

# NDIS 意見受付

NDIS3422 原案作成委員会

このNDISは「日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定等に関する規則」に基づき関係者に  
NDISの制定前の意見提出期間を設けるために掲載するものです。

意見は規格原案決定の際の参考として取り扱いさせていただきます。

掲載されているNDISについての意見提出は下記メールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2019年12月13日（金）

意見提出先：Email:bsn@jsndi.or.jp

---

# 目次

	ページ
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
4 試験技術者	2
5 試験用装置及び器具	2
5.1 はかり	2
5.2 吸水性の布	2
5.3 乾燥機	2
5.4 破碎機	2
5.5 微粉碎機	2
5.6 ふるい	2
5.7 電気炉	2
5.8 るつぼ	2
5.9 デシケーター	2
5.10 ビーカー	2
5.11 メスシリンダー	2
5.12 ろ紙	2
5.13 漏斗	2
5.14 温度計	2
5.15 マグネチックスターラー	2
6 溶解試験に用いる水及び試薬	2
7 試験方法	3
7.1 試料の体積及び絶乾質量の測定	3
7.2 試料の粉碎	3
7.3 粉末試料の 500 °C 強熱減量	3
7.4 粉末試料の溶解	4
7.5 試験の回数	4
8 計算	4
9 報告書	5
解説	7

## まえがき

この規格は、日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定などに関する規則に基づき、標準化委員会の審議を経て、（一社）日本非破壊検査協会が制定した規格である。この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。（一社）日本非破壊検査協会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任はもたない。

この規格を適用する責任は、この規格の使用者に帰する。また、規格を適用した場合に生じるかもしれない安全上又は衛生上の諸問題に関しては、この規格の適用範囲外である。この規格の適用に際して、安全上又は衛生上の規定が必要な場合は、この規格の使用者の責任で、安全又は衛生に関する、規格又は指針などを併用しなければならない

# グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法

## Test method for unit cement content in hardened concrete by sodium gluconate method

### 1 適用範囲

この規格は、単位セメント量  $600\text{kg/m}^3$  以下のポルトランドセメントを用いた硬化コンクリートの単位セメント量を、グルコン酸ナトリウム溶液を用いて求める試験方法について規定する。通常骨材の他に貝殻や石灰石を含む骨材に対しても適用できる。ただし、中性化したコンクリート部分及び混合セメントを用いたコンクリートには適用できない。

### 2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

<b>JIS A 0203</b>	コンクリート用語
<b>JIS A 1158</b>	試験に用いる骨材の縮分方法
<b>JIS B 7414</b>	ガラス製温度計
<b>JIS H 6201</b>	化学分析用白金ろつぼ
<b>JIS K 0050</b>	化学分析方法通則
<b>JIS K 0211</b>	分析化学用語（基礎部門）
<b>JIS K 8085</b>	アンモニア水（試薬）
<b>JIS P 3801</b>	ろ紙（化学分析用）
<b>JIS R 1301</b>	化学分析用磁器ろつぼ
<b>JIS R 3503</b>	化学分析用ガラス器具
<b>JIS R 3505</b>	ガラス製体積計
<b>JIS Z 8801 - 1</b>	試験用ふるい-第1部：金属製網ふるい

### 3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、**JIS A 0203** 及び **JIS K 0211** によるほか、次による。

#### 3.1

##### 試料

試料は、試験用に製作した試験体、コアドリルで採取<sup>1)</sup>した直径 30mm 以上のコア又はカッターで切断した試料片などで、中性化していないコンクリート。

なお、試料の大きさは、質量として 300 g 程度以上のできる限り大きい試料が望ましい。

注<sup>1)</sup> 小径コアの採取方法は、NDIS3433 を参考にするとよい。

## 3.2

### 粉末試料

試料を粉碎し、150 μm のふるいを全量通過させた粉末。

## 4 試験技術者

この規格に定める試験を行う者は、鉄筋コンクリート構造、コンクリート及びその化学分析に関する知識をもつ者でなければならない。

## 5 試験用装置及び器具

5.1 はかり はかりは、次による。

a) 化学はかり 化学はかりは、感量 0.1 mg の差を読み取れるものとする。

b) 電子はかり 電子はかりは、感量 0.1 g の差を読み取れるものとし、皿の中心から、直径 3 mm 以下の金属線で金網かごをつるし、これを水中に浸すことができる構造のものとする。

5.2 吸水性の布 試料の表面の水膜をぬぐうのに用いる吸水性の布は、乾燥した柔らかいものとする。

5.3 乾燥機 乾燥機は、排気口のあるもので、乾燥室内温度が 105±5 °C に保持できるものとする。

5.4 破砕機 破砕機は、試料を、2.5 mm 以下に破砕できるものとする。

5.5 微粉碎機 微粉碎機は、2.5 mm 以下に破砕した試料を、試験用網ふるい 150 μm を全て通過するまで粉碎できるものとする。

5.6 ふるい ふるいは、JIS Z 8801-1 に規定する公称目開き 150 μm のものとする。

5.7 電気炉 電気炉は、炉内温度が 500±25 °C に保持できるものとする。電気炉はろ紙の灰化を行うため、排気・吸気機構のあるものが望ましい。

5.8 るつぼ るつぼは、JIS R 1301 に規定する磁器るつぼ、又は JIS H 6201 に規定する白金るつぼを用い、容量は 30 mL のものが望ましい。

5.9 デシケーター デシケーターは、JIS R 3503 に規定するもので、コンクリート試料及びるつぼが余裕をもって保管できるものとする。デシケーターにシリカゲルを用いる。

5.10 ビーカー ビーカーは、JIS R 3503 に規定するものとする。

5.11 メスシリンダー メスシリンダーは、JIS R 3505 に規定するものとする。

5.12 ろ紙 ろ紙は、JIS P 3801 に規定する直径 150 mm 又は直径 185 mm の円形ろ紙 5 種 C とする。

5.13 漏斗 漏斗は、4.12 に規定するろ紙の大きさに応じた適切なもので、約 90 °C の熱水に耐えられるものとする。

5.14 温度計 温度計は、JIS B 7414 に規定する公称目盛範囲 0 °C ~ 100 °C のものとする。

5.15 マグネチックスターラー マグネチックスターラーは、溶液の温度を 60 °C に保持しながら粉末試料を入れたグルコン酸ナトリウム溶液を十分にかくはんできるものとする。

## 6 溶解試験に用いる水及び試薬

粉末試料の溶解試験に用いる水及び試薬は、次による。

a) 水 JIS K 0050 に規定する種別及び質が A3 及び A4 のものとする。

b) グルコン酸ナトリウム 純度 95 % 以上のものとする。

c) アンモニア水 JIS K 8085 に規定する特級試薬のものとする。

## 7 試験方法

### 7.1 試料の体積及び絶乾質量の測定

試料の体積及び絶乾質量の測定は、次による。

- a) 試料を水中に静置し、十分吸水<sup>1)</sup>させる。
- b) a)の試料を金網かごに入れ、電子はかりを用いて水中における試料の見掛質量 ( $S_w$ ) を 0.1 g まではかる。
- c) 金網かごから試料を取り出し水切り後、試料の表面を吸水性の布でぬぐう。その後、直ちに、電子はかりを用いて空気中における試料の質量 ( $S_a$ ) を 0.1 g まではかる。
- d) c) の試料を、乾燥機を用いて  $105 \pm 5$  °C で一定質量となるまで乾燥<sup>2)</sup>し、室温まで冷やし、電子はかりを用いて試料の 105 °C 絶乾質量 ( $C_d$ ) を 0.1 g まではかる。
- e) 試料の体積は、式 (1) によって求める。

$$V = \left( \frac{S_a - S_w}{\rho_w} \right) \times 10^{-6} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、  
 $V$  : 試料の体積 (m<sup>3</sup>)  
 $S_a$  : 空気中における試料の質量 (g)  
 $S_w$  : 水中における試料の見掛質量 (g)  
 $\rho_w$  : 水の密度 (g/cm<sup>3</sup>)<sup>3)</sup>

注<sup>1)</sup> 試料の吸水時間は 48 時間以上とするのがよい。

<sup>2)</sup> 乾燥時間は、試料の大きさなどによって時間が大きく異なる。φ100mm の試料の場合は 7 日以上、φ30mm の試料の場合は 2 日以上とするのがよい。

<sup>3)</sup> 水の密度は、測定環境が常温 (15 °C ~ 20 °C) の場合、0.998 g/cm<sup>3</sup> とするがよい。

### 7.2 試料の粉砕

試料の粉砕は、次による。

- a) 6.1 d) の試料を、破砕機を用いて、全量 2.5 mm 以下に破砕する。
- b) a) の試料を、JIS A 1158 に規定する四分法又は試料分取器によって、約 300 g になるまで縮分する。
- c) b) の試料を、微粉砕機を用いて、全量 150 μm のふるいを通過するまで粉砕する。  
この粉砕過程において、鉄粉が混入する可能性がある場合は、磁石を用いてその鉄粉を取除き、これを粉末試料<sup>4)</sup>とする。

注<sup>4)</sup> 直ちに、試験を行わない場合は、防湿性の気密なビニール袋又は容器に密閉して保存する。

### 7.3 粉末試料の 500 °C 強熱減量

試料の強熱減量は、次による。

- a) 6.2 c) の粉末試料を、 $105 \pm 5$  °C で一定質量となるまで乾燥し、デシケーター中で室温まで放冷する。
- b) a) の粉末試料から、化学はかりを用いて 105 °C 絶乾後における粉末試料の質量 ( $m_{105}$ ) 約 1 g を 0.1 mg まではかりとる。
- c) るつぼに入れた b) の粉末試料を、あらかじめ  $500 \pm 25$  °C に保った電気炉に入れ、2 時間強熱する。
- d) 強熱後、直ちに、るつぼを電気炉より取出し、デシケーター中で室温まで放冷し、化学はかりを用いて 500 °C 強熱後における粉末試料の質量 ( $m_{500}$ ) を 0.1 mg まではかりとる。

#### 7.4 粉末試料の溶解

粉末試料の溶解は、次による。

- a) 約 90 °Cの熱水を、メスシリンダーを用いて 935 ml はかりとり、これにグルコン酸ナトリウム 165 g を入れかくはんし、質量濃度 15 %の溶液を調製する。
- b) a)の調製したグルコン酸ナトリウム溶液を、メスシリンダーを用いて 300 ml はかりとり、これを 500 ml ビーカーに注ぐ。
- c) 6.3 d)の粉末試料を、b)のビーカーに入れ、時計皿で蓋をする。
- d) マグネチックスターラーを用いて c)の溶液を 30 分間かくはんし、粉末試料中のセメント分を溶解する。この間、グルコン酸ナトリウム溶液の温度を 60±5 °Cに保つ。
- e) d)の溶液を円形ろ紙 5 種 C を用いて、ガラス漏斗又は内面筋目漏斗を用いて自然ろ過を行う方法、又はブフナー漏斗を用いて吸引ろ過を行う方法によってろ過する。
- f) 残留物の洗浄は、約 90°Cの熱水による洗浄を 3 回行う<sup>5)</sup>。
- g) 次に常温のアンモニア水 (1+1) による洗浄を 2 回行う<sup>5)</sup>。
- h) さらに、約 90°Cの熱水による洗浄を 2 回行う<sup>4)</sup>。
- i) 洗浄終了後、残留物をろ紙ごと、あらかじめ 500±25°Cで空焼きして恒量にしておいたろ紙に入れる。これを、あらかじめ 500±25 °Cに保った電気炉に入れ、2 時間強熱<sup>6)</sup>する。2 時間後、ろ紙が完全に灰化していることを確認する。
- j) 電気炉からろ紙を取り出し、デシケーター中で室温まで放冷する。化学はかりを用いて粉末試料の不溶残分量 (R) を 0.1 mg まではかる。

**注**<sup>5)</sup> 1 回の洗浄液量は、ろ紙の 8 分目までとし、前の洗浄液のろ過が終わってから、次の洗浄液を流し込み、この操作を繰り返す。

<sup>6)</sup> ろ紙が不完全燃焼をおこすと正確な単位セメント量は求められない。電気炉によっては、ろ紙を置く位置、扉の開閉時における空気の流入の程度などの種々の影響を受ける。そのため、電気炉にろ紙を入れた後、電気炉の扉を少し開き、ろ紙が完全に灰化していることを確認する。また、この操作によって試験結果が大きく左右されるので、試験を初めて行うときや試験担当者が変わるときは、調合が既知の試料を用いてあらかじめ試験の精度を確認しておくことよい。

#### 7.5 試験の回数

6.3 及び 6.4 の試験は、同時に調整した粉末試料について 3 回行う。

### 8 計算

強熱減量分率、溶解量百分率及び単位セメント量の計算は、次による。

- a) 粉末試料の強熱減量百分率 ( $W_c$ ) は、式 (2) によって算出し、有効数字 5 桁以下を切り捨てる。

$$W_c = \frac{m_{105} - m_{500}}{m_{105}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

ここに、  
 $W_c$  : 粉末試料の強熱減量百分率 (%)  
 $m_{105}$  : 105°C絶乾後における粉末試料の質量 (g)  
 $m_{500}$  : 500°C強熱後における粉末試料の質量 (g)

- b) 絶乾状態の粉末試料の溶解量百分率 ( $C_o$ ) は、式 (3) によって算出し、有効数字 5 桁以下を切り捨て

る。

$$Co = \frac{\left(1 + \frac{Rf}{100}\right) (m_{500} - R) \left(1 - \frac{\kappa}{100}\right)}{\frac{m_{500}}{\left(1 - \frac{Wc}{100}\right)}} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

- ここに、
- Co : 105 °C絶乾状態における粉末試料の溶解量百分率 (%)
  - Rf : 500 °Cにおけるろ紙の残分量 (%)  
(通常、円形ろ紙 5 種 C の直径 18 5mm の場合 2.5 %、直径 150 mm の場合 4.0 %)
  - R : 粉末試料の不溶残分量 (g)
  - Wc : 粉末試料の強熱減量百分率 (%)
  - κ : 1 000 °Cにおける水和セメントの結合水を求めるための修正値 (%)  
(一般に、8 %とする)

c) 試料の単位セメント量 (Cm) は、式 (4) によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 桁に丸める。

$$Cm = \frac{Co \cdot Cd}{100 \cdot V} \dots \dots \dots (4)$$

- ここに、
- Cm : 試料の単位セメント量 (kg/m<sup>3</sup>)
  - Co : 105 °C絶乾状態における粉末試料の溶解量百分率 (%)
  - Cd : 試料の 105 °C絶乾質量 (kg)
  - V : 試料の体積 (m<sup>3</sup>)

d) 3 回の試験の平均値を試料の単位セメント量とする。

## 9 報告書

報告書には、次の事項を記載する。

- a) 必ず報告する事項
  - 1) 試験日及び試験場所
  - 2) 試験技術者名
  - 3) 試料の大きさ及び写真
  - 4) 試料の単位セメント量試験結果
- b) 必要に応じて報告する事項
  - 1) 試料の履歴及び名称
  - 2) 関連試験結果 (例えば、圧縮強度試験結果や単位容積質量など)

## NDIS 3422 : 201X

# グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの 単位セメント量試験方法 解説

この解説は、規格に規定・記載した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、日本非破壊検査協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は日本非破壊検査協会である。

## 1 今回の改正までの経緯

この規格は、グルコン酸ナトリウムによって、石灰石骨材あるいは貝殻などを含む海砂を用いたコンクリートにも適用できる硬化コンクリートの単位セメント量の試験方法として 2002 年に制定された。2002 年に制定された後、15 年が経過したため、現状に合った試験器具の追加、試験の省力化などを目的として、今回の改正に至った。

## 2 今回の改正の趣旨

この規格は、制定から 15 年経過したため、試験機関の試験担当者を対象とし、アンケート調査を実施した。アンケート調査で得られた主な指摘事項及び改正要望事項を取りまとめて**解説表 1**に示す。主に、これらの事項を検討し、この規格を改正した。

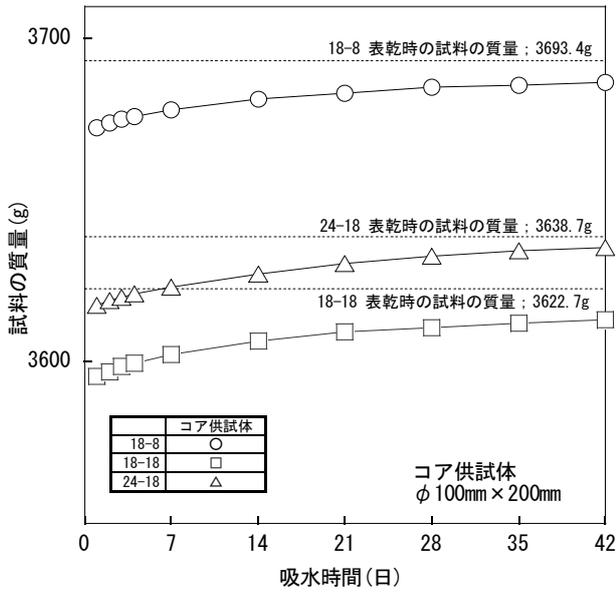
解説表 1-NDIS 3422 に対するアンケート結果（抜粋）

試料の体積の測定方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中に静置する時間はどのくらいがいいのか記載してほしい。</li> <li>・試験に用いる試験体の大きさはどのくらいがいいのか記載してほしい。</li> </ul>
絶乾質量の測定方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乾燥機で乾燥する時間はどのくらいがいいのか記載してほしい。</li> </ul>
ろ過時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ろ過時間が長すぎる。</li> <li>・粉末試料の量を減らせないか。</li> <li>・洗浄にアンモニア水を用いているが、刺激臭が強いので他の試薬に変更できないか。</li> </ul>
試験器具	<ul style="list-style-type: none"> <li>・磁気るつぼだけでなく白金るつぼも追加してほしい。</li> </ul>

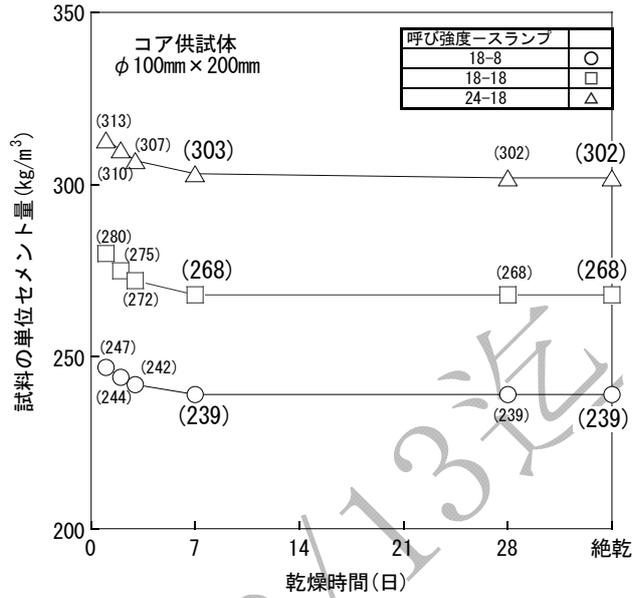
## 3 審議中に特に問題となった事項

### 3.1 試料の体積及び絶乾質量の測定方法

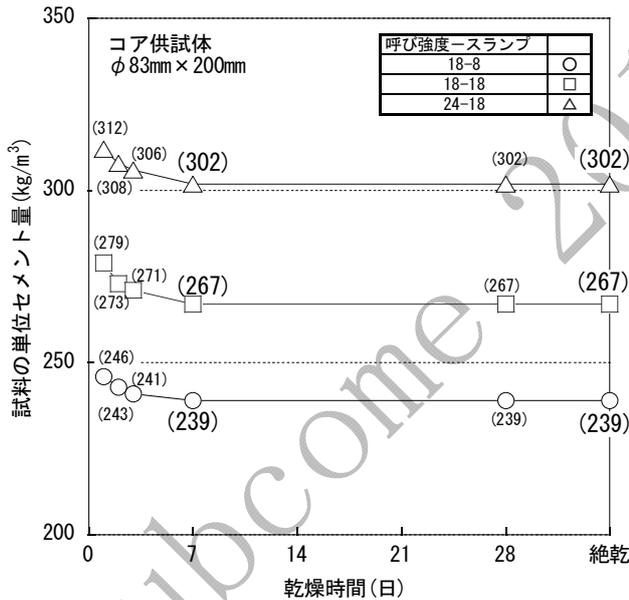
NDIS 3422 グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法（以下、本文という。）には、試料の体積及び絶乾質量を測定するための水中静置時間や乾燥時間などの明確な時間の記載はない。本委員会で行ったアンケートの中には、本文中に吸水時間と絶乾時間とを記載してほしいとの要望があったが、試験体の大きさや置かれた環境条件によっても異なり、また、実際に試験を行う方からは試験時間の短縮が望まれてること等を考慮し、本文に明確な時間の明記はせず、本文注<sup>1)</sup>に“試料の吸水時間は 48 時間以上とするのがよい。乾燥時間は、試料の大きさなどによって時間が大きく異なる。φ 100mm の試料の場合は 7 日以上、φ 30mm の試料の場合は 2 日以上とするのがよい。”と追記した。



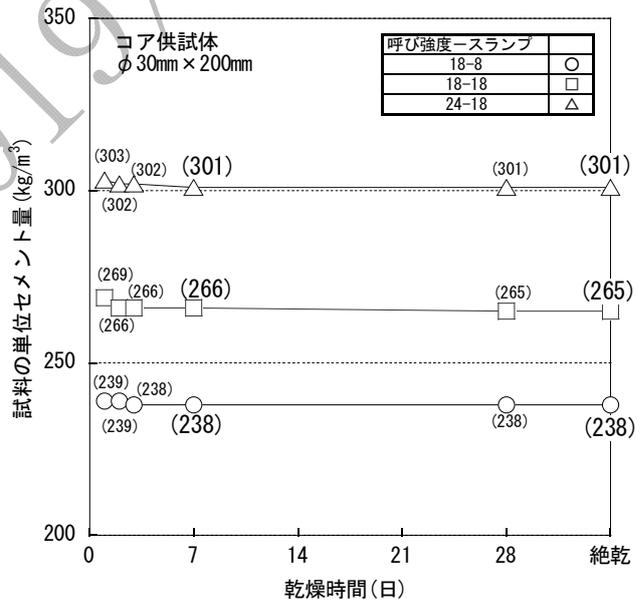
解説図 1—吸水時間と試料の質量の関係



解説図 2—乾燥時間と試料の単位セメント量の関係 (φ 100 mm × 200 mm)



解説図 3—乾燥時間と試料の単位セメント量の関係 (φ 83 mm × 200 mm)



解説図 4—乾燥時間と試料の単位セメント量の関係 (φ 30 mm × 200 mm)

なお、本員会で実験検討を行っており、その結果を解説において紹介するとともに吸水時間と乾燥時間の目安を次に示す。

解説図 1 は、絶乾にした試料を再度水中に静置し、一定時間ごとに水中から取り出し表面をぬぐい空気中質量を測定した結果である。この結果、絶乾にした試料を再度吸水させたときの試料の質量は、水中静置時間が 24 時間以上経過すれば表乾時の試料の質量の 99 % 以上となった。これによって、試料の単位セメント量に与える影響は 1 % 以下となる。解説図 1 の結果は、比較的貧配合の結果であり、強度の高いコ

ンクリートを用いた場合は吸水しづらいこと、吸水時間があまり短いと試験体によってはばらつきを生じるおそれがあるため、目安として吸水時間は48時間以上がよいと考えられる。

**解説図2**は、乾燥時間と試料の単位セメント量との関係を示したものである。**解説図2**のように、乾燥時間を7日程度とすると絶乾時に求めた試料の単位セメント量とほぼ同等の結果が得られることから、乾燥時間の目安は7日間以上がよいと考えられる。

なお、**解説図2**はφ100mmのコア供試体を対象とした試験結果であり、コア供試体の直径が異なれば**解説図3**及び**解説図4**に示すように乾燥に必要な時間も異なってくる。したがって、これらの影響を総合的に判断して、乾燥時間を合理的に設定する必要がある。

### 3.2 ろ過時間の短縮

グルコン酸ナトリウム溶液にコンクリート粉末試料を溶解した時の溶液は粘性が高くろ過にかなりの時間を要する。これを改善するために、旧規格の解説では内面筋目漏斗を用いた吸引ろ過方法を提案していたが、吸引が強すぎるとろ紙に穴が開くと報告もみられた。これを受けて、本委員会では、**解説図5**のようなブフナー漏斗を用いた吸引ろ過方法も検討し、採用することとした。ブフナー漏斗は、セパレートタイプではなく、一体型になっているものを用いる。φ150mmのろ紙にはφ70mmのブフナー漏斗を用いるとよい。**解説図6**のようにブフナー漏斗へのろ紙の貼り方は、ろ紙を本文の**5a)**の水で湿らせ、ブフナー漏斗の底面とろ紙との間に隙間がないように密着させる。

なお、ガラス漏斗及び内面筋目漏斗を用い自然ろ過を行った場合約7時間かかっていたろ過が、ブフナー漏斗を用い吸引ろ過を行った場合約40分でろ過が終了した。試料の単位セメント量の結果は、自然ろ過と吸引ろ過とではほぼ同等の結果が得られている。



**解説図5**—吸引ろ過装置



**解説図6**—ブフナー漏斗のろ紙の貼り方

### 3.3 粉末試料の量

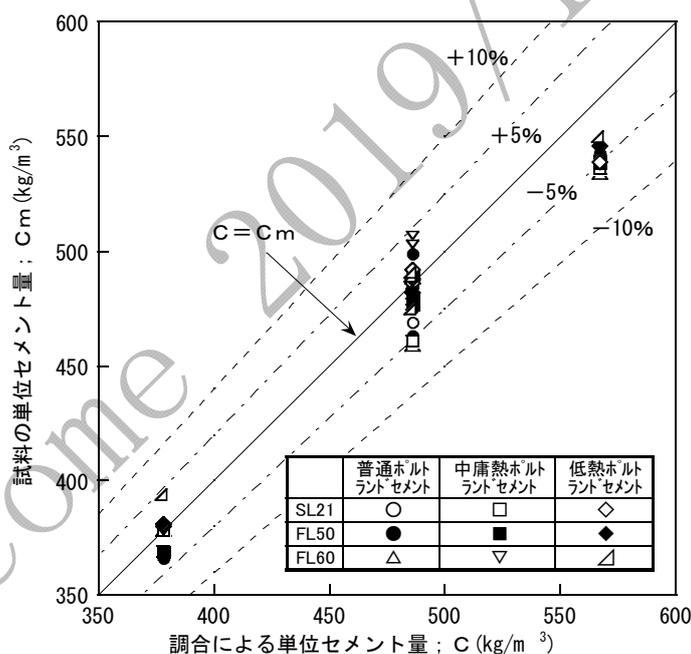
旧規格の解説では、単位セメント量  $250 \text{ kg/m}^3 \sim 400 \text{ kg/m}^3$  程度のコンクリートを対象としており、高強度コンクリートのような単位セメント量の多い試料を用いた場合、グルコン酸ナトリウム溶液に粉末試料を溶解した際にセメント分が十分に溶けきらない可能性が考えられる。このため、粉末試料の量を2gから1gに変化させた時の試料の単位セメント量についての検討を行った結果、高強度コンクリートの場合には粉末試料の量が2gより1gの方が推定精度が3.8%程度向上した。また、一般的な配(調)合の場合については、粉末試料の量を変化させても試料の単位セメント量の結果はほぼ同等であった。これより、本委員会では粉末試料の量を2gから1gへ改正することとなった。

### 3.4 洗浄方法

本文では、ろ紙の残留物の洗浄にアンモニア水 (NH<sub>4</sub>OH) を用いている。アンモニア水は、沈殿に付着したグルコン酸ナトリウム溶液を洗浄する効果が高いが刺激臭が強いため、他の試薬で代用できないか検討した。アンモニア水の代わりに、1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)、1 mol/L 水酸化カリウム水溶液 (KOH)、10 % 炭酸ナトリウム水溶液 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) とした。解説表 2 に試薬を変更した場合の試料の単位セメント量の結果を示す。この結果、アンモニア水から試薬を変更すると試験機関ごとのばらつきが大きくなり、試料の単位セメント量を精度よく求めることができなかつた。このため、現行どおりアンモニア水を用いることとした。

解説表 2—試薬を変更した場合の試料の単位セメント量

試薬	NH <sub>4</sub> OH	NaOH	KOH	NaCO <sub>3</sub>
A 機関	347 kg/m <sup>3</sup>	304 kg/m <sup>3</sup>	285 kg/m <sup>3</sup>	307 kg/m <sup>3</sup>
B 機関	349 kg/m <sup>3</sup>	339 kg/m <sup>3</sup>	373 kg/m <sup>3</sup>	392 kg/m <sup>3</sup>
C 機関	349 kg/m <sup>3</sup>	313 kg/m <sup>3</sup>	292 kg/m <sup>3</sup>	341 kg/m <sup>3</sup>



解説図 7—セメントの種類が異なる高強度コンクリートの配 (調) 合による単位セメント量と試料の単位セメント量の関係<sup>1)</sup>

### 3.5 試料の単位セメント量の上限の目安

解説図 7 は、セメントの種類が異なる高強度コンクリートの配 (調) 合による単位セメント量と試料の単位セメント量との関係を示したものである。実験に使用したコンクリートの配 (調) 合による単位セメント量 350 kg/m<sup>3</sup>~600 kg/m<sup>3</sup> 程度の範囲において関係式が原点を通るように定めたものである。この結果、普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント及び低熱ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリート (単位セメント量 350 kg/m<sup>3</sup>~600 kg/m<sup>3</sup> 程度のコンクリート) における試料の単位セメント

量は、配（調）合から求めた単位セメント量に対し±10 %の範囲で硬化コンクリート中の単位セメント量を推定できることが確認された。グルコン酸ナトリウム法では、混合材を用いたコンクリートには適用できない。現在の生コンクリート工場で製造できるセメント単体での配（調）合は水セメント比 30%程度であり、水セメント比 30%の単位セメント量は 600kg/m<sup>3</sup>程度である。そのため、配（調）合の単位セメント量の上限は、600 kg/m<sup>3</sup>程度までとし、適用範囲に記載した。

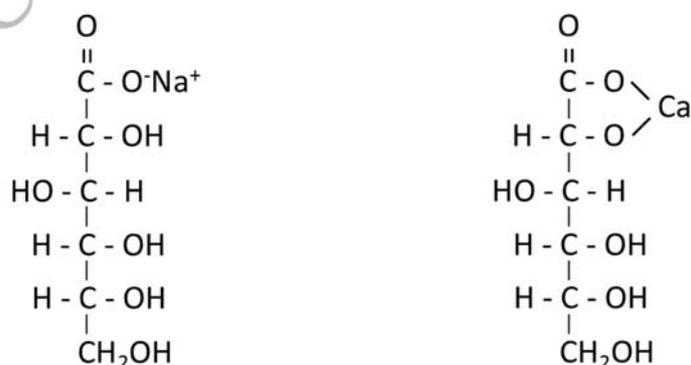
#### 4 試験方法の原理

この試験方法の原理は、所定濃度のグルコン酸ナトリウム溶液を用いて、コンクリート粉末試料中のセメントだけを溶解し、その溶解量から単位セメント量を算出するものである。この試験方法で用いるグルコン酸ナトリウム (C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>NaO<sub>7</sub>) は、食品添加剤、コンクリート用混和剤などに用いられる白色の結晶性粉末である。水に対する溶解性は高く（水 100 ml に対し約 59 g 溶解する）、その溶液は淡黄色透明で、中性を示し、刺激性や腐食性を有さない人体に安全な薬品である。この試験方法は、グルコン酸ナトリウム溶液がアルカリ環境下で酸化カルシウム及び水酸化カルシウムと反応し錯塩を生じ、セメントを溶解するが、骨材中の炭酸カルシウムや貝殻を溶解し難いという特徴を利用したものである。

このグルコン酸ナトリウム溶液がセメントを溶解する現象を概説すると次のようになる。

- a) **未水和セメントの場合** 未水和セメントをグルコン酸ナトリウム溶液を用いて溶解する場合、セメント粒子から徐々に Ca<sup>2+</sup>が溶出し、高アルカリ性になるとこの両者間で反応を起こして Ca 錯体を形成し、高い溶解度を呈する。
- b) **水和セメントの場合** セメント硬化体を Ca(OH)<sub>2</sub>とセメント水和物 (C-S-H 水和物) に分けて考える。Ca(OH)<sub>2</sub>については a) 未水和セメントの場合と同様に考えられるが、C-S-H 水和物は Ca が水分子によってガードされているため、常温では溶解しがたい。グルコン酸ナトリウム溶液の温度を上昇させることによって、Ca<sup>2+</sup>の形にして溶解させることができる。この C-S-H 水和物との反応によるグルコン酸ナトリウムの変化を解説図 8 に示す。

以上をまとめると、グルコン酸ナトリウム溶液は高アルカリ条件下において、Ca 錯体を形成しセメント硬化体を溶解する。この Ca 分はセメント硬化体中の Ca(OH)<sub>2</sub>および C-S-H 系水和物（ケイ酸カルシウム水和物）中の Ca であり、骨材中に含まれている CaCO<sub>3</sub>および中性化した部分における CaCO<sub>3</sub>の Ca 分とは全く異質なものである。



グルコン酸ナトリウム

グルコン酸の Ca 錯体

解説図 8—C-S-H 系水和物との反応によるグルコン酸ナトリウムの変化

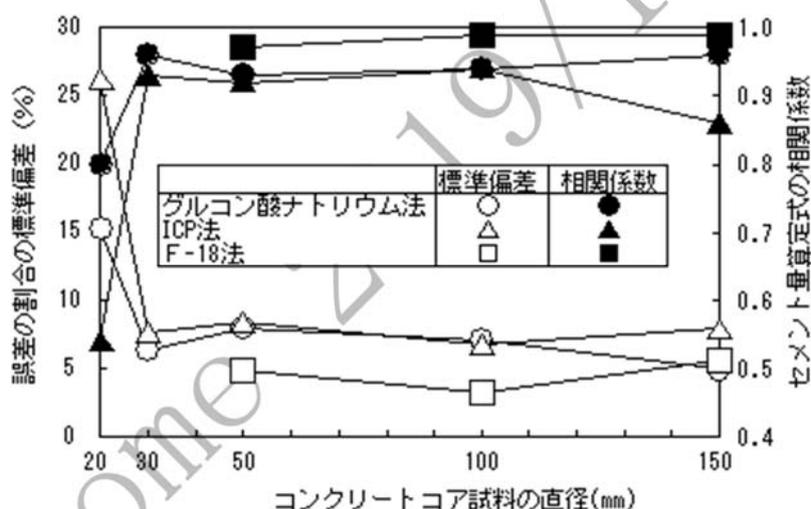
## 5 規定項目の内容及び主な改正点

### 5.1 適用範囲 (箇条 1)

この試験方法の適用範囲は、グルコン酸ナトリウム溶液が溶解可能なポルトランドセメントを対象とし、混合セメントのようにグルコン酸ナトリウム溶液によって溶解し難い混和材を含むセメントについては対象外とした。骨材については、石灰石骨材、硬質砂岩骨材、標準砂及び貝殻などについて検討を行い、実験結果からほとんどの骨材を溶解しないことが実証されているため、特に、適用範囲を定めなかった。ただし、グルコン酸ナトリウム溶液は、炭酸カルシウムを溶解しないので、中性化したコンクリートには適用できないこととした。

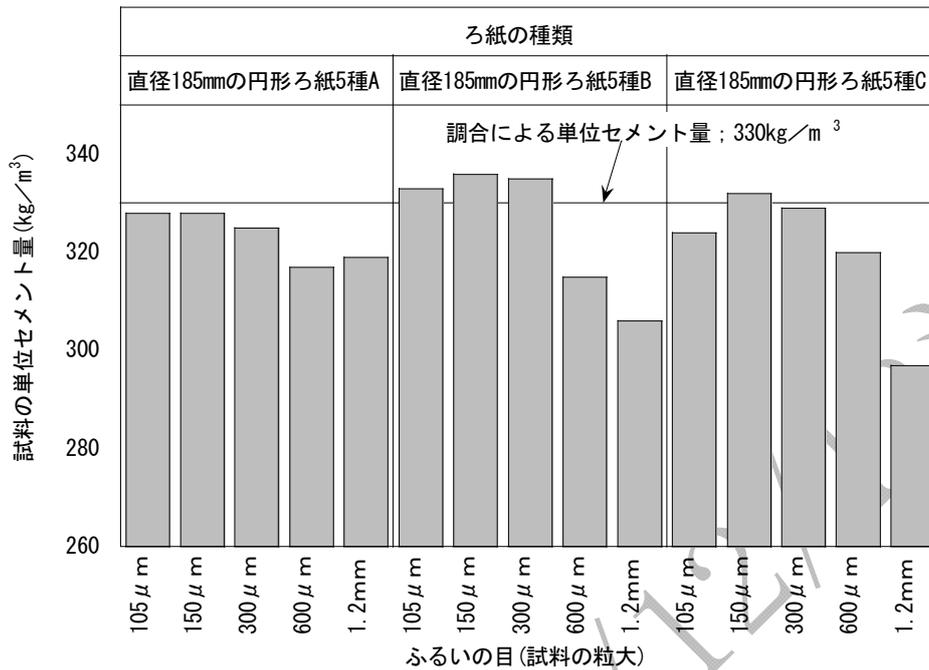
### 5.2 定義 (箇条 3)

- a) コンクリートを代表する試料の量を検討するため、単位セメント量の結果に影響を及ぼさないコンクリート試料の大きさについて検討を行い、コンクリート試料の大きさは、質量として 300g 程度必要という結果を得た。コンクリート試料の量は、質量として 300g 程度以上のできる限り大きいコンクリート試料を確保する必要がある。また、最近の研究では、**解説図 9** のように  $\phi 30 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  程度のコアを 2 個～3 個程度採取すれば、比較的精度よく単位セメント量を判定できることが明らかにされている。



解説図 9—コア試料の直径と誤差の割合の標準偏差及び各セメント量算定式の相関係数<sup>2)</sup>

- b) 粉末試料は、従来、前述 F-18 単位セメント量の試験において、105  $\mu\text{m}$  以下に調整したものとされていたが、**解説図 10** の結果から 150  $\mu\text{m}$  以下でも試料の単位セメント量の試験結果に影響がないことが明らかとなったので、150  $\mu\text{m}$  のふるいを全量通過させた粉末とした。



解説図 10—ろ紙の種類による試料の粒大と試料の単位セメント量の関係<sup>3), 4)</sup>

### 5.3 試験用装置及び器具 (箇条 4)

この試験方法で用いる試験器具は、基本的に JIS で定めてあるものとし、その他は、仕様を明記するようにした。ここでは、電気炉はろ紙の灰化のときに、不完全燃焼をおこす可能性が大きく、本文注<sup>6)</sup>を設けて解説図 11 のような排気・吸気機構があるものを用いることが望ましいとした。排気・吸気機構がない電気炉を用いるときは、扉の開閉などによって空気を供給して残留物が 500 °C を超えないように保ってろ紙を炭化させた後、500 °C で 2 時間強熱することなどの配慮が必要である。また、ろ過時間を短縮するために、解説図 12 に示すような内面筋目漏斗を用いることを配慮した。



解説図 11—排気・吸気機構がある電気炉



解説図 12—内面筋目漏斗

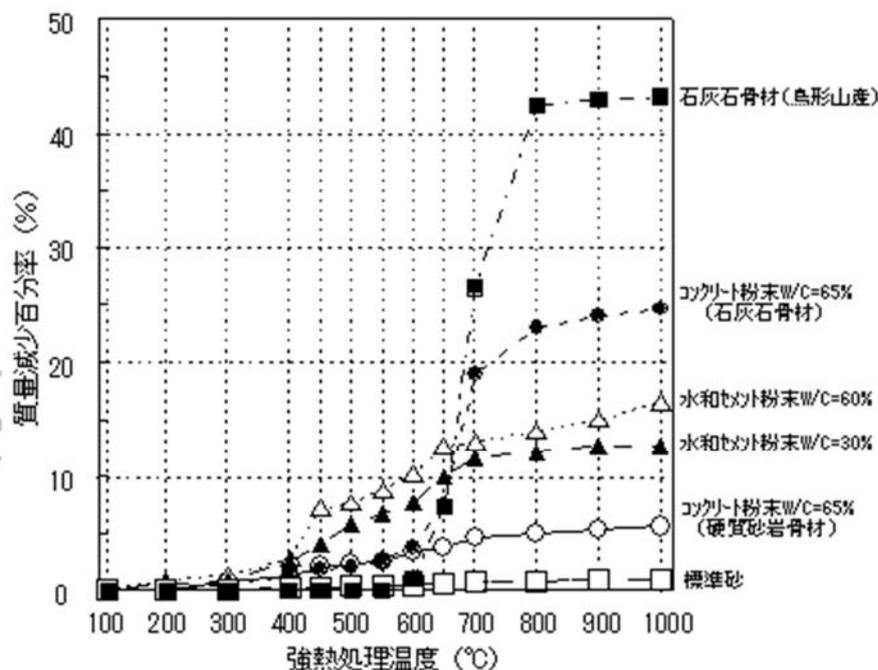
#### 5.4 溶解試験に用いる水及び試薬（箇条 5）

グルコン酸ナトリウム ( $C_6H_{11}NaO_7$ ) は、JIS の規定がないため、純度 95 % 以上のものとした。

#### 5.5 試験方法（箇条 6）

この規格の試験方法を規定した根拠は次による。

- a) **試料の体積の測定** コンクリート試料の体積は、ノギスなどを用いて測定すると 2 %～3 %程度単位セメント量が小さくなる傾向が認められたため、コンクリート試料の表乾質量と水中質量との差から求める方法とする。
- b) **試料の粉碎** 本体 6.1 のコンクリート試料を破砕機を用いて 2.5 mm 以下に全量粗粉碎する。また、縮分方法は全量粗粉碎した粒を四分法によって縮分しているが、試料分取器を用いるとよい。次に、微粉碎機などを用いて粉碎し、150  $\mu\text{m}$  のふるいを全量通過させる。このコンクリート粉末試料中には、鉄粉が粉碎時に混入している可能性がある場合は、強力な磁石を用いてこの鉄粉を取り除く。また、試験方法の適用範囲にもあるように、コンクリート試料が絶乾状態であると、比較的、中性化の進行は緩やかであるが、粉末試料は防湿性の気密なビニール袋又は容器に密閉して保存することとした。
- c) **コンクリート粉末試料の 500 °C 強熱減量** 解説図 13 のように石灰石骨材を用いたコンクリート粉末と硬質砂岩骨材を用いたコンクリート粉末では、600 °C を超えると明らかに質量減少百分率が異なり、前者は後者に比べ大きくなっている。これは、石灰石骨材及び貝殻の質量減少百分率は、650 °C を超えると急激に増加し、主成分である炭酸カルシウムが分解するためである。このため、前処理における強熱処理温度を 500 °C としている。強熱試験時には、500 °C を超えないように注意する必要がある。材齢 2 年における封かん養生した水和セメントの強熱減量百分率を解説表 3 に示す。



解説図 13—各種試料の強熱処理温度と質量減少百分率との関係<sup>5)</sup>

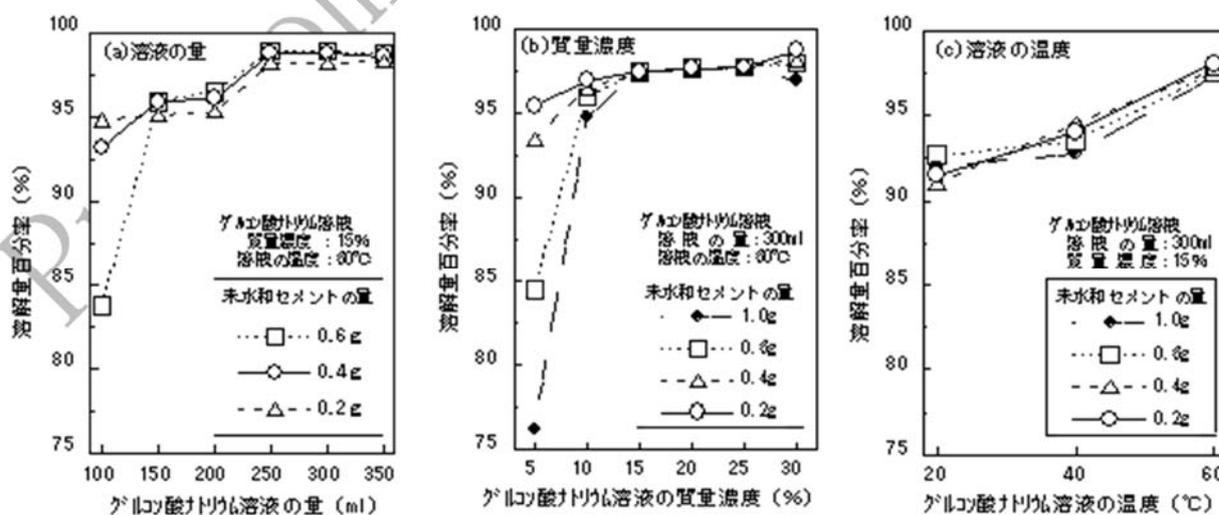
解説表 3—水和セメントの強熱処理温度 500 °C及び 1 000 °Cにおける強熱減量百分率 (%) <sup>3)</sup>

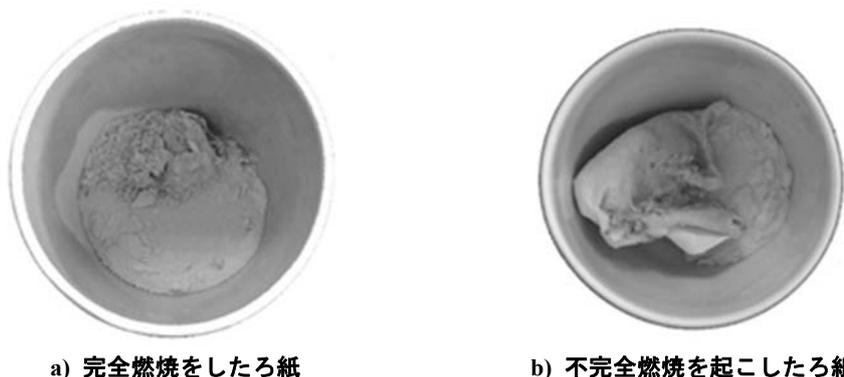
W/C (%)	強熱減量百分率 (%)		
	①500°C	②1 000°C	$\kappa^*$ (②-①)
30	5.6	12.3	6.7
40	6.8	13.1	6.3
50	7.3	15.2	7.9
60	7.6	16.3	8.7

$\kappa$  : 1 000 °Cにおける水和セメントの結合水を求めるための修正値 (%)

強熱処理温度を 500 °Cとした場合、1 000 °Cに比し、結合水量を 6 %～9 %程度少なく判定し、その結果セメント量を少なく判定する原因になる。単位セメント量を求めるときには、通常コンクリートの水セメント比が分からないので、1 000 °Cにおける水和セメントの結合水を求めるための修正値を、**解説表 3**を参考として水セメント比にかかわらず、8 %と一定とした。

- d) **コンクリート粉末試料の溶解** **解説図 14 (a)**に示すように、グルコン酸ナトリウム溶液（質量濃度 15 %，溶液の温度 60 °C）の量に対し、未水和セメントの溶解量百分率は、溶液の量が 250 ml 以上になると、未水和セメントの量 0.2 g～0.6 g の範囲で 98 %程度となった。**解説図 14 (b)**に示すようにグルコン酸ナトリウム溶液（溶液の量 300 ml，溶液の温度 60 °C）の質量濃度に対し、未水和セメントの溶解量百分率は、グルコン酸ナトリウム溶液の質量濃度が 15 %以上になると、未水和セメントの量 0.2 g～0.6 g の範囲で 98 %程度となった。**解説図 14 (c)**に示すようにグルコン酸ナトリウム溶液（溶液の量 300 ml，質量濃度 15 %）の温度に対し、未水和セメントの溶解量百分率は、溶液の温度が 60 °Cで 98 %程度となった。また、本文注<sup>5)</sup>に示したように 1 回の洗浄液量は、漏斗の 8 分目までとし、前の洗浄液のろ過が終わってから、次の洗浄液を流し込み、この操作を繰り返すこととした。さらに、本文注<sup>6)</sup>に示したように、ろ紙が不完全燃焼をおこした場合、正確な単位セメント量は求められない。電気炉によっては、ろつぼを置く位置、扉の開閉時における空気の流入の程度などの種々の影響を受ける。そのため、電気炉にろつぼを入れた後、電気炉の扉を少し開き、**解説図 15**のようにろ紙が完全に灰化するのを確認する。ろ紙が完全に灰化しないときは残留灰の量が大きく、単位セメント量が小

解説図 14—グルコン酸ナトリウム溶液の量・質量濃度・温度と溶解量百分率との関係<sup>5)</sup>



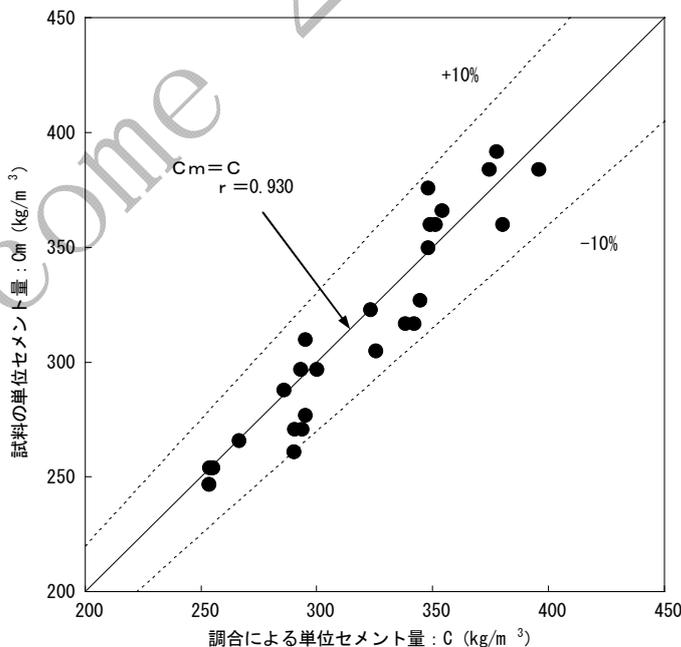
解説図 15—ろ紙の燃え残り状況

さめに判定されるので、試験を初めて行うときや試験担当者が変わるときは、配（調）合が既知の試料を用いてあらかじめ試験の精度を確認しておく必要がある。この点については、十分に注意する必要がある。

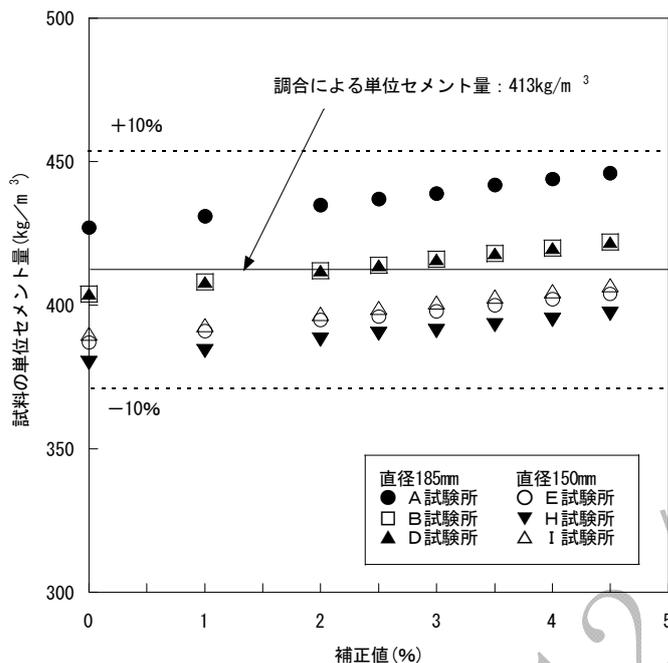
5.6 計算（箇条 7）

単位セメント量の計算に用いる数値の根拠は次のとおりである。

- a) 強熱処理温度 500°Cとした場合、ろ紙が完全に灰化しないためろ紙の燃え残りについて補正しなければならない。本体の式 (3) の 500°Cにおけるろ紙の残分量：Rfの値は、解説図 16 に示すようにろ紙の大きさの違いによって試料の単位セメント量が若干変化する。これより、500 °Cにおけるろ紙の残分量 (%) は、直径 185 mm の円形ろ紙 5 種 C を用いた場合 2.5 %，直径 150 mm 円形ろ紙 5 種 C を用いた場合 4.0 %とした。後者の残分量が前者に比べ大きな値としたのは、ろ紙の面積が小さいため、不溶残分のろ紙の集積密度が大きく、灰化し難いためである。



解説図 16—補正值の違いによる試料の単位セメント量の変化の関係



解説図 17—石灰石骨材コンクリートの配(調)合による単位セメント量と試料の単位セメント量の関係<sup>5)</sup>

- b) 本体の式の (3) の 1000℃における水和セメントの結合水を求めるための修正値： $\kappa$  は、水セメント比が明らかなきときは、解説表 3 の 1000℃における水和セメントの結合水を求めるための修正値  $\kappa$  (②-①値) を用いるとよい。また、水セメント比が不明な場合、修正値として 8% を用いて補正を行えば、かなりの精度で推定できる。しかし、 $\kappa$  は、水セメント比、練混ぜ条件、養生条件及び材齢などによって異なるため  $\kappa$  の取扱いについては注意しなければならない。
- c) 解説図 17 は、石灰石骨材コンクリートの配(調)合による単位セメント量と試料の単位セメント量との関係を示したものである。試料の単位セメント量は、配(調)合による単位セメント量に対して±10%の範囲で単位セメント量を判定している。これは、実験に使用したコンクリートの配(調)合による単位セメント量 250 kg/m<sup>3</sup>~400 kg/m<sup>3</sup> 程度の範囲において関係式が原点を通るように定めたものである。両者の関係は、 $C_m = C$  式に対して相関係数 0.930 となっており、配(調)合による単位セメント量と試料の単位セメント量の関係がよい相関を示していることが分かる。この結果、グルコン酸ナトリウムによるセメント量試験方法は、一般的な配(調)合のコンクリート(単位セメント量 250 kg/m<sup>3</sup>~400 kg/m<sup>3</sup> 程度のコンクリート)において配(調)合から求めた単位セメント量に対し±10%の範囲で硬化コンクリート中の単位セメント量を推定できることが確認された。

### 5.7 精度の確認

この規格は、単位セメント量を試験する方法であるが、この結果の取り扱いには慎重に行わなければならない。特に試験を初めて行うときや試験担当者が変わるときは、配(調)合が既知の試料を用いてあらかじめ試験の精度を確認しておく必要がある。

### 5.8 報告書(箇条 8)

報告書は、構造物の耐久性評価、補修及び維持管理のための重要な情報となるため、必要事項を明記して所定期間保存しておくことが重要である。

### 5.9 主な改正点

主な改正点は、次のとおりである。

- a) 2 骨材の縮分方法が新たに JIS が制定されたため、JIS A 1158 を追加した。JIS B 7411 が廃止され JIS B 7414 に置き換えられたため JIS B 7411 を JIS B 7414 に置き換えた。“白金るつぼ”を追加したため、JIS H 6201 を追加した。
- b) 3.1 試料の大きさについてを追加し、用語の定義を明確にした。
- c) 4.7 本文の注記にあった事項を 4.7 に追加し、用語の定義を明確にした。
- d) 4.8 白金るつぼを使用できるようにした。目安となる呼び容量を追加し、対象を明確にした。
- e) 4.9 乾燥剤を“シリカゲル”に限定し、対象を明確にした。
- f) 4.11 “呼び容量 1 000 ml”を削除した。
- g) 4.13 漏斗の材質には色々な種類のものがあるため、“約 90 °C の熱水に耐えられるもの”を追加した。
- h) 5 水及び試薬の定義に“溶解試験に用いる”を追加し、用語の定義を明確にした。
- i) 5 a) “種別及び質が A3 及び A4 の”を追加し、対象を明確にした。
- j) 5 c) JIS K 8085 には一級試薬の記載がないため、“一級試薬以上”を“特級試薬”に変更した。
- k) 6.1 a), 6.1 d) 追加情報として注<sup>1)</sup>を追加した。
- l) 6.1 e) 注<sup>2)</sup>水の密度を 1.000 から 0.998 に変更した。
- m) 6.2 c) 元の細骨材に鉄粉が混合している場合があるため、“鉄粉が混入する可能性があるため”を“鉄粉が混入する可能性がある場合は”に変更した。また、追加情報として注<sup>3)</sup>に“ビニール袋”を追加した。
- n) 6.3 b) 粉末試料の量を改正したため、“約 2 g を採取し”を“化学はかりを用いて 105 °C 絶乾後における粉末試料の質量 ( $m_{ios}$ ) を約 1 g を 0.1 mg まで”とした。
- o) 6.3 c), d), 6.4 g) 及び h) 白金るつぼを使用できるようにしたため、“磁気るつぼ”を“るつぼ”に変更した。
- p) グルコン酸ナトリウム溶液に粉末試料を溶解中に、グルコン酸ナトリウム溶液の蒸発をさけるため、6.4 c) “ビーカーにいれる。”を“ビーカーに入れ、時計皿で蓋をする。”と追加した。
- q) 6.4 e) ろ過方法を明確にした。
- r) 6.5 “6.3 及び 6.4”を追加し、対象を明確にした。
- s) 7 a) 及び b) 有効数字 5 桁目を切り捨てる”と変更した。
- t) 7 c) “四捨五入”に変更した。

## 6 懸案事項

アンモニア水による洗浄は刺激臭が強いため、他の試薬で代用できないか本委員会にて検討を行ったが、今回はアンモニア水に変わる試薬を見つけることができなかった。また、熱水だけでの洗浄について、回数及び温度を変化させて検討を行ったが、試験回数が少ないため今回の改正では見送りとなった。次回の見直し・改正の時には熱水だけの洗浄についてさらに検討を重ねる必要がある。

## 7 参考文献

- 1) 須藤絵美, 中田善久, 笠井芳夫, 斉藤丈士: 高強度コンクリートへのグルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法の適用性に関する一考察, 日本建築学会技術報告集, 第 15 巻, 第 30 号, 2009 年 6 月, pp.373-376
- 2) 中田善久, 笠井芳夫, 横山 滋, 西山直洋: コアの直径が単位セメント量判定試験結果に及ぼす影響, 非破壊検査第 46 巻 7 号, pp.511-519

- 3) 中田善久, 須藤絵美, 奈良禰徳, 笠井芳夫 : グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法の検討 (その 2 粉末試料の粒大の影響), 第 56 回セメント技術大会講演要旨 2002, pp.110-111
- 4) 中田善久, 奈良禰徳, 須藤絵美, 笠井芳夫, 松井 勇, 湯浅 昇 : グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法に関する研究 (その 2 粉末試料の粒大及びコア供試体による確認実験), 日本建築学会大会講演梗概集 (北陸), 2002 年 8 月, pp.969-970
- 5) 中田善久, 笠井芳夫, 松井勇, 湯浅昇 : 硬化コンクリートの単位セメント量判定試験方法に関する研究 - グルコン酸ナトリウムによる試験方法の確立 -, 日本建築学会構造系論文集, No.460, pp.1-10, 1994.6

Pubcome 2019/12/13迄