

高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの基礎的性状

川又 篤*1・唐澤 智之*2

概 要

再生骨材は、構造物の供用期間中および解体後の再資源化の過程において CO₂を吸収・固定している。高炉セメント C 種相当の低炭素コンクリートに再生骨材を使用することで、低炭素性と資源循環性を兼ね備えたコンクリートの製造が可能となる。本研究では、高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの実用化を目指して、室内実験により、フレッシュ性状および強度発現性に及ぼす再生骨材の組合せの影響は小さいことを確認した。また、再生骨材を使用することで、CO₂排出量を高炉セメント C 種相当の低炭素コンクリートよりもさらに 8.4~17.3kg-CO₂/m³削減できる可能性が示唆された。

キーワード：低炭素コンクリート，フレッシュ性状，強度発現，CO₂排出量

FUNDAMENTAL PROPERTIES OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE
USING HIGH CONTENT OF GRANULATED BLAST-FURNACE SLAG

Atsushi KAWAMATA *1, Tomoyuki KARASAWA *2

Abstract

Recycled aggregates absorb and fix CO₂ during the service life of the structure and during the recycling process after demolition. The use of recycled aggregate in low-carbon concrete that is equivalent to portland blast-furnace slag cement Class C makes it possible to create concrete with low-carbon and resource recycling properties. In this study, for the purpose of the practical application of recycled aggregate concrete using high content of granulated blast-furnace slag, we conducted laboratory experiments and confirmed that the combination of recycled aggregates had almost no effect on fresh concrete properties and strength development. It was also suggested that the use of recycled aggregate could further reduce CO₂ emissions by 8.4-17.3 kg-CO₂/m³ compared to low-carbon concrete that is equivalent to portland blast-furnace slag cement Class C.

Keywords: Low-carbon concrete, Fresh concrete properties, Strength development, CO₂ emission

*1 Senior Principal Researcher, Material Group, Research & Development Center

*2 Manager, Material Group, Research & Development Center

高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの基礎的性状

川又 篤*1・唐澤 智之*2

1. はじめに

コンクリート構造物は供用期間中に大気に接している表面が炭酸化することで二酸化炭素（以下、CO₂）を吸収・固定している。供用を終えたコンクリート構造物は、解体され、破碎、粒度調整などの再資源化の過程を経て、コンクリート用の再生骨材や道路舗装用の路盤材として再利用されている。この再資源化の過程では、新しく大気に接する面積が大きくなることから、さらにCO₂を吸収・固定すると考えられている。

再生骨材のCO₂固定量を評価した事例は少ないものの、既往の研究¹⁾によると、各品質区分におけるCO₂の固定量が表-1のように示されている。高炉スラグ微粉末（以下、BF）の使用率を70%としたコンクリートでは、普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートに対してCO₂削減効果を63%²⁾としているが、再生骨材を使用することでさらに削減効果を高めることが期待できる。

一方、JASS 5³⁾では、構造物に使用できる再生骨材コンクリートは、H または M とされている。再生骨材Lについては、単独では構造物に使用できないものの、JIS A 5022「再生骨材コンクリートM」において、普通骨材と混合して再生骨材Mの品質基準を満足することで使用可能とされている。再生骨材MやLは、Hに比べて付着ペーストが多いことから、吸水率が高く、絶乾密度が小さいなど、骨材としての品質は劣るものの、CO₂固定量は多くなるものと考えられる。また、Hに比べて、製造に係る投入エネルギーが小さく環境負荷が抑制できることや、回収率が比較的高いといったメリット

もある。

このような背景の中、再生骨材MやLについては、再生骨材Hと比較して、高度な製造設備が不要であることに加えて、CO₂をより多く固定した材料であることから、普及が進んでいくことが期待されている。そこで、本研究では、セメントの70%を高炉スラグ微粉末で置き換えた高炉セメントC種相当の低炭素コンクリートに再生骨材MまたはLを使用して、2022年11月に改定されたJASS 5に示されている資源循環性と低炭素性を兼ね備えたBF高含有再生骨材コンクリートの実用化を目指し、室内実験において基礎的な性状について検討を行った。本報では、その結果について報告する。

なお、本研究は、表-2に示す13社で構成された「再生骨材を用いたCELBICの実用化に関する研究会」において実施したものであり、本報は、文献^{4), 5)}に加筆修正を行い、まとめたものである。

表-1 品質区分別CO₂固定量測定結果¹⁾

品質区分	CO ₂ 固定量(kg-CO ₂ /t)*1		
	粗骨材	細骨材	微粉
再生骨材H（機械的方法）	1.94	6.14	62.9
再生骨材H（熱的方法）	1.26	4.03	55.5
再生骨材M	4.09	14.1	—
再生骨材L	6.41	25.6	—

*1 再生骨材等の保管期間内に固定された量
(保管期間の前後に測定した値の差分によって算出)

表-2 共同研究への参加会社

青木あすなる建設	○浅沼組	○安藤ハザマ
奥村組	熊谷組	鴻池組
◎五洋建設	鉄建建設	東急建設
東京テクノ	東洋建設	長谷工コーポレーション
矢作建設工業	(五十音順, ◎: 主査, ○: WG 幹事)	

*1 研究開発センター 材料グループ 主幹研究員

*2 研究開発センター 材料グループ グループリーダー

2. 実験概要

2.1 使用材料

本実験における使用材料を表-3に示す。使用した再生細骨材および再生粗骨材を写真-1～写真-4に示す。再生骨材は、実験を実施した生コン工場（以下、当該生コン工場）に隣接した製造工場（以下、当該製造工場）において、同一の解体ガラを起源とした原コンクリートから製造している。本実験で使用した再生骨材 M は、品質のばらつきの影響を考慮して、当該製造工場にて通常製造されているものと比べて、吸水率が高く、絶乾密度が小さいなど、品質が低いものを使用した。普通骨材には、当該生コン工場で通常使用されているものを使用した。再生骨材 L の普通骨材に対する混合割合（容積比）は、JIS A 5022 における上限に準拠して、粗骨材で 50%、細骨材で 30%とした。混合後の品質（計算値）を表-4に示す。なお、再生骨材は 24 時間以上プレウェッティングを行って表乾状態で使用した。

BF には、JIS A 6206 に適合するせっこう添加タイプを使用した。

2.2 コンクリートの調合

本実験におけるコンクリートの調合を表-5に示す。水結合材比は 60%～30%の 5 水準とした。骨材の組合せは、細骨材と粗骨材ともに再生骨材 M を単独で使用したもの（以下、MM 調合）、細骨材と粗骨材に再生骨材 L と普通骨材を混合して使用したもの（以下、LL 調合）、細骨材に再生骨材 M を粗骨材に再生骨材 L と普通骨材を混合して使用したもの（以下、ML 調合）の計 3 水準とした。スランプの目標値は、W/B60%と 50%で 18cm、W/B40%、35%および 30%で 23cm、空気量の目標値は全調合で 4.5%とした。

粗骨材かさ容積は、目標スランプ 18cm の調合で $0.570\text{m}^3/\text{m}^3$ 、23cm の調合で $0.560\text{m}^3/\text{m}^3$ として、骨材の組合せにかかわらず一定とした。

2.3 練混ぜ方法

表-3 使用材料

名称	記号	種類・産地	物性
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度： $3.15\text{g}/\text{cm}^3$
普通細骨材*1	S1	砕砂 東京都八王子市	絶乾密度： $2.62\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：0.99%
	S2	山砂 千葉県君津市	絶乾密度： $2.54\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：1.72%
再生細骨材	RMS	再生細骨材 M	絶乾密度： $2.33\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：4.99%，微粒分量：4.9%
	RLS	再生細骨材 L	絶乾密度： $1.98\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：12.28%，微粒分量：3.7%
普通粗骨材	G	碎石 東京都八王子市	絶乾密度： $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：0.66%
再生粗骨材	RMG	再生粗骨材 M	絶乾密度： $2.46\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：3.30%，微粒分量：0.1%
	RLG	再生粗骨材 L	絶乾密度： $2.31\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：5.51%，微粒分量：0.7%
混和材	BF	高炉スラグ 微粉末 4000	密度： $2.89\text{g}/\text{cm}^3$ (せっこう添加品)
練混ぜ水	W	上水道水	—
化学混和剤	Ad	AE 減水剤	(高機能タイプ)
	SP	高性能 AE 減水剤	—

*1 砕砂：山砂=70：30（質量比）



写真-1 RMS



写真-2 RLS



写真-3 RMG



写真-4 RLG

表-4 再生骨材 L と普通骨材を混合した骨材の品質

名称	混合比率（容積比）	物性（計算値）
再生細骨材 M	RLS : S1 : S2 =30 : 40 : 30	絶乾密度： $2.40\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：4.01%
再生粗骨材 M	RLG : G =50 : 50	絶乾密度： $2.55\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率：2.92%

練混ぜには、60L 強制二軸練りミキサを使用した。材料をミキサに一括で投入して、空練りを 15 秒行い、注水後、W/B30%の調合で 120 秒、他は 90 秒練り混ぜて排出した。

表-5 調合

調合名*1	W/B (%)	単位量(kg/m ³)									Ad/SP*2 (B×%)	AE*3			
		W	C	BF	S1/S2	RMS	RLS	G	RMG	RLG					
60MM18	60	180	90	210	—	778	—	—	905	—	0.45	1.0A			
60LL18					350/257	—	221	455		—			417	0.70	2.0A
60ML18					—	813	—							0.35	2.0A
50MM18	50	180	108	252	—	728	—	—	—	—	0.40	1.0A			
50ML18					—	763	—	455	—	417	0.40	1.0A			
40MM23	40	170	128	298	—	714	—	—	889	—	0.35	0.5A			
40LL23					323/237	—	204	447		—			410	0.75	1.5A
40ML23					—	749	—							0.50	1.0A
35MM23	35	170	146	340	—	664	—	—	889	—	0.50	1.0A			
35ML23					—	698	—	447		—			410	0.625	2.0A
30MM23	30	170	170	397	—	597	—	—	889	—	0.85	2.5A			
30LL23					272/200	—	172	447		—			410	0.95	5.0A
30ML23					—	632	—							0.75	4.0A

*1 調合名：水結合材比・骨材組合せ・目標スランブ

*2 W/B=60%・50%：Ad (AE 減水剤 (高機能タイプ))

*3 空気量調整剤 1.0A=B×0.002%

W/B=40%・35%・30%：SP (高性能 AE 減水剤)

2. 4 各試験項目の試験方法および目標値

各試験項目の試験方法および目標値を表-6に示す。

再生骨材の品質としては、塩化物イオン含有量およびペースト付着率を確認した。

フレッシュコンクリートでは、運搬によるロスを見込んで、スランブの管理値を 20 (=18+2) ±2.5cm または 24 (=23+1) ±2.0cm, 空気量の管理値を 5.0 (=4.5+0.5) ±1.5%とした。また、フレッシュコンクリートの塩化物含有量は、W/B35%およびW/B30%の調合に対してのみ確認した。

硬化コンクリートに対しては、圧縮強度の他、W/B35%およびW/B30%の調合で塩化物イオン量を確認し、W/B30%の調合でアルカリシリカ反応性迅速試験を実施した。

3. 試験結果および考察

3. 1 再生骨材試験結果

再生骨材の塩化物イオン含有量の試験結果を図-1に示す。細骨材の塩化物イオンは、RLSの方が大きい結果となったものの、粗骨材では、RMGとRLGに大きな差はみられなかった。なお、いずれも当該製造工場の自主管理値である0.010%以下を満足した。

ペースト付着率の試験結果を図-2に示す。

表-6 各試験項目の試験方法および目標値

対象	試験項目	試験方法	目標値
再生骨材	塩化物イオン含有量	JIS A 1154	0.010%以下
	ペースト付着率	塩酸溶解 (塩酸濃度 5%, 約 1kg×2回平均)	—
フレッシュコンクリート	スランブ	JIS A 1101	20±2.5cm*1 24±2.0cm*2
	空気量	JIS A 1128	5.0±1.5%
	コンクリート温度	JIS A 1156	—
	塩化物含有量	JASS5T-502	0.30kg/m ³ 以下
硬化コンクリート	圧縮強度 (標準養生)	JIS A 1108	—
	アルカリシリカ反応性	ZKT-206	相対動弾性係数 ≥ 80%
	塩化物イオン量	JIS A 1154	—

*1 W/B=60%・50%

*2 W/B=40%・35%・30%, 23cm 超は材料分離のないこと

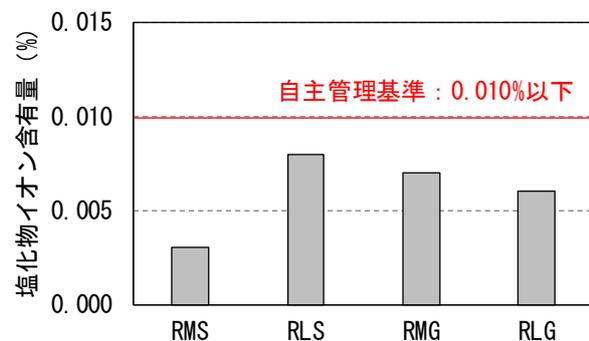


図-1 再生骨材の塩化物イオン含有量試験結果

ペースト付着率は、RLS および RLG とともに、RMS および RMG のそれぞれ 1.6 倍程度であった。再生骨材 L と普通骨材を混合した場合のペ

ースト付着率をみると、細骨材で 9.9%、粗骨材で 9.3%となり、RMS および RMG よりも小さい値となった。これは、再生細骨材の混合率が 30%と小さいことや、本実験で使用した RLG の品質が再生粗骨材 M の品質に近かったことが理由として挙げられる。

3. 2 フレッシュコンクリート試験結果

(1) スランブおよび空気量の試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表 7 に、試験後の状態の一例を写真 5～写真 8 に示す。全ての調合において、スランブおよび空気量はともに管理値内に収まった。各調合におけるスランブ試験結果と化学混和剤使用量を図 3 に示す。骨材の組合せによる影響をみると、LL 調合では、化学混和剤の使用量が MM 調合と比較して多いにもかかわらず、スランブが小さくなる傾向にあった。ML 調合は LL 調合ほどではないものの、同程度の化学混和剤使用量では、スランブが小さくなる傾向にあった。これらの理由として、RMG は製造時に磨砕処理を行っていることから、角が取れており、RLG と比較して粒形がよく、実積率が大きいと考えられる。

(2) 塩化物含有量試験結果

塩化物含有量の試験結果を図 4 に示す。W/B30%の MM 調合の値が他より小さかったものの、その他はほぼ同等の値となり、骨材の組合せによる影響はみられなかった。また、試験を実施した全ての調合で、測定値お

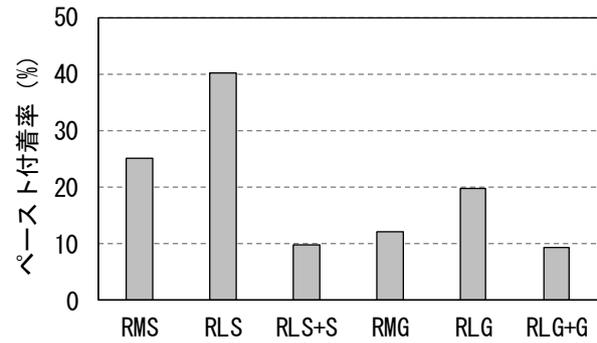


図 2 ペースト付着率

表 7 フレッシュコンクリート試験結果

調合名	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度(°C)	塩化物含有量 (kg/m ³)
60MM18	20.5	4.6	25	—
60LL18	17.5	5.1	26	—
60ML18	19.5	4.8	25	—
50MM18	21.0	5.1	25	—
50ML18	19.5	5.9	25	—
40MM23	22.0	5.1	25	—
40LL23	23.0	5.6	26	—
40ML23	23.5	5.9	26	—
35MM23	23.0	5.2	25	0.02
35ML23	22.5	5.5	26	0.02
30MM23	25.0	4.9	24	0.01
30LL23	22.0	4.2	25	0.02
30ML23	23.0	4.5	25	0.02



写真 5 40MM23



写真 6 40LL23



写真 7 40ML23



写真 8 35MM23

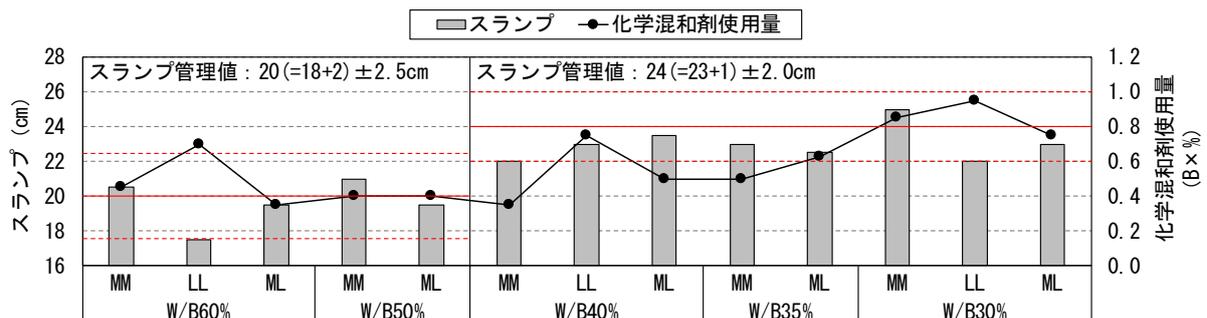


図 3 スランブ試験結果と化学混和剤使用量

よび JIS A 5022 10.5 に示される測定値を 4 倍した値であっても基準値である 0.30kg/m³ を十分に下回った。

以上より、適切な化学混和剤の使用量とすることで、目標とするフレッシュコンクリートの品質が得られることを確認した。

3. 3 硬化コンクリート試験結果

(1) 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図-5に、MM 調合と LL 調合または ML 調合との材齢 28 日圧縮強度の比較を図-6に示す。材齢 28 日における圧縮強度は MM 調合と比較すると、LL 調合および ML 調合ともにやや小さいものの、その差は平均で 4%程度であり、ほとんど同程度の値が得られた。結合材水比と材齢 28 日圧縮強度の関係を図-7に示す。本実験の範囲において、MM 調合、LL 調合および ML 調合のいずれにおいても、結合材水比の増加に伴って圧縮強度が増加しており、頭打ちとなるような傾向はみられなかった。また、両者の関係から求めた近似式の傾きは、骨材の組合せが異なっても概ね同等であった。また、BF 使用率を 70%として普通骨材のみを使用した既往の研究^{例えば 6)}と比較しても、近似式の傾きは大きな差はみられなかった。

(2) アルカリシリカ反応性迅速試験結果

W/B30%の各調合を対象に実施したアルカリシリカ反応性迅速試験結果を表-8に示す。相対動弾性係数は、いずれの調合においても 80%以上となり「反応性なし(A)」と判

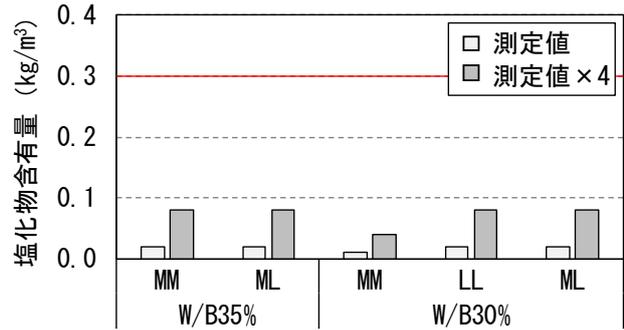


図-4 塩化物含有量試験結果

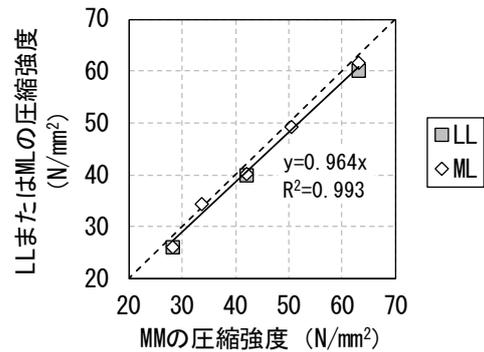


図-6 MM調合とLL調合またはML調合の圧縮強度の比較

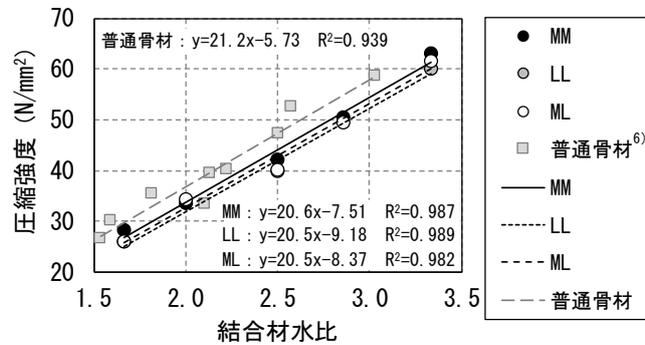


図-7 結合材水比と圧縮強度の関係

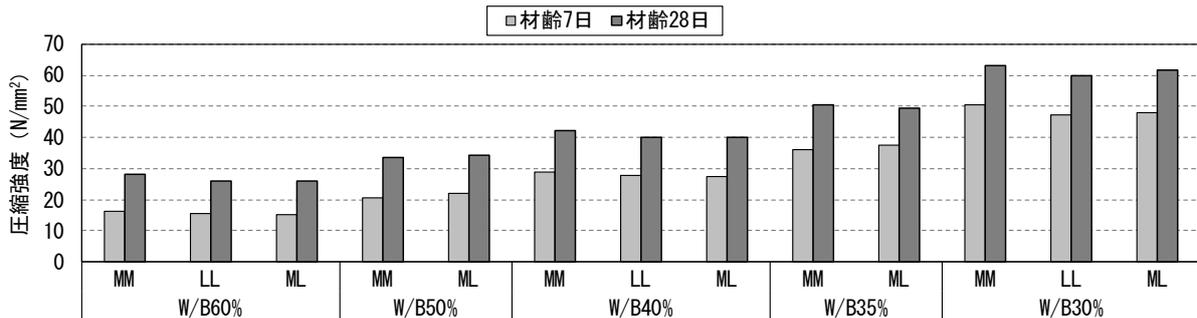


図-5 圧縮強度試験結果

定された。相対動弾性係数の値を比較すると、MM 調合<ML 調合<LL 調合の順となっている。結合材の量は同一であることから、骨材の組合せの影響と考えられ、骨材全体に対する再生骨材の使用量の割合が高い調合ほど、相対動弾性係数が小さくなる傾向にあった。

(3) 塩化物イオン量試験結果

W/B35%およびW/B30%の調合を対象に実施した硬化コンクリートの塩化物イオン量の試験結果を図-8に示す。各調合における硬化コンクリートの塩化物イオン量は0.07kg/m³であり、フレッシュコンクリートの塩化物含有量と同様に骨材の組合せによる影響はみられなかった。

4. CO₂削減効果の試算

4. 1 呼び強度に対応する水結合材比の算定

CO₂削減効果を試算するにあたり、呼び強度24~45に対応する水結合材比を算出した。なお、これまで当該生コン工場において、通常の品質の再生骨材を用いて実施した実験では、再生骨材コンクリートと普通骨材を用いたコンクリートの強度には大きな差がみられていない⁷⁾。このことから、BF高含有再生骨材コンクリートの水結合材比は、文献⁶⁾に示されている普通骨材を用いたコンクリートと同様に算出できると仮定し、当該生コン工場の高炉セメントB種の強度算定式から6N/mm²切片をマイナス側に平行移動した式を用いた(図-9)。また、比較用の普通コンクリートは、普通ポルトランドセメントの強度算定式を用いた。標準偏差は呼び強度の10%とし、調合強度は式(1)および式(2)を満足するように定めた。

$$F = SL + 2\sigma \quad (1)$$

$$F = 0.85SL + 3\sigma \quad (2)$$

ここに、 F : 調合強度 (N/mm²)

SL : 呼び強度 (N/mm²)

σ : 標準偏差 (N/mm²)

表-8 アルカリシリカ反応性迅速試験結果

調合名	一次共鳴振動数 (Hz)		相対動弾性係数(%)		
	煮沸前	煮沸後		平均	差
30MM23	9513	8818	85.9	87.5	-1.6
	9576	8995	88.2		0.7
	9344	8783	88.4		0.9
30LL23	9333	8957	92.1	92.3	-0.2
	9406	9077	93.1		0.8
	9311	8923	91.8		-0.5
30ML23	9554	9052	89.8	90.4	-0.6
	9562	9169	91.9		1.5
	9511	9004	89.6		-0.8

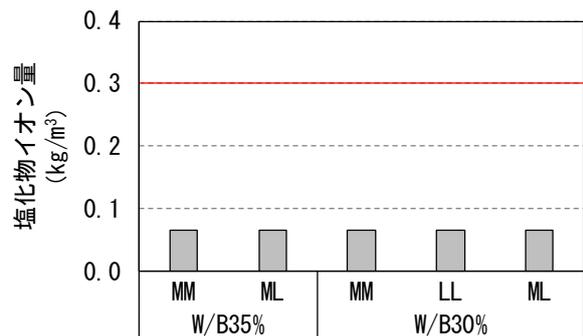


図-8 硬化コンクリートの塩化物イオン量試験結果

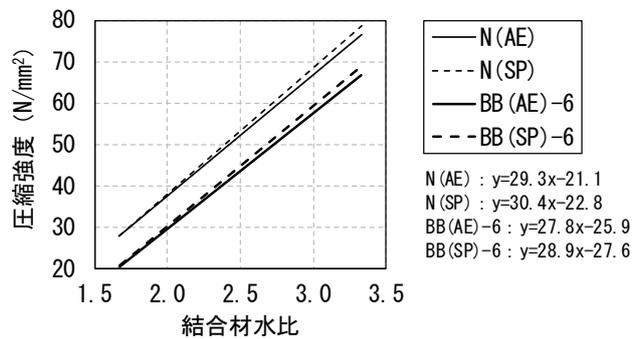


図-9 強度算定式

表-9 呼び強度に対応する水結合材比

調合種別	呼び強度に対応する水結合材比(%)							
	24	27	30	33	36	39	42	45
普通コン	58.4	54.7	51.3	48.7	46.0	43.6	41.5	39.5
MM								
LL	50.6	48.1	45.4	43.0	40.8	38.8	37.0	35.4
ML								

図-9の強度算定式から求めた呼び強度に対応する水結合材比を表-9に示す。

4. 2 材料に由来するCO₂排出量の算定と削減効果の試算

材料に由来するCO₂排出量の算定に用いた調合は、表-10に示す条件にて設定した。また、

CO₂ 排出量の算定に用いた各材料の CO₂ 排出量原単位および再生骨材の CO₂ 固定量には、表-11 に示す値を用いた。なお、再生骨材の製造に係る CO₂ 排出量には、砕石および砕砂と同一の値を用いた。

各調査における CO₂ 排出量と再生骨材による CO₂ 削減量、BF 高含有再生骨材コンクリートの CO₂ 削減効果の試算結果を図-10 および表-12 に示す。なお、CO₂ 削減効果は、各呼び強度における普通コンクリートの CO₂ 排出量に対する、BF 高含有再生骨材コンクリートの各調査の CO₂ 削減量の比であるため、再生骨材による CO₂ 削減量とともに、BF 使用による CO₂ 削減量も加味されている。

コンクリート材料に由来する CO₂ 排出量は、普通コンクリート ≧ LL 調査 > ML 調査 ≒ MM 調査の順に大きい結果となった。一方、再生骨材を使用することによる CO₂ 削減量をみると、MM 調査で 15.7~17.3kg-CO₂/m³、LL 調査で 8.4 ~ 9.0kg-CO₂/m³、ML 調査で 15.4 ~ 17.0kg-CO₂/m³であった。骨材の組合せにより異なるものの、再生骨材を使用することで CO₂ 削減量を増加できる可能性が示唆された。このうち LL 調査の CO₂ 削減効果が小さくなった理由としては、再生骨材 L の CO₂ 固定量は M と比較して大きいと考えられるものの、混合率の上限が細骨材で 30%、粗骨材で 50%と

した影響が挙げられる。

5. まとめ

本検討により得られた知見を以下に示す。

- (1) 再生骨材 M と、再生骨材 L と普通骨材を

表-10 調査条件

項目	条件
単位粗骨材かさ容積	0.570m ³ /m ³ (スランブ 18cm)
化学混和剤	W/B ≤ 50% : 高性能 AE 減水剤 W/B > 50% : AE 減水剤
単位水量	W/B ≤ 50% : 170kg/m ³ W/B > 50% : 180kg/m ³

表-11 各材料の CO₂ 排出量原単位および固定量

材料	CO ₂ 排出量原単位 ⁸⁾ (kg-CO ₂ /t)	CO ₂ 固定量 ¹⁾ (kg-CO ₂ /t)
普通ポルトランドセメント	772	-
高炉スラグ微粉末	35.6	-
砕石	3.90	-
再生粗骨材 M	3.90	4.09
再生粗骨材 L	3.90	6.41
砕砂	3.90	-
再生細骨材 M	3.90	14.1
再生細骨材 L	3.90	25.6
微粉	-	62.9
砂	4.90	-

表-12 試算結果

呼び強度	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /m ³) (再生骨材による CO ₂ 削減量(kg-CO ₂ /m ³))				CO ₂ 削減効果(%)		
	普通	MM	LL	ML	MM	LL	ML
24	245.0	81.6(-17.1)	89.7(-9.0)	82.0(-16.7)	66.7	63.4	66.5
27	261.2	80.4(-17.3)	88.8(-9.0)	80.8(-17.0)	69.2	66.0	69.1
30	278.1	85.9(-17.0)	94.0(-8.9)	86.2(-16.7)	69.1	66.2	69.0
33	276.6	92.0(-16.9)	99.9(-9.0)	92.3(-16.6)	66.7	63.9	66.6
36	292.8	97.4(-16.6)	105.2(-8.9)	97.8(-16.3)	66.7	64.1	66.6
39	308.1	102.8(-16.3)	110.4(-8.7)	103.2(-16.0)	66.6	64.2	66.5
42	323.5	108.9(-16.0)	116.4(-8.6)	109.3(-15.7)	66.3	64.0	66.2
45	338.9	114.3(-15.7)	121.6(-8.4)	114.7(-15.4)	66.3	64.1	66.2
平均	290.5	95.4(-16.6)	103.2(-8.8)	95.8(-16.3)	67.2	64.5	67.1

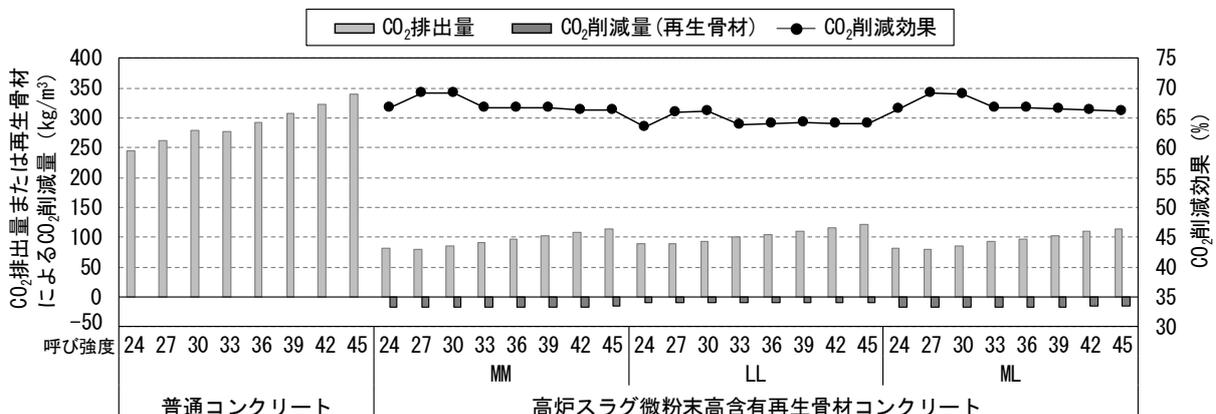


図-10 試算結果

混合した骨材を使用したコンクリートは、適切な化学混和剤の使用量とすることで、目標とするフレッシュコンクリートの品質を得ることができる。

- (2) 再生骨材 M と、再生骨材 L と普通骨材を混合した骨材を使用したコンクリートの圧縮強度は、ほぼ同程度であり、骨材の組合せによる影響は小さい。
- (3) 再生骨材 M と、再生骨材 L と普通骨材を混合した骨材を使用したコンクリートのアルカリシリカ反応性および塩化物イオン量は、いずれも所定の品質を満足し、骨材の組合せによる影響は小さい。
- (4) 再生骨材 M または粗骨材のみ再生骨材 L と普通骨材を混合した骨材を使用したコンクリートでは、 $15.4\sim 17.3\text{kg}\cdot\text{CO}_2/\text{m}^3$ の CO_2 削減効果が期待できる。しかし、細骨材と粗骨材の両方に再生骨材 L と普通骨材を混合した骨材を使用したコンクリートの CO_2 削減効果は、再生骨材 M を使用したコンクリートと比較して小さい。

本検討では、供用期間中に固定した CO_2 は含まれていないため、実際の CO_2 削減効果はさらに大きいものと考えられる。今後は、実用化を目指して実機実験を実施するとともに、品質やロットの異なる再生骨材の CO_2 固定量や CO_2 固定量のポテンシャルについて、確認していく予定である。

謝辞

本研究の実施にあたり、武蔵野土木工業、日本シーカおよび三協 Mirai のご協力をいただきました。関係各位に謝意を表し、ここに記します。

参考文献

- 1) 長濱庸介, 神田太朗, 角湯克典: 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, pp.26-29, 2014.7
- 2) 河野政典, 住学, 高橋祐一, 唐沢智之, 古川雄太, 金子樹: 各種使用率で高炉スラグ微粉末を混和材として用いたコンクリートの性状 その18 本研究のまとめ, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.485-486, 2020.9
- 3) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 2022
- 4) 高橋祐一, 新田稔, 鈴木好幸, 松田信広: 高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの実用化に向けた基礎検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.1, pp.934-939, 2023.7
- 5) 高橋祐一ほか: 高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの性状 その1~その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), pp.565-570, 2023.9
- 6) 高橋祐一, 鈴木好幸, 野中英, 菌井孫文, 安田正雪, 清水啓介: 各種使用率で高炉スラグ微粉末を混和材として用いたコンクリートの性状 その9 実機実験の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.467-468, 2020.9
- 7) 高橋祐一, 竹内博幸: 複数の生コン工場で製造した再生骨材コンクリートの強度性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1499-1504, 2019.7
- 8) 日本建築学会: 高炉セメントまたは高炉スラグ微粉末を用いた鉄筋コンクリート造建築物の設計・施工指針 (案)・同解説, 2017