

論文 トラックアジテータの洗浄によって生じる液状化したモルタルの使用

中村 修二*1・船越 孝浩*2・川原 隆*2・島 弘*3

要旨: 荷卸し後のトラックアジテータ (以下, 運搬車という。) の洗浄を定めた水量で行う。この洗浄によって生じる液状化したモルタル (以下, 洗浄モルタルという。) をドラム内に持ち帰った運搬車から排出せず, その洗浄に用いられた水量を減じた新たなコンクリートを積み込み混合して使用方法について実験を行って検討した。スランプ, 空気量については, 化学混和剤の使用を増量することにより所要の品質が得られた。強度は一般のコンクリートと差はなかった。運搬毎に洗浄モルタルを使用することは, スラッジ等の産業廃棄物の発生を大幅に抑制することになるとともに, 製品の容積, 配合の適正化にもつながることとなる。

キーワード: 洗浄モルタル, トラックアジテータ, 付着モルタル, スラッジ, 産業廃棄物, 化学混和剤

1. はじめに

1.1 目的

レディーミクストコンクリート工場においても, 産業廃棄物の発生を抑制し, 環境負荷の低減を図ることは社会的責任, 使命であり積極的に取り組まなければならない。これに関して, 例えば, 日本コンクリート工学会においても調査や提言がなされている¹⁾。

生コンクリートの荷卸しを完了し, 全量排出した後の運搬車のドラム内壁, 羽根及びシュート等にはモルタル (以下, 付着モルタルという。) が付着している。荷卸し後の運搬車のドラム等にモルタルが付着していることは, 納入されるべき製品の一部が荷卸しされておらず, 厳密に言えば積み込まれたコンクリートと容積及び配合の異なるコンクリートが荷卸しされたこととなる。この対策としては, 洗浄作業を行わずモルタルの付着した運搬車に新たなコンクリートを積み込むことが考えられる。こうすれば同一運搬車の付着モルタル量は配合が異なってもほとんど変化せず, また付着モルタルは運搬毎に発生するので, 荷卸しされるコンクリートは工場に積み込まれた容積及び配合のコンクリートとなる。しかし, 通常は, 荷卸し後運搬車の管理及びモルタル等の公道への落下防止の観点からドラム内, シュート等の洗浄作業を行い, 生じたドラム内の洗浄モルタルは工場に持ち帰り新たな洗浄水を加えドラム内洗浄とともに排出し処理されている。

そこで, 本研究では, スラッジ等の産業廃棄物の発生を抑制するとともに, 製品の容積, 配合の適正化を図ることを目的とし, 荷卸し後のドラム等の洗浄を管理された水量で行い, ドラム内に洗浄モルタルを持ち帰った運搬車に洗浄に使用した水量を減じた新たなコンクリー

トを積み込み混合して使用方法を考え, その課題について実験を通じて検討を行った。

1.2 現状と問題点

レディーミクストコンクリート工場において発生する産業廃棄物は, コンクリート殻 (塊) とスラッジ等の汚泥に大別される。コンクリート殻は, そのほとんどが再生路盤材等に処理され再利用されている。スラッジについては, 練混ぜ水としてスラッジ水を使用することが認められているが, 濃度の管理等の制約もあり一般的とはなっておらず, その処理に苦慮している。

工場におけるスラッジは, 種々の洗浄水から骨材及び上澄み水を回収したスラッジ水を脱水することにより発生する。洗浄水には, プラントミキサ及び運搬車の洗浄によるものがある。プラントミキサの洗浄は1日1~2回であるが, 運搬車の洗浄モルタルは運搬毎に発生する。戻りコンクリートは水処理せず固化処理されることもあるが, 戻りコンクリートに多量のドラム内洗浄水を加え排出される場合には, 1回の処理で多量のスラッジを発生させる。スラッジ発生量に占める運搬車の洗浄モルタルの割合は約70%との報告²⁾があり, 徳島県生コンクリート工業組合員工場 (以下, 組合員工場という。) へのアンケート結果によると, 戻りコンクリートを固化処理する場合は80~90%, 戻りコンクリートも水処理する場合は70~80%となっており, 洗浄モルタルがスラッジ発生源の主要な部分を占めると考えられる。

この洗浄モルタルを新たに積み込むコンクリートと混合することに関しては, JIS A 5308 レディーミクストコンクリート³⁾ 附属書Dに, 付着モルタルを安定剤を用いてスラリー状にして使用方法が規定されており, フレッシュコンクリートの性状や圧縮強度への影響も

*1 徳島県生コンクリート工業組合 技術委員会委員 (正会員)

*2 徳島県生コンクリート工業組合 技術委員会委員

*3 高知工科大学 工学部社会システム工学科教授 工博 (正会員)

検証されている⁴⁾。しかし、この規定では、凝結を遅延させたスラリー状モルタルの保存を24時間以内とし、翌日の使用を想定しており、日内の業務に適用することは適切でない。

2. 付着モルタル量

2.1 実験の目的

運搬車の洗浄モルタルを使用するためには、ドラム内等に付着しているフレッシュモルタルの量及び成分を確認しておく必要がある。荷卸しを完了した運搬車の付着モルタル量については、文献⁵⁾等で調査した結果、大型車では少ないものは30Lから、70～80L程度、また多いものでは100L以上というものもあり、5t車では45～60L程度であったが、実際に付着しているモルタル量及び成分を確認するために実験を行った。なお、大型車は積載量約10t、小型車は積載量約4t又は5tのものを意味する。

2.2 実験方法及び結果

実験の方法として、荷卸しを完了した運搬車のドラム内壁等を洗浄し、排出された洗浄モルタル量と、それに要した水量の差から付着モルタル量を推定した。実験に用いたコンクリートの呼び方は21-8-40BBであり、積載量を大型車に4.0m³、4t車に1.5m³として実験を行った。そのコンクリートの配合を表-1に示す。さらに、5mm及び0.15mmふるい残分量も測定した。その結果を表-2に示す。

表-1 コンクリートの配合(kg/m³)

セメント C	混和材 FA	水 W	細骨材 S	粗骨材 G
268	40	154	741	1086
AE減水剤	AE剤	水セメント比 W/C		57.5%
2.78	0.0429	細骨材率	s/a	41.0%

表-2 付着モルタルの質量

	大型車	4t車
使用した水量 (L)	50.0	30.0
洗浄モルタル量 (kg)	109.5	72.3
付着モルタル量 (kg)	59.5	42.3
5mmふるい残分量 (kg)	2.4	1.8
0.15mmふるい残分量 (kg)	18.8	13.9

付着モルタルの質量は大型車で約60kg、4t車で約42kgであった。その容積は、モルタルの密度を計算からの2.25kg/Lとすると、大型車で約27L、4t車で約19Lとなり、既往の調査結果よりも少ない結果となった。

付着モルタルの成分は、粗骨材はわずかであり0.15mmふるいとどまる細骨材が1/3程度を占める。残りは骨材中の微粒分、0.15mmふるいを通す細骨材、混和材及びセメントであり、セメントが最も多いと考えられる。

2.3 発生スラッジ量

5mm及び0.15mmふるい残分量の測定結果および脱水後数日経過したスラッジ固形物について試験した結果を用いて洗浄モルタルから発生するスラッジ量を推定した。スラッジ固形物には0.15mmふるい残分量は1%未満でほとんどなく、含水率は37%、単位容積質量は1.35kg/Lであった。また、表-1の配合において粗骨材を除いたモルタル分に占める水量は約13%である。付着モルタル中の水量をこの13%と仮定して運搬車1台当たりのスラッジ発生量を推定することとした。

4t車の場合、

$$\begin{aligned} \text{スラッジの粉体量} &= 42.3 - (1.8 + 13.9) - 42.3 \times 0.13 \\ &= 21.1 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{スラッジの質量} &= 21.1 / (1 - 0.37) \\ &= 33.5 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{スラッジの容積} &= 33.5 / 1.35 \\ &= 24.8 \text{ (L)} \end{aligned}$$

同様に大型車の場合、

$$\begin{aligned} \text{スラッジの粉体量} &= 59.5 - (2.4 + 18.8) - 59.5 \times 0.13 \\ &= 30.6 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{スラッジの質量} &= 30.6 / (1 - 0.37) \\ &= 48.6 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{スラッジの容積} &= 48.6 / 1.35 \\ &= 36.0 \text{ (L)} \end{aligned}$$

すなわち、運搬車1台当たりのスラッジ発生量は、4t車で約25L、大型車で約36Lとなる。日量100m³程度の出荷を大型車25台で運搬したとすると、スラッジ発生量は0.9m³となり、小型車の使用によりその量は増加する。このことより付着モルタルによるスラッジの発生量は出荷量の1%程度になると予想される。この量を減少させることは、環境負荷の低減のみならず経済的にも重要である。

3. 洗浄水

3.1 水量

荷卸し後の運搬車のドラム、シュート等に付着したモルタルの洗浄作業に要する水量を定める必要がある。ドラム内壁、羽根、シュート等の洗浄作業に要する水量について組合員工場へのアンケートを行った結果では、小型車で平均35L、大型車では平均66Lであったが、実際の洗浄作業に必要なかつ最小の水量を定めるために洗浄水量の測定を行うこととした。

測定の方法として、荷卸し後の運搬車のホップ、ドラム内壁、羽根及びシュート等の洗浄作業時にシュートの先端に容器を取り付け、この容器の洗浄モルタルもホップよりドラム内に入れることとした。

徳島県生コンクリート工業組合技術委員会委員（以下、技術委員という。）が行った実験結果は、小型車で平均 23L、大型車で平均 40L であった。この結果より、季節等の変動を考慮し洗浄水量を JIS A 5308 附属書 D の方法と同じ

小型車	30L
大型車	50L

とすることとした。この水量に関しては個人差があると思われるので複数の作業員にこの水量で洗浄作業を行わせた結果、問題ないと判断した。また、この洗浄水量は、洗浄作業が終了した時点で定めた量に達していない場合は、ドラム内に定めた量まで投入することにする。

3.2 計量方法

洗浄水量を荷卸し現場において正確かつ容易に計りとする装置及び方法が必要となる。検討した結果、容積が正確に求められているタンクの設置又は精度の確認された流量計の設置が適当と判断された。流量計については、運搬車の水配管にタービンデジタル方式の流量計を取り付けて実験をおこなった。ノズルからの吐出量を調節することにより、先に定めた水量を正確かつ容易に計り取れることを確認した。流量計の取り付け状況を写真-1 に示す。また、精度を確認した実験結果を表-3 に示す。



写真-1 流量計の取り付け状況

表-3 流量計の精度

流量計の指示数	10.890	30.102	50.031
測定水量 (L)	10.944	30.162	50.181
誤差 (%)	0.5	0.2	0.3

実験結果から、この流量計は誤差が 0.5%以下であり、JIS A 5308 に規定されている水の計量誤差 $\pm 1\%$ を満足する精度をそなえていることが確認できた。

4. コンクリートの製造及び積込み

4.1 新たに積み込むコンクリートの積載量及びスランプ

新たに積み込むコンクリートが少量の場合、その計量水量が少なくなり、コンクリートが超硬練りとなることが予想される。JIS A 5308 附属書 D では最低スランプ値は規定されていないが、新たに積み込むコンクリートの積載量は、大型車の場合 3.0m^3 以上、小型車の場合 1.5m^3 以上と規定されている。小型車の場合、希釈溶液は 30L であるので、新たに積み込むコンクリートの水量は $30/1.5=20\text{kg}/\text{m}^3$ だけ減らすことができるということになる。そこで、スランプについては、土木用の出荷を考慮して 8cm 以上とし、大型車、小型車ともに 1m^3 あたりに減らすことができる最大の水量を 20kg とし、最低積載量を次のとおりとする。

小型車	$30/20 = 1.5\text{m}^3$
大型車	$50/20 = 2.5\text{m}^3$

なお、複数パッチの場合は全パッチで均等に水量を減らすことにする。新たに積み込むコンクリートは、洗浄水量を練混ぜ水の一部とし、1 回の練混ぜごとにその量を計量水量から均等に差し引いた値で練り混ぜる。

4.2 攪拌時間

洗浄モルタルと新たに積み込んだコンクリートが均質になるようにしなければならないが、JIS A 5308 附属書 D において攪拌時間は示されていない。そこで、洗浄モルタルがドラム内にある運搬車に定めた水量を減じて練り混ぜた新たなコンクリートを積み込み、高速攪拌した後、運搬車から排出されるコンクリートの約 1/4 と 3/4 で試料を採取し、JIS A 1119 ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの差及び粗骨材量の差の試験を行った。呼び方 21-8-40BB (表-1) の配合について、小型車に 1.5m^3 積み込み後 90 秒間高速攪拌を行った結果を表-4 に示す。

表-4 JIS A 1119 の試験結果

試料採取	スランプ(cm)	空気量 (%)	モルタルの単位容積質量 (kg/m^3)	単位粗骨材量 (kg/m^3)
1/4	7.0	4.0	2273	1033
3/4	7.0	3.8	2270	1041
差	0	0.2	0.07%	0.37%

この結果、スランプ及び空気量に差は認められない。JIS A 5308 では、JIS A 1119 によって試験した値が次の値以

下であれば、均一に練り混ぜられているとしている。

コンクリート中のモルタルの単位容積質量差 0.8%

コンクリート中の単位粗骨材量の差 5%

この値に比して試験結果は十分に小さく、また、この配合及び積載量は想定されるもっとも厳しい条件のひとつであり他の条件でも満足すると考えられる。この結果から、新たなコンクリートを運搬車に積み込み後、90秒間高速攪拌を行えば均質なコンクリートになると推測される。

4.3 まだ固まらないコンクリートの性状

洗浄モルタルを使用したフレッシュコンクリートの性状を確認するために実験を行った。方法は、通常の作業標準で積み込まれたコンクリートと先に定めた水量によって洗浄を行った運搬車に洗浄に使用した水量を減じた新たなコンクリートを積み込み、両者の比較を行った。配合は同一とし、連続して積み込むこととした。

技術委員の6工場で実験を行った結果を表-5に示す。表中の「普通」は通常の作業標準で製造したコンクリート、「実験」は洗浄モルタルがドラム内にある運搬車に、先に定めた水量を減じた水量で練り混ぜ、積み込み後90秒間の高速攪拌したコンクリートを表す。JIS A 5308 附属書 D の安定剤を用いたコンクリートの室内実験ではスランプ、空気量ともに大きくなったとの報告⁴⁾もある

が、洗浄モルタルを用いたコンクリートは全工場でスランプ、空気量の値が減少している。A 工場については、4t 車に普通、実験ともに積載量を 1.5m³とし、1バッチで練り混ぜて積み込みを行ったものである。普通は通常の作業標準で製造されたコンクリート 1.5m³が積み込まれており、実験は通常のコンクリート 1.5m³の計量値から水量を 30kg 差し引いた量で練り混ぜて積み込みが行われ、洗浄モルタル（洗浄水 30kg 及び付着モルタル）と混合されている。荷卸しされるコンクリートを考えると、普通は通常のコンクリートから付着モルタルが除かれたコンクリートが荷卸しされ、実験は付着モルタル量を同量とすると、理論的には通常のコンクリート 1.5m³が荷卸しされることになる。スランプ、空気量の結果については、普通における付着モルタル分の減少及び実験における洗浄モルタルの使用がその差に影響を及ぼしている。その要因として洗浄モルタル中の水量は定量とした量（30L あるいは 50L）すべてが単位水量の一部とはならない可能性がある。測定された単位水量が減少していることからそのことが推測され、セメントとの水和等により練混ぜ水として見込める水量は減少しているものと思われる。また、モルタル分、特にモルタル中の微粒分の多少が影響していると思われる。しかし、これらの量を定量化することは困難である。

表-5 まだ固まらないコンクリートの性状

工場	配合	スランプ (cm)			空気量 (%)			単位水量 (kg/m ³)		
		普通	実験	差	普通	実験	差	普通	実験	差
A	21-8-40BB	9.5	6.5	-3.0	5.4	3.5	-1.9	-5	-16	-11
B	21-8-40BB	9.5	8.0	-1.5	4.4	3.8	-0.6	-9	-13	-4
C	21-8-40BB	7.5	7.0	-0.5	4.4	4.0	-0.4	+3	-6	-9
D	18-8-25N	10.0	7.0	-3.0	4.9	3.0	-1.9	-4	-6	-2
E	21-8-25N	7.5	4.5	-3.0	5.7	4.6	-1.1	+6	+4	-2
F	21-18-25N	20.0	15.5	-4.5	5.5	3.3	-2.2	+4	-9	-13

表-6 まだ固まらないコンクリートの性状（化学混和剤増量使用）

工場	配合	スランプ (cm)			空気量 (%)			単位水量 (kg/m ³)		
		普通	実験	差	普通	実験	差	普通	実験	差
A	21-8-40BB	8.5	9.5	+1.0	5.0	5.4	+0.4	-8	-11	-3
B	21-8-40BB	8.5	7.5	-1.0	4.7	4.3	-0.4	+5	-8	-13
C	21-8-40BB	9.0	8.0	-1.0	4.3	4.7	+0.4	-4	-11	-7
D	18-8-25N	9.0	8.5	-0.5	4.9	5.0	+0.1	+4	-3	-7
E	18-12-20BB	12.0	13.0	+1.0	4.7	4.6	-0.1	+10	+2	-8

そこで、AE減水剤、AE剤を増量使用することにより空気量の減少を補うとともにスランプも増大させることとした。スランプ差1cm、空気量差0.5%を目標として設定し、化学混和剤を増量使用した実験を行った。その結果を表-6に示す。AE減水剤を増量する場合は約1.5倍の増量、AE減水剤及びAE剤を増量する場合は1.2~1.3倍の増量を行うことにより目標としたフレッシュコンクリートの品質が得られた。

4.4 コンクリートの強度

表-6のコンクリートの強度を表-7に示す。強度についてはその差は変動の範囲であり、JIS A 5308 附属書

Dの安定剤を用いたコンクリートと同様⁴⁾に、有意な差は認められない。傾向としてみれば高くなる傾向にある。先にも述べたが洗浄モルタル中の水量については、セメントとの水和反応により定量とした水量を下回っている可能性がある。化学混和剤の増量使用によりスランプの値を確保していることからもうかがえる。また、付着モルタルの成分としては粒径が小さく粉体に近いものほど付着しやすいと考えられる。これらのことから実験のコンクリートは若干水セメント比が小さくなっていると考えられる。ただし、これは微々たる値であり強度に有意差を生じるような数値ではない。

表-7 コンクリートの強度

工場	配合	7日強度(N/mm ²)			28日強度(N/mm ²)		
		普通	実験	差	普通	実験	差
A	21-8-40BB	16.4	15.7	-0.7	32.0	29.3	-2.7
B	21-8-40BB	16.1	16.9	+0.8	27.9	30.8	+2.9
C	21-8-40BB	15.2	16.8	+1.6	26.7	28.8	+2.1
D	18-8-25N	15.0	18.5	+3.5	23.5	25.8	+2.3
E	18-12-20BB	14.6	14.5	-0.1	27.1	26.7	-0.4

4.5 新たなコンクリートを積み込むまでの時間の限度

洗浄モルタルは、時間の経過とともに流動性を失い最後は固結する。JIS A 5308 附属書Dでは、安定剤を用いてセメントの凝結を遅延させているが、安定剤の投入はコンクリートの練り混ぜから3時間以内に行うこととされている。セメントの凝結開始時間は、普通ポルトランドセメントで約2時間、高炉セメントB種で約3時間であり、凝結の初期に安定剤を投入することとなっている。今回の提案方法では、凝結遅延剤を使用しないので、この凝結作用の初期の段階までに新たなコンクリートを積み込むのが適当である。

普通のコンクリートと同じ品質とするために必要な化学混和剤の使用量の例を図-1に示す。図の横軸の時

間は先のコンクリートの練混ぜを開始してからの経過時間を表す。今回の実験で化学混和剤の増量使用によって3時間を超えても品質を確保した結果もあったが、3時間を超えると化学混和剤の使用量が急に多くなった。3時間以内であれば化学混和剤の使用量はほとんど変化しない。これらのことを考慮するとともに、基本的には運搬車が工場に帰着後、速やかに新たなコンクリートを積み込むことを想定し、先のコンクリートの練り混ぜ開始から3時間以内とする。

5. 今後の課題

今回の実験では、まだ固まらないコンクリートの性状について、凝結時間及びブリージング試験が実施されていない。大きな差異はないと思われるが確認しておく必要がある。また、水量を減じて練り混ぜたコンクリートの洗浄モルタルとの混合前の品質についても検討を要する。

また、新たに積み込むコンクリートについて、化学混和剤の増量はプラント操作盤に修正配合を登録しておくことで対応が可能であるが、洗浄モルタルがドラム内にある場合に減ずる水量は、小型車、大型車、バッチ数により変化し煩雑な作業となる。この作業を行うのは、操作員の手作業では難しく、正確を期することは無理と考える。操作盤の改良、入れ替えが必要となり費用が発生するが、スラッジ発生量の低減効果はそれを上回るも

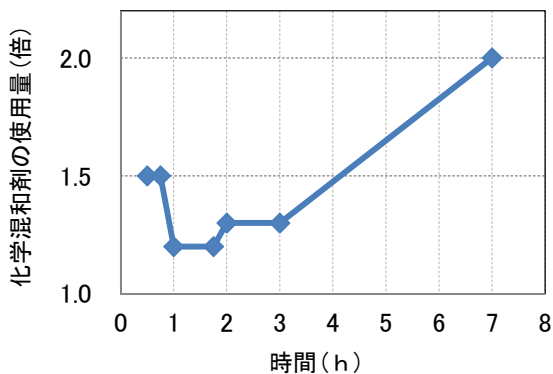


図-1 化学混和剤の使用量

のと考える。また、洗浄モルタルの使用は工場における運搬車の洗浄作業を大幅に減らすことになり輸送の効率化、処理する水量の減少につながり、多くの作業の労力、費用を減少させる効果が期待できる。ともあれこの方法についての理解が得られ、JIS A 5308 の規格に取り入れられることがまず必要である。

洗浄モルタルの使用は、JIS A 5308 附属書 D における付着モルタルの使用と理論的には同じことであり、早期に使用するので凝結を遅延させる安定剤の必要がなくなる。また、JIS A 5308 附属書 D の付着モルタルの使用に比べ作業が容易であり、実施されればスラッジ発生量の低減効果は非常に大きい。スラッジ発生量は、出荷量に比例して増減するが、洗浄モルタルを使用すれば出荷量に左右されず、逆に出荷量が多いときに少なくなる可能性もあり、工場におけるスラッジ発生量を 50%以下にすることも可能と考える。

荷卸し現場において納入されるべき製品の一部を持ち帰り、産業廃棄物を発生させる現状は早急に改めるべき課題と考える。

6. まとめ

安定剤を用いずに洗浄モルタルを運搬毎に新たに積み込むコンクリートと混合して使用する方法について、実験を行って検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 運搬車のドラム内及びシュートに付着したモルタル量は、4t 車で約 19L、大型車で約 27L であった。
- (2) 洗浄水量については、小型車で 30L、大型車で 50L とすることで良い。
- (3) 洗浄に使用する水量を正確かつ容易に計る方法として、容積が正確に求められているタンクの設置または精度の確認された流量計の設置で対応できる。
- (4) 新たに積み込むコンクリートのスランプは 8cm 以上とし、単位水量控除量を最大 20kg/m^3 とし、最低積み込み量を小型車で 1.5m^3 、大型車で 2.5m^3 とする。
- (5) 積み込み後の攪拌時間については、積み込みに時間を要する場合があるが、この時間を含む積み込み後 90 秒間の高速攪拌により、低スランプの配合でも均

一な品質のコンクリートとなった。

- (6) コンクリートの品質については、洗浄モルタルに水量を減じた新たなコンクリートを積み込みした場合、スランプ及び空気量は低下した。
- (7) スランプ及び空気量は、化学混和剤を 1.2~1.5 倍増量使用することにより、スランプ差 1cm、空気量差 0.5%での同等の品質が確保できることが確認できた。
- (8) コンクリートの圧縮強度については、有意差は認められなかった。
- (9) 新たなコンクリートを積み込むまでの時間の限度は、セメントの凝結の初期段階である 3 時間以内とすることで問題ないと思われる。

謝辞：この論文は、J C I 四国支部の四国の生コン技術力活性化委員会で活動した結果である。実験の実施に当たっては、徳島県生コンクリート工業組合技術委員会委員の皆様をはじめ組合員工場のご協力を頂きました。また本論文執筆にあたり技術委員の皆様には、貴重な意見、助言を頂きました。ここに謹んで謝意を表します。

参考文献

- 1) 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、日本コンクリート工学会、2012.1
- 2) 丸岡佳樹、井下喜嗣、高原久美、古田満広：スラッジ発生量の調査方法に関する一考察、第 14 回生コン技術大会研究発表論文集、pp.165-170、2007
- 3) トラックアジテータのドラム内に付着したモルタルの使用法、JIS A 5308 レディーミクストコンクリート附属書 D、2009
- 4) 金塚美喜男ほか：生コン車の付着モルタルの安定化及び生コン工場の回収スラッジの改善について、第 13 回生コン技術大会研究発表論文集、pp.25-30、2005
- 5) 例えば、長滝重義、友澤史紀：生コン工場品質管理ガイドブック（第 5 次改訂版）、全国生コンクリート工業組合連合会、p.116、2008