

試料採取時の廃棄試料の減量に関する標準化の提案

○弘川 里美*1 稲田 晃奈*1 仲谷 恵美*1 栗延 正成*1 前田 朗*1

要旨：フレッシュコンクリートの試料採取方法は、JIS A 1115 に規定され、生コン工場のほとんどがトラックアジテータから最初に排出されるコンクリート 50~100L を廃棄した後、試験に必要な試料を採取しているのが現状である。最初に取り除く試料の量を減量させ、産業廃棄物の減少および試験業務省力化を目的として、試験を実施する基本試料と比較実験を実施した。

実験の結果、最初に取り除く量を 20L とした後の 30L 程度、つまり 20~50L の範囲から採取した試料を用いた場合でも基本試料を用いた試験結果との差が小さいことを確認した。また、最初に廃棄する量を減量させるための基礎資料の整備とともに製造時の割増し量を 50L とすることを提案した。

キーワード：環境負荷低減、容積保証、フレッシュコンクリート、採取量、業務省力化、標準化

1. はじめに

現在、フレッシュコンクリートの工程検査および製品試験においては、ほとんどの生コン工場が JIS A 1115 附属書 JA(参考)を遵守し、試験に必要な試料を採取している。また、2014 年の JIS Q 1011 改正において製造工程の管理に、「試験のための試料を採取する場合は、対象のバッチの練混ぜ量を採取する量の分だけ割増すか、試験に使用しなかったフレッシュコンクリートをトラックアジテータへ戻すなどの方法を確認する」と規定されたため、練混ぜ時点で試料採取分の容積保証として約 100L 割増して製造している工場が多い。

そこで、大阪兵庫生コンクリート工業組合(以下、大阪兵庫工組)は日常業務の改善を図ることを目的として、(公社)日本コンクリート工学会 近畿支部「コンクリート試験の省力化に関する検討委員会」および大阪兵庫工組「i-Construction 実現ワーキンググループ」と連携し、試料採取時に最初に排出される試料の量を減じた場合に、フレッシュコンクリートの試験結果に及ぼす影響について各種実験を実施した¹⁾。

本報は、上記の実験結果¹⁾をもとに再検討し、生コン工場における廃棄試料の減量のための判定基準を示すとともに、試料減量のための標準化に係わる基礎資料の整備を行うための手法を提案するものである。

2. 廃棄試料の減量に関する実験

2. 1 実験の因子と水準

コンクリートの試料採取時の廃棄試料の減量実験の因子と水準を表-1 に示す。

実験は、各工場が実施する工程検査時に、同一トラックアジテータから試料の採取範囲を変化させて比較実験を実施した。

実験 1 は最初に取り除く量を 0 として試験に必要な試料 0~30L を採取し、実験 2 は最初に取り除く量を 20L として 20~50L を試料として採取した。これらの試料と通常試験を実施する基本試料となる 50~80L の 2 水準の試料、および基本試料よりも多くの試料を取り除いた 80~110L の試料の 3 水準

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合 i-Construction 実現 WG

で比較試験を実施した。なお、80~110Lの試料での試験は、一部の工場において実施した。また、トラックアジテータから試料を採取する際に、排出羽根やシュートにモルタルが付着するため、排出されるコンクリートがどの辺りで影響を受けず均一になるか確認することを目的に、トラックアジテータから最初に排出される試料を連続的に10Lずつ100Lまで10試料を採取し、空気量および単位容積質量の変動を調べた。なお、実験は10工場で各工場3回以上、実施した。

2.2 実験の対象配合および範囲

実験の対象配合は、当地区で出荷しているすべてのJISマーク品とした。また、トラックアジテータの最大積載量の違いによる車種も全てを対象とし、積載量については、満載、半量程度および標準化している最小量とした。なお、多くのデータを収集することで配合や積載量などの違いによる影響も確認できるように工場に協力を求めた。

2.3 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法は、JISに規定されているフレッシュおよび硬化コンクリートの試験に加え、単位水量試験も実施した。試験方法は、それぞれ該当するJIS等に準じて行った。なお、試験項目のうち、スランプおよびスランプフローについては0.1cmまで読み取った。

2.4 比較実験結果

(1) データ数

比較実験に協力頂いた工場数は148で、各試験項目で実施したデータ数を表-2に示す。

各試験は50~80Lで採取した基本試料と比較したデータ数であり、実験1で458、実験2で468の試験結果が得られた。また、80~110Lの試験も9工場で行われ56の試験結果が得られた。なお、試験は全てを対象としていない項目もあり、試験結果のデータ数には違いが生じている。

(2) 相関係数

同一トラックアジテータから試料の採取範囲を変化させて、50~80Lの基本試料と比較したスランプおよび空気量の結果を図-1および図-2に示す。また、回帰式から求めた各試験項目の相関係数を表-3に示す。

相関係数の結果は、表-3に示す空気量の0~30Lの相関係数が0.9を下回ったが、その他の試験項目を含めて、0.9を上回り1に近い結果もあり、かなり強い相関がある結果となった。また、図-1および図-2に示すスランプおよび空気量の結果は、ほぼ等値線上にプロットされ、試料採取時に最初に排出される試料の量を減量させても試験結果に及ぼす影響が小さいことを確認した。なお、試料採取範囲0~30Lよりも20~50Lの方が変動は小さくなった。

表-1 実験の因子と水準

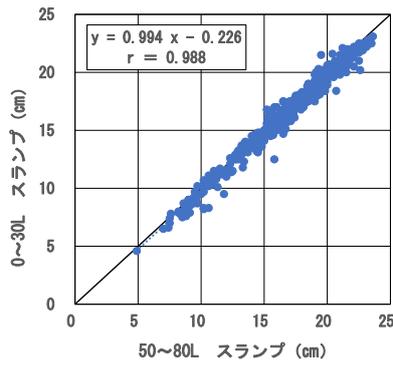
項目	取り除く量(L)	試料採取範囲(L)		
		減量試料	基本試料	比較試料
実験1	0	0~30	50~80	80~110
実験2	20	20~50	50~80	80~110

表-2 各試験項目のデータ数

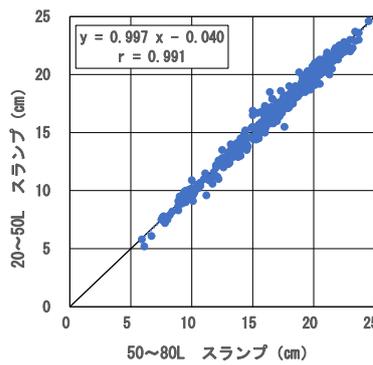
試験項目	試料採取範囲(L)		
	0~30	20~50	80~110
スランプ	452	457	56
スランプフロー	343	342	44
空気量	458	468	56
単位水量	288	300	29
圧縮強度	313	318	33
単位容積質量	424	431	49
塩化物含有量	261	255	28

表-3 各試験項目と相関係数

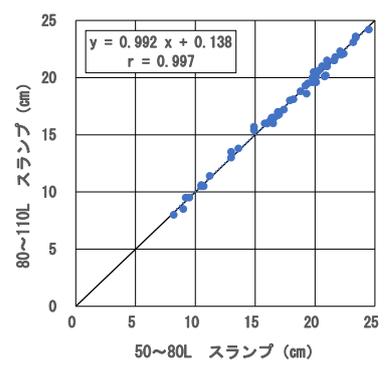
試験項目	試料採取範囲(L)		
	0~30	20~50	80~110
スランプ	0.99	0.99	1.00
スランプフロー	0.98	0.98	0.99
空気量	0.86	0.91	0.95
単位水量	0.96	0.97	0.97
圧縮強度	1.00	1.00	1.00
単位容積質量	0.98	0.99	1.00
塩化物含有量	0.99	0.98	1.00



試料採取範囲 (0~30 L)

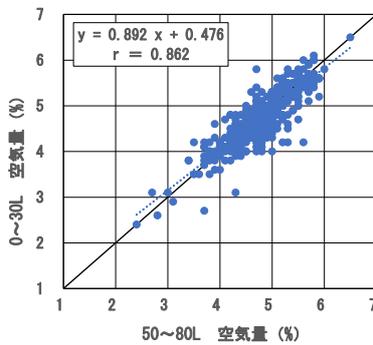


試料採取範囲 (20~50 L)

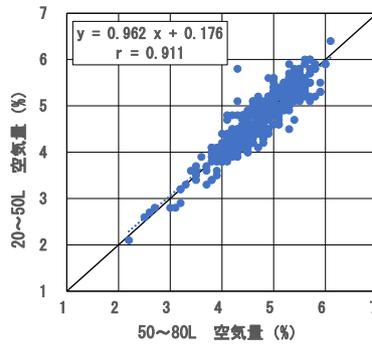


試料採取範囲 (80~110 L)

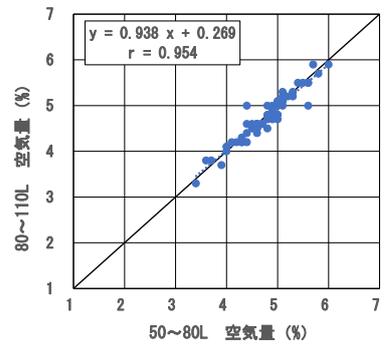
図-1 スランプ試験結果



試料採取範囲 (0~30 L)



試料採取範囲 (20~50 L)



試料採取範囲 (80~110 L)

図-2 空気量試験結果

(3) 基本試料との差の評価

基本試料である 50~80L と比較した各試験項目の差の平均を表-4 に、差の標準偏差を表-5 に示す。

比較した差の平均および差の標準偏差は、最初に取り除く試料の量が多いほど小さくなる傾向が認められた。

また、試料採取範囲の基本試料 50~80L と 80~110L で比較した場合でも差が生じていることを考慮すると、最初に取り除く試料の量を減量させた場合でも試験結果に与える影響は小さいと推察できる。

表-4 各試験項目の差の平均

試験項目	試料採取範囲 (L)		
	0~30	20~50	80~110
スランプ(cm)	-0.32	-0.10	0.00
スランプフロー(cm)	-0.66	-0.31	0.27
空気量(%)	-0.04	0.00	0.02
単位水量(kg/m ³)	-0.46	-0.15	-0.12
圧縮強度(N/mm ²)	-0.25	-0.08	-0.05
単位容積質量(kg/m ³)	2.68	0.71	-0.29
塩化物含有量(kg/m ³)	0.00	0.00	0.00

表-5 各試験項目の差の標準偏差

試験項目	試料採取範囲 (L)		
	0~30	20~50	80~110
スランプ(cm)	0.58	0.51	0.30
スランプフロー(cm)	1.21	1.18	0.85
空気量(%)	0.29	0.25	0.18
単位水量(kg/m ³)	2.31	1.88	1.14
圧縮強度(N/mm ²)	0.99	0.88	0.80
単位容積質量(kg/m ³)	10.22	7.42	4.48
塩化物含有量(kg/m ³)	0.00	0.00	0.00

2. 5 連続試料採取実験の結果

同一トラックアジテータから連続的に 10L ずつ 100L まで採取した試料により実施した実験は 10 工場で、31 のデータが得られた。

空気量および単位容積質量の結果について各工場で実施したそれぞれの 10 のデータを平均し、平均値からの差を求め、さらに各試料採取範囲の 10~100L までの 10 試料のそれぞれの 31 のデータから標準偏差を求めた。その推移を図-3 に示す。

図中の破線は、表-5 で示した 80~110L で採取した試料による空気量および単位容積質量の標準偏差である。破線で示した標準偏差は、採取した試料の品質変動ではなく測定者の技量によるものとして評価すると、空気量の結果は、最初に取り除く試料の量が 10L 以降で標準偏差付近にプロットされている。

また、単位容積質量についても 20L 以降で同様の結果となった。

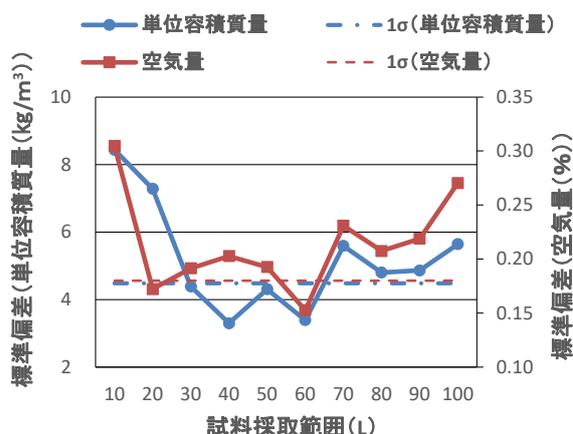


図-3 平均値との差の標準偏差の推移

2. 6 比較実験および連続試料採取実験の結果

- (1) 基本試料と比較した相関係数の結果、空気量の 0~30L で 0.9 を下回ったが、その他の試験項目を含めて 0.9 を上回り、かなり強い相関がある結果となった。
 - (2) 基本試料と比較した結果、試料採取範囲 0~30L よりも 20~50L の方が変動は小さくなった。
 - (3) 各試料採取範囲 10~20L までに採取した試料は、この試料のモルタルが排出羽根やシュートに付着することで減少するため、変動が大きくなるものの、20L 以降は安定する結果となった。
- 以上より、試料採取時の最初に取り除く試料の量を減量させても試験結果に及ぼす影響が小さいことを確認した。

3. 標準化のための基礎資料の提案

フレッシュコンクリートの試料採取方法は、相関係数や差の標準偏差および日常管理の有用性を考慮し、トラックアジテータから最初に排出される 20L を除き、20~50L を試料として用いることを提案する。なお、標準化するに当たっては、3.2 判定基準および確認方法を満足し、これを基礎資料とすることが必要である。

3. 1 対象配合

普通コンクリート、高強度コンクリートおよび軽量コンクリートを対象として、以下の条件を満足することを確認し標準化のための基礎資料とする。

3. 2 判定基準および確認方法

(1) 判定基準

試験項目のうち、各工場で比較試験を実施する項目と判定基準を表-6 に示す。

スランプおよび空気量については、実験で得られた表-5 に示す試料採取範囲 50~80L の基本試料と比較した 20~50L との差の標準偏差の結果を基に、標準偏差に 1.645 倍した値を閾値とした。

この範囲から外れる確率は両側で 10% となり、判定基準を厳しくすることで、比較した試験値において避けることが難しい試験差以外として、試料採取方法などによる試料のばらつきや試験のタイミングによる差などを排除できるように考慮した。

なお、スランプフローで管理する普通コンクリートおよび高強度コンクリートについて、スランプとスランプフロー値の関係例²⁾より、スランプフロー値30cmから70cmまでは概ね直線関係にあり、スランプ1cmでス

ランプフローが約5cm大きくなる傾向が認められ、スランプフローで判定する場合は、スランプからスランプフローに換算し $\pm 4.2\text{cm}$ (0.84×5)以内とする。

単位容積質量についての判定は、軽量コンクリートで配合設計値との差が3.5%以内であることが規定され、その他のコンクリートには規定がないため、異常値を確認することを目的として試験結果の差を $\pm 1.0\%$ 以内とした。また、圧縮強度についての判定基準は、得られた強度結果の差が $\pm 5\%$ 以内であれば有意な差はないことから判定基準とした。

また、実験で得られた比較試験結果の差をヒストグラムにし、判定基準を示したスランプの試験結果を図-4に、空気量の試験結果を図-5に、単位容積質量の試験結果を図-6に示す。また、圧縮強度の試験結果を散布図として図-7に示す。なお、スランプの区間幅は0.5cmとし、0の場合は-0.25以上0.25未満、空気量の区間幅は0.3%とし、0の場合は-0.15以上0.15未満、単位容積質量の区間幅は 5kg/m^3 とし、0の場合は-2.5以上2.5未満とした。

(2) 確認方法

- ① 比較試験は、最初に取り除く試料の量を20Lとし20~50Lで採取した試料および基本試料となる50~80Lで採取した試料と比較し、表-6に示す試験項目において判定基準以内であれば合格とする。
- ② 比較試験の配合選定は任意とし、各種コンクリートにつき3配合以上で確認する。なお、普通コンクリートでは、骨材最大寸法20および40mmについてそれぞれ確認する。
- ③ 判定基準を外れている場合には、下記に示す(3)試料採取方法などを参考に、トラックアジテータのシュートにモルタル分を過度に残さないなど、試料採取時の採取方法による試料のばらつきを小さくする。再度比較試験を実施し、表-6に示す判定基準を満足するような試料採取方法を確立するものとする。

表-6 判定基準

試験項目 判定条件	スランプ	スランプ フロー	空気量	単位容積質量 (kg/m^3)	圧縮強度 (N/mm^2)
標準偏差(σ)	0.51	—	0.25	—	—
$1.645 \times \sigma$	0.84	—	0.41	—	—
判定基準	$\pm 0.8\text{cm}$	$\pm 4.2\text{cm}$	$\pm 0.4\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 5.0\%$

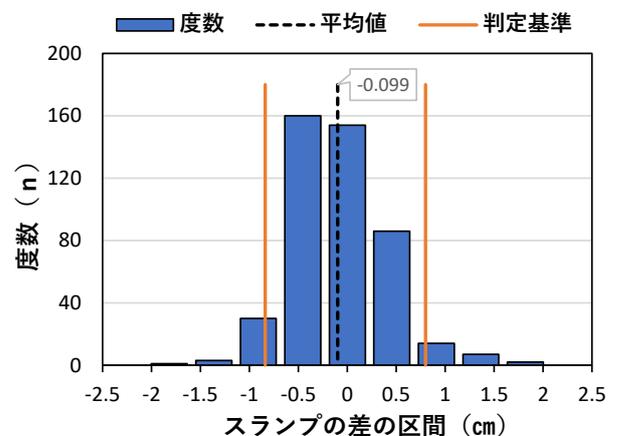


図-4 スランプの試験結果

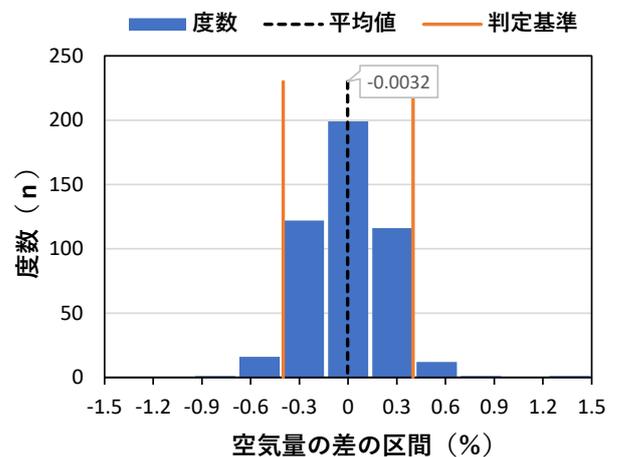


図-5 空気量の試験結果

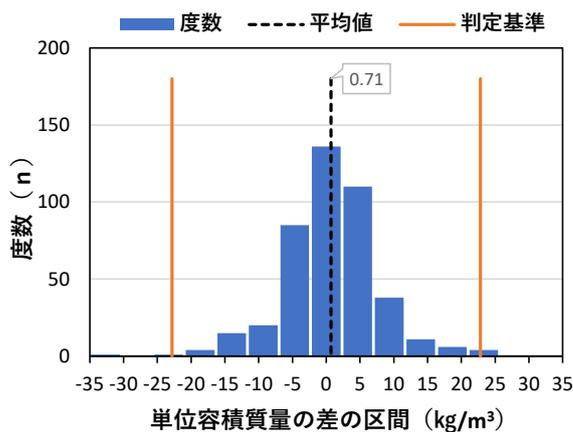


図-6 単位容積質量の試験結果

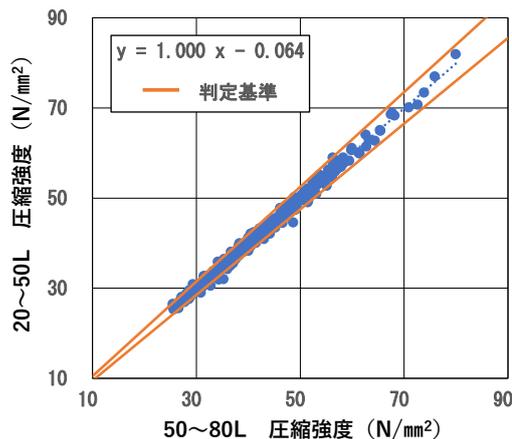


図-7 圧縮強度の試験結果

(3) 試料採取方法

試料を採取する際に、試験結果に影響を与えにくいような試料採取方法を標準化しておく必要がある。その他の留意事項を含め一例として示す。

- ① 一輪車には、20L および 30L のラインを入れ試料採取量を管理する。
- ② 試料採取時に、トラックアジテータの排出口までコンクリートを巻き上げ、一旦正転に戻してから試料を採取する。
- ③ トラックアジテータから試験に必要な試料を採取した後は、平スコップやゴムヘラ等によりシュートのモルタルをかき落とす。

4. まとめ

フレッシュコンクリートの試験のための試料採取方法について、実験を実施した結果、シュートから排出させたコンクリートの最初の 20L を除き、20~50L を試料として用いても試験結果に及ぼす影響が小さいことを確認した。また、各工場が標準化するための参考となる基礎資料整備についても提案することができた。

コンクリートの練混ぜ時点の試料採取分の容積保証として、これまでは多くの工場で 100L としていたが、50L に変更することができ、産業廃棄物の減少に加え、試験業務省力化にも繋げることが可能となった。

5. おわりに

本実験結果を参考に、コンクリートの試料採取の際には廃棄試料が減量できるように基礎資料を整備し、各工場が標準化に取り組んで頂けたら幸いである。

最後に、本実験に対し多大なご協力いただいた関係者、大阪兵庫工組加盟工場および i-Construction 実現ワーキンググループの方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 全国生コンクリート工業組合連合会：第二十一回 生コン技術大会論文集. pp.165-170, 2021
- 2) 日本建築学会：高強度コンクリート施工指針・同解説. p.49, 2013