日本建築学会技術報告集　第 32 巻　第 80 号，22-27，2026 年 2 月
AIJ J. Technol. Des. Vol. 32, No.80, 22-27, Feb., 2026
DOI https://doi.org/10.3130/aijt.32.22

再生粗骨材Ｌと回収粗骨材を併用した環境配慮型コンクリートの実用化に向けた基礎検討

BASIC STUDY ON APPLICATION OF ECO-FRIENDLY CONCRETE USING RECYCLED COARSE AGGREGATE AND RECLAIMED COARSE AGGREGATE

髙橋祐一 ――― ＊1

Yuichi TAKAHASHI ―― ＊1

キーワード：
再生骨材コンクリート，再生粗骨材 L，回収粗骨材，低炭素性，資源循環性

Keywords:
Recycle aggregate concrete, Recycle coarse aggregate Class L, Reclaimed coarse aggregate, Low carbon, Resource circulation

In this study, the main properties of concrete using recycled coarse aggregate and reclaimed coarse aggregate were examined in laboratory experiments. Two types of binder were evaluated which comprised either an equivalent to portland blast-furnace slag cement Type C or Type B. As a result, it was indicated that while reclaimed coarse aggregate exerted a negligible effect on concrete characteristics, the impact of recycled coarse aggregate was more significant, increasing with its mixing ratio. Additionally, it was confirmed that it is necessary to pre-check the total alkali content and chloride ion content prior to the utilization of these aggregates.

１．はじめに

2022 年 11 月に改定された「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 [1)]」では，コンクリートの要求性能の一つに環境性が追加された。この環境性では「資源循環性」，「低炭素性」および「環境安全性」が取り上げられている。資源循環性は，再生材料の種類と使用量を構成材料ごとに評価し，その評価を組み合わせてコンクリートとして総合的に評価される。低炭素性はコンクリート材料の中で最も CO_2 排出割合が大きく，種類の変更により CO_2 の削減が見込める結合材によって評価される。資源循環性ならびに低炭素性の評価は，4 つの等級に分類されており，資源循環等級を高くするには，複数の構成材料に資源循環に大きく貢献する再生材料を使用すること，低炭素等級を高くするためには，CO_2 排出量がより少ない結合材を使用することが必要となる。

資源循環に貢献する材料のうち，骨材としては再生骨材や回収骨材を使用することが考えられる。再生骨材は，コンクリート構造物を破砕した後，磨砕処理や粒度調整などを行って製造されている。このような過程の中で，新たに大気に接する面が増加するため，CO_2 を吸収，固定化している [例えば 2)] ことから，資源循環性だけではなく，低炭素性にも貢献できる材料といえる。構造物に使用することができる再生骨材は，H または M に該当する品質ものとされているが，再生骨材 M を使用する場合には，国土交通大臣認定が必要となる。また，再生骨材 L は M と比較して低品質ではあるものの，CO_2 固定量が多く [例えば 2)]，さらに普通骨材と混合することで再生骨材 M の品質を満足すれば，再生骨材 M と同様に使用することが可能となる。一方，回収骨材は，戻りコンクリートならびにレディーミクストコンクリート工場において，運搬車，プラントのミキサ，ホッパなどに付着しているフレッシュモルタルおよび残留したフレッシュコンクリートを，清水または回収水で洗浄し，粗骨材と細骨材とに分別して回収したものである。回収骨材を使用したコンクリートは JIS A 5308 に規定された範囲であれば，国土交通大臣認定を取得しなくても構造物に使用することができる。このように，再生骨材および回収骨材を用いたコンクリートは，構造物に適用できる環境が整っており，資源循環に貢献することができる材料であるものの，幅広く普及することができていないのが現状である。

このような背景の中，本研究では，資源循環性および低炭素性に配慮した環境性の高いコンクリートの実用化を目的として，高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートに回収骨材を組み合わせたコンクリートに着目し，検討を行っている。しかし，高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリート [3),4)] や回収骨材の置換率を変化させた普通コンクリート [例えば 5)] についての報告はあるものの，これらを組み合わせたコンクリートを対象とした報告は少ない。そこで本検討では，粗骨材に再生粗骨材 L と回収粗骨材を，結合材としてセメントの 70%を高炉スラグ微粉末で置き換えて高炉セメント C 種相当としたものまたは高炉セメント B 種を使用したコンクリートの基本的な性状を確認する室内実験を実施した。また，再生骨材の使用にあたって重要な管理項目となるアルカリ総量および塩化物イオン含有量の算定を試みた。本報ではその結果について報告する。

２．実験概要

2.1　使用材料

本実験で使用した材料を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種を使用した。高炉スラグ微粉末 4000 は，JIS A 6206 に適合するせっこう添加タイプを使用した。普

＊1 五洋建設㈱技術研究所建築技術開発部　建築グループ長・博士（工学）/ 宇都宮大学地域デザイン科学部建築都市デザイン学科　客員教授（〒 329-2746　栃木県那須塩原市四区町 1534-1）

＊1 Senior Manager, Head of Building Construction Group, Building Construction Engineering R&D Division, Institute of Technology, Penta-Ocean Construction Co., Ltd., Dr. Eng. / Dept. of Architecture, Utsunomiya Univ.

表 1　使用材料

	種類・産地	記号	物性・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	N	密度：3.16g/cm^3
	高炉セメント B 種	BB	密度：3.04g/cm^3
練混ぜ水	上水道水	W	－
普通細骨材*1	砕砂	S1	表乾密度：2.66g/cm^3 吸水率：1.58%
	砂（山砂）	S2	表乾密度：2.60g/cm^3 吸水率：2.39%
普通粗骨材	砕石 2005	G	表乾密度：2.70g/cm^3 吸水率：0.94%
回収粗骨材	砕石 2005	RAG	微粒分量：0.2%
再生粗骨材	再生粗骨材 L	RLG	絶乾密度：2.34g/cm^3 吸水率：5.16% 塩化物イオン量：0.01%*2
混和材	高炉スラグ微粉末 4000	BF	密度：2.89g/cm^3
化学混和剤	AE 減水剤（高機能タイプ）	Ad1	リグニンスルホン酸塩 オキシカルボン酸塩 ポリカルボン酸系化合物
	高性能 AE 減水剤 （高炉スラグ微粉末高含有用）	Ad2	ポリカルボン酸系化合物 リグニンスルホン酸塩
	高性能 AE 減水剤	Ad3	ポリカルボン酸系化合物
	AE 剤	AE	変性ロジン酸化合物系 陰イオン界面活性剤

*1 砕砂：砂（山砂）＝40：60
*2 JIS A 1154 に従って測定した全塩化物イオン量

表 2　要因と水準

要因		水準
結合材種類		高炉セメント C 種相当（BF 調合）*1 ／高炉セメント B 種（BB 調合）
粗骨材種類	回収粗骨材置換率*2	0%／7%／15%
	再生粗骨材 L 混合率*3	0%／25%／50%／75%／93%*4
水結合材比		60%／45%／35%

*1 普通ポルトランドセメント：高炉スラグ微粉末 4000＝30：70（質量比）
*2 粗骨材全質量に対する割合　　*3 粗骨材全容積に対する割合
*4 回収粗骨材を除いた全部に使用

通細骨材（砕砂・山砂）および普通粗骨材（砕石 2005）は，当該生コン工場が通常使用しているものとした。回収粗骨材は，当該生コン工場が普通骨材を使用したコンクリートから回収したものを使用した。再生粗骨材 L は，当該再生骨材製造工場が通常製造している品質のものを使用した。

2.2　調合

本実験における要因と水準を表 2 に，調合を表 3 に示す。結合材は，高炉セメント C 種相当として，セメントの 70%（質量比）を高炉スラグ微粉末に置換した調合（BF 調合）と高炉セメント B 種を使用した調合（BB 調合）の 2 水準を設定した。粗骨材は，回収粗骨材を粗骨材の全質量に対して 0%，7%および 15%とした 3 水準，回収粗骨材の置換率を 7%で一定とし，再生粗骨材 L の混合率を 0～93%とした 5 水準を設定した。このうち，混合率 0%は普通コンクリート，25%と 50%は再生骨材コンクリート M に該当する。水結合材比は 60%，45%，35%の 3 水準を設定した。また，場所打ち杭への適用を想定し，W/B45%の単位水量は 194kg/m^3 とした。スランプの管理値は W/B60%で 18±2cm，W/B45%で 23±1.5cm，W/B35%で 23±2cm とした。空気量の管理値は 4.5±1.5%とした。

2.3　練混ぜ

練混ぜは 60L 強制二軸練りミキサを使用し，材料を一括で投入してから練りを 10 秒，注水後，90 秒間練り混ぜて排出し，試験に供した。

表 3　調合

No.	調合記号*1	W/B (%)	s/a (%)	単位量（kg/m^3）									Ad*2 使用量 (B×%)
				W	N	BB	BF	S1	S2	G	RAG	RLG	
1	60BF7-0	60	49.8	181	91	－	211	352	526	397	60	409	0.95
2	60BF7-50									397	60	409	0.95
3	60BF7-93									－	58	767	0.90
4	45BF0-0	45	46.9	194	130	－	302	304	454	883	－	－	0.80
5	45BF7-0									822	61		0.80
6	45BF15-0									751	132		0.80
7	45BF7-25									602	60	198	0.80
8	45BF7-50									385	58	394	0.80
9	45BF7-75									165	57	593	0.80
10	45BF7-93									－	56	741	0.80
11	35BF7-0	35	43.5	175	150	－	350	279	418	870	65	－	1.20
12	35BF7-50									406	62	419	1.20
13	35BF7-93									－	59	784	1.20
14	60BB7-0	60	49.9	181	－	302	－	354	529	850	63	－	1.30
15	60BB7-50									397	60	409	1.30
16	60BB7-93									－	58	767	1.25
17	45BB0-0	45	47.2	194	－	432	－	307	459	883	－	－	1.15
18	45BB7-0									822	61		1.15
19	45BB7-50									385	58	394	1.15
20	45BB7-93									－	56	741	1.15
21	35BB7-0	35	43.8	175	－	500	－	284	424	870	65	－	1.00
22	35BB7-50									406	62	419	1.00
23	35BB7-93									－	59	784	1.00

*1　調合記号：水結合材比・結合材・回収粗骨材置換率-再生粗骨材混合率
*2　W/B60%と W/B45 は Ad1，BF の W/B35%は Ad2，BB の W/B35%は Ad3 を使用

2.4　試験項目および試験方法

(1)フレッシュコンクリート

フレッシュコンクリート試験は，スランプ（JIS A 1101），空気量（JIS A 1128）およびコンクリート温度（JIS A 1156）とした。また，各結合材の W/B35%で再生粗骨材 L の混合率を 50%または 93%とした調合では，塩化物含有量（JASS 5T-502）を実施した。なお，塩化物含有量は，JIS A 5022（再生骨材コンクリート M）10.5 に従って，フレッシュコンクリート中の水の塩化物イオン濃度と調合設計に用いた単位水量との積と，再生粗骨材の塩化物イオン量と調合設計に用いた再生骨材の量との積に 4 分の 3 を乗じた値の和とした。

(2)硬化コンクリート

硬化コンクリートに対しては，圧縮強度（JIS A 1108）および静弾性係数（JIS A 1149）の各試験を実施した。養生方法は標準養生とし，圧縮強度の試験材齢は 7 日，28 日，56 日および 91 日，静弾性係数の試験材齢は 28 日とした。

3．実験結果

3.1　フレッシュコンクリート

(1)スランプ試験結果

スランプ試験結果を図 1 および図 2 に示す。回収粗骨材を使用した調合のスランプは，BB 調合の置換率 7%の調合で未使用の調合と比較して 1cm 小さくなったものの，他の調合ではほぼ同程度の値であり，結合材を高炉セメント B 種または C 種相当とした場合でも置換率を 20%とした既往の研究 [6] と同様の傾向であった。一方，再生粗骨材 L を使用した調合のスランプは，再生粗骨材 L の混合率の増加に伴って大きくなる傾向にあったものの，その差は 1.5cm 程度であった。したがって，置換率 15%以下の回収粗骨材，ならびに再生粗骨材 L がスランプに及ぼす影響は小さいと考えられる。

(2)空気量試験結果

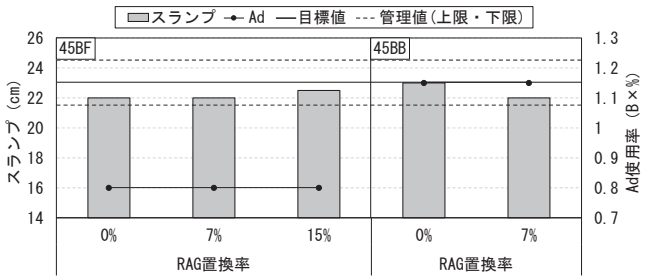


図 1　スランプ試験結果（回収粗骨材置換）

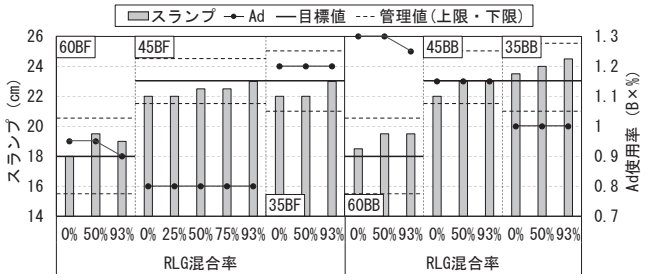


図 2　スランプ試験結果（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

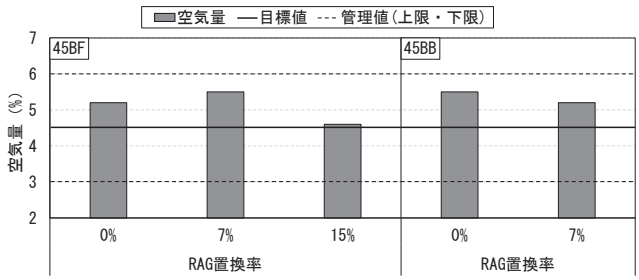


図 3　空気量試験結果（回収粗骨材置換）

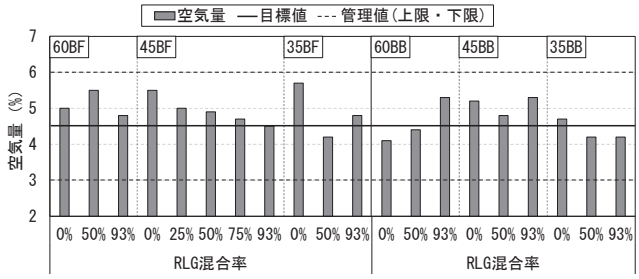


図 4　空気量試験結果（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

空気量試験結果を図 3 および図 4 に示す。回収粗骨材を使用した調合の空気量は，BF 調合の置換率 15%の調合で未使用の調合と比較して 0.6%小さくなったものの，他の調合ではほとんど差はみられなかった。既往の研究 [6]では，回収細・粗骨材を使用することで空気量が増加する傾向にあるとの報告があったものの，本検討ではそのような傾向はみられなかった。再生粗骨材 L を使用した調合の空気量は，ばらつきがあるものの，混合率の増加に伴って小さくなる傾向にあった。しかし，その差はそれほど大きくなく，AE 剤を適切に使用することで，所定の空気量は確保できると考えられる。

(3)塩化物含有量試験結果

各結合材の W/B35%で再生粗骨材 L の混合率を 50%または 93%とした調合を対象に実施した塩化物含有量は，結合材種類による差はなく，RLG50%で 0.05kg/m^3，RLG93%で 0.08kg/m^{3}となり，基準値である 0.30kg/m^{3}を大きく下回った。

3.2　硬化コンクリート

(1)圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図 5 および図 6 に，再生粗骨材 L を混合した調合の再生粗骨材 L を使用していない調合（BF7-0 または BB7-0）に対する材齢 28 日における圧縮強度比を図 7 に示す。回収粗骨材を使用した調合の圧縮強度は，結合材種類にかかわらずほとんど差がみらず，置換率 20%までの調合であれば回収骨材を使用しない調合と同等であるとした既往の研究 [6]と同様の結果であった。一方，再生粗骨材 L を使用した調合では，BF 調合の W/B35%，BB 調合の W/B60%および 35%で混合率の増加に伴って圧縮強度が低下した。これは，置換率の増加に伴い圧縮強度が低下し，高強度域ではより明確となるとする既往の研究 [8]と同様の傾向がみられた。したがって，回収粗骨材を 15%以下で置換する場合には，圧縮強度に及ぼす影響は考慮しなくてもよいが，再生粗骨材 L を混合して使用する場合は，その割合に応じて圧縮強度が低下することを考慮して調合設計を行う必要がある。

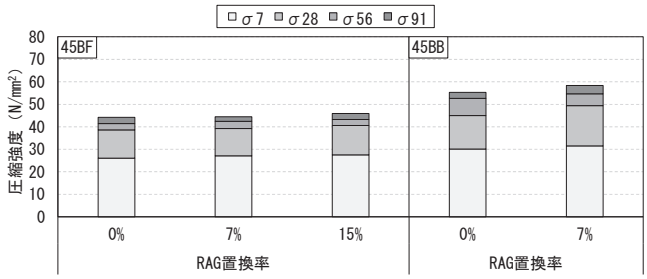


図 5　圧縮強度試験結果（回収粗骨材置換）

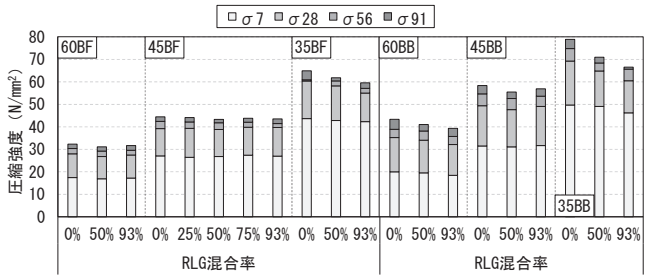


図 6　圧縮強度試験結果（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

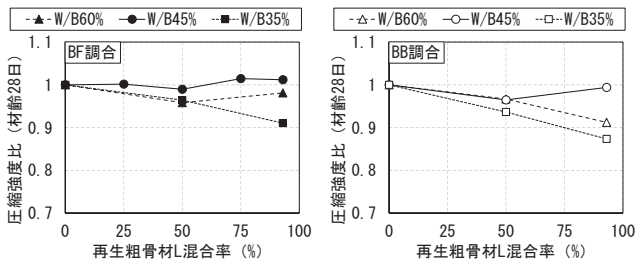


図 7　再生粗骨材 L を混合した調合の再生粗骨材 L を使用していない調合に対する圧縮強度比

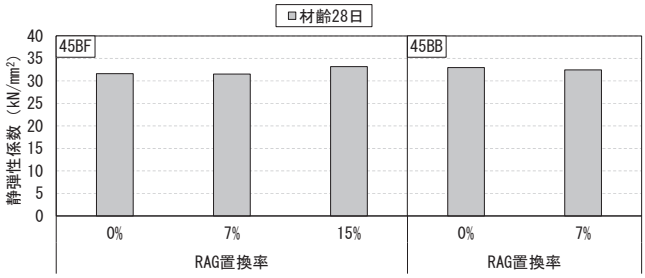


図 8　静弾性係数試験結果（回収粗骨材置換）

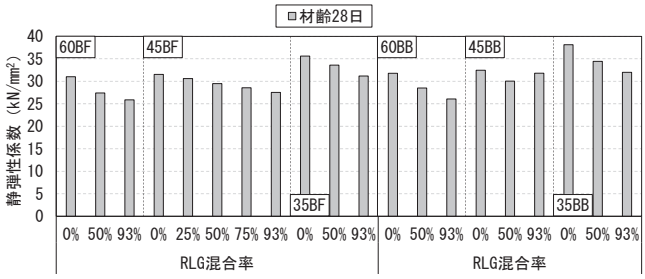


図 9　静弾性係数試験結果（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

(2)静弾性係数試験結果

静弾性係数試験結果を図 8 および図 9 に，再生粗骨材 L を混合した調合の再生粗骨材 L を使用していない調合（BF7-0 または BB7-0）に対する材齢 28 日における静弾性係数比を図 10 に示す。回収粗骨材を使用した調合の静弾性係数は，圧縮強度と同様に結合材種類にかかわらずほとんど差がみられなかった。しかし，再生粗骨材 L を使用した調合では，混合率の増加に伴って静弾性係数が低下する傾向にあった。これは，一般に砕石等の骨材と比較してモルタルの静弾性係数が小さいことから，再生粗骨材に含まれている付着モルタルや残留モルタル塊が影響している[6]と考えられる。

静弾性係数（ヤング係数）の計算値と試験結果の関係を図 11 に示す。ここで，静弾性係数（ヤング係数）の計算値は JASS 5[1]に示されている計算式（k_1=1.2，k_2=0.95）によって求めた値である。静弾性係数の試験結果は，計算値と比較して，再生粗骨材 L の混合率にかかわらず，概ね同等の値を確保した。以上より，本検討の範囲では，再生粗骨材 L を使用することで静弾性係数は小さくなる傾向にあるものの，JASS 5 で示される計算式で求められる値と概ね同等であることから，実際に使用する際に問題となることはないと考えられる。

(3)呼び強度に対応する水結合材比の算定

結合材水比と材齢 28 日圧縮強度の関係を図 12 に示す。水結合材比 60%および 45%の圧縮強度は,再生粗骨材 L の混合率による差はあまりみられない。しかし，水結合材比 35%では，RLG0%と RLG93%を比較すると BF 調合で 5.3N/mm²，BB 調合で 8.7N/mm² の差がみられており，圧縮強度が大きいほどその影響が大きくなる傾向にあった。

コンクリート中のアルカリ総量および塩化物イオン含有量の算定にあたって，各結合材種類における再生粗骨材 L 混合率 50%と 93%の呼び強度 21～45 に対応する水結合材比を算出した。BF 調合の水結合材比の算出には，図 12 に示す回帰式に対し，ばらつきを考慮した下限式（-1.64σ）を強度算定式として使用した。BB 調合は，本

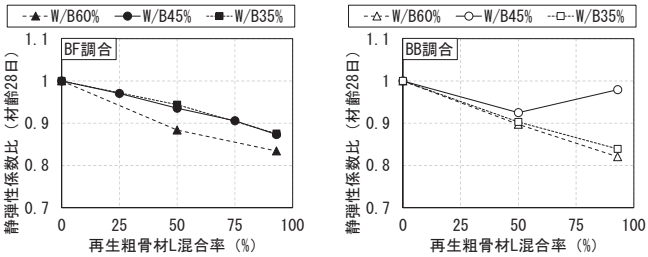


図 10　再生粗骨材 L を混合した調合の再生粗骨材 L を使用していない調合に対する静弾性係数比

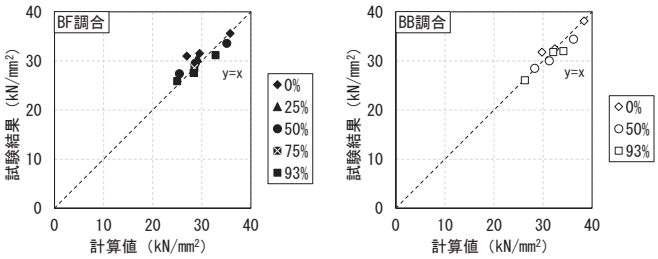


図 11　静弾性係数（ヤング係数）の計算値と試験結果の比較（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

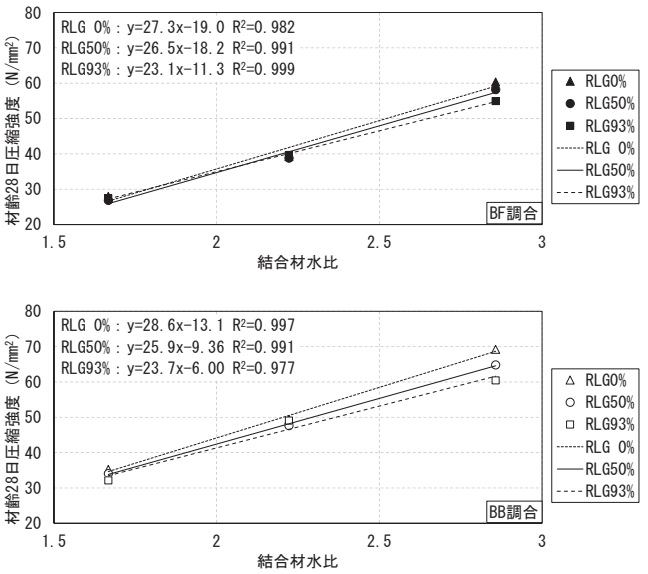


図 12　結合材水比と圧縮強度の関係（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

実験の圧縮強度が当該生コン工場の普通骨材を使用した高炉セメント B 種の強度算定式を上回っていたため，当該生コン工場が設定している水結合材比とした。また，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)[7]を満足するように定めた。

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

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

ここに，　F　：調合強度（N/mm²）

SL　：呼び強度（N/mm²）

σ　：標準偏差（N/mm²）

結合材種類および再生粗骨材 L の混合率ごとの水結合材比の一覧を表 4 に示す。BF 調合の RLG50%と 93%を比較すると，呼び強度 39

表 4　結合材種類および再生粗骨材 L の混合率ごとの水結合材比

呼び強度	BF 調合			BB 調合		
	調合強度	水結合材比（%）		調合強度	水結合材比（%）	
	(N/mm²)	RLG50%*1	RLG93%*2	(N/mm²)	RLG50%*3	RLG93%*3
21	26.0	56.6	61.0	25.9	63.0	
24	29.0	53.2	56.6	28.9	58.7	
27	32.4	49.8	52.2	32.3	54.5	
30	36.0	46.6	48.3	35.7	50.8	
33	39.6	43.8	44.9	39.1	46.8	
36	43.2	41.4	42.0	42.9	43.3	
39	46.8	39.2	39.4	46.8	40.2	
42	50.4	37.2	37.1	50.4	37.7	
45	54.0	35.4	35.1	54.0	35.5	

*1　強度算定式　$F=26.5B/W-20.7$　　*2　強度算定式　$F=26.5B/W-20.7$
*3　強度算定式　$F=36.2B/W-31.9$(呼び強度 21)
$F=25.0B/W-14.3$(呼び強度 24～30)
$F=27.0B/W-15.9$(呼び強度 33・36)
$F=15.7B/W+9.99$(呼び強度 39～45)

以下では，RLG93%の水結合材比の方が大きくなっている。これは，結合材水比と圧縮強度の関係において，RLG93%のばらつきが小さかった影響と考えられるが，本検討では，その関係が成り立つものと仮定して算出した。

4．アルカリ総量および塩化物イオン含有量の算定

4.1　アルカリ総量の算定

再生骨材コンクリートを構造物に使用するにあたっては，アルカリシリカ反応の抑制が重要な対策の一つとなる。JIS A 5022（再生骨材コンクリート M）におけるアルカリシリカ反応抑制対策としては，安全と認められる骨材を使用する方法の他，アルカリシリカ反応抑制効果のある混合セメントを使用し，かつ，コンクリート中のアルカリ総量を規制する方法が示されている。本検討におけるアルカリ総量の上限値は，BF 調合がセメントの 70%（質量比）を高炉スラグ微粉末に置換しているため 4.2kg/m³，BB 調合は高炉セメント B 種（高炉スラグの分量（質量分率）40%以上）を使用しているため，3.5kg/m³ となる。そこで，呼び強度 21～45 の調合を対象にアルカリ総量を式(3)により算出し，アルカリ総量の上限値との比較を試みた。アルカリ総量の算出に使用した調合の設定条件を表 5 に，算出結果を図 13 に示す。

$$R_t = R_c + R_{rg} + R_s + R_m \qquad (3)$$

ここに，
R_t　：コンクリート中のアルカリ総量（kg/m³）
R_c　：コンクリート中のセメントに含まれる全アルカリ量（kg/m³）（N：0.75%，BB：0.45%）
R_{rg}　：コンクリート中の再生粗骨材 L に含まれる全アルカリ量（kg/m³）（RLG：0.25%）
R_s　：コンクリート中の普通骨材に含まれる全アルカリ量（kg/m³）（S2：0.53×0.02＝0.011%）
R_m　：コンクリート中の混和剤に含まれる全アルカリ量（kg/m³）（AE・SP：3.0%）

BF 調合のアルカリ総量のうち，再生粗骨材 L の占める割合が，RLG50%で 45～54%，RLG93%で 60～70%となり，最も大きいことが分かる。一方，BB 調合においては，RLG50%で 30～41%，RLG93%で 44～57%とやはり再生粗骨材 L の占める割合が大きい。しかし，BB 調合の RLG50%と RLG93%の呼び強度 39 以上では，高炉セメント B 種の占める割合の方が大きい。これらのことから，再生骨材 L のアルカリシリカ反応抑制対策を検討する際には，再生粗骨材 L およびセメントの全アルカリ量を抑制する検討が必要となることが確認できる。本検討においては，BF 調合の場合，高炉スラグ微粉末を結合材の 70%使用することで，すべての調合で上限値である 4.2kg/m³ を下回ることができた。しかし，BB 調合の場合，RLG50%とした調合では上限値である 3.5kg/m³ を下回ることができたものの，RLG93%とした調合では呼び強度 27 以上で 3.5kg/m³ を超過した。本検討では，各材料の全アルカリ量を安全側に設定して算出している。例えば，普通ポルトランドセメントでは品質基準の最大値である 0.75%，高炉セメント B 種では高炉スラグ微粉末の分量を 40%と仮定して 0.45%（0.75%×0.6）にそれぞれ設定している。さらに，再生粗骨材 L では JIS A 5022 付属書 C で規定している最大値（0.25%）を採用している。このため，実際に結合材に高炉セメント B 種，骨材に回収粗骨材と再生粗骨材 L を使用する調合を構造物に使用する際には，あらかじめ当該再生骨材製造工場における再生粗骨材 L の品質を継続して確認し，安定的に製造することが可能な吸水率とばらつき（標準偏差）を設定したうえで，改めて全アルカリ量を求め，アルカリ総量を確認することが必要である。

表 5　調合設定条件

項目		条件
水結合材比		表 4 に示す通り
目標スランプ	呼び強度 36 以下	18cm
	呼び強度 36 以上	21cm
目標空気量		4.5%
単位水量	水結合材比 50%超	183kg/m³（AE 減水剤使用）
	水結合材比 50%以下（目標スランプ 18cm）	170kg/m³（高性能 AE 減水剤使用）
	水結合材比 50%以下（目標スランプ 21cm）	175kg/m³（高性能 AE 減水剤使用）
化学混和剤使用量		B×1.0%

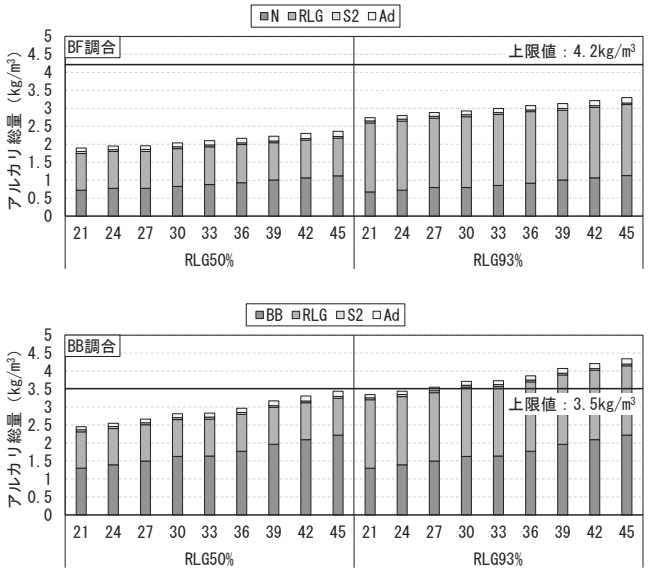


図 13　各調合のアルカリ総量算定結果
（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

4.2　塩化物イオン含有量の算定

再生骨材コンクリートの使用にあたっては，塩化物イオン含有量も重要な管理項目に挙げられる。本検討での塩化物イオン含有量の算定は，各材料の品質基準における塩化物イオン量の最大値を用い

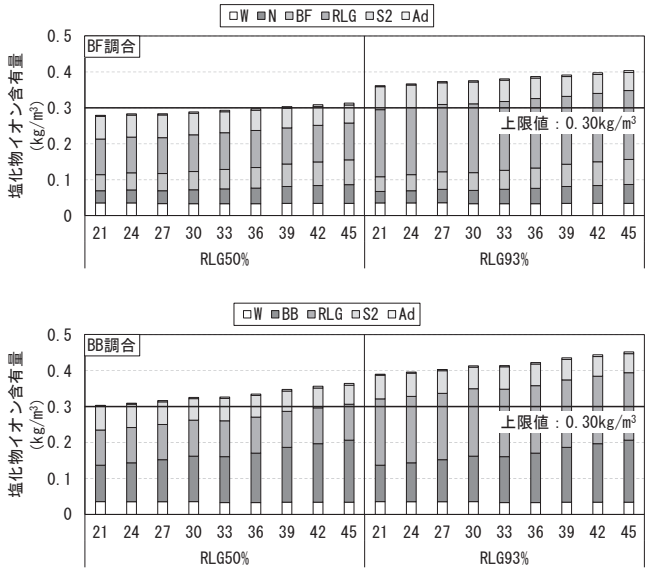


図 14　各調合の塩化物イオン含有量算定結果
（回収粗骨材 7%置換／再生粗骨材 L 混合）

て式(4)により算出した。結果を図 14 に示す。なお，対象はアルカリ総量の算出と同様の調合とした。

$$C_t = C_w + C_c + C_a + C_{rg} + C_s + C_m \quad (4)$$

ここに，
C_t ：コンクリート中の塩化物イオン含有量(kg/m³)
C_w ：コンクリート中の練混ぜ水に含まれる塩化物イオン量（kg/m³）（W：0.02%）
C_c ：コンクリート中のセメントに含まれる塩化物イオン量（kg/m³）（N・BB：0.35%）
C_a ：コンクリート中の高炉スラグ微粉末に含まれる塩化物イオン量（kg/m³）（BF：0.20%）
C_{rg} ：コンクリート中の再生粗骨材 L に含まれる塩化物イオン量（kg/m³）（RLG：0.607×0.04＝0.024%）
C_s ：コンクリート中の普通骨材に含まれる塩化物イオン量(kg/m³)（S2:0.607×0.02＝0.011%）
R_m ：コンクリート中の混和剤に含まれる塩化物イオン量（kg/m³）（AE・SP：0.1%）

本検討における調合の塩化物イオン含有量は，BF 調合の呼び強度 33 以下を除いて，基準値である 0.30kg/m³ を超過した。また，いずれの調合においても，再生粗骨材 L が占める割合が大きく，BF 調合では RLG50%で 33～36%，RLG93%で 48～51%，BB 調合では RLG50%で 27～32%，RLG93%で 41～47%であった。このため，実際に構造物に適用する際には，コンクリートの塩化物含有量の検査頻度を高くする他，コンクリートの塩化物含有量の試験結果が計算値に近い場合には，再生粗骨材 L の塩化物量の品質基準を 0.04%よりも厳しくすることや，JIS A 1154（硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法）による方法[9]を採用するなど，管理方法を再考することも必要となる。

5．まとめ

本検討の範囲において得られた知見を以下に示す。

1) 回収粗骨材は，置換率が 15%までであれば，コンクリートのフレッシュ性状，圧縮強度および静弾性係数に及ぼす影響は，ほとんどなく，既往の研究と同様の傾向であった。
2) 再生粗骨材 L および回収粗骨材を使用したコンクリートは，再生粗骨材 L の混合率の増加に伴ってスランプが大きくなり，空気量は小さくなる傾向にある。しかし，適切に化学混和剤を使用することで所要の性状を得ることができる。
3) 再生粗骨材 L および回収粗骨材を使用したコンクリートの圧縮強度は，再生粗骨材 L の混合率を変化させた既往の研究と同様に，再生粗骨材 L の混合率の増加に伴って小さくなる傾向にあり，強度が大きいほどその影響が顕著になる。
4) 再生粗骨材 L および回収粗骨材を使用したコンクリートの静弾性係数（ヤング係数）は，再生粗骨材 L の混合率の増加に伴って小さくなる。しかし，JASS 5 に示される計算式で求められる値と概ね同等の値を確保できる。
5) 再生粗骨材 L および回収粗骨材を使用したコンクリートを実際の構造物に使用する際には，再生粗骨材 L の吸水率および塩化物イオン量の品質管理基準を適切に設定し，アルカリ総量および塩化物イオン含有量を確認することが必要となる。

謝辞

本実験の実施にあたり，東京コンクリート(株)，増尾リサイクル(株)および(株)フローリックの各位に多大なるご協力をいただきました。各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 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，2022.11
2) 古川他：再生骨材の実製造プロセスにおける CO_2 固定量に関する研究　その 2　CO_2 固定量の結果，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），pp.363-364，2024
3) 高橋他：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 1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），pp.565-570，2023
4) 清水他：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 5～9，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），pp.351-360，2024
5) Suzuki，S.，et al：EXPERIMENTAL STUDY ON PROPERTY OF RECLAIMED AGGREGATE FOR CONCRETE AS BUILDING MATERIALS，AIJ Journal of Technology and Design，Vol.26，No.62，pp.1-6，Feb.，2020（in Japanese）
鈴木他：建築材料における回収した骨材を使用したコンクリートの性状に関する基礎検討，日本建築学会技術報告集，第 26 巻，第 62 号，pp.1-6，2020.2
6) Takahashi，Y.，Masuda，Y. and Takeuchi，H.：THE STUDY ON INFLUENCE OF MIXED MORTAR ON THE PROPERTIES OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE，Journal of Structural and Construction Engineering（Transactions of AIJ），Vol. 76，No.668，pp.1775-1761，Oct.，2011（in Japanese）
高橋祐一，桝田佳寛，竹内博幸：混入モルタルが再生骨材コンクリートの性状に及ぼす影響に関する検討，日本建築学会構造系論文集，第 76 巻，第 668 号，pp.1775-1761，2011.10
7) 日本建築学会：コンクリートの調合設計指針・同解説，2015.2
8) 道正泰弘：低品質再生粗骨材を用いたコンクリートの品質改善，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.1，2017
9) 松田信広，竹内博幸，高橋祐一：中品質再生骨材を用いたコンクリートの実構造物への適用，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，2012

[2025 年 5 月 26 日原稿受理　2025 年 7 月 29 日採用決定]