

# 再生骨材 L 種を用いた低環境負荷で高品質な再生コンクリートの製造 に関する研究

河本 裕行<sup>1</sup>、小山田 英弘<sup>2</sup>、伊藤 是清<sup>3</sup>、吉里 哲郎<sup>4</sup>

<sup>1</sup>福岡建設専門学校、<sup>2</sup>北九州市立大学国際環境学部、<sup>3</sup>東海大学産業工学部、<sup>4</sup>樋口産業

2軸強制練ミキサのコンクリート練混ぜ時に、再生骨材に能動的に「すりもみ効果」が発生することによる骨材の品質改善に期待し、練混ぜ時間をパラメータに実験を行った。その結果、破碎された付着モルタルによるコンクリートへの悪影響は見られず、骨材の性状が改善される結果が見られた。また、強度および中性化・乾燥収縮試験においても、処理時間が長いほど良好な結果となった。

## 1. はじめに

明治期に国内最初の鉄筋コンクリート構造物が建設されてから 100 年以上が経過する。鉄筋コンクリート構造物は優れた耐震性能を有することから、非常に多くの構造物に採用され今日に至っている。コンクリートの劣化現象として、中性化による鉄筋の腐食や、震災等で大きな損傷を受ける場合および耐用年数に達した構造物は、補修・補強工事を行うことで、構造物の寿命を延ばし有効活用されることが望まれ、維持管理を行う。しかし、繰り返し補修を行うことにも限界があるため、最終的には解体されることになる。現在、日本における廃棄物の 2 割が建設分野であり、中でも構造物を解体した時に出る「コンクリートがら」が 4 割以上を占めている<sup>1)</sup>。特に、高度成長時代に建設されたコンクリート構造物が耐用年数を向かえ、今後さらに増加することは必至である。加えて、東日本大震災が発生したことで、都市が破壊され大量に発生していることから、廃コンクリート塊を低エネルギーかつ簡易な再生利用の手法がもめられる。現在、廃コンクリート塊の処理は、再生骨材や再生コンクリートとしてリサイクルする方法と最終処分場にて埋め立てる場合がある。骨材やコンクリートとしてリサイクルする場合、1 次処理としてコンクリート塊をジョークラッシャーで破碎する。この段階における骨材は、天然の骨材に比べ不純物やモルタル塊を含むため、絶乾密度が小さく吸水率が大きい。そこで、天然の良質な骨材に近付けるために、高次処理法（加熱すりもみ法・電磁パルス法など）による技術が使用されており、より品質の良い再生骨材を製造す

る技術が求められる。しかし、高次処理を行う結果、製造装置や処理方法に多額のコストと膨大なエネルギーを費やすこととなり、かつ製造工程を増やすため時間と労力がかかることが問題点となる。また、市場では碎石や砂利などの普通骨材よりも価格が高くなる地域があり、再生骨材および再生コンクリートが普及を阻害する要因の一つとなっている。

再生骨材の品質は、JIS に規定され、H・M・L の 3 段階に分類される。再生骨材表面の付着モルタルやモルタル塊、プラスチックや木片、ガラス等の不純物が混入していることで、品質の安定性、使用箇所の制限を受けること、また、強度・耐久性が低下する可能性が高い等の問題点はあるものの、碎石や砂利のように山・川・海を掘削することがないため、環境保全につながることや、骨材からコンクリート製造一連の工程で CO<sub>2</sub> 排出量を低減できる特長を有する。そこで、「安価な製造コスト」・「簡易で省エネルギーな品質改善」・「生コン工場での対応が容易」の 3 つを研究のキーワードとして、再生コンクリートおよび再生骨材の品質を向上させることが、低環境負荷で安定供給を可能とする再生コンクリートの普及の一助になることを目指し実験を行った。

## 2. 既往の研究

資源の有効活用の観点から埋め立て処分ではなく、路盤材料や捨てコンクリート等に再利用することを目的として、リサイクル骨材の製造方法に関する研究<sup>2),3)</sup>など、数多くの研究が行われてきた。再生コンクリートとして利用することを目的とした研究は、再生骨材に高次処理を行い品質改善を行うもの、ASR

抑制対策として混合セメントまたは産業副産物であるフライアッシュを用いて再生コンクリートの品質改善を図っているものが、多数報告されている。しかし、低品質な再生骨材に関する報告は少なく、近年の研究成果<sup>たとえば4)~13)</sup>が見られる程度である。フライアッシュを用いた再生コンクリートでは、付着モルタルとのポズラン反応と空隙の充填効果による強度および耐久性能の改善を図っている。高炉スラグ微粉末を使用した再生コンクリートについては、ASR抑制対策を目的とした研究が多く、そのほとんどが耐久性試験によるものである。また、再生コンクリートおよび再生骨材の改質を2軸強制練ミキサに期待した研究は、橋本らのミキサに振動付与装置を設置した研究<sup>12)</sup>や、松坂らのミキサで骨材の空練を5分間行った後に練混ぜを行った研究<sup>13)</sup>がある。しかし、ミキサを改良する費用や、コンクリートを練混ぜるまでの時間に対する生コン出荷量等を考えれば、改善されるべき問題点もあると考えられる。著者らは、予備的実験として、低品質な再生骨材を使用し、2軸強制練ミキサによるコンクリート練混ぜ時に骨材間が擦れ合い、付着モルタルが破砕されることで品質が改善されることを、強制攪拌型ミキサで練混ぜを行った場合との比較により、2軸強制練ミキサを用いた場合には、強度が普通骨材を用いたコンクリートと比較し、差異がほとんど見られないことを確認している<sup>14)</sup>。

このことから、本研究では、練混ぜ時における再生粗骨材の品質改善効果が、粗骨材練混ぜ時間（以下、処理時間）の違いによる骨材の品質変動と強度の変化に関して実験的に検討を行った。

### 3. 研究の目的

現在、国内の生コン工場において稼働しているミキサは、2軸強制練ミキサが95%以上を占める。また、生コンクリートの出荷において練混ぜ時間は40~150秒の範囲が多く、構造体に用いるコンクリート強度を満足する水セメント比は50%~55%で得られる。本研究は、安価な製造コスト、簡易で省エネルギーな品質改善、生コン工場の対応が容易であ

ることを目的とするため、再生骨材の品質改善を、**図1**に示すように、2軸強制練ミキサ内でコンクリートを練混ぜ時に、骨材間が擦れ合い、破砕する効果に期待し、再生コンクリートの性能を向上させる。提案する手法が確立すれば、実用性が高く、安価で省エネルギーな再生コンクリートの製造が実現可能となる。

### 4. 実験計画

本実験は、低品質な再生粗骨材を用いて改善効果を確認する計画とした。2軸強制練ミキサを用いて、再生コンクリートを練混ぜ時に性能向上させる方法では、骨材間が擦れ合い、破砕する効果が能動的に発生する。これは、高次処理技術の1つである「すりもみ処理」と類似した効果が得られるものと考えられる。よって、本研究の改善効果を「すりもみ効果」と定義し、実験の計画を行った。実験の流れとして、はじめに使用材料に関する試験を行い、再生骨材の性状確認を行った。配合計画では、すりもみ効果に影響を及ぼすと考えられる要因に対して調合設計を行った。また、練混ぜによるすりもみ効果の確認を行うためにコンクリートから粗骨材を採取し、骨材試験によって品質変動を調べた。硬化コンクリートにおいて、強度・耐久性を調べる計画とし、強度試験、中性化促進試験及び乾燥収縮試験を行った。

本研究による再生コンクリートの性状を骨材のみで評価できる方法の確立を目指し、再生骨材の品質管理手法の検討を行う計画とした。

#### 4.1 使用した材料の物性

骨材試験を行った結果を表1に示す。再生骨材の品質判定は、再生HがJIS A 5021,再生MがJIS A 5022(2012),再生LがJIS A 5023(2012)に従い、骨材試験を行った結果について判定した。絶乾密度・吸水率・不純物量・微粒分量の4項目が指標となる。加えて、耐凍害性・すりへり減量に対する抵抗性が再生HおよびMの指標に加わる。試験結果より、本研究に用いた粗骨材は吸水率が5%を上回

表1. 骨材の物性

骨材の種類	絶乾密度 g/cm <sup>3</sup>	吸水率 %	単位容積 質量 kg/L	F.M
細骨材	2.51	1.42	1.700	2.7
普通粗骨材	2.89	0.86	1.670	6.8
再生粗骨材	2.31	5.99	1.389	6.5

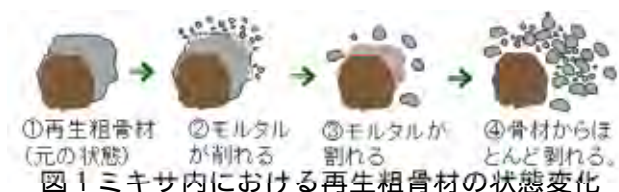


表2. 配合表

	スラン プ  (cm)	空気 量  (%)	水セ メン ト 比  (%)	細 骨 材 率  (%)	単 位 水 量  (kg/m <sup>3</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
						セ メン ト	細 骨 材	粗 骨 材
普通コンクリート	18	4.5	55.0	45.0	182	331	767	1051
再生コンクリート					183	333	771	897

る結果より、再生 L と判定ができる。また、セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm<sup>3</sup>)、細骨材は玄界沖海砂、粗骨材は再生骨材の比較用に普通骨材（篠栗産角閃岩砕石）を用いた。

#### 4.2 配合計画

再生骨材をミキサのすりもみ効果によって改善する場合、練混ぜ時の投入順序、ミキサの回転数、練混ぜ時間(以下、骨材処理時間)、水セメント比(W/C)、付着モルタルの強さおよびミキサ容量に対する練混ぜ量の比等が影響を及ぼすと考えられる。投入順序やミキサの回転数を変化させる場合は、プラントの適応性の問題、水セメント比に対しては、コストや構造設計上の問題が課題となる可能性が残る。本研究においては、生コンプラントが最も適応させやすい骨材処理時間の違いが再生コンクリートに及ぼす影響について実験を行った。配合強度の設定として、RC 構造は設計基準強度  $F_c=24\sim 30\text{N/mm}^2$  を使用することが多く、これを水セメント比に換算すると W/C=50~60%であるため、水セメント比を 55%とした。配合を行う条件として、スランプ 18cm、空気量 4.5%となる普通コンクリートを基準に、W/C=55%、s/a=45%を固定し、粗骨材のみ置換する条件で、再生コンクリートの配合設計(表 2)を行った。

練混ぜ時の設定条件としてモルタル練混ぜ後に粗骨材を投入すること、粗骨材はプレウエッチングにより表乾試料とする。また、生コン製造業者では、収益等の出荷ベースを考慮して、コンクリートの練混ぜ時間を 40 秒から 150 秒の範囲で出荷していることを実験変数として、骨材処理時間 30 秒・60 秒・120 秒・210 秒の 4 種類を計画し、比較試験体として普通コンクリートを骨材処理時間 60 秒で作成した。練混ぜ量は 45L に統一し、骨材処理時間 4 種類を各 3 回ずつ、合計 12 バッチ練混ぜを行った。練混ぜは、試料によるバ

ラつきを小さくするために、処理時間の順に 30 秒、60 秒、120 秒、210 秒を 1 順として、3 回繰返して打設した。

練混ぜ時の処理時間による影響の確認として、骨材の物性変化について、コンクリート中から骨材とモルタルに分けて採取(以下、ウェットスクリーニング)し、骨材試験を行う計画とした。スクリーニングモルタルは強度および耐久性試験を行った。

#### 4.3 試験体

圧縮強度試験用供試体は、コンクリート用が直径×高さ 10φ×20cm の円柱とし、スクリーニングモルタルは、直径×高さ 5φ×10cm の円柱を用いることとした。

試験材齢は、標準養生下(水中、20℃)で 7 日・28 日時点で各 3 本ずつ試験を行った。

耐久性試験(中性化促進試験・乾燥収縮試験)に用いる試験体は、コンクリートが 10×10×40cm の角柱供試体、モルタルが 4×4×16cm の角柱供試体を作成した。

#### 4.4 載荷方法および測定方法

強度試験の荷重は、500kN 万能試験機にロードセルを取り付け測定した。圧縮試験においては側面 2 面にひずみゲージを貼付し、ひずみを測定した。

### 5. 実験結果および考察

骨材の処理時間の違いによって、フレッシュ性状、硬化性状にどのような影響を及ぼすか実験的に調べた。

#### 5.1 フレッシュコンクリートの性状

コンクリートの品質を確認するために、スランプ試験と空気量試験を行った結果、表 3 に示す値が得られた。スランプ値は、普通コンクリートに比べ大きくなり、骨材処理時間が長く場合も同様に大きくなる傾向にある。増大する要因として、練混ぜ時のすりもみ効果により付着モルタルが摩耗・破砕する事で骨材の形状が角ばった状態から丸くなり、ス

ランプが増大したものと考えられる。これは、付着モルタルが割れて剥離するだけでなく、粒子が細かくなっている状態を示す。

表3. フレッシュコンクリートの性状

	練混ぜ時間		スランプ (cm)	空気量 (%)	練上り 温度 (°C)	単位容積 質量 (kg/m <sup>3</sup> )
	総練 (秒)	骨材練 (秒)				
1	60	30	21.0	5.0	20.0	2.24
2	90	60	21.0	4.9	20.0	2.22
3	150	120	20.0	4.9	20.0	2.23
4	240	210	21.5	2.5	20.0	2.23
5	60	30	19.0	2.5	19.8	2.24
6	90	60	19.0	2.5	20.0	2.24
7	150	120	20.0	3.5	19.5	2.21
8	240	210	19.0	3.0	20.0	2.23
9	60	30	17.5	2.5	20.0	2.24
10	90	60	20.0	2.9	20.0	2.23
11	150	120	20.0	3.0	19.5	2.22
12	240	210	20.5	2.2	20.0	2.25

見掛けの単位容積質量は 2.2~2.3kg/m<sup>3</sup> となり、処理時間に対して大きな変化は見られなかった。

## 5.2 スクリーニング骨材の物性

ウェットスクリーニングを行った後の粗骨材（以下、W.S.粗骨材）を用いて、密度・吸水率試験およびふるい分け試験を行った。ミキサによる「すりもみ効果（図1）」があれば、付着モルタルが破碎されることによる骨材密度の向上と全体が擦れ合うことによる粒度変化が確認できる。

試験結果を図2~4に示す。処理時間が長くなると、密度が大きくなり、吸水率が小さくなる傾向が見られる。特に吸水率は処理時間60秒で、約0.5%と大きく改善されている。処理時間60秒までは粒径5~10mmが減少し、その後粒径10mm以上の骨材比率が減少している。処理時間120秒以降は粒度分布が変動

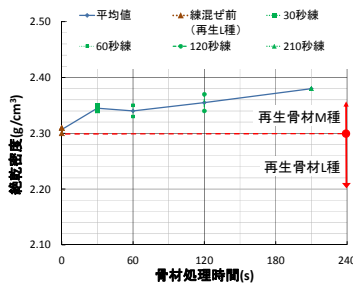


図2 W.S.粗骨材の絶対乾密度

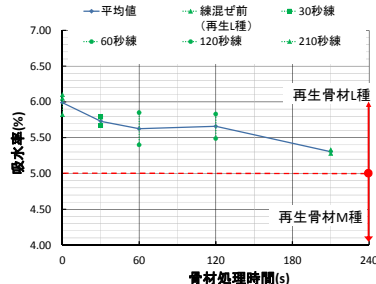


図3 W.S.粗骨材の吸水率

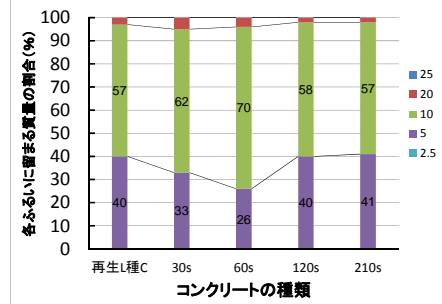


図4 W.S.粗骨材の粒度変化

しないため、骨材の角が無くなり、全体的に擦れ合うと考えられる。これは、処理時間に対するスランプの変化と一致している。

再生骨材のすりもみ効果を、処理前と W.S.骨材を用いて目視によって確認を行った。写真1に示すように、目視確認においても再生骨材表面の付着モルタルが少なくなり、原骨材に近付いていることが見て取れる。



写真1. 再生骨材のモルタル付着量

## 5.3 硬化コンクリートの性状

一般的に再生コンクリートの強度は普通コンクリートより 20~30%低下するといわれている。その要因として、不純物や付着モルタルが脆弱であること等があげられる。本研究では、練混ぜ時のすりもみ効果によって細かく破碎された付着モルタルが、新たなモルタル中に分散することによって、どのような影響を及ぼすかどうかを合わせて確認する。

### 5.3.1 圧縮強度

標準養生下で材齢 28 日時点における圧縮強度試験を行った結果を図5に示す。また、処理時間ごとの平均値を表4に示す。本実験結果において、普通コンクリートに比べ、ほ

表4. 実験結果（平均値）

処理時間 (s)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )
30	28.2	2.4
60	28.2	2.3
120	28.8	2.3
210	29.5	2.3

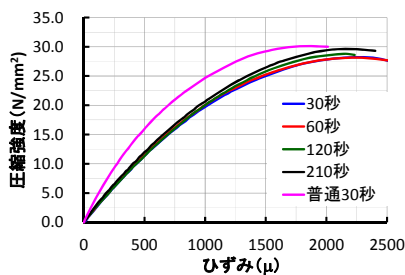


図 5. 応力ひずみ関係 (28 日)

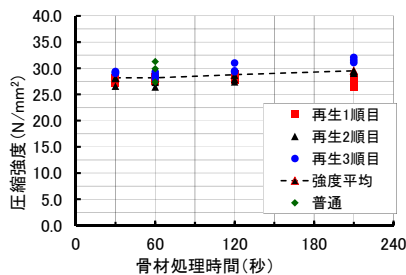


図 6. 処理時間と強度の関係

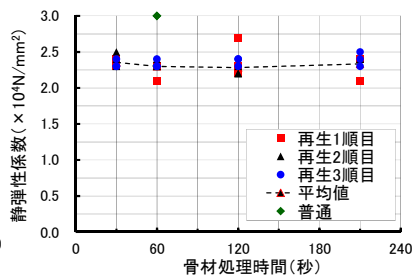


図 7. 処理時間と弾性係数の関係

とんど強度低下は見られず、破壊ひずみは大きくなる結果となった。

図 6 に骨材処理時間の違いが圧縮強度に及ぼす影響を示す。処理時間が長くなると、強度が少しであるが増加傾向にある。しかし、強度のバラつきが大きくなっている時間もある。これは、すりもみ効果により、破碎された付着モルタルの状態が大きなモルタル塊として残存することによる影響や、骨材とモルタル界面が脆弱になり剥れる処理時間の境界である場合と考えられる。骨材処理時間 30 秒を基準にコンクリートおよびスクリーニングモルタルの強度比を表 5 に示す。コンクリート・モルタル共に処理時間 120 秒を超えると圧縮強度が少し増大する。この結果より、圧縮強度に対しては、すりもみ効果により細かく破碎されたモルタル塊の影響はないものと考えられる。

表 5. 処理時間に対する強度比

処理時間	強度比 (30s を基準)	
	コンクリート	モルタル
30	1.00	1.00
60	1.00	1.00
120	1.02	1.03
210	1.05	1.03

図 6 に静弾性係数試験結果を示す。処理時間の違いによる弾性係数の変化はほとんど見られない。処理時間 60 秒および 120 秒の弾性係数の平均値が少し小さくなった要因として、図 4 の W.S. 骨材の粒度変化や圧縮強度のバラつきからも見て取れるように、すりもみを受ける骨材の付着モルタルに起因するものと考えられる。

本手法の再生コンクリートは強度は普通コンクリートと差が無く、比重が軽いことから、2 次製品を含めた軽量で安定した強度を必要とする部材に適しているのではないかと考えられる。

### 5.3.2 乾燥収縮試験

再生骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮は、普通コンクリートに比べ大きくなるといわれている。その要因として、付着モルタルが元骨材より収縮量大きいこと、普通骨材に比べて吸水率が大きいこと等があげられる。本研究では、練混ぜ時のすりもみ効果により細かく破碎されたモルタル塊が分布することにより乾燥収縮ひずみに及ぼす影響について検討を行った。

長さ変化率はコンタクトゲージ法 (JIS A 1129-2) に基づき、材齢 1 週まで標準養生し、基長 (コンクリート 200mm、モルタル 100mm) を行った。基長後、1 週・4 週・8 週・13 週まで恒温恒湿室に静置し、計測を行った。(注: 26 週以降は、継続して計測を行っている。ま

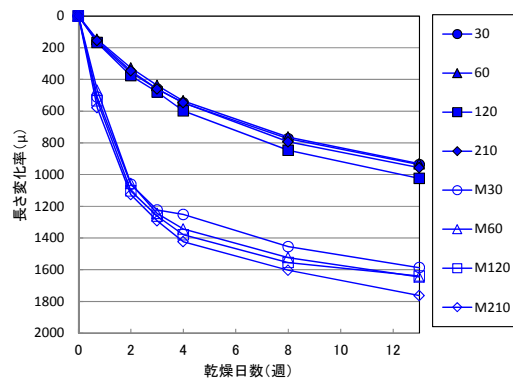


図 8. 長さ変化率測定結果

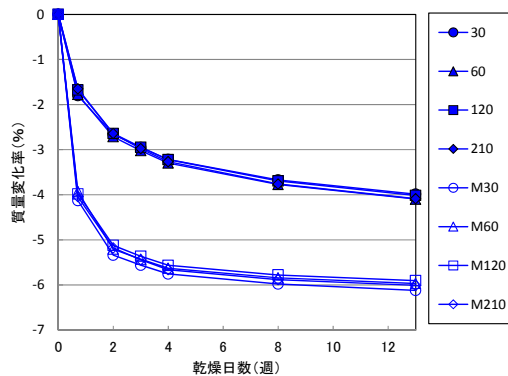


図 9. 質量減少率測定結果

た、参考値として、2 週および 3 週の計測も行った。)

長さ変化率の測定結果を図 8 および表 6 に、質量減少率を図 9 に示す。モルタル・コンクリート共に、骨材処理時間による大きな変化は見られないが、処理時間が長くなるとスクリーニングモルタル中にすりもみ効果により破砕されたモルタル塊の存在量が増加すると考えられるためモルタルにおいては、処理時間 210 秒の乾燥収縮が最も大きな結果となった。また、13 週におけるコンクリートの乾燥収縮が 800 $\mu$ を超える結果となった。

表 6. 長さ変化率測定結果一覧

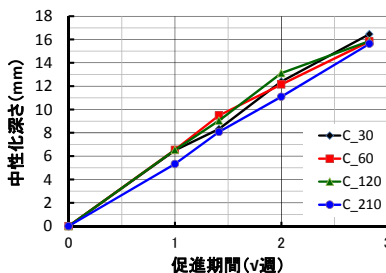
記号	材齢(週)			
	1	4	8	13
30	164	548	774	938
60	148	536	763	932
120	168	598	847	1024
210	155	547	793	957

### 5.3.3 中性化促進試験

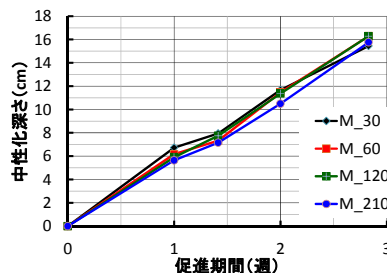
再生コンクリートは、骨材に付着するモルタルが既に中性化している場合もあり、普通コンクリートに比べ中性化の進行が早くなる可能性がある。そこで、すりもみ効果をうけた再生コンクリートの中性化に対する抵抗性を確認するために、JIS A 1152 に基づき、中性化促進試験を行った。

試験体は、標準養生 4 週間後に恒温恒湿室に 4 週間静置し、炭酸ガス濃度 5% 下において促進試験を行った。測定材齢は、促進期間 1 週・2 週・4 週および 8 週において、割裂し断面の中性化進行状況を計測した。計測においては、JIS に従いノギスで計測したものに、写真を用いて PC 上でも合わせて計測を行い、中性化促進状況を確認した。

促進期間 8 週までの中性化促進試験の結果を図 10 及び表 7 に示す。促進試験の結果、骨材処理時間 210 秒の試験体が最も中性化深さ



(a) コンクリート



(b) モルタル

図 10. 中性化促進試験結果

が小さくなる結果となった。また、再生骨材に付着するモルタルにより、原骨材との界面は中性化していないが、付着モルタル表面を回り込み中性化が進行している状態が観察された。写真による状態は、付録として末尾に掲載する

### 6. 骨材の管理方法の検討

本提案手法の改善効果は、練混ぜを行った結果で得られている。そこで、生コン出荷を基準に、さらに効率のよい改善効果の確認手法の検討を行った。骨材のみで改善効果が確認できれば、出荷までのプロセスの短縮になる。単位容積質量試験(棒突き)を拡張して、骨材に軽いすりもみ効果を与えることで、再生コンクリートの品質を評価するために検討を行った。実験の結果をウェットスクリーニング後の骨材と比較することで、骨材に与えたすりもみ処理による物性変化を評価できれば、骨材管理が非常に簡易となる。実験は、含水状態を絶乾・気乾・湿潤状態の 3 種類で行った。その結果、含水状態に関係なく、突き数の増加に比例した。結果を、スクリーニング骨材と比較すると、図 11 となり、概ね近似していると考えられる。ただし、再生骨材の品質や不純物等の影響を含め、さらなる検討が必要であるといえる。

骨材を効率良く出荷するための管理手法が

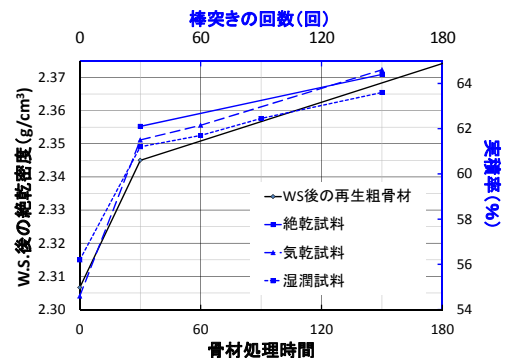


図 11. W.S. 骨材の密度変化と突き数の関係

表 7. 中性化速度係数

処理時間 (s)	中性化速度係数 (mm/ $\sqrt{\text{週}}$ )	
	コンクリート	モルタル
30	5.98	5.66
60	5.93	5.71
120	6.03	5.71
210	5.55	5.42

確立されれば、ミキサによるすりもみ効果を最も有効に活用することができる。

## 7. まとめ

2 軸強制練ミキサによるすりもみ効果を利用した、再生コンクリートについて処理時間を変動させて調べた結果、以下のことが分かった。

1. 骨材処理時間が長くなるほど、再生粗骨材の品質が改善される。
2. 低品質な再生骨材を用いても、十分に強度が得られる。
3. 剥れたモルタルによる強度低下はほとんどない。
4. 練混ぜ後の再生骨材と検討した骨材の品質管理方法において、相関性が予測できると考えられる。

本研究においては、骨材粒度の変動に対するスランプ・空気量の影響や実機実験等の課題が残る。今後は、実機実験を用いた検討等を計画している。

## 8. 謝辞

本研究にあたり、福岡県設専門学校建築工学科卒論生の久保雄介氏、城島和貴子氏、山口翔矢氏、横松翔平氏に実験にあたり協力を得た。ここに記し、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 平成 20 年度建設副産物実態調査結果について,国土交通省総合政策局,2008
- 2) 陶山裕樹他,「フライアッシュを外割混合した再生コンクリートの強度性状」, 都市・建築学研究, 九州大学大学院人間環境学研究院紀要第 10 号, 2006
- 3) 高巢幸二他;「再生骨材を使用したフライアッシュ外割混合コンクリートの強度性状」, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.379-384, 2003
- 4) 陶山裕樹他,「フライアッシュを外割混合した再生コンクリートの強度性状」, 都市・建築学研究, 九州大学大学院人間環境学研究院紀要第 10 号, 2006
- 5) 高巢幸二他;「再生骨材を使用したフライアッシュ外割混合コンクリートの強度性状」, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.379-384, 2003
- 6) 佐川康貴他;「再生骨材の品質が再生コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響」, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1,

pp.1265-1270, 2003

- 7) 網野貴彦他;「海洋コンクリート構造物の再生コンクリート用骨材としての適用性に関する検討」, 土木学会第 60 回年次学術講演会, 5-394, pp.797-788, 2004
- 8) 鈴木澄江他;「高炉セメント B 種を使用した再生骨材コンクリートの耐久性に関する実験的研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料・施工, 1073-1074, 2000
- 9) 柳哲他;「高炉セメントを使用した再生コンクリートの品質に関する実験的研究—圧縮強度, 静弾性係数, 乾燥収縮, 凍結融解性および促進中性化—」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料・施工, pp.159-160, 1999
- 10) 依田和久他;「高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの基礎的性状」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料・施工, pp.249-250, 2011
- 11) 澤本武博他;「低品質再生骨材を用いたコンクリートの強度改善方法に関する研究」, 材料, vol.49, No.10, pp.1079-1084, 2000
- 12) 振動付与 2 軸強制練りミキサを用いた低度処理再生骨材コンクリートに関する基礎的研究, 小野寺誠司, 牛尾仁, 吉田元昭, 橋本親典, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, 2006
- 13) 低度処理骨材を用いた再生コンクリートの性能向上に関する研究, 松坂ら, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, 2011
- 14) 河本裕行他: 高炉スラグ微粉末を外割混合した再生コンクリートに関する実験的研究-その 1 圧縮強度発現に関する予備的実験-, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.823-825, 2012

付録. 中性化促進の断面



コンクリート (処理時間 30 s)



コンクリート (処理時間 60 s)



コンクリート (処理時間 120 s)



コンクリート (処理時間 210 s)

中性化促進試験 (試験材齢 1 週)



コンクリート (処理時間 30 s)



コンクリート (処理時間 60 s)

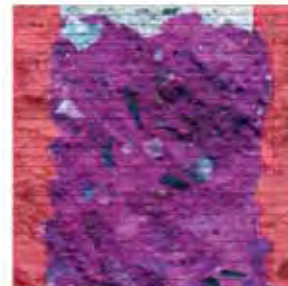


コンクリート (処理時間 120 s)



コンクリート (処理時間 210 s)

中性化促進試験 (試験材齢 2 週)



コンクリート (処理時間 30 s)



コンクリート (処理時間 60 s)



コンクリート (処理時間 120 s)



コンクリート (処理時間 210 s)

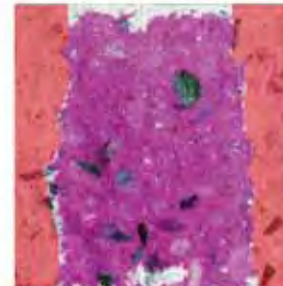
中性化促進試験 (試験材齢 4 週)



コンクリート (処理時間 30 s)



コンクリート (処理時間 60 s)



コンクリート (処理時間 120 s)



コンクリート (処理時間 210 s)

中性化促進試験 (試験材齢 8 週)