

流動化処理土による地下空洞の充填に関する一考察

徳倉建設株式会社 正会員 三ツ井達也
 徳倉建設株式会社 正会員 安田 知之
 徳倉建設株式会社 正会員 ○和泉 彰彦

1. はじめに

鉱物資源の採掘が放置され、空洞内の風化に伴う陥没事故等が多数発生している。この対策として充填工事が多数実施されている。充填材の一つとして使用されている流動化処理土（以下、LSS と称す）は、空洞を充填する場合、屈折していても到達距離が同じなら充填状況に違いは見られないこと¹⁾、フロー値と流動勾配（充填材の高さ/到達距離）に相関があること²⁾、などが分かっている。今回は大型模型を使って、LSS を勾配がある水中に充填したときの充填状況についての実験を行い、有効な知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2. 1 実験計画

図-1 に模型概要を示す。模型は、高さ 600×奥行 300×幅 3600mm とした。また、模型側面に目視確認用の窓（450×450×5）を 3 ヶ所設置した。充填口は、φ75mm の鋼管を取り付けその中に打設管 φ25mm（硬質塩ビ管）を挿入する計画とした。充填口と打設管の隙間は、チューブゴムパッカーを取り付けて充填した。充填状況の計測は、電気伝導度を測定するセンサーを模型側部に取り付け充填状況がリアルタイムで計測した。充填材の投入は、モルタルポンプを使用し、充填口近くの充填ホースに圧力ゲージを設置した。実験は、勾配を変えた 3 種類を行った。

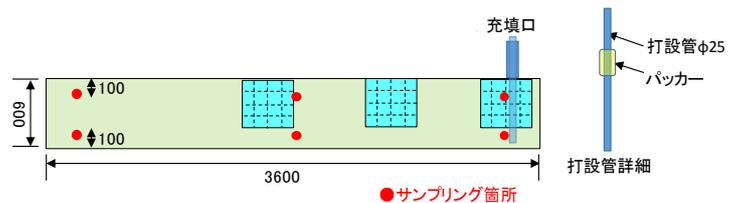


図-1 模型概要

Case I : 模型を水平に設置
 Case II : 模型に上り勾配 10%になるように設置
 Case III : 模型に下り勾配 15%になるように設置
 Case I, II では、充填口と反対の端部を水の排水口とし、濁度、pH、電気伝導度を測定した。Case III は、充填口に充填ホースと排水用ホースを設置した。充填した 4 週間後に、図-1 に示すように 6 箇所サンプリングを行い、一軸圧縮強さ、湿潤密度試験を行った。



写真-1 確認窓

Case I, II では、充填口と反対の端部を水の排水口とし、濁度、pH、電気伝導度を測定した。Case III は、充填口に充填ホースと排水用ホースを設置した。充填した 4 週間後に、図-1 に示すように 6 箇所サンプリングを行い、一軸圧縮強さ、湿潤密度試験を行った。

表-1 材料土の物理特性

材料土	土粒子の密度 (g/cm ³)	粒度構成 (%)			含水比 (%)
		粘土・シルト	砂	礫	
泥水中の粘性土	2.640	100	0	0	泥水密度による
再生砂	2.650	2.7	80.2	17.1	12.3

表-2 LSS の配合

配合名	配合				目標		
	泥水密度 (g/cm ³)	単位配合 (kg/m ³)			単位体積重量 (g/cm ³)	フロー値 (mm)	qu28 (kN/m ²)
		固化材	泥水	再生砂			
Case I, II	1.280	100	1022	378	1.50	200	200
Case III	1.240	100	912	520	1.53	300	200

表-3 LSS の品質管理結果

配合名	品質管理結果					
	湿潤密度 (g/cm ³)	フロー値 (mm)	フリーディング率 (%)	qu28 (kN/m ²)	外気温 (°C)	流動化処理土温度 (°C)
Case I, II	1.50	200	1.0	286.5	14.0	17.0
Case III	1.54	300	1.0	390.4	14.0	18.0

3. 実験結果

・流動勾配と圧送圧力

充填に伴う流動勾配の変化を図-2 に示す。これは目視および側部に取り付けセンサーの測定結果を元に、充填量毎の充填形状を図化したものである。Case I の流動勾配は約 20% となった。また、充填材を 360ℓ 投入

キーワード 流動化処理土, 模型実験, 水中打設, 勾配, 環境影響
 連絡先 〒460-8615 愛知県名古屋市中区錦 3-13-5 徳倉建設株式会社土木事業本部技術環境部 TEL052-961-3271

時に模型天盤に達したが、充填完了まで圧送圧力の上昇は見られなかった。Case IIは、流動勾配が約 16%となった。また、圧送圧力の上昇は見られなかった。Case IIIは、流動勾配が約 2%となった。

・濁度

図-3に濁度と充填量の関係を示す。Case I, IIの濁度は、排水口付近で模型上端から 200mm の位置で測定した。Case Iは 550ℓ 充填時に、Case IIは、450ℓ 充填時に濁度が変化し、数値が 0 からそれぞれ 29.0, 49.1 (NTU) まで上昇した。Case IIIの濁度は、排水ホースから採取した水で測定した。充填開始直後で、19.8 (NTU) を示し、その後徐々に上昇し、250 (NTU) で充填を終了した。

・水素イオン濃度 (pH)

図-4に pH と充填量の関係を示す。Case II 400ℓ 充填時から上昇を始め、11.62 に上昇した。Case IIIは、充填量 240ℓ から充填ホースが充填材の中に貫入した。貫入前と比較して、貫入後のグラフ方が比較的緩やかになった。Case Iは、測定機器の不具合が生じ、計測ができなかった。

・電気伝導度

図-5に電気伝導度と充填量の関係を示す。Case IIIは充填の進行に伴い濁度は上昇したが、電気伝導度は上昇せず、LSS に接触した時点で値が急上昇した。

・一軸圧縮強さ、湿潤密度

Case IIIの模型でサンプリング (φ 50 × 100) を行い、材令 28 日の一軸圧縮強さ (qu) と湿潤密度 ρ を試験した。それぞれの結果は、バラツキが小さく、qu=120.4~130.0 (kN/m²) と ρ=1.529~1.569 (g/cm³) であった。qu は、目標強度の 61%程度 の値を示した。

4. 考察

- ① 流動勾配は地盤の傾斜に関係なく、小型模型と同等の値を示した。
- ② LSS のフロー値の違いにより、充填材が作る勾配を保ったまま流れていく。
- ③ LSS は、流れのない水中に充填をする場合、打設管が充填材の中に貫入していれば極端な拡散をしない。
- ④ 水中充填を行うと若干の強度低下はあるが、品質のばらつきは少ない。

5. おわりに

今回の模型実験において、水中および傾斜のある空洞の充填状況を確認することができた。今後も LSS を利用した充填工事の効率化や品質の向上に向け、技術の研鑽に励みたいと考えている。最後に中日本建設コンサルタント(株)、東邦地水(株)、(株)名北総合技研様には、多大な協力を頂き、この場を借りてお礼申し上げる。

【参考文献】

- 1) 独立行政法人土木研究所/㈱流動化処理工法総合監理:流動化処理土利用技術マニュアル,第2版,平成19年.
- 2) 三ツ井, 安田:流動化処理土による空洞充填工事の一考察,平成28年度土木学会全国大会,平成28年.

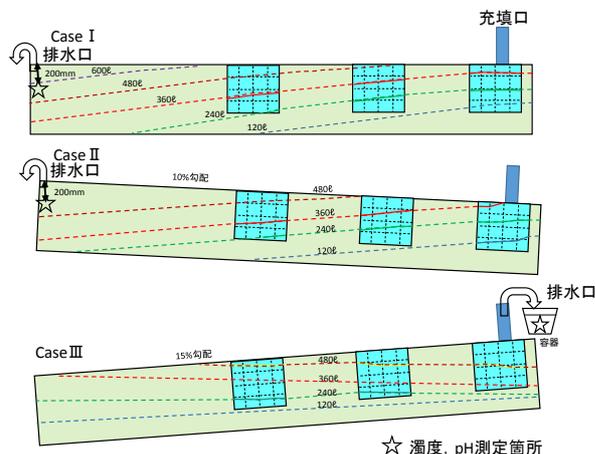


図-2 流動勾配の変化

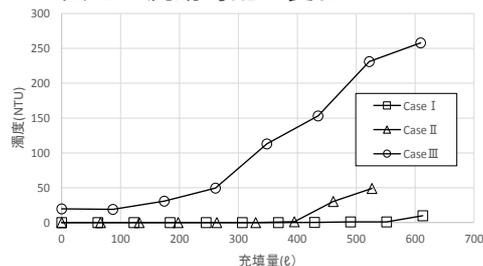


図-3 濁度と充填量の関係

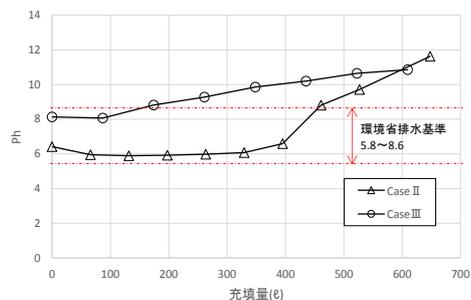


図-4 pH と充填量の関係

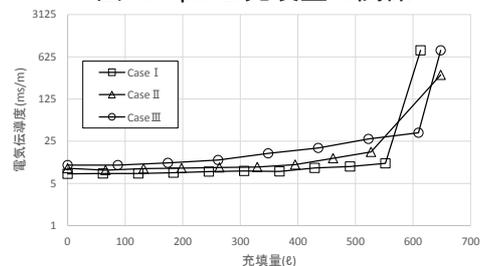


図-5 電気伝導度と充填量の関係