

複数の空隙改質手法による低品質再生骨材コンクリートの耐久性向上方法の検討

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○田 人瑞 芝浦工業大学大学院 学生会員 湯屋 蓮
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

近年、地球温暖化の問題に対して、各分野においてカーボンニュートラルに関する対策方法が検討されている。建設分野においても、カーボンニュートラルの実現のため、低炭素型セメントの開発や再生骨材に CO₂ を吸収させる技術などが検討されている。筆者らのグループでは、CO₂ を用いた強制炭酸化による低品質再生骨材の改質技術を提案している¹⁾。この技術は再生骨材に CO₂ ガスを吹き付けることで、骨材に付着しているモルタルを炭酸化させ、空隙を緻密化することで再生骨材自体の改質を図るものである。この技術を用いると、再生骨材コンクリートの圧縮強度や透気係数は改善したものの、中性化抵抗性や塩分浸透抵抗性などの耐久性がどの程度改善できるか不明確である。一方、普通コンクリートにおいて、C-S-H 系硬化促進剤 (ACX) を添加することで粗骨材周囲の空隙が緻密化し、コンクリートの物質移動抵抗性が改善することを報告している²⁾。そこで、本検討では、低品質再生骨材コンクリートにおいて再生骨材の強制炭酸化と ACX の添加を組み合わせた場合の中性化や塩分浸透などの耐久性について、検討を行った。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

表-1 に本研究に用いた骨材の物理的性質を示す。再生骨材は再生細骨材 L、再生粗骨材 L を用い、比較のため普通骨材も使用した。表-2 に計画配合を示す。配合は、水セメント比:50%、s/a:48%で一定とし、細骨材粗骨材両方を炭酸化しない配合 (LSLG)、細骨材のみ炭酸化した配合 (LSCLG)、細骨材粗骨材両方を炭酸化した配合 (LSCLGC)、また、それぞれに C-S-H 系硬化促進剤を 10% 添加した配合 (-ACX) とした。

2.2 試験項目および試験方法

(1) 塩水浸漬試験

28 日間の養生終了後、打込み側面 1 面を除き、エポ

表-1 使用骨材の物理的性質

記号	骨材種類	炭酸化	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)
NS	普通細骨材	-	2.60	2.55	1.92	2.00
LS	再生細骨材	なし	2.24	2.00	12.01	8.6
LSC		あり	2.31	2.13	8.47	
NG	普通粗骨材	-	2.70	2.69	0.32	0.80
LG	再生粗骨材	なし	2.51	2.37	5.90	1.0
LGC		あり	2.55	2.45	4.35	

表-2 再生骨材コンクリートの計画配合

配合名	改質方法	使用骨材		W/C (%)	s/a (%)	air (%)
		細骨材	粗骨材			
NSNG	-	NS	NG	50	48	4.5
LSLG	-	LS	LG			
LSLG-ACX	ACX					
LSCLG	S 炭酸化	LSC	LG			
LSCLG-ACX	S 炭酸化+ACX					
LSCLGC	S、G 炭酸化					
LSCLGC-ACX	S、G 炭酸化+ACX	LSC	LGC			

キシ樹脂で被覆した供試体を 10%濃度の塩水に浸漬させた。その後、7、14、28、56、91 日において割裂し、塩分浸透深さを硝酸銀溶液噴霧法で測定した。

(2) 中性化促進試験

28 日間の養生終了後、コンクリート供試体の打込み側面の 2 面以外をアルミテープで覆い、促進中性化装置 (温度 20°C、湿度 60%、CO₂ 濃度 5%) に静置した。その後、7、14、28、56、91 日において割裂し、コンクリート断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧した後、呈色反応しない部分の深さを 1 面当たり 6 点、計 12 点測定し、その平均値を中性化深さとして算出した。

(3) 空隙率試験

φ100×200mm の円柱供試体を 28 日間水中養生した後、高さ 50mm で切断した。切断終了後、直ちに水で満たした容器に入れ、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°Cの乾燥炉に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。

3. 試験結果および考察

3.1 塩水浸漬試験

図-1 に塩分浸透深さの経時変化を示す。まず劣化期間 91 日において、LSLG の浸透深さは 24.5mm であつ

キーワード 再生骨材、強制炭酸化、C-S-H 系硬化促進剤、促進中性化、塩分浸漬

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

た。これに対して、細骨材のみ強制炭酸化した LSCLG の浸透深さは 18.6mm、細骨材粗骨材両方を強制炭酸化した LSCLGC の浸透深さは 15.1mm となり、強制炭酸化により、塩分浸透に対して一定の改善効果が認められた。これは強制炭酸化によって再生骨材の付着モルタルの空隙が緻密化し、塩分の移動経路が遮断されたことで、塩分の浸透が抑制されたと考えられる。また ACX を添加した LSLG-ACX、LSCLG-ACX、LSCLGC-ACX においても、塩分の浸透が抑制されていることが分かる。特に LSCLG-ACX と LSCLGC-ACX において大きく改善し、NSNG の浸透深さと同程度となった。これは、強制炭酸化による骨材の付着モルタルの空隙の緻密化と ACX の添加による粗骨材界面の空隙の緻密化によるものだと考えられる。

3.2 中性化促進試験

図-2 に中性化深さを示す。劣化期間 91 日において、LSLG の中性化深さは 27.5mm であった。これに対して、細骨材のみ強制炭酸化した LSCLG の中性化深さは 23.4mm、細骨材粗骨材両方を強制炭酸化した LSCLGC の中性化深さは 19.6mm となり、強制炭酸化により、中性化に対しても一定の改善効果が認められた。これは強制炭酸化によって再生骨材の付着モルタルの空隙が緻密化され、CO₂ の移動経路が遮断されたことで、中性化が抑制されたと考えられる。また、ACX を添加した LSLG-ACX、LSCLG-ACX、LSCLGC-ACX においても、中性化が抑制されていることが分かる。特に、LSCLG-ACX と LSCLGC-ACX において大きく改善し、LSLG の中性化深さのおよそ 7 割となった。これは、強制炭酸化による骨材の付着モルタルの空隙の緻密化と ACX の添加による粗骨材界面の空隙の緻密化によるものだと考えられる。

3.3 空隙率との関係

図-3 に空隙率と劣化期間 91 日での塩分浸透深さ、図-4 に空隙率と劣化期間 91 日での中性化深さの関係を示す。いずれの配合においても、中性化抵抗性の改善効果よりも塩分浸透抵抗性の改善効果の方が大きいことが分かる。これは、塩分の浸透は、Cl⁻ の拡散現象であるのに対し、中性化は、CO₂ と水和物の反応現象であることから、空隙率との関係に乖離が生じたと考えられる。

参考文献

1) 湯屋蓮ほか: 低品質再生細骨材を用いたモルタルの

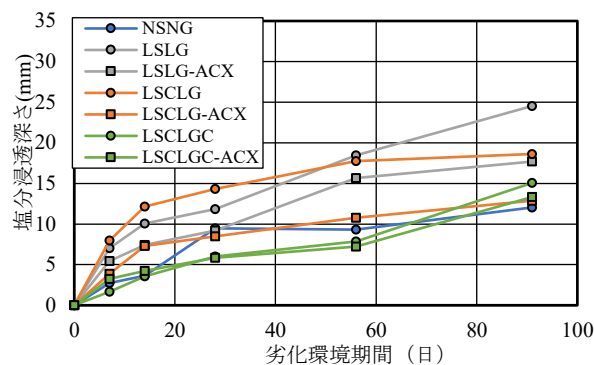


図-1 塩分浸透試験の結果

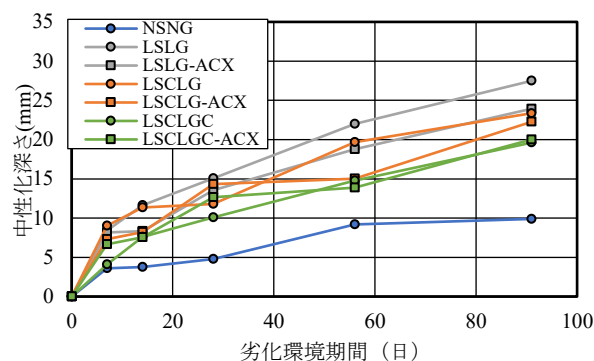


図-2 中性化促進試験の結果

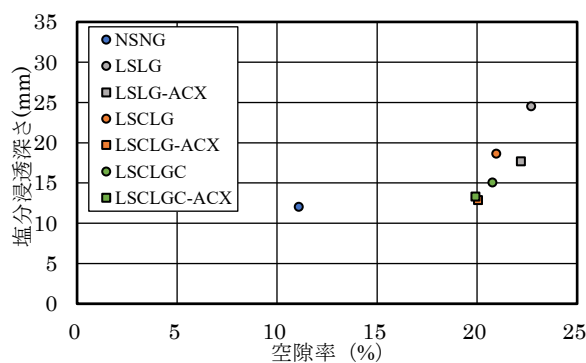


図-3 空隙率と塩分浸透深さの関係

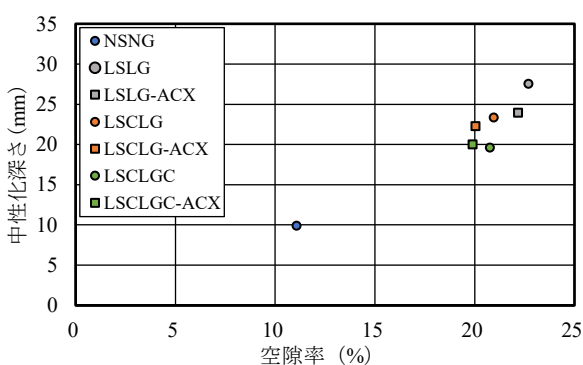


図-4 空隙率と中性化深さの関係

強度や耐久性向上方法の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.43、No.1、pp.965-970、2021

- 2) 伊代田岳史ほか:C-S-H 系硬化促進剤を用いたコンクリートの強度および物質移動抵抗性発現メカニズムの検討、セメント・コンクリート論文集、Vol.72、No.1、pp.204-210、2018