

(95) PCグラウトの流動性評価試験方法

群馬大学 工学部 ○池田 正志  
 群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和  
 群馬大学 大学院 山口 光俊  
 群馬大学 大学院 金田 和男

1. まえがき

ノンブリーディングタイプのPCグラウトの流動性を評価する試験方法としては、 $J_{14}$ 漏斗が採用されている。この漏斗は、高粘性のPCグラウトに対して提唱されたものであるが、最近多用されている低粘性のノンブリーディングタイプのPCグラウトの流動性の評価には、グラウト流が途切れることの判定に個人誤差が大きくなることが報告されている。

本研究では、 $J_{14}$ 漏斗の先端に流出管を設置したJP漏斗を用いる場合のPCグラウトの流動性評価試験方法を提案し、それらを用いた流動性の実験結果を報告する。そして、流出管からのグラウト流が急激に細くなることを、グラウト流が途切れることに対応する判定の基準とすることも提案する。

2. 漏斗の種類と試験方法の概要

PCグラウトの流動性評価に用いた漏斗は、図-1に示す4種類である。土木学会規準 JSCE-F531 (PCグラウトの流動性試験方法) で規定されている $J_{14}$ 漏斗に加えて、内径が14mmで長さが30mmの流出管を特別に製作して $J_{14}$ 漏斗

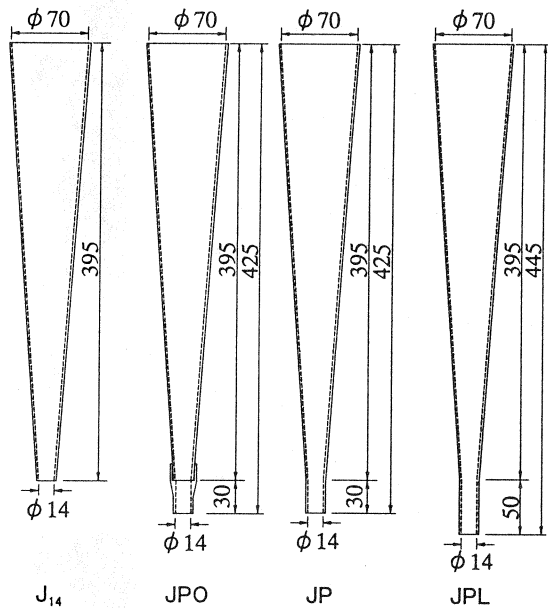


図-1 漏斗の形状寸法

表-1 PCグラウトの配合

結合材Bの種類	水結合材比 W/B (%)	セメント (g)	混和材 (g)	水 (g)			混和剤		膨張剤 (g)	記号*
				総量	一次水	二次水	1 GF-1700	2 GF-1720		
普通セメント C	38	2871.7	—	1091.2	631.8	459.5	28.72	28.72	0.230	C1,C2
	41	2753.1	—	1128.8	605.7	523.1	27.53	27.53	0.220	
	44	2643.9	—	1163.3	581.7	581.7	26.44	26.44	0.212	
シリカフェームセメント S	38	2584.5	287.2	1091.2	631.8	459.5	28.72	28.72	0.230	S1,S2
	41	2477.8	275.3	1128.8	605.7	523.1	27.53	27.53	0.220	
	44	2379.5	264.4	1163.3	581.7	581.7	26.44	26.44	0.212	
フライアッシュセメント F	38	2297.4	574.3	1091.2	631.8	459.5	28.72	28.72	0.230	F1,F2
	41	2202.5	550.6	1128.8	605.7	523.1	27.53	27.53	0.220	
	44	2115.1	528.8	1163.3	581.7	581.7	26.44	26.44	0.212	

\* C1、S1、F1：混和剤1  
 C2、S2、F2：混和剤2

シリカフェームセメントはセメントに対して10%置換  
 フライアッシュセメントはセメントに対して20%置換

にテープで設置した JPO 漏斗、同じ流出管を溶接で設置した JP 漏斗、および流出管の長さを 50mm として溶接で設置した JPL 漏斗の 4 種類である。

流動性の測定方法は、JSCE-F531 に準じて行ったが、JPO 漏斗、JP 漏斗、JPL 漏斗では、流出管からのグラウト流が初めて途切れるまでの流下時間の代わりに、流出管からのグラウト流が急激に細くなるまでの時間を、流下時間として採用した。

流動性の試験は、PC グラウトの練混ぜ直後の他に、20℃±3℃の室内で湿布を覆って30分および60分静置した後、手練りで2～3分間練り直した後も行った。

水結合材比は、38%、41%、44%の3種類とし、PC グラウト用混和剤を結合材の質量比で1%、膨張剤を結合材の質量比で0.008%それぞれ用いた。練混ぜ量が2%の各材料の使用量を、表-1にまとめて示す。

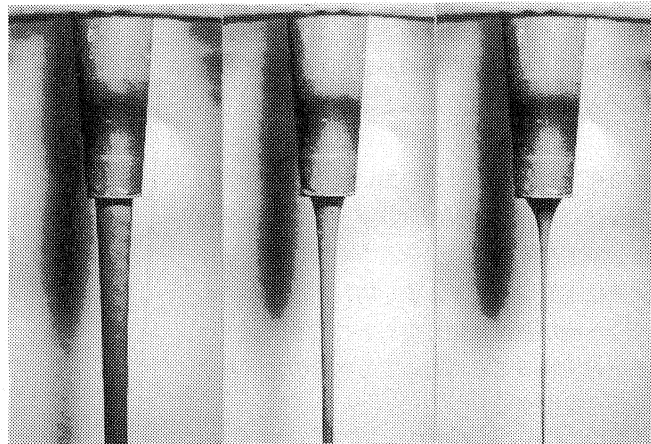
使用材料としては、普通ポルトランドセメント、それにフライアッシュを20%置換したもの、およびシリカフェームを10%置換したシリカフェームセメントの3種類の結合材を用いた。そして、PC グラウト用混和剤として2種類用いた。また、膨張剤として、反応遅延性のアルミニウム粉末を用いた。表-2に用いた結合材の品質を示す。

練混ぜには、パドルが葉脈状羽の万能混合攪拌機を用いた。結合材と膨張剤に一次水として結合材の質量比で22%の水を添加して1分30秒練り混ぜた後、残りの水を二次水として添加して更に1分30秒練り混ぜて、PC グラウトを造った。このような分割練混ぜ方法は、全材料を一度に投入して練り混ぜた一括練混ぜ方法に比べて、いわゆるセメントのダマが少なくなり効率よく練り混ぜることができる。

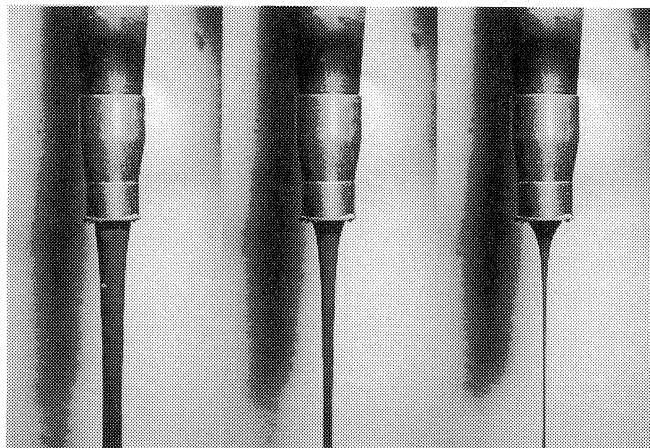
表-2 結合材の種類と品質

種類	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	記号
普通ポルトランドセメント	3.16	3320	C
シリカフェームセメント	3.08	5600	S
フライアッシュ	2.22	4050	F

[フライアッシュセメントと表示した結合材は、普通ポルトランドセメントに20%のフライアッシュを置換した。]



a) 指を離した直後      b) 中間      c) 細くなったとき  
(a) J<sub>14</sub> 漏斗



a) 指を離した直後      b) 中間      c) 細くなったとき  
(b) JPO 漏斗

写真-1 PC グラウトの流出状況

### 3. 流下時間の判定

PC グラウトを漏斗上面まで注いでならした後、流出口の指を離してグラウトを流出させた状況を写真-1に示す。指を離した直後とグラウト流が細くなった時、およびこれらのほぼ中間の時間における時の、それぞれグラウト流を示している。この写真に示すように、 $J_{14}$  漏斗と JPO 漏斗のいずれも同じグラウト流を経過するが、グラウト流が急激に細くなる状況は、 $J_{14}$  漏斗に比べて JPO 漏斗を用いた方が明瞭である。すなわち、グラウト流は時間とともに細くなっていくが、それが急激に細くなる状況は  $J_{14}$  漏斗の代わりに JPO 漏斗を用いると非常に明瞭である。なお、グラウト流が細くなってから初めて途切れるまでの時間は、PC グラウトの品質によって異なり、数秒かかる PC グラウトもある。

### 4. 流出管の影響

図-2は、流出管の長さを  $J_{14}$  漏斗が 0mm と仮定して横軸にとり、PC グラウト流が急激に細くなるまでの時間を流下時間として縦軸にとり、測定値をプロットしたものである。 $J_{14}$  漏斗の場合はグラウト流が急激に細くなるまでの時間を判定するのが困難であるが、流出管の長さが 30mm の JP 漏斗の場合に急激に細くなったときのグラウト流の太さとほぼ等しく PC グラウト流が細くなった時を、 $J_{14}$  漏斗を用いた場合の流下時間として採った。

流出管の長さが長くなると、流下時間は長くなっている。このことは、流出管の存在によりグラウト流の流れが妨げられるためである。流出管の長さとともに流下時間が長くなる傾向は、粘性の大きさに関わらずすべての PC グラウトについてほぼ等しいことも認められる。なお、流出管の長さが流下時間に及ぼす影響は、PC グラウトの粘性が小さいほど緩和されている。

流出管の長さが 30mm の JP 漏斗における流下時間と  $J_{14}$  漏斗および JPL 漏斗における流下時間との関係を図-3に示す。JP 漏斗の流下時間で 30 秒まで、JP 漏斗と  $J_{14}$  漏斗ならび

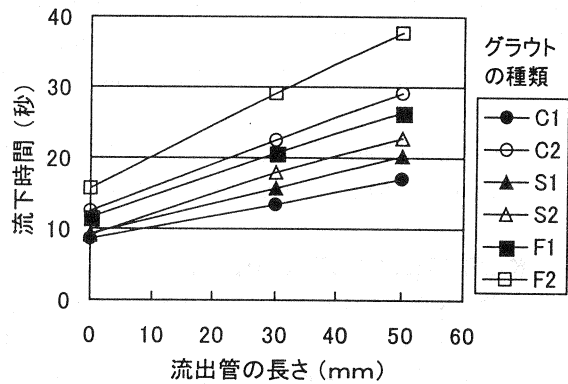


図-2 流出管の長さとの流下時間

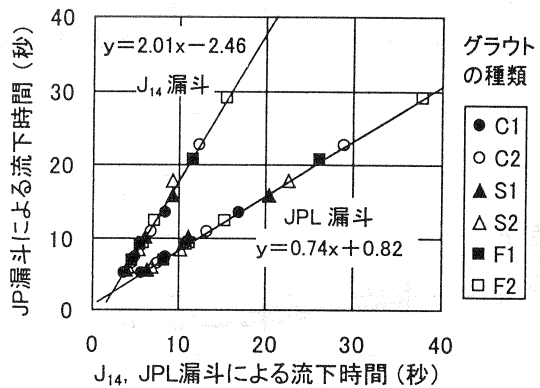


図-3 JP 漏斗と  $J_{14}$  漏斗および JPL 漏斗の流下時間との関係

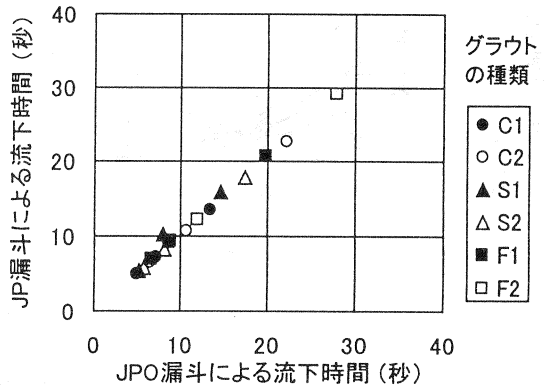


図-4 流出管の設置方法が異なる漏斗における流下時間

に JP 漏斗と JPL 漏斗のそれぞれの流下時間の間には、ほぼ直線関係が認められる。その直線関係式を、以下に述べるが、それぞれ図中に示すように表される。

JP 漏斗と J<sub>14</sub> 漏斗の流下時間の関係を式(1)に、また JP 漏斗と JPL 漏斗の流下時間の関係を式(2)に示す。

$$y=2.01x-2.46 \quad \cdots\text{式(1)}$$

ここに、y: JP 漏斗による流下時間(秒)

$$y=0.74x+0.82 \quad \cdots\text{式(2)}$$

x: J<sub>14</sub> 漏斗あるいは JPL 漏斗による流下時間(秒)

### 5. 流出管の設置方法が異なる漏斗による流下時間

流出管の長さが 30mm と同じではあるが、これを溶接で設置した JP 漏斗と、流出管を特別に製作して J<sub>14</sub> 漏斗にテープで設置した JPO 漏斗で測定した流下時間を図-4 に示す。この図より、流下時間が 5 秒と粘性の小さな PC グラウトを用いた場合において、また流下時間が 30 秒と粘性の大きな PC グラウトを用いる場合においても、JP 漏斗と JPO 漏斗で測定した流下時間は等しいとみなすことができる。

### 6. 流下時間に及ぼす水結合材比の影響

各漏斗による PC グラウトの流下時間と水結合材比 W/B との関係を図-5 に示す。先述のように、漏斗の

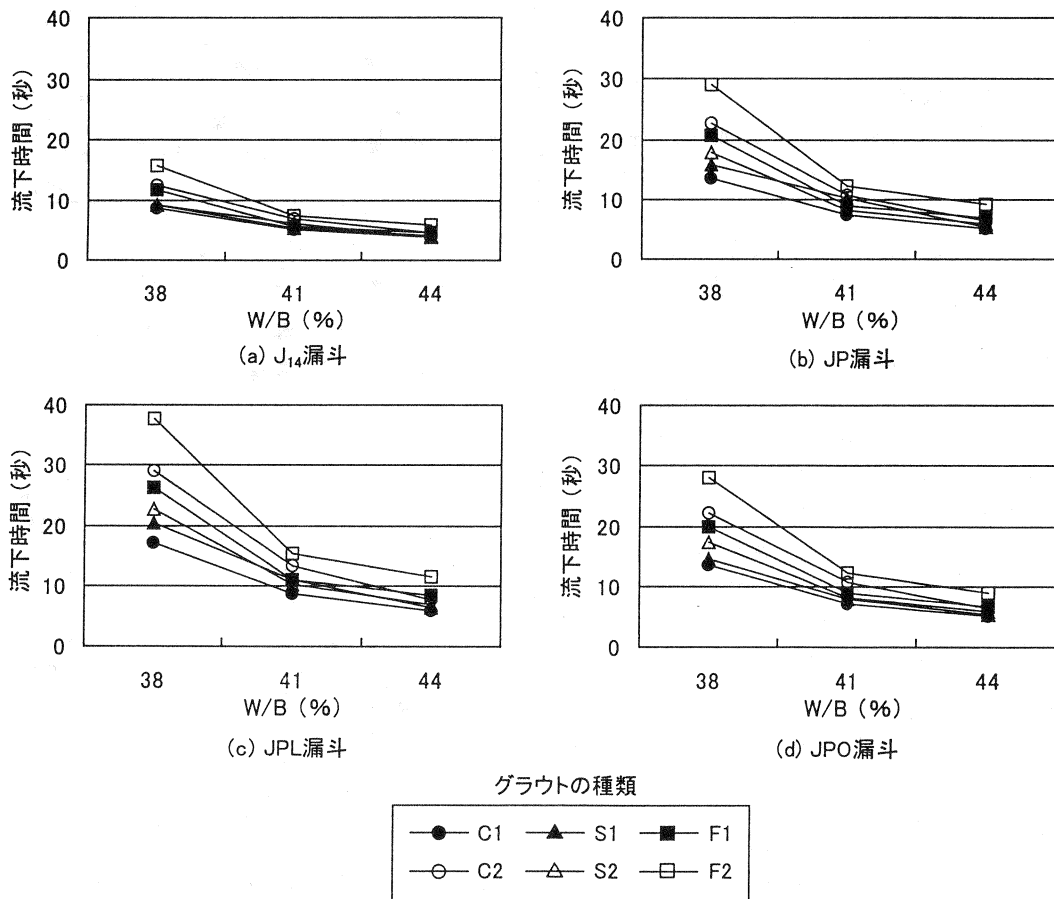


図-5 流下時間に及ぼす水結合材比の影響(練混ぜ直後)

種類が異なると PC グラウトの流下時間の値は異なるが、水結合材比が大きい PC グラウトほど、流下時間が小さくなることは明瞭である。また、PC グラウト用混和剤として混和剤1を用いた PC グラウトが混和剤2を用いたものよりも流下時間が小さくなる傾向も、水結合材比が小さい PC グラウトほど著しいが、いずれの水結合材比および結合材の種類においても、またいずれの漏斗を用いても、等しく認められる。

### 7. 流下時間の経時変化

図-6には、練混ぜ直後から60分後までの PC グラウトの流下時間の経時変化を、水結合材比 W/B ごとに示す。普通ポルトランドセメントを用いた場合を例に示す。水結合材比 W/B が 38%、41%、44%のいずれの PC グラウトの流下時間は、60分間まで放置してもほとんど変化しないことが認められる。このことは、4種類のいずれの漏斗を用いて測定しても同様である。

なお、水結合材比 W/B が大きくて粘性の小さい PC グラウトの場合には、漏斗の種類が変わっても流下時間に及ぼす影響が小さくなることも認められる。このような傾向は、普通ポルトランドセメントを用いた PC グラウトだけでなく、シリカフェュームセメントやフライアッシュを置換した PC グラウトにおいても等しく認められた。

### 8. JP 漏斗による流下時間

以上の測定結果から、 $J_{14}$  漏斗ではなく、これに流出管を設置した JP 漏斗、JPO 漏斗、JPL 漏斗のいずれを用いても、PC グラウトの流下時間を個人誤差が小さくて測定できることが明らかになった。そして流出管の長さを長くすると流下時間が大きくなるとともに、流出管を溶接とテープで設置するいずれの漏斗でも同じ流下時間が測定できることが明らかになった。

流出管の長さとしては、JA 漏斗と同じく 30mm とすることを提案する。また流出管の

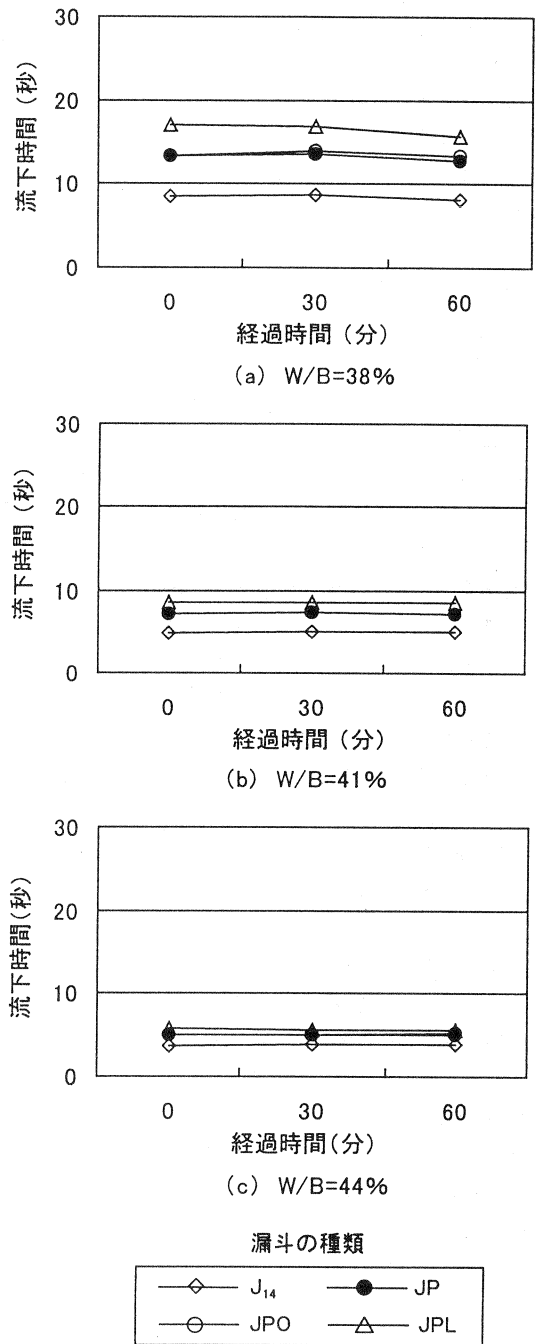


図-6 流下時間の経時変化 (普通セメント)

設置は、予め溶接する方が、その後の取扱いも容易と考えられる。すなわち、JPO 漏斗よりはJP 漏斗を提案する。

図-7には、JP 漏斗によるPCグラウトの流下時間をまとめて示す。先述したように、3種類の結合材を用いたPCグラウトの流下時間は、練混ぜ後60分間放置してもほとんど低下していないことが確かめられた。この傾向は、PCグラウト用混和剤および水結合材比が異なっても等しく認められる。

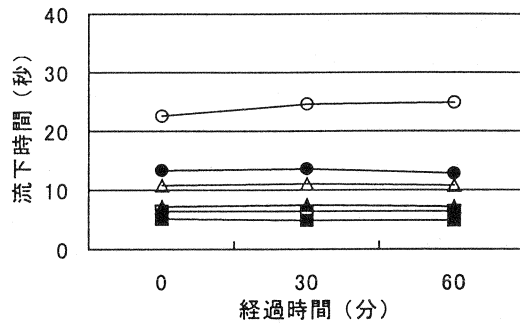
### 9. あとがき

ノンブリーディングタイプのPCグラウトの流下時間を測定する際に、グラウト流が途切れることの判定が困難なPCグラウトが多くなってきた。このことに対処するため、 $J_{14}$ 漏斗の先端に流出管を設置することを考え、流出管の長さや設置方法を変えた漏斗により各種のPCグラウトの流動性を試験した結果を報告した。流出管を設置することにより、 $J_{14}$ 漏斗よりPCグラウト流が急激に細くなることを判定するのが容易となり、ここまでの時間を流下時間として定義することにした。そして、長さが30mmの流出管を溶接で設置したJP漏斗を、PCグラウトの流動性評価試験に用いることを提案した。

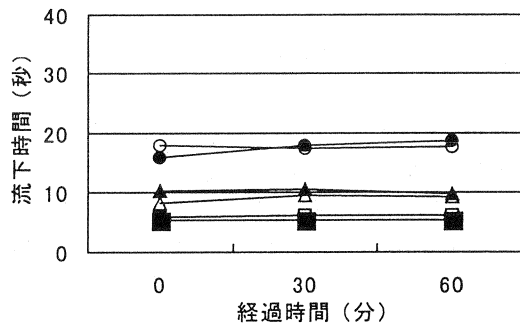
本研究の実施に際しては、(社)プレストレストコンクリート建設業協会の耐久性委員会(徳良賢一委員長)の皆様方に多大なご助力を頂きました。厚くお礼申し上げます。

(参考文献) 1) 辻 幸和, 池田 正志, 橋本 親典, 浦野 真次: 高強度PCグラウトの製造に関する基礎研究, プレストレストコンクリート,

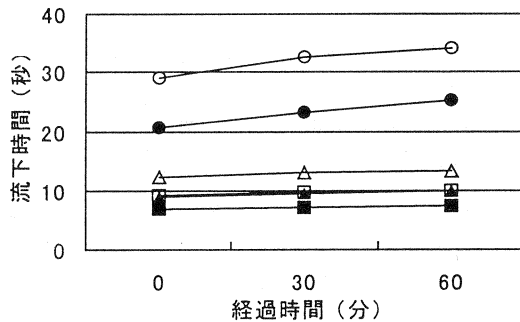
Vol.36, No.3, May 1994, pp.47~56



(a) 普通ポルトランドセメント



(b) シリカフュームセメント



(c) フライッシュセメント

グラウトの種類

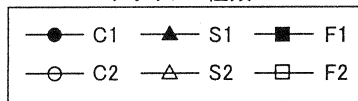


図-7 JP 漏斗による流下時間