

# 改質方法の異なる低品質再生細骨材がモルタルの強度や耐久性に及ぼす影響

芝浦工業大学 学生会員 ○湯屋 蓮 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史  
(株) 東京テクノ 正会員 松田 信広 ポジリスソリューションズ (株) 正会員 杉山 知巳

## 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。しかしその反面、これら低品質再生骨材を使用したコンクリートは、普通コンクリートと比べ強度が低く、乾燥収縮が大きいことが問題点として挙げられる。さらに、再生骨材コンクリートの強度や耐久性は、再生粗骨材よりも再生細骨材の影響を顕著に受けて低下するという報告<sup>1)</sup>も多い。再生骨材コンクリートの普及を考えた場合、特殊な製造設備を必要としない低品質再生骨材の改質技術が求められる。

これまで再生骨材コンクリートの改質方法として低品質再生骨材自体の改質を目的とした、CO<sub>2</sub> 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<sup>2)</sup>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 CO<sub>2</sub> 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分を炭酸化させ、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<sup>3)</sup>を報告している。

本研究では、再生骨材コンクリートの普及に向けて、低品質再生細骨材に対する強制炭酸化による骨材の改質方法と、C-S-H 系硬化促進剤の添加によるモルタルの改質方法を再生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 (以下、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%、質量比をセメント:細骨材=1:3で一定とし、C-S-H 系硬化促進剤 再生細骨材、C-S-H 系硬化促進剤、強制炭酸化

表-1 細骨材の物性値

| 細骨材種類 | 改質  | 表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 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<br>(W×%) |
|---------------------|-------|-----|-----|------------------|
| N-0                 | N     | 50  | 3   | 0                |
| L-0                 | L     |     |     | 0                |
| L-5                 |       |     |     | 5                |
| L-10                |       |     |     | 10               |
| L-CO <sub>2</sub>   |       |     |     | -                |
| L 外-0               | L 外   |     |     | 0                |
| L 外-5               |       |     |     | 5                |
| L 外-10              |       |     |     | 10               |
| L 外-CO <sub>2</sub> |       |     |     | -                |

化促進剤 (表中では ACX と表記) を単位水量に対して添加率を 0,5,10%とした配合と、骨材を強制炭酸化させた配合(CO<sub>2</sub>)とした。

### 2.2 試験項目及び試験方法

#### (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、両端以外の供試体を用いて実施した。供試体は質量が恒量となるまで 40℃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。

## 3. 試験結果及び考察

### (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 系硬化促進剤の添加により、添加率を上げるほど

曲げ、圧縮強さがともに増進し、10%添加の圧縮強さは、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。骨材を強制炭酸化させた L-CO<sub>2</sub> と L 外-CO<sub>2</sub> では曲げ強さが N-0 とほぼ同程度まで増進した。L-CO<sub>2</sub> と L 外-CO<sub>2</sub> の曲げ強さは、圧縮強さの 1/5 を上回っており、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-CO<sub>2</sub> の圧縮強さは大幅に向上し、L-0 と同程度になった。

## (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。まず、L, L 外のそれぞれの細骨材を用いたモルタルに対して C-S-H 系硬化促進剤の添加率を 0,5,10%の範囲で変動させて添加しても、乾燥収縮の抑制は認められなかった。このことから、C-S-H 系硬化促進剤の添加によりセメントペースト部分に対する改質は生じるが、乾燥収縮には寄与しないと考えられる。次に、骨材の強制炭酸化を行った配合において、L-CO<sub>2</sub> については、L-0 と比較して  $300 \times 10^{-6}$  程度の抑制が認められた。また L 外-CO<sub>2</sub> については、L 外-0 と比較して  $1000 \times 10^{-6}$  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、強制炭酸化により骨材自体を改質することで、骨材の吸水率が改善されたことが要因ではないかと考えられる。

## (3) 圧縮強さと透気係数

図-3 に材齢 28 日の圧縮強さと透気係数の関係を示す。C-S-H 系硬化促進剤の添加によって、L 外は圧縮強さの増加に対する透気係数の改善が大きく、L は圧縮強さの増加に対する透気係数の改善が小さいことが分かる。L 外は L と比較して空隙が多く存在しており、C-S-H 系硬化促進剤を添加することでその広い空隙部に C-S-H ナノ粒子が導入され、空隙の連続性が断ち切られたことによって透気係数に大幅な改善が認められたのではないかと考えられる。また強制炭酸化した配合においては、L-CO<sub>2</sub> で透気係数があまり改善しなかったが、L 外-CO<sub>2</sub> では大幅に改善し L-0 と同程度になった。

## 4. まとめ

(1) C-S-H 系硬化促進剤の添加を行った配合では、L, L 外ともに、添加率を上げるほど無添加と比較して曲げ強さ、圧縮強さが増進した。しかし、添加率を変動させても乾燥収縮の抑制は認められなかった。物質移動抵抗性は、L ではあまり改善せず、L 外で大

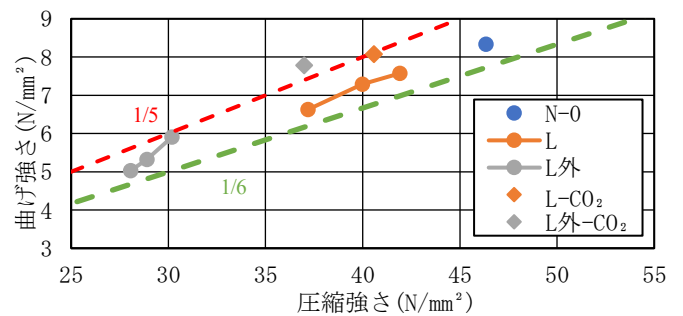


図-1 材齢28日の曲げ強さ・圧縮強さ

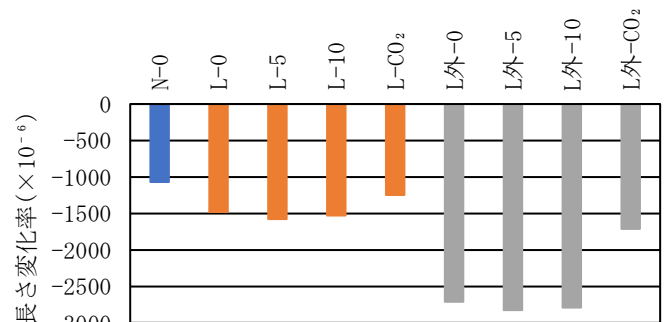


図-2 養生終了後8週目の長さ変化率

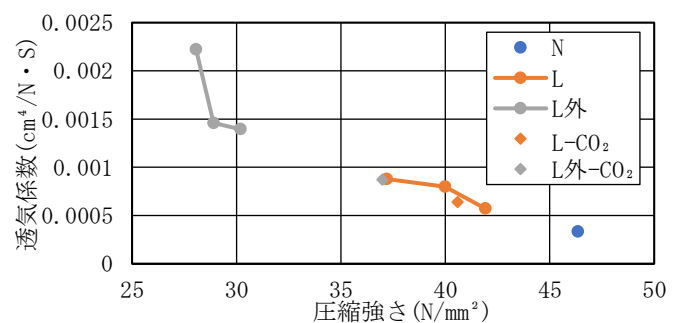


図-3 圧縮強さと透気係数

きく改善した。

(2) 骨材の強制炭酸化を行った L-CO<sub>2</sub> と L 外-CO<sub>2</sub> では曲げ強さが圧縮強さの 1/5 を上回っており、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った。乾燥収縮は強制炭酸化していない配合と比較して抑制し、より低品質である L 外で大きく抑制した。物質移動抵抗性は、L ではあまり改善しなかったが、L 外で大きく改善した。

## 参考文献

- 1) 小川秀夫ほか：磨砕処理した再生細骨材の品質がモルタルの諸特性に及ぼす影響，土木学会論文集 E，Vol.63, No.3, 503-517, 2007
- 2) 松田信広ほか：CO<sub>2</sub> 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
- 3) 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