

論文 生コンクリート工場における骨材試験の省力化・迅速化に関する検討

井花 洋徳*1・糸林 啓佑*2・川原 隆*2・島 弘*3

要旨: 生コンクリート工場における骨材試験は、受入検査及び工程検査に大別される。受入検査は、工場で使用する骨材の品質が JIS 規格及び社内規格を満足しているかどうかの合否判定を、工程検査は、試験データの製造工程への反映を目的としており、速やかな試験結果の提示が求められる。また、試験業務に携わる技術者に着目すると、高齢化や人員数の不足等もあり試験作業にかかる労力の軽減が求められている。そこで骨材試験の省力化・迅速化を図るために簡略化した試験方法を提案し、その方法によって得られた試験値がその目的である合否判定及び工程管理に必要な精度を有していることを確認することとした。

キーワード: 受入検査, 工程検査, 合否判定, 省力化, 迅速化, 精度

1. はじめに

骨材は、通常のコンクリートにおいて容積の約 7 割、質量の約 8 割を占めており、その品質はコンクリートの性能と密接に関連している。その品質基準値は、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」附属書 A に規定され、その試験方法は、JIS の試験方法（以下、JIS 法という。）が示されている。JIS 認証品を製造する生コンクリート工場（以下、生コン工場という。）として行わなければならない骨材の定期的な受入検査及び工程管理のための試験は、JIS Q 1011「適合性評価—日本工業規格への適合性の認証—分野別認証指針（レディーミクストコンクリート）」（以下、JIS Q 1011 分野別認証指針という。）に定められている。

受入検査については、骨材製造業者の試験成績表（JIS マーク品）や骨材製造業者が第三者機関へ依頼した試験成績表によるものが JIS Q 1011 分野別認証指針において認められている。しかし、砕石・砕砂の JIS マーク品以外の骨材については、生コン工場において受入検査を実施しているのが現状である。一般的な生コン工場では、細骨材及び粗骨材はそれぞれ 2 種類程度を混合して使用しており、骨材試験は 3~5 種類の骨材について行うことになる。そして試験に要する日数は、骨材の種類数や所有する試験設備にもよるが、10 日間程度を要する。受入検査の目的は、早期に合否判定をすることであり試験時間の短縮が望まれる。また、工程検査については、日常管理であるため試験結果を速やかに製造工程に反映させる必要があり、試験の迅速化がより求められる。一方、生コン工場においては、試験業務を行う技術者の高齢化や人員数の確保が困難なこともあり試験作業の省力化が求められている。

そこで、本研究では、簡略化した試験方法を提案し、

それによって得られた試験値と JIS 法で得られた試験値を比較検討した。受入検査においては、試験時間の短縮とともに不合格の骨材を合格と判定する危険を排除することが重要である。簡略化した試験方法による試験値の精度及びばらつきを把握し、規格値に上乗せ基準値を採用することや JIS 法の試験値より理論的に片側になることを確認することによりその危険を排除できると考える。また、工程管理では、早期に品質の変動を把握し、工程に反映することが重要となる。変動が大きい場合には、JIS 法による試験によって確認することも必要と考える。そのうえで、簡略化した試験方法による試験値で合否判定及び工程管理を行えるようにすることが本研究の目的である。

2. 試料採取

2.1 現状と課題

骨材試験においては、まず試料の採取方法が重要となる。大きなロットから少量の試料を抜き取って試験をするので、試料採取には、その試料がロットを代表するよう十分注意する必要がある。また、採取する試料の量は、試験の目的や試験項目などによって異なるが、所定量まで縮分する回数は、JIS A 1158「試験に用いる骨材の縮分方法」によれば 2 回以上としている。砂及び砂利について 1 回/月の受入検査において実施する試験項目と必要な試料の量及び縮分回数を 2 回とした時の試料の採取量（必要最少量）を示したのが表-1 である。砕石・砕砂については、微粒分量試験後の試料で粒度試験を行うことによる減少と粒形判定実積率試験が増えることで、全体としてはほぼ同量の試料を採取することになる。

一般的に骨材の生コン工場への搬入は、ダンプトラックで行われ、受入検査は種類ごとに入荷骨材の 1 か月

*1 多田工業 株式会社 レイホー生コンクリート (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)

表-1 試験項目と試料の量 (kg)

	粒度・粗粒率	密度・吸水率	微粒分量	計	採取量(最少)
細砂	0.1	2	1	3.1	12.4
粗砂	0.5	2	1	3.5	14.0
砂利 15	3	3	2	8	32
砂利 25	5	5	4	14	56
砂利 40	8	8	8	24	96

分を1ロットとし、それぞれ1台のトラックについて荷台の4箇所以上から分取試料を採取している。トラック1台分を代表する試料を得るための方法ではあるが、採取方法が異なってもばらつきは小さいと考えられる。粒度については、製造工程におけるストックやベルトコンベアによる輸送等により平準化されること及び混合使用による比率補正により対処が可能なことから、目視検査で合格していれば工程検査を重視すべきと考える。また、粗骨材では、トラックの荷台上で100kg以上採取する場合もあり多くの労力と危険を伴う作業を行っている。そこで正規の方法による試料と試料採取及び縮分を簡略化した試料との試験値の差を実験により検証することとした。簡略化した試料採取方法による試料から得られた試験値を品質規格値に対する合格判定をする値として用いることが可能か検討する。

2.2 試料採取方法の簡略化

試験を行う骨材の種類は、細骨材は、砂又は砕砂、粗骨材は、砂利(2515,2505)又は砕石(2010,2005)とし、試験

項目は、表乾密度、吸水率及びふるい分け試験とする。実験は、次の2つの試料について、それぞれ5回の試験を行うこととした。

試料1：トラックの荷台の端部、側部の中心付近4箇所を表層部を取り除いて採取し、2回縮分し必要量とした試料¹⁾

試料2：同一トラックの荷卸し後、山の中央付近の1箇所から表層部を取り除いて必要量採取した試料(縮分作業は行わない)

6工場で行った5回の試験値をグラフで表したものが図-1である。プロットされた点はほとんどが重なっており、両者の間に差がないことが見て取れる。なお、ふるい分け試験における粒度分布もほぼ同じであった。表-2は60個のデータの差の平均及び標準偏差を示したものであり、試験値の差が正規分布と考えると、その差は、 $(\bar{x} \pm 3\sigma_x)$ 以内であるとされている。よって、表乾密度、吸水率及び粗粒率について、試験値の差はそれぞれ0.02 g/cm³、0.19%及び0.28以内であることがわかる。これらのごとより両者の間に有意な差はなく、試料2を用いた試験値で受入検査の合格判定を行うことは可能と考え

表-2 試験値の差の平均及び標準偏差

表乾密度(g/cm ³)		吸水率(%)		粗粒率	
\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
0.000	0.007	0.008	0.059	0.002	0.091

\bar{x} ：試料1と試料2の試験値の差の平均

σ_x ：試料1と試料2の試験値の差の標準偏差

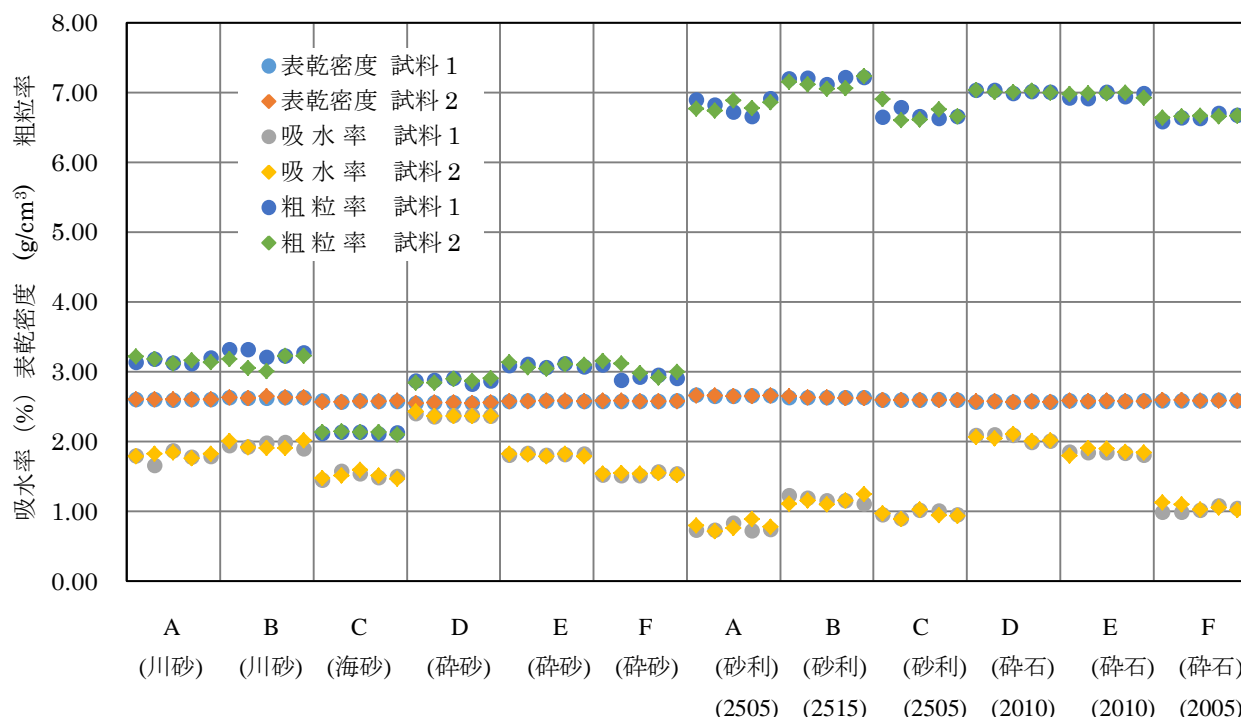


図-1 表乾密度、吸水率、粗粒率の試験値

る。なお、不合格のものを合格と判定する危険を排除するために、規格値をその差を考慮して厳しく設定した上乘せ規準値によって判定することも考えられる。

3. 試験方法

3.1 骨材の吸水率試験

JIS A 1109 及び JIS A 1110 細・粗骨材の密度及び吸水率試験方法の吸水率の試験において、試料を 105±5℃で一定質量となるまで乾燥し、その後室温まで冷やし、その乾燥質量をはかることが規定されている。細骨材は、デシケータ内で冷やすこととしている。この冷却の工程を省略することが可能か検討することとした。乾燥直後に質量をはかることは、乾燥機から取り出しデシケータ内に置くことを考えれば、熱に対する人体及び秤の荷面の防護処置をすれば作業は容易であり、デジタル式秤であれば直ちに測定できる。そこで、乾燥直後の試料と室温まで冷却した試料の質量の測定値の差を実験により検証することとした。実験は、乾燥機から取り出し、直後に（試料+容器）の質量を測定した後、室温まで冷やしその質量を測定した。なお、細骨材についてはデシケータ内で冷やした。容器についても乾燥機から取り出した直後の高温時及び室温時の質量を測定した。

容器や骨材を乾燥直後（約 100℃）から室温（約 20℃）まで冷却した場合、容器中の空気の温度低下、体積の減少及び空気中の水分の吸着（吸水）により質量の測定値が大きくなることが予想される。容器については、容器中の空気の温度が低下することにより空気の密度が大きくなり質量の測定値が大きくなる。空気の密度の温度変化²⁾は 1℃当たり 0.0041mg/cm³であるので、容器中の空気の温度が室温に比べ 60℃高い場合、1000cm³の容器では(1000×0.0041×60=246mg) 約 0.2g 軽くなるという誤差を生じる。骨材の体積減少による影響は、測定の検出限界以下であり、質量の増加は、水分の吸着によるものと思われるが、周囲の空気の密度の変化の影響も考えられる。

表-3 に質量の測定値の増加率の概要を示す。測定時の試験室温度は 19～27℃、湿度は 60～88%であり、湿度が高いとき、試料の質量増加率が大きい傾向が確認された。容器は細骨材ではステンレス製および鉄製の容器が使用されていたが差異は認められず、粗骨材はすべて鉄製であり、粗骨材に用いられた容器、すなわち容量の大きい容器が増加率も大きな値となった。また、細骨材では、川砂、海砂、砕砂について、粗骨材は、砂利、碎石について測定したが骨材の種類による差異は認められなかった。細骨材の増加率の幅が、粗骨材より大きいのはデシケータの効果にばらつきがあると考えられる。デシケータの効果で水分の吸着がない場合には増加率は

小さくなり、水分が吸着すると、粗骨材より比表面積が大きいため増加率も大きくなっている。

表-3 冷却後の質量測定値の増加率

	データ数 (n)	増加率 (%)	平均増加率 (%)
容器	34	0.0～0.11	0.05
細骨材	17	0.0～0.34	0.2
粗骨材	17	0.04～0.15	0.1

吸水率の試験としては、冷却過程における空気中の水分の吸着を防ぎ、室温まで冷却した後、すなわち空気の密度の変化による影響を受けない状態で質量を測定するのが正しいと考えるが、試験時間の短縮と水分の吸着及びデシケータの効果の影響を排除することを目的として、乾燥機から取り出し直後の質量の測定値から吸水率の可否判定を行うことを検討した。ここに

m : 表面乾燥飽水状態の試料質量

m_1 : 乾燥機から取り出し直後の（試料+容器）の質量

m_2 : 冷却後の（試料+容器）の質量、

c_1, c_2 : 冷却前、後の容器質量

とすると、JIS 法による吸水率 Q_1 は

$$Q_1 = \frac{m - (m_2 - c_2)}{m_2 - c_2} \times 100(\%) \quad (1)$$

となり、乾燥機から取り出し直後の乾燥試料の質量による吸水率 Q_2 は

$$Q_2 = \frac{m - (m_1 - c_1)}{m_1 - c_1} \times 100(\%) \quad (2)$$

となる。高温時の容器の質量の測定値を使用すること及び容器の質量に差があるとするのは一般的でないと考え、室温時の容器の質量の測定値を使用する（容器を含む秤の 0 点調整をする場合は室温時に行う）こととすると吸水率 Q_3 は

$$Q_3 = \frac{m - (m_1 - c_2)}{m_1 - c_2} \times 100(\%) \quad (3)$$

となる。表-3 より試料・容器共に冷却後の質量が大きくなることから、 $m_2 - c_2 \geq m_1 - c_1 \geq m_1 - c_2$ となり、よって吸水率の計算値は、 $Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3$ となる。吸水率の規格値は、上限規定であり乾燥直後に測定した質量から算出した Q_3 の値が規格値を満足していれば合格の判定が行えることになる。

3.2 骨材のふるい分け試験

JIS A1110 ふるい分け試験方法においては、試料は 105±5℃で一定質量となるまで乾燥することとなり、絶乾状態の試料で試験を行うことが規定されている。生コン工場の工程検査では、翌日使用する骨材について夕方試料を採取し、翌朝まで乾燥した後、試験を行

っている。この乾燥作業を簡略化できれば、より迅速に試験結果を製造工程に反映することができ、また夜間の乾燥機の使用も避けられる。しかし、骨材に表面水のある状態では水分や泥分の付着によってふるい目の目詰まりを起こし、ふるい作業を行うことができない。したがって、少なくとも気乾状態にする必要がある。

表-4 使用骨材の品質

種類	最大寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率 (FM)
砂	5	2.60	1.85	3.10
砂利	25	2.65	0.83	6.90

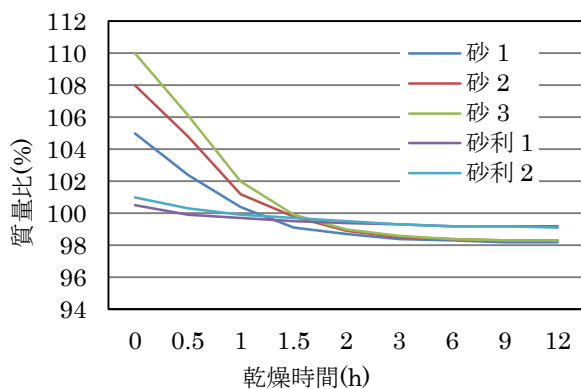


図-2 乾燥時間と質量比

表-5 気乾及び絶乾状態の粒度

a	気乾状態		絶乾状態			
	b	c	b	c	c	
5	19.6	4	96	19.2	4	96
2.5	68.1	13	83	67.2	13	83
1.2	130.4	25	58	128.7	25	58
0.6	124.9	24	34	123.7	24	34
0.3	87.5	17	17	86.8	17	17
0.15	70.3	14	3	69.9	14	3
受皿	14.3	3		14.2	3	
	515.1	FM : 3.09		509.7	FM : 3.09	

a : ふるい目の公称目開き (mm)

b : 連続する各ふるいの間にとどまる試料の質量(g)及び質量分率(%)

c : 各ふるいを通過する質量分率(%)

表-4 は、実験に用いた骨材の品質の概要を示す。図-2 は、乾燥時間と試料質量の表乾質量に対する比を図示したものである。表面水率が10%, 8%, 5%の砂と1.0%, 0.5%の砂利の乾燥時間と表乾質量を100%としたときの試料の質量比(%)を示したものである。乾燥機は生コン

工場が保有する一般的な機種(100V, 2.4kW)であり、乾燥時間は、乾燥機に電源を入れた時からである。砂利では約1時間、砂では約1.5時間で表乾状態を過ぎ気乾状態となっている。このことから、乾燥時間を2時間とすることを提案する。気乾状態の試料で試験を行った場合、各ふるいにとどまる試料の吸水(率)が一定ならば試験結果に影響はない。この差が試験結果に影響を及ぼすことになるが、図-2において乾燥時間が2時間を超えてからの質量の減少は、砂利で0.5%, 砂で1.0%程度であり、その影響は少ないものと考えられる。

表-5 は砂について、2時間の乾燥後ふるい分け試験を行った後、各ふるいにとどまる試料を更に一定質量となるまで乾燥し、質量を測定したものである。粒度及び粗粒率への影響は、数値の丸めにより差が出る程度であり、気乾状態の試料によるふるい分け試験結果によって合否判定や工程管理は十分可能と考える。

3.3 骨材の塩化物量試験

骨材の塩化物量試験の頻度は、JIS Q 1011 分野別認証指針において、1回/12か月又は塩化物量の多い砂は1回/週と規定されている。試験方法は、JIS A 5002 構造用軽量コンクリート骨材の5.5(塩化物)の規定によることになっている。これによれば、試料1000gをはかりとり、広口瓶に入れ、100~110℃で恒量となるまで乾燥し、試料の絶乾質量W(g)を求める。そのままの状態を広口瓶の中の試料に精製水500mLを注ぎ、ふたをして24時間静置する。その後塩化物を抽出、硝酸銀で滴定することになる。結果の計算は、式(4)によって算出し、四捨五入によって小数点以下3桁に丸める。

$$NaCl = \frac{0.00584 \times A \times 10}{W} \times 100 \quad (4)$$

ここに NaCl : 塩化物の含有率(%)

A : 0.1mol/L 硝酸銀溶液の消費量(mL)

W : 試料の絶乾質量(g)

この操作には約3日間程度を要することになるが、試験時間の短縮が可能か検討することとした。

細骨材中の塩化物の簡易測定方法としては、全生工組連試験方法ZKT-109が規定されている。この規定では、試料1000gに精製水400gを注ぎ、直ちに塩化物量の測定を行うとしている。これを参考に、絶乾質量を表面水率及び吸水率より算出することとし乾燥工程(絶乾質量測定)を省略することにした。また、湿潤状態の試料であれば、後の静置時間も短縮できると考え、静置時間と塩化物量の関係も調べることにした。なお、注いだ精製水と骨材内部の塩分濃度の高い水溶液とが一樣となる時間を考慮し、最短の静置時間を3時間とした。

実験に用いた細骨材の品質の概要を表-6に示す。実験は次の要領で行うこととした。試料の準備として、20g

表-6 使用骨材の品質

試料	種類	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	塩化物量 (%)
A	川砂	2.60	1.68	3.10	0
B	川砂	2.58	2.30	2.85	0
C	川砂	2.63	1.87	3.20	0
D	海砂	2.56	1.60	2.10	0.01
E	海砂	2.55	1.81	2.15	0.01

の食塩を 4L の水に溶かして濃度 0.5% の食塩水をつくり 4kg の細骨材をその水に浸す。24 時間後に布等で濾して試料を取り出し、表面水率が 4~5% 程度になったものを試料とし、次の試験を行った。

試験 1 : 試料を 1000g はかりとり JIS A 5002 5.5 により塩化物量の測定を行う。

試験 2 : 表面水率 $H(\%)$ を測定した後、試料 1000g を二つはかりとりそれぞれ広口瓶に入れ、直近の吸水率の測定値 $Q(\%)$ を用いて、次の計算を行う。

試料の表乾質量 W_1 及び絶乾質量 W は

$$W_1(g) = 1000 / (1 + H / 100) \quad (5)$$

$$W(g) = W_1 / (1 + Q / 100) \quad (6)$$

加える精製水の量 V は

$$V(mL) = 500 - (1000 - W) \quad (7)$$

となる。こうして算出した量の精製水をそれぞれに注ぎ、3, 6, 24 時間静置した後、塩化物量の測定を行う。なお、3 時間及び 6 時間については、同一の広口瓶から 50mL の上澄み液を採取することとした。式(4)の $0.00584 \times A$ は上澄み液 50mL 中の塩化物量であり、6 時間後の塩化物量は、3 時間後の 50mL 中の塩化物量に 6 時間後の 450mL 中の塩化物量を加えた量となるので、塩化物の含有率は、式(8)となる。

$$NaCl = \frac{0.00584 \times (A_1 + A_2 \times 9)}{W} \times 100 \quad (8)$$

ここに A_1 : 3 時間後の硝酸銀溶液消費量 (mL)

A_2 : 6 時間後の硝酸銀溶液消費量 (mL)

また、0.5% の食塩水中から取り出した細骨材 1000g について、含水率を 11.1% と仮定すると絶乾質量 900g の細骨材と食塩水 100g となり、食塩水中の塩化物量は、0.5g となる。よって塩化物の含有率は

$$NaCl = (0.5 / 900) \times 100 = 0.056(\%) \quad (9)$$

となるが、水切りの方法等により変化し、海砂の場合は骨材自体が塩化物を有しているため当然大きくなる。

試験 1 の乾燥による絶乾質量と試験 2 の計算から求めた絶乾質量を比較した結果を表-7 に、塩化物の含有率の試験結果を図-3 に示す。なお、図-3 においてデータに係る 2-3h, 2-6h, 2-24h は、試験 2 の静置 3, 6, 24 時間を表す。

表-7 絶乾質量とその差

試料	乾燥による絶乾質量 (g)	計算による絶乾質量		差	
		表面水率 (%)	絶乾質量 (g)	(g)	(%)
A	959.1	2.6	958.6	-0.5	-0.05
B	927.4	5.3	928.3	0.9	0.10
C	932.9	4.5	939.3	6.4	0.69
D	970.5	1.4	970.7	0.2	0.02
E	914.6	7.8	911.1	-3.5	-0.38

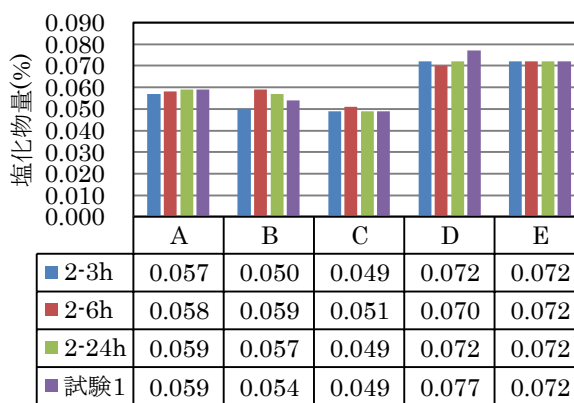


図-3 塩化物の含有率の試験結果

絶乾質量の差は試料 C が最も大きく 6.4g で約 0.7% である。この計算による絶乾質量を用いた場合には、精製水の量が 6.4g 多くなっているため、式(4)における係数の 10 は、 $506.4 / 50 = 10.13$ としなければならない。すなわち、試料 C では試験 2 の試験値に 1.013 を乗じた値が正しいことになる。また、試験 2 において、精製水を注いだからの静置時間と塩化物量の関係は、骨材内部の塩分濃度の高い水溶液により時間の経過とともに増加すると想定したが、塩化物量と静置時間に相関は認められず、ほぼ一定の値で推移している。そこで、静置時間の短い試験 2 の静置 3 時間と試験 1 を比較検討することとした。この 2 つの値とその差及び先の絶乾質量の差による補正を行った値を表-8 に示す。

絶乾質量の差による補正は -0.7% ~ 1.3%、塩化物量の含有率としては $\pm 0.001\%$ 以下であり硝酸銀溶液滴定の

表-8 塩化物の含有率 (%)

	A	B	C	D	E
2-3h	0.057	0.050	0.049	0.072	0.072
補正 2-3h	0.057	0.050	0.050	0.072	0.071
試験 1	0.059	0.054	0.049	0.077	0.072
差 (d)	0.002	0.004	0	0.005	0

操作や色の変化によって判断することなどを考慮したとき、計算によって求めた絶乾質量を用いて塩化物の含有率を算出してもその差は無視できるものと判断した。

次に、試験1と試験2の静置3時間について対応のあるt検定を行うこととした。表-8より

標本数： $n=5$ ，データの差の合計： $\Sigma d=0.011$

データの差の2乗の合計： $\Sigma d^2=0.000045$

データの差の平均： $\bar{d}=0.0022$

データの差の分散： $S_d^2=(\Sigma d^2-n(\bar{d})^2)/(n-1)=0.0000052$

データの差の標準偏差： $S_d=0.0023$

となり、t検定の統計量Tは

$$T = \frac{\bar{d}}{\left(\frac{S_d}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{0.0022}{\left(\frac{0.0023}{\sqrt{5}}\right)} = 2.14 \quad (10)$$

となる。t分布表から参照する値は「自由度： $n-1=4$ ，有意確立：両側5%」より2.7764(>2.14)を得る。この結果、有意水準5%で「差はない」という仮説は棄却されず、試験2の静置3時間と試験1に差はないと言える。よって、試験2の静置3時間の試験結果で合否の判定を行うことは可能であると判断した。

なお、確認のため試験2において、3時間未満の静置時間における塩分濃度の変化を調べることで、静置時間を0, 1, 2, 3時間として先と同様の実験を行った。その結果を図-4に示す。図-3と同じくD, Eは海砂のデータである。

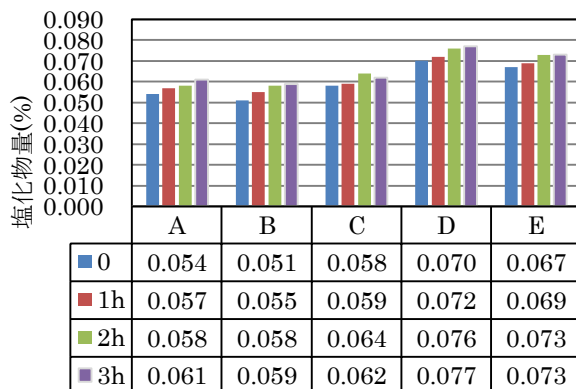


図-4 塩化物の含有率の試験結果

時間の経過とともに増加の傾向はみられるが、規則性は見いだせない。精製水を注いだとき表面水中の塩分及び骨材表面に付着している塩分は転倒振とうの操作により精製水中に溶け込み早期に一樣な水溶液となるが、骨材中には塩分濃度の高い水溶液が存在すると考えられる。この水を含むすべての水が一樣な水溶液となるには2~3時間が必要とみられる。今回は3時間の静置時間を提案することとする。

4. まとめ

骨材試験の省力化及び迅速化を目的として試験方法の簡略化について実験を通じ検討した結果、以下の結論を得た。

4.1 試料採取方法

- (1) 試料1と試料2の試験値を比較した結果、両者の間に有意な差はなく、試料2を用いた試験値で受入検査の合否判定を行うことは可能と考える。
- (2) 試料2による場合、上乘せ規準値によって判定することにより、不合格のものを合格と判定する危険を排除することができる。

4.2 骨材の吸水率試験方法

- (1) 乾燥直後に測定した質量を用いることにより試験時間の短縮と水分の吸着及びデシケータの効果の影響をなくすることができる。
- (2) 乾燥直後測定した質量による吸水率の値は、JIS法による値より大きくなることから上限規定である規格値に対し合格の判定ができる。

4.3 骨材のふるい分け試験

- (1) 骨材は、乾燥機で約2時間程度乾燥することにより気乾状態とすることができる。
- (2) 試験は、気乾状態の試料で行っても試験結果に差はなく、合否判定や工程管理は十分可能と考える。

4.4 骨材の塩化物量試験

- (1) 試験1と試験2の絶乾質量に塩化物量の試験結果に影響するほどの差はなかった。
- (2) 試験2の3,6,24時間静置したときの塩化物量の測定結果は、ほぼ一定であった。
- (3) 試験2の静置3時間と試験1の塩化物量の測定値は、有意水準5%で差はなかった。
- (4) 試験2において精製水を注いでから2~3時間で測定値は安定した。3時間静置した後測定した試験結果で塩化物量の合否の判定を行うことができると考える。

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。実験の実施及び論文執筆に当たっては、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。ここに謹んで謝意を表します。

参考文献

- 1) 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. 320, 2008
- 2) 宮下 文秀: 質量, 容量の正確な計量, ぶんせき, p. 5, 2008. 1