

PCグラウトのブリーディング率および体積変化率の統一試験

(株)ポゾリス物産 正会員 ○岩永 豊司
 ドーピー建設工業(株) 正会員 濱田 謙
 日本道路公団 試験研究所 正会員 野島 昭二
 群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和

1. はじめに

所要の品質を満足する PC グラウトを得るためには、グラウト材料の選定および製造を適切に行うと同時に、PC グラウトの品質を適切に評価できる照査項目に対して品質管理試験を実施する必要がある。我が国におけるPC グラウトのブリーディング率および体積変化率の試験方法は、ポリエチレン袋方法 (JSCE-F 532) により管理されているが、近年、海外では鉛直管試験¹⁾、傾斜管試験²⁾と呼ばれる比較的大きな試験体による試験方法が規格化されつつある。現在、規格の国際整合化も視野に入れた PC グラウトの合理的な品質管理システムを構築することが求められていることから、今回、高粘性型・低粘性型・超低粘性型の PC グラウトを用いた統一試験を実施した。

本稿は、ブリーディング率および体積変化率に着目し、統一的な評価試験方法を提案するために行った基礎検討結果の一部を報告するものである。

2. 試験概要

2.1 試験方法

試験概要を表-1に示す。ブリーディング率および体積変化率は、海外で規格化されつつある傾斜管試験および鉛直管試験を実施し、体積変化率に関しては、土木学会規準の容器方法を併せて実施した。流動性試験では、土木学会規準に規定されているJA漏斗およびJP漏斗の他に、海外で規格化されている Marsh コーンの試験を実施するとともに、形状の異なるコーンを使用したフロー試験を併せて実施した。また、PC グラウトの水セメント比を検査することを目的として、単位容積質量を質量方法により実施した。

(1) 傾斜管試験

傾斜管試験の概要図を図-1に示す。傾斜管試験は、内径79mm×長さ5000mmの透明管の中にφ15.2のPC鋼より線を12本束ねて配置し、管を30°の角度で固定する。PCグラウトを傾斜管に沿って4750mm程度まで注入し、ブリーディング水や気泡などの移動状況を観察した後、ブリーディング量と体積変化量を計測した。なお、ブリーディング率および体積変化率は式1、式2より算出した。

表-1 試験概要

評価項目		試験項目	項目	使用材料	備考
品質管理 試験項目 の検討	ブリーディング率 体積変化率	① 傾斜管 試験	グラウト注入長:4750mm PC鋼より線:φ15.2×12本	超低粘性 :1材料 低粘性 :3材料 高粘性 :4材料 合計 :8材料	・海外で適用されている 試験方法の検討
		② 鉛直管 試験	グラウト注入長:1500mm PC鋼より線:φ15.2×1本		
	体積変化率	③ 容器方法	JSCE-F 533		・収縮に関する基礎データ
	流動性試験	④ 漏斗試験	JP漏斗, JA漏斗, Marshコーン		・ブリーディング率および 体積変化率との関係を 検討
		⑤ フロー試験	内径50mm×高さ51mm 内径50mm×高さ100mm JISコーン(JIS R 5201)		
	単位容積質量	⑥ 単位水量	質量方法(JIS A 1116) 各種単位水量計		・新たな試験方法として 適用性を検討

ブリーディング率 (%) = $L_w/L_g \times 100$ 式1
 体積変化率 (%) = $\Delta L_g/L_g \times 100$ 式2

ここに、 L_g : グラウト注入長

L_w : 傾斜管に沿ったブリーディング水の高さ

ΔL_g : グラウト注入長の変化量

(2) 鉛直管試験

鉛直管試験の概要図を図-2に示す。鉛直管試験は、内径 68mm×長さ 1700mm の透明管の中に $\phi 15.2$ の PC 鋼より線を鉛直管中心に 1 本配置する。PC グラウトは高さ 1500mm 程度まで注入し、その後、ブリーディング率、体積変化率を測定した。なお、ブリーディング率および体積変化率は式 3、式 4 により算出した。

ブリーディング率 (%) = $h_w/h_g \times 100$ 式3

体積変化率 (%) = $\Delta h_g/h_g \times 100$ 式4

ここに、 h_g : グラウト高さ

h_w : ブリーディング水の高さ

Δh_g : グラウト高さの変化量

(3) 体積変化率 (容器方法)

容器方法による体積変化率は、土木学会規準 (JSCE-F 533) に準拠した。

(4) 漏斗試験

JA 漏斗および JP 漏斗は、土木学会規準 (JSCE-F 531) に、また、Marsh コーンは、fib マニュアル (EN445:1997) に準拠した。

(5) フロー試験

フローコーンは、内径 50mm×高さ 51mm (JASS 15M-103)、内径 50mm×高さ 100mm (以後、修正 JASS コーン)、上部内径 70mm~下部内径 100mm×高さ 60mm (JIS R 5201) の 3 種類を使用し、試験方法は建築学会規準 (JASS15 M-103) に準拠した。

(6) 単位容積質量

単位容積質量は、JIS A 1116 の質量方法に準拠した。

2.2 使用材料および PC グラウトの配合

PC グラウトの配合を表-2に示す。PC グラウトの粘性の種類は、高粘性型、低粘性型、超低粘性型の 3 種類とした。材料の構成は、

セメントと水に PC グラウト用混和剤を添加するタイプ 4 種類、およびプレミックスタイプの 4 種類の計 8 材料について実施した。なお、セメントは、E-2 のみ高炉セメント B 種を使用し、ほかは普通ポルトランドセメントを使用した。

表-2 PC グラウトの配合

材料	水結合材比 W/B (%)	結合材 B (kg)	水 W (kg)	混和剤 (kg)	備考	粘性
A-1	45.0	78 ※1	35.1	0.78	混和剤添加率=C×1.0%	低粘性
A-2	42.0	78 ※1	32.8	0.78	混和剤添加率=C×1.0%	高粘性
B-1	40.0	75	30.0	—	プレミックスタイプ	低粘性
C-1	30.0	95	28.5	—	プレミックスタイプ	超低粘性
D-1	30.5	100	30.5	—	プレミックスタイプ	低粘性
D-2	25.0	120	30.0	—	プレミックスタイプ	高粘性
E-1	42.0	78 ※1	32.8	1.56	混和剤添加率=C×2.0%	高粘性
E-2	42.0	78 ※2	32.8	1.56	混和剤添加率=C×2.0%	高粘性

※1 : 普通ポルトランドセメント

※2 : 高炉セメント B 種

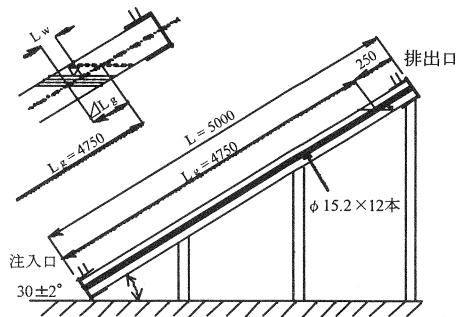


図-1 傾斜管試験の概要図

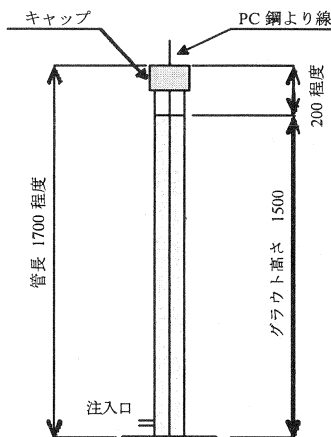


図-2 鉛直管試験の概要図

3. 試験結果および考察

3.1 ブリーディング率

傾斜管試験および鉛直管試験によるブリーディング率の試験結果を表-3および図-3に示す。傾斜管試験と鉛直管試験は、管中にPC鋼より線を配置することによって毛細管現象（ローソクの芯現象）を再現でき、実際のダクトに近い状況でブリーディング率を評価する試験方法である。本試験では、傾斜管試験でブリーディングが観測された材料は、鉛直管試験でも同様に観測され、ブリーディング率は小さくなった。

3.2 体積変化率

体積変化率の試験結果を表-3および図-4に示す。体積変化率は、傾斜管試験で2.6~10.6%、鉛直管試験で0.3~0.5%、容器方法で1.63~2.41%となり、試験方法によって大きな差が生じた。その理由としては、傾斜管試験は、他の試験方法に比べてPCグラウトの注入量が多く、かつPC鋼より線の本数が多いことから、自重の圧密による体積変化の影響を受けていると推測される。また、容器方法は、他の試験方法に比べて試料が少ないために、乾燥の影響を受けているのではないかと推測される。さらに、傾斜管試験は、PC鋼より線が12本配置されていることや体積変化後もPCグラウトが管の内面に付着していることが原因で、体積変化量を正確に測定するのが難しいことが確認された。

3.3 流動性とブリーディング率の関係

流動性試験の試験結果を表-4に示す。また、JP漏斗値および修正 JASS コーンのフロー値と鉛直管試験におけるブリーディング率の関係を図-5、図-6に示す。本試験では、流下時間の大小とブリーディング率の間には相関は認められなかった。同様に、フロー値の大小とブリーディング率の間にも相関は認められなかった。

3.4 流動性と体積変化率の関係

JP漏斗値および修正 JASS コーンのフロー値と鉛直管試験における体積変化率の関係を図-7、図-8に示す。本試験では、流下時間と体積変化率、およびフロー値と体積変化率の間には、ブリーディング率と同様に相関は認められなかった。

表-3 試験結果（ブリーディング率，体積変化率）

材料	傾斜管試験			鉛直管試験		容器方法
	ブリーディング率 (%)	体積変化率 (%)	目視観察	ブリーディング率 (%)	体積変化率 (%)	体積変化率 (%)
A-1	1.9	-5.2	上面部分にブリーディング水が発生	0.2	-0.5	-1.63
A-2	0.0	-	-	0.0	-	-1.82
B-1	5.6	-10.6	上面部分にブリーディング水が発生	0.1	-0.5	-2.03
C-1	0.0	-2.6	極所的に白っぽい変色部分	0.0	-0.3	-2.33
D-1	0.0	-3.1	多少気泡の発生	0.0	-0.5	-2.41
D-2	0.0	-3.1	多少気泡の発生， 極所的に白っぽい変色部分	0.0	-0.3	-2.04
E-1	0.0	-4.3	極所的に白っぽい変色部分	0.0	-0.3	-2.40
E-2	0.0	-3.5	外観変化なし	0.0	-0.3	-

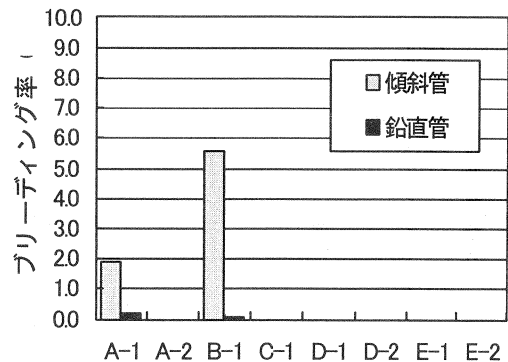


図-3 各種PCグラウトのブリーディング率

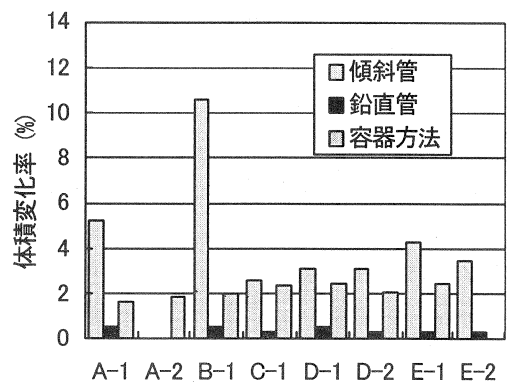


図-4 各種PCグラウトの体積変化率

表-4 試験結果（流動性試験）

材料	漏斗試験			フロー試験			グラウト温度 (°C)	単位容積質量 (g/cm ³)
	JA漏斗 (秒)	JP漏斗 (秒)	Marsh (秒)	JASS (mm)	修正JASS (mm)	JIS (mm)		
A-1	74	6.5	35.4	144	194	232	24	1.901
A-2	165	12.7	70.0	139	185	223	26	1.919
B-1	65	6.6	33.0	220	295	361	22	1.907
C-1	35	4.4	16.5	183	246	320	24	2.026
D-1	97	9.5	46.8	233	311	381	22	2.031
D-2	230	18.2	118.2	197	260	318	26	2.128
E-1	161	14.7	66.7	193	253	317	24	1.909

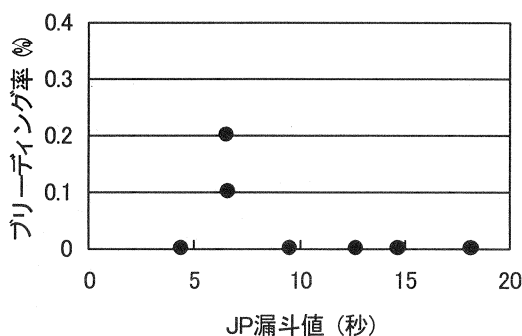


図-5 流下時間とブリーディング率

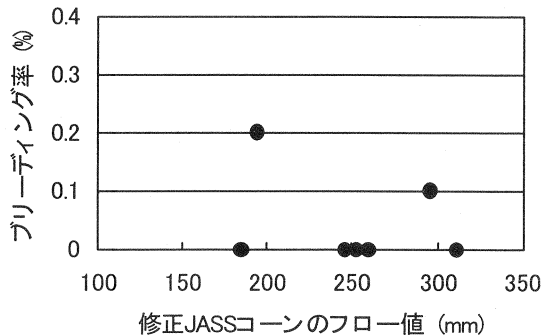


図-6 フロー値とブリーディング率

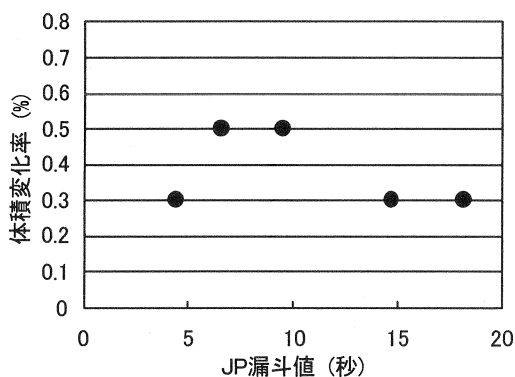


図-7 流下時間と体積変化率

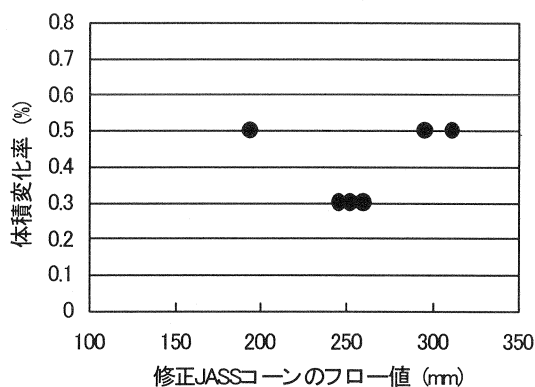


図-8 フロー値と体積変化率

4. まとめ

(1) ブリーディング率を測定する試験方法として、海外で適用されている傾斜管試験および鉛直管試験を実施した結果、傾斜管試験でブリーディングが観測された材料は、鉛直管試験でも同様に観測され、ブリーディング率は小さくなった。

(2) 体積変化率は、試験方法によって差が大きい結果となった。これまでの評価試験では PC グラウトの初期沈降だけを評価してきたが、今後は硬化収縮も含めた体積変化の影響や、ダクト内に拘束された状態での体積変化との相関を調査し、統一した体積変化率試験を規格化していく必要があると考えられる。

(3) 傾斜管試験で体積変化量を正確に測定することは難しいことが確認された。

(4) 流下時間およびフロー値とブリーディング率の間には相関が確認されなかった。

(5) 流下時間およびフロー値と体積変化率の間には相関が確認されなかった。

本稿は、プレストレストコンクリート技術協会 PC グラウトの設計・施工規準作成委員会 品質試験WGの平成15年度の活動成果の一部を報告したものである。

【参考文献】

- 1) EOTA : Guideline for European Technical Approval of POST-TENSION KITS FOR PRESTRESSING OF STRUCTURES, European Organization for Technical Approval, 2002
- 2) fib : Grouting of Tendons in Prestressed Concrete, fib(bulletin 20), 2002