

シース管内の鋼材がグラウトの充填性に及ぼす影響について

関東学院大学 正会員 ○山口 征伸
 関東学院大学 正会員 出雲 淳一

1. はじめに

PC グラウトはPC 構造物の耐久性に影響を及ぼすため、確実な充填が行われるための材料の開発、施工システムの検討が必要となっている。これまで、著者らはシース管内に鋼材が無い場合について、グラウトの充填性を定量的に評価する手法について検討を行ってきた¹⁾。本研究では、シース内に鋼材を有する場合のモデル試験体を製作し、シース内に鋼材等を有する場合のグラウトの充填性を検討することを目的としている。

2. 試験方法

2.1 使用材料

粘性の異なるグラウト材料として、プレミックスタイプの超低粘性グラウト、普通ポルトランドセメントを使用し、混和剤がメラニンスルホン酸系ノンブリーディング型のグラウト、メラニンスルホン酸系ノンブリーディング粘性型のグラウト、メラニン系ノンブリーディング高粘性型のグラウトの計7種類を使用した。1m³あたりのグラウト配合を表-1に示す。

表-1 配合表

記号	グラウトタイプ	W/P (%)	Ad (P×%)	P (kg)	W (kg)	Ad (kg)
H-31	超低粘性	31	-	1596	495	0
G-40	ノンブリーディング型	40	1	1305	587	13.0
G-45		45	1	1396	558	14.0
G2-45	ノンブリーディング	45	1	1305	587	13.0
G2-50	粘性型	50	1	1225	612	12.2
C-45	ノンブリーディング	45	1	1305	587	13.0
C-50	高粘性型	50	1	1225	612	12.2

W：水、P：セメントを含む結合材、Ad：混和剤

2.2 試験体

使用する試験体は、図-1に示すような透明な塩ビ管で、全長1500mm、シース内径は52mm、79mmの2種類を用い、シース内の空隙率を変化させることにした。シース内の空隙率を変化させるために、シース内にPC鋼より線を配置することを基本としたが、シースと鋼材の組み合わせによっては実験パラメータとしての空隙率を変化させることが難しいために、PC鋼より線以外に鋼管や塩ビ管を管の中央に配置して空隙率を変化させることにした。試験体の概要を表-2に示す。

表-2 試験体概要

試験体タイプ	全長 (mm)	シース内径 (mm)	シース内に配置した材料	空隙率 (%)	
A	1500	52	PC鋼より線	7s12.4A	69
B			鋼管	φ32	62
C			塩ビ管	φ38	47
D			-	-	100
E	79	79	PC鋼より線	7s15.2B	80
F			PC鋼より線	7s12.4A	87
G			-	-	100

2.3 充填性試験

実験は、試験体を図-1のように配置した充填性試験装置を用いて行うことにした。実験では手動グラウトポンプを用いて練混ぜ直後のグラウトが排出口より流出するまでグラウトを注入する。排出口付近を流れるグラウトの先端部をデジタルビデオカメラで撮影し、撮影したデジタルビデオ画像はパーソナルコンピュータを用いて解析し、グラウト先端部の角度および平均流速を求める。なお、実験は試験体を水平に配置した場合、下り勾配10度に配置した場合、上り勾配10度に配置した場合について行った。

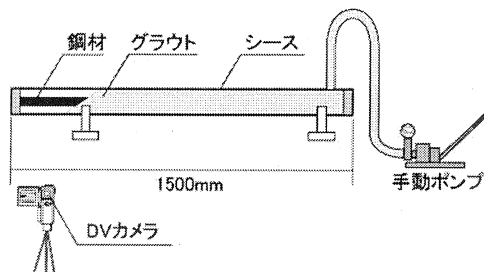


図-1 充填性試験装置

2.4. グラウト先端角度の算定方法

グラウト先端角度の算定には著者らが提案する式を用いることにした¹⁾。グラウト先端角度 θ (rad) はグラウト先端部分のつりあい条件より式(1)のように定式化される。

$$\tan \theta = \frac{4 \left(\tau_f + \mu \frac{v_m}{D} \right) - \rho g D \sin \alpha}{\rho g D (C_1 + 2C_2)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $C_1 = \frac{1}{1 + 0.35 \ln \frac{\mu}{\mu_0}}$, $C_2 = 4.0 \times 10^{-3} \tau_f$

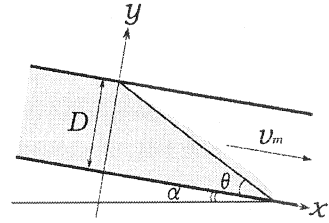


図-2 グラウト先端部のモデル化

ここに、 v_m (m/s) : グラウトの流速、 D (m) : 管の内径、 α (rad) : 管の傾斜角度、 τ_f (Pa) : グラウトの降伏値、 μ (Pa·s) : グラウト塑性粘度、 ρ (kg/m³) : 密度、 μ_0 (Pa·s) : 水の粘性係数、 g (m/s²) : 重力加速度、 C_1 : 静水圧係数、 C_2 : 圧力係数

今回の実験においては、管内に鋼材等を有するため見かけ上の内径が減少する。図-3 のように鋼材が挿入された場合の、見かけ上の内径を式(2)で表すことにし、(1)式中の D を D' で置換えて適用することにした。

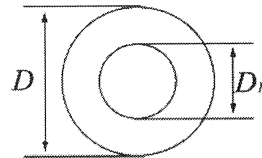


図-3 鋼材の配置

$$D' = \sqrt{D^2 - D_1^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

3. 試験結果および考察

3.1 充填状況

実験における代表的なグラウトの流動状況を写真-1~4 に示す。



写真-1 鋼材有り

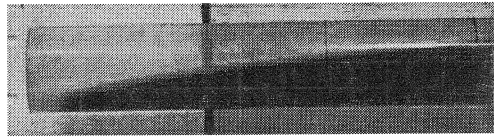


写真-2 鋼材無し

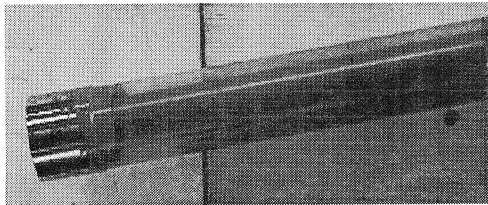


写真-3 下り勾配 鋼材有り

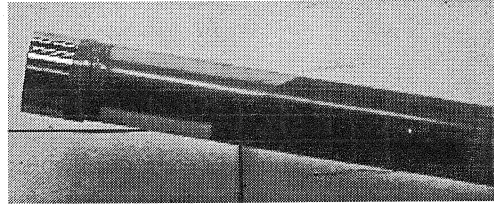


写真-4 上り勾配 鋼材有り

管を水平に配置した場合、管内に鋼材を有する場合のグラウト先端角度は、鋼材が無い場合に比べ角度が立っており充填性は良いことが認められた。また空隙率の影響については、空隙率が小さいタイプでは、グ

ラウト先端角度の測定値は大きくなり、空隙が大きくなる程、先端角度は小さくなる傾向が認められた。シーースに勾配が有る場合には、上り勾配の場合は、シーースが水平に配置される場合より先端角度が立つ傾向にあり、下り勾配の場合は逆にグラウト先端部が寝てしまい、充填性は悪くなる傾向が認められた。これは手動ポンプの場合には注入速度の制御が出来ずグラウトの注入速度が遅かったためと考えられる。

3.2 充填性試験結果

グラウト先端角度はグラウト中央部がふくらむ傾向があるが、写真-6に示すように管上面と底面の接点を結ぶ直線と管底面とがなす角度として求めた。

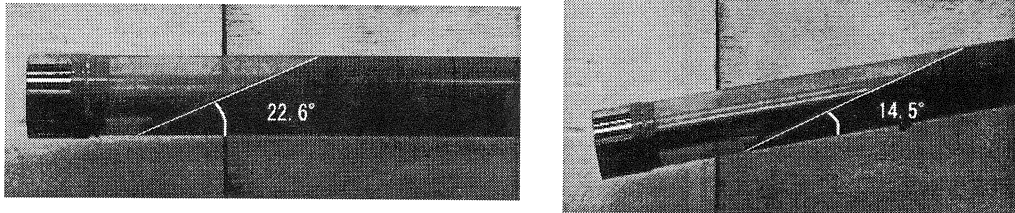


写真-6 角度の測定

充填性試験のグラウト先端角度の測定値および、式(1)を用いて算出した解析値の一覧を表-3に示す。

表-3 試験結果一覧

試験体タイプ	材料	W/P (%)	勾配 α (度)	解析値 θ_{cal} (度)	測定値 θ_{exp} (度)	$\frac{\theta_{exp}}{\theta_{cal}}$	試験体タイプ	材料	W/P (%)	勾配 α (度)	解析値 θ_{cal} (度)	測定値 θ_{exp} (度)	$\frac{\theta_{exp}}{\theta_{cal}}$
A	G-40	40	0	20.1	39.2	2.0	D	G-40	40	-10	17.6	27.7	1.6
	G-45	45	0	16.5	24.0	1.5		G-40	40	0	14.0	9.2	0.7
	G2-50	50	0	19.8	33.8	1.7		G-45	45	0	10.9	7.8	0.7
	C-45	45	0	18.4	41.6	2.3		G2-45	45	0	13.0	7.5	0.6
	C-50	50	0	15.3	15.6	1.0		C-45	45	0	12.7	5.6	0.4
	G2-50	50	10	19.7	26.3	1.3		C-50	50	0	6.6	4.3	0.7
	C-50	50	10	14.5	9.2	0.6		H-31	31	0	2.5	2.3	0.9
	C-45	45	10	15.2	32.6	2.1		G2-45	45	10	13.1	0.0	0.0
	G-40	40	-10	21.9	46.4	2.1		C-45	45	10	13.1	0.0	0.0
B	G-40	40	0	17.9	35.3	2.0	C-50	50	10	7.0	0.0	0.0	
	G-45	45	0	14.8	25.0	1.7	E	G-40	40	0	13.2	22.6	1.7
	G2-45	45	0	16.3	26.4	1.6		G-45	45	0	10.3	13.9	1.4
	C-45	45	0	16.2	31.1	1.9		G2-50	50	0	11.3	11.7	1.0
	C-50	50	0	8.6	22.6	2.6		C-50	50	0	8.2	8.1	1.0
	H-31	31	0	3.4	6.0	1.8		C-45	45	0	8.6	17.0	2.0
	G2-45	45	10	16.2	20.6	1.3		G2-45	45	10	11.1	0.0	0.0
	C-45	45	10	15.9	14.5	0.9		C-50	50	10	8.5	3.5	0.4
	C-50	50	10	8.2	5.7	0.7		F	G-40	40	0	10.4	15.7
G-40	40	-10	24.8	42.4	1.7	G-45			45	0	9.5	10.1	1.1
G-40	40	0	20.7	26.7	1.3	G2-50	50		0	10.4	10.4	1.0	
G-45	45	0	16.1	20.4	1.3	C-45	45		0	9.5	5.8	0.6	
G2-45	45	0	18.7	28.1	1.5	C-50	50		0	8.0	6.1	0.8	
C-45	45	0	18.6	24.1	1.3	G	G-40		40	-10	11.8	21.9	1.9
C-50	50	0	9.9	18.4	1.9		G-40		40	0	10.8	8.5	0.8
H-31	31	0	4.3	6.1	1.4		G-45		45	0	8.4	5.3	0.6
G2-45	45	10	18.7	21.5	1.1		G2-50		50	0	9.2	5.8	0.6
C-45	45	10	18.5	15.5	0.8		C-45	45	0	8.4	5.4	0.6	
C-50	50	10	10.1	7.0	0.7		C-50	50	0	4.3	4.5	1.1	

試験体が水平に配置されているとき、鋼材が無い場合と鋼材を有する場合のグラウト先端角度の解析値と測定値の関係を図-4, 5に示す。鋼材が無い場合には、解析値と実験値との間の相関性はよく、これまで開発されたグラウト先端角度の算定式が適用できることが理解される。しかし、鋼材を有する場合、グラウト先端角度の解析値と実験値との間の相関性にはばらつきが認められる。この場合実験値は解析値を上回る結果となっている。これは内部の摩擦抵抗が解析よりも大きいためと考えられる。実験結果より、特により線を用いた場合の相関性が良くないことが認められた。また、試験体を下り勾配に配置した場合は手動ポンプによる流速が小さかったために、グラウトが先流れしてしまい、算定式を用いた先端角度の予測精度はあまり良くない結果となった。

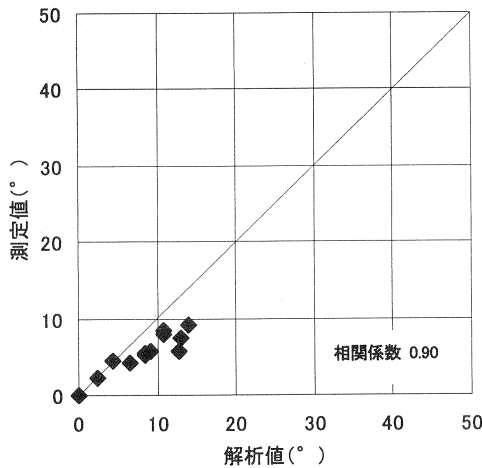


図-4 鋼材が無い場合(水平配置)

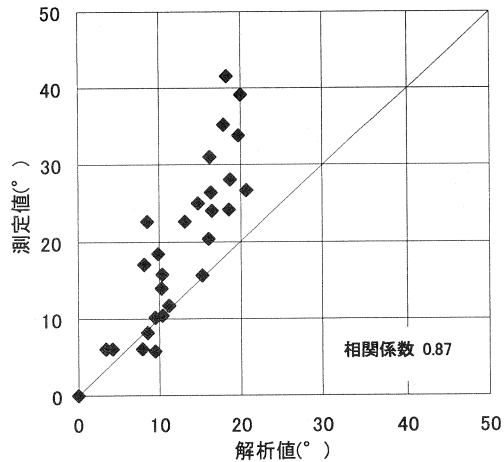


図-5 鋼材が有る場合(水平配置)

4. まとめ

今回の実験において次のことが結論として得られた。

- (1) 同径のシース管の場合には、空隙率が小さくなるにつれて、注入時のグラウト先端角度が大きくなり、充填性も良くなる傾向にある。
- (2) 管を水平に配置した場合に比べ、上り勾配の場合にはグラウト先端角度は大きくなり、逆に下り勾配の場合には小さくなる傾向が認められた。
- (3) 管を水平に配置し、鋼材が無い場合には解析値は測定値の結果を良く表していることが認められた。
- (4) 管内に鋼材を配置した場合には、鋼材を配置しない場合に比べ、解析値の精度が落ちる傾向が認められた。これは、鋼材が有ることにより、グラウトの流れが複雑になり、鋼材が無い場合から導出されたモデルを単純に適用できないことによるものと判断される。

参考文献

- 1) 水上伸介, 出雲淳一: PC グラウトの充填性能評価に関する一考察, プレストレストコンクリート, Vol.43, No.5, pp.71-pp80, 2001.9