

論文 再生骨材コンクリートによる CO₂ 削減効果の可能性に関する検討

松田 信広*1・伊代田 岳史*2

要旨：脱炭素社会の実現に向けて、CO₂ 固定量を考慮した再生骨材コンクリートの CO₂ 削減効果の可能性について検討する必要がある。本研究では、CO₂ を固定化する技術により改質した再生骨材のインベントリデータを構築し、改質再生骨材を用いたコンクリートについて、普通コンクリートと同一強度レベルでの CO₂ 削減効果について検討を行った。その結果、炭酸化による再生骨材の CO₂ 固定量の増大および改質再生骨材コンクリートの強度改善によって CO₂ の削減効果を確認し、CO₂ 排出量の削減を定量的に示すことができた。

キーワード：低品質再生骨材、再生骨材コンクリート、炭酸化技術、CO₂ 固定量、CO₂ 排出量

1. はじめに

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、コンクリートおよびその材料中に CO₂ を固定化する技術開発が進められている。再生骨材は、製造工程および保管時、更に強制炭酸化によって CO₂ を固定化できる可能性がある。これらを踏まえると、再生骨材はカーボンニュートラルに大きく貢献できると考える。特に、再生骨材 L または L の規格を外れている再生骨材（以下、低品質再生骨材）は、骨材に付着および混入するモルタルおよびセメントペースト（以下、付着モルタルおよび付着ペースト）の割合が大きく、CO₂ を固定化できるポテンシャルは大きいと考える。しかし、低品質再生骨材は骨材自体の品質が低いことからコンクリートの適用範囲は限定されており、現状では普及には至っていない。

以上の背景から、今後の再生骨材コンクリートの普及には、低品質再生骨材に CO₂ を固定化するとともに、再生骨材自体の品質を改善（以下、改質）する技術が必要であると考えた。そこで筆者らは、強制炭酸化による再生骨材の改質技術を提案¹⁾した。この技術は、再生骨材に CO₂ を強制的に固定化させることで付着モルタルおよび付着ペースト中のセメント水和生成物を炭酸化させ、再生骨材自体を改質する技術である。今後は、炭酸化技術によって改質した再生骨材（以下、改質再生骨材）を用いたコンクリート（以下、改質再生骨材コンクリート）の CO₂ 削減効果について検討を行う必要がある。しかしながら、萩原ら²⁾の検討では、低品質再生粗骨材コンクリートにおいて、普通コンクリートと同等の圧縮強度レベルにおける環境性ではセメント使用量が増加し、地球温暖化に関しては不利になると指摘している。したがって、普通コンクリートと同一強度レベルで CO₂ 削減効果の評価しなければならない。また、炭酸化した再生骨材のインベントリデータについても構築する必要がある。

そこで本研究では、再生骨材コンクリートによる CO₂

削減効果の可能性を明らかにするために、これまで強制炭酸化を行った再生骨材のデータ整理を含め、炭酸化した再生骨材のインベントリデータを構築した。そして、このインベントリデータを用いて、改質再生骨材コンクリートについて、普通コンクリートと同一強度レベルでの CO₂ 削減効果について検討を行った。

2. インベントリデータの構築

2.1 検討概要

炭酸化した再生骨材のインベントリデータを構築するために、CO₂ 排出量に関する再生骨材のシステム境界は、原コンクリート受け入れ時と仮定した。

本研究で範囲とする CO₂ は以下の通りである。

- ① 再生骨材の製造に関する CO₂ 排出量
- ② 再生骨材の製造・保管による CO₂ 固定量
- ③ 強制炭酸化による CO₂ 固定量

なお、輸送ならびに強制炭酸化プロセスに関わる CO₂ 排出量、また、再生骨材 H および M の製造時に発生する微粉が固定化する CO₂ については考慮せずに評価した。

2.2 CO₂ の定量方法

CO₂ の定量方法は、既往の文献³⁾を参考に示差熱重量分析 (TG-DTA) を用いて検討した。測定の手順は、再生細骨材および再生粗骨材を縮分して 500g 以上採取したものを代表試料とした。次に、粉砕機を使用して全量 150 μ m 以下に微粉砕した。全量微粉砕した理由として、付着モルタルに厚みがある場合は、深さ方向で固定化している CO₂ 量が異なる可能性があるため全粉砕することでこの影響を排除した。微粉砕した試料は、測定までの CO₂ の固定化を防ぐために 4 時間アセトンに浸漬した。但し、一部の試料でアセトン浸漬を行っていないものがあるが、微粉砕後、直ちに測定を行った場合は、アセトン浸漬した場合と測定結果が大きく相違しなかったことを確認している。アセトン浸漬後、24 時間以上真空乾燥

*1 (株) 東京テクノ 生産技術統括本部長 (芝浦工業大学大学院 理工学研究科地域環境システム専攻) (正会員)

*2 芝浦工業大学 工学部土木工学科 教授 博士 (工学) (正会員)

を行ったものを測定試料とした。測定中は窒素ガスを150~200mL/minで流入した。昇温速度は20°C/minとし、1000°Cまで計測した。本研究では、脱炭酸反応における質量減少量の温度範囲は550~850°Cと仮定し、試料質量に対する質量減少量の割合をCO₂含有率とした。CO₂固定量は式(1)の通り炭酸化処理前後のCO₂含有率を差し引くことで求め、再生骨材1tあたりに固定化したCO₂(kg-CO₂/t)量として表した。なお、測定値は3回の平均値とし、ばらつきが生じたものは測定回数を増やした。

$$RACO_2 = \frac{Ra-Rb}{100} \times 1000 \quad (1)$$

ここに、 $RACO_2(kg-CO_2/t)$ ：再生骨材のCO₂固定量、 $Ra(\%)$ ：炭酸化処理後のCO₂含有率、 $Rb(\%)$ ：炭酸化処理前のCO₂含有率

2.3 再生骨材の製造に関するCO₂排出量

再生骨材の製造に関するCO₂排出量は、再生骨材製造工場の電力使用量から算出した。表-1に骨材製造工場の概要を示す。Lは3工場、MおよびHはそれぞれ1工場である。工場はACRAC（再生骨材コンクリート普及連絡協議会）会員から抽出し、骨材製造工場が少ないことがデータ数に影響した。CO₂排出量の算出は、既往の文献⁴⁾を参考に製造設備の定格出力は対象の骨材製造に関わる電力使用量から求め、定格出力の負荷率を80%と仮定した。電力排出係数は、温室効果ガス排出量報告⁵⁾に示される電気事業者別排出係数の代替値(0.441kg-CO₂/t)を用いた。CO₂排出量は式(2)より算出した。

$$Rce = \frac{Mo \times Ec}{MC} \quad (2)$$

ここに、 $Rce(kg-CO_2/t)$ ：再生骨材製造のCO₂排出量、 $Mo(Kw)$ ：製造設備の定格出力、 $Ec(kg-CO_2/t)$ ：電力排出係数、 $Mc(t/h)$ 再生骨材の製造能力

再生細・粗骨材MおよびHのCO₂排出量は、それぞれ1工場のデータのため、既往の文献⁶⁾に示されているインベントリデータを用いて工場の実測値との平均値で示した。再生骨材Lについては、3工場の平均値とした。表-2に再生骨材の製造に関するCO₂排出量を示す。CO₂排出量は、粗骨材よりも細骨材の方が高い結果となった。これは、粗骨材と比較して細骨材の方は1時間あたりの製造能力が低いことが要因である。また、L<M<Hの順で大きくなる結果であった。品質が高いものほど製造エネルギーが高いことが明確になった。

2.4 再生骨材の製造・保管によるCO₂固定量

(1) 再生骨材の製造工程で固定化したCO₂

2種類の原コンクリートを用いて、再生骨材Lの製造工程で固定化したCO₂、保管時に固定化したCO₂を定量

表-1 骨材製造工場の概要

骨材種類	品質	工場	製造方法
再生粗骨材	L	LA	乾式破碎
		LB	乾式破碎
		LC	乾式破碎
	M	MA	乾式破碎+湿式磨砕
	H	HA	乾式破碎+湿式磨砕
再生細骨材	L	LA	乾式破碎
		LB	乾式破碎
		LC	乾式破碎
	M	MA	乾式破碎+湿式磨砕
	H	HB	乾式破碎+湿式磨砕

表-2 再生骨材の製造に関するCO₂排出量

骨材種類	品質	工場	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /t)
再生粗骨材	L	LA	1.7
		LB	1.2
		LC	3.4
	M	MA	9.3
		MSD	4.6
	H	HA	27.9
HSD		22.9	
再生細骨材	L	LA	1.7
		LB	1.2
		LC	3.6
	M	MA	13.9
		MGD ⁵⁾	3.3
	H	HB	41.9
		HGD ⁵⁾	43.6

した。原コンクリートは、解体コンクリート(原コンA)と戻りコンクリート(原コンB)である。原コンAは1974年に竣工した建築物の解体ガラである。当時のJASS5からセメントはOPC、呼び強度は24であると推測した。原コンBの配合は24-12-20BBである。再生骨材Lの製造方法は乾式破碎であり、ジョークラッシャおよびインパクトクラッシャ、振動ふるい機を用いて製造した。

再生骨材の製造工程で固定化したCO₂の定量方法は、製造直後の再生骨材のCO₂含有率を定量し、原コンクリートに使用した材料中のCO₂含有率を差し引くことで求めた。その理由として、使用材料中のセメントや骨材中にもCO₂含有率としてカウントしてしまうものがあることから、再生骨材の付着ペースト率を塩酸溶解によって求め、付着ペースト率をもとに再生骨材のCO₂含有率から骨材やセメントのCO₂含有率を差し引くことでCO₂を定量できると考えた。この算出方法は原コンクリートの使用材料とその材料中のCO₂固定量が明確になっている必要があること、また、原コンクリート受け入れ時をシステム境界と仮定したこと、供用期間中および解体時に固定化したCO₂を除くために戻りコンクリートである原コンBを使用した。なお、セメントおよび骨材中のCO₂含有率は2.2の手順で定量した。表-3に材料中のCO₂含有率を示す。高炉セメントB種のCO₂含有率は、普通セメント中の少量混合成分の影響であると考え。また、碎石の岩種は硬質砂岩碎石であることから、天然

表-3 材料中の CO₂ 含有率

使用材料	CO ₂ 含有率 (%)
高炉セメント B 種	1.27
砕砂	1.15 (砕石の値を採用)
砂 (山砂)	0.36
砕石 2005	1.15

の CaCO₃ 等が CO₂ 含有率に影響を及ぼしたと考える。図-1 に再生骨材の製造工程で固定化した CO₂ を示す。骨材の製造工程では再生粗骨材は 7.1kg-CO₂/t, 再生細骨材は 12.7kg-CO₂/t の CO₂ を固定化したことがわかった。これは、2 回の破碎過程で新たな破断面が露出したこと、また、粒径が小さくなり表面積が大きくなることで CO₂ を固定化したと考える。今後、更にデータを構築し、定量方法についても検討する必要があるが、本研究では、この値をインベントリデータに使用した。また、再生骨材 H および M においても製造プロセスでは破碎の工程を経て磨砕や特殊な工程を行うと考えられることから、この値は H や M のインベントリデータにも適用した。

(2) 再生骨材の保管時に固定化した CO₂

再生骨材の保管時に固定化した CO₂ の把握に向けて、試験的に屋根が設置している屋外で再生骨材を 28 日間曝露した。この時、1 日 1 回骨材表面が湿る程度まで霧吹きで散水し、大気中の CO₂ を固定化させた。定量方法は、再生骨材製造直後の CO₂ 含有率と 28 日間保管後の CO₂ 含有率の差分から求めた。なお、保管時における CO₂ 固定量については、原コン A および B から製造した再生骨材で検討した。図-2 に再生骨材の保管時に固定化した CO₂ を示す。原コン A から製造した再生粗骨材では 5.6 kg-CO₂/t, 再生細骨材では 19.9kg-CO₂/t の固定量を確認した。原コン B から製造した再生粗骨材では 4.0 kg-CO₂/t, 再生細骨材では 16.4kg-CO₂/t の固定量を確認した。

2.5 強制炭酸化による CO₂ 固定量

筆者らがこれまで実施した強制炭酸化を行った再生骨材のデータを整理し、強制炭酸化により固定化した CO₂ を取りまとめた。強制炭酸化による CO₂ 固定量は実測値と推定値の平均値として示した。推定値の算出方法については既報⁷⁾を参照されたい。強制炭酸化は、全て CO₂ 濃度 5%, 温度 20°C, 湿度 60% の環境下で 7 日間行った。表-4 に強制炭酸化による再生骨材の CO₂ 固定量を示す。骨材種類で比較すると再生細骨材の方が固定量は多く、品質の低いものの方が固定量は多くなった。

2.6 保管後に強制炭酸化した再生骨材の CO₂ 固定量

インベントリデータの構築にあたり、再生骨材の保管によって固定化した CO₂ と炭酸化処理によって固定化した CO₂ を合算する場合、実際に 28 日間保管した後に炭酸化処理を行った場合の CO₂ 固定量は、保管時の炭酸化の影響によって減少する可能性がある。そこで、保管時

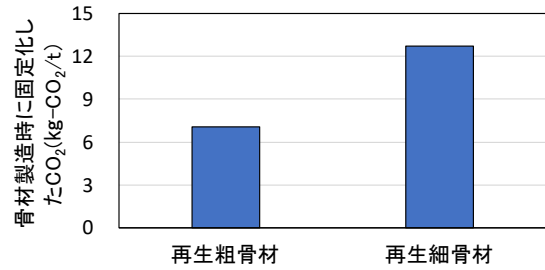


図-1 再生骨材の製造工程で固定化した CO₂

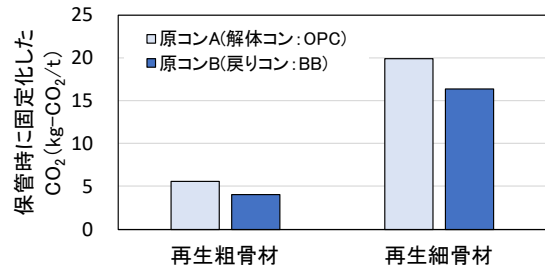


図-2 再生骨材の保管時に固定化した CO₂

表-4 強制炭酸化による再生骨材の CO₂ 固定量

記号	種類	品質	測定状況	n 数	CO ₂ 固定量 (kg-CO ₂ /t)	
RLG	再生粗骨材	L	実測	4	13.1	12.4
			推定	10	11.6	
M		実測	2	6.2	6.0	
		推定	3	5.9		
RHG		H	実測	1	1.7	1.7
RLS	再生細骨材	L	実測	6	27.7	26.1
			推定	3	24.5	
RMS		M	実測	3	11.5	11.5
			推定	3	11.5	
RHS		H	実測	1	10.0	10.0

および 2.5 と同一条件での強制炭酸化によって固定化した CO₂ の合計値と保管後に強制炭酸化した再生骨材の CO₂ 固定量との関係を確認した。原コン A から製造した再生粗骨材および再生細骨材は RGA および RSA, 原コン B から製造した再生粗骨材および再生細骨材は RGB および RSB と標記し、28 日間保管した後に強制炭酸化を行った骨材には各記号の後に「X」を標記した。図-3 に保管後に強制炭酸化した再生骨材の CO₂ 固定量を示す。CO₂ 固定量は非常に多く、これまで実施した強制炭酸化による固定量よりも顕著に多い値となった。また、保管時と強制炭酸化によって固定化した CO₂ の合計値と保管後に強制炭酸化した再生骨材の CO₂ 固定量との関係は、ほぼ同等であることがわかった。この理由として、炭酸化した水和物の違いが影響していると考えられる。伊代田ら⁸⁾は、セメント硬化体の炭酸化機構、特に実環境と促進環境のプロセスの違いを検討しており、実環境では CO₂ の供給が緩やかなため、まず Ca(OH)₂ が炭酸化し、その後 C-S-H が炭酸化し、ともに消費するとフロントは前進する。一方、促進環境では CO₂ の供給が速いため、はじめ

から $\text{Ca}(\text{OH})_2$ および C-S-H とともに炭酸化し、未炭酸化の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を残したまま、炭酸化フロントは前進すると報告している。この結果を勘案すると、保管時では C-S-H の炭酸化よりも $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の炭酸化が進行し、強制炭酸化では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を残して C-S-H の炭酸化が進行したと考える。つまり、保管した再生骨材に対して強制炭酸化した場合、先に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の炭酸化が進行していることで効率よく C-S-H の炭酸化が進行し CO_2 量が増大したと考える。この仮説を検証するために、保管後および強制炭酸化後の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量を比較した。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の定量方法は、TG-DTA を用いて 400~500℃における質量減少量を $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の脱水によるものと仮定し算出した。図-4 に再生骨材の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率を示す。未炭酸化の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は最も多い値を示しており、強制炭酸化によって $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が減少していることがわかる。一方、保管後の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は強制炭酸化と比較して低い値であった。これは屋外で暴露していたことから $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を選択的に炭酸化させた結果であると考えられる。以上の結果から、保管後に固定化した CO_2 と強制炭酸化による CO_2 は合算できることがわかった。また、先に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を炭酸化させることで、効率よく C-S-H が炭酸化する可能性があり、保管後に強制炭酸化することは、 CO_2 固定量を増大できる新たな手法であることが示唆された。

2.7 再生骨材の CO_2 収支

図-5 に再生骨材の CO_2 収支を示す。参考として、砕石 (G)、砕砂 (S) の製造に関する CO_2 排出量⁶⁾ も標記した。再生骨材 L は砕石・砕砂と比較して骨材製造に関わる CO_2 排出量は少なく、逆に炭酸化による CO_2 固定量は非常に多いことがわかる。したがって、炭酸化によって CO_2 収支を大きく削減できることがわかり、再生粗骨材 L は $-22.2 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$ 、再生細骨材 L は $-54.7 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$ となった。再生骨材 M は砕石・砕砂と比較して骨材製造に関わる CO_2 排出量が多いが、 CO_2 の固定化によって CO_2 収支は削減できることを確認し、再生粗骨材 M は $-6.2 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$ 、再生細骨材 M は $-15.6 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$ となった。再生骨材 H の CO_2 排出量は顕著に多く、 CO_2 固定量は少ないことから CO_2 収支は砕石・砕砂よりも顕著に多くなり、再生粗骨材 H は $16.6 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$ 、再生細骨材 H は $20.0 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$ となった。以上の結果から、炭酸化した再生骨材のインベントリデータを構築することができた。

3. 要求性能を満足する再生骨材コンクリートの CO_2 削減効果

3.1 検討概要

改質再生骨材コンクリートの CO_2 削減効果を評価するためには、要求性能を満足する条件で配合設計を行うことが必要である。そこで、配合設計の基礎となるデータ

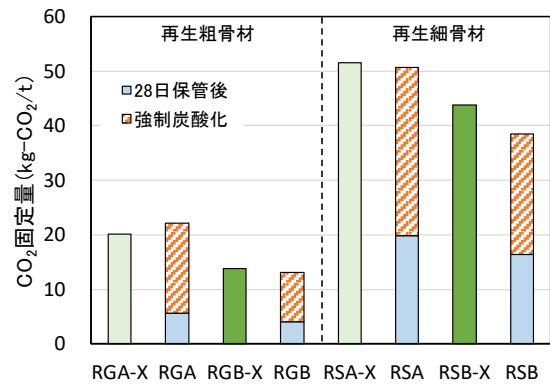


図-3 保管後に強制炭酸化した再生骨材の CO_2 固定量

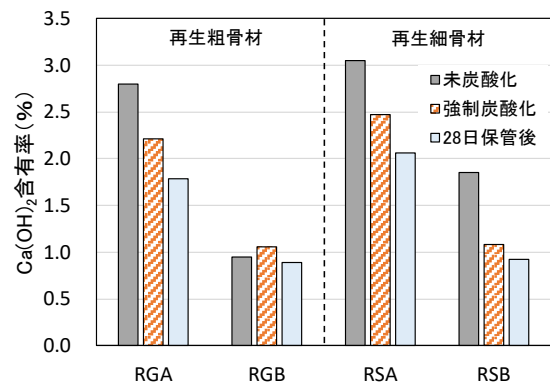


図-4 再生骨材の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率

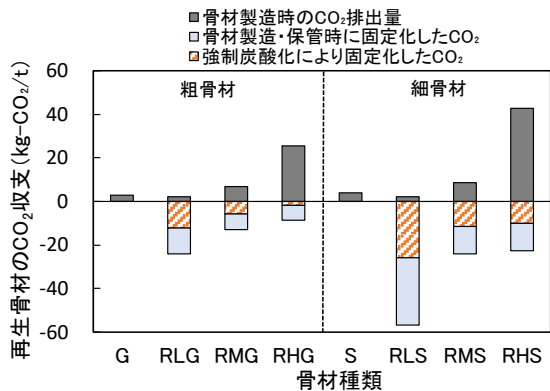


図-5 再生骨材の CO_2 収支

を取得するために、表-5 に示す低品質再生骨材を用いて W/C65, 50, 40%のコンクリートを作製し、C/W と圧縮強度の関係を確認した。使用したセメントは、普通セメント (OPC, 密度: 3.15 g/cm^3) および高炉セメント B 種 (BB, 密度: 3.04 g/cm^3)、普通セメントの 70%を高炉スラグ微粉末 (GGBS, 密度: 2.89 g/cm^3) で置換した高炉セメント C 種相当セメント (BC) を使用した。なお、OPC および BB を用いた普通コンクリートは、再生骨材以外の材料が同一のものを使用する生コン工場の工場式を採用し、BC についてはデータがないことから本検討で作製した。低品質再生骨材は強制炭酸化 (改質再生骨材) を行った。強制炭酸化の条件はこれまでと同様に CO_2 濃度 5%の環境下で 7 日間とした。普通コンクリートに

表-5 使用した低品質再生骨材

骨材名称	種類	炭酸化	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
RS	低品質	未炭酸化	2.00	11.59
RSC	再生細骨材	強制炭酸化	2.04	10.29
RG	低品質	未炭酸化	2.22	7.25
RGC	再生粗骨材	強制炭酸化	2.28	5.92

使用した骨材は、細骨材は、砕砂（表乾密度 2.64g/cm³）と砂（山砂）（表乾密度 2.58g/cm³）を容積比 7：3 で使用し、粗骨材は砕石 2005（表乾密度 2.66g/cm³）を使用した。化学混和剤は AE 減水剤（ポリカルボン酸系）を用いた。配合について、全てのコンクリートで s/a は 48%，単位水量は 175kg/m³ とした。スランプおよび空気量の目標値は 18±2.5cm および 4.5±1.5% とし、所要の性状が得られるように AE 減水剤の添加率と AE 剤を用いて調整した。圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して行い、全ての試験体は材齢 28 日標準養生とした。

3.2 C/W と圧縮強度の関係

図-6～8 に C/W と圧縮強度の関係を示す。改質再生骨材コンクリートの C/W と圧縮強度の関係は、セメント種類によらず相関の関係性を確認した。また、OPC および BB を使用したコンクリートでは、改質再生骨材による圧縮強度の改善効果がみられたが、BC を使用した場合、圧縮強度の改善効果はみられなかった。これは、未炭酸化再生骨材を用いた場合、GGBS を使用すると OPC を使用した場合よりも圧縮強度は高くなる傾向⁹⁾にあり、このメカニズムの解明については今後の検討課題とした。何れにしても、BB および BC を使用した未炭酸化再生骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は W/C50%のみ確認しているが、上記の傾向を踏まえ、C/W 式は改質再生骨材を用いたコンクリートの C/W 式に対して未炭酸化再生骨材を用いた W/C50%の強度結果が線上にくるように切片を補正し、傾きを変えず式を平行移動させた。以上より、配合設計を行い次節に CO₂ 削減効果を評価した。

3.3 改質再生骨材コンクリートの CO₂ 削減効果

3.2 で得られた C/W 式から呼び強度に対応する配合設計を行い、CO₂ 削減効果を評価した。全ての配合は単位水量 175kg/m³，s/a48%，空気量 4.5%とし、変動係数は 10%，配合強度は 1.73σ を満足するように設計した。表-6 に各材料のインベントリデータ¹⁰⁾を示す。再生骨材のインベントリデータは 2.7 に示す通りである。なお、低品質再生粗骨材および低品質再生細骨材（未炭酸化）には、製造・保管による CO₂ 固定量は含めていない。

図-9～11 にコンクリートの CO₂ 排出量を示す。OPC 配合では、未炭酸化再生骨材を用いた場合、コンクリートの CO₂ 排出量は顕著に高く、萩原ら²⁾の指摘の通り CO₂ 排出量は普通コンクリートの方が減少する結果となった。一方、改質再生骨材を用いた場合、固定化した CO₂

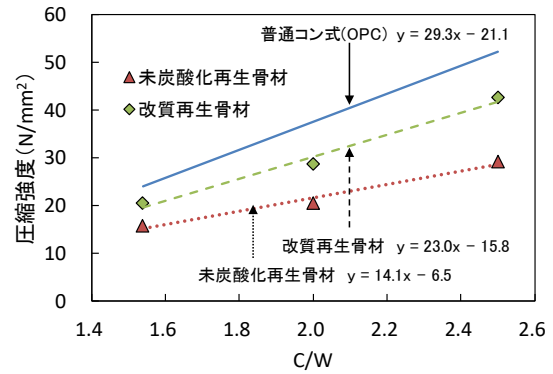


図-6 C/W と圧縮強度の関係（OPC 配合）

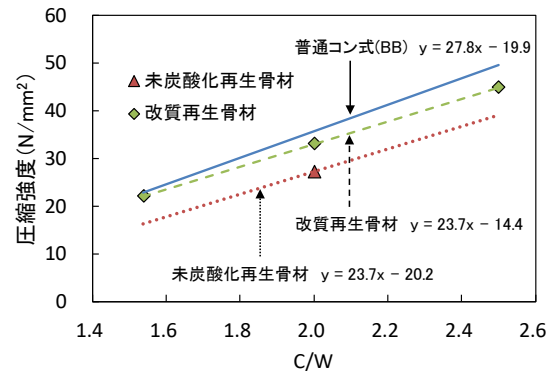


図-7 C/W と圧縮強度の関係（BB 配合）

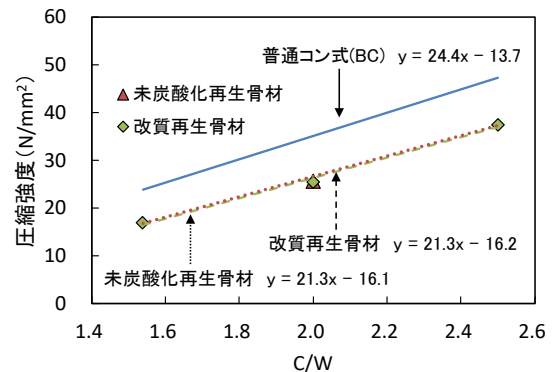


図-8 C/W と圧縮強度の関係（BC 配合）

量の増加とコンクリートの強度改善によって CO₂ の削減効果は高く、普通コンクリートよりも CO₂ 排出量を削減することができた。しかし、富配合になるほどその差はみられなくなり、呼び強度 36 ではほぼ同等の結果となった。BB 配合では、改質再生骨材を用いた場合、OPC 配合と比較して CO₂ 排出量を削減することができた。BC 配合では全てのコンクリートで CO₂ 排出量を削減することができ、改質再生骨材を用いた場合、固定化した CO₂ 量の増加によって顕著に CO₂ 排出量を削減することができた。以上の結果から、改質再生骨材コンクリートの CO₂ 削減効果は OPC 配合が最も高く、BC 配合では貧配合においてカーボンニュートラルが達成できることが示唆され、CO₂ 排出量の削減を定量的に示すことができた。

表-6 各材料のインベントリデータ

材料	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /t)
普通ポルトランドセメント	766.6
高炉セメントB種	458.7
高炉スラグ微粉末	26.5
碎石	2.9
砕砂	3.9
低品質再生粗骨材 (未炭酸化)	2.1
低品質再生細骨材 (未炭酸化)	2.2
改質再生粗骨材	-22.2
改質再生細骨材	-54.7

4. まとめ

本研究の範囲において以下の知見を得た。

- (1) 再生骨材の製造工程および28日間保管した場合、再生骨材はCO₂を固定化できることがわかった。
- (2) 保管後に固定化したCO₂と強制炭酸化によるCO₂は合算できる。また、先にCa(OH)₂を炭酸化させることで、効率よくC-S-Hが炭酸化する可能性があり、保管後に強制炭酸化することは、CO₂固定量を増大できる新たな手法であることが示唆された。
- (3) 再生骨材Lは、骨材製造に関わるCO₂排出量は少なく、逆に炭酸化によるCO₂固定量は非常に多いことからCO₂収支を大きく削減できることがわかった。
- (4) 改質再生骨材コンクリートのCO₂削減効果はOPC配合が最も高く、BC配合では貧配合においてカーボンニュートラルが達成できることが示唆され、CO₂排出量の削減を定量的に示すことができた。

参考文献

- 1) 松田信広, 伊代田岳史: 炭酸化による低品質再生骨材の改質技術の提案と改質再生骨材がコンクリートに与える影響, コンクリート工学論文集, Vol.30, pp.65-76, 2019
- 2) 萩原和也, ヘンリー マイケル, 西村次男, 加藤佳孝, 伊代田岳史: 再生骨材コンクリートの強度特性と環境性に関する基礎研究, 東京大学生産研究, 63巻4号, pp.35-38, 2011
- 3) 黒田泰弘, 菊地俊文: 解体コンクリートによる二酸化炭素の固定, コンクリート工学論文集, 第20巻第1号, 2009.1
- 4) 土木学会: コンクリートライブラリー134 コンクリート構造物の補修・解体・再利用におけるCO₂削減を目指して, 2012.5
- 5) 全国地球温暖化防止活動推進センター: 日本の1990-2021年度の温室効果ガス排出量データ, 2023.4
- 6) 土木学会: コンクリートライブラリー138 2012年制定コンクリート標準示方書 改訂資料, 2013.3
- 7) 松田信広, 井上優作, 伊代田岳史: 炭酸化処理による低品質再生細骨材の効果的な改質手法に関する

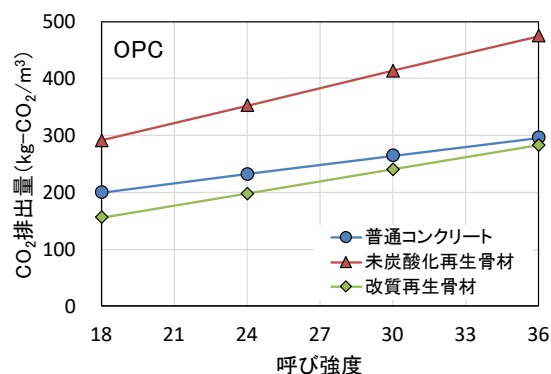


図-9 コンクリートのCO₂排出量 (OPC 配合)

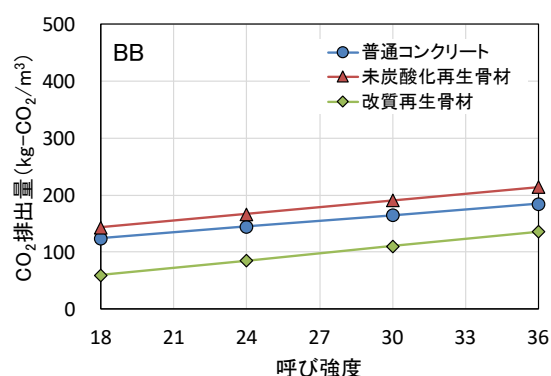


図-10 コンクリートのCO₂排出量 (BB 配合)

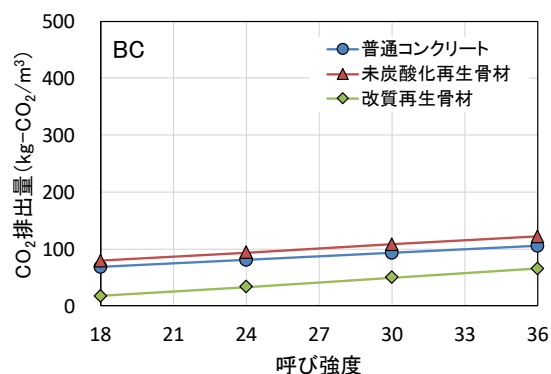


図-11 コンクリートのCO₂排出量 (BC 配合)

検討, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第23巻, pp.23-28, 2023.10

- 8) 伊代田岳史, 中村殉也, 後藤誠史: セメント硬化体の炭酸化機構の検討—実環境と促進環境の相違について, セメント・コンクリート論文集, vol.72, pp.225-232, 2019
- 9) 松田信広, 湯屋蓮, 伊代田岳史: 低品質再生骨材コンクリートにおける骨材と新ペーストとの界面に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, pp.1018-1023, No.1, 2022
- 10) 土木学会: コンクリートライブラリー125 コンクリート構造物の環境性能照査指針 (試案), 2005.11