

# 循環注入法によるPCグラウトの施工性に関する実験的検討

大阪支店 土木工務部 (九州支店駐在) 岡部成行  
 大阪支店 土木工務部 前田文男  
 大阪支店 土木工務部 橋野哲郎

## 1. はじめに

PCグラウトの施工では、ダクトの下り勾配部においてグラウトの先流れによる有害な空隙の発生を防止するため、PCグラウトの流動性や、注入口、排気口、排出口の設置位置や使用する施工機械器具の選定を行っている。

本稿では、ダクト内に注入したグラウトを循環させることで、通常の注入方法に比べグラウトの充填性を向上させる方法（循環式注入法）について、その効果を確認するために行った実験の結果を報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験の概要

実験は、連続桁を想定して中間に曲上げ部および曲下げ部を有する延長約27mの大型試験体で行った。試験体の諸元を表-1に試験体の全景を写真-1に示す。なお、中間排気口の位置は、高粘性グラウトでは曲下げ開始点から500mmと1000mmの2箇所、超低粘性グラウトでは曲下げ開始点から0mmと500mmの2箇所とした。

表-1 供試体の諸元

試験体数	9体 (表-2参照)
試験体延長	27m
最大高低差	1.187m
ダクト	透明 (商品名 Fits) 外径89mm, 内径81mm
PC鋼材	12S15.2 (SWPR7) 非緊張
ケーブル角度	最大 15度
グラウト量	95 ℓ/本, (3.5 ℓ/m)
グラウト配合	高粘性グラウト W/C=40.5% 超低粘性グラウト W/C=34.0%
注入速度	高粘性グラウト 10 ℓ/min 超低粘性グラウト 15 ℓ/min



写真-1 供試体の写真

### 2.2 実験ケース

実験ケースを表-2に示す。実験はグラウトの粘性、真空ポンプ併用の有無および循環方式をパラメーターとした9ケースについて実施した。

表-2 試験ケース

Case No.	グラウトの粘性	真空ポンプ	循環方式	備考
A	高粘性 (GF-1720)	-	-	従来方式
B		併用	-	真空のみ
C		-	全体循環	循環のみ
D		-	部分循環	
E		併用	全体循環	真空+循環
F		併用	部分循環	
G	超低粘性 (ハイジェクター)	-	-	従来方式
H		併用	-	真空のみ
I		-	全体循環	循環のみ

### 2.3 循環式注入法

#### 2.3.1 全体循環法

注入口よりグラウトを注入し、ダクト内がグラウトで満たされた初回注入後、排出口より排出されたグラウトを戻しポンプにより注入側のホッパーに戻し、再び注入口よりグラウトを注入する。図-1に全体循環法の循環グラウトシステム概念図を示す。

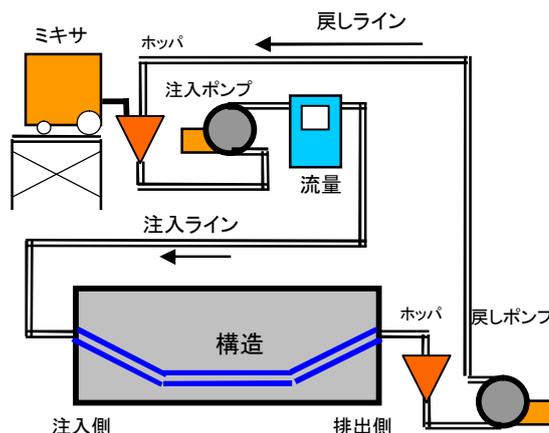


図-1 循環グラウトシステム概念図 (全体循環法)

#### 2.3.2 部分循環法

部分循環法は、下り勾配部分の空隙を排除する目的で、初回の注入作業が終了した後、中間排気口と部分循環用の排出口を開き、下り勾配終了部付近に取り付けた部分循環用の注入口より注入する。部分循環の注入量はこの区間のグラウトの体積(約40ℓ)とした。図-2に部分循環方式の注入方法を示す。

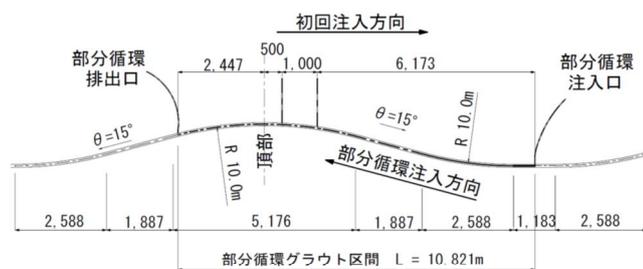


図-2 部分循環注入の注入方法 (高粘性グラウト)

### 3. 実験結果

#### 3.1 グラウトの空気量と単位容積質量

各試験ケースにおける注入側と排出側の空気量, 単位容積質量および推定された水結合材比(推定 W/C)を表-3 に示す. いずれのケースにおいても排出側の空気量は注入側に比べて半減しており, これに伴って Case-G を除いて排出側の単位容積質量も増大する傾向にある.

表-3 注入側と排出側でのグラウト性状

Case No.	空気量 (%)		単位容積質量 (g/cm <sup>3</sup> )		推定 W/C (%)	
	注入側	排出側	注入側	排出側	注入側	排出側
A	4.2	2.0	1.938	1.961	41.2	39.5
B	3.3	0.7	1.933	1.970	41.6	38.8
C	4.4	1.9	1.924	1.944	42.3	40.8
D	3.4	1.6	1.934	1.953	41.5	40.1
E	4.7	1.8	1.935	1.951	41.5	40.2
F	4.4	2.0	1.916	1.942	43.0	40.9
G	2.2	1.6	2.037	2.026	32.2	32.9
H	2.2	1.3	2.034	2.045	32.4	31.7
I	2.3	1.1	2.037	2.044	32.2	31.8

#### 3.2 硬化後の充填状況

グラウトが硬化した後, ダクトの上半分を除去し, 充填状況を確認した. その中から頂部より下り勾配部分の充填状況を写真-2 に示す.



写真-2 硬化後の下り勾配部分の充填状況

さらに, この部分でダクトのおよそ上半面に相当する幅 100mm, 延長方向に 1,700mm(面積 170,000mm<sup>2</sup>)を抽出し, この面積における空隙の面積を集計した. 計測された空隙部分の面積およびその割合を表-4 に示す.

表-4 下り勾配部分の空隙

Case No.	粘性	真空ポンプ	循環方式	空隙箇所	
				面積 (mm <sup>2</sup> )	割合 (%)
A	高粘性	—	—	5,340	3.14
B		併用	—	1,841	1.08
C		—	全体	75	0.04
D		—	部分	477	0.28
E		併用	全体	102	0.06
F		併用	部分	1,079	0.63
G	超低粘性	—	—	2,829	1.66
H		併用	—	713	0.42
I		—	全体	3	0.00

高粘性グラウトにおいて比較基準である A と循環グラウト C, D を比べると明らかに空隙が減少している (3.14%→0.04%, 0.28%). 真空ポンプを併用した場合でも B と E, F を比べると空隙の減少 (1.08%→0.06%, 0.63%) が確認できる.

超低粘性グラウトにおいても G と I を比べると空隙面積の比率は 1.66%および 0.00%となっており循環させた場合の方が充填性が改善されている.

一方, 全体循環と部分循環を比べると真空ポンプなしの C と D ではそれぞれ 0.04%, 0.28%であり, 併用した場合の E と F でも 0.06%, 0.63%であり全体循環の方が空隙を減少させる効果が高い結果となった.

今回の実験から, 先流れによる空隙が生じやすい下り勾配部のグラウト表面の状況は以下の結果が得られた.

- ・循環式注入法が通常の注入方法に比べて空隙が少ない.
- ・全体循環と部分循環を比べると, 全体循環の方が空隙がより少ない.
- ・超低粘性と高粘性を比べると, 超低粘性の方が空隙が少なく, 空隙自体も小さい.

### 4. おわりに

今回実施した実験により, 循環式注入法は従来の工法に比べて, グラウト密度の向上とグラウト表面気泡の低減に効果のあることが定量的に確認できた. 今後は, 実施工における注入方法の機械化やマニュアル化に向けた技術開発を進め, より信頼性の高い PC グラウトの施工に寄与できれば幸いである.

Key Words : PC グラウト, 循環注入方式, 充填性



岡部成行

前田文男

橋野哲郎