

高性能超低粘性プレミックス型 PC グラウトの実物大実験

太平洋マテリアル(株) 正会員 ○柴垣 昌範
 太平洋マテリアル(株) 羽根井 誉久
 オリエンタル白石(株) 正会員 俵 道和
 愛知工業大学 正会員 呉 承寧

1. はじめに

PCグラウトは、耐久性や充填性、施工性、使い易さなどの観点から超低粘性タイプの需要が近年高まってきた。また、昨今では混和剤型のPC グラウトについては、施工現場で調達するセメントの銘柄などの違いにより、同じ混和剤を使用してもPC グラウトのフレッシュ性状や材料分離抵抗性などの品質に大きな違いがみられる場合のあることが報告されている¹⁾。一方で、予めプレミックスされた材料を現場で水と練混ぜるだけで使用できるプレミックス型については、メラミンスルホン酸系高性能減水剤を使用しプレミックス型にすることによりPCグラウトの流動性を安定化できることが報告されている²⁾が、その品質安定性や施工性についての報告事例はない。本実験は、メラミンスルホン酸系高性能減水剤を使用した高性能なプレミックス型超低粘性PCグラウトについて、実物大注入実験により施工性（充填性）を確認した。

2. 実験概要

2. 1 実物大実験の概要

支間約 10~30m、桁高 1.6mの連続桁をモデルとした実物大レベルの試験体(写真-1)を作製し、注入実験を行った。ケーブルの形状は図-1に示す4種類とし、試験体は縦枠にシースを固定しシース内部にPC鋼材を配置した。シースはPEシース(乳白色)を使用し、シースのジョイント



写真-1 試験体全景

表-1 試験水準

試験体水準	ケーブルの形状	鋼材種類	シース内径 (mm)	空隙率 (%)	ケーブル下り角度	排気ホース位置
C1	①	1S21.8	35	67.5	3.5	なし
C2	①	1S28.6	45	66.5	3.5	なし
C3	②	7S12.7	55	70.9	5	曲下げから 0.3m、0.9m
C4	③				10	曲下げから 0.3m、0.9m
C5	④				15	曲下げから 0.3m、0.9m
C6	②	12S12.7	65	64.3	5	曲下げから 0.2m、0.8m
C7	③				10	曲下げから 0.2m、0.8m
C8	④				15	曲下げから 0.2m、0.8m
C9	②	12S12.7	70	69.2	5	曲下げから 0m、0.5m
C10	③				10	曲下げから 0m、0.5m
C11	④				15	曲下げから 0m、0.5m
C12	②	12S15.2	75	62.3	5	曲下げから 0m、0.5m
C13	③				10	曲下げから 0m、0.5m
C14	④				15	曲下げから 0m、0.5m
C15	②	12S15.2	80	66.9	5	最高点中央、曲下げから 0.2m
C16	③				10	最高点中央、曲下げから 0.2m
C17	④				15	最高点中央、曲下げから 0.2m

部はコンクリートを打設し保護をした。PCグラウトの先流れによる空隙の発生が懸念される下り区間の手前に中間排気口をシースに設置し、その位置は過去の実験³⁾から推定した。試験体の水準は表-1に示す17種類とし、3回に分けて注入実験を実施した。

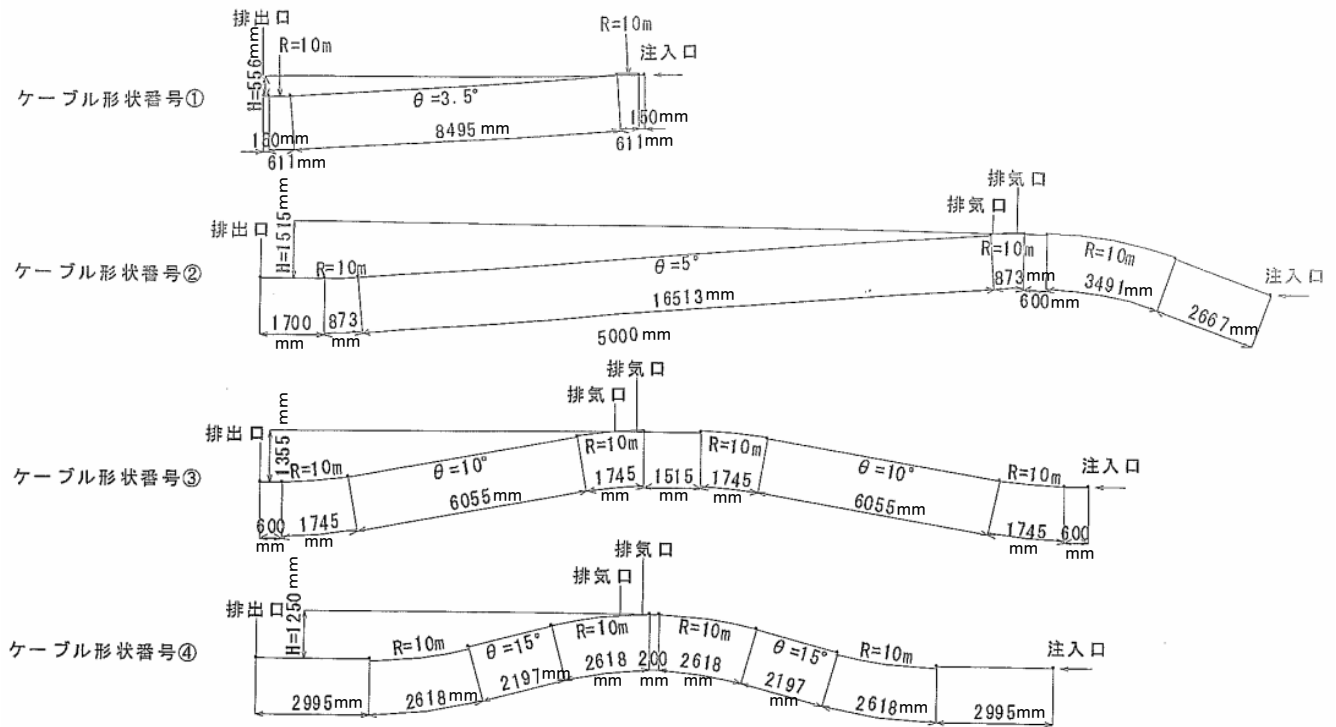


図-1 ケーブルの形状

2. 2 PCグラウトの使用材料および配合

使用材料を表-2に、PCグラウトの配合を表-3に示す。PCグラウトの配合設計は、過去の知見²⁾からメラミンスルホン酸系高性能減水剤、無機系分離抑制材を主成分とするものを使用し、練上り時のJP漏斗の流下時間が3.5~6.0秒となるように調整した。また、PCグラウトの練混ぜ水量は、水セメント比36%とした。

2. 3 練混ぜおよび注入方法

練混ぜ方法は、高速グラウトミキサ (型式: MG-150, 容量: 150L, 回転数: 1000rpm) を使用し、水、プレミックス材の順で投入後、90秒間練混ぜた。練上り条件を一定とするため、3回に分けて実施した注入実験の水、プレミックス材は何れも 20±3℃に調整し、練混ぜた。PCグラウトはスクイズ式グラウトポンプを用いて、シース端部より片押しにより注入した。

注入速度は毎分150で行い、排出確認後は0.5~0.8MPaを上限として再加圧し充填を確実にした。

2. 4 PCグラウトの品質試験項目

本実験では、構造物施工管理要領⁴⁾のPCグラウト基準試験に準じ、PCグラウト材の品質試験を実施した。表-4にPCグラウトの品質試験項目を示す。尚、グラウト温度は練上り時に測定した。

表-2 使用材料

使用材料	備考
超低粘性プレミックス型PCグラウト	主成分: 普通ポルトランドセメント, 早強ポルトランドセメント, メラミンスルホン酸系高性能減水剤, 無機系分離抑制材
水	上水道水

表-3 PCグラウトの配合

W/C (%)	区分	プレミックス材	水
36	単位量 (kg/m ³)	1458	525
	実験配合 (kg/バッチ)	150	54

表-4 PCグラウトの品質試験項目

試験項目	試験方法	規格値
グラウト温度	棒温度計により測定	35℃以下
レオロジー (JP漏斗流下時間)	JSCE-F 531-1999	超低粘性型; 6秒以下 目標値; 3.5~6.0秒
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%
圧縮強度	JSCE-F 531-1999	σ 28; 30N/mm ²
塩化物イオン量	簡易塩分測定器 (カンタブ)	0.3kg/m ³ 以下

2. 5 充填性の評価方法

本試験で使用するシー스는乳白色であるため、PCグラウトの充填状況はビデオカメラによる撮影と目視で観察した。充填性の良否についてはPCグラウト硬化後にPEシー스를切断し充填率を測定するとともに、PEシー스를剥ぎ取り試験体表面のグラウト充填が良好であるかを目視で観察した。また、残留空気がリブ内に収まる程度以下では有害な空隙とはならない⁹⁾ことを充填性の良否基準とした。

3 実験結果

3. 1 PCグラウト材の品質試験結果

試験結果を表-5に示す。グラウトの練上り温度は24~28°C、JP漏斗の流下時間は、4.1~4.4秒(平均4.2秒)であることを確認した。ブリーディングについては認められなかった。体積変化率は-0.29%で基準値を満足し、圧縮強度は106N/mm²の高強度を発現した。塩化物イオン量についても0.20kg/m³で基準値を満足した。

表-5 品質試験結果

品質試験項目	試験結果
グラウト温度	24~28°C
JP漏斗流下時間	4.1~4.4秒
ブリーディング率	0.0%
体積変化率	-0.29%
圧縮強度 (σ_{28})	106N/mm ²
塩化物イオン量	0.20kg/m ³

3. 2 充填性試験結果

充填性試験結果を表-6に、充填確認状況の事例として試験体C11の充填状況を図-2および写真-2~写真-4に示す。試験体C1~試験体C3については、注入口から排出口まで全断面で注入され残留空気は見られず、良好な充填状況を確認した。試験体C4~試験体C17については、注入口からの上り勾配および上り角度の緩い中間部までは、先端が水平になりながらもシースの全断面を満たした状態で充填されていたことが確認された。その後の最高点(中間排気口設置位置)からの下り勾配では先流れ現象が発生しシース上方に空隙が生じたが、排出口からの排出と同時にPCグラウトが空隙を逆に流れ、最高点の中間排気口から排出された。これにより全ての試験体において、残留空気はシース管上部にあるリブ凸部に留まる程度の小さな気泡であり、良好な充填状況であることを確認した。本実験では、過去の実験より推定した中間排気口を設置することにより、先流れ現象が生じた試験体についても良好な充填性状が確認された。

表-6 充填性試験結果

試験体水準	先流れ現象	断面充填率	残留空気	判定
C1	無し	100%	リブ内以下	合格
C2	無し	100%	リブ内以下	合格
C3	無し	100%	リブ内以下	合格
C4	有り	100%	リブ内以下	合格
C5	有り	100%	リブ内以下	合格
C6	有り	100%	リブ内以下	合格
C7	有り	100%	リブ内以下	合格
C8	有り	100%	リブ内以下	合格
C9	有り	100%	リブ内以下	合格
C10	有り	100%	リブ内以下	合格
C11	有り	100%	リブ内以下	合格
C12	有り	100%	リブ内以下	合格
C13	有り	100%	リブ内以下	合格
C14	有り	100%	リブ内以下	合格
C15	有り	100%	リブ内以下	合格
C16	有り	100%	リブ内以下	合格
C17	有り	100%	リブ内以下	合格

今回の実験では、練混ぜ水量を一定とし所定の流動性(JP漏斗3.5~6.0秒)を確保したが、気温や材料温度、練混ぜ水温等の環境温度が変動した場合、超低粘性PCグラウトの流動性や粘性度合いも変動し、先流れ現象も変動することが推察される。超低粘性PCグラウトの先流れ現象が発生しても良好な充填性を確実にするには、超低粘性PCグラウトの流動性を一定にする必要があり、施工現場においては環境条件に合わせて適切に水セメント比を調整することが重要であると思われる。

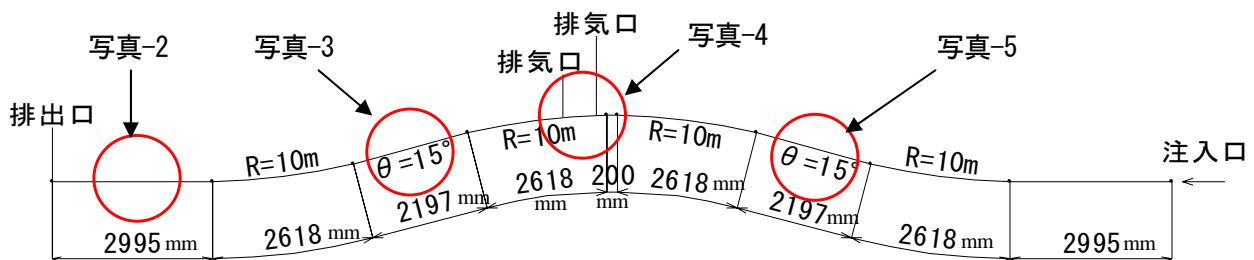


図-2 試験体C11の充填確認箇所

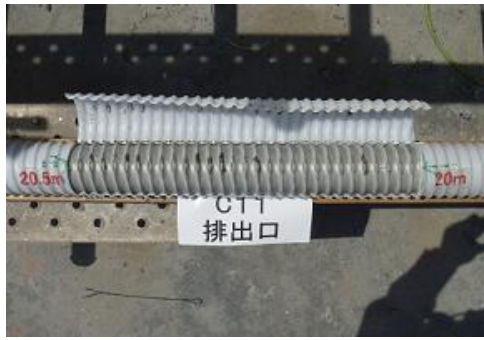


写真-2 排出口付近の充填状況



写真-3 下り勾配地点の充填状況



写真-4 中間排気口地点の断面状況

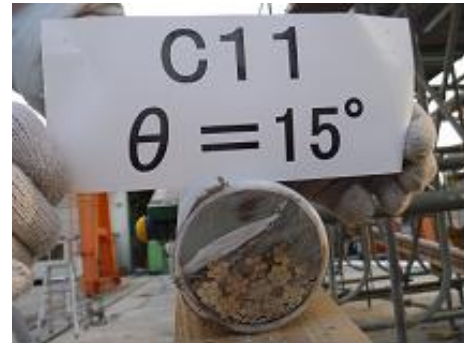


写真-5 上り勾配地点の断面状況

4. まとめ

高性能な超低粘性プレミックス型 PC グラウトの品質性能を確認し、実物大注入実験により施工性および充填性を確認した結果、以下の知見が得られた。

- (1) PC グラウト材のレオロジー特性 (JP 漏斗流下時間) は 4.1~4.4 秒と超低粘性であり、ブリーディング率、体積変化率、圧縮強度、塩化物イオン量ともに基準値を満足した。
- (2) 下り勾配の試験体については、注入口から排出口まで全断面で注入され残留空気は見られず、良好な充填性を確認した。
- (3) 上り勾配および下り勾配のある試験体は、何れの試験体も下り勾配では先流れ現象が発生しシース上方に空隙が生じたが、排出口からの排出と同時に PC グラウトが空隙を逆に流れ、最高点の中間排気口から排出され、全ての試験体において残留空気はシース管上部のリブ凸部に留まる小さな気泡であり、良好な充填性を確認した。
- (4) 実物大注入実験により、メラミンスルホン酸系高性能減水剤を使用した高性能なプレミックス型超低粘性 PC グラウトの十分な充填性が確認され、良好な施工性が確認された。

参考文献：

- 1) 野島昭二, 緒方辰男 : 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, 第 18 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.357 - 360, 2009.10
- 2) 保井渉, 柴垣昌範, 野島昭二, 辻幸和 : 高性能超低粘性プレミックス型 PC グラウトの開発, 第 19 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.357 - 360, 2010.10
- 3) 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 (改訂版), pp.122, 2006.6
- 4) 東日本, 中日本, 西日本高速道路株式会社, 構造物施工管理要領, pp. 151, 2006.10
- 5) 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, pp. 1 - 20, 2005.12