

クリンカー骨材を用いたモルタルの自己治癒性能を中心とした硬化性状に関する研究

宇都宮大学大学院
宇都宮大学大学院
宇都宮大学大学院
太平洋セメント（株）

学生会員 ○根本 雅俊
正会員 藤原 浩巳
正会員 丸岡 正知
小早川 真

1. はじめに

近年、コンクリート構造物を長期供用するために一方策として、自己治癒性能の付与が挙げられている。

現在、膨張材やフライアッシュ等を材料として使用したコンクリートの自己治癒性能の研究が注目されている¹⁾。しかし、大量に混和することでしか自己治癒性能を有することが出来ないという問題点がある。

ここでは、クリンカーを骨材として用い、ひび割れが生じた際に、クリンカーの未水和部分と水の水和反応による生成物析出によりひび割れが小さくなり、自己治癒するという、「補修を必要としないコンクリートの開発」を目的としている。また、クリンカーは製造過程において原料を高温で焼成・造粒するため、比較的堅固であるため、硬化性状の向上の可能性についても検討した。

2. クリンカー骨材を用いたモルタルの自己治癒性能、硬化性状

2.1 使用材料及び配合

本研究における使用材料、配合条件を表-1および表-2に示す。表-1のGCLとは主な構成鉱物がビーライトからなるクリンカーであり、原料に多量の産業廃棄物を使用している。GCLは混合使用する川砂と同粒度となるように粉砕、粒度調整して用いた。

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%とした。クリンカーは細骨材に対して、体積比で0%から100%まで25%刻みで置換し、クリンカー細骨材量による性状の変化を調べた。

2.2 試験項目

(1) 自己治癒性能試験

本研究において、自己治癒性能を確認するため図-1に示す通水試験を行った。供試体作成の手順は脱型後に20℃水中で材齢28日まで養生した後に割裂し、模擬的にひび割れを設けた。模擬ひび割れとして間隔を保つため、厚さ0.3mmのテフロンシートを1辺5mmに裁断し割裂断面の四隅に挟み、ステンレスバンドで結束し、合成樹脂製接着剤を用いて側面の溝をシールした。供試体上部に

内径100mmの塩ビ管を接着し、塩ビ管内の水が水頭差80mm(水圧：約0.8kPa)と一定となるよう水を滞留させ不要な水はオーバーフローするように排水パイプをつないだ。また、通水試験時に使用する水は20℃のpH12.4の水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)飽和水溶液とした。本研究において自己治癒はCa²⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻の平衡濃度の影響を受けひび割れ間のCaCO₃の析出により生じると仮定しているため、ここではモルタルのCa²⁺が水中に分散しないようにCa(OH)₂飽和水溶液を用いた²⁾。供試体より上部に設置したタンクからホースにより供試体へ水を一定量供給する方法により通水試験を行った。

通水試験は3分間に供試体下面のひび割れから漏れ出る水量を計測した。測定は供試体を割裂した日を0日目として0, 1, 3, 7, 14, 21, 28日目に実施した。試験後の供試体はすべて20℃のpH12.4のCa(OH)₂飽和水溶液中にて保存した。試験時には取り出し、測定後は再びCa(OH)₂飽和水溶液に戻し、自己治癒を促した。通水量、通水量減少率、想定ひび割れ幅から自己治癒性能を評価する。想定ひび割れ幅の算出には、既往の研究において提案されている方法を用いた³⁾。

(2) 圧縮強度試験

JSCE-G 505に準拠した。養生は20℃水中養生とし、材齢7, 28日にて圧縮強度試験を行った。

(3) 乾燥収縮試験

JIS A 1129に準拠した。

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	2.62
細骨材	GCL	ビーライト・ゲーライト系クリンカー	3.16
	SP	ポリカルボキシル系高性能AE減水剤	1.05
混和剤	DF	消泡剤	1.00

表-2 配合条件

配合名	水セメント比 (%)	GCL/S (%)	単位量 (kg/m ³)			
			W	C	S	GCL
GCL0%	55	0	267	485	1464	0
GCL25%		25			1098	442
GCL50%		50			732	883
GCL75%		75			366	1325
GCL100%		100			0	1766

2.3 試験結果および考察

(1) 自己治癒性能試験結果

(a) 通水量

図-2に、通水量の変化を示す。図より、初期通水量の多いものは置換率が100%，75%，50%のものである。これは、GCL置換率増大に伴い鋭利なGCLにより割裂面の凹凸とスペーサーのなじみが悪く、想定したひび割れ幅より大きくなったためと推察される。

(b) 通水減少率

図-3に通水減少率の変化を示す。図より、GCL置換率に関わらず類似の減少傾向を示した。これは、どの配合にも等量存在する未水和セメントの反応による自己治癒現象と推察される。修復養生28日後には、すべての置換率において減少率は85%程度となった。

(c) 想定ひび割れ幅

図-4に、想定ひび割れ幅を示す。図より、いずれの場合も想定ひび割れ幅は小さくなる傾向を示した。修復養生28日後におけるひび割れ幅が、日本コンクリート工学会が補修を必要とするひび割れ幅としている0.2mm程度以下⁴⁾にまで減少していることが確認できた。

(2) 乾燥収縮試験結果

図-5には乾燥収縮試験結果を示す。図より、GCLを混和することにより、乾燥収縮ひずみは小さくなることを確認した。これは、GCLの剛性が高く収縮に対する抵抗力が大きいと推察される。また、GCLの微粉末がセメント粗分に相当し、これが水和することで見かけの水セメント比がわずかながら減少したためと推察される。また、GCLの界面の付着が水和反応により向上したためと推察される。

(3) 圧縮強度試験結果

図-6に圧縮試験結果を示す。図より、GCLを混和することにより、圧縮強度が増加することが確認できた。

4. まとめ

- ・自己治癒性能は、どの置換率においても類似の傾向を示した。
- ・乾燥収縮は、GCLを混和することにより無混和の配合と比較し、抑えられるのを確認できた。
- ・圧縮強度は、GCLを混和することにより無混和の配合と比較し、増加することが確認できた。

謝辞

本研究は、平成 26 年度科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号:26420435)の一部として実施したものである。また、(株)デイ・シイ、BASF ジャパン(株)、太平洋セメント(株)より種々の材料を提供頂きました。ここに銘記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 五十嵐 心一、コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 委員会報告 セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究委員会, pp37-41, 2009

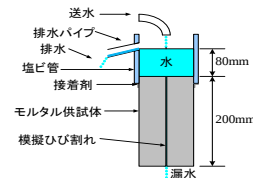


図-1 試験時の様子

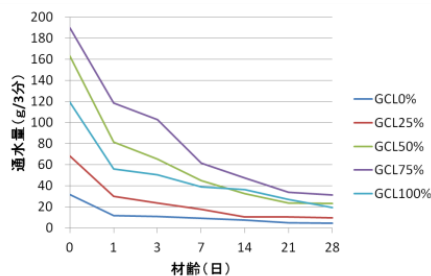


図-2 通水量

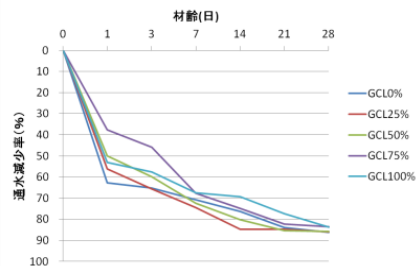


図-3 通水量減少率

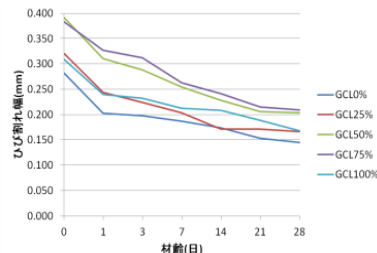


図-4 想定ひび割れ幅

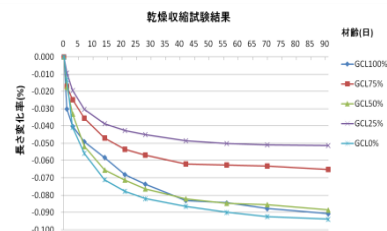


図-5 乾燥収縮

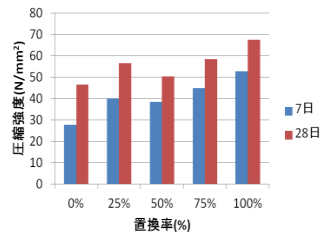


図-6 圧縮強度

- 2) セメント系材料の自己修復性とその利用法研究専門委員会:セメント系材料の自己修復性とその利用法研究専門委員会報告書, pp36-37, 2008
- 3) 小日山 喬, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, コンクリートのひび割れ幅の制御方法と漏水速度低減効果の評価方法についての考察, pp1440-1441, 2011
- 4) 大即 信明, コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針 -2013-について, pp4-5, 2013