

国際資源循環に関する包括的研究	
題目	炭酸化した廃コンクリート中のセメントペーストと骨材成分の相互分離
著者	大和田秀二

1. はじめに

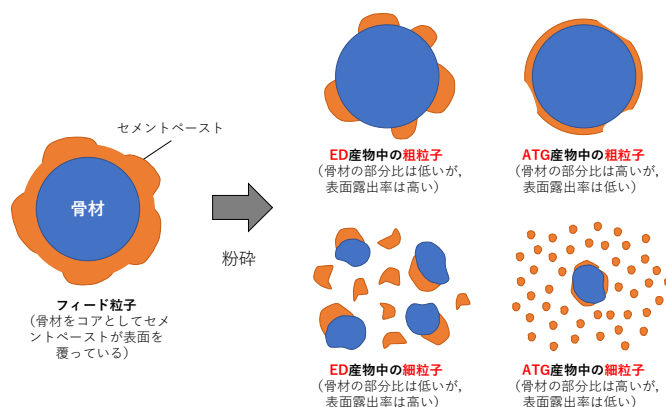
本研究では、2020 年度に廃コンクリートを電気パルス粉砕（以下 ED）および攪拌型粉砕（以下 ATG）にて粉砕した各種産物を MLA（Mineral Liberation Analyzer）にて分析し、両粉砕の骨材・セメントペーストの単体分離性を比較するとともに、炭酸化が両粉砕での単体分離に与える影響を調査した。また、炭酸化廃コンクリート処理実証プロセスで採用されたインパクトクラッシャ 1 次粉砕産物の 0.7～5.0 mm 粒群について 2 次粉砕として ED, ATG を施して選択粉砕の可能性を探った。以下に得られた結果の概要を記す。

1. ED と ATG 産物の単体分離度の比較

各種条件での両粉砕産物のうち、粒度分布の近い産物同士の部分比（着目成分が 1 粒子中に占める割合）分布を比較したところ、ATG 産物の方がより骨材部分比分布の高い結果となった。ATG では、主として、骨材表面に付着しているセメントペーストを剥がすような粉砕（表面粉砕）が起こることが主たる要因と考えられた。一方、ED ではセメントペースト内の破壊が優先して起きるために骨材表面にセメントペーストの残留する状態の粒子が多いと推測された。また、骨材の表面露出率は、ATG 産物に比べて ED 産物の方が高くなり、上記の破壊現象と関連付けられた。

一方、本研究で分析を行った 0.125 μm 以上の粒群では、セメントペーストの部分比分布は ATG より ED の方が高い結果となった。ED ではセメントペースト内で破壊が起こるため、セメントペースト品位の高い粒子が多く発生するのに対し、ATG では、表面粉砕により生成されたセメントペースト粒子の多くが微粒群（ $<0.125\text{ mm}$ ）となり、本実験での分析対象外となったためと考えられた。また、セメントペーストの表面露出率も、ATG に比べて ED 産物の方が高くなり、上記の破壊現象を裏付けている。

結論として、本試料における ED・ATG 両粉砕は下図に示すような機構としてまとめることができた。



2. ED における炭酸化処理の影響

廃コンクリートの炭酸化により、骨材とセメントペースト界面には空隙が、セメントペースト中にはクラックが、それぞれ発生し、これにより骨材とセメントペーストの単体分離性が向上することが予想されたが、いずれの試料・粒群においても、印加回数を増加させると部分比は向上する傾向を示すものの、炭酸化試料・非炭酸化試料の骨材の部分比は様々に異なる傾向を示しており、炭酸化することによる骨材の部分比が特に向上するとの顕著な傾向は認められなかった。ただし、ある特定の粉砕産物では炭酸化による骨材部分比の向上傾向が認められ、中粒群では粉砕初期に、粗粒群では粉砕後期に、それぞれその効果が表れる可能性も考えられた。また、セメントペーストの部分比は、いずれの産物粒群においても、炭酸化試料では非炭酸化試料に比べてセメントペーストの部分比は低くなり、特に粗粒群ではその傾向が明らかであった。コンクリートに炭酸化処理を施すと、セメントペースト内の空隙が緻密化することが知られており、電気パルスは主としてこうした空隙に到達する確率が高く、また、水中で生じた衝撃波による物理的な破壊も多孔状態のもので起こりやすいが、炭酸化処理によってこれらの効果が薄れたものと考えられた。

3. ATG における炭酸化処理の影響

ED 産物での傾向とほぼ同様に、いずれの産物粒群においても、粉砕時間の増加とともに骨材部分比が向上する傾向を示しているが、骨材部分比およびセメン

トペースト部分比に対する炭酸化処理の顕著な影響は認められなかった。

4. ATG における単体分離度と産物粒度の関係

表面粉砕が支配的である ATG において、産物中の骨材の単体分離度と粒径の関係を探ったところ、2 mm 以上の粒径で 2 mm 以下の粒径よりも高い単体分離度を示す結果が得られた。これは粉砕産物中の 2 mm 以下の粒群には下図に示す A 粒子が、2 mm 以上の粒群には同 B 粒子の割合が多く、2 mm 以上の粒群では、ATG 特有の表面粉砕が支配的に起こるため、サイズの大きい骨材グレインがそのままの粒度で単体粒子となることが原因と考えられた。

5. 二次粉砕としての ED・ATG における選択粉砕性の比較

2020 年度の結果とほぼ同様、ED では体積粉砕が、ATG では表面粉砕が、それぞれ支配的であることが確認された。また、骨材とセメントペーストでは後者が選択的に粉砕されて細粒側に濃縮する傾向は 2020 年度と同様であったが、あるカットサイズを想定した際の骨材のセメントペーストに対する分離効率は ATG 産物よりも ED 産物の方が高く、2020 年度と逆の傾向を示した。これは、今回のフィード試料が 0.7~5 mm（2020 年度試料は 2~10 mm）粒群と 2020 年度試料と比べて細粒であり、インパクトクラッシャによる一次粉砕の時点で、骨材表面から多くのセメントペーストが剥離されており、ATG 特有の表面粉砕の効果が低かったためと考えられた。

6. 次年度の研究計画

本年度は、表面粉砕効率の良い湿式での ED および ATG を行ったが、次年度は、実証プラントでの運転を考慮して、実用化により近い乾式での ATG 試験を各種条件を変えて最適条件を見出すこととする。

謝辞： 本研究は、NEDO 助成事業「炭素循環型セメント製造プロセス技術開発」の一環として実施したものであり、ここに関係者各位、特に試料の手配、実験上の議論をさせていただいた太平洋セメント（株）の方々に謝意を表する。