

(19) ノンブリーディングタイプグラウトによる施工を想定した注入試験

(株)安部工業所 技術本部技術部 正会員 ○蓑田 理希  
 同上 同上 正会員 松山 高広  
 同上 総務本部機材部 今村 弘治  
 同上 技術本部技術部 正会員 西尾 浩志

1. はじめに

グラウトはPC構造物の寿命に多大な影響があり、近年、海外および国内においてPCグラウトの充填不良に起因する事故がいくつか発生し、グラウト施工の良否が問われている。よって、グラウトの計画・施工はより確実に行う必要がある。土木学会はコンクリート標準示方書を改訂し、ノンブリーディングタイプのPCグラウトを用いるのが望ましいという今後の方針を示した。

このような背景を受け、(社)プレストレストコンクリート建設業協会では平成9年4月からPCグラウトは全てノンブリーディングタイプを使用することとし、「PCグラウト施工マニュアル」<sup>1)</sup>（以下、「マニュアル」と記述する。）を改訂した。しかし、ノンブリーディングタイプグラウトは従来タイプのグラウトよりも粘性が大きい等の違いがある。そこで、PC橋梁およびPCタンクを対象として、実際の現場を想定した試験を行い、以下の3点について確認した。

- ①「マニュアル」から算出される注入時圧力(12S12.7について)の妥当性の確認。
- ②注入に必要なグラウトポンプの能力の確認。
- ③鉛直に長い鋼材に使用する混和剤の選定。

なお、本文中ではノンブリーディング型グラウトを一般型、ノンブリーディング・粘性型グラウトを粘性型と表現する。

2. 試験概要

2.1 使用材料

表2-1および2-2にグラウト材料およびグラウト機材を示す。

2.2 試験体

試験体は橋梁の縦締めと横締

表2-1 グラウト材料

材料	タイプ	備考
セメント	普通ポルトランド	
混和剤	GF1700	一般型
	GF1700A	一般型膨張タイプ
	GF1720	粘性型
	208T	粘性型

表2-2 グラウト機材

機材	形式	タイプ	性能	ホップホース
ミキサー	MG-100		回転数：1000rpm	
ポンプ	S-38F	スネーク	最大注入圧力：20kgf/cm <sup>2</sup>	φ32×(20+5)m
	OKG-25N2	ロータリー	最大注入圧力：20kgf/cm <sup>2</sup>	φ25×(20+5)m
	ND-32M	ダイヤフラム	最大注入圧力：8kgf/cm <sup>2</sup>	φ19×(20+5)m
流量計	PCF-10		測定圧力範囲：0～30kgf/cm <sup>2</sup>	
	PPF-1000		測定圧力範囲：0～30kgf/cm <sup>2</sup>	

表2-3 PC鋼材に適応するグラウト種類例(マニュアル P17 表4.5より抜粋)

代表的なPC鋼材	ノンブリーディングタイプグラウト		備考
	ノンブリーディング型	ノンブリーディング・粘性型	
縦 マルチワイヤ	12φ7～8	○	ν > 60
縮 マルチストラット	12S12.4～15.2	○	
鋼棒	φ32	◎	ν < 45
横 マルチワイヤ	12φ5～8	◎	ν > 60
縮 マルチストラット	12S12.4～15.2	◎	
縮 シングルストラット	1S17.8～21.8	◎	ν < 45
鋼棒	φ23～32	◎	

ν：ダクト空隙率(%) ダクト内への充填性 適 ◎→○→□→△→× 不適

めおよびタンクの縦締めと横締めを想定した。各試験体で使用するグラウトのタイプは、表2-3に示す「PC鋼材に適應するグラウト種類例」のうち、橋梁縦締めのマルチストランドに関しては一般型および粘性型、橋梁縦締め鋼棒および横締めに関しては一般型とした。また、タンク縦締めに関しては一般型とその膨張タイプ、タンク横締めに関しては一般型とした。表2-4に試験体一覧、図2-1~2-5に試験体形状を示す。

表2-4 試験体一覧

試験体番号	PC鋼材	スース内径 mm	空隙率 %	混和剤	試験体長 m	ポンプ	流量計	試験体の想定形状	備考
1	12S12.7	φ65	64.3	GF1700	60	スネーク	PCF-10	3径間連続縦締め	曲線区間の一部に透明パイプを使用
2	12S12.7	φ65	64.3	GF1720	60	スネーク	PCF-10		
3	12S12.7	φ65	64.3	208T	60	スネーク	PCF-10		
4	12S12.7	φ65	64.3	GF1700	60	ロータリー	PFP-1000	3径間連続縦締め	
5	12S12.7	φ65	64.3	GF1720	60	ロータリー	PFP-1000		
6	12S12.7	φ65	64.3	208T	60	ロータリー	PFP-1000		
7	φ32	φ39	33.7	GF1700	25	ロータリー	PFP-1000	張出し架設縦締め	曲線区間に透明パイプを使用
8	φ32	φ39	33.7	GF1700	25	スネーク	PCF-10		
9	12φ7	φ40	63.3	GF1700	10	スネーク	PCF-10	床版横締め	
10	12φ7	φ40	63.3	GF1700	10	ダイヤフラム	PFP-1000		
11	1S21.8	φ35	67.5	GF1700	10	ロータリー	PFP-1000		
12	1S21.8	φ35	67.5	GF1700	10	ダイヤフラム	PFP-1000		
13	1S15.2	φ26	73.9	GF1700	32	ロータリー	PFP-1000	タンク横締め	10, 20, 30m地点に透明パイプを使用
14	1S15.2	φ26	73.9	GF1700	32	ダイヤフラム	PFP-1000		
15	1S21.8	φ35	67.5	GF1700	32	スネーク	PCF-10		
16	1S21.8	φ35	67.5	GF1700	32	ダイヤフラム	PFP-1000		
17	φ17	φ26	57.1	GF1700	20	スネーク	PFP-1000	タンク縦締め	全て透明パイプを使用 (カップラー、アンカープレート付近を除く)
18	φ17	φ26	57.1	GF1700	20	ダイヤフラム	PCF-10		
19	φ26	φ35	46.1	GF1700	20	スネーク	PFP-1000		
20	φ26	φ35	46.1	GF1700	20	ダイヤフラム	PCF-10		
21	φ32	φ41	40.2	GF1700	20	スネーク	PFP-1000		
22	φ32	φ41	40.2	GF1700	20	ダイヤフラム	PCF-10		
23	φ26	φ35	46.1	GF1700A	20	スネーク	PFP-1000		
24	φ26	φ35	46.1	GF1700A	20	ダイヤフラム	PCF-10		

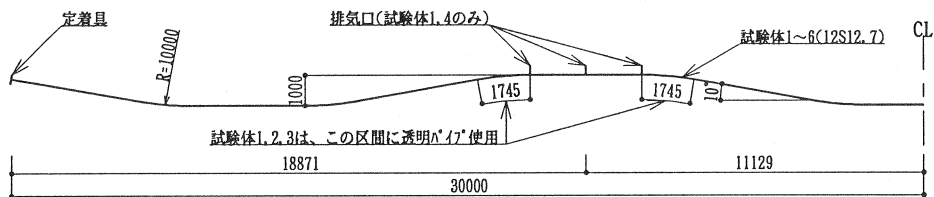


図2-1 試験体1~6側面形状図

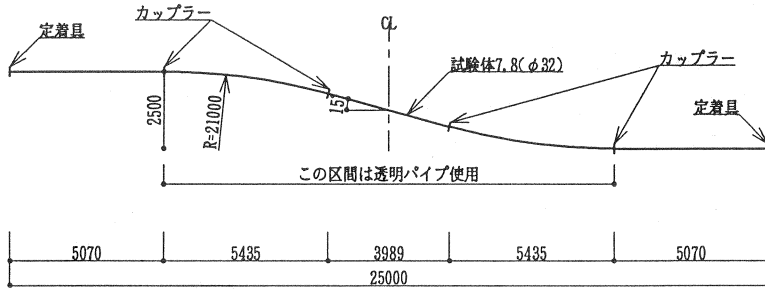


図2-2 試験体7, 8側面形状図

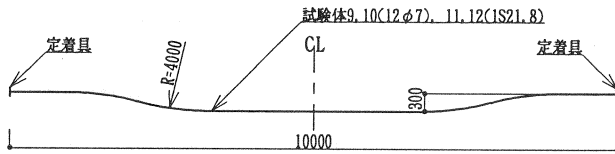


図2-3 試験体9~12側面形状図

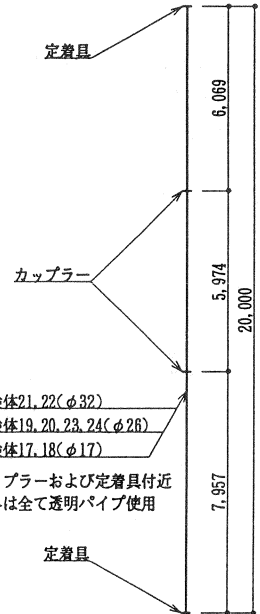


図2-5 試験体17~24側面形状図

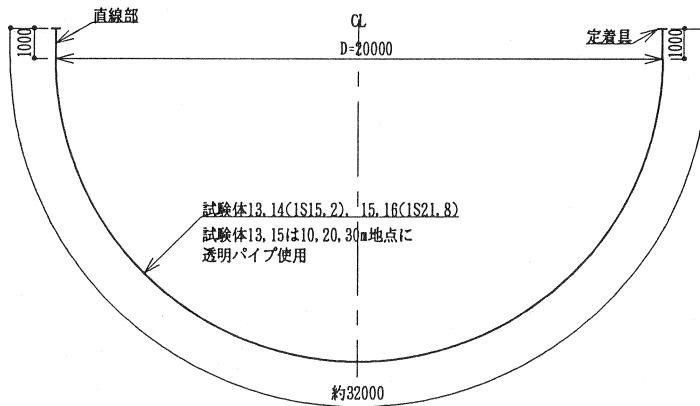


図2-4 試験体13~16側面形状図

## 2.3 試験方法

### 2.3.1 注入圧力、注入時間および注入量の測定

各試験体について注入時最大圧力および注入時間を測定する。なお、シースに透明パイプが使用されている試験体については、注入途中の時間および圧力を測定する。また、流量計を用いて注入量を測定する。

### 2.3.2 配合

試験におけるグラウトの水セメント比は、使用した全ての混和材の標準配合である45%とした。1バッチをセメント3袋(1袋:25kg)とした場合の配合を表2-5に示す。

表2-5 配合

混和剤	水セメント比 (%)	水 (kg)	セメント (kg)	混和剤 使用率 (C×%)	混和剤 使用量 (kg)
GF1700					
GF1700A	45	33.75	75.0	1.0	0.75
GF1720					
208T	45	33.75	75.0	1.2	0.90

### 3. 試験結果

#### 3.1 注入圧力、注入時間および注入量の測定結果

注入圧力および注入時間の測定結果を図3-1～3-7に示す。なお、図中のS, R, Dは、それぞれグラウトポンプのスネーク、ロータリー、ダイヤフラムを表す。

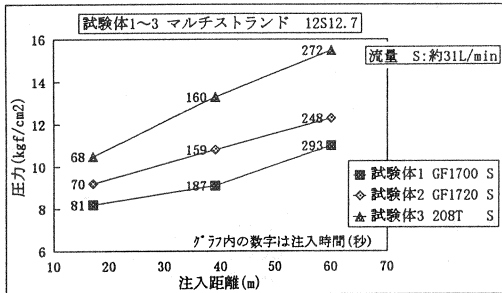


図3-1 試験体1～3圧力等測定結果

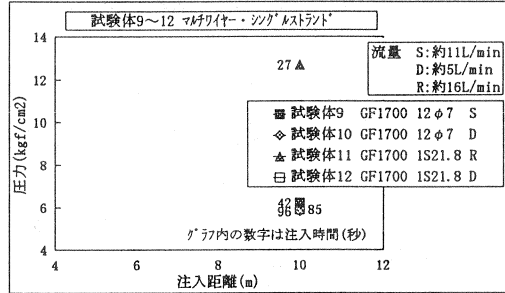


図3-4 試験体9～12圧力等測定結果

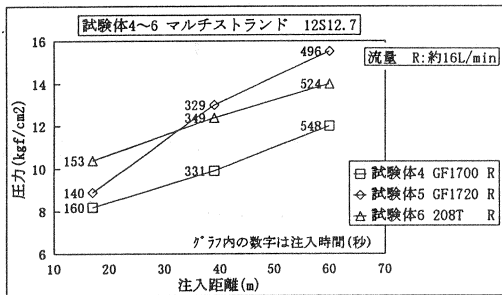


図3-2 試験体4～6圧力等測定結果

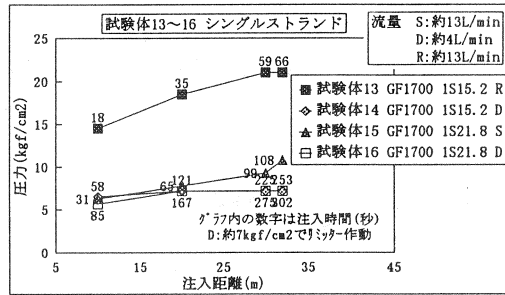


図3-5 試験体13～16圧力等測定結果

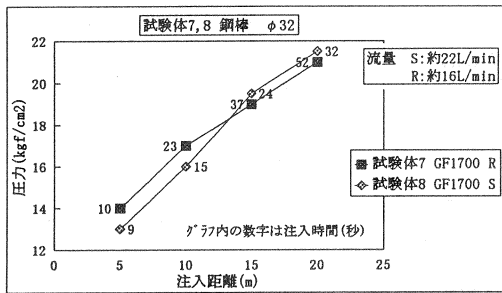


図3-3 試験体7, 8圧力等測定結果

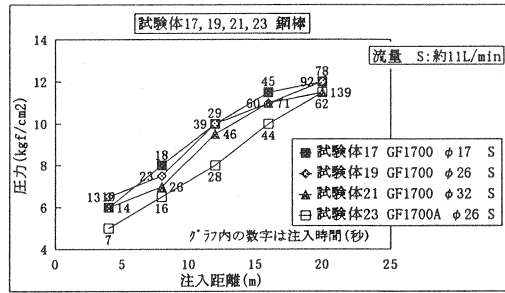


図3-6 試験体17, 19, 21, 23圧力等測定結果

#### 3.2 充填状況

##### 3.2.1 一般型と粘性型 (試験体1～6)

試験体1～6は3径間連続桁のケーブル配置を想定したものであり、6体の試験体は同形状である。これらに一般型 (試験体1, 4)、粘性型 (試験体2, 5, 3, 6) を注入した。なお、一般型を注入した試験体1, 4は「マニュアル」に基づきクラウン部に排気口 (クラウン部1箇所に対して排気口3個) を設けた。これらの充填状況を確認した結果は良好であった。また、3種類の混和剤による充填状況の違いは見られなかった。

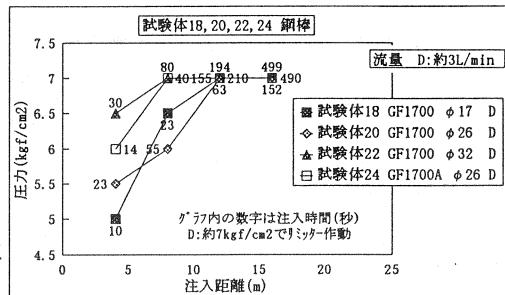


図3-7 試験体18, 20, 22, 24圧力等測定結果

3.2.2 一般型 (試験体7~16)

試験体7, 8は張出し架設縦締め、試験体9~12は床版横締め、試験体13~16はタンク横締めをそれぞれ想定したものである。これらのグラウトの充填状況は、グラウトが完全に充填されており良好であった。

表3-2 試験体17, 18 および23の 充填状況

試験体番号	混和剤	グラウト上端の状況	
		直後	硬化後
17	GF1700	20.0mまで注入	空隙あり
18	GF1700	19.0mまで注入	60mm低下
23	GF1700A	20.0mまで注入	低下なし

3.2.3 一般型とその膨張タイプ (試験体17, 18, 23)

試験体17~24はタンク縦締め (鉛直鋼棒) を想定したものであるが、これらのうち試験体17, 18, 23について、一般型とその膨張タイプを比較したところ、表3-2のような結果が得られた。

4. 考察

4.1 注入時圧力概算例の検証

「マニュアル」の「第2章グラウト注入計画 (P84~89)」にグラウト注入時圧力概算例 (シースφ65、鋼材12S12.7) が示されているが、これを本試験に適用した場合、本試験の測定値と一致するかを検証した結果、ほぼ一致することが確認できた。次にその内容を示す。

本試験結果と本試験の試験体 (L=60m) について「マニュアル」から算出した結果 (表4-1) を流下時間と注入圧力のグラフ (図4-1) に表した結果、ほぼ直線上に並ぶことが確認できた。以上より、実際の施工におけるグラウトの流下時間が分かれば、「マニュアル」の注入時圧力概算例から実施工時の注入時圧力が算出できると考えられる。

表4-1 注入時圧力一覧

試験体番号	流下時間 (秒)	注入圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	流量 (L/min)	グラフ内番号
試験値	4	12.0	15.4	①
	5	15.5	16.3	②
	6	14.0	15.0	③
概算値 (マニュアル)	7.3	18.2	15.0	④
	10.5	21.4	15.0	⑤

※グラフ内番号は図4-1の凡例と対応している。

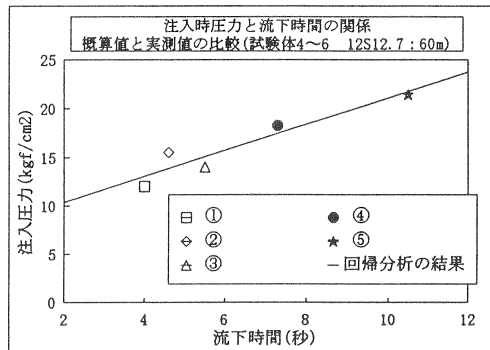


図4-1 注入時圧力と流下時間の関係

4.2 注入に必要なグラウトポンプの能力

上記の4.1 注入時圧力概算例の検証において、グラウト注入圧力と流下時間の関係は比例することが確認できた。この結果および本試験における各試験体の注入時圧力測定結果から、流下時間が10秒の場合を想定した鋼材種類毎の注入圧力を算出すると表4-2のようになる。表4-2より、ノンブリーディングタイプグラウトの注入に用いるグラウトポンプの能力は、少なくとも10kgf/cm<sup>2</sup>以上は必要であると考えられる。

表4-2 流下時間が10秒の場合における各鋼材の注入圧力

	鋼材種類	注入距離 (m)	注入圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	検討流量 (L/min)
橋梁縦締め	マルチストラット*	60	21	15
	鋼棒	20	30	16
橋梁およびタンク横締め	マルチワイヤーおよびシングルストラット*	30	19	13
		10	8	5
タンク縦締め	鋼棒	20	15	13
		4	8	3

4.3 タンク縦締め用いるグラウトの種類

「マニュアル」に示されている「PC鋼材に適応するグラウト種類例」は橋梁の縦締めおよび横締めに関するものである。PCタンクの

グラウト施工については、円周方向の鋼材に関しては橋梁の横締めを参考にすることができるが、縦締めは鉛直方向に長い参考とするものがない。よって、タンクの鉛直鋼棒を想定して一般型およびその膨張タ

イプの充填状況の比較を行った。その結果、膨張剤を含まない一般型のグラウトを注入した試験体の上部においては、明らかに空隙の発生が確認できた。また、グラウト上端が60mm低下した場合の膨張率は-0.32%でメーカー技術資料<sup>2)</sup>に示される膨張率(-0.43~-0.40%)に近い値であった。一方、一般型膨張タイプのグラウトを注入した試験体の上部においては、完全にグラウトが充填できていることが確認できた。よって、タンクの鉛直鋼棒のような鉛直に長い鋼材には一般型膨張タイプを使用するべきであると考えられる。

## 5. まとめ

ノンブリーディングタイプグラウトの注入試験を行い、以下の項目について確認できた。

- ①実際の施工におけるグラウトの流下時間が分かれば、「マニュアル」の注入時圧力概算例から実施工時の注入時圧力を算出することができる。
- ②使用するグラウトポンプの能力は少なくとも10kgf/cm<sup>2</sup>以上必要である。
- ③タンク縦締めのような鉛直に長い鋼材には、一般型膨張タイプを使用する必要がある。

なお、考察に示した各鋼材毎の最大注入圧力については、今後、現場施工時の圧力等を調査し、その妥当性を確認する予定である。また、本試験結果が、今後のグラウト施工に多少でも参考になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：P Cグラウト施工マニュアル，1996. 6
- 2) (株)ポゾリス物産・(株)エヌエムビー：ポゾリスGF1700技術資料 TECHNICAL DATA GF-01，1995. 9