

## 報告 残コン・戻りコンの水セメント比の現状分析

渡邊 拓郎\*1・國枝 稔\*2・伊藤 真弥\*3, 高田 浩夫\*4

**要旨:** 残コン・戻りコンの発生を抑制あるいは再資源化することが環境負荷低減の観点からも重要となっており, 施工管理による削減の取組みや骨材として回収するなどの取組みなどが精力的に行われている。現場において残コン・戻りコンに洗い水等が添加されることがその後の再資源化に大きく影響を及ぼすと考え, 本研究では生コン工場における残コン・戻りコンの水セメント比の把握を目的とした現状調査を行った。その結果, 残コン・戻りコンの水セメント比は, 約 50%~200%まで幅広く分布すること, 残コン・戻りコン量が少ないものほど水セメント比が大きいことを明らかにした。

**キーワード:** 残コン・戻りコン, 水セメント比, 洗い水

### 1. はじめに

生コンクリートの日本産業規格である JIS A 5308 レディーミクストコンクリートでは, 出荷したレディーミクストコンクリートのうち, 購入者の事情で不要となったもの又は購入者の品質要求に適合しないもの, 荷卸し時に残ったもの, 若しくは運搬車のドラムに付着したもので, 自工場に持ち帰ったものを“戻りコンクリート”と規定している。また, 国土交通省の残コン・戻りコンの発生抑制, 有効活用に関するアンケート調査<sup>1)</sup>では, 「生コン事業所から出荷されたコンクリートが, 何らかの理由により現場で余ってしまい, 処理されるコンクリート」を“残コン・戻りコン”と注記している。さらに, 日本コンクリート工学会「残コン・戻りコンの発生抑制及び有効活用に関する技術検討委員会」報告書<sup>2)</sup>(以下, JCI 報告書)では, 有価物になり得るコンクリートを“残コン”と呼び, 受入検査で不合格になったコンクリートを“戻りコン”としているが, これらを総称して「残コン・戻りコン」と呼ぶことが望ましいとしている。

また, 既往の実態調査<sup>3)</sup>によれば, 全国で年間 150~200 万 m<sup>3</sup>の残コン・戻りコンの発生量が調査対象の全業者の 80%以上が多いと認識していること, 0.5m<sup>3</sup>以下の量であっても, 残コン・戻りコンと認識している回答者が多いことが明らかとなっている。

一般に, 生コン工場に戻された残コン・戻りコンはヤード内に広げられ, 硬化した後に破碎し, 中間処理に出される場合も多い。また, 型枠に詰めてコンクリート製品を製造する事例もある。昨今, 環境負荷低減の促進が進められている中, 残コン・戻りコンの再利用の促進が課題となっている。例えば, 残コン・戻りコンを対象に, ウェットスクリーニングをしてモルタルを回収し, 再生モルタルとしての利用法を検討した事例<sup>4)</sup>や, 乾燥スラ

ッジ微粉末を回収する研究事例<sup>5)</sup>がある。また, 粗骨材に関しては, 洗浄して粗骨材を回収する方法や, 吸水性ポリマーを添加して粒状化した粗骨材を回収する方法<sup>6)</sup>, 凍結融解作用を利用して粗骨材を効率的に回収する方法<sup>7)</sup>などが提案されている。

著者らは, 残コン・戻りコンから粗骨材を回収して再利用する手法について検討<sup>8)</sup>を行っており, 対象とする残コン・戻りコンの水セメント比が回収後の粗骨材の品質に大きく影響することを明らかにしている。実態としても, 建設現場で荷卸し後にアジテータ車のホッパやシュート等を洗浄し, 発生した洗い水をアジテータ車に戻して運搬することも多く, 実際の残コン・戻りコンの性状はその時々によって大きく異なることも周知の事実である。残コン・戻りコンの再利用を促進するためには, 残コン・戻りコンの再利用の方法を検討する前提として, 残コン・戻りコンの発生量だけでなく, どのような品質のコンクリートなのかを明らかにする必要がある。

本研究では, 生コン工場が出荷して自工場に持ち帰った残コン・戻りコンの水セメント比を推定し, 残コン・戻りコン量などとの関係について考察を行った。

### 2. 高周波加熱法を用いた水セメント比の推定

#### 2.1 実験概要

本研究では, 残コン・戻りコンの水セメント比推定の方法として, 単位水量を求めるために使用されている高周波加熱法を用いた。具体的には電子レンジを用いてフレッシュコンクリートを加熱乾燥させ, 蒸発した水分量と, 残った固形物のセメントの割合を配合表上から割り出し, 水セメント比を算出する方法である。ここでは, 採取する試料の量などの妥当性を確認するために, 予備検討を行った。

\*1 岐阜大学 工学部社会基盤工学科 (学生会員)

\*2 岐阜大学 工学部社会基盤工学科教授 博士 (工学) (正会員)

\*3 ライン生コン(株)

\*4 岐阜県生コンクリート工業組合 技術センター 博士 (工学) (正会員)

## 2.2 試験方法

荷卸し後に洗い水等が混入した残コン・戻りコンからウェットスクリーニングした後のモルタルを想定し、水セメント比を変化させた配合のモルタルを使用した。検討したモルタルのシリーズを表-1に示す。検討した水セメント比は50%、70%、90%、110%、150%、200%の6種類とした。なお、セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、セメントと細骨材の質量比を1:3の一定とした。1つのシリーズに対し、3つの試料を採取し、測定をおこなった。実験手順は、全国生コンクリート工業組合連合会から提案されているZKT-210「フレッシュコンクリートの単位水量の迅速推定試験方法(高周波加熱法)」を参考に図-1の手順とした。まず、実験に使用する紙皿を1分間電子レンジで加熱乾燥させ、絶乾状態にした。そこにモルタル試料を200g入れ加熱乾燥させた。加熱乾燥には600Wの家庭用の電子レンジを用いた。また、加熱乾燥に際して、紙皿が試験中に炭化して質量減少することを防ぐため、2分の加熱毎に冷却の時間を設け、試料と紙皿の質量の減少がなくなるまでこの操作を繰り返した。加熱乾燥状態の試料と紙皿の質量を計測し、試験前の質量との比較により、蒸発した水分量 $W$ を測定した。残った固形分の細骨材とセメントの構成割合が、配合上の構成割合と等しいと仮定し、式(1)を用いて乾燥した試料内におけるセメント質量 $C$ を算出して水セメント比の計算を行った。この方法で算出した水セメント比と配合上の水セメント比の比較を行い、当該手法が残コン・戻りコンの水セメント比の推定に適用できるかどうかを検証した。

$$\frac{W}{C} = \frac{m_1 - (m_2 - m_3)}{\frac{c'}{c' + s'}(m_2 - m_3)} \quad (1)$$

ここに $\frac{W}{C}$ : 推定された水セメント比

$m_1$ : 試料の質量(g) (本実験では200gの一定)

$m_2$ : 加熱した試料と紙皿の質量の合計(g)

$m_3$ : 絶乾状態の紙皿の質量(g)

$c'$ : 配合表上のセメントの質量(kg)

$s'$ : 配合表上の細骨材の質量(kg)

## 2.3 実験結果

推定した水セメント比と配合上の水セメント比との関係を図-2に示す。なお、3つの試料で得られた最大値と最小値を同図の誤差線で示した。各シリーズで推定した水セメント比の平均は、配合上の水セメント比が50%、70%、90%のシリーズは約3~5%ほど大きめに推定される傾向にあった。一方、配合上の水セメント比が大きくなるにつれて、特に150%、200%のシリーズにおいて推定した水セメント比が大きく乖離したほか、推定値のば

表-1 検討したモルタルの種類

配合上の水セメント比(%)	50, 70, 90, 110, 150, 200
セメントと細骨材の比率	1:3

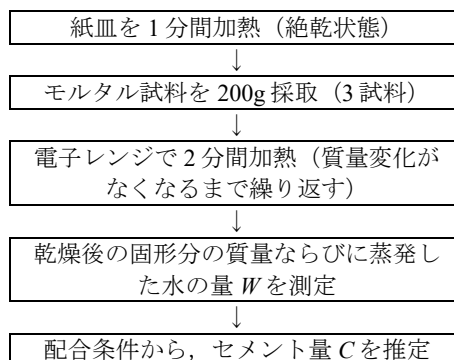


図-1 実験手順

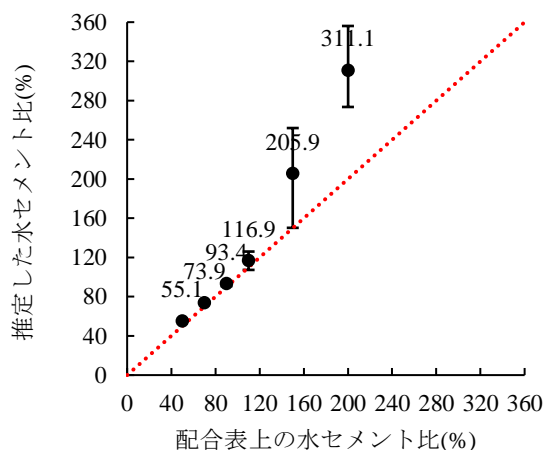


図-2 配合上の水セメント比と推定した水セメント比との関係

らつきが大きくなる傾向にあった。この理由として、水セメント比の大きなモルタルでは、十分に攪拌した状態でも、直後に自由水、セメントペーストならびに細骨材が分離しやすい傾向にあり、試料の採取時に偏りが生じ、分離した自由水が多く試料として採取されたと推察される。図-3に水セメント比50%から200%の範囲において近似式を求めたところ、以下となった。

$$\frac{W}{C} = 32.3e^{0.0117\frac{W'}{C'}} \quad (2)$$

ここに $\frac{W}{C}$ : 推定された水セメント比(%)

$\frac{W'}{C'}$ : 配合上の水セメント比(%)

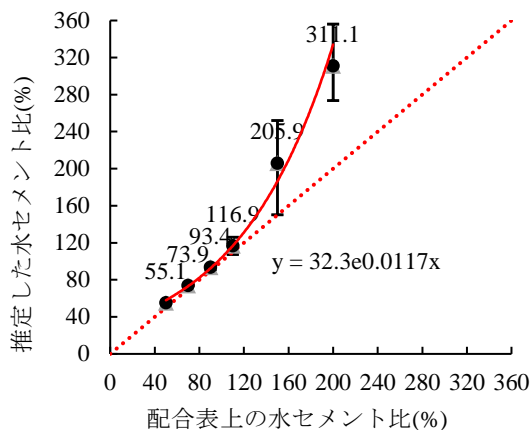


図-3 配合上の水セメント比と推定した水セメント比との関係（近似曲線）

なお、残コン・戻りコンの水セメント比の範囲が現段階では不明ではあるものの、本章の方法により実験的に推定した水セメント比から式(2)を用いた補正を行うことで、およその水セメント比を推定することができると考えられる。

### 3. 残コン・戻りコンを対象とした調査の実施

#### 3.1 調査の概要

2章の予備実験結果を踏まえ、自工場に持ち帰った残コン・戻りコンの水セメント比の推定を試みた。調査は岐阜県内の生コン工場にて実施した。

調査期間は2023年11月中旬から12月上旬までの4週間のうちの9日間で行った。データ数は残コン・戻りコンの水セメント比推定結果が50個であり、そのうち27個については、アジテータ車のドラム内の残コン・戻りコン量を目視調査した。調査日とそこで得られたデータ数を表-3に示す。また、調査対象とした残コン・戻りコンの出荷時の配合条件について、呼び強度の範囲と件数を表-4、スランプの範囲と件数を表-5、セメントの種類とその件数を表-6、粗骨材の最大寸法の範囲と件数を表-7、混和剤の種類とその件数を表-8に示す。

#### 3.2 調査方法

生コン工場に到着したアジテータ車から残コン・戻りコンを採取する方法は、図-4に示すようにアジテータ車のドラムを回転させ十分に攪拌した後、攪拌直後の試料を、シュートを通じて一輪車に排出した。なお、洗浄水がすでに多量に添加されている場合、アジテータ車から均質に排出できていないことが想定されるが、この点については今後の課題とし、今回の調査では、排出されたコンクリートのみを対象とした。一輪車に採取した残コン・戻りコンをシャベルで再度攪拌したのち、目開き5mmのふるいを用いてウェットスクリーニング

表-3 調査日時と得られたデータ数

調査日時 (2023年)	水セメント比推 定用データ数	残コン・戻りコ ン量用データ数
11月14日	10	0
11月16日	4	0
11月21日	3	0
11月22日	5	0
11月28日	5	5
11月29日	3	2
11月30日	5	5
12月7日	9	9
12月8日	6	6
合計	50	27

表-4 出荷時のコンクリートにおける呼び強度

呼び強度	件数
18	15
21	12
24	9
27	4
30	10
合計	50

表-5 出荷時のコンクリートにおけるスランプ

スランプ(cm)	件数
8	8
12	3
15	13
18	25
21	1
合計	50

表-6 出荷時のコンクリートにおけるセメントの種類

セメントの種類	件数
普通ポルトランドセメント	41
高炉セメントB種	9
合計	50

表-7 出荷時のコンクリートにおける粗骨材最大寸法

粗骨材の最大寸法(m)	件数
15	5
20	2
25	41
40	2
合計	50

表-8 出荷時のコンクリートにおける混和剤の種類

混和剤の分類	混和剤の種類	件数
混和剤A	AE減水剤標準形I型	36
混和剤B	AE減水剤標準形I型	14
合計	—	50



図-4 アジテータ車からの試料の採取状況

を行い、モルタルを取り出した。2章と同様に、モルタル200gを1試料として、1種類の残コン・戻りコンに対して3試料を採取して試験を行った。試料の採取量を200gとした理由として、2章においておよその水セメント比が推定できることを根拠としているが、水セメント比が特に大きい場合、試料採取時のばらつきは採取量を多くした方が少なくなると考えられるため、最適な採取量については今後の課題としたい。なお、電子レンジにより乾燥させて得られた固形物は、セメント、混和材および細骨材であり、その比率は配合計画書の値と等しいと仮定してセメント量を推定し、水セメント比を算定した。

残コン・戻りコン量の発生量に関する調査は、ドラム内を運転手が目視により確認する方法とした。なお、JCI 報告書<sup>2)</sup>によると、運転手等の目視によっても、残コン・戻りコン量はその誤差 $0.1\text{m}^3$ 以上、 $0.2\text{m}^3$ 未満で把握できているという調査結果がある。

### 3.3 調査結果

残コン・戻りコンの水セメント比推定結果と出荷時水セメント比の散布図を図-5に示す。サンプル数は50個である。この推定結果は、前節の方法により求めた水セメント比を、式(2)を用いて補正したものである。出荷時のコンクリートの水セメント比にかかわらず、残コン・戻りコンの水セメント比は約50~200%の範囲で広く分布した。この結果から、残コン・戻りコンの水セメント比は、出荷時のコンクリートの水セメント比にほとんど依存しないことを示している。目視による残コン・戻りコンのフレッシュ性状から、自由水が非常に多く、骨材等の材料分離も生じていたため、通常のコンクリートにおける水セメント比に比べて格段に水セメント比が大きいと推察できた。

50個のサンプルについて、それぞれ3個の試料を採取

し水セメント比を測定したが、推定された残コン・戻りコンの水セメント比(平均値)と変動係数の関係を図-6に示す。残コン・戻りコンの水セメント比が大きくなるにつれて変動係数が大きくなる結果となった。

図-7に、残コン・戻りコンの水セメント比と配合計画書におけるスランプ値との関係を示す。スランプの大小は、残コン・戻りコンの水セメント比や加水後の材料分離抵抗性に影響を与えると考え検討を行ったが、スランプ18cmのデータ数が多いことから、一概に傾向を判断することが難しい結果であった。

残コン・戻りコンの水セメント比の推定結果と残コン・戻りコン量の関係を図-8に示す。ここでは、ドラ

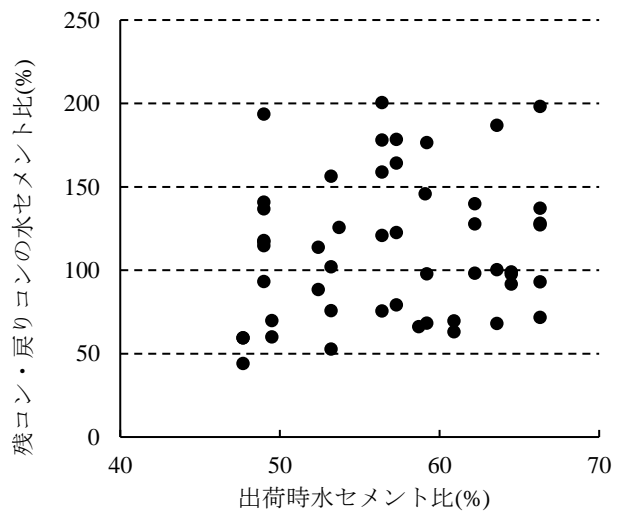


図-5 残コン・戻りコンの水セメント比と出荷時水セメント比との関係

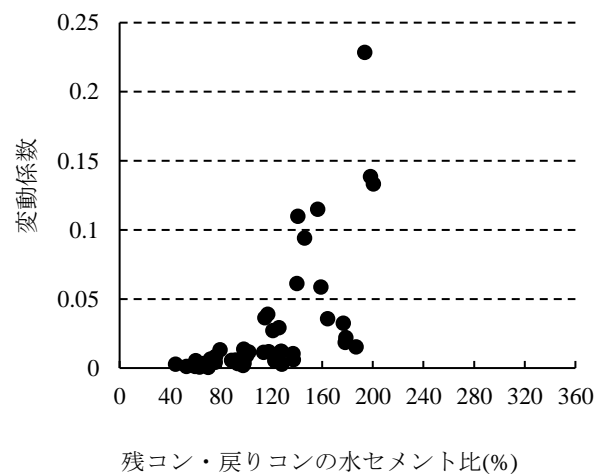


図-6 残コン・戻りコンの水セメント比と試料ごとの変動係数との関係

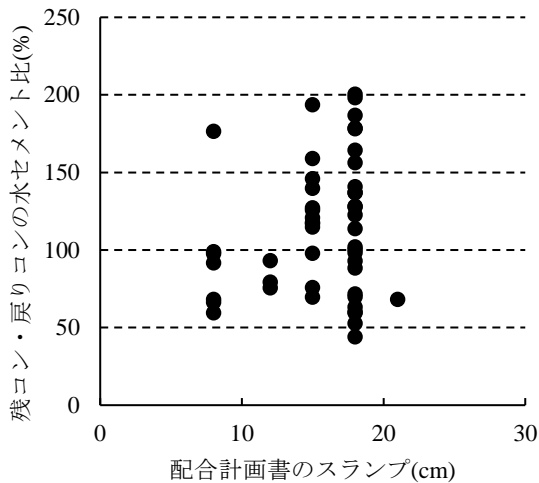


図-7 残コン・戻りコンの水セメント比とスランプ（配合計画書による）との関係

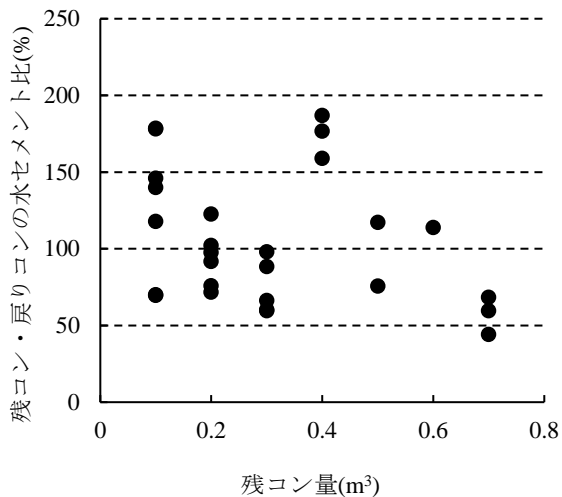


図-8 残コン・戻りコンの水セメント比と発生量との関係

ム内の残コン・戻りコンの量を  $0.1\text{m}^3$  単位でプロットした。サンプル数は 27 個と少ないが、残コン・戻りコン量について、JCI 報告書<sup>2)</sup>における 1 回に発生する残コン・戻りコン量や著者らによる調査結果<sup>9)</sup>の傾向とおおよそ一致している。また、本調査の結果には、出荷した生コンが全量戻ってきたものはない。本調査の範囲内では、残コン・戻りコンの量が少ない場合、水セメント比は比較的大きくなる傾向にあり、残コン・戻りコン量が多くなるにつれ、残コン・戻りコンの水セメント比が小さくなる傾向を示した。この理由として、ホッパーやシュートなどを洗浄するのに必要な洗水の量に個人差はあるものの、それらはおおよそ一定であると考えられるため、建設現場で余ったアジテータ車一車あたりのコンクリートの量によって、残コン・戻りコンの水セメント比

が決定されると推察される。なお、 $0.4\text{m}^3$  のデータ 3 個の値が大きめにしている点について、配合等を確認したが、その理由については特定できなかった。

#### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 高周波加熱法を用いて残コン・戻りコンの水セメント比の推定を試みたところ、50~200%の範囲に多く分布していた。なお、これらの推定値においては、その値が大きい場合に大きな誤差を含んでいる可能性がある点に留意する必要がある。
- 2) 推定された水セメント比と出荷時のコンクリートの水セメント比との相関は認められなかった。
- 3) 推定された水セメント比と残コン・戻りコンの量との関係から、残コン・戻りコンの量が少ないほど、推定された水セメント比が大きくなる傾向にあった。これは、ドラム内の残コン・戻りコン量が少ないにも関わらず、洗水の量は一定量必要であることに起因していると考えられる。

今後は、他の生コン工場でも同様の実験を行い、残コン・戻りコンの水セメント比のデータを収集する予定である。

#### 謝辞

本研究は、文科省「地域の脱炭素社会の将来目標とソリューション計画システムの開発と自治体との連携を通じた環境イノベーションの社会実装ネットワークの構築」の一部として実施した。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局：残コン・戻りコンの発生抑制,有効利用に関するアンケート調査の結果概要について、2006.9
- 2) 日本コンクリート工学会：残コン・戻りコンの発生抑制及び有効利用に関する技術検討委員会報告書、2012.1
- 3) 澤本武博，中田善久，十河茂幸，陣内浩：残コン・戻りコンの発生に関する意識調査，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.1913-1918，2011.7
- 4) 飯生昌之，奈良禧徳，高野肇，中田善久：戻りコンクリートの諸要因がウェットスクリーニングして得られるモルタルの品質に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol24，No.1，pp.1191-1196，2002.7
- 5) 大川憲，百瀬晴基，閑田徹志，笠井哲郎：戻りコン

- から製造した乾燥スラッジ微粉末の品質向上に関する研究, Vol.40, No.1, pp.1443-1448, 2018.7
- 6) 河瀬伊織：戻りコンクリートから取り出す粗骨材の品質改善, 岐阜大学自然科学技術研究科修士論文, 2021.2
- 7) 井下千尋, 兵頭正浩, 緒方英彦：凍結融解作用によりコンクリート塊および残コン・戻りコンから抽出した再生粗骨材の物性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1399-1140, 2015.7
- 8) 渡邊拓郎, 國枝稔, 高田浩夫：残コン・戻りコンから回収した粗骨材の品質改善, 令和4年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, V-03, 2023.
- 9) 渡邊拓郎, 國枝稔, 高田浩夫：残コン・戻りコンの地域性に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol45, No.1, pp.22-27, 2023.7