

第V部門

📅 2024年9月5日(木) 11:10 ~ 12:30 📍 C201(川内北キャンパス講義棟C棟)

サステナビリティ (1)

座長：山田 悠二（山口大学）

11:20 ~ 11:30

[V-40] コンクリート破砕材へのCO₂ 固定化に関する検討

*畑中 達郎¹、鈴木 将充¹、前原 聡¹、早川 健司¹、伊代田 岳史² (1. 東急建設株式会社、2. 芝浦工業大学)

キーワード：Two Stage Concrete、カーボンニュートラル、CO₂固定、質量変化、全有機炭素計

筆者らのグループでは、コンクリート塊を破砕して製造した骨材にCO₂を固定化させ、その骨材を型枠にあらかじめ敷き詰め、骨材間にグラウト材を充填することでコンクリートとする工法(以下TSC)について検討を進めている。本研究では、TSCへの効果的な利用を目的に、破砕粒度の異なる試料を対象として簡便に連続してCO₂ 固定量を把握可能と考えられる質量法によるCO₂ 固定量の評価方法を検討した。その結果、恒量化した試料を用いた質量変化率から促進過程におけるCO₂固定量を評価し、W/C および粒度が固定化量等に及ぼす影響を把握した。

コンクリート破砕材への CO₂ 固定化に関する検討

東急建設株式会社 正会員 ○畑中 達郎 鈴木 将充 前原 聡 早川 健司
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

2050 年までにカーボンニュートラルを達成することが目標とされ、さまざまな取り組みが各分野において進められている。コンクリート塊の再資源化率は 2018 年時点で 99%であり、現状そのほとんどは路盤材として利用されているが、コンクリート塊の再資源化過程における二酸化炭素固定化を積極的に活用することができれば脱炭素に貢献できると考えられる。筆者らのグループでは、コンクリート塊を破砕して製造した骨材に CO₂ を固定化させ、Two Stage Concrete¹⁾（以下 TSC：あらかじめ型枠に粗骨材を敷き詰め、骨材間にグラウト材を充填することでコンクリートとする工法）として利用する検討を進めている。

コンクリート塊への二酸化炭素固定量や固定速度は破砕程度によって異なると想定されるため、本研究では、TSC への効果的な利用を目的に、破砕粒度の異なる試料を対象として CO₂ 固定量の検討を行った。ここで、CO₂ 固定量を把握する方法として熱化学分析等があるが、本研究では簡便に連続して CO₂ 固定量を把握可能と考えられる質量法による CO₂ 固定量の評価方法を検討した。

2. 試料の恒量化方法

CO₂ 固定量を質量変化で評価するためには、CO₂ 固定化過程において水分逸散により質量変化しないことが必要となる。恒量方法としては、NaBr 飽和溶液、シリカゲル、窒素ガスを充填したデシケータおよび真空デシケータを用いた 2 種類の方法を検討し、CO₂ 固定化時と同じ湿度 60%R.H.において恒量となる方法を検討した（表 1）。

コンクリート塊にはレディーミクストコンクリート（24-12-20N）を用いて作製した φ10×20cm を用い、28 日間封緘養生したコンクリートをセットハンマーやジョークラッシャーを用いて 4 水準（a:0.075~0.3mm, b:0.3~5mm, c:5~20mm, d:20~40mm）に粉砕した試料を用いた。この試料 500g を各デシケータ内に静置し、3 日に 1 回、表層と内部が入れ替わるようにかき混ぜるとともに質量を測定した。ここで、粒度 a については、粉砕時に得られる量が少なかったため、複数回にわたり破砕を行い、必要な試料量を確保した。

図 1 に恒量化結果を示す。方法 1 では恒量となるのに 1 カ月程度要したのに対し、方法 2 は、1 週間程度で恒量となった。真空乾燥をさせる方法では 60%R.H.で恒量となる質量以下となるが、3 日程度 60%R.H.の環境に静置することで同等の含水状態にできる結果となった。

3. 質量法による CO₂ 固定化能力の評価検討

3. 1 試料概要

W/C の異なるコンクリートを対象として、2. で示した真空デシケータを用いる方法による前処理を行い、CO₂ 固定量に関する検討を行った。コンクリートの配合を表 2 に示す。試料の作製および粒度は前章と同様である。

3. 2 試験方法

恒量化処理が終了した試料は、炭酸化槽内（温度 20℃、60%R.H.、CO₂ 濃度 5%）に最大 28 日間に亘り静置し、質量計測を随時実施した。炭酸化終了後の試料は、燃焼酸化赤外線式 TOC 法を用いて、遊離した CO₂ を赤外線ガス検知器により測定した²⁾。試料中のセメントペースト含有量により CO₂ 固定量が異なると予想されたため、各試料のセメントペーストを 20%ギ酸水溶液³⁾により溶解させ、試料中に含まれる骨材とセメントペーストの割合を把握した。具体的には、CO₂ 固定後の試料約 50g を微粉砕し、その中から 5g を採取し、20%ギ酸水溶液に 60 分浸漬、攪拌した。その後、吸引ろ過を行い、ろ紙にとどまった試料を炉乾燥させ、乾燥質量を測定し、骨材量とした。

3. 3 試験結果

TOC 法による CO₂ 固定量と質量変化率の関係を図 2 に示す。質量変化率が増加すると CO₂ 固定量も増加しており、概ね相関関係にあることが確認できた。よって、すべての結果から近似直線を求め、質量変化率を CO₂ 固定量へ変換した。

促進期間と試料 1tあたりの CO₂ 固定量の関係を図 3 に示す。水セメント比毎の経時変化は W/C55 および W/C70%

表 1 恒量化方法

恒量方法	0～3日目	4日目以降	28日目以降
1	デシケータ(窒素ガス充填) (調湿：NaBr飽和溶液・シリカゲル)	デシケータ(窒素ガス充填) (調湿：NaBr飽和溶液)	デシケータ(窒素ガス充填) (調湿：NaBr飽和溶液)
2	真空デシケータ (調湿：シリカゲル)	デシケータ(窒素ガス充填) (調湿：NaBr飽和溶液)	

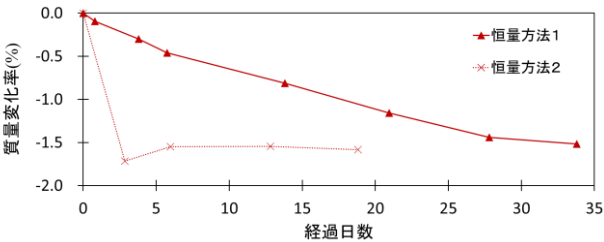


図 1 恒量化結果（粒度 b）

キーワード：Two Stage Concrete, カーボンニュートラル, CO₂ 固定量, 質量変化, TOC
連絡先：〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設(株)技術研究所 土木材料・地盤 G TEL042-763-9507

においては促進 7 日程度で変化が小さくなっており、W/C40%は促進 14 日においても変化があった。ここで、W/C40%と W/C70%の促進 14 日目の固定量に対する促進 1 日での固定化割合を比較すると、W/C40%で 3～5 割、W/C70%で 6～7 割となった。W/C40%では、セメント硬化体の組織が緻密なため、W/C70%よりも増加速度が遅くなったと考えられる。粒度別の固定量は、いずれの W/C においても、細粒の a が大きく、b～d はほぼ同程度であった。

骨材割合試験の結果を表 3 に示す。骨材割合は、約 63～86%であり、粒度 b～d は概ね配合から推定される値に近い結果であった。一方、粒度 a においては、コンクリートの配合から推定される値より小さくセメントペーストが約 1.5～1.7 倍多く含まれていた。

促進期間 14 日における粒度毎の水セメント比と表 3 の結果を用いて換算した含有セメント量 1kg あたりの CO₂ 固定化量を図 4 に示す。これによると、骨材粒度と含有セメント量あたりの CO₂ 固定量に一定の関係は認められず、CO₂ 固定量は各粒度に含まれるセメントペースト量に依存していると考えられる。よって、粒度を小さくすることが必ずしも CO₂ 固定量の増加につながらない結果となった。また、W/C55、70%と比較し W/C40%では、含有セメント量あたりの質量変化が小さいことから、CO₂ 固定量を増加させる余地があると考えられる。

4. おわりに

恒量化した試料を用いた質量変化率から促進過程における CO₂ 固定量を評価し、W/C および粒度が固定化量等に及ぼす影響を把握した。今回の条件においては、W/C によっては反応しきっていない可能性があることから、コンクリート塊の品質に応じて合理的な炭酸化方法を設定する必要がある、これらを考慮した破碎方法を検討する必要がある。

表 2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S1	S2	G
40	45	174	435	570	190	927
55	45	174	316	603	201	981
70	45	174	249	622	207	1012

表 3 骨材割合結果

骨材割合(%)	粒度a	粒度b	粒度c	粒度d	配合上
W/C40	63.1	78.3	75.9	75.5	75.0
W/C55	64.5	80.5	86.0	77.8	79.8
W/C70	69.5	80.3	85.4	84.6	82.5

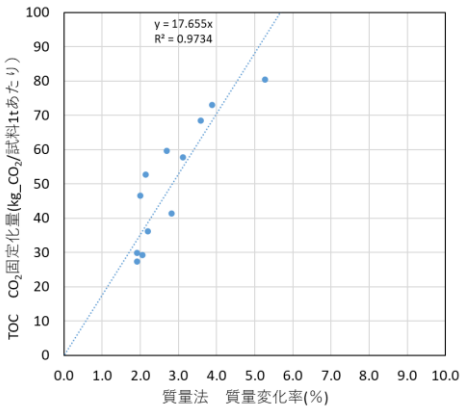


図 2 TOC 法と質量法との関係

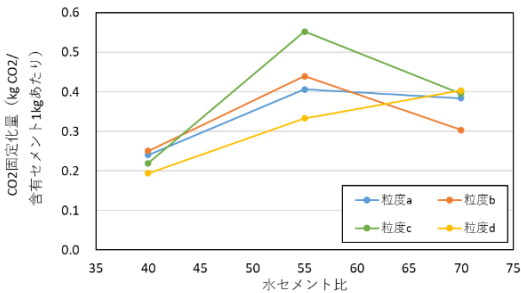
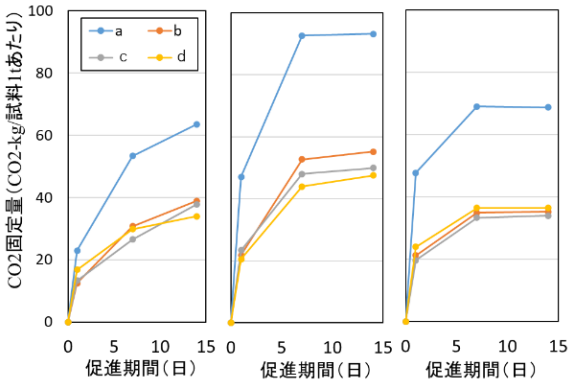


図 4 水セメント比と含有セメント量あたりの質量変化率 (促進期間 14 日)



(i) W/C40 (ii) W/C55 (iii) W/C70

図 3 試料 1t あたりの CO₂ 固定量

謝辞 本研究は、港湾空港技術研究所、東京理科大学、芝浦工業大学、飛島建設株式会社との共同研究による成果の一部です。ここに関係者への謝意を表します。

参考文献

1) 野口 優理香他:環境配慮型 TSC の検討～環境負荷を低減したグラウト材の開発に向けて～, 第 77 回セメント技術大会講演要旨, pp.286-287, 2023
2) 安田 僚介他:炭酸化を受けたセメント系材料中の CO₂ 含有率評価に向けた分析方法の検討, セメント・コンクリート論文集 Vol.75, pp.442-447, 2021
3) 栗原 哲彦他:酸溶解により得られた再生粗骨材の物性値, セメント・コンクリート論文集 Vol.73, pp.379-386, 2019
4) 長濱 庸介他:コンクリート用再生骨材等の再資源化の過程における二酸化炭素固定量, 土木技術資料, Vol.56, No.7, pp.26-29, 2014