

低品質再生細骨材を用いたモルタルの改質方法の検討

芝浦工業大学 工学部土木工学科

株式会社東京テクノ

ポゾリスソリューションズ株式会社

芝浦工業大学 工学部先進国際課程 (兼任 土木工学科)

○湯屋蓮

松田信広

杉山知己

伊代田岳史

1. はじめに

低品質再生骨材は、中・高品質再生骨材と比較してエネルギーやコストをかけずに製造することができ、副産微粉末の発生が少ない。また、再生細骨材は再生粗骨材を製造する過程で発生し、再生粗骨材よりも骨材に付着しているモルタルが多く品質が悪いことが知られている。低品質再生細骨材を使用したモルタルは、普通細骨材を用いたモルタルと比べ強度が低く、乾燥収縮が大きいことが問題点として挙げられる。再生骨材の普及を考えた場合、これらを改善することが求められる。

これまで筆者らのグループは、低品質再生骨材自体の改質を目的とした、CO₂ ガスを用いた強制炭酸化による低エネルギー・低コスト型の再生骨材製造方法¹⁾を提案している。この技術は、コンクリートの炭酸化メカニズムに着目し、再生骨材にCO₂ ガスを吹き付けることで骨材に付着または混入しているモルタルやセメントペースト部を炭酸化させ、再生骨材自体の改質を図るものである。また、普通コンクリートにおいて、C-S-H 系硬化促進剤を添加することで粗骨材界面の空隙が緻密化されコンクリートの圧縮強度や物質移動抵抗性が改善されること²⁾も報告している。

本研究では、セメントペースト部の改質方法として C-S-H 系硬化促進剤の添加を、骨材の改質方法として C-S-H 系硬化促進剤溶液でのプレウェットングと再生細骨材に対する強制炭酸化を、モルタルで実施し検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

本研究で使用した細骨材の物理的性状を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は普通細骨材 (N) と、低品質再生細骨材 (L)、および L の規格を外れたもの (L 外) を使用した。また再生細骨材については強制炭酸化させたものも使用した。モルタルの配合を表-2 に示す。配合は、水セメント比 : 50%、セメント : 細骨材の質量比を 1 : 3 で一定とし、C-S-H 系硬化促進剤 (表中では ACX と表記) を単位水量に対して 10% 添加した配合と、C-S-H 系硬化促進剤溶液 (溶液

表-1 細骨材の物性値

細骨材 種類	改質	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
N	-	2.60	2.55	1.94
L	-	2.25	2.04	10.42
	炭酸化	2.28	2.11	8.37
L 外	-	2.21	1.94	13.44
	炭酸化	2.24	2.01	11.71

表-2 モルタルの配合

配合名	細骨材 種類	W/C	S/C	ACX 添加率 (W×%)
N	N	50	3	0
L-0	L			0
L-10				10
L-P				-
L-CO ₂				-
L 外-0	L 外			0
L 外-10				10
L 外-P				-
L 外-CO ₂				-

濃度 10%) でプレウェットングした配合 (P)、骨材を強制炭酸化させた配合 (CO₂) とした。

2. 2 試験項目および試験方法

(1) 曲げ・圧縮強さ試験

供試体は 40×40×160mm のモルタルバーを用い、JIS R 5201 に準拠して、水中養生 28 日において行った。

(2) 乾燥収縮試験

供試体は 40×40×160mm のモルタルバーを用い、28 日間水中養生した後、JIS A 1129-3 に準拠して行った。

(3) 透気試験

φ100×200mm の円柱供試体を 28 日間水中養生した後、高さ 25mm のサイズでカットし、質量が恒量となるまで 40°C の炉で乾燥させた。その後 0.1MPa の圧力で空気を透過させ、その透気量を計測し、透気係数を算出した。

(4) 空隙率試験

圧縮強さ試験後の供試体から 40×40×30mm 程度の破

片を採取し、真空状態で飽水させて飽水質量と水中質量を計測した。その後、40℃の炉に質量が恒量となるまで静置し、絶対乾燥状態の質量を計測した。それぞれの測定値を用いて、アルキメデス法により空隙率を算出した。

3. 試験結果および考察

3. 1 曲げ・圧縮強さ試験

図-1 に材齢 28 日の圧縮強さと曲げ強さの関係を示す。C-S-H 系硬化促進剤の 10% 添加により、それぞれの無添加と比較して、L で 12.7%、L 外で 7.57% 向上した。L-P と L 外-P では、圧縮強さがあまり向上しなかったものの、L 外-P で曲げ強さが大きく向上した。L-CO₂ と L 外-CO₂ では曲げ強さが N-0 とほぼ同程度まで向上し、圧縮強さの 1/5 を上回り、他の配合と比較して圧縮強さに対する曲げ強さが大きいことが分かる。また、L 外-CO₂ の圧縮強さは大幅に向上し、L-0 と同程度になった。

3. 2 乾燥収縮試験

図-2 に養生終了後 8 週目の乾燥収縮試験の結果を示す。L、L 外のそれぞれに対して、C-S-H 系硬化促進剤を 10% 添加しても乾燥収縮の抑制は認められなかった。このことからセメントペースト部に対する改質は、乾燥収縮には寄与しないと考えられる。

次に、L-P については、L-0 と比較して 100×10^{-6} 程度、また L 外-P については、L 外-0 と比較して 600×10^{-6} 程度の抑制が認められた。

また、L-CO₂ については、L-0 と比較して 300×10^{-6} 程度の抑制が認められた。また L 外-CO₂ については、L 外-0 と比較して 1000×10^{-6} 程度と大幅な抑制が認められ、L-0 とほぼ同程度まで乾燥収縮を抑制する結果となった。これは、骨材自体の改質により骨材から滲出する水分が減少し、それによって乾燥収縮が抑制されたのではないかと考えられる。

3. 3 空隙率との関係

図-3 に材齢 28 日の空隙率と圧縮強さの関係を示す。図-4 に材齢 28 日の空隙率と透気係数の関係を示す。L、L 外ともに C-S-H 系硬化促進剤の添加では、空隙の減少はあまり認められなかったものの、圧縮強さ、透気係数が改善された。一方で、C-S-H 系硬化促進剤溶液でのプレウエッティングと骨材の強制炭酸化による方法では、空隙の減少に比例して圧縮強さ、透気係数が改善されていることが分かる。これは骨材の付着モルタルの空隙が減少したためだと考えられる。

4. まとめ

低品質再生細骨材を用いたモルタルは、再生細骨材に付着しているモルタルの空隙を減少させることで、強度および耐久性が向上することが分かった。

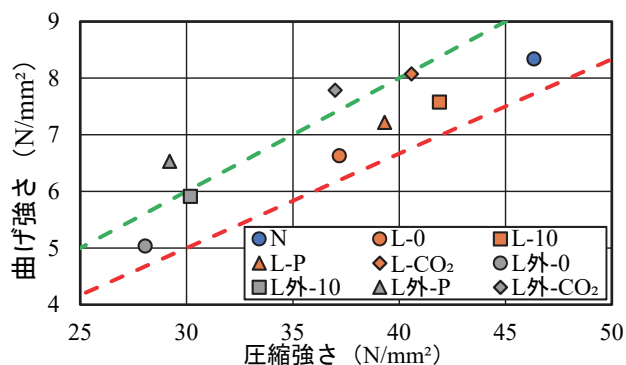


図-1 材齢28日の圧縮強さと曲げ強さ

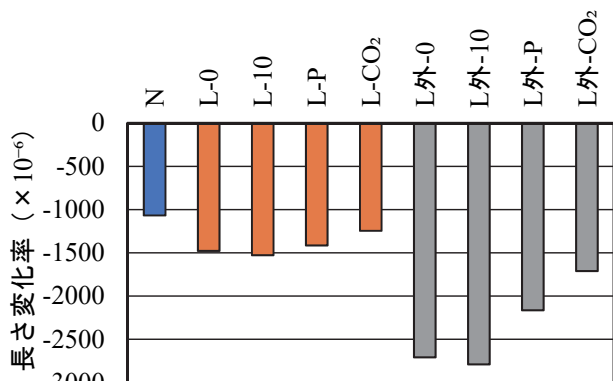


図-2 養生終了後8週目の長さ変化率

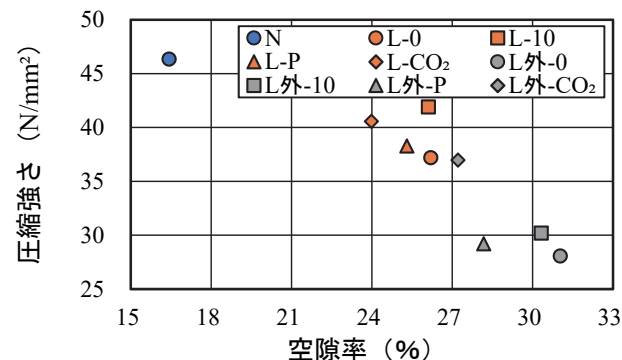


図-3 材齢28日の空隙率と圧縮強さ

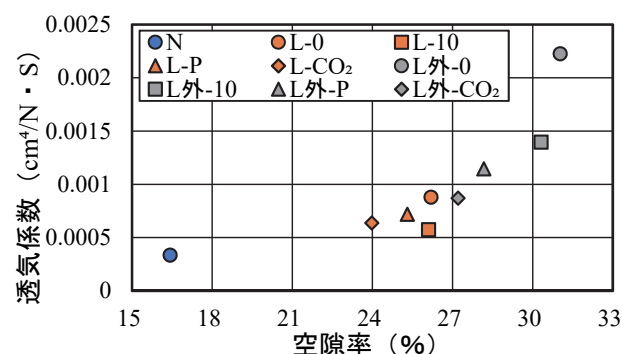


図-4 材齢28日の空隙率と透気係数

【参考文献】

- 1) 松田信広ほか：CO₂ ガスの強制吸着による低エネルギー型再生骨材製造方法の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.36、No.1、1732-1737、2014
- 2) 深澤英将ほか：コンクリートの内部構造が C-S-H 系硬化促進剤に与える影響の検討、土木学会第 74 回年次学術講演会、V-301、2019