

1. はじめに

近年、様々な環境問題が世界中で社会的に問題となっている。その中でも地球温暖化は深刻な問題となっており、温室効果ガス排出量の低減が世界的に求められている。温室効果ガスの 90%以上は CO₂ であり、CO₂ 排出量を低減していくために、構造物の LCCO₂(Life Cycle CO₂)を正確に算出することが重要となる。

また、コンクリートのセメント水和物は炭酸化反応により CaCO₃ を生成し、CO₂ を固定化する。解体後のコンクリートは、表面積が大きくなり、炭酸化していない新たな破断面が格段に増えるため、CO₂ 固定量も大きくなることが考えられる。それゆえに、解体後の CO₂ 固定量は膨大となるので、的確な LCCO₂ の算出が求められることとなる。

本研究では、解体コンクリートの CO₂ 固定量を正確に把握することで、よりの確な LCCO₂ を算出することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 解体コンクリートの作製

プレキャストコンクリート(PCa)製品会社の不要 PCa 製品を、再生骨材製造工場で解体し、解体コンクリートを作製した。解体したコンクリートの配合を表 1 に示す。

不要 PCa 製品から 1 度目の破碎処理で最大粒径 40mm のクラッシャーランが製造される。クラッシャーランでは、解体する際に発生する微粒分を含む。さらにクラッシャーランを破碎処理したものが再生骨材である。これにより品質 M の再生骨材が製造された。再生骨材においては、破碎の際に発生する微粒分は除去されている。本研究ではクラッシャーランと再生骨材 M を試料とした。

得られた試料を粒径範囲 0~0.3、0.3~0.6、0.6~1.2、1.2~2.4、2.4~5.0、5.0~10.0、10.0~(mm) にふるい分けを行った。

2.2 試料の曝露

ふるい分けした試料を各粒径範囲ごとに、温度・湿度が一定に管理された室内（温度 25℃、湿度 60%）で、底の浅い容器に平らに入れて曝露した。また、解体コンクリートが屋外に曝露される状況を

想定した乾湿繰り返し条件と、比較のために、乾燥条件という 2 つの曝露条件を設けた。乾湿繰り返し条件では、4 日に 1 回程度純水を散布し、含水率が均一になるようにかき混ぜた。それに対して乾燥条件では、純水の散布を行わずに曝露した。

試料の曝露期間は 91 日とし、データの採取日は、0、1、3、7、14、28、91 日とした。採取した試料は炭酸化の進行を停止させるために窒素ガスを封入したデシケーターの中で保存した。

2.3 試験方法

所定の期間曝露したのち、示差熱・熱分析装置により室温から 1000℃に上げ、450℃~500℃付近および 750℃~800℃付近を Ca(OH)₂ からの脱水(H₂O)および CaCO₃ の分解(CO₂)とみなし、試料中の Ca(OH)₂ および CaCO₃ の含有量を測定し CO₂ の固定量を算出した。

また、骨材の量が試料により異なるため、熱分析により得られた H₂O の脱水量、CO₂ の分解量だけではデータを比較することはできない。そこで、試料中の骨材量を測定し、データを補正する必要がある。また、骨材含有量の測定方法は、以下のようにした。まず、0.15mm 以下に微粉碎した試料を 1g はかり取り、次にビーカに塩酸(1+100)250ml を入れ、その中にはかり取った試料を入れたのち、マグネティックスターラで 20 分間攪拌させた。その後、不溶解の残留分がほぼ沈降するのを待ち、ただちにろ紙(5 種 B、11.0cm)でろ過を行い、残留物をろ紙とともにルツボに入れて、低温で灰化させ 1000℃の電気炉で 30 分間強熱し、冷却したのち質量をはかった。

表 1 解体前のコンクリート配合

水セメント比 W/C(%)	単位量(kg/m ³)				
	W	C	S	G (5~20mm)	Ad
40	173	433	689	1081	1.3

3. 結果と考察

3.1 曝露条件と CaCO_3 含有率

各試料・曝露条件ごとに、曝露期間と CaCO_3 含有率を図1～4に示す。

図1～4より、粒径が小さいほど炭酸化の進行が促進され、より多くの CO_2 を固定する傾向にあることが分かる。これは粒径が小さくなるほど比表面積が大きくなり、空気と触れ合う面積が大きくなったため炭酸化の進行が速くなり、それに伴ってより多くの CO_2 を固定したためと考えられる。

次に、乾燥条件と乾湿繰り返し条件の比較をしてみると、クラッシャーランと再生骨材Mの両者で、約15～20%ほど乾湿繰り返し条件の方が CaCO_3 を多く含むという結果となった。これは、炭酸化反応による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費を補うために、固相から、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が溶出し、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費が促進されたためであると考えられる。

3.2 LCCO₂ 試算

今回 LCCO₂ の試算を行うにあたり、100m³ の PCa を想定しインベントリ分析を行った。インベントリ分析を行った範囲は、使用材料、製造・施工、製品輸送、解体、解体コンクリート輸送、中間処理の工程である。なお、製品輸送距離と解体コンクリート輸送距離の合計を 50km と仮定して LCCO₂ の算出を行った。また、 CO_2 固定量は、クラッシャーラン・再生骨材 M とともに、曝露期間 91 日目の CaCO_3 含有率と曝露期間 0 日目の CaCO_3 含有率の差を用いて試算を行った。図5に結果を示す。

解体コンクリートの CO_2 固定を考慮することによって、クラッシャーラン・再生骨材 M の両者において、乾燥条件では LCCO₂ 低減率が約 2.4%、約 0.8%と小さいが、乾湿繰り返し条件のもとでは LCCO₂ 低減率が約 6.8%、約 6.4%という結果となった。

先述の通り、解体されたコンクリートは屋外に曝露されることが多いので、実際にも乾湿繰り返し条件の結果に近い低減率を解体コンクリートの CO_2 固定によって得ることができると考える。

また、既往の研究では、鉄筋コンクリート 100m³ を対象として CO_2 固定化の考慮の有無による LCCO₂ の比較を行っている。¹⁾ その結果として、 CO_2 固定化の考慮をした場合の方が CO_2 固定を考慮しない場合より 5.5%だけ LCCO₂ を低減できるとしている。しかし、既往の研究では、粒径範囲が 5.0mm 以下の解体コンクリートのみを対象としているため、多少なりとも LCCO₂ を低く見積もっている。その結果を考慮すると、今回得られた結果は、概ね妥当であると考えられる。

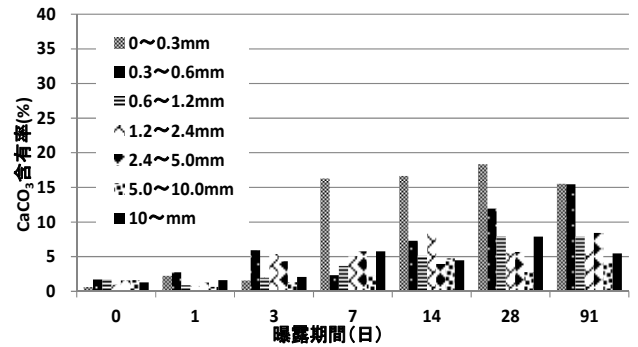


図1 曝露期間と CaCO_3 含有率
(クラッシャーラン：乾燥条件)

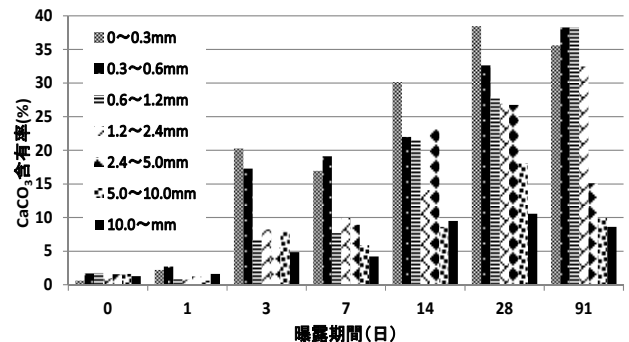


図2 曝露期間と CaCO_3 含有率
(クラッシャーラン：乾湿繰り返し条件)

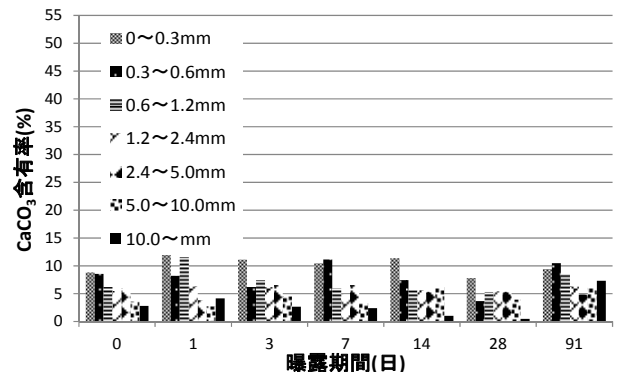


図3 曝露期間と CaCO_3 含有率
(再生骨材 M：乾燥条件)

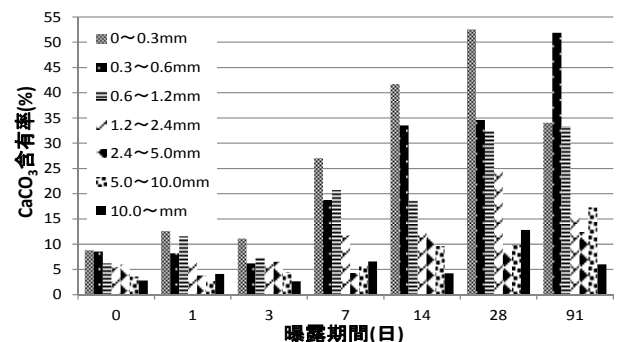


図4 曝露期間と CaCO_3 含有率
(再生骨材 M：乾湿繰り返し条件)

4. 結論

- (1) 解体コンクリートでは、粒径が小さいほど炭酸化する進行が速く、 CaCO_3 含有率が高い。
- (2) 乾燥条件と乾湿繰り返し条件を比較すると、クラッシャーランと再生骨材の両方で、約 15～20%ほど乾湿繰り返し条件の方が CaCO_3 含有率が高い。
- (3) 解体コンクリートの CO_2 固定を考慮することで、クラッシャーラン・再生骨材 M の両者において、乾燥条件では LCCO_2 低減率が約 2.4%、約 0.8%、乾湿繰り返し条件のもとでは LCCO_2 低減率が約 6.8%、約 6.4%という結果となった。

【参考文献】

- 1) 黒田泰弘、菊池俊文：コンクリート塊による二酸化炭素の固定化に関する研究、清水建設研究報告、第 86 号、2007

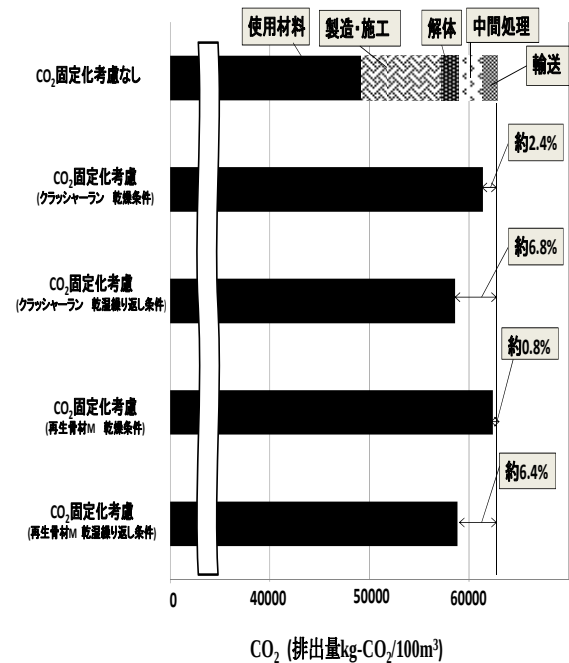


図 5 CO₂ 固定化の有無による LCCO₂ の比較