

# やらないことをあえてやってみる ～スランプ・空気量・圧縮強度試験の謎に迫る～

小松怜史\*1・近藤祐輔\*2・井川倫宏\*3・橋本親典\*4

**概要** 日本工業規格 (JIS) に書かれている作業項目を遵守することの重要性や測定機器の仕組みを理解してもらうことで、正しい試験方法が作業者に身に着くのではないかと考え、JISに記載の内容からあえて逸脱した条件でスランプ試験・空気量試験・圧縮強度試験を行った。使用するコンクリートはスランプ21 cm および 12 cm のものを準備した。その結果、引き上げ時間がフレッシュコンクリートのスランプが最大で3.0 cm 低下すること、空気量試験器に詰める試料の仕上げ方が異なる場合、最大1.5%空気量の測定値が変動すること、コンクリートが硬化する前に供試体を転倒させた場合、材齢28日での圧縮強度が7%程度低下することなどが確認された。

**キーワード**: 日本工業規格 (JIS), スランプ試験, 空気量試験, 圧縮強度試験

## 1. はじめに

マニュアル化・作業の細分化が進むと、人は目の前のことに集中するあまり、手段が目的と化し、何のためにやっているのかということが見えなくなる(分からなくなる)。いわゆる「手段の目的化」と言われる現象である。このような現象が進むと、作業が形骸化したり、作業項目が遵守されなかったり、最悪の場合は重大インシデントが発生することも想像に難くない。

本レポートで取り上げる日本工業規格(以下、JIS)の意義の一つとして「自由に放置すれば、多様化、複雑化、無秩序化してしまう「もの」や「事柄」の公正性の確保をすることで公共の福祉の増進に寄与する」ということが謳われている。本レポートで取り上げる、コンクリートのスランプ試験方法(JIS A 1101, 以下ではスランプ試験と呼ぶ)、フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法空気量試験(JIS A 1128, 以下では空気量試験と呼ぶ)、コンクリートの強度試験用供試体の作り方(JIS A 1132, 以下では圧縮強度試験と呼ぶ)も、様々な材料で構成されるコンクリートの性能を公正に確認し、品質を保証するために、細心の注意が払われて作業項目、確認項目が記されている。しかし、筆者らを含めJISに書かれた作業項目の重要性を、都度意識して作業に従事しているとは言いがたい。言い換えれば、記載事項を遵守しないことでのリスクを定量的に把握していないことが一因であると筆者らは考えた。

そこで、第1, 2筆者らの所属する日本コンクリート工学会関東支部若手会21(表-1)では、コンクリートに携わる人には広く知られているスランプ試験・空気量

表-1 本実験の監修および企画者(JCI 関東支部若手会メンバー) 2019年3月31日時点

	氏名	所属
監修	橋本 親典	徳島大学
代表	小松 怜史	横浜国立大学
副代表	近藤 祐輔	(株)熊谷組
	猪瀬 亮	(株)フローリック
委員	大野健太郎	首都大学東京
	大原 涼平	長野工業高等専門学校
	頃安 研吾	清水建設(株)
	佐々木 崇	電気化学工業(株)
	佐藤 祐子	(公財)鉄道総合技術研究所
	澤口 香織	清水建設(株)
	畠田 聖史	元 太平洋セメント(株)
	高木 亮一	(株)安藤・間
	高橋 佑弥	東京大学
	千々和伸浩	東京工業大学
	中村 英佑	(国研)土木研究所
	中山 一秀	東京工業大学
	七尾 舞	太平洋セメント(株)
	原田 健二	木更津工業高等専門学校
	本田 亮	ポゾリス ソリューションズ(株)
	毎田 悠承	(国研)建築研究所
	正木 守	(株)富士ビー・エス
	松川 和人	東京大学 生産技術研究所
	松倉 隼人	BASF ジャパン(株)
	松永健太郎	三井住友建設(株)
右田 周平	戸田建設(株)	
宮田 佳和	清水建設(株)	
村上 祐貴	長岡工業高等専門学校	
安田 玲子	(株)フローリック	
渡邊 正俊	(株)建設技研インターナショナル	
※供試体製作: (株)八洋コンサルタント		

\*1 こまつ・さとし/横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 助教(現(一財)電力中央研究所 主任研究員)(正会員)

\*2 こんどう・ゆうすけ/(株)熊谷組 建築事業本部 建築技術統括部 建築生産イノベーション技術部 課長(正会員)

\*3 いかわ・のりひろ/(株)八洋コンサルタント 調査技術部 兼 営業部 次長(正会員)

\*4 はしもと・ちかのり/徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 理工学域 社会基盤デザイン系 構造・材料分野 教授(正会員)

試験・圧縮強度試験について、あえてJISに書かれている文言と逸脱した条件で実験を行った。結果は数値だけでなく、写真や動画でも記録した。本レポートを機に、読者にあらためて試験装置の仕組み、試験で留意すべき点を認識していただければ、企画者としてこの上ない喜びである。

## 2. 各試験のJIS規格概要および着目した事項

### 2.1 スランプコーンの引き上げ時間の影響

我が国ではコンクリートの品質管理のためにコンクリートスランプ試験を実施している。コンクリートスランプ試験方法はJIS A 1101に規定されており、スランプコーンや突き棒の試験器具の詳細や試験方法が記載されている。

竹田らの研究<sup>1)</sup>において、スランプ試験の結果に及ぼす影響が大きい事項について検討がなされている。その中で、スランプコーンの引き上げ時間に関する項目がある。試験方法では「スランプコーンを引き上げる時間は、高さ30cmで2～3秒とする。」と明確に規定されており、本規格に準拠して材料試験を実施している。本レポートでは、スランプコーンの引き上げ時間がフレッシュコンクリート性状(スランプ、スランプフロー)に与える影響について着目した。

### 2.2 空気量試験における上面仕上げの影響

硬化コンクリートの空気量を確保するために、フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法(JIS A 1128)が規定されている。フレッシュコンクリートの空気量はボイルの法則(式(1))が利用されている。

$$PV=k \quad (1)$$

ただし、 $P$ : 圧力 (Pa),  $V$ : 体積 ( $m^3$ ),  $k$ : 定数 (一定値)

現場では、受け入れ時のフレッシュコンクリートの空気量試験を無水式で行うのが一般的である。上記理論で、試験器のキャリブレーションが行われている(この隙間にコンクリートが充填されていないことを前提にしてい

ることから、無水式の測定では、仕上げ方(ならしの程度)はコンクリート上面と蓋との間の容積の増減に影響すると考えられる。当該JISには、「コンクリートの表面と容器の上面とを正しく一致させる」という趣旨のことが書かれている。コンクリート上面と蓋との間の隙間にコンクリートがあれば、その分空気室の圧力が下がらないため、空気量は大きく測定される。逆もまた同様である。理論的には理解できるものの、感覚的にどの程度の平滑度が影響するのか筆者らは不明であった。

そこで本レポートでは、容器の上面の仕上げ方が空気量の試験結果に及ぼす影響に着目して実験を行った。

### 2.3 供試体の転倒・振動による圧縮強度への影響

通常コンクリートの打込み現場では、打込み量 $150 m^3$ /回の頻度で品質管理用供試体が採取される。現場で採取された供試体は、硬化後(通常は翌日)に試験室へ運搬され、標準養生( $20 \pm 3^\circ C$ )に供される。その後、指定材齢(通常は材齢28日)にて圧縮強度試験が実施され、要求性能(呼び強度等)が満足されていることを確認する。現場での試料採取方法(JIS A 1115に従う)や養生条件(標準養生)が一定であり、耐圧試験機の偏心などの影響が無ければ、通常、同一ロットから採取した供試体の圧縮強度は要求性能を十分に満足する。これらに加えコンクリート強度は、打込み方法、養生温度など、種々の影響を受けるものである。

コンクリートの強度試験用供試体の作り方(JIS A 1132)には、「型枠を取り外すまでの間、衝撃、振動及び水分の蒸発を防がなければならない」とある。現場においては、打込み後に供試体を移動させなければいけない場合が往々にして存在する。例えば、試験機関への標準養生の供試体の運搬などである。

本レポートでは、供試体採取後に何らかの影響で(例:トラック運搬中)供試体が倒れた場合や硬化前に運搬することで振動が加わる場合を想定し、供試体の取り扱い方が圧縮強度に与える影響について確認した。

## A Rule-Breaking Approach to a Better Understanding of the Method of Tests for Slump, Air Content and Compressive Strength

By S. Komatsu, Y. Kondo, N. Ikawa and C. Hashimoto

Concrete Journal, Vol.57, No.6, pp.433~440, Jun. 2019

**Synopsis** Based on the assumption that workers can be made to learn correct test methods by having them understand the importance of adhering to the work items specified in the Japanese Industrial Standards (JIS) and properly understanding the mechanism of measuring equipment, workers were made to conduct the slump test, air content test, and compressive strength test under conditions deviating from those specified by JIS. Two types of concrete were used, with respective slump of 21 cm and 12 cm. The findings included the facts that the timing of lifting of the slump cone can decrease the measured slump value of fresh concrete by up to 3.0 cm, that the finishing method of the samples placed in the air content tester can cause the measured air content value to vary by up to 1.5%, and that tumbling of specimens prior to concrete hardening can cause reduction in compressive strength by approximately 7% by the material age of 28 days.

**Keywords** : Japanese Industrial Standards (JIS), slump test, air content test, compressive strength test

### 3. 実験条件

本レポートで使用したコンクリートの配合を表-2に示す。以下に、それぞれの実験項目の実験条件を示す。

#### 3.1 スランプコーンの引き上げ時間の影響

本実験では、スランプコーンの引き上げ時間がフレッシュコンクリート性状（スランプ、スランプフロー）に与える影響について着眼し、引き上げ時間を①極端に速く上げた場合（1秒）と②JIS A 1101（2.5秒）と③ASTM C 143（5秒）および④ISO 4109（7.5秒）の4通りの条件でコンクリートスランプ試験を実施した（表-3）。JIS A 1101の試験方法では「スランプコーンを引き上げる時間は、高さ30cmで2～3秒とする。」と引き上げ時間が規定されている。実験はその中間値の2.5秒を引き上げ時間とした。同様にISO 4109でも規定値（5～10秒）の中間値の7.5秒を引き上げ時間とした。コンクリートの配合はスランプ目標値が21cmと12cmの2通りとした。コンクリートスランプ試験器具はJIS A 1101に準拠している器具を共通で使用した。測定項目は以下となる。

(a) スランプ

(b) スランプフロー

(c) 平板4隅を1回ずつ叩いた後のスランプフロー

(c)は平板の4隅を木槌で1回ずつ叩いた後に測定したスランプフローである。梁ら<sup>2)</sup>によれば平板を試料のスランプフローが470mmになるまで叩いて、試料上部の円形の保持性から、材料分離抵抗性の評価方法を提案している。初期状態のスランプ形状が、振動によって変形するスランプフローに与える影響を検討した。

また、時間経過によるスランプの低下が実験結果に影響しないように引き上げ時間が、「1秒と2.5秒」および「5秒と7.5秒」はそれぞれ同じ配合で、別ロットでコンクリートを練り混ぜ、実験を実施した。スランプおよびスランプフローの測定は引き上げ時間に係わらずJIS A

1101に準拠して測定した。

#### 3.2 空気量試験における上面仕上げの影響

測定では目標スランプ12cmのコンクリートを使用した。配合は表-2に示した通りである。空気量試験はJIS A 1128に準拠している器具を使用した。

測定は以下の順で行った。あらかじめ、空気量試験器の蓋が締まるギリギリの量（試験容器上面まで試料が平滑に詰まっている状態から+200g強）を確認し、かさ増し（減らし）のコンクリートの量（±200g）を決定した。なお、測定中は使用したコンクリートは入れ替えずに同じ材料を使った。

測定項目①：JIS A 1128に記載の通りコンクリートの表面と容器の上面とを正しく一致させ、空気量を測定した（写真-1）。

測定項目②：①から、コンクリートを200g採取し（かさを減らし）、コンクリート上面を平滑に均して空気量を測定した（写真-2）。

測定項目③：②に、コンクリートを400g加え、コンクリートが容器の体積よりも多い状態（かさを増やした状態）にしたのち、コンクリート上面を平滑に均して空気量を測定した（写真-3）。

測定項目④：最後に、同じ試料を用いて、コンクリートの表面と容器の上面と一致させ、空気量を測定した。

#### 3.3 供試体の転倒・振動による圧縮強度への影響

測定では目標スランプ21cmおよび12cmのコンクリートを使用した。

本実験は、供試体打込み直後から凝結始発前の約60分間の硬化過程に着目し、コンクリート強度試験用供試体の作り方（JIS A 1132）に準拠して供試体を作製した場合（①標準）と、供試体作製時に意図的に不具合を与えた場合（②倒し、③振動）の3通りの条件で供試体を作製した。具体的な条件は以下の通りとした。なお、各条件の供試体は打込み翌日に脱型し、標準養生を行い、打

表-2 コンクリートの配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位置量 (kg/m <sup>3</sup> )				混和剤 (C×%)		コンクリート 温度 (°C)
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	Ad 1	Ad 2	
12	4.5	55	45	156	284	820	1031	0.80	-	21
21	4.5	50	47.2	170	340	822	946	-	0.70	22

【使用材料】W：上水道水、C：普通ポルトランドセメント（密度=3.16g/cm<sup>3</sup>）、S：静岡県大井川水系陸砂（表乾密度=2.57g/cm<sup>3</sup>、吸水率2.51%、FM=2.68）、G：東京都青梅産砂岩砕石（表乾密度=2.67g/cm<sup>3</sup>、吸水率0.68%、MS=20）、Ad1：AE減水剤高機能タイプ（リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体）、Ad2：高性能AE減水剤標準形I種（ポリカルボン酸エーテル系高性能AE減水剤）

表-3 引き上げ時間

引き上げ 時間	該当規格
1秒	なし
2.5秒	JIS A 1101
5秒	ASTM C 143
7.5秒	ISO 4109

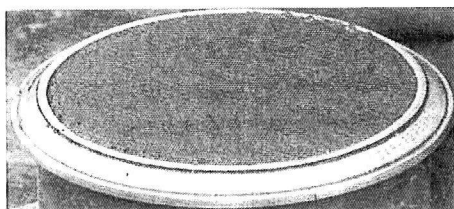


写真-1 試料を平滑に仕上げた場合

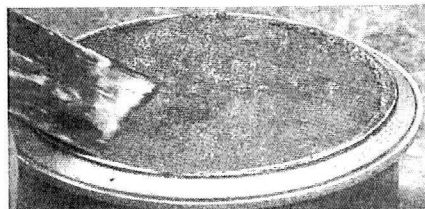


写真-2 試料のかさを減らした場合

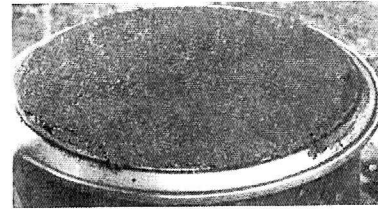
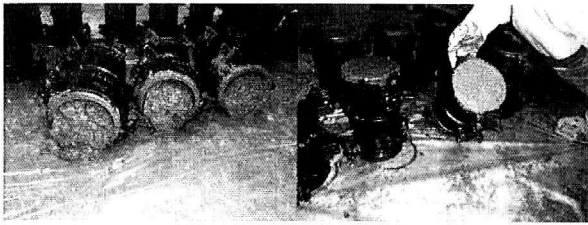
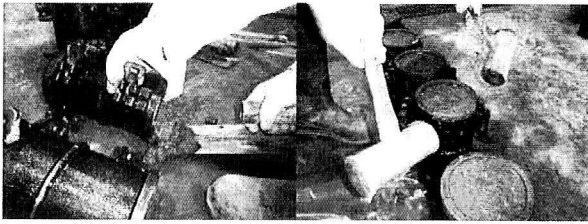


写真-3 試料のかさを増やした場合



a) 倒し b) 放置



c) 詰め直し d) 再仕上げ

写真-4 倒し供試体の作製状況 (スランプ 21 cm の時)



a) 設置 b) 加振

写真-5 振動供試体の作製状況 (スランプ 21 cm の時)

込み面を研磨によって平滑とし、材齢 28 日で圧縮強度試験に供した。

供試体作製条件① (標準) : JIS A 1115 に従い試料を採取し、JIS A 1132 に従い供試体を作製し、コンクリートが硬化するまで静置する通常の方法による。

供試体作製条件② (倒し) : JIS A 1115 に従い試料を採取し、JIS A 1132 に従い供試体を作製した直後に、モールド上端を少しずつ押しつけて傾け (写真-4 a)、モールドと詰められた試料の自重のみで倒し、倒した状態で 30 分放置 (写真-4 b) した。その後、モールドからこぼれた試料を再度モールドに詰め (写真-4 c)、木コテで叩き (写真-4 d)、コテ仕上げを行う方法とした。

供試体作製条件③ (振動) : JIS A 1115 に従い試料を採取し、JIS A 1132 に従い供試体を作製し、その後、VC 試験機 (3000 rpm) に設置し (写真-5 a)、30 秒間振動を与える (写真-5 b) 方法とした。

#### 4. 実験結果

##### 4.1 スランプコーンの引き上げ時間の影響

引き上げ速度を変化させたフレッシュコンクリートのスランプ試験結果を表-4 および表-5 に示す。引き上げ時間とスランプおよびスランプフローの関係をそれぞれ、図-1 および図-2 に示す。また、スランプ試験後の状況を写真-6 および写真-7 に示す。スランプフローの状況を写真-8 および写真-9 に、フロー測定後に平板の

表-4 スランプ目標値 21 cm

引き上げ時間	該当規格	スランプ	スランプフロー	スランプフロー*
		(cm)	(mm)	(mm)
1 秒	なし	21.5	379×374 (376)	112×408 (410)
2.5 秒	JIS A 1101	20.5	378×370 (374)	408×390 (399)
5 秒	ASTM C 143	19.5	328×310 (319)	366×344 (355)
7.5 秒	ISO 4109	19.0	318×336 (342)	375×373 (374)

注 : ( ) は平均値、\* 平板 4 隅を 1 回ずつ叩く。

表-5 スランプ目標値 12 cm

引き上げ時間	該当規格	スランプ	スランプフロー	スランプフロー*
		(cm)	(mm)	(mm)
1 秒	なし	13.5	230×220 (225)	256×246 (251)
2.5 秒	JIS A 1101	12.5	224×220 (222)	252×245 (249)
5 秒	ASTM C 143	11.0	223×222 (223)	253×252 (251)
7.5 秒	ISO 4109	10.5	214×212 (213)	240×238 (239)

注 : ( ) は平均値、\* 平板 4 隅を 1 回ずつ叩く

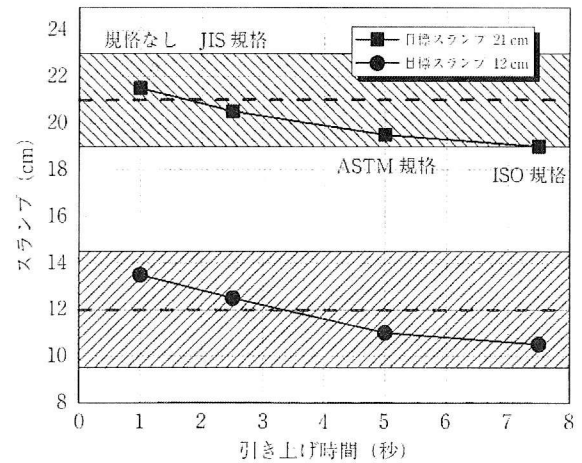


図-1 スランプ試験結果

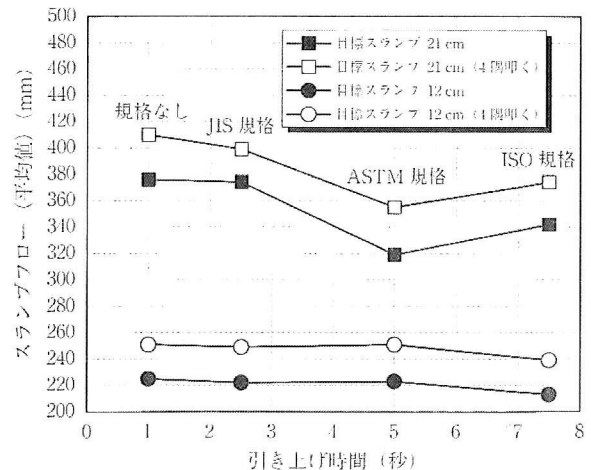
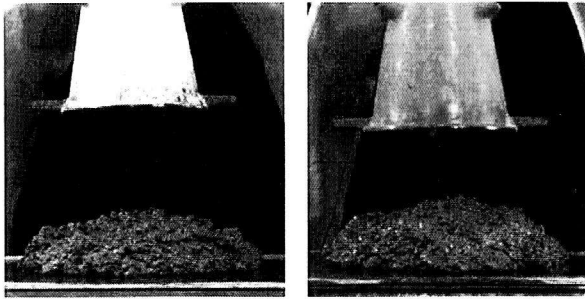
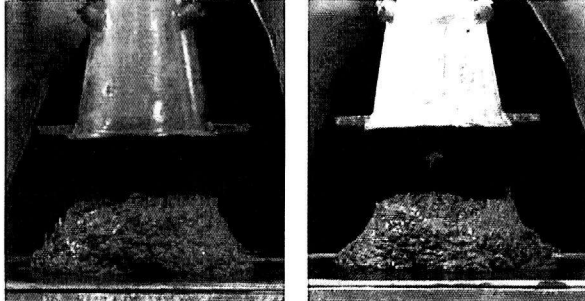


図-2 スランプフロー試験結果



(a) 1秒

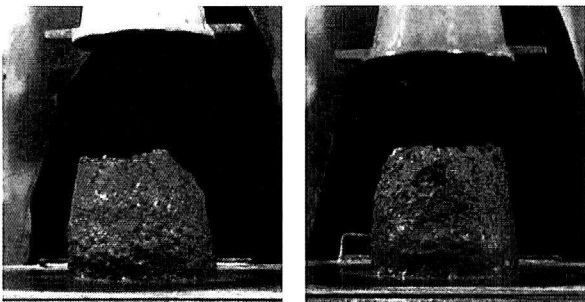
(b) 2.5秒



(c) 5秒

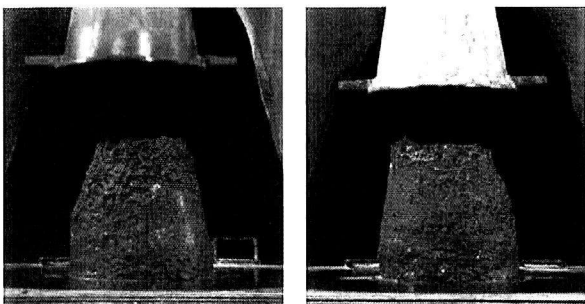
(d) 7.5秒

写真-6 スランプ試験後の状況 (目標スランプ 21 cm)



(a) 1秒

(b) 2.5秒



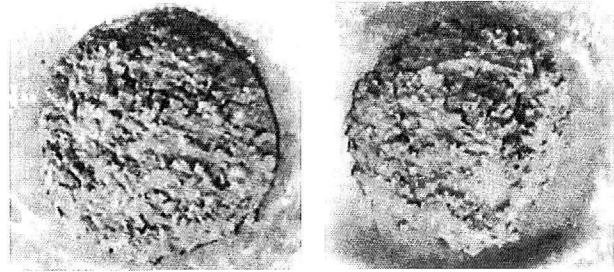
(c) 5秒

(d) 7.5秒

写真-7 スランプ試験後の状況 (目標スランプ 12 cm)

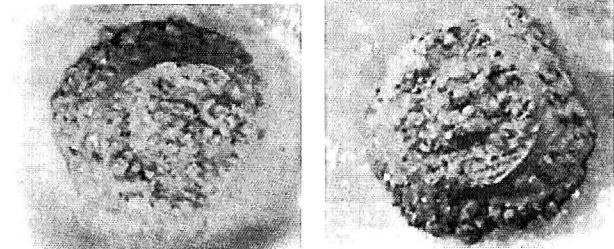
4隅を1回ずつ叩いたあとのフローの様子を写真-10、写真-11にそれぞれ示す。なお、スランプフローの平均値を( )内に示す。

スランプ 21 cm の配合では、引き上げ時間が長くなるとスランプが小さくなる傾向が見られた。図-1の斜線のエリアは JIS A 5308 に規定されているスランプ 21 cm のスランプ許容差  $21 \pm 2$  cm (呼び強度 27 以上で、高性能 AE 減水剤を使用する場合) の範囲を示している。JIS A 1101 以外の引き上げ時間でスランプ試験を実施しても許容差の範囲内ではあるが、ISO では許容差の下限値で



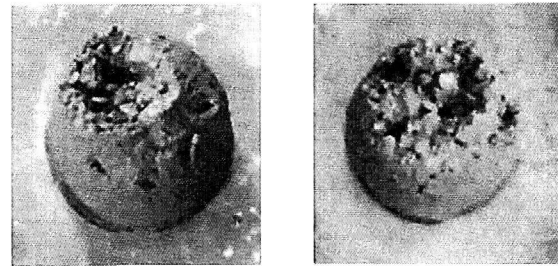
(a) 1秒

(b) 2.5秒



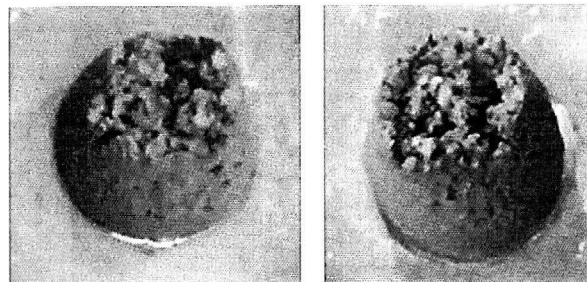
(c) 5秒

(d) 7.5秒

写真-8 スランプフローの状況  
(目標スランプ 21 cm)

(a) 1秒

(b) 2.5秒



(c) 5秒

(d) 7.5秒

写真-9 スランプフローの状況  
(目標スランプ 12 cm)

あった。

同様に、スランプ 12 cm の配合でも、引き上げ時間が長くなるとスランプが小さくなる傾向が見られた。図-1の斜線のエリアは JIS A 5308 に規定されているスランプ 12 cm のスランプ許容差  $12 \pm 2.5$  cm の範囲を示している。JIS 以外の引き上げ時間でスランプ試験を実施しても許容差の範囲内ではあった。

引き上げ時間が長くなるとスランプコーン内側とコンクリートとの接着時間が長くなるため、スランプが小さくなると考えられる。

次にスランプフローの結果について報告する。スランプ 21 cm の配合では、スランプと同様に引き上げ時間が

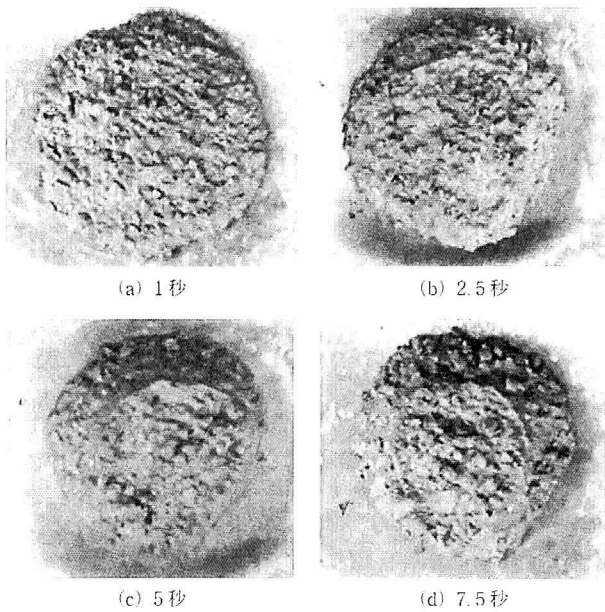


写真-10 たたき後のスランブフローの状況  
(目標スランブ 21 cm)

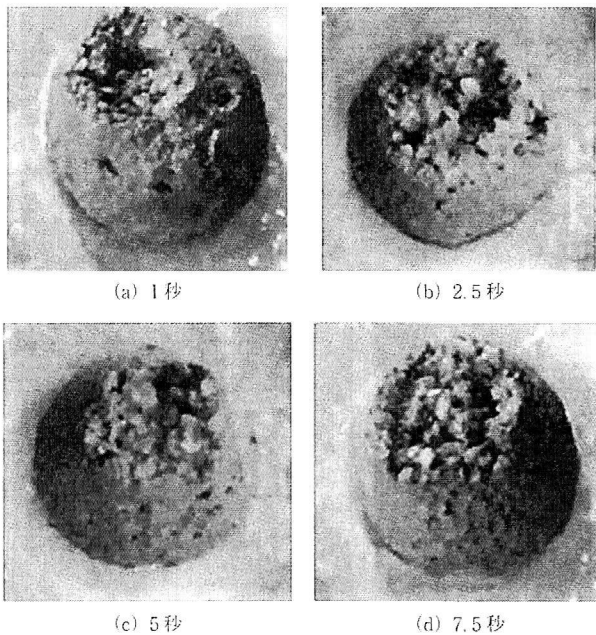


写真-11 たたき後のスランブフローの状況  
(目標スランブ 12 cm)

長くなるとスランブフローが小さくなる傾向が見られた。試料上面の円形も、引き上げ時間が長くなるほど、はつきりと残るような傾向にあった。スランブコン内側とコンクリートとの接着時間が長くなることの影響していると考えられる。

一方、スランブ 12 cm の配合ではスランブフローに大きな違いが見られなかった。そもそもスランブ 12 cm の配合はスランブ 21 cm の配合と比較して材料分離抵抗性が相対的に高かったと考えることができる。

次にスランブフローの測定後に平板の 4 隅を木槌で 1 回ずつ叩き、再度スランブフローの測定を行った。この手法は元々、スランブフローが 470 mm になるまで叩い

表-6 空気量試験の結果

測定項目	(1)	(2)	(3)
	測定された 空気量 (%)	式(1)から 算出した空気量 (%)	(1)-(2) (%)
①(平滑)	4.0	-	-
②(かさ減)	2.8	2.8	0.0
③(かさ増)	5.5	5.2	0.3
④(再平滑)	4.0	4.0	0.0

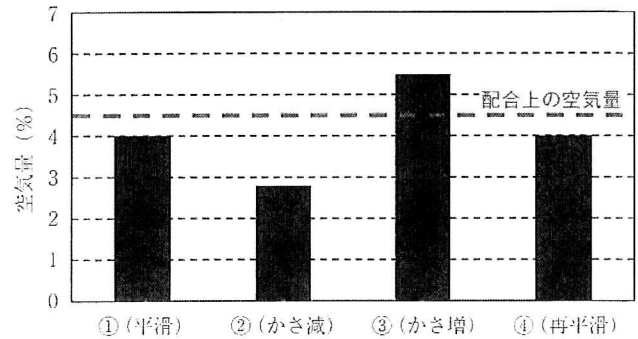


図-3 空気量試験の結果

て、試料形状で分離抵抗性評価を試みる手法である。今回は 4 隅を木槌で 1 回叩くことで、材料の変形挙動にどのような違いがみられるか確認するために行った。

スランブ 21 cm の配合では、スランブフローの増加はそれぞれ、規格なしは +34 mm (+9.0%)、JIS は +25 mm (+6.7%)、ASTM は +36 mm (+11.3%)、ISO では +32 mm (+9.4%) となった。なお、上記の増加割合は、増加したスランブフローを元のスランブフローで除した値である。スランブ 21 cm の配合では JIS 以外の規格のスランブフローの増加はほぼ同じであった。引き上げ時間が長い場合、すそ野が広がるように試料全体が変形したため、振動が加わると試料の下部が試料上部の重みで広がるように変形したと考えられる。これはつまり、同じ材料でも着目している試料上部の円形保持性能が変わるため、材料の分離抵抗性の評価を見誤る可能性があることを示している。

一方、スランブ 12 cm の配合では、スランブフローの増加はそれぞれ、規格なしは +26 mm (+11.6%)、JIS は +27 mm (+12.2%)、ASTM は +28 mm (+12.6%)、ISO では +26 mm (+12.2%) のスランブフローとなった。スランブ 12 cm の配合ではスランブフローの増加は引き上げ時間に関係なく、ほぼ同じ値であった。先述のように、スランブ 12 cm の配合はスランブ 21 cm の配合と比較して材料分離抵抗性が相対的に高かったことが要因と考えている。

#### 4.2 空気量試験における上面仕上げの影響

実験結果の一覧を表-6 に示す。また、測定結果と空気量の許容差 (JIS A 5308 に規定) の関係性をまとめたグラフを図-3 に示す。ハッチングした箇所が、その許容差

表-7 圧縮強度供試体結果

スランブ (cm)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )		
	標準	倒し	振動
21	46.5 (基準)	43.1 (-7%)	45.1 (-3%)
12	40.2 (基準)	40.8 (+1%)	40.9 (+2%)

※各値は、供試体3本の平均値を示す。  
 ※表中( )内、標準を基準とした場合の増減率を示す。

の範囲となる。

測定の結果、コンクリートのかさを増減させることで、空気量が1.2~1.5%程度増減した。式(1)の関係性が成り立つとすると、試料を空気量試験器に平滑に詰めた状態から200g程度増減させると、およそ1.2%の増減となることから、測定値は妥当であると言える。

写真-1と写真-2、写真-1と写真-3をそれぞれ見比べると、コンクリートのかさが極端に異なるようには見えない。しかし、空気量の許容差の範囲を超えるほど、空気量の測定結果に影響することが分かった。

なお、測定項目④の空気量と測定項目①の空気量とが同じ値になったことから、同じ試料で繰返し実験をしたことによる空気量のロスは非常に小さいと言える。

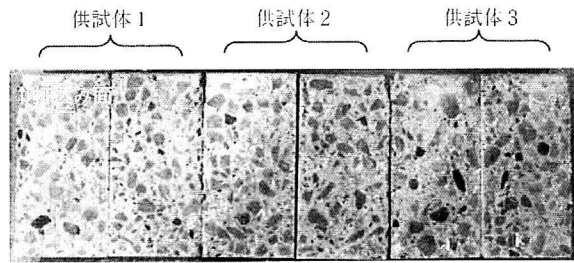
#### 4.3 供試体の転倒・振動による圧縮強度への影響

材齢28日(標準養生)における圧縮強度試験結果を表-7に示す。また、強度試験終了後に供試体を切断し、目視観察により骨材分布状況を確認した(写真-12、写真-13)。

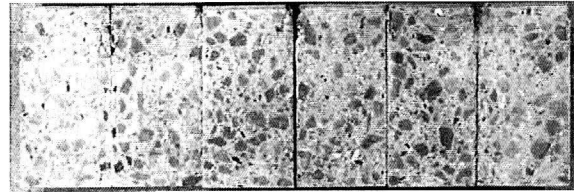
スランブ21cmの配合では、“標準”に対して意図的に不具合を与えた各条件で圧縮強度の低下が見られた。強度低下の割合は、“倒し/標準”が-7%であり“振動/標準”が-3%であった。目視観察では“標準”と“倒し”に特異な相違は見られなかったが、“振動”を与えた場合の切断面では打込み面に2cm程度のペースト層が見られ、材料分離が確認された。

一方、スランブ12cmの配合では、“標準”に対して意図的に不具合を与えた場合の圧縮強度に大きな相違は見られなかった。スランブ21cmと同様に、“振動”を与えた場合の切断面には打込み面に1cm程度のペースト層が見られ材料分離が確認された。

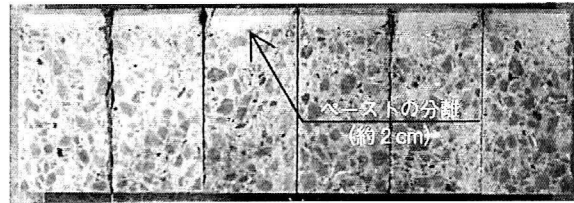
配合表(表-2)より、スランブ21cmのペースト量は278 l/m<sup>3</sup>、スランブ12cmでは246 l/m<sup>3</sup>であり、スランブ21cmの方がペースト量は32 l/m<sup>3</sup>多い。更に、スランブ21cmの単位水量は170 kg/m<sup>3</sup>であり、スランブ12cmの単位水量156 kg/m<sup>3</sup>に対して14 kg/m<sup>3</sup>多い。材料分離したペーストの層厚の違いは、これらの配合条件の相違によって生じたものと考えられる。このことによって“標準”に対する強度増減の相違が見られなかったものと考えられる。同様に、“倒し”の条件下においても材料分離抵抗性の相違によって、圧縮強度の増減に



a) 標準

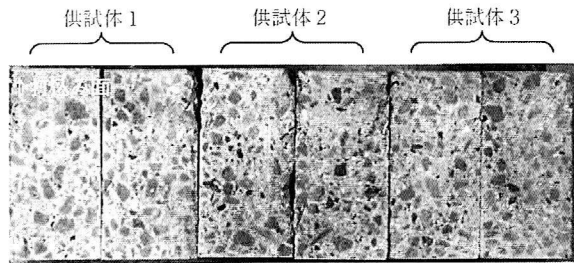


b) 倒し

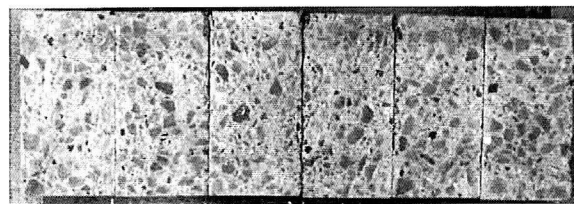


c) 振動

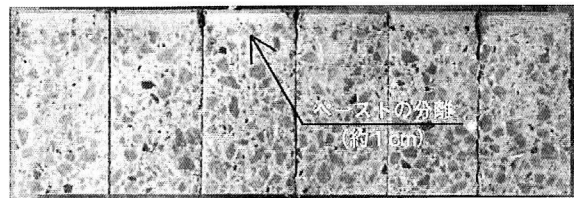
写真-12 切断後の骨材分布(スランブ21cm)



a) 標準



b) 倒し



c) 振動

写真-13 切断後の骨材分布(スランブ12cm)

寄与したものと考えられる。

使用骨材の品質や配合によっては材料分離抵抗性をスランブ試験結果のみで評価することは不可能であり、また、混和剤の効果や使用量によっても大きく相違することが少なくない。本実験では、意図的に不具合を与えた

場合の圧縮強度は“標準”と比較して、相対的に低下するものと、相違しないものに分かれた結果ではあった。しかし、硬化初期の段階において、供試体の取り扱い方に問題がある場合には要求品質を満足しない結果が得られる場合もあり、コンクリートが十分に硬化するまでは日射や乾燥の影響がない条件、場所で静置させることが重要であり、品質管理を行うにあたっては十分に留意すべきことであることに変わりはない。

## 5. まとめ

本レポートでは、JISに記載の内容からあえて逸脱した条件でスランプ試験・空気量試験・圧縮強度試験を行った。具体的には、2種類の目標スランプのコンクリート（スランプ21 cmと12 cm）を準備し、①スランプの引き上げ時間（1秒、2.5秒、5秒、7.5秒）がスランプ・スランプフローに及ぼす影響、②試料上面の仕上げ方が空気量試験の測定結果に及ぼす影響、③コンクリート硬化前に供試体を倒したり、振動させたりすることによる圧縮強度への影響を確認した。その結果以下のような結論が得られた。

### ①スランプの引き上げ時間がスランプ・スランプフローに及ぼす影響

1. スランプの違い（目標スランプ21 cm および12 cm）によらず、引き上げ時間が長くなると、スランプは小さくなった。
2. 目標スランプ21 cmのコンクリートでは、引き上げ時間を長くするとスランプフローが小さくなる傾向が見られた。しかし、目標スランプ12 cmのコンクリートでは顕著な傾向が見られなかった。
3. スランプの引き上げ速度が異なる場合、スランプの大きなコンクリート（本検討ではスランプ21 cm）で、材料分離抵抗性の評価を見誤る可能性がある。

### ②試料上面の仕上げ方が空気量試験の測定結果に及ぼす影響

1. 空気量試験器容器への試料の詰め方（仕上げ方の違い）で、空気量が最大1.5%程度増減して測定されることが分かった。

### ③コンクリート硬化前に供試体を倒したり、振動させたりすることによる圧縮強度への影響

1. スランプ21 cmのコンクリートでは、硬化前に供試体を意図的に倒した場合に約7%、振動を加えた場合に約3%の強度低下が確認された。振動を与えた場合の切断面では打込み面に2 cm程度のペースト層（材料分離）が確認された。
2. スランプ12 cmのコンクリートでは、圧縮強度に大きな相違は見られなかった。



写真-14 映像資料のジャケット表裏（DVD版、BD版共通）

## 6. さいごに

本レポートの検討項目は、各々の試験結果に影響を及ぼす要因の一つに過ぎない。これを機会に、読者が試験を単なる作業と思わず、各々の視点で楽しみを覚えながら試験に当たる人が増えてくれることを筆者らは望んでいる。

なお、本レポートで紹介したスランプ試験および空気量試験の結果を含む映像資料（タイトル：スランプ試験・空気量試験の謎に迫る～正しい試験方法と規格値の意味～、問い合わせ先：chii@jci-net.or.jp）は、JCI 関東支部から希望者に無償で配布している（写真-14）。また、本年度7月に開催されるコンクリート工学年次大会（札幌、2019）の会場でも、希望者には無償で配布する予定である（いずれも在庫がなくなり次第、配布終了となりますので、ご了承ください）。

本レポートや当該映像資料が適切に活用されることで、試験の精度向上が図られることは無論、日常の何気ない、当たり前と思っていることに疑問を抱き、分からなければ行動するような雰囲気、職場や学校で醸成される契機になればと願っている。

謝辞 本実験の実施にあたり、JCI 関東支部の予算を活用させていただきました。この場を借りて深謝いたします。

### 参考文献

- 1) 竹田宣典・十河茂幸：スランプおよび空気量試験における誤差に関する実験的研究，土木学会年次学術講演会講演概要集，第5部，No.40，pp.21～22，1985
- 2) 梁 俊・丸屋 剛・坂本 淳：コンクリートの分離抵抗性に関する簡易な定量的評価方法の開発，大成建設技術センター 報，第45号，pp.22-1～22-8，2012