

論文 高炉スラグ高含有セメントを用いた再生骨材コンクリートの強度  
およびスケーリング抵抗性

石川 英理香<sup>\*1</sup>, 竹入 陽太<sup>\*2</sup>, 西岡 由紀子<sup>\*3</sup>, 伊代田 岳史<sup>\*4</sup>

Compressive Strength and Scaling Resistance of Recycled Aggregate Concrete made by Cement Contented high Blast Furnace Slag

Erika ISHIKAWA<sup>\*1</sup>, Yota TAKEIRI<sup>\*2</sup>, Yukiko NISHIOKA<sup>\*3</sup> and Takeshi IYODA<sup>\*4</sup>

**要旨**：産業界においては環境負荷低減と資源循環の両立が求められている。本研究では、高炉スラグ微粉末と再生骨材を活用したコンクリートの強度及びスケーリング抵抗性を検討した。なお、再生骨材はL品と、それを炭酸化して空隙率を低減した改質再生骨材で比較を行った。その結果、高炉スラグ高含有セメントは改質再生骨材を使用した時にのみスケーリングが発生し、骨材中の空隙以外の影響が示唆された。そこで、模擬付着モルタルと新たに打込みを行ったセメントペーストの界面のピッカース硬さを測定したところ、炭酸化改質時の方が脆弱部の範囲が大きかった。

**キーワード**：高炉スラグ微粉末、再生骨材、スケーリング抵抗性、炭酸化改質

## 1. はじめに

昨今のパリ協定を始めとした世界的な気候変動抑制に向けた動きを受けて、産業界においては環境負荷低減と資源循環を両立した生産プロセスへの移行が求められている。コンクリート分野においては、主要材料であるセメントのCO<sub>2</sub>排出量が高いことから、産業副産物をセメントに置換した混合セメントの利用拡大が施策の一つとして挙げられている。特に高炉スラグ微粉末(GGBS)は潜在水硬性を持っていることから多量置換が可能であり着目されている。

他方で、解体コンクリート塊等を再生骨材として利用する資源リサイクルの試みがある<sup>1)</sup>。再生骨材の品質は、高い順にH, M, Lの3種類に分類されており、昨今のJIS改正やJASS5改訂によって特に高い品質の使用用途が拡がってきてている。しかし、高品质再生骨材を得るためにエネルギーをかけて磨碎処理をする必要があり、環境負荷は高くなってしまう。この打開策として、松田らが考案した低品質再生骨材の炭酸化による品質改善の手法が挙げられる<sup>2)</sup>。これは、炭酸化することで付着モルタル及びペースト中の空隙をCaCO<sub>3</sub>で充填し、骨材の吸水率と密度を改善する方法であり、普通ポルトランドセメント(OPC)との併用時においては硬化体の圧縮強度や乾燥収縮の改善が確認されている。さらに、環境面で見ると炭酸化反応でCO<sub>2</sub>を固定しているこ

とから、CCU (Carbon Capture and Utilization) 材料として間接的にCO<sub>2</sub>削減に貢献することができる。しかし、筆者らの検討でGGBS高置換硬化体に改質した再生骨材(改質再生骨材)を使用した場合は、改質前の再生骨材(未改質骨材)使用時からの圧縮強度の改善度合いが減少する結果が得られている<sup>3)</sup>。また、空隙構造の影響を受けやすい凍結融解に関する検討も未実施である。

本研究においては、GGBSと再生骨材を活用したコンクリートにおいて、炭酸化改質による骨材中の空隙率の変化が強度及びスケーリング抵抗性に与える影響について2章で検討を行った。また、3章においては再生骨材の付着ペースト部の炭酸化の有無が、新たに打込みを行ったコンクリートのペースト部との界面の水和反応に影響をもたらしているのではないかという仮定の下、模擬付着ペーストを用いたモデル実験を行った。

## 2. GGBS使用時の再生骨材コンクリートの硬化性能

### 2.1 使用材料

表-1に使用材料と諸元を示す。セメントには普通ポルトランドセメント(N)と高炉セメントC種(B)を使用した。再生細骨材(RS)と再生粗骨材(RG)は1974年に竣工した都営住宅の解体ガラを、湿式磨碎方式の工場でL規格品として製造したものを使

\*1 芝浦工業大学工学部マテリアルデザイン研究室

\*2 芝浦工業大学大学院理工学研究科社会基盤学専攻 修士課程

\*3 (株)竹中工務店技術研究所建設・環境基盤研究部 研究主任

\*4 芝浦工業大学工学部土木工学課程担当 教授

表-1 使用材料の諸元

材料名	銘柄・产地	物性
セメント (C)	普通ポルトランドセメント	密度 : 3.15g/cm <sup>3</sup> , SO <sub>3</sub> 量 : 2.31%
	高炉セメント C 種	密度 : 2.97g/cm <sup>3</sup> , SO <sub>3</sub> 量 : 3.56%
水 (W)	水道水	—
普通細骨材 (OS)	混合砂 : 千葉県君津市産	絶乾密度 : 2.57 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 : 1.77%, 空隙率* : 3.9%
未改質再生細骨材 (RS)	再生細骨材 (L 品)	絶乾密度 : 2.00 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 : 12.59%, 空隙率* : 25.3%
改質再生骨材 (RCS)	再生細骨材 (L 品) の炭酸化改質	絶乾密度 : 2.02 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 : 11.01%, 空隙率* : 22.4%
普通粗骨材 (OG)	碎石 : 大分県久見市産	絶乾密度 : 2.67 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 : 1.34%, 空隙率* : 1.3%
未改質粗骨材 (RG)	再生粗骨材 (L 品)	絶乾密度 : 2.22 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 : 5.32%, 空隙率* : 11.8%, FM 凍害指数 : 0.010
改質粗骨材 (RCG)	再生粗骨材 (L 品) の炭酸化改質	絶乾密度 : 2.27 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 : 4.57%, 空隙率* : 10.4%, FM 凍害指数 : 0.025

\*空隙率は骨材中の空隙率を表したものであり、各骨材の絶乾密度を算出時の測定データから算出した。

骨材中の空隙率 = (表乾時の骨材質量-絶乾時の骨材質量) / 表乾時の骨材容積 × 100

表-2 コンクリートの計画配 (調) 合とフレッシュ性状試験結果

スランプ (cm)	計画配 (調) 合						フレッシュ性状試験結果			材齢 28 日 の圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )		
	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			空気量 (%)	スランプ (cm)	温度 (°C)			
				水	セメント	細骨材	粗骨材					
N-O	8±2	50	2.0 ±1.0	49.0	190	380	853	922	2.7	4.0	22.5	41.1
N-R							843	912	1.8	7.5	23.3	33.3
N-RC							731	799	1.7	11.0	22.7	35.9
B-O							723	809	1.1	4.0	22.7	29.1
B-R							738	790	1.0	6.0	22.8	21.3
B-RC							730	800	1.2	7.0	22.7	21.3

用した。原コンクリートは当時の JASS5 より、普通ポルトランドセメント使用の呼び強度 24 の AE コンクリートであると推察される。なお、再生骨材、改質再生骨材の他に、比較用として普通骨材（混合砂 OS, 碎石 OG）も使用した。

本研究においては、再生骨材は中性化促進装置を用いた乾式炭酸化で骨材の改質を行った。RS, RG をそれぞれバットに 4kg 程度入れ、温度 20°C, 湿度 60%RH, CO<sub>2</sub>濃度 5% の環境で 7 日間促進中性化を行った。骨材全体に CO<sub>2</sub>を行きわたらせて炭酸化効率を向上させるために、1 日 1 回かき混ぜながら霧吹きを用いて水を質量の約 10% 供給した。炭酸化後の改質再生細骨材 (RCS), 改質再生粗骨材 (RCG) は共に L 規格の範囲内ではあるが、改質前よりも密度は高くなり、吸水率と空隙率は低下した。粗骨材の FM 凍害指数は再生粗骨材 M (耐凍害品) の規格値以下であるが、改質後の方が高かった。

## 2.2 計画配 (調) 合

表-2 にコンクリートの計画配 (調) 合とフレッシュ性状試験の結果を示す。なお、AE 剤添加によって

形成された空隙がスケーリング抵抗性向上に寄与することから、本研究ではより厳しい条件下でのスケーリング抵抗性を確認するために混和剤不使用の non-AE コンクリートとした。セメント種 N, B 共に普通骨材を用いた O, 未改質再生骨材を用いた R, 改質再生骨材を用いた RC の 3 種類のコンクリートを作製した。配 (調) 合名は「セメント種-骨材種」で表記している。骨材は全て表乾状態に調整したものを用いた。

練混ぜは容量 50L のパン型ミキサによって行った。粗骨材半量、細骨材半量、セメント、細骨材半量、粗骨材半量の順に投入し、空練りを 30 秒間後、加水して計 120 秒間練混ぜた。なお、練混ぜから脱型までは温度 20°C, 湿度 60% の環境下で行った。

## 2.3 試験項目及び試験配 (調) 合

### (1) 圧縮強度試験

JIS A 1108 に準拠し、φ 100 × 200mm の円柱供試体を用いて圧縮強度試験を実施した。打込みを行った後、材齢 2 日に脱型し、恒温恒湿室 (20°C, 60%RH) で封緘養生を材齢 28 日まで行った。

## (2) スケーリング試験

ASTM C 672 法を参考にスケーリング試験を実施した。供試体は  $225 \times 200 \times 75$  mm とし、 $200 \times 75$  mm の面が打込みを行った面となる型枠に打込みを行い、材齢 2 日に脱型後、材齢 7 日まで封緘養生を行った。その後、乾燥処理等は行わずに、図-1 に示すように試験面 ( $200 \times 225$  mm) を上面とした際の 4 側面にシリコンシーラントを用いてアクリル板を接着して試験面に水をとどめるための堤を作製し、深さ 6 mm となるように水道水を注ぎ入れ試験を開始した。

凍結融解は  $-20^{\circ}\text{C}$  の冷凍庫で 17 時間凍結、恒温恒湿室（温度  $20^{\circ}\text{C}$ 、湿度 60%）で 7 時間融解を 1 サイクルとして、50 サイクル実施した。なお、5 サイクル毎に試験面から剥離したスケーリング片をナイロンブラシでかき集めて採取し、 $105^{\circ}\text{C}$  の乾燥炉で 24 時間乾燥した。その時の乾燥重量を試験面の面積で除し、単位面積当たりのスケーリング量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) を算出した。またスケーリング試験時の水分吸水量を式(1)の通り、試験体の質量変化から算出した。

$$\text{水分吸水量} = M_x + X - M_s \quad (1)$$

ここで、 $M_s$ ：凍結融解開始前の試験体質量 (g)、 $M_x$ ： $x$  サイクル時の試験体質量 (g)、 $X$ ： $x$  サイクル時までのスケーリング量 (g)

## (3) 空隙率試験

圧縮強度と同じ条件下で材齢 28 日まで封緘養生を行った  $\phi 100 \times 200$  mm の円柱供試体の空隙率を測定した。円柱供試体を湿式カッターにて両端を 25 mm 切断後、残りの 150 mm を  $50 \times 3$  本に切りだし測定用供試体とした。切断後直ちに水で満たした容器に入れ、真空状態で飽水させて飽水質量と水中質量を計測した。その後、 $40^{\circ}\text{C}$  の乾燥炉に質量減少が恒量となるまで約 50 日間静置し、絶乾質量を計測し、アルキメデス法により総空隙率を算出した。

## (4) 透気試験

(2) で示した水分吸水量は、試験開始時の含水状態が配（調）合により異なることから、空隙の連続性の評価は困難である。そこで乾燥試料を用いて透気試験を行った。前項の (3) の  $40^{\circ}\text{C}$  環境下で恒量となった供試体に  $0.1 \text{ MPa}$  の圧力で空気透過させ、その透気量を水上置換法によりメスシリンダーを用いて計測し、以下の式(2)より透気係数を算出した。

$$K = (2LP_1 / (P_1^2 - P_2^2)) \cdot Q/A \quad (2)$$

ここで、 $K$ ：透気係数 ( $\text{cm}^4/\text{N} \cdot \text{s}$ )、 $L$ ：供試体厚さ (cm)、 $P_1$ ：載荷圧力 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )、 $P_2$ ：流出側圧力 ( $0.1 \text{ N}/\text{cm}^2$ )、 $Q$ ：透気量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )、 $A$ ：透気面積 ( $\text{cm}^2$ )

## 2.4 試験結果及び考察

### (1) 圧縮強度試験結果

表-2 に示した通り、今回 non-AE コンクリートで

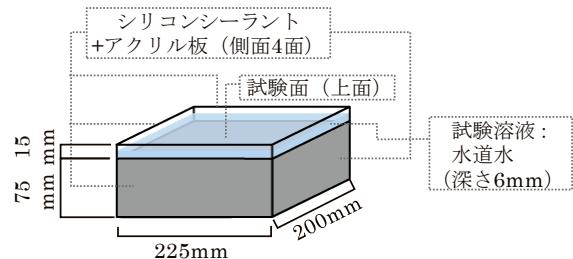


図-1 スケーリング試験の試験体詳細

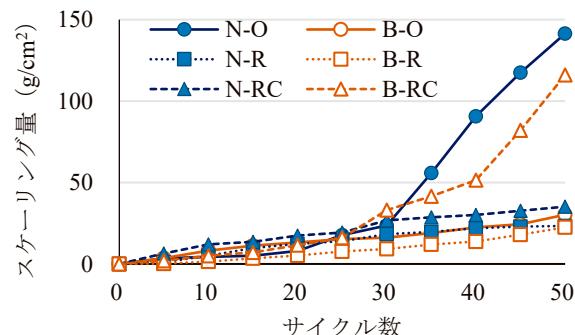


図-2 凍結融解試験で発生したスケーリング量

検討を行ったが、既報と同様に N においては、骨材が O, RC, R の順に強度が高く、空隙率の低い骨材を使用した方が圧縮強度も高くなった。一方で、B においては骨材 R と RC は同程度であり、再生骨材を炭酸化改質した効果はコンクリートの圧縮強度にはあまり寄与しなかった。

### (2) スケーリング試験結果

図-2 にスケーリング量の経時変化を示す。N-O と B-RC のスケーリング量が 30~40 サイクル目あたりから急激に上昇した。その他の配（調）合においては、スケーリング量は緩やかな増加傾向が見られた。

なお、スケーリング劣化は、片平らの論じている層間凍結説<sup>4)</sup>のよう、凍結水に存在する塩分が起因して生じると説明されることが多い。しかし、本研究のスケーリング試験では水道水を用いている。よって、今回生じたスケーリング劣化は凍結時の水の体積膨張時の膨張圧や、体積膨張によって押し出される未凍結水の移動で発生する水圧に起因する硬化体組織の破壊が、表層で生じたと推察している。

### (3) 水分吸水量とスケーリング量の関係

図-3 に 50 サイクル時の水分吸水量とスケーリング量の関係性を示す。スケーリングが生じなかつた配（調）合の水分吸水量が幅広く分布していることから、水分吸水量はスケーリング劣化には直接影響しないと言える。これは、スケーリング劣化がコンクリートの表層部で生じる劣化であることから、水分吸水性が低くても、表層部に水分が存在してしまえば、それが凍結融解時にスケーリング劣化を引き

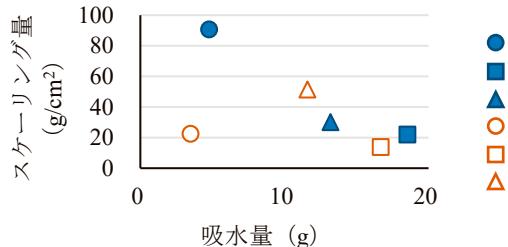


図-3 吸水量とスケーリング量の関係

起す要因になり得たためと考えられる。

#### (5) 空隙の連続性とスケーリング抵抗性の関係

図-4に透気試験結果を示す。Nにおいては、骨材の空隙率が高いR, RC, Oを用いた配(調)合順に透気係数も高くなる傾向が確認された。一方でBにおいては、空隙率が最も高い骨材を用いたB-CよりもB-RCの方が高い結果を示した。すべての配(調)合において単位セメント量及び単位水量が一定であることを踏まえると、同一セメント種であればセメントペースト(CP)部の空隙構造は同じであることが見込まれる。よってB-RCにおいてはB-RよりもCPと骨材の界面に粗大な連続空隙が形成されていた可能性が考えられる。なお、内川らは遷移帯の形成は50 nm～2μmの空隙量の増加をもたらし、またペーストと骨材界面の接合強度を下げることから、コンクリートの凍結融解抵抗性を悪化させる<sup>5)</sup>と報告している。このことからも骨材界面の遷移帯の生成状況を確認する必要がある。

#### (6) コンクリート中の空隙がスケーリング抵抗性に与える影響の一考察

図-5に総空隙率を粗骨材由来、細骨材由来、遷移帯を含むCP由来(CP+ITZ)に分類した結果を示す。算出方法は式(3), (4), (5)に示す。

$$\text{粗骨材 (G) 由来の空隙率} = Pg \times Vg \quad (3)$$

$$\text{細骨材 (S) 由来の空隙率} = Ps \times Vs \quad (4)$$

$$\text{CP+ITZ 由来の空隙率} = Pa - Pg - Ps \quad (5)$$

ここで、Pa: 総空隙率(%)、Pg: 粗骨材中の空隙率(%)、Ps: 細骨材中の空隙率(%)、Vg: 粗骨材の単位体積(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)、Vs: 細骨材由来の単位体積(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

CP+ITZに着目すると、Nにおいては骨材の種類による差がほとんどないのに対し、Bにおいては特にRとRC間に明確な違いがあり、B-RCはCP+ITZの空隙率が最も高かった。前述の圧縮強度や透気試験の結果において、Bで骨材の炭酸化改質効果がコンクリートに現れなかったのも、これに起因するものと整理できる。

骨材由来の空隙に着目すると、骨材Rと骨材RCを用いた配(調)合は、総空隙率で骨材の空隙が占める割合が高いことがわかる。また、本検討ではnon-

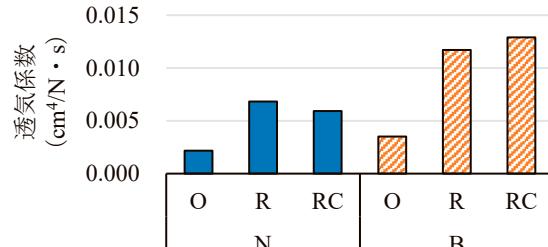


図-4 透気係数

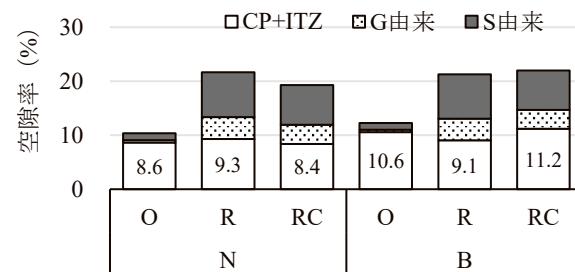


図-5 分類別の空隙率

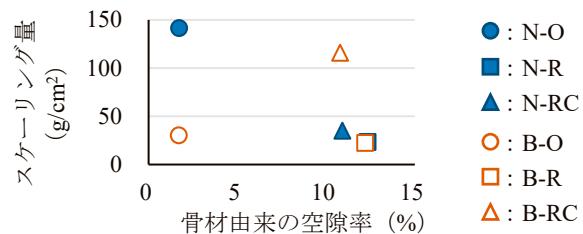


図-6 骨材由来の空隙率とスケーリング量

AEコンクリートで実施したことから、セメントペースト部には凍結時に発生する圧力を吸収できるエントレインドエアほとんど存在しなかつた一方で、再生骨材は原コンクリートがAEコンクリートであったことから、再生骨材中のエントレインドエアが凍結時に発生した圧力を緩和していたと考えられる。このことからも再生骨材中の空隙の重要性は伺える。

図-6に骨材由来の空隙率と50サイクル目のスケーリング量の関係を示す。Nにおいては、骨材由来の空隙率が少ないほどスケーリング量が高い結果を示し、再生骨材中の空隙がスケーリング抑制に寄与している可能性が伺えた。一方で、Bにおいてはその傾向が見られなかった。B-RCにおいては、前述の通りCP+ITZの空隙率の増加していることから、骨材界面が弱くそこから剥離が生じてスケーリングが生じたと考えられる。一方で、B-OがN-Oと同様にスケーリングが生じていない原因是、今回の検討では解明できなかった。これがセメント種類によるCP部の空隙構造の違いの影響なのか、スケーリング試験開始時の含水状態(空隙中に存在する水の程度)の影響なのかは引き続き検討が必要である。

### 3. 模擬付着モルタルの炭酸化の有無がセメントペーストの空隙構造及び遷移帯の形成に及ぼす影響

#### 3.1 試験概要

##### (1) 試験の目的

2章において高炉セメントC種を使用時には、再生骨材の炭酸化による空隙率の減少がコンクリートに寄与しない傾向が見られた。その要因として骨材とCPの界面の脆弱化、もしくは脆弱部の増加が生じている可能性が伺えた。そこで本章では再生骨材の付着ペースト部の炭酸化の有無が骨材界面に与える影響について模擬試験体を用いて検討を行った。

##### (2) 模擬付着モルタルの作製

再生骨材は、骨材毎に付着モルタル及びペーストの量や厚みにばらつきがあること、また骨材としてセメント硬化体内に入れた際に骨材界面が目視で判断しにくいことから、本研究ではセメントペーストで作製したブロックを模擬付着モルタルとして使用した。

模擬付着モルタルは2.で使用したOPCを用いた、水セメント比50%のセメントペーストを16×16×16mmの型枠に打込みを行い、翌日脱型後、28日間水中養生（温度20°C）を行った。その後、気中養生（温度20°C、湿度60%RH）を7日間したものと未改質模擬付着モルタル（mR）、炭酸化（温度20°C、湿度60%RH、CO<sub>2</sub>濃度5%）を7日間したものと模擬改質付着モルタル（mRC）とした。模擬骨材の空隙率は2.3と同様の方法で測定したところ、mRは37.7%、mRCは34.3%となり、炭酸化による空隙率の改善を確認した。

##### (3) 模擬付着モルタル使用の試験体の作製

図-7に試験体の模式図を示す。セメントはOPCと高炉スラグ微粉末4000（密度：2.92g/cm<sup>3</sup>、SO<sub>3</sub>量2.10%）を混合したものを使用した。GGBSの置換率毎に、0%を0B、50%を50B、70%を70Bとした。試験体は、水セメント比50%のセメントペーストを市販の25cm<sup>3</sup>程度の製氷用型枠に①高さ半分までセメントペーストを流し込む、②模擬再生骨材をその

中に埋め込む、③その上から再びセメントペーストを流し込む、④バイブレータをかけるという順で打込みを行った。材齢2日で脱型後、材齢7日まで封緘養生（温度20°C）し、湿式カッターで打込みを行った面が垂直になるように切断を行った。切断面は、研磨紙#120～10000を用いて卓上研磨機で研磨した。

##### (4) ビックアース硬さ試験

既往の研究<sup>6)</sup>を参考に遷移帯部とセメントペースト部の境界をビックアース硬さで判断を行った。測定は微小硬さ試験機（荷重0.2452N、試験力負荷速度10μm/s）を使用し、模擬付着モルタルからビックアース硬さが急激に低くなった箇所を模擬付着モルタル端部と定義した。端部から20μm間隔で300μmまで3点ずつ測定し、平均値をビックアース硬さとした。

##### (5) 脆弱部の結合水率の測定

(4)で用いた試験体は、一定の荷重を加えると模擬骨材と新たに打込みをした新ペースト部の界面（脆弱部）で破断が生じた。また、模擬骨材と新ペースト部には目視で判断可能な色差があった。そこで遷移帯と考えられる模擬付着モルタル端部に接していた新ペーストの脆弱部を電動やすりで採取し、TG-DTAで結合水率の測定を行った。測定は、N<sub>2</sub>フロー環境下で、室温から1000°Cまでを昇温速度20°C/minで行った。結合水率の算出は式(6)に基づき行った。

$$\text{結合水率} = (M_w - M_c) / M_{1000} \quad (6)$$

ここで、M<sub>w</sub>：105-1000°Cの質量減少量、M<sub>c</sub>：550-850°Cの脱炭酸量、m<sub>1000</sub>：1000°C加熱後の試料質量

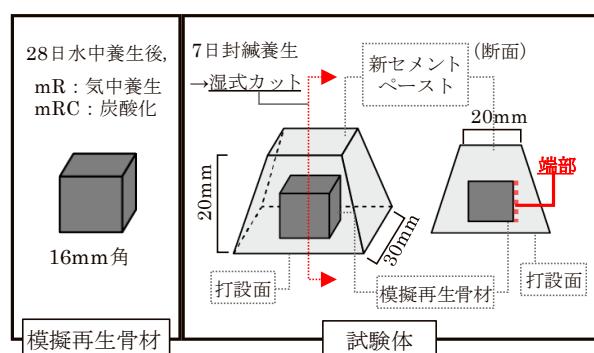


図-7 模擬骨材を用いた試験体詳細

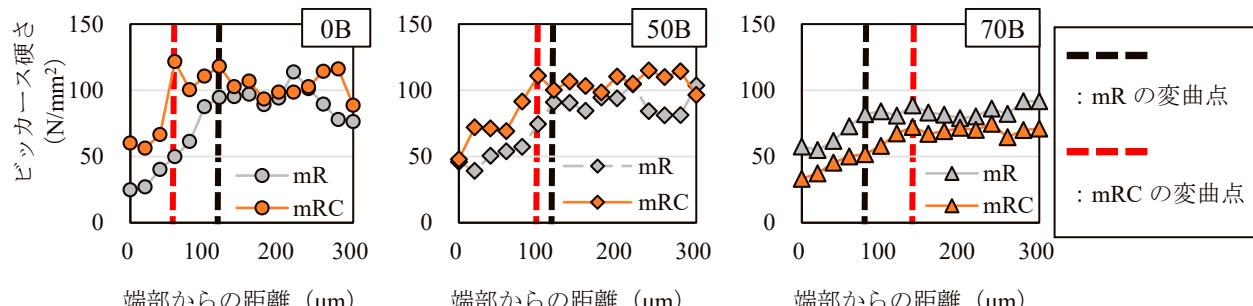


図-8 ビックアース硬さ

### 3.2 試験結果

#### (1) ビックアース硬さ試験

図-8に模擬付着モルタル端部からのビックアース硬さの変化を示す。本研究においては模擬付着モルタル端部からビックアース硬さが増加している範囲内を遷移帯とした。つまり、傾きがなだらかになる変曲点(図-8の点線箇所)までの位置が遷移帯幅となる。

0Bと50Bにおいては、mRCはmRよりも遷移幅は小さく、かつビックアース硬さは高くなつた。セメントペースト部(変曲点よりも模擬付着モルタル端部から離れた位置)におけるビックアース硬さは、mRCはmRよりも高いが同程度であった。一方で、70Bにおいては、mRCはmRよりも遷移帯幅は大きく、ビックアース硬さは低い傾向を示した。セメントペースト部におけるビックアース硬さもmRCはmRよりも低い結果となつた。また、GGBS置換率と変曲点の位置に着目するとすると、mRCはGGBS置換率が高いほど変曲点位置は骨材端部から遠く、遷移帯幅は大きくなつたが、mRは逆の傾向となつた。

#### (2) 結合水率

図-9に結合水率の結果を示す。なお、遷移帯中は水酸化カルシウム(CH)が多く存在していること、またC-S-Hは未水和セメント粒子付近に存在し、アルミニート水和物は骨材から離れて存在すると言われている<sup>5)</sup>ことから、本研究では結合水率中でCHの結合水率が占める割合に着目をし、同じGGBS置換率同士であればこれが多いほど骨材界面が脆弱であると仮定した。CHの結合水率はDTA曲線の脱水ピーク間の質量減少量から算出を行つた。

GGBS置換率が同じもの同士の結合水率の総量は、mRとmRCでほぼ同量であるが、CH由来の結合水率が占める割合に着目すると、0BにおいてはmRの方がmRCよりも高く、また50Bにおいても差は縮まつてあるが同様な傾向が得られた。一方で、70BにおいてはmRCの方がmRよりも多かつた。これはGGBS置換率が高い場合にmRを用いると、骨材周囲に水が滞留せずにそもそもCHが生成しにくく、もしくはCHがGGBSの水和によって消費されて、mRCの骨材界面よりも脆弱部が減少した可能性が伺える。

### 4.まとめ

本研究で得られた結果を下記に示す。

- (1) 再生骨材は炭酸化改質により、普通ポルトランドセメントとの併用時は圧縮強度及び透気係数は改善した。一方で、高炉スラグ高含有セメント使用時は改質の効果が表れなかつた。

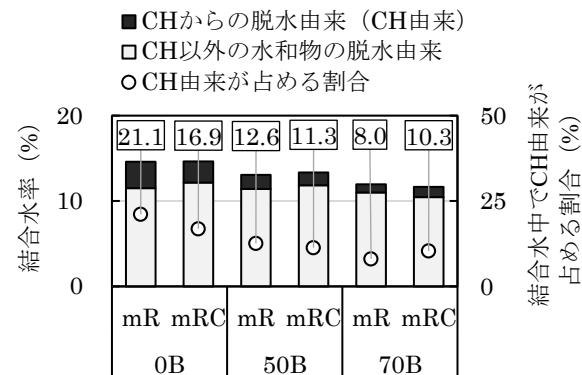


図-9 骨材界面の脆弱部の結合水率

- (2) non-AEの普通ポルトランドセメントを用いた再生骨材コンクリートでは、再生骨材中の空隙が凍結融解時の膨張圧を緩和して、スケーリング抵抗性が向上した。
- (3) 高炉スラグ高含有セメントと炭酸化した改質再生骨材を併用した場合、スケーリングが生じた。この要因として、骨材界面の脆弱部の増加が影響している可能性が伺えた。

### 謝辞

成果は、NEDOの委託業務(JPNP21023)にて得られたものであり関係各位に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 立屋敷久志、兼松学：再生骨材コンクリートの普及に向けて、コンクリート工学、Vol.61, No.5, pp.456-461, 2023
- 2) 松田信広、伊代田岳史：再生骨材コンクリートの普及に向けて、コンクリート工学論文集、第30卷、65-76, pp.65-76, 2019
- 3) 竹入陽太、石川英理香、伊代田岳史、池尾陽作：低品質再生骨材を使用したGGBS硬化体の強度特性に関する検討、第78回セメント技術大会講演要旨、PP.148-149, 2024
- 4) 片平博、古賀裕久：スケーリング劣化のメカニズム解明に向けた基礎的実験、コンクリート工学年次論文集、Vol.42, No.1, 2020
- 5) 内川浩：セメントペーストと骨材界面の構造・組織がコンクリートの品質に及ぼす影響、コンクリート工学、Vol.33, No.9, pp.5-17, 1995
- 6) 後藤努、庄谷征美、阿波稔：コンクリートの骨材界面に形成される遷移帯に関する基礎的研究、土木学会東北支部技術研究発表会、V-40, pp.604-605, 1998