# 結合材に高炉スラグ微粉末を含む解体コンクリートによる $CO_2$ 固定

広島大学大学院　学生会員　○徳久　陽一
広島大学大学院　学生会員　赤崎　大希
広島大学大学院　フェロー会員　河合　研至

## 1. 背景・目的

コンクリートに関わるライフサイクルでの $CO_2$ 排出量（$LCCO_2$）を的確に把握するためには，解体コンクリートが固定する $CO_2$ 量を的確に把握しておく必要がある．筆者らはこれまでに普通ポルトランドセメントを使用した解体コンクリートの $CO_2$ 固定量について検討を行っており[1)]，比較のため本研究では，結合材の一部に高炉スラグ微粉末を使用した解体コンクリートから再生骨材を製造し，その存置期間における $CO_2$ 固定量について，曝露条件を変えて検討した．

## 2. 実験概要

### 2.1 試料の作製と曝露

本研究では，プレキャストコンクリート製品会社の不要コンクリート製品を破砕処理し，再生骨材Mを作製した．解体した不要コンクリート製品の配合表を表－1に示す．このコンクリートはセメントの 20%を高炉スラグ微粉末に置換している．

得られた再生骨材Mを粒径 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)にふるい分けを行い，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．これを乾燥条件とし，さらに，解体コンクリートが屋外に曝露される状況を想定して乾湿繰返し条件を設定した．乾湿繰返し条件では，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．試料の曝露期間は 91 日とし，データの採取日は曝露開始から 0，1，3，7，14，28，91 日とした．

### 2.2 試験方法

所定の期間曝露したのち，試料を示差熱・熱分析装置により室温から 1000℃に上げ，450℃～500℃付近を $Ca(OH)_2$ からの脱水($H_2O$)，750℃～800℃付近を $CaCO_3$ の分解($CO_2$)とみなし，試料中の $Ca(OH)_2$ および $CaCO_3$ の含有量を測定し $CO_2$ の固定量を算出した．

なお，測定した試料中には，骨材が含まれるため，測定したデータは骨材補正してセメントペースト中における $Ca(OH)_2$，$CaCO_3$ の含有量として求めた．

## 3. 結果と考察

### 3.1 曝露条件と $CaCO_3$ 含有率

各試料・暴露条件ごとに，暴露期間と $CaCO_3$ 含有率を図-1～2 に示す．図-1～2 より，乾燥条件において，炭酸化はほとんど進行しなかった．91 日の乾燥条件と乾湿繰返し条件を比較すると，乾湿繰返し条件の方が $CaCO_3$ 含有率が約 10%～20%多く含んでおり，炭酸化が著しく進行している結果となった．これは炭酸化反応による $Ca(OH)_2$ の消費を補うために，固相から，$Ca(OH)_2$ が溶出し，$Ca(OH)_2$ の消費が促進されたためであると考えられる．また粒径範囲に注目すると，粒径が細かいほど炭酸化が促進され，より多くの $CO_2$ を固定する傾向が見られた．

### 3.2 結合材の相違による比較

結合材の一部に高炉スラグ微粉末等の混和材を使用することによる $CO_2$ 固定量の相違を検討するために，解体コンクリートの結合材として普通ポルトランドセメントを使用した既往の研究との比較を行った．

各暴露期間の $CaCO_3$ 含有率から 0 日の $CaCO_3$ 含有率をそれぞれ差し引き，その差は曝露期間の平方根に比例して増加すると仮定して近似した．粒径 0.3～0.6mm における乾燥条件，乾湿繰返し条件の結果を一例として，それぞれ図-3，図-4 に示す．本研究では各曝露期間に試料を 2 回採取し，それぞれについて測定を行ったため，平均値で示すのではなく，それぞれの結果を「本研究 1 回目」,「本研究 2 回目」として示した．なお,既往の研究での測定は 1 回である．

キーワード　解体コンクリート，高炉スラグ微粉末，　$CO_2$ 固定，曝露条件，$LCCO_2$
連絡先　〒739-8527　広島県東広島市鏡山 1-4-1　A-2-522　TEL&FAX　082-424-778

図-3 より，乾燥条件においては，既往の研究と本研究で大きな差異は見受けられず 0%付近に曲線が位置していることから，どちらも炭酸化がほとんど進行していないと考えられる．すなわち，解体したコンクリートから再生骨材を製造後，雨の掛からない場所に放置した場合には，$CO_2$ 固定を期待することはほとんどできない

図-4 より，乾湿繰返し条件においては，近似曲線は既往の研究の結果の方が本研究の結果よりも大きなものとなった．$CaCO_3$ 含有率の差が曝露期間の平方根に比例して増加するとしたときの近似曲線の係数，いわゆる中性化速度係数に相当する係数（単位：%/√day）は，既往の研究で 4.63，本研究の 1 回目で 1.77，2 回目で 2.52 となった．本研究における係数は，既往の研究の数値の 38～54%に相当し，高炉スラグ微粉末の置換率よりも数値の低下が大きい．高炉スラグ微粉末の潜在水硬性でアルカリが消費されるに伴い，カルシウム化合物が炭酸化しにくい化合物に変化している可能性が考えられるが，解体に用いた不要コンクリート製品の種類が既往の研究と本研究では異なること，解体までの材齢がいずれも不明であることなどから，一概に両者を同一条件で比較することはできない．ただし，この結果は，普通ポルトランドセメントを用いた解体コンクリートで計算される $CO_2$ 固定量から混和材の置換率分を差し引くことで，混和材を含む場合の解体コンクリートの $CO_2$ 固定量を求めることが，$CO_2$ 固定量を過剰に見積もる可能性を示唆するものであり，解体コンクリートの $CO_2$ 固定量算出に当たっては注意を要すると考えられる．

## 4. 結論

（1）解体コンクリートにおける $CO_2$ 固定では，粒径が細かいほど炭酸化の進行が速く，$CaCO_3$ をより多く含んでいる．曝露条件の観点からは，乾燥条件よりも乾湿繰返し条件の方が $CO_2$ を多く固定する．

（2）結合材に高炉スラグ微粉末を置換することにより，無置換と比較して $CO_2$ 固定量が減少するが，置換率に比例した減少率とはならない．

## 参考文献

1） 河合研至，澤井浩士，赤崎大希：解体コンクリートの曝露条件による $CO_2$ 固定量の相違，第 66 回セメント技術大会講演要旨， pp. 218-219，2012

表－1 配合表

| | 単位量 (kg/m³) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| W/(C+BF) (%) | W | C | BF | S | G | Ad |
| 40.7 | 166 | 326 | 82 | 676 | 1031 | 2.2 |

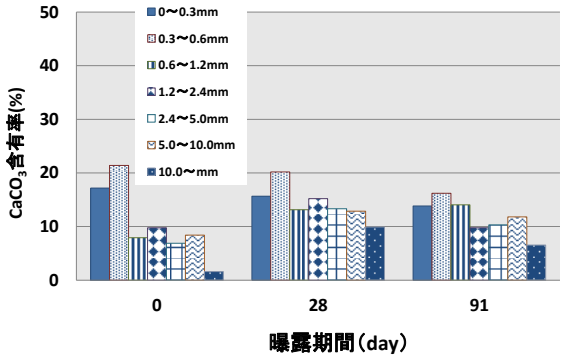


図-1 曝露期間と $CaCO_3$ 含有率（乾燥条件）

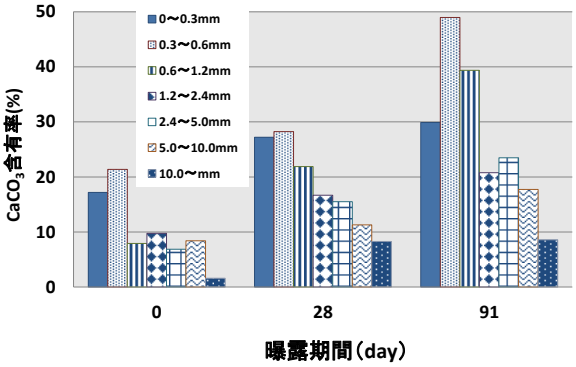


図-2 曝露期間と $CaCO_3$ 含有率
（乾湿繰返し条件）

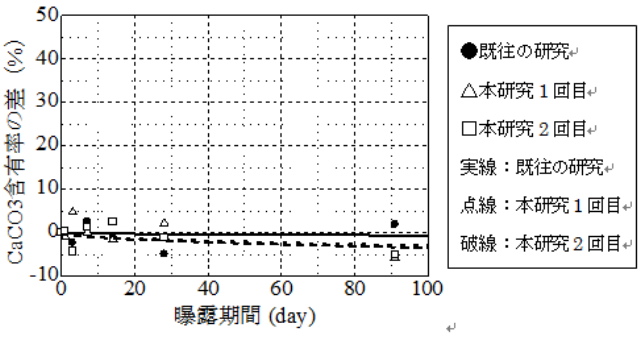


図-3 近似曲線（乾燥条件）

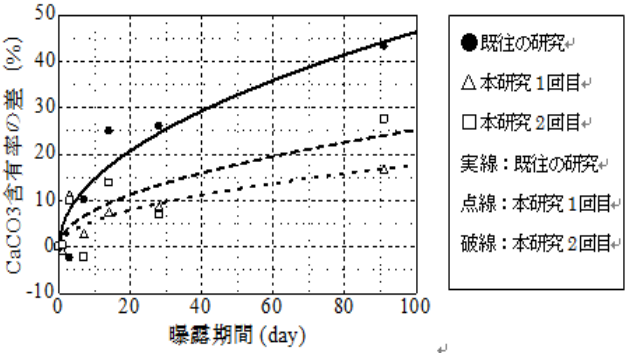


図-4 近似曲線（乾湿繰返し条件）