

## PC グラウトの使用材料が材料分離抵抗性に影響を与える要因

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 野島 昭二  
(株)高速道路総合技術研究所 正会員 緒方 辰男

### 1. はじめに

PC グラウトには、PC 鋼材の保護と、部材コンクリートと緊張材とを付着により一体とするために、ダクト内の充てん性を確保する性能が求められる<sup>1)</sup>。東・中・西日本高速道路株式会社(以下、「NEXCO」という)では、PC グラウトの性能を材料分離抵抗性試験(傾斜管方法)、およびブリーディング率、および体積変化率試験(鉛直管方法)<sup>2)</sup>により確認するものとしている<sup>3)</sup>。傾斜管方法、鉛直管方法によるブリーディングの発生には相関関係があるとされている<sup>4)</sup>が、増粘剤やセメント材料を変化させて検討した事例はない。本報告は、グラウト混和剤を構成する増粘剤の種類と配合量、セメントの種類とその購入日、および W/C などを要因として、PC グラウトの性能を確認したものである。試験は低粘性型グラウト<sup>5)</sup>を対象とした。材料分離抵抗性のタフさの評価を目的に、標準配合とは異なる W/C が 45% を上回る配合についても確認した。

### 2. 試験概要

#### 2.1 使用材料

試験に使用した材料を表-1 に示す。グラウト混和剤はメラミンスルホン酸系化合物(分散剤)と水溶性高分子エーテル系化合物(増粘剤)を主成分とするものである。増粘剤は使用原材料が異なる A および B の 2 種類で、G1 < G2 < G3 < G4 の順に増粘剤の配合量が多いことを示す。セメントは市販の袋セメント(25kg)で、種類の異なる 6 種類の普通ポルトランドセメントを単体もしくは 3 種類(C1, C2, C3)を等量混合して用いた。C1, C2 および C3 は、購入日の異なるものも試験に供したので、C1-1, C1-2 のように示す。

#### 2.2 グラウトの練混ぜ

使用したグラウトミキサの仕様ならびにグラウトの練混ぜ方法を表-2 に示す。各試験における PC グラウトの注入には、ダイヤフラム式(手動式)のグラウトポンプを使用した。

#### 2.3 試験方法

表-3 に試験項目、試験方法および NEXCO の判定基準を示す。材料分離抵抗性試験の判定は、次に示す観察結果に基づき分類され、a) または b) と判定された場合において適合となる。

- ブリーディングは認められない
- ブリーディング水の移動は認められるが、上端に集中して留まらない
- 材料分離が生じ、上端にブリーディング水が集中し留まる状態である

表-1 使用材料

グラウト混和剤	増粘剤 A	G1-A, G2-A, G3-A, G4-A
	増粘剤 B	G1-B, G4-B
セメント	C1, C2, C3, C4, C5, C6 の 6 種類の普通ポルトランドセメント	
水	上水道水	

表-2 グラウトミキサの仕様ならびに練混ぜ方法

グラウト ミキサ	MG-100 型グラウトミキサ (かくはん翼回転数: 1000rpm)	
練混ぜ方法	水 + 混和剤 30 秒攪拌	セメント (60 秒間で投入) 全材料投入後 180 秒間攪拌

表-3 試験項目、試験方法および判定基準

試験項目	試験方法	判定基準
流動性	JSCE-F531-1999 (JP 漏斗)	低粘性型: 6 ~ 14 秒 (目標 8 ± 1 秒)
材料分離抵抗性	JHS 419-2004	a) または b)
ブリーディング率	JHS 420-2004	0.3% 以下
体積変化率	JHS 420-2004	-0.5 ~ +0.5%

2.4 試験の組合せ

試験の要因と水準を表-4に示す。

シリーズでは、グラウト混和剤を構成する増粘剤の種類、普通ポルトランドセメントの種類がPCグラウトの諸性状に及ぼす影響について検討し、シリーズでは増粘剤の配合量が主に材料分離抵抗性に及ぼす影響について検討を行った。

表-4 試験の要因と水準

シリーズ	要因	水準
	W/C(%)	42.5, 44.0, 45.0
	セメントの種類	単体使用: C1-1, C1-2, C2-1, C2-2, C3-3, C4, C5, C6 等量混合: C1-1/C2-1/C3-1, C1-1/C2-1/C3-2, C1-2/C2-2/C3-3
	増粘剤の種類	増粘剤A(G1-A), 増粘剤B(G1-B)
	W/C(%)	44.0, 46.0, 46.5
	セメントの種類	等量混合: C1-2/C2-2/C3-3
	増粘剤の種類	G1 < G2 < G3 < G4 の順で増粘剤を増量

表-5 グラウト試験結果

セメント	W/C (%)	JP 漏斗流下時間(秒)		ブリーディング率(%)		体積変化率(%)		材料分離抵抗性	
		G1-A	G1-B	G1-A	G1-B	G1-A	G1-B	G1-A	G1-B
C1-1	44.0	6.9	7.2	0.09	0	-0.42	-0.39	c	c
C1-2	44.0	8.8	7.7	0.09	0.02	-0.33	-0.40	a	c
C2-1	44.0	7.2	-	0	-	-0.23	-	c	-
C2-2	44.0	8.2	7.5	0	0.0	-0.27	-0.30	a	a
C3-3	44.0	7.5	7.7	0.13	0.09	-0.33	-0.43	a	c
C4	44.0	7.4	8.1	0.21	0.08	-0.35	-0.40	a	c
C5	44.0	7.3	7.1	0.24	0.13	-0.40	-0.41	a	c
C6	45.0	9.0	10.3	0	0.16	-0.20	-0.40	a	a
C1-1/C2-1/C3-1	44.0	6.6	7.0	0.05	0	-0.35	-0.42	c	c
C1-1/C2-1/C3-1	42.5	7.8	8.3	0.03	0.09	-0.32	-0.36	c	c
C1-1/C2-1/C3-2	44.0	7.5	7.4	0.03	0.16	-0.35	-0.54	c	c
C1-2/C2-2/C3-3	44.0	8.1	7.6	0.17	0.02	-0.34	-0.34	a	c

3. 試験結果

3.1 シリーズ

試験結果を表-5に示す。図-1~3に増粘剤の違いによるPCグラウトのJP漏斗流下時間、ブリーディング率および体積変化率の関係をセメントの種類ごとに示した。

グラウト混和剤 G1-A に対する G1-B の JP 漏斗流下時間は、-1.1 ~ +1.3 秒 (平均 +0.07 秒) 変化した。グラウト混和剤 G1-A に対する G1-B のブリーディング率は、-0.15

~ +0.13% (平均 -0.03%) 変化した。グラウト混和剤 G1-A に対する G1-B の体積変化率は、-0.20 ~ +0.03% (平均 -0.07%) 変化した。

このように、グラウト混和剤を構成する増粘剤の種類の違いによりPCグラウトの流動性、ブリーディング率および体積変化率は若干変化するが、その変化の程度はセメント種類により異なること、また、変化の程度を平均値でみるとその差は非常に小さいことが明らかとなった。

一方、材料分離抵抗性は、セメントの種類あるいは購入日により異なること、ブリーディング率および体積変化率が基準値を満足する配合であってもc判定となるケースのあることが明らかとなった。

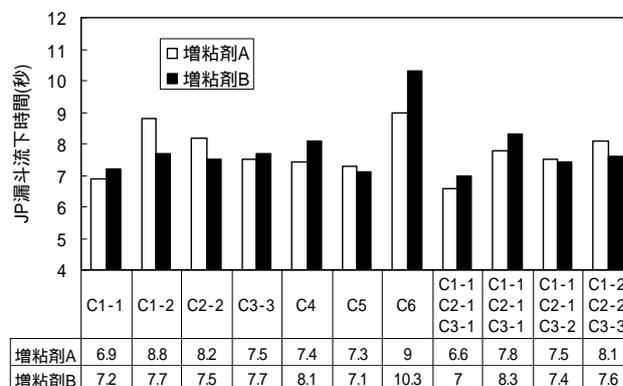


図-1 セメント種類とJP漏斗流下時間の関係

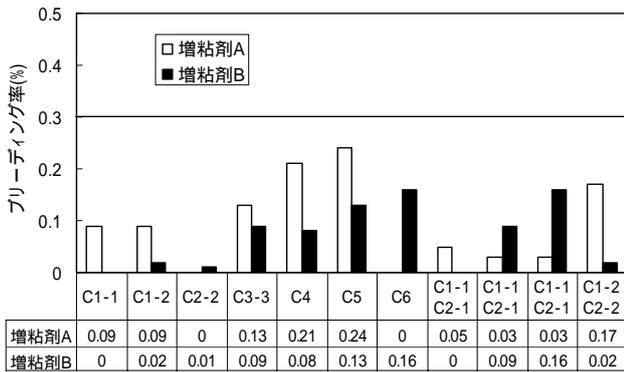


図-2 セメント種類とブリーディング率の関係

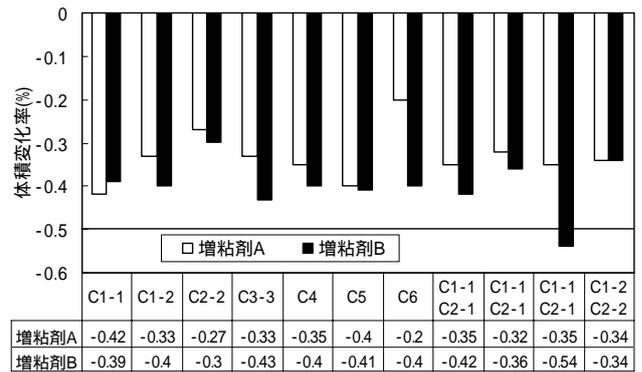


図-3 セメント種類と体積変化率の関係

なお、材料分離抵抗性の判定結果は、グラウト混和剤がG1-Aの場合で12ケースの内5ケースが、グラウト混和剤がG1-Bの場合で11ケースの内9ケースがc)判定であった。したがって、増粘剤の種類の違いによりPCグラウトの材料分離抵抗性は異なる傾向が認められた。

### 3.2 シリーズ

ここでは、増粘剤配合量がブリーディング率、および体積変化率と材料分離抵抗性の関係に及ぼす影響を検討した。

検討したグラウト混和剤は、シリーズ

で用いたG1-AおよびG1-Bに対して増粘剤を増量したG2, G3, G4である。なお、増粘剤を増加させた場合、JP漏斗の流下時間が大きくなるので、分散成分量を若干調整している。また、PCグラウトの水セメント比の上限値は45%であるが、材料分離抵抗性のタフさを評価するためにW/C=46.0% (G4-Bでは46.5%)の条件においても検討した。試験結果を表-6に示す。

増粘剤配合量および増粘剤の種類異なる6種類のグラウト混和剤のJP漏斗流下時間は、いずれのW/Cにおいても6.1~9.1秒であり、低粘性型の流動性の範囲内であった。また、ブリーディング率は0~0.08%、体積変化率は-0.33~-0.38%であり、いずれも基準値を満足するものであった。

また、材料分離抵抗性の判定がc)判定となる条件は、増粘剤の種類がAのケースではW/C=46.0%のG2タイプのみで、増粘剤の種類がBの場合はいずれのケースでもc)判定であった。

材料分離抵抗性をJP漏斗の流下時間と関連付けた場合、図-4に示すように、増粘剤の種類がAの場合はJP漏斗の流下時間が7秒以上の条件で材料分離抵抗性が良好なのに対して、増粘剤の種類がBの場合はJP漏斗の流下時間が9秒であっても良好な材料分離抵抗性が確保できない結果であった。

表-6 グラウト試験結果

セメント	グラウト混和剤	W/C (%)	JP漏斗流下時間 (秒)	ブリーディング率 (%)	体積変化率 (%)	材料分離抵抗性
C1-2 C2-2 C3-3 等量混合	G1-A	44.0	7.0	0.08	-0.34	a
	G2-A		7.4	0	-0.33	a
	G3-A		8.9	0	-0.33	a
	G2-A	46.0	6.1	0.03	-0.33	c
	G3-A		7.4	0	-0.34	a
	G4-A		9.1	0.02	-0.38	a
	G1-B	44.0	7.6	0.02	-0.34	c
	G4-B	46.5	9.0	0	-0.37	c

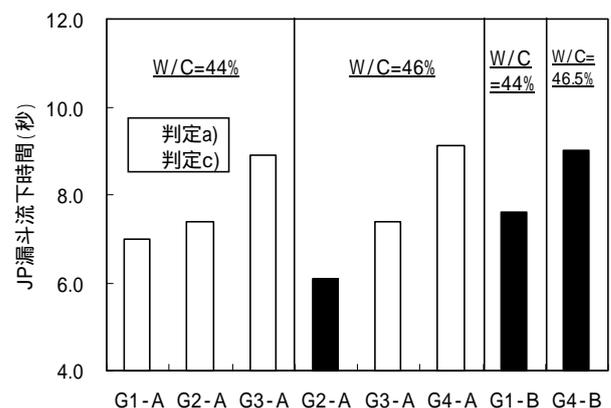


図-4 グラウト混和剤の種類とJP漏斗流下時間および材料分離抵抗性の関係

### 3.3 ブリーディング率および体積変化率と材料分離抵抗性の関係

図-5 は、鉛直管方法による体積変化率とブリーディング率の関係を図示したものである。これによると、傾斜管による材料分離抵抗性が a) 判定となる条件として、必ずしも鉛直管方法によるブリーディング率の多少は関係なく、むしろ体積変化率が -0.35% 程度を超える領域で c) 判定となるケースの多いことが見受けられる。

体積変化率が大きくなる要因として セメントクリンカーの鉱物組成、セメントの混合物 (例えばスラグなど)、グラウト混和剤の構成成分に起因する凝結特性や収縮特性などが考えられる。

しかしながら、本試験の範囲では、PC グラウトの体積変化率に対する影響因子を特定するには至らず、これについては今後の課題とする。

### 4. まとめ

低粘性型 PC グラウトについて、グラウト混和剤を構成する増粘剤の種類、増粘剤の配合量、セメントの種類および購入日、W/C などを要因として材料分離抵抗性試験 (傾斜管方法)、およびブリーディング率、および体積変化率試験 (鉛直管方法) を実施した結果、次のような知見が得られた。

- (1) グラウト混和剤を構成する増粘剤の種類の違いにより、流動性、ブリーディング率および体積変化率に大きな違いは認められないものの、材料分離抵抗性には差が見られた。
- (2) セメントの種類や購入日の違いにより、同じ混和剤を用いても材料分離抵抗性に違いが見られた。
- (3) ブリーディング率および体積変化率が基準値を満足していても、材料分離抵抗性の判定が c) となるケースが見られた。
- (4) 増粘剤配合量の異なるグラウト混和剤の材料分離抵抗性を JP 漏斗の流下時間と関連付けた場合、増粘剤の種類が A の場合、JP 漏斗の流下時間が 7 秒以上の条件で材料分離抵抗性をクリアするのに対して、増粘剤の種類が B の場合は JP 漏斗の流下時間が 9 秒であっても材料分離抵抗性が確保できない結果であった。
- (5) 材料分離抵抗性の判定結果と体積変化率あるいはブリーディング率との相関性は明確ではなかったが、体積変化率の大きい場合に材料分離抵抗性の判定結果が c) となるケースが多い傾向が見られた。

PC グラウトの設計施工指針<sup>⑥</sup>によると、材料分離抵抗性試験は製品ごとに 1 回実施すればよく、定期的にチェックすることとなっていない。セメントの種類や購入日により材料分離抵抗性試験の結果が異なることから、定期的に試験を実施し、PC グラウトの性能をチェックする必要がある。

### 参考文献

- 1) 社団法人土木学会：コンクリート標準示方書 [ 施工編 ], 2008.3
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社：試験方法第 4 編構造関係試験方法, 2008.8
- 3) 東・中・西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領, 2008.8
- 4) 岩永豊司・濱田譲・野島昭二・辻幸和：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, 第 13 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.171-174, 2004.10
- 5) 社団法人プレストレストコンクリート建設業協会：PC グラウト & プレグラウト PC 鋼材施工マニュアル (2006 年改訂版), 2006.10
- 6) 社団法人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指針, 2005.12

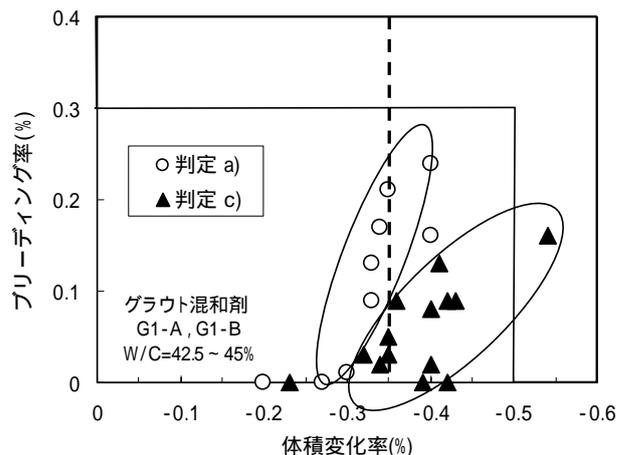


図-5 体積変化率とブリーディング率の関係