GCL50%では GCL0%と同程度の強度を得た。GCL50%を含むコンクリートの圧縮強度増加の要因は GCL によって見かけの水結合材比が低下し、硬化体組織が緻密化されたことや、GCL 表面にて水和反応が生じ、密実になったためだと考える。また、GCL50%における 50°Cの低温養生の強度発現が良好であった。50°Cの低温養生が可能となれば、小さなエネルギー消費でコンクリートを製造できるため環境に優しいと言える。しかし、一定の傾向は今回の実験では認められず今後の検討が必要である。

キーワード: クリンカー細骨材、蒸気養生、乾燥収縮、凍結融解抵抗性

連絡先: 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

なお、養生温度 60°C、80°Cともに 3h と 6h では圧縮強度に差はなく、保持時間が長くなることで強度発現に有用とは言えなかった。

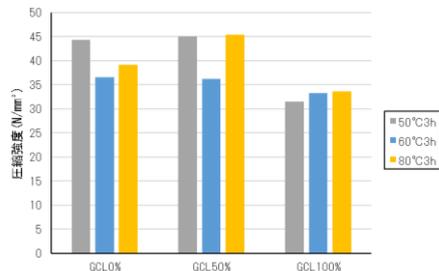


図 2 圧縮強度試験結果(3h 養生 14 日強度)

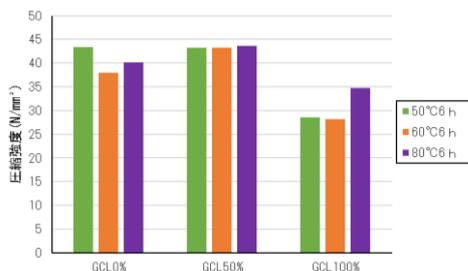


図 3 圧縮強度試験結果(6h 養生 14 日強度)

2.3 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験は「JIS A 1129 モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法 ダイアルゲージ方法」に準拠して行った。温度 60°C で 3 時間蒸気養生を行った後、温度 20°C 湿度 60% の恒温室にて封かん養生した。材齢 7 日で第 1 回目の測定を行い基長とした。開始から 0、1、3、7、14、21、28、42、56、70、91 日までそれぞれ測定を行った。

乾燥収縮試験結果として乾燥開始からの材齢と長さ変化率の関係を図 4 に示す。コンクリートに GCL 細骨材を用いることで乾燥収縮は小さくなる傾向を示した。また、細骨材の GCL 置換率が大きいほど乾燥収縮を抑えることができる結果となった。骨材界面の緻密化によるものと考えられるが今後の検討が必要である。

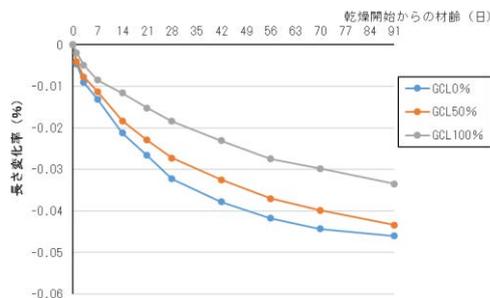


図 4 乾燥収縮試験結果

2.4 凍結融解試験

凍結融解試験は「JIS A 1148 コンクリートの凍結融解試験方法」に準拠して行った。最高温度 60°C 保持時間 3 時

間の蒸気養生を行った後、材齢 28 日に達した時点で第 1 回目の測定を行った。測定後は供試体をゴム製の容器に入れ水で満たし、常に湿潤状態で試験槽内に保管した。

凍結融解試験の結果を図 5 に示す。GCL50% は GCL0% と同程度の相対動弾性係数の値を示した。GCL100% はやや低下したが、どの配合でも相対動弾性係数 60% を下回ることにはなかった。予備実験結果を参考にすると GCL は表面が川砂よりも平滑であり、さらに細骨材の川砂よりも吸水率が小さいことから、GCL を混和すればするほどブリーディングが増加する。GCL100% はブリーディングの流れが AE 剤に連行された気泡の合一や破泡を促した結果、凍結融解抵抗性を低下させた²⁾と考えられる。

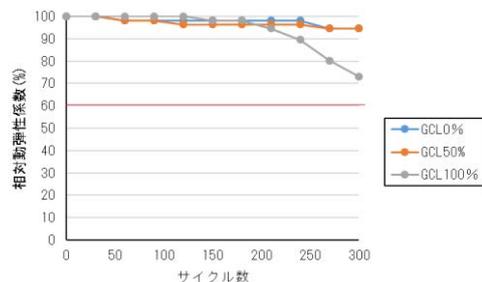


図 5 凍結融解試験結果

3. まとめ

- ・細骨材の GCL 置換率 50% では GCL 置換率 0% と同程度の圧縮強度を得ることができた。また、GCL50% における 50°C の低温養生の強度発現が良好であった。
- ・コンクリートに GCL を細骨材に用いることで乾燥収縮を抑えることができた。また、細骨材における GCL の置換率を大きくすればするほど乾燥収縮を抑えることができる結果が得られた。
- ・細骨材に用いた GCL の置換率 0%、50%、100% の 3 配合で、いずれも相対動弾性係数 60% を下回ることにはなく耐凍害性に悪影響はなかった。

参考文献

- 1) 伊藤駿之介・藤原浩巳・丸岡正知・林建佑：各種クリンカーを細骨材として用いたコンクリートの自己治癒性能評価に関する研究 コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No1, 2019, pp1415-1420
- 2) 坂田昇・菅俣匠・林大介・作榮二郎：コンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼすブリーディングの影響に関する一考察 コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No2, 2012, pp59-68