

高チクソトロピー性を有する水中不分離自立セメント質材料に関する研究

宇都宮大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 蛇川麻里子
 宇都宮大学工学部 正会員 藤原 浩巳
 宇都宮大学工学部 正会員 丸岡 正知
 日特建設株式会社 正会員 阿部 智彦

1. はじめに

宇都宮市の大谷地区は、大谷石採掘跡の地下空間による崩落の危険性が指摘される。現在、崩落の危険性がある空洞には、コンクリートで埋め戻す対策等がされているが、空洞部分のほとんどが水没しており、排水等の処置が必要である。そのため、埋め戻すには大規模な作業と多大な材料およびコストを要する。そこで本研究では、大谷石地下採掘跡のような水没した地下空間に、水中でも自立可能で空洞部分を支えることのできる柱を構築することを提案し、工法および材料について検討を行った。

2. 柱の構築工法

これまでの研究で高チクソトロピー性を有するグラウト材（以下グラウト材）の開発が行われてきた¹⁾。チクソトロピーとはレオロジー特性の一種であり、図-1 に示すように、力が加わるとともに粘性が低下し流動性が増す可逆的变化を起こす現象である。水没地下空間に構築する柱の材料にこの性状を付与すると、ポンプで容易に圧送可能で、圧送後も高い自立性を示し、容易に柱が形成できると考えられる。

本研究ではまず、図-2 に示すグラウト材によって、水没地下空間に柱を構築する工法を提案した。まず、ボーリングによって開けた穴に鉄筋かごを根入れする。ポンプに接続したホースを根元まで下ろし、ポンプによってグラウト材を打設する。打設とともにホースを上を引き

上げて柱を構築させる。この工法により、容易に水中に柱を構築できると考えた。

3. 材料試験

本研究で考案した工法に適した材料を得るため、グラウト材に水中不分離性を付与させることとした。そこで、水中不分離性混和剤の種類および混和量、目標フロー値を検討した。

3.1 実験概要

表-1 に示す材料を使用し、水粉体比 34%とし試験を行った。また配合条件は、繊維混入率は全体積の 0.1%とし、水中不分離性混和剤は表-2 のように変化させた。表-3 に試験項目および目標値を示す。ここで、練り上がり 15 打フロー値の目標値を、 125 ± 5 mm、 135 ± 5 mm の 2 条件とした。これは、水中不分離性混和剤の種類により粘性が変化し、水中不分離性および充填性に影響を与えると考えられるである。

ここで、水中自立性試験は水中不分離性および充填性を評価するもので、図-3 に示すように、水槽(220×300×600mm)に鉄筋かご(φ70mm、1cm メッシュ)を設置し、ポンプに接続したホースを下部まで下ろし、下からグラウトを打設した。打設後の水槽内の様子から、水中不分離性は、水の汚濁が打設した柱の半分以下であること、充填性は、鉄筋かごに均一に充填されていることを目視で判断した。ポンプは最大吐出圧力 2.5MPa のスクイズ式を用いた。

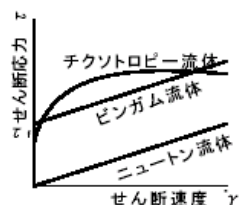


図-1 レオロジー概念

表-1 使用材料

材料の種類	記号	材料名	物性
グラウト	P	高チクソ型グラウト	密度:2.99g/cm ³
	SP	高性能減水剤	ポリカルボン酸系粉末状
混和剤	A	水中不分離性混和剤	水溶性セルロースエーテル
	E		水溶性セルロースエーテル
	Y		非イオン性セルロースエーテル
繊維	F	ナイロン繊維	密度:1.15g/cm ³ 繊維長6mm
水	W	水道水	密度:1.00g/cm ³

表-2 配合条件

混和量	水中不分離性混和剤		
	A	E	Y
1.5 (g/l)	○	○	○
2.5 (g/l)	○	○	○
3.5 (g/l)	○	○	○

表-3 試験項目および目標値

試験項目	目標値
練り上がり	0打フロー値(mm)
	115以下
ノズル先	15打フロー値(mm)
	125 ± 5、135 ± 5
ノズル先	0打フロー値(mm)
	-
ノズル先	15打フロー値(mm)
	-
加圧JP漏斗流下試験(s)*	30以下
水中自立性試験	-
圧縮強度試験(N/mm ²)	40以上

* 圧力0.1MPa時の流下時間

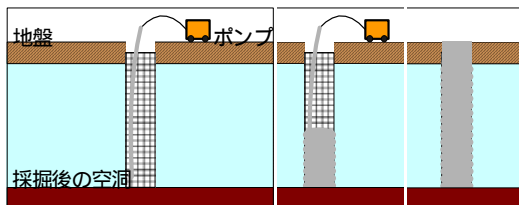


図-2 柱の構築工法

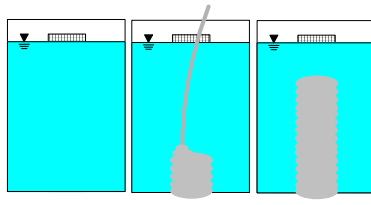


図-3 水中自立性試験

キーワード：チクソトロピー性 水中不分離性混和剤 自立性

連絡先：〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室 TEL 028-689-6211

また、加圧JP漏斗流下試験は、チクソトロピー性を評価するもので、図-4 に示す装置を用いて、JP漏斗に入れた試料を圧縮空気により全量が流下する時間の測定を行った¹⁾。

3.2 実験結果

テーブルフロー試験および水中自立性試験結果を表-4 に示す。表中の○は目標の水中不分離性および充填性を満足していることを示し、×は満足していないことを示す。また、水中不分離性において、水の汚濁がなく、特に優れていることを示す。この結果から、水中不分離性が充填性のどちらか一方だけを有している傾向が見られたが、水中不分離性混和剤 Y を用い 15 打フロー値を 135 ± 5mm としたときに、最も優れた水中不分離性および充填性を有していた。加圧 JP 漏斗流下試験と水中不分離性混和剤混和量との関係を、目標 15 打フロー値が 125 ± 5mm の場合を図-5、135 ± 5mm の場合を図-6 に示す。目標 15 打フロー値が 125 ± 5mm の場合、水中不分離性混和剤 A と E は、混和量が 2.5g/l のときに流下時間が長くなった。フロー値一定の条件であるため、加圧 JP 漏斗流下時間が短くなることで、高いチクソトロピー性を有する。このため混和量が 2.5g/l では、他の条件よりチクソトロピー性が劣ることが確認された。また Y は、混和量の増加に伴い長くなった。これは、混和量の増加に伴う粘性の増加が原因であると考えられる。また A と E においては、混和量が 2.5g/l のときに最も粘性が高くなると考えられる。目標 15 打フロー値が 135 ± 5mm の場合、混和量の増加に伴い長くなり、特に Y は、混和量が 2.5g/l のときに目標値を満足しなかった。また、圧縮強度結果を図-7 に示す。いずれの配合においても、目標

値を十分に満足した。以上より、最も優れた水中不分離性および充填性を有した水中不分離性混和剤は、15 打フロー値が 135 ± 5mm としたときの非イオン性セルロースエーテルの水中不分離性混和剤 Y であり、混和量が 2.5g/l のときにチクソトロピー性を有した配合となった。その配合の水中自立性試験の様子を図 8 に示す。

4. まとめ

大谷石採掘跡のような水没した地下空間に、高チクソトロピー性を付与させたグラウト材を用いることで、水中でも自立可能で空洞部分を支えることのできる柱を構築する工法を提案した。また、グラウト材に水中不分離性混和剤を混入することで、水の汚濁を低減させた柱の構築が可能となった。本研究では、高チクソトロピー性を損なわず、最も水中不分離自立性を有する配合は、グラウト材に非イオン性セルロースエーテルの水中不分離性混和剤を 2.5g/l 混和し、目標 15 打フロー値が 135 ± 5mm を満たす場合であった。

【参考文献】

1) 藤江幸人：高チクソトロピー性状を有するグラウト材の性状評価に関する研究、宇都宮大学大学院工学研究科建設学専攻修士論文、2005

表-4 各種試験結果

水中不分離性 混和剤		目標 フロー値	練り上がり		ノズル先		水中不 分離性	充填性
種類	混和量	(mm)	(mm)		(mm)			
			0打	15打	0打	15打		
A	1.5	125	103.3	127.4	110.9	142.3	×	○
	2.5		106.1	127.6	107.5	137.7	○	○
	3.5		107.9	125.8	120.1	147.1	×	○
E	1.5		104.4	127.3	109.5	142.5	○	×
	2.5		104.1	125.7	107.9	136.4	○	×
	3.5		103.8	122.3	107.9	132.7	○	○
Y	1.5		104.2	128.5	107.2	138.9	○	×
	2.5		104.0	127.6	109.1	139.0		×
	3.5		101.5	124.3	107.1	137.8		×
A	1.5	135	105.9	134.0	120.5	147.0	×	○
	2.5		107.6	134.1	112.2	143.4	×	○
	3.5		109.2	133.4	116.2	143.6	×	○
E	1.5		109.7	137.7	123.7	158.3	×	○
	2.5		109.0	134.8	119.0	148.3	×	○
	3.5		109.1	131.5	106.8	146.2	×	○
Y	1.5		103.4	137.0	105.1	139.1	×	○
	2.5		103.2	131.9	104.1	134.5		○
	3.5		104.5	130.4	106.2	135.0		○

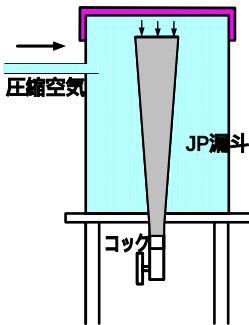


図-4 加圧 JP 漏斗流下試験装置



図-8 Y2.5(135 ± 5)

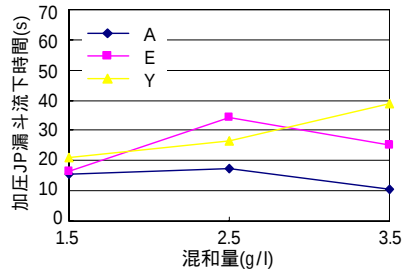


図-5 加圧 JP 漏斗流下試験結果
(125 ± 5)

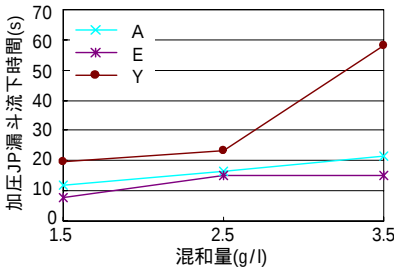


図-6 加圧 JP 漏斗流下試験結果
(135 ± 5)

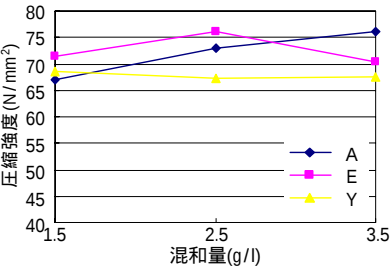


図-7 圧縮強度試験結果