第V部門
骨材／混和剤 (1)
2023年9月14日(木) 16:50 ～ 18:10 V-3 (広島大 東広島キャンパス総合科学部講義棟 Ｋ２０４)

[V-197] 配合条件の異なる原コンクリートを用いた再生粗骨材の炭酸化処理による空隙特性の変化
Study on Characteristics Due to Carbonation Treatment of Recycled Coarse Aggregates Using Different Mixture Conditions of Raw Concrete

*田 人瑞[1]、松田 信広[2]、伊代田 岳史[3]（1. 芝浦工業大学大学院、2. 株式会社東京テクノ、3. 芝浦工業大学）
*RENRUI TIAN[1], Nobuhiro Matsuda[2], Takeshi Iyoda[3]（1. Shibaura Graduate School of Engineering and Science, 2. Tokyo Techno Company, 3. Shibaura Institute of Technology）
キーワード：再生粗骨材、高炉セメント、水分逸散、空隙率、空隙特性
Recycled Coarse Aggregates, Blast Furnace Cement, Moisture Evaporation, Porosity, Pore Characteristics

カーボンニュートラルの実現に向けて炭酸化により CCU材料化した再生粗骨材(CRG)の使用が検討されている。炭酸化により， OPCを用いた再生粗骨材(RG)の空隙緻密化が確認された。今後は CRG活用のため，異なるW/Cと各種セメントを用いた場合の空隙改質の検討が必要である。そこで本研究では，異なる配合条件の原コンクリートを用いた再生粗骨材の空隙特性の変化を検討した。その結果， OPCを用いた場合，炭酸化によって空隙が緻密化し，複雑な空隙構造が形成される傾向がある一方で， BBを用いた場合，炭酸化によって空隙が粗大化し，連続性のある空隙構造が形成される傾向があった。

In pursuit of carbon neutrality, the use of carbonated recycled coarse aggregate (CRG) as CCU material is being considered. Carbonation has been confirmed to densify the pores in recycled coarse aggregate (RG) using OPC. In the future, investigations of pore modification using different W/C ratios and various types of cement will be necessary for CRG utilization. In this study, changes in pore characteristics of recycled coarse aggregate using original concrete with different mix proportions were examined. As a result, when using OPC, carbonation tended to densify pores and form complex pore structures, while using BB, carbonation tended to coarsen pores and form continuous pore structures.

©公益社団法人土木学会

配合条件の異なる原コンクリートを用いた再生粗骨材の炭酸化処理による空隙特性の変化

芝浦工業大学大学院　学生会員　○田　人瑞　株式会社東京テクノ　松田　信広
芝浦工業大学　正会員　伊代田　岳史

1. はじめに

近年，カーボンニュートラルの実現に向けて各分野において様々な対策方法が検討されている。建設分野においても，CO_2 排出量の抑制に向けて炭酸化により CCU 材料化した再生粗骨材（CRG）の使用が検討されている。筆者らのグループでは，炭酸化により，普通ポルトランドセメント（OPC）を用いた再生粗骨材（RG）に付着しているモルタル中の空隙内に炭酸カルシウムが生成されることで空隙の緻密化を確認した。一方，炭酸化による RG の空隙改質効果は，原コンクリートの W/C とセメント種類に依存すると考えられる。例えば，水野ら[1]の研究から，高炉セメント硬化体は炭酸化によって複雑な空隙構造から連続性のある空隙構造に変化し，空隙が粗大化することがわかっている。そこで，今後は CRG 活用のため，異なる W/C と各種セメントを用いた場合の空隙改質の検討が必要である。一般的には水銀圧入法により空隙の測定を行うが，RG の表面に付着モルタルが不規則に存在するため，5mm 角程度の供試体を均一に作製することが困難である。そこで，本研究は空隙特性を簡易的に把握するため，佐川ら[2]が提案している方法を参考にし，OPC と高炉セメント B 種（BB）を用いた異なる W/C の原コンクリートから製造した RG および CRG を用いて，水分逸散による質量変化を測定することで空隙特性を比較検討した。

2. 試験概要

2.1 試料概要

本研究で使用した原コンクリートおよび再生粗骨材の特性を表-1 に示す。W/C とセメント種類の異なるコンクリートでφ100×200mm の円柱供試体を作製し，材齢 35 日に簡易な破砕処理によって RG を作製した。また，JIS A 5023 附属書 A を参考にし，RG の粒度範囲を 5~20mm に調整し，各ふるいを通過する質量百分率を 2.5mm:0%,5mm:9.5%,10mm:45%,20mm:95%,25mm:100% 程度に調整した。促進中性化装置（温度 20℃，湿度 60%，CO_2 濃度 5%）に 1 週間静置し，CRG を作製した。

表-1 原コンクリート及び再生粗骨材の特性

骨材記号	セメント種類	原コンクリート		再生粗骨材		
		W/C (%)	圧縮強度 (N/mm²)	炭酸化状況	絶乾密度 (g/cm³)	吸水率 (%)
N65RG	OPC	65	20.7	なし	2.25	6.06
N65CRG				あり	2.27	5.50
N55RG		55	33.9	なし	2.24	4.80
N55CRG				あり	2.27	4.62
N45RG		45	41.3	なし	2.28	4.72
N45CRG				あり	2.34	4.58
BB65RG	BB	65	22.5	なし	2.24	5.25
BB65CRG				あり	2.28	5.91
BB55RG		55	30.9	なし	2.21	5.16
BB55CRG				あり	2.33	5.47
BB45RG		45	39.1	なし	2.25	5.13
BB45CRG				あり	2.27	5.25

2.2 試験項目および試験方法

（1）空隙率試験

RG と CRG を水で満たした容器に入れ，真空処理して飽和質量と水中質量を計測した。その後，105℃の乾燥炉で質量が恒量となるまで静置し，絶乾質量を計測し，アルキメデス法により空隙率を算出した。

（2）水分逸散試験

RG と CRG は真空飽水処理を行い，続いてウエスで表面水を除去し，表乾状態とした。その後，20℃の恒温恒湿室で静置し，時間経過に伴う脱水による質量変化を 3 週間まで測定し，水分逸散を測定した。最後に 105℃の恒温乾燥炉で質量が一定になるまで静置し，水分逸散を測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 空隙率試験

図-1 に測定した空隙率を示した。いずれの W/C においても，OPC の場合では炭酸化により空隙率が低下したが，BB の場合では炭酸化により空隙率が増加する傾向が見られた。これは，OPC と BB では再生粗骨材の炭酸化処理による空隙特性の変化が異なることを示唆している。

3.2 水分逸散試験

図-2 に RG と CRG の 3 週間までの水分逸散度を示した。W/C に関わず，OPC の場合に炭酸化によって逸散

キーワード　再生粗骨材，高炉セメント，水分逸散，空隙率，空隙特性
連絡先　〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 03-5859-8356 Email:mh21502@shibaura-it.ac.jp

© Japan Society of Civil Engineers

度が減少したが，BB の場合に炭酸化によって逸散度が増加した。また，最初の 24 時間では，水分が再生粗骨材の表層から急速に蒸発し，その後 1 週間まで，水分は連続空隙から徐々に逸散すると考えられる。そこで，空隙特性の変化と逸散度の関連性を検討するため，24 時間から 1 週間まで逸散度の経時変化を図-3 と図-4 に示している。OPC の場合，CRG は RG と比較して水分の逸散速度が緩やかになった。これは，CRG は水分逸散を抑制する空隙構造が存在していると考えられる。一方，BB の場合，CRG は RG と比較して水分の逸散速度が急激に増加した。これは，CRG において連続した空隙構造が形成したことで，水分逸散が促進されたためと考えられる。

3.3 水分状態と空隙の関係

上記のように 20℃で 3 週間放置した結果，水分は再生粗骨材の中にある連続性空隙から逸散したが，複雑な空隙においては全てが逸散できず，残存している水分が存在していると考えた。そこで，3.2 の試料を 105℃で水分逸散させ，空隙の複雑さを表現した。図-5 に 20℃と 105℃で RG と CRG の質量が恒量となった際の水分逸散度を示している。OPC を用いた場合，W/C=55%と W/C=45%において，炭酸化により 20℃で逸散する水分が減少したが，105℃で逸散する水分は増加した。これは，炭酸化により CRG に付着しているモルタル中の空隙内に $CaCO_3$ が生成されることで複雑な空隙構造を形成し，水分の逸散を阻害したと考えられる。一方，BB を用いた場合，いずれの W/C においても，炭酸化後に 20℃で逸散する水分は増加したが，105℃で逸散する水分は減少した。これは，BB を用いた場合に炭酸化する水和物は $Ca(OH)_2$ より C-S-H の炭酸化が卓越するため，炭酸化によって C-S-H が $CaCO_3$ と SiO_2 に分解され，複雑な空隙構造から連続性のある空隙構造に変化し，水分逸散の経路となったと考えられる。

4. まとめ

(1) OPC を用いた再生粗骨材は，炭酸化により空隙が緻密化し，複雑な空隙構造を形成する傾向がある。

(2) BB を用いた再生粗骨材は，炭酸化により空隙が粗大化し，連続性空隙構造を形成する傾向がある。

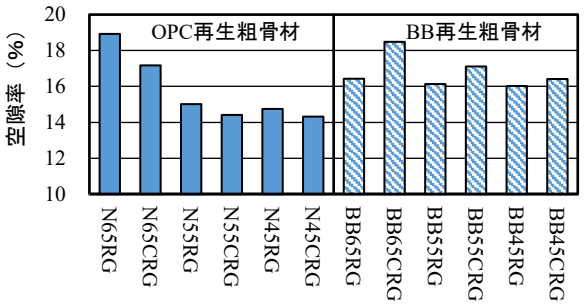

図-1　再生粗骨材の空隙率

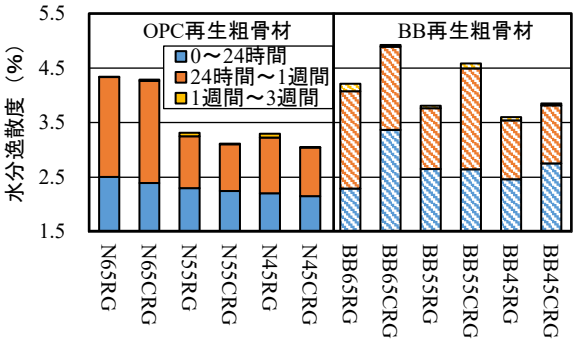

図-2　3 週間までの水分逸散度

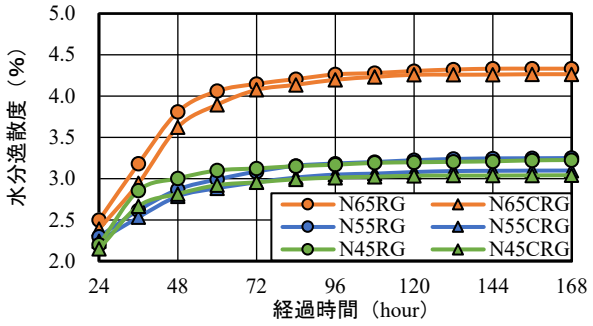

図-3　24 時間から 1 週間までの水分逸散度の経時変化（OPC）

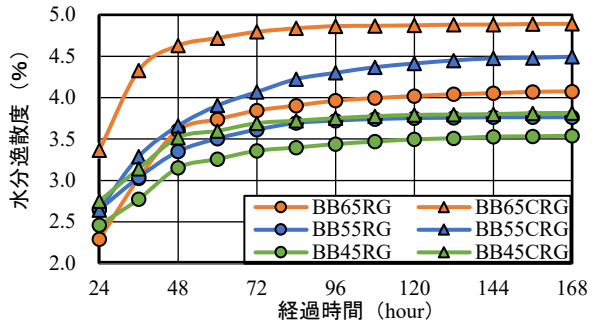

図-4　24 時間から 1 週間までの水分逸散度の経時変化（BB）

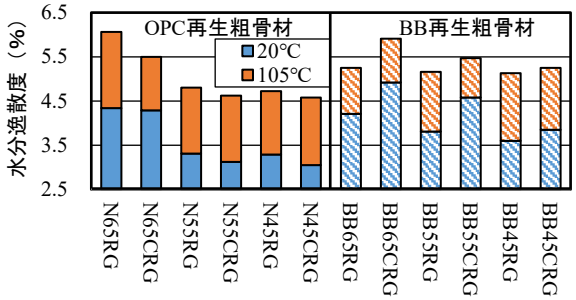

図-5　20℃と 105℃の水分逸散度

参考文献

1) 水野博貴ほか：炭酸化した高炉セメント硬化体の空隙構造変化が水分浸透性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.665-670，2019

2) 佐川孝広ほか：高炉セメントの水和物組成分析と空隙構造特性，土木学会論文集 E，Vol.66，No.3，pp.311-324，2010

© Japan Society of Civil Engineers