

フレッシュコンクリートの試料採取量減量に関する実験結果

○仲谷 恵美*1 稲田 晃奈*1 木藤 里美*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は、JISA 1115 に規定されている方法で実施している。生コン工場のほとんどがトラックアジテータから採取し、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。また、コンクリートの試験を実施する場合には、廃棄量および試験に必要な量を合わせて、製造時に約 100L 割り増し対応している。

JISA 1115 附属書 JA(参考)に記載されている取り除く量については、実験等によって試験結果に影響がなければ減量できることから、通常の採取方法と最初に取り除く量を減量させた場合の比較実験を実施し、取り除く量を減量させた場合でも試験結果に影響が小さいことを確認した。

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、試料採取方法、採取量減量、業務省力化、トラックアジテータ

1. はじめに

JISA 1115 にフレッシュコンクリートの試料採取方法が規定されている。また、附属書 JA(参考)分取試料の採取方法 JA2.に、トラックアジテータから試料を採取する場合など、採取する直前にドラムを約 30 秒間高速に回転させた後、シュートから排出させたコンクリートの最初の 50~100L を除き、試料として用いることができる。と規定されている。

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附属書 JA(参考)を遵守し、トラックアジテータでドラムを約 30 秒間高速に回転させた後、最初のコンクリート 50L 以上を除き、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立する。と規定されたため、コンクリートの練混ぜ時点で試料採取分の容積保証として約 100L 割り増し製造している工場が多い。

これらの手順では、工程および製品試験を実施するたびに、廃棄量および試験に必要な量を合わせて約 100L 程度の廃棄物が発生している。全国の生コン工場が 2 回以上/日、工程検査を実施していることから、工程検査だけでも、その廃棄量は 600m³/日以上になる。実際に試験するために必要な試料は 30L 程度で、最初に除く量を減量させることにより、廃棄物および容積保証を減量させることが可能となる。そこで、日常業務の改善を図ることを目的として、公益社団法人 日本コンクリート工学会 近畿支部で立ち上げた「コンクリート試験の省力化に関する検討委員会」および大阪兵庫生コンクリート工業組合(以下、大阪兵庫工組)で設置している「i-Construction 実現ワーキンググループ」と連携し、試料採取量の減量実験を実施し、試験結果の影響について確認することとした。

2. 実験の概要

2. 1 実験の要因と水準

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合

コンクリートの試料採取量減量実験の要因と水準を表-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条件を変化させて比較試験を実施した。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を試料として採取する。取り除く量を変化させた試料と通常試験を実施する50~80Lの2水準で比較試験を実施した。また、通常試験よりも多く試料を採取した場合の比較として80~110Lを加えた3水準を一部の工場で実施した。

実験は、大阪兵庫工組加盟の189工場を対象とし、各工場で実験1および実験2について各3回以上、合計6回以上の比較試験を依頼した。

表-1 実験の要因と水準

項目	試料採取条件(L)			
	取り除く量	減量試料	通常試料	比較試料
実験1	0	0~30	50~80	80~110*
実験2	20	20~50	50~80	80~110*

*一部の工場のみ実施

2.2 実験の対象項目および範囲

実験の対象項目および範囲を表-2に示す。

実験の対象項目は、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、実験項目に対するそれ

ぞれの範囲については偏りのないように優先順位を設けて、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配慮した。

表-2 実験の対象項目および範囲

項目	範囲*	優先順位
コンクリートの種類	普通, 舗装, 軽量, 高強度	
呼び強度	18~60 曲げ4.5	大 小 中
スランブ又はフロー	5~21cm, 45~60cm	小 中 大
骨材寸法	20mm, 40mm, 軽量	40mm, 軽量, 20mm
セメント種類	N, BB, H, L, M, N+FA	
混和剤種類	AE減水剤, 高性能AE減水剤	
アジテータ最大積載量	2t~10t	
生コン積載量	満載, 半量程度, 標準化最小量	

*各工場を対象範囲を適宜分散させる

2.3 試験項目および試験方法

実験における試験項目および試験方法を表-3に示す。

試験項目はJISに規定されている種類および区分とし、フレッシュおよび硬化コンクリートに加え、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、スランブについては0.1cmまで読み取った。また、塩化物含有量、単位水量および圧縮強度については、実験1および実験2について各1回以上実施することとした。

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	測定方法	備考
スランブ	JIS A 1101	0.1cmまで測定
スランブフロー*	JIS A 1150	
空気量	JIS A 1118	
コンクリート温度	JIS A 1156	外気温含む
単位容積質量	JIS A 1116	
塩化物含有量	JIS A 1144	実験1および実験2で各1回以上
単位水量	電子レンジ法又はエアーマータ法	
圧縮強度	JIS A 1108(4W)	

*スランブフローの測定は、指定スランブ15cm以上を対象

2. 4 実験の注意事項

- (1) 一輪車には、20L および 30L のラインを入れ、採取量を管理する。
- (2) 最初の試料採取時に、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料採取後は、実験 1 の 0~30L および実験 2 の 20~50L はゴムヘラ等によりシュートのモルタルをかき落とす。

3. 実験結果および考察

3. 1 実験結果の詳細

実験に協力頂いた工場数は 148 で、各試験項目で実施した個数を表-4 に示す。

各試験は 50~80L で採取した試料と比較した個数であり、実験 1 で 458 試料、実験 2 で 468 試料の結果が得られた。また、80~110L の試験も 9 工場で実施し 56 試料の結果が得られた。なお、試験実施の対象外の項目や、表-2 で示したように全てを試験対象としていない項目もあり、試験結果の個数に違いが生じている。

表-4 各試験項目の個数

試験項目	0~30L	20~50L	80~110L
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

(1) 比較試験結果の相関関係

同一トラックアジテータから試料の採取条件を変化させて、50~80L の試料と比較した各試験項目の相関係数を表-5 に、スランプおよび空気量の相関係数の結果を図-1 および図-2 に示す。

図-1 に示すスランプの結果は、非常に高い相関関係が認められた。また、図-2 に示す空気量の結果は、少しバラツキが大きくなり 0~30L の相関係数が 0.9 を下回ったが、20~50L では相関係数 0.9 を上回り、その他の試験項目を含めて非常に高い相関関係が認められた。

表-5 各試験項目と相関係数

試験項目	0~30L	20~50L	80~110L
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

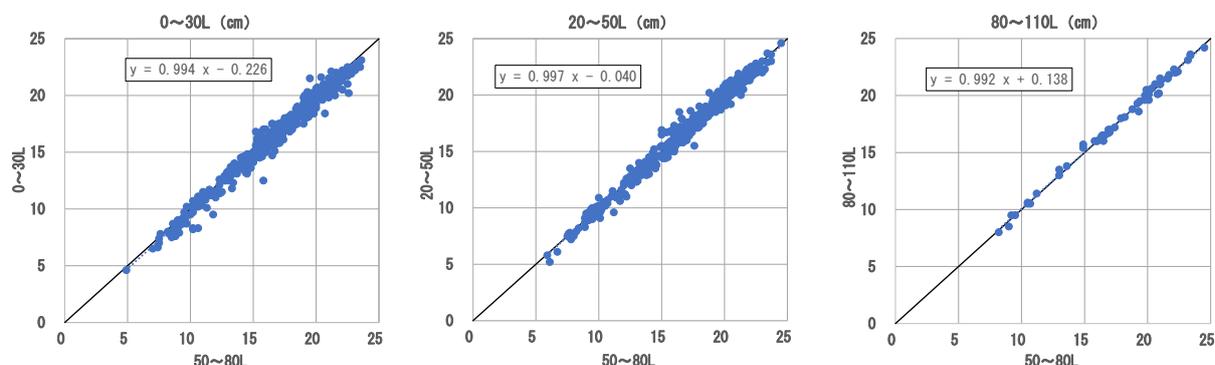


図-1 スランプ試験結果と相関係数の結果

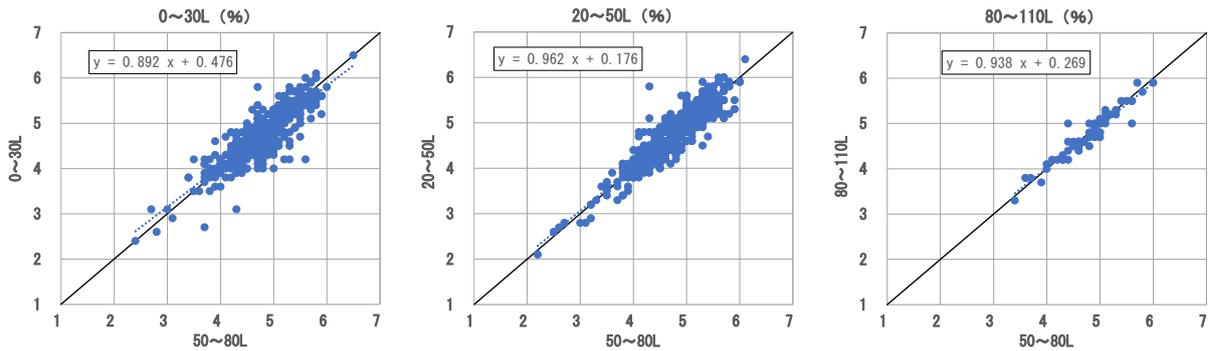


図-2 空気量試験結果と相関係数の結果

(2) 比較試験結果の差の評価

同一トラックアジテータから試料の採取条件を変化させて、50~80Lの試料との試験値の差を評価するために、各試験項目の差の平均を表-6に、各試験項目の差の標準偏差を表-7に示す。

50~80Lで採取した試料と比較した試験結果の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、試料採取条件の50~80Lと80~110Lの差を測定の不確かさまたは自然なバラツキと仮定し、80~110Lの標準偏差の値をそれぞれ差し引くと、差の標準偏差は更に小さくなり、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の影響は小さいと推察できる。

なお、単位容積質量が変動するとその他の試験結果に傾向が認められ、要因として最初に取り除く試料の量が減少すると粗骨材量が多くなると考えられ、今後の検討課題となった。

表-6 各試験項目の差の平均

No.	試験項目	0~30L	20~50L	80~110L
1	スランブ(cm)	-0.32	-0.10	0.00
2	スランブフロー(cm)	-0.66	-0.31	0.27
3	空気量(%)	-0.04	0.00	0.02
4	単位水量(kg/m ³)	-0.46	-0.15	-0.12
5	圧縮強度(N/mm ²)	-0.25	-0.08	-0.05
6	単位容積質量(kg/m ³)	2.68	0.71	-0.29
7	塩化物含有量(kg/m ³)	0.00	0.00	0.00

表-7 各試験項目の差の標準偏差

No.	試験項目	0~30L	20~50L	80~110L
1	スランブ(cm)	0.58	0.51	0.30
2	スランブフロー(cm)	1.21	1.18	0.85
3	空気量(%)	0.29	0.25	0.18
4	単位水量(kg/m ³)	2.31	1.88	1.14
5	圧縮強度(N/mm ²)	0.99	0.88	0.80
6	単位容積質量(kg/m ³)	10.22	7.42	4.48
7	塩化物含有量(kg/m ³)	0.00	0.00	0.00

3. 2 条件の違いによる検証

最初に排出されるコンクリートの取り除く量の違いにより、試験結果に影響があると考えられる3項目について、試料採取50~80Lと比較した相関係数を検証する。

(1) 粗骨材最大寸法の違い

粗骨材の最大寸法の違いと相関係数の結果を表-8に示す。

粗骨材 20mm および 40mm に層別し、骨材寸法の違いによる試験結果の影響について検証した。

表-8 粗骨材最大寸法の違いと相関係数

No.	試験項目	20mm		40mm		軽量骨材	
		0~30L	20~50L	0~30L	20~50L	0~30L	20~50L
1	スランブ	0.98	0.99	0.93	0.96	0.98	0.99
2	スランブフロー	0.98	0.98	0.91	—	0.78	0.99
3	空気量	0.87	0.91	0.82	0.86	0.93	0.99
4	単位水量	0.93	0.95	0.77	0.83	—	—
5	圧縮強度	1.00	1.00	0.93	0.98	1.00	1.00
6	単位容積質量	0.97	0.99	0.99	0.99	1.00	0.96
7	塩化物含有量	0.99	0.98	0.98	1.00	—	—

また、軽量骨材についても 1~3 個のデータがあり参考として示す。

粗骨材の最大寸法が 20mm よりも 40mm の方が、試験 No.1~4 で相関係数の結果が小さくなった。なお、最初に取り除く量の違いについては、試料の採取条件が 0~30L よりも 20~50L の方が高い相関係数の結果が得られた。しかし、骨材最大寸法 40mm の場合に試料採取量を減量するにあたっては、引き続き検討が必要である。

(2) トラックアジテータの種類の違い

トラックアジテータの種類の違いと相関係数の結果を表-9 に示す。

トラックアジテータの最大積載量が 9t 以上および 9t 未満について層別し、トラックアジテータの種類の違いによる影響について検証した。トラックアジテータ 9t 以上よりも 9t 未満の方が試験 No.3 で相関係数の低下が見られ、また 9t 未満の試験 No.4 では試料採取条件が 0~30L で相関係数の低下が見られた。試料採取条件では 0~30L よりも 20~50L の方が相関係数は高く試験結果に影響は小さいと推察できる。

表-9 トラックアジテータの違いと相関係数

No.	試験項目	9t以上		9t未満	
		0~30L	20~50L	0~30L	20~50L
1	スランプ	0.99	0.99	0.99	0.99
2	スランプフロー	0.98	0.98	0.98	0.99
3	空気量	0.88	0.93	0.83	0.89
4	単位水量	0.97	0.97	0.94	0.98
5	圧縮強度	1.00	1.00	0.99	1.00
6	単位容積質量	0.98	0.99	0.99	0.99
7	塩化物含有量	0.98	0.98	0.99	0.98

(3) 積載量の違い

トラックアジテータへの積載量の違いと相関係数の結果を表-10 に示す。

積載量の違いについては、最大積載量に対して半量以上と半量未満または 1m³ 以下を対象として検証を行った。

積載量が半量未満の試験個数が、半量以上の 10 分の 1 程度以下しかなく参考値としての評価となるが、試験 No.3 の空気量では試料採取量 20~50L の半量未満の相関係数の結果が小さくなった。これは、データ 30 個のうち 1 個の試験結果の差が大きいことが原因であったが、積載量が半量未満または 1m³ 以下の場合、試料の採取方法を今まで通りとするか、工程検査を半量以上積載した条件で採取することが望ましいと考えられ、引き続き検討が必要である。

表-10 積載量の違いと相関係数

No.	試験項目	半量以上		半量未満	
		0~30L	20~50L	0~30L	20~50L
1	スランプ	0.99	0.99	0.99	0.99
2	スランプフロー	0.98	0.98	0.98	0.98
3	空気量	0.86	0.92	0.85	0.76
4	単位水量	0.97	0.97	0.91	0.97
5	圧縮強度	1.00	1.00	1.00	1.00
6	単位容積質量	0.99	0.99	0.91	1.00
7	塩化物含有量	0.98	0.98	1.00	0.99

表-11 各試験項目の個数

試験項目	0~30L	20~50L	80~110L
スランプ	28	28	28/28
スランプフロー	22	22	22/22
空気量	28	28	28/28
単位水量	14	14	14/14
圧縮強度	16	17	16/17
単位容積質量	25	24	25/24
塩化物含有量	14	14	14/14

3.3 対応のある t 検定

同一トラックアジテータからの試料採取を 0~30L または 20~50L と 50~80L および 80~110L の 3 水準について実施した各試験項目の個数を表-11 に、試験結果について検証した、対応のある t 検定の結果を表-12 に示す。

なお、t 検定を同一の個数で判定するため、試料採取 80~110L の結果は、0~30L および 20~50L で

採取した実験 1 および実験 2 でそれぞれ判定している。

判定方法は、表-12 に示す通りで、P 値は有意水準 5% とし、t 値は境界値両側とした。

50~80L で採取した試料との t 検定の結果、試料採取 80~110L は全て有意差なしの結果となり、最初に取り除く

試料の量を減量させた場合に、スランブフローで有意差が認められ、スランブおよび単位水量で有意傾向となった。しかし、スランブフロー試験は、参考としてスランブと併せて実施した試験がほとんどであり、JIS A 5308 の必須試験項目ではスランブ試験で有意傾向が認められただけで、その他の試験項目では有意差なしの結果となった。

表-12 対応のある t 検定の結果

項目	0~30L		20~50L		80~110L	
	t判定	P判定	t判定	P判定	t判定	P判定
スランブ	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意傾向	有意差なし	有意差なし
スランブフロー	有意差あり	有意差あり	有意差あり	有意差あり	有意差なし	有意差なし
空気量	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
単位水量	有意差なし	有意傾向	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
圧縮強度	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
単位容積質量	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
塩化物含有量	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
有意水準5%の場合のP値の判定			t値の判定			
P>0.1		有意差なし	t値(絶対値)<境界値両側		有意差なし	
0.05<P<0.10		有意傾向	t値(絶対値)>境界値両側		有意差あり	
P<0.05		有意差あり				

4. まとめ

フレッシュコンクリートの試料採取量の減量を目的として実施した、50~80L で採取した試料と比較した実験結果を以下に要約する。

- (1) 相関係数の検証では、空気量のバラツキはやや大きくなったが、その他の試験項目では非常に高い相関関係が認められた。また、実験 2 の 20~50L の相関係数の方が高い結果となった。
- (2) 試験結果の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。なお、単位容積質量が変動するとその他の試験結果に傾向が認められ、今後の検討課題となった。
- (3) 粗骨材最大寸法 20mm および 40mm に層別すると、相関係数は 40mm 骨材の方が小さくなる傾向が認められた。
- (4) トラックアジテータの種類の違いによる影響は小さいと考えられる。
- (5) トラックアジテータの積載量については、半量未満または 1m³ 以下の場合に試料採取量を減量するにあたっては、引き続き検討が必要である。
- (6) 対応のある t 検定の結果、ほとんどが有意差なしの結果となった。

5. おわりに

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、最初に取り除く量を減量させた場合でも、試験結果に影響が小さいことが確認できた。今後は、コンクリートの試料採取の減量方法を確立させ、各工場が標準化することで実験の成果としたい。

最後に、本実験に対し多大なご協力いただいた大阪兵庫工組加盟工場の方々に深く感謝の意を表します。