

PC グラウト材料の変遷と今後の方向性

岩永 豊司 *1・永瀨 強 *2・山下 直樹 *3・小松 茂 *4

1. はじめに

プレストレストコンクリートのポストテンション部材において、PC グラウトの品質および確実な施工は、その耐久性に大きな影響を及ぼします。そして、その PC グラウトの品質を支える重要な材料がグラウト混和剤およびプレミックス材（本稿では両材料をあわせて、以下、PC グラウト材料と呼びます）です。

PC グラウトに要求される性能は、PC 鋼材を腐食から保護すると同時に、PC 鋼材とコンクリートの一体化を確保することです。PC グラウト材料は、その要求性能を満足するための材料として、プレストレストコンクリートの普及とともに研究開発、製品化が進められ今日に至っております。

本文では、わが国における PC グラウト材料の変遷と現在市販させているその種類および今後の開発の方向性について概説します。

2. PC グラウト材料の変遷

わが国で PC グラウトの品質および試験方法が体系化されたのは、1960 年代に入ってからです。当時の PC グラウト材料は、遅延形のセメント分散剤とアルミニウム粉末を併用するという手法が推奨されてきました。

遅延形のセメント分散剤を使用する理由としては、セメントの分散効果による低水セメント比化と、流動性の保持性能にその効果を期待していました。またアルミニウム粉末は、水素ガスの発生による膨張性を利用し、沈下収縮の防止と生じた圧力によってシーす内との付着力を向上させ、かつその圧力による脱水作用を利用し、ブリーディング水を外部に排出する効果にも期待していました。

こうして 1960 年代は、遅延形のセメント分散剤とアルミ

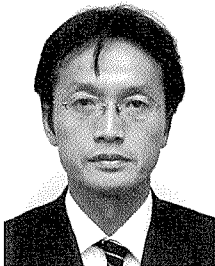
ニウム粉末を併用する方法によって PC グラウトは製造されてきました。しかしアルミニウム粉末の使用量が微量であること、またその計量誤差が PC グラウトの品質に大きく影響することから、セメント分散剤とアルミニウム粉末を混合し、かつ精度よく包装された製品が望まれるようになりました。そして 1970 年代は、セメント分散剤とアルミニウム粉末を混合した製品が普及することになります。この 1960 ~ 1970 年代が、わが国における PC グラウト材料の第一世代になると思います。

この時代の PC グラウトは、ブリーディングが発生することを前提に、できるだけブリーディングを抑制しながら、水素ガスによる膨張性を利用してシーすとの一体化を図るという手法でした。

第二世代の PC グラウト材料は、1980 年代から登場し、ノンブリーディング型であることにその特長があります。第一世代の PC グラウト材料とちがってノンブリーディングを前提にしていることから、プレストレストコンクリー

	PC グラウト材料	1960年	1970年	1980年	1990年	2000年	⇒将来	
第一世代	遅延形のセメント分散剤とアルミニウム粉末の使用	■						
第二世代	ノンブリーディング型のグラウト混和剤とプレミックス材			■				
第三世代	新しいレオロジー特性を有する材料？						■	

図 - 1 PC グラウト材料の変遷



*1 Toyoshi IWANAGA

(株) ポゾリス物産 混和剤営業部



*2 Tsuyoshi NAGABUCHI

新日鐵高炉セメント(株) SL 事業部



*3 Naoki YAMASHITA

太平洋マテリアル(株) 高機能建材営業部



*4 Shigeru KOMATSU

三菱マテリアル(株) 生産管理部

ト橋で使用する場合は、膨張性能は必要とせず、非膨張型かつノンブリーディング型の製品が普及することになり、現在も同タイプが現場で広く使用されています。

3. PC グラウト材料の種類

3.1 使用方法による分類

「PC グラウトの設計施工指針」²⁾ (以下、指針) では、PC グラウト材料を、その使用方法によって、グラウト混和剤とプレミックス材の2つに分類しています。

グラウト混和剤は、セメント質量に対して1.0～2.0%程度使用するタイプで、その主要成分は、高性能減水剤と増粘剤からなっています。現場で水、セメント、グラウト混和剤を練り混ぜることによってPCグラウトを製造することができます。

プレミックス材は、現場で水または混和液のみを加えることによって、所定の性能を有するPCグラウトを製造することができます。一般に、プレミックス材はグラウト混和剤と比較してコストアップとなりますが、PCグラウトの品質の安定性の点で優れています。その主要成分は、セメント、混和材、収縮低減材、高性能減水剤、増粘剤などからなり、その種類や構成比率は製造会社によって異なります。

表-1に、現在わが国で市販されている代表的なPCグラウト材料を示します。

3.2 流動性による分類

(1) 粘性による分類

現在市販されているPCグラウト材料は、その粘性の違いから、高粘性型、低粘性型、超低粘性型の3種類に分類することができます。指針では、JP漏斗試験による流下時間の目安を表-2の秒数で分類し、ダクト配置形状や注入方向によってそのタイプを選定することになっています。

(2) フローによる分類

これまでPCグラウトの流動性は、各種漏斗による流下時間をもって評価、管理されてきましたが、PCグラウトのレオロジー特性を評価するその他の方法として、フロー試験を併用する方法も提案されています。

指針作成のための品質試験WGの試験結果では、JP漏斗の流下時間は塑性粘度と大きな相関があることが明らかになってきました(図-2参照)³⁾。塑性粘度とは、流動中の速度に比例して増加する抵抗性であり、JP漏斗の流下時間は現場におけるPCグラウトの品質管理(水セメント比の

表-2 JP漏斗試験による流動性区分

流動性別タイプ	JP漏斗試験による流下時間の目安(秒)
高粘性型	14以上
低粘性型	6～14
超低粘性型	6以下

表-1 PCグラウト材料の種類

分類	粘性タイプ	名称	主成分	使用セメント	製造会社(販売会社)
グラウト混和剤	高粘性型	ボゾリス GF-1720	メラミンスルホン酸系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	普通ポルトランドセメント	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	高粘性型	ボゾリス GF-1720(BB)	メラミンスルホン酸系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	高炉セメントB種	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	高粘性型	ボゾリス GF-1720(H)	ポリカルボン酸エーテル系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	早強ポルトランドセメント	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	低粘性型～高粘性型	セベックス 208	メラミン系高性能減水剤 増粘剤	普通ポルトランドセメント 高炉セメントB種	フォスロックジャパンリミテッド (極東鋼鉄コンクリート振興(株))
	低粘性型	ボゾリス GF-1700	メラミンスルホン酸系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	普通ポルトランドセメント	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	低粘性型	ボゾリス GF-1700(BB)	メラミンスルホン酸系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	高炉セメントB種	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	低粘性型	ボゾリス GF-1700(H)	ポリカルボン酸エーテル系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	早強ポルトランドセメント	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	低粘性型～超低粘性型	ボゾリス GF-1820	メラミンスルホン酸系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	普通ポルトランドセメント	(株)エヌエムビー (株)ボゾリス物産
	超低粘性型	ハイジェクター AD-1	ポリカルボン酸系化合物 無機系分離抑制材	普通ポルトランドセメント	太平洋マテリアル(株)
プレミックス材	高粘性型	エッセイバー PC2	ポリカルボン酸系高性能減水剤 セルロース系増粘剤 アルコール系消泡剤 石膏系収縮低減材	高炉セメントB種	新日鐵高炉セメント(株)
	高粘性型～低粘性型	MPG-H	メラミン系高性能減水剤 セルロース系増粘剤 遅延剤 石灰系微粉末	普通ポルトランドセメント	三菱マテリアル(株)
	低粘性型	エッセイバー PC	ポリカルボン酸系高性能減水剤 セルロース系増粘剤 アルコール系消泡剤 石膏系収縮低減材	高炉セメントB種	新日鐵高炉セメント(株)
	超低粘性型	ハイジェクター	シリカ質無機混和材 ポリカルボン酸系高性能減水剤 特殊混和剤	低熱ポルトランドセメント	太平洋マテリアル(株)

管理)の指標や、ポンプ圧力等の施工性の指標としてとらえることができます。また、フロー値は降伏値と大きな相関があることが明らかになってきました(図-3参照)³⁾。降伏値とは、流動を起こさせるのに必要な応力であり、フロー値はケーブルの曲下げ部等におけるPCグラウトの先流れ現象の指標になりうるということがわかってきています。

今回の指針では、フロー値のちがいによる分類分けをするまでにはいたりませんでした。わが国のPCグラウト材料は、その流動性においてそれぞれ特徴をもった製品が市販されています。そして、今後はフロー値という概念および性能がPCグラウト材料に要求されてくるものと考えております。

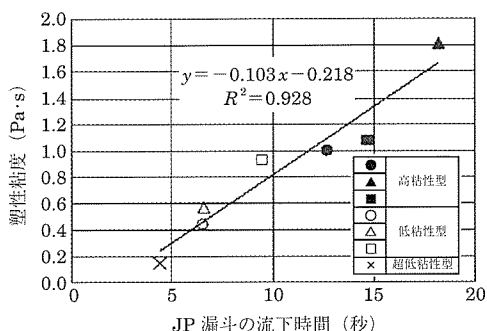


図-2 流下時間と塑性粘度の関係

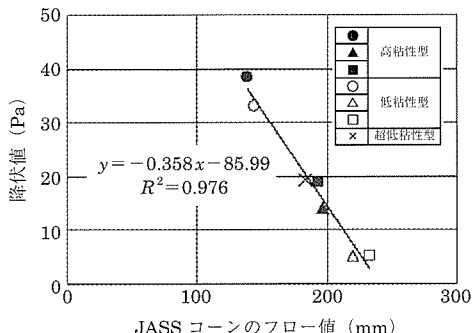


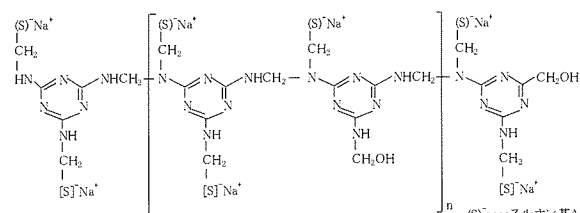
図-3 フロー値と降伏値の関係

4. PC グラウト材料の主要成分

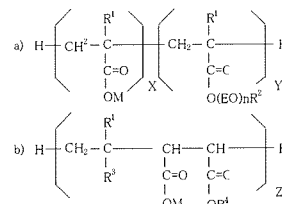
4.1 グラウト混和剤

(1) 高性能減水剤

市販されているグラウト混和剤の主要成分は、高性能減水剤と増粘剤から構成されています。高性能減水剤は低水セメント比化することによるブリーディングの抑制と、流動性の向上を目的に使用され、その代表的な主成分としてはメラミンスルホン酸系化合物およびポリカルボン酸系化合物が広く使用されています。セメントに対する分散メカニズムは、メラミンスルホン酸系化合物が強い静電的反発力によりセメントを分散するのに対して、ポリカルボン酸系化合物は、その分子構造の特徴である立体障害によって高いセメント分散性を発揮します。



(a) メラミンスルホン酸系



(b) ポリカルボン酸系

図-4 高性能減水剤の化学構造式

(2) 増粘剤

増粘剤は、ブリーディングの抑制と適度な粘性のコントロールのために使用され、その代表的な主成分としてはセルロース系増粘剤が広く使用されています。

セルロースは、天然に存在する高分子化合物で、本来は分子間の強い水素結合によって水に溶けませんが、分子の一部を化学的にエーテル化することによって水に溶けやすい成分に変化します。

また、セルロース系増粘剤は、コンクリート用混和材料として、水中不分離性コンクリートや増粘剤系高流動コンクリートなどにも広く使用されている成分です。

4.2 プレミックス材

(1) 高性能減水剤および増粘剤

市販されているプレミックス材で使用されている高性能減水剤は、グラウト混和剤と同じくメラミンスルホン酸系化合物およびポリカルボン酸系化合物が広く使用されています。また、増粘剤もセルロース系増粘剤が広く使用されています。

(2) 結合材

プレミックス材で使用されているセメントの種類は、製造会社によって異なり、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、低熱ポルトランドセメントなどが使用されています。その他の結合材としては、収縮低減材、シリカ質無機混和材などが使用されており、それぞれ特徴ある流動特性および硬化特性にその効果を発揮しています。

また、製品によっては石灰系微粉末が使用されており、ブリーディングの抑制および流動性の向上に効果を発揮しています。

5. 今後の方向性

PCグラウトに要求される性能は、前述したとおりPC鋼材を腐食から保護すると同時に、PC鋼材とコンクリートの一体化を確保することです。その要求性能を満足するために、第一世代のPCグラウト材料は、セメント系グラウトに遅延形のセメント分散剤とアルミニウム粉末を使用する

ことによって耐腐食性と一体化を確保しました。

また、第二世代のPCグラウト材料は、ノンブリーディングとすることで、よりその性能が向上しましたが、製品の種類とタイプによっては、粘性の増加による施工上の制約を受けることになりました。

そして、第三世代（今後）は、より製造しやすく、より圧送しやすく、かつ下り勾配部でも先流れしにくいPCグラウトを製造できるPCグラウト材料が必要とされるのではないかと推測します。

まず、より製造しやすいPCグラウト材料とは、具体的には温度変化や水計量の誤差に対する流動性の変化の少ないPCグラウトが製造できることです。現在市販されているPCグラウト材料は、温度変化に応じて練混ぜ水を調整していますが、より鈍感な性能が要求されています。

また、より圧送しやすくするためには、低粘性型あるいは超低粘性型のPCグラウトを使用すればよいのですが、ダクト条件に下り勾配部が設計されている場合には、先流れの可能性があります。したがって今後、低粘性でかつ下り勾配部においても先流れしにくいPCグラウト材料が開発されるとすれば、より施工しやすくかつ残留空気のないPCグラウト施工が可能となります。

現在、高チクソトロピー性PCグラウト⁴⁾や、高炉スラグ微粉末を混入したPCグラウト⁵⁾などが研究発表され、下り勾配部においても先流れしにくいPCグラウトが提案されてきました。チクソトロピー性とは、せん断などの速度勾配が増加すると粘性が低下し、静止しておくとも粘性が回復するレオロジー特性の一種であり、これまでのPCグ

ラウトが有していない特性といえます。

これらの研究は、先にも述べたJP漏斗による流下時間の評価だけでなく、これまででない側面からのレオロジー特性に着目しており、第三世代のPCグラウト材料の一つの方向性として、今後製品化されてくるものと思われます。

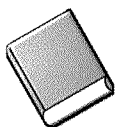
6. おわりに

PCグラウト材料は、PCグラウトの品質を支える大変重要な材料です。もちろんPCグラウト材料でできることには限界がありますが、今後も市場からの要求を積極的に受けとめ、より良い品質の製品を開発して行くことが製造会社の使命と受けとめており、今後の業界発展の一助となればと考えております。

参考文献

- 1) 土木学会：最近におけるプレストレストコンクリート・設計施工指針の改訂とPC橋の現況，1961.
- 2) 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.
- 3) 山口光俊，細野宏巳，野島昭二，辻幸和：PCグラウトのレオロジー特性に関する統一試験，プレストレストコンクリート技術協会・第13回シンポジウム論文集，pp.175-178，2004.
- 4) 蛭名貴之，二戸信和，丸岡正知，藤原浩巳：高チクソトロピー性PCグラウトの研究開発，プレストレストコンクリート，Vol.47，No.3，May，pp.64-70，2005.
- 5) 桐川潔，出雲淳一，若永豊司，鈴木雅博：下り勾配部における高炉スラグ微粉末を混入したPCグラウトの流動性および充填性，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.1，pp.151-156，2005.

【2006年2月6日受付】



図書案内

付着が拓くPC構造の近未来

—構造性能評価における鋼材付着の役割—
2005年6月

頒布価格：会員特価 3 000 円（送料 500 円）

：非会員価格 4 000 円（送料 500 円）

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会
鋼材付着制御によるPC構造性能改善研究委員会