

クリンカー細骨材を使用したコンクリートの自己治癒性能および
プレキャストコンクリートへの適用性

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

1. はじめに

現在、セメント業界では、産業廃棄物・副産物を受け入れ、これらを原料としてセメントクリンカーを製造している。近年、廃棄物発生量の増減はほとんどないが、セメントの国内需要は減少傾向にあることから、今後もセメント業界での廃棄物の受入れ量を維持するためにはクリンカーのセメント以外の用途を考案する必要がある。そこで本研究では、クリンカーを製造する際に普通ポルトランドセメントクリンカー(NCL)の製造時のおよそ 2 倍に相当する廃棄物を使用し製造されたビーライト・ゲーレナイト系クリンカー(GCL)を使用することで廃棄物利用の向上を図る。また、クリンカーをコンクリートの細骨材に使用することでコンクリートにひび割れが発生した際に、ひび割れ発生面に浸入した水とクリンカーが水和反応を生じ、析出する水和生成物によりひび割れが充填されるというクリンカーの水和反応性を利用した自己治癒コンクリートについて検討する。

2. コンクリートの細骨材に GCL を用いた場合の自己治癒性能

2.1 使用材料および練混ぜ方法

使用材料を表-1 に示す。GCL は比較対象の砕砂と同じ粒度分布となるように粒度調整し、細骨材として用いた。水セメント比は一般的なコンクリート構造物に適用することを想定し 55%とし、GCL は細骨材に対して体積比で 0%、50%、100%置換した。

本研究では、自己治癒性能を評価する供試体の硬化組織の破壊を凍結融解作用により行うため、空気量の目標値を 1%以下とした。なお、空気量を極端に減らすことでスランプが調整しにくくなることが予想されたため、スランプの目標値は設定しなかった。

練混ぜには公称容量 55L のパン形一軸強制練りミキサを使用した。練混ぜ手順はセメント、細骨材、粗骨材をミキサに投入し空練りを 30 秒間行い、あらかじめ高性能 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。

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
細骨材	S	笠間産砕砂	2.63(表乾)
	GCL	ビーライト・ゲーレナイト系クリンカー	3.16(絶乾)
粗骨材	G	砕石2005	2.64
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
	DF	ポリアルキレングリコール系消泡剤	1.00
水	W	上水道水	1.00

2.2 自己治癒性能試験

試験手順を順に示す。直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を配合ごとに 3 本作製し、材齢 28 日まで 20℃水中養生を行い、その後凍結融解作用により内部組織ダメージを与え、再び 20℃水中で修復養生を行い 1 週ごとにその縦振動の一次共鳴振動数を測定し相対動弾性係数を求めた。凍結融解作用を与えてダメージを受けたことを確認した日を 0 日目とし、修復養生を行い、8 週間までの縦振動の一次共鳴振動数を測定した後、速やかに圧縮強度を測定した。

また、事前実験において凍結融解作用によるダメージレベルは配合毎に異なることが確認されたため 30 サイクルによるダメージ(レベルⅠ)と、縦振動の一次共鳴振動数が測定不可となるレベルまで凍結融解作用を繰返し与えたダメージ(レベルⅡ)の 2 パターンにおいて試験を行うこととした。

2.3 試験結果および考察

自己治癒性能試験の結果を図-1、修復養生 8 週後の圧縮強度試験の結果を図-2 に示す。図-1 では損傷を与える前の時点の動弾性係数を 100%とし凍結融解作用を与え終えた日から 1 週ごとに測定し、その結果を修復養生 8 週目までを示した。図-1 より、修復養生を行なうと初期に相対動弾性係数は大きく変化し、その後緩やかに収束する結果となった。ここで認められた相対動弾性係数の回復は、凍結融解作用によりダメージを受けた硬化体組織内に修復養生期間中に水が浸入し未水和の部分が反応した結果と考えられる。修復養生後の圧縮強度試験では GCL100%ではレベルⅠ・Ⅱともに修復養生 8 週目に 90%程度相対動弾性係数が回復しているが、修復養生後の圧縮強度試験結果では、差が確認され、特にレベルⅠでは十分な強度回復が認められなかった。これは相対動弾性係数では回復しているが、強度が回復するほど堅固ではないことを示しており今後の検討が必要である。

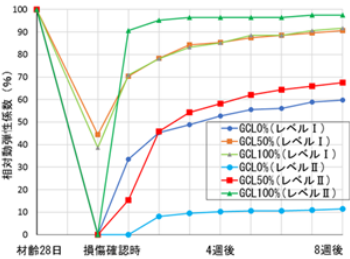


図-1 自己治癒性能試験

キーワード：自己治癒、クリンカー、相対動弾性係数、蒸気養生
連絡先：〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学

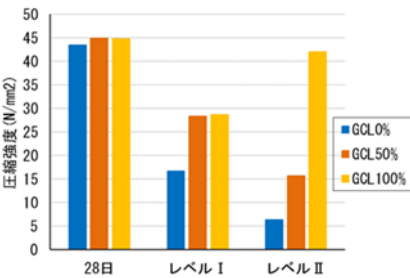


図-2 自己治癒後圧縮強度試験結果

表-2 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
細骨材	S	鬼怒川産川砂	2.58(表乾)
	GCL	ビーライト・ゲーレナイト系クリンカー	3.16(絶乾)
粗骨材	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
	DF	ポリアルキレングリコール系消泡剤	1.00
水	W	上水道水	1.00

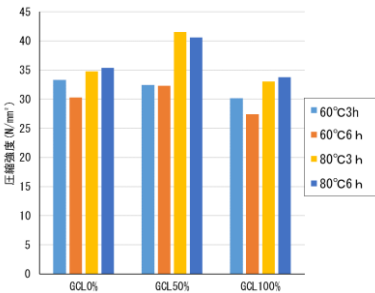


図-3 蒸気養生による圧縮試験結果 (14 日強度)

3. GCL 細骨材を用いたコンクリートの蒸気養生特性

3.1 概要

2 章ではクリンカーを細骨材として混和することコンクリートに自己治癒性能が付与されることが確認できた。本章では GCL 細骨材を用いたコンクリートの実用化について検討するため、養生温度、時間による強度発現性への影響を検討した。

3.2 使用材料および練混ぜ方法

使用材料を表-2 に示す。GCL は細骨材に対して、体積比で 0%、50%、100% 置換した。練混ぜ方法は 2.1 と同様に行った。

3.3 圧縮強度試験

圧縮試験は「JISA1108 コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠して行った。養生は蒸気養生後、温度 20℃ 湿度 60% の恒温室内にて封かん養生とした。

3.4 試験結果および考察

試験結果を図-3 に示す。GCL を混和することで圧縮強度が増加した。GCL 細骨材を用いたコンクリートでは蒸気温度が高いほうが高い圧縮強度を発現した。なお、60℃、80℃ともに 3h と 6h ではあまり強度に差は見られず、保持時間が長くなることが強度発現性に有用とは言えなかった。

表-3 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
細骨材	S	鬼怒川産川砂	2.58(表乾)
	GCL	ビーライト・ゲーレナイト系クリンカー	3.16(絶乾)
粗骨材	G	コンクリート用砕石	2.64
混和剤	SP	高性能AE減水剤 標準型 I 種	1.05
水	W	地下水	1.00

表-4 プレキャストコンクリート製品性能試験結果

配合名	破壊荷重 (kN)
GCL0%	114
GCL50%	160

4. GCL 細骨材を用いたコンクリートのプレキャスト部材への適用

4.1 概要

本章では実際のコンクリート二次製品製造工場の設備を利用し、コンクリートを練混ぜ、GCL 細骨材を混和した場合の製品に与える影響を検討した。

4.2 使用材料および練混ぜ方法

使用材料を表-3 に示す。GCL は細骨材に対して、体積比で 0%、50% 置換した。練混ぜには公称容量 500L の二軸強制練りミキサーを使用した。空気量、スランプの目標値を得るために適宜調整しながら練混ぜた。なお、実際に製造した二次製品は 400×400×1000 のボックスカルバートとした。

4.3 プレキャストコンクリート製品性能試験

試験は「JIS A 5363 プレキャストコンクリート製品 - 性能試験方法通則」に準拠し、単純はり形式載荷を行った。供試体はボックスカルバートとし、蒸気養生後、脱型し材齢 14 日まで気中養生を行い、試験を実施した。

4.4 試験結果および考察

プレキャストコンクリート製品性能試験の結果を表-4 に示す。表より、GCL50% 配合は、GCL0% 配合よりも高いひび割れ荷重を示した。また、GCL50% 配合も製品会社の社内規格を満たすことができた。蒸気養生を行ったことで GCL を混和することでの大幅な強度増加が確認できた。

5. まとめ

- 自己治癒性能は、GCL を細骨材に使用することで向上することが確認できた。
- 蒸気養生において、GCL 細骨材を用いたコンクリートでは高温による蒸気養生で高い圧縮強度を発現することを確認できた。
- プレキャストコンクリートにおいては GCL を混和することにより、無混和の配合と比較して強度が増加することが確認できた。

参考文献

1) 川戸陸也、藤原浩巳、丸岡正知、林建佑：ビーライト・ゲーレナイト系クリンカー骨材を用いたモルタルの各種性状とコンクリートの自己治癒性能に関する研究, Vol.40, No.1, pp.87-92, 201