

PCグラウト用漏斗のキャリブレーション方法の提案

辻 幸和*1・河井 徹*2・十河 茂幸*3・鈴木 一雄*4

1. まえがき

PCグラウトの流動性の評価には、各種の漏斗が用いられている。これら漏斗の流出試験によるキャリブレーションには、土木学会規準 JSCE-F531-1999 に豊浦産の旧標準砂（以後、旧標準砂と称する）を用いることが規定されているが、その方法の詳細およびバックデータはこれまで公表されていない。

本研究では、精度の良い測定値を得るために不可欠な PC グラウト用漏斗のキャリブレーションの基礎資料を得るために測定した結果を報告する。すなわち、JA 漏斗、JP 漏斗および J₁₄ 漏斗それぞれにより、キャリブレーション材料として旧標準砂を用いて流下時間および材料質量を測定し、各漏斗におけるばらつき、および旧標準砂間のばらつきに関する測定結果を報告する¹⁾。そして、これらの測定結果に基づいてキャリブレーション方法を提案する。

2. 実験概要

2.1 PCグラウト用漏斗

PCグラウト用漏斗としては、図-1 に示す JA 漏斗、JP 漏斗および J₁₄ 漏斗を用いた。表-1 に示すように、JA 漏斗と J₁₄ 漏斗については、それぞれ異なる試験機関において別な製作所から購入し保有しているものである。また、JP 漏斗は、同一製作所からほぼ同一の時期に入手して異なる試験機関が保有しているもの、および同一製作所から1年後に入手したものである。

2.2 キャリブレーション用材料および試験方法

PCグラウト用漏斗のキャリブレーション用材料として用いた旧標準砂のロットについても、表-1 に示す。

キャリブレーション用材料は、JSCE-F531-1999 に規定されている旧標準砂を用いた。群馬大学で時期を変えて購入した共通 N と共通 O の 2 ロットとともに、異なる試験機関で購入した 3 ロットの合計 5 ロットのものをそれぞれ用いた。

PCグラウト用漏斗による材料の流下時間および材料質量の測定は、それぞれ 2 名ずつが固定して担当し、それぞれの旧標準砂を用いて 5 回連続して測定することとした。

材料の漏斗への投入方法は 2 種類とした。A 投入方法は、投入口の少し上より容器から自由落下させて少し漏斗より盛り上がるまで詰め、盛り上がった分をナイフエッジで材料を押さえつけないように水平に切り取ったものであ

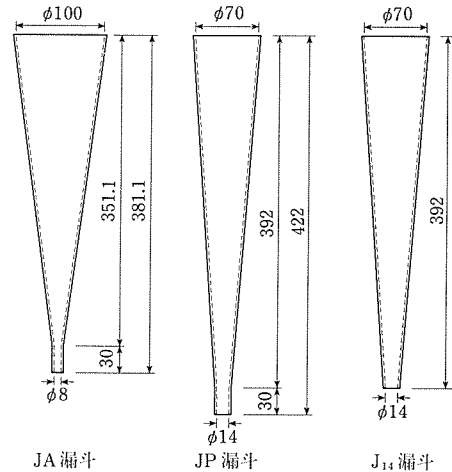


図-1 漏斗の形状寸法 (単位: mm)

表-1 PCグラウト用漏斗と豊浦産旧標準砂のロット

| PCグラウト用漏斗 | | | 豊浦産旧標準砂 | | |
|--------------------|--------------------|------|---------|------|---------|
| JA 漏斗 | JA-a | Z研究所 | A | 共通N | 1999年製造 |
| | JA-b | S社 | B | 共通O | 1993年製造 |
| JP 漏斗 | JP-a | O社 | C | O社 | 1999年製造 |
| | JP-b | S社 | D | S社 | 1994年製造 |
| | JP-c | G大学 | E | Z研究所 | 1999年製造 |
| J ₁₄ 漏斗 | J ₁₄ -a | O社 | | | |
| | J ₁₄ -b | S社 | | | |

る。B 投入方法は、所定の質量の旧標準砂を投入口の少し上より容器から自由落下させたものである。所定の質量としては、JA 漏斗には 1 340 g、JP 漏斗には 840 g、J₁₄ 漏斗には 835 g をそれぞれ投入した。

材料の投入後は、直ちに指を離して流出試験を行って、流下時間を測定した。また A 投入方法については、流出した旧標準砂の質量も測定した。

3. 流下時間

各漏斗の流下時間を、旧標準砂のロットごとに図-2~5 に示す。

3.1 JP 漏斗

製作ロットが同一と考えられる JP-a と JP-b の JP 漏斗は、購入後ほとんど使用していなかったものである。図-2, 3 に示すように、旧標準砂のロットが異なっても、流下時間の平均値の相違は最大で 0.20 秒 (JP-c) 以下となっており、ロット間の相違は認められない。また、5 回の測定に

*1 Yukikazu TSUJI: 本協会常務理事, 群馬大学 工学部 建設工学科 教授

*2 Toru KAWAI: 清水建設(株) 土木本部 技術第一部 副部長

*3 Shigeyuki SOGO: (株)大林組 技術研究所 土木材料研究室 室長

*4 Kazuo SUZUKI: 全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所 所長

おける変動係数も最大で1.1% (JP - a) と小さい。

JP - a と JP - b は同一の製造ロットから製造されたものと考えられ、両漏斗間の相違はないと見なせる。JP - a については、1年後に別な2名で測定して JP - aN と表示した。JP - a と JP - aN の流下時間の平均値の相違は、最大で0.18秒 (ロットB) であり、いずれの旧標準砂についても JP - aN の方が流下時間が少し短い。測定者間の相違と考えられる。

同一製作所から1年後に入手した JP - c について同一の測定者の JP - aN と両漏斗の流下時間を比較すると、いずれの旧標準砂を用いても JP - c が少し長く、最大で0.19秒 (ロットA, B) であった。しかしながら、いずれの場合も JP 漏斗の流下時間の相違は小さく、図-2 にはほぼ同じ値でプロットされている。図-3 では図-2 の縦軸を拡大して表示している。9.1秒を中心に、0.2秒の間に分布している。なお、両漏斗とも製作後、実際の現場には用いられていないものである。

3.2 J₁₄ 漏斗

J₁₄ 漏斗による流下時間の測定結果を、図-2 および図-4 に示す。これらの図には示していないが、5回の測定値のばらつきが JP 漏斗に比べて大きく、変動係数で7.4%と大きい値を示す旧標準砂のロットEもあった。また、旧標準砂ロット間の相違も大きく、J₁₄ - b 漏斗では流下時間の平均値で最大1.10秒の相違が生じた。

また、漏斗間の流下時間の差も大きく、いずれの旧標準砂を用いた場合も J₁₄ - a より J₁₄ - b の方が短い流下時間を示している。そして、その差が最大値で1.92秒となる旧標準砂のロットCの例もあった。

JP 漏斗は、J₁₄ 漏斗の先端に長さが30mmの流出管を設置したものである。流下時間はいずれも、流出管のない J₁₄ 漏斗の方が大きくなっている。実際のPCグラウトによる流下時間は、流出管の抵抗力があるため、JP 漏斗の方が J₁₄ 漏斗より大きくなっており、旧標準砂を用いた場合とは反対の結果となっている。

J₁₄ 漏斗は両漏斗とも数回実際の現場で用いられた後、1年後にもキャリブレーションを行った。両結果を図-4 に示す。測定者は異なっている。1年後の流下時間は、両漏斗とも短く、最大で2.57秒 (ロットA) と、O社保有のものとの流下時間の減少が著しい。S社保有のものに比べて、O社保有の J₁₄ 漏斗の方が現場での使用回数が多かったとこのことで、J₁₄ 漏斗の流出口内側の角ばりが丸くなっていたことが考えられる。そして、1年後における J₁₄ 漏斗間の流下時間の相違は小さくなり、最大で0.69秒 (ロットB) と1年前のキャリブレーションにおける両漏斗間の最小値の1.30秒 (ロットD) よりも小さくなった。

3.3 JA 漏斗

JA 漏斗による流下時間を、図-5 に示す。JA 漏斗は容量が大きいこともあり、他の漏斗に比べて流下時間そのものが非常に大きくなっている。JP 漏斗による流下時間と同様に、5回の測定値のばらつきや旧標準砂のロット間の相違は小さい。5回の測定値の変動係数の最大値が1.10% (JP - aN) であり、旧標準砂のロットが異なることによる平均値の相違は最大で1.32秒 (JP - b) であった。

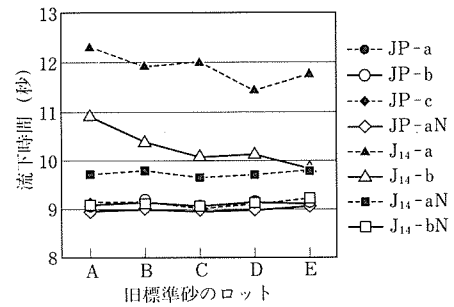


図-2 各漏斗による流下時間

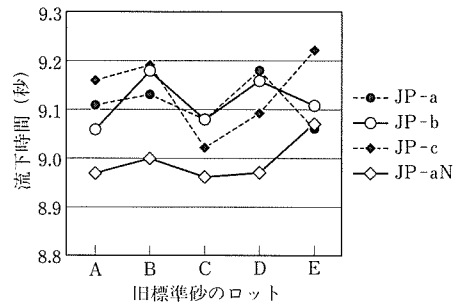


図-3 JP 漏斗による流下時間

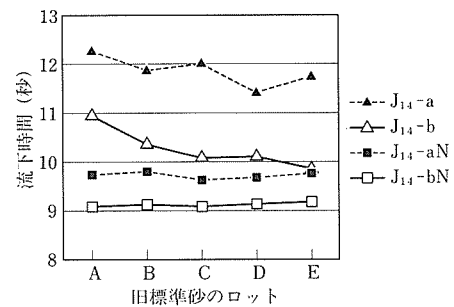


図-4 J₁₄ 漏斗による流下時間

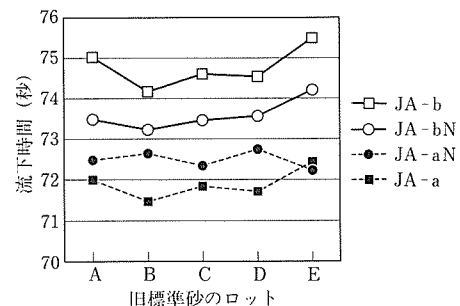


図-5 JA 漏斗による流下時間

しかしながら、JA - a と JA - b の漏斗間の相違は少し大きく、平均値での相違は最大で3.06秒 (ロットE) となり、JA - b による流下時間が大きく測定された。この現象は、1年後のキャリブレーションの JP - aN と JP - bN の測定値でも認められるが、両漏斗間の相違は小さくなり、平均値の最大で1.98秒 (ロットE) であった。

4. 流下時間についての測定者のばらつき

前述したように、1年を経て実施したキャリブレーションにおいて、測定者を替えたことが原因とも考えられる現象が認められたため、測定者による流下時間の誤差を実験し

た。表-2にその結果をまとめている。JP-aN漏斗とJP-c漏斗それぞれについて、3名の測定者により、旧標準砂の5ロットを用いて流下時間を5回ずつ測定し、その平均値、標準偏差、変動係数および範囲を示している。また流出終了を測定する位置についても、上面(上と略称している)からと側面(下と略称している)からに変化させた。

3名の測定者の5回の測定値の標準偏差は、0.15秒を超えることはなかった。変動係数も最大で1.5%未満で、範囲の最大値も約0.3秒であり、5回の測定値のばらつきは非常に小さいものであった。

旧標準砂のロット間のばらつきも、3名の測定者のいずれも小さいことが明らかである。ロット間の流下時間の平均値のばらつきは、JP-aN漏斗で0.15秒、JP-c漏斗で0.22秒が最大であった。なお、JP-c漏斗の方がJP-aN漏斗より流下時間が少し長くなる現象は、この実験でも認められた。

流出の終了を測定する位置として上面からと側面からそれぞれ判定した流下時間についても、相違は認められないことが表-2から明らかである。この表には、JP-aN漏斗とJP-c漏斗によるロットAの旧標準砂を用いた場合については、2名の測定者が上面からと1名の測定者が側面から、また3名の測定者が側面からそれぞれ流出の終了を判定した結果も示している。いずれの位置から測定しても、5個の平均値と変動係数等のばらつきには相違が認められないのである。

5. 漏斗への材料の投入方法と流下時間

表-3には、漏斗への材料の投入方法を変えた場合の流下時間を対比して示している。漏斗の上面から旧標準砂を自由落下させ、少し漏斗上面より盛り上がった分をナイフエッジで水平に切り取ったA投入方法(すりきり質量)の場合と、漏斗ごとに一定質量の旧標準砂を漏斗の上面から

自由落下させたB投入方法(一定質量)の場合である。

一定質量によるB投入方法で測定した流下時間のばらつきも小さく、A投入方法とはほぼ等しい精度で流下時間を測定できることが認められる。また、漏斗間の流下時間の相違についても、A投入方法で認められたと同様に、B投入方法でも流下時間の短いものは同じ漏斗である。とくに相違の大きいJ₁₄-aNとJ₁₄-bNの間でも、両者の流下時間の差は、一定質量のB投入方法とすりきり質量のA投入方法ではほぼ等しかった。そして、流下時間の差は0.55秒から0.7秒の間であった。

6. 材料質量と流下時間の関係

A投入方法により測定した旧標準砂の材料質量と流下時間の関係を図-6に示す。なお、5回測定した材料質量の変動係数は、旧標準砂のロットと漏斗の種類が異なっても、流下時間の変動係数のように大きくなる場合はなく、最大で0.5%以下であった。

図-6より、JP漏斗については、材料質量と流下時間との間には相互関係が認められない。J₁₄漏斗では、材料質量が多い漏斗では流下時間が長くなっている。しかしながらJA漏斗では、材料質量が多い漏斗の方が流下時間が短くなっている。漏斗の内容積と形状・寸法、とくに流出管の形状・寸法の僅かな相違により、材料質量と流下時間の関係は異なることが明らかになった。

7. キャリブレーション方法の提案

JP漏斗、J₁₄漏斗およびJA漏斗のPCグラウト用漏斗のキャリブレーション方法について、前述までの実験結果により、次のように提案する。

7.1 キャリブレーション用材料

セメントの物理試験方法(JIS R 5201)は1997年に改正され、豊浦産の標準砂は旧標準砂となり、これまでのよう

表-2 測定者と測定位置が異なる場合の流下時間

| (a) JP-aN 漏斗 | | | | | | | (b) JP-c 漏斗 | | | | | | |
|--------------|-----|--------|--------|---------|---------|-------|-------------|-----|--------|--------|---------|---------|-------|
| 旧標準砂のロット | 測定者 | 測定位置*1 | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) | 旧標準砂のロット | 測定者 | 測定位置*2 | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
| A | TK | 下 | 9.15 | 0.07 | 0.77 | 0.17 | A | TK | 下 | 9.35 | 0.03 | 0.32 | 0.09 |
| | NM | 上 | 9.09 | 0.06 | 0.66 | 0.12 | | NM | 上 | 9.27 | 0.03 | 0.32 | 0.07 |
| | TN | 上 | 9.17 | 0.05 | 0.55 | 0.12 | | TN | 上 | 9.34 | 0.06 | 0.64 | 0.14 |
| B | TK | 下 | 9.12 | 0.08 | 0.88 | 0.19 | B | TK | 下 | 9.38 | 0.05 | 0.53 | 0.11 |
| | NM | 上 | 9.02 | 0.08 | 0.89 | 0.20 | | NM | 上 | 9.29 | 0.09 | 0.97 | 0.19 |
| | TN | 上 | 9.10 | 0.08 | 0.88 | 0.21 | | TN | 上 | 9.35 | 0.07 | 0.75 | 0.19 |
| C | TK | 下 | 9.06 | 0.01 | 0.11 | 0.03 | C | TK | 下 | 9.25 | 0.03 | 0.32 | 0.06 |
| | NM | 上 | 8.98 | 0.03 | 0.33 | 0.06 | | NM | 上 | 9.13 | 0.05 | 0.55 | 0.12 |
| | TN | 上 | 9.05 | 0.03 | 0.33 | 0.07 | | TN | 上 | 9.22 | 0.08 | 0.87 | 0.21 |
| D | TK | 下 | 9.17 | 0.08 | 0.87 | 0.19 | D | TK | 下 | 9.34 | 0.02 | 0.21 | 0.04 |
| | NM | 上 | 9.10 | 0.06 | 0.66 | 0.15 | | NM | 上 | 9.30 | 0.05 | 0.54 | 0.09 |
| | TN | 上 | 9.15 | 0.09 | 0.98 | 0.21 | | TN | 上 | 9.33 | 0.03 | 0.32 | 0.07 |
| E | TK | 下 | 9.21 | 0.06 | 0.65 | 0.15 | E | TK | 下 | 9.43 | 0.04 | 0.42 | 0.08 |
| | NM | 上 | 9.13 | 0.02 | 0.22 | 0.06 | | NM | 上 | 9.35 | 0.07 | 0.75 | 0.17 |
| | TN | 上 | 9.17 | 0.05 | 0.55 | 0.14 | | TN | 上 | 9.41 | 0.06 | 0.64 | 0.12 |
| A | TK | 下 | 9.15 | 0.05 | 0.55 | 0.12 | A | TK | 下 | 9.37 | 0.03 | 0.32 | 0.08 |
| | NM | 下 | 9.13 | 0.09 | 0.99 | 0.25 | | NM | 下 | 9.36 | 0.11 | 1.18 | 0.26 |
| | TN | 下 | 9.17 | 0.07 | 0.76 | 0.16 | | TN | 下 | 9.39 | 0.04 | 0.43 | 0.10 |

*1 上：上面から測定，下：側面から測定

*2 上：上面から測定，下：側面から測定

表-3 B投入方法(一定質量)とA投入方法(すりきり質量)による流下時間

(a) JP-c漏斗

| 旧標準砂のロット | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| A | 9.13 | 0.04 | 0.44 | 0.11 |
| | 9.16 | 0.06 | 0.65 | 0.15 |
| B | 9.04 | 0.04 | 0.44 | 0.10 |
| | 9.19 | 0.06 | 0.65 | 0.15 |
| C | 9.03 | 0.03 | 0.33 | 0.07 |
| | 9.02 | 0.10 | 1.11 | 0.23 |
| D | 9.06 | 0.02 | 0.22 | 0.06 |
| | 9.09 | 0.03 | 0.33 | 0.06 |
| E | 9.15 | 0.03 | 0.33 | 0.06 |
| | 9.22 | 0.04 | 0.43 | 0.11 |

上段：一定質量840g 下段：すりきり質量

(b) JP-aN漏斗

| 旧標準砂のロット | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| A | 8.93 | 0.04 | 0.45 | 0.11 |
| | 8.97 | 0.06 | 0.67 | 0.13 |
| B | 8.92 | 0.03 | 0.34 | 0.08 |
| | 9.00 | 0.02 | 0.22 | 0.04 |
| C | 8.87 | 0.04 | 0.45 | 0.10 |
| | 8.96 | 0.09 | 1.00 | 0.21 |
| D | 8.96 | 0.02 | 0.22 | 0.06 |
| | 8.97 | 0.03 | 0.33 | 0.07 |
| E | 8.99 | 0.03 | 0.33 | 0.07 |
| | 9.07 | 0.02 | 0.22 | 0.05 |

上段：一定質量840g 下段：すりきり質量

(c) J14-aN漏斗

| 旧標準砂のロット | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| A | 9.69 | 0.04 | 0.37 | 0.09 |
| | 9.74 | 0.03 | 0.28 | 0.07 |
| B | 9.61 | 0.03 | 0.33 | 0.08 |
| | 9.81 | 0.07 | 0.67 | 0.17 |
| C | 9.56 | 0.03 | 0.31 | 0.08 |
| | 9.65 | 0.04 | 0.38 | 0.10 |
| D | 9.66 | 0.06 | 0.59 | 0.14 |
| | 9.69 | 0.05 | 0.51 | 0.13 |
| E | 9.71 | 0.04 | 0.43 | 0.10 |
| | 9.79 | 0.07 | 0.71 | 0.15 |

上段：一定質量835g 下段：すりきり質量

(d) J14-bN漏斗

| 旧標準砂のロット | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| A | 9.10 | 0.04 | 0.47 | 0.11 |
| | 9.07 | 0.04 | 0.42 | 0.09 |
| B | 8.99 | 0.05 | 0.53 | 0.11 |
| | 9.12 | 0.03 | 0.36 | 0.08 |
| C | 9.01 | 0.03 | 0.34 | 0.08 |
| | 9.07 | 0.05 | 0.56 | 0.14 |
| D | 9.07 | 0.05 | 0.50 | 0.11 |
| | 9.13 | 0.05 | 0.55 | 0.11 |
| E | 9.06 | 0.06 | 0.65 | 0.13 |
| | 9.20 | 0.08 | 0.85 | 0.20 |

上段：一定質量835g 下段：すりきり質量

(e) JA-aN漏斗

| 旧標準砂のロット | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| A | 71.22 | 0.51 | 0.72 | 1.30 |
| | 72.50 | 0.80 | 1.10 | 2.06 |
| B | 70.87 | 0.40 | 0.56 | 1.00 |
| | 72.64 | 0.58 | 0.80 | 1.53 |
| C | 71.10 | 0.43 | 0.60 | 1.15 |
| | 72.35 | 0.33 | 0.46 | 0.80 |
| D | 72.34 | 0.60 | 0.83 | 1.47 |
| | 72.73 | 0.46 | 0.63 | 1.01 |
| E | 71.95 | 0.69 | 0.96 | 1.84 |
| | 72.21 | 0.23 | 0.32 | 0.49 |

上段：一定質量1340g 下段：すりきり質量

(f) JA-bN漏斗

| 旧標準砂のロット | 平均値(秒) | 標準偏差(秒) | 変動係数(%) | 範囲(秒) |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| A | 73.61 | 0.05 | 0.07 | 0.12 |
| | 73.49 | 0.09 | 0.12 | 0.19 |
| B | 73.05 | 0.10 | 0.14 | 0.27 |
| | 73.23 | 0.10 | 0.14 | 0.26 |
| C | 73.30 | 0.08 | 0.11 | 0.18 |
| | 73.46 | 0.15 | 0.20 | 0.38 |
| D | 73.64 | 0.06 | 0.08 | 0.17 |
| | 73.56 | 0.06 | 0.08 | 0.12 |
| E | 74.11 | 0.14 | 0.19 | 0.38 |
| | 74.19 | 0.19 | 0.26 | 0.48 |

上段：一定質量1340g 下段：すりきり質量

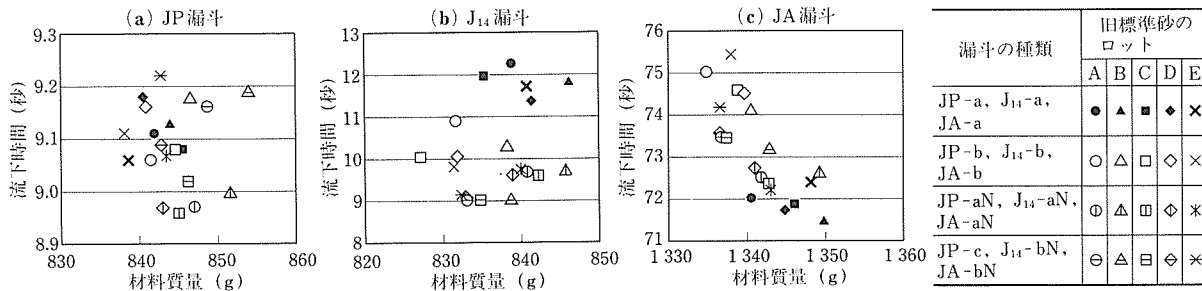


図-6 各漏斗における旧標準砂の材料質量と流下時間の関係(A投入方法)

に標準砂としての品質管理水準が確保できなくなることが将来懸念された。しかしながら、3章で述べたように改正後3年経過した旧標準砂でも改正前とほぼ同程度のキャリブレーション用材料として使用できることが明らかになった。そのため、現在入手できる品質の旧標準砂を長期間保

存することを前提にして、キャリブレーション用材料として用いることとする。

7.2 漏斗への材料の投入方法

漏斗への材料の投入は、A投入方法によるものとし、漏斗の上面近くからポリ容器等で旧標準砂を自由落下させ

て、漏斗上面より少し盛り上がるまでとする。そして、盛り上がった分は、ナイフエッジで材料を押しさえつけないように、水平に切り取る。

7.3 流下時間の測定方法

指で押さえていた流出管の出口を離して、旧標準砂を流出させる。漏斗上面より材料の流出状況を観察し、材料が流出し終わったときまでの流下時間を、ストップウォッチで0.01秒まで測定する。

7.4 材料質量の測定方法

漏斗より流出した材料を、はかりで0.1gまで測定する。そして、測定した材料質量は、漏斗の種類ごとに表-4に示す値の範囲内にあることを確かめる。

測定した材料質量が表-4に示す範囲にない場合は、材料の投入方法を調整する。つまり、ナイフエッジで盛り上がった材料を切り取る際に、材料を強く押さえないこと、または切り取った材料表面が凹凸でないことを確かめる。このように材料の投入方法を調整しても、表-4に示す範囲に材料質量がない場合は、旧標準砂ロットを代えてみる。

表-4 PCグラウト用漏斗のキャリブレーション (A投入方法)

| 漏斗の種類 | 材料質量の範囲(g) | 流下時間の範囲(秒) |
|--------------------|-------------|------------|
| JP 漏斗 | 830～ 860 | 8.9～ 9.3 |
| J ₁₄ 漏斗 | 820～ 855 | 8.0～13.0 |
| JA 漏斗 | 1 325～1 360 | 70.0～77.0 |

7.5 測定回数

材料質量が表-4に示す範囲にあったものについて、5個の流下時間の測定値を求める。そして、その平均値を0.1秒まで算出する。

7.6 キャリブレーションの適合性評価

流下時間の測定値の平均値が、表-4に示す範囲の場合、その漏斗はPCグラウト用漏斗として適合していると判定する。なお、表-4に示す材料質量と流下時間の範囲については、今後のデータの収集により修正されることは考えられる。

8. あとがき

PCグラウト用漏斗として、JP 漏斗、J₁₄ 漏斗およびJA 漏斗について、豊浦産の旧標準砂を材料に用いたキャリブレーションの結果を報告した。本実験の範囲において、次のことが言える。

- ① 使用砂の旧標準砂は、ロットを5種類としたが、ロット間の流下時間と材料質量のばらつきは小さい。
- ② 漏斗の種類によっては、漏斗の製作ロットおよび使用状況の相違が原因と考えられる流下時間のばらつきの大きい例があった。今回の実験では、J₁₄ 漏斗におけるばらつきがとくに大きかった。そしてJ₁₄ 漏斗は、使用状況によっても流下時間が大きく変化した。
- ③ 投入した材料の質量が多い漏斗でも、流下時間が短くなったJA 漏斗があった。同じ漏斗でも、材料質量と流下時間の相互関係は、漏斗の内容積、形状・寸法、とくに流出管の形状・寸法の僅かな相違により異なることが確かめられた。
- ④ PCグラウト用漏斗のキャリブレーション方法として、豊浦産の旧標準砂を材料に用いて、材料質量を所定の範囲に収めた5個の流下時間の平均値により実施する方法 (A 投入方法) を提案した。

本研究は、科学研究費補助金 (基盤研究(B)(1)課題番号11555115) により実施したものである。研究の実施に際しては、清水建設(株) 技術研究所 栗田守朗氏、(株)大林組技術研究所 中村博之氏、全国生コンクリート工業組合連合会中央技術研究所 伊藤康司氏はじめ、各研究所の研究員の方々に多大なご援助をいただいた。厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 辻, 河井, 十河, 鈴木: グラウト用漏斗型試験器具のキャリブレーション, 第54回セメント技術大会講演要旨, pp.36～37, 2000

【2001年3月27日受付】