

流動化処理土による地下空洞の充填に関する一考察（その2）

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 ○和泉 彰彦

1. はじめに

近年、地下に存在する空洞を流動化処理土（以下、LSS と称す）で充填する工事が多数実施されている。LSS は地盤の傾斜に関係なく、LSS の物理特性が一緒であれば LSS が作る先端の勾配（以下流動勾配と称す）は一定であり、水中で打設しても極端な拡散を起こさないことがわかっている¹⁾。広大な空洞の場所を区切って充填する場合、地中で隔壁を造成する必要があるその施工管理方法が問題となる。この状況を再現するため2種類の模型実験を行い、施工管理方法について検討を行ったので報告する。

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	2.640	100	0	0	257.9
改良土	2.642	100	0	0	12.3

2. 実験に使用した LSS の配合と材料土実験方法

実験に使用した材料の物理特性を表-1 に示す。「改良土」は残土を分級し残った細粒分を石灰処理したものである。また、固化材は高炉セメント B 種を使用した。LSS の配合は水中での流動勾配が 30%となるフロー値 130 mmを目標に計画した²⁾（表-2、表-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)
		固化材	泥水	改良土		
LSS	1.210	100	856.7	543	1.50	130

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 (%)	一軸圧縮強度 (28日) (kN/m ²)	外気温 (°C)	LSS温度 (°C)
LSS	1.53	130	0	404.3	20.0	23.0

3. 模型実験①

勾配がある空洞に隔壁を造成することを想定し、充填口から上・下流方向にどのような割合で充填するかを実験した。

3.1 実験方法

図-1 に模型概要を示す。模型（500×300×7200）は木材で作製し、目視確認用にアクリル製の窓（400×400×5）を6ヶ所設置した。充填口から下流 1.2m の位置に、障害物と見立てた角材（80×80×300）を配置した。充填口は、模型端部から 1,500mm の位置に設置し、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た。盛土により 16%の勾配を作成し、模型を設置した。模型内部は水で満たし、充填材の投入は、モルタルポンプを使用した。充填状況の計測は、動画撮影と充填開始から 5 分毎に静止画を撮影、スケッチを行った。LSS 硬化後、脱型し出来形を確認した。

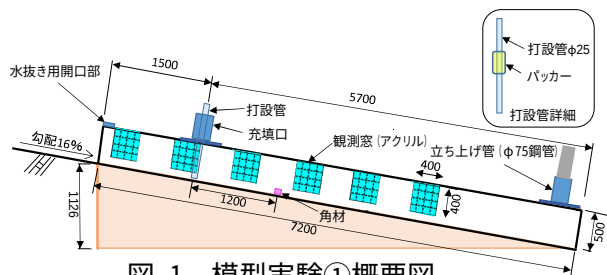


図-1 模型実験①概要図

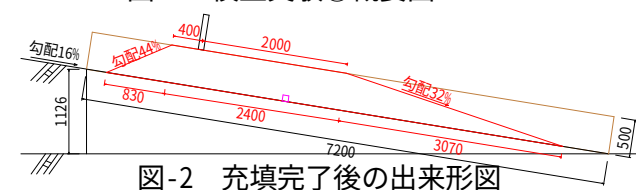


図-2 充填完了後の出来形図

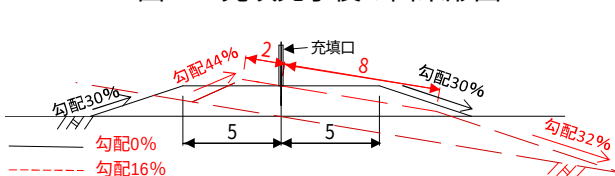


図-3 勾配毎の充填形状

3.2 実験結果

図-2 に充填完了後の形状を図化した。計測の結果、実験から計測した形状を保持しており、下流側の勾配 32%、上流側の勾配 44%であった。図-3 に勾配毎の充填形状を示す。これは充填勾配 0%、16%の充填形状を比較したものである。充填口を中心に、下流と上流は 8：2 程度の割合で充填された。障害物周辺は隙間無く充填されていた（写真-1）。結果を以下にまとめる。



写真-1 障害物周辺

キーワード 流動化処理土、施工管理、模型実験、水中打設、勾配

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

- a. LSS のチキソ性が確認された。
- b. LSS の流動性と流動勾配の関係は小型模型実験¹⁾²⁾と大型模型実験ともに同様な結果を示す。
- c. 地盤勾配がある場合、上流側への流動勾配は下流側のそれより大きくなる。
- d. 下流側の側・底面と LSS の摩擦力のバランス分だけ上流側にも充填される。

4. 平面模型実験

平面模型実験は 17% の地盤勾配に斜め方向へ隔壁を造成することができるかを確認するため、模型を 17% に傾け 8% になる位置に充填口を設置する計画とした。また、模型実験①において下流方向とのバランスで上流方向にも充填していくことが観察されたため、下流の充填孔から充填を開始し、上流側の充填孔で LSS の到達を確認する計画を立案した。

4.1 実験方法

図-2 に実験概要を示す。模型は、合板 (900×900×12) とアクリル板 (900×900×5) の間に 100mm の空間を設けたものを使用した。水槽 (3m³) を勾配 17% の地盤上に設置した。充填口 AB 間の勾配は約 8%，間隔は 340 mm とした。充填材の投入は、モルタルポンプを使用した。1 回目の充填は、充填口 A (以下 A) から行い、充填口 B (以下 B) にのり尻が到達するまで行った。その後、B から充填を行い、1 回目と接触するまで行った。

4.2 実験結果

図-5 に充填量と充填状況 (平面) を示す。これは動画を元に、充填量毎の充填形状を図化したものである。A から充填を開始し、のり尻が B に到達したため、A からの充填を終了した。引き続き B から充填を開始し、AB 間を閉塞した。このとき AB 基線上の上流側ののり尻の長さは 400 mm であった。

図-6 に充填完了後、固化した LSS の形状を示す。大型模型実験と同様、下流側における流動勾配は 31% とほぼ同程度となった。しかし、上・下流方向への到達距離は 10:7、AB 方向のそれは 1:1 の割合で広がっていた。

この結果より、下流側の充填孔から充填を開始し、直上流側の充填孔で LSS の到達状況を監視することで地中に連続した隔壁が造成できると判断し実工事にこの管理方法を導入し施工を行った。

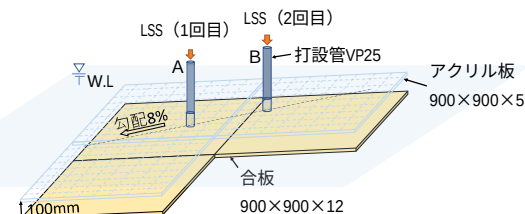


図-4 平面模型概要図

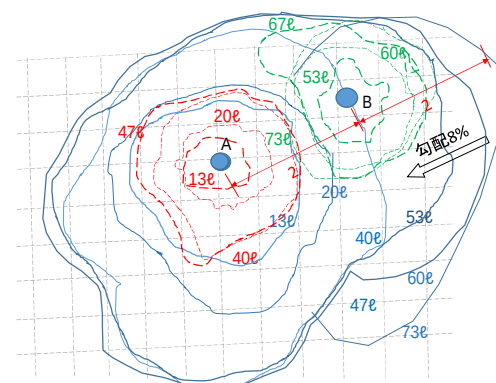


図-5 充填量と充填状況

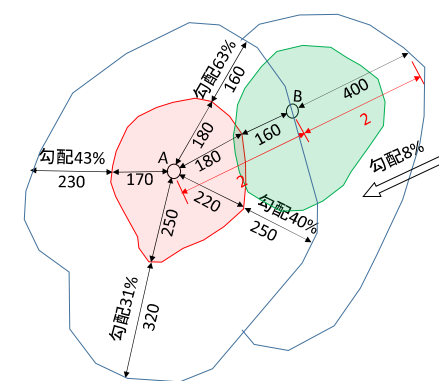


図-6 固化した LSS の平面形状

5. おわりに

実施工は実験で確認した管理方法を行い、事後調査により良好な結果を確認する事が出来た。今回の模型実験において、LSS を用いて勾配がある地下空洞を任意の方向に、隔壁を作製できることを証明できた。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。

【参考文献】

- 1) 三ツ井, 安田, 和泉: 流動化処理土による地下空洞の充填に関する一考察, 平成29年度土木学会全国大会, 平成29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。