

流動化処理土による空洞充填工事の一考察

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

1. はじめに

流動化処理土(LSS:以下LSSと称す)は建設発生土のリサイクル技術として確立された。既往の研究¹⁾で密閉された坑道を充填する場合、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がわかっていて。しかし水没した空洞での流動性や材料品質に関する研究は少ない。今回LSSによる垂炭廃坑充填工事の施工に際し、水中におけるLSSの挙動と材料特性に関する実験を行った。その結果、有効な知見を得たので報告する。

2. 実験方法

工事に使用するLSSの品質目標は以下とした。

- ・ 水中での流動勾配 20%以上(LSSを一箇所から流し込んだときに充填材が作る勾配(高さ/距離))
- ・ 水中打設したLSSの一軸圧縮強さ 100KN/m²以上
- ・ LSS打設時の濁度 25mg/L以下

2-1. 室内実験

実験に使用した材料土の物理特性を表—1に示す。「現場発生土」は岐阜県内の公共工事から発生した土をストックした礫混じり砂、「改良土」は愛知県内の中間処理施設で分級製造された改質粒度調整土である。

最初に現場発生土のみで6種類の配合を設定し、L600×B450×H300のプラスチック製の水槽にそれぞれのLSSを流し込んで流動勾配の計測を行った。表—2にLSSの配合と品質を示す。流動勾配は配合番号3～6において気中時と水中時に測定した。図—1はフロー値と流動勾配の測定結果である。実験結果より同じフロー値のLSSでも水中の方が大きな流動勾配となった。次に濁度は1000mlのメスシリンダに1000mlの水を入れ、100gのLSSを水面から落とし、そのとき中央部の濁度を測定した。結果を図—2に示す。濁度の目安値は環境基本法 水質汚濁に係る環境基準²⁾を参考にした。現場発生土のみの配合は分離抵抗(粘性)が小さいため目標値を満足しなかった。そこで表—3のように「改良土」を配合に追加し、濁度を計測したところ、図—3に示すように大幅に濁度が改善されることが確認できた。これらの結果から、フロー値は110～190mmとするLSSは現場発生土と改良土を混合する形の配合を採用すれば必要条件をクリアすることがわかった。

2-2. フィールド実験

フィールド実験の概要を図—4に示す。L1700×B800×H970の鋼製水槽に水を張ったものを使用した。材

キーワード：流動化処理土、LSS、水中打設、流動勾配

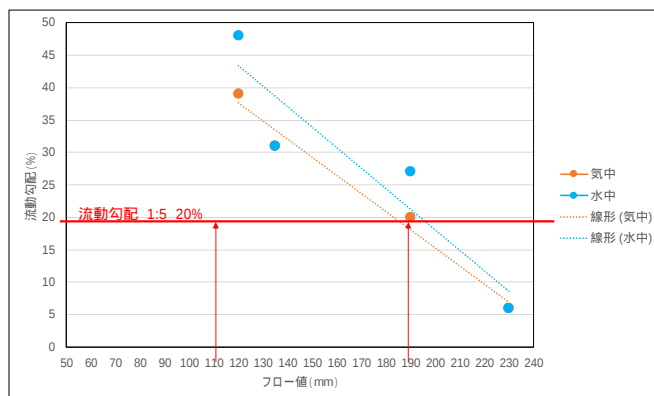
連絡先：〒460-8615 愛知県名古屋市中区錦3-13-5 TEL 052-961-3271 FAX 052-951-0927

表—1 材料土の物理特性

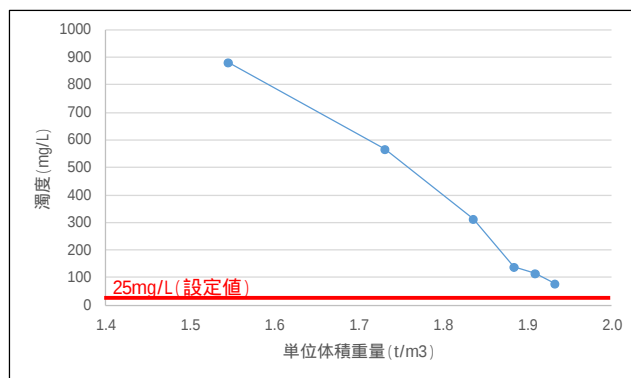
材料土	土粒子密度 (g/cm ³)	粒度構成(%)			含水比 (%)
		粘土・シルト	砂	礫	
現場発生土	2.629	19	48	33	13.7
改良土	2.642	100	0	0	55.1

表—2 LSS実験配合と試験結果

番号	配合量(kg/m ³)			単位体積重量 (g/cm ³)	フロー値 (mm)	アライニング 率 (%)	qu28 (kN/m ²)	流動勾配		濁度 (g/ml)
	発生土	水	固化材					気中 (%)	水中 (%)	
1	885.6	569.30	90	1.543	400	10.18	390	-	-	880
2	1239.8	409.0	90	1.731	370	1.7	1140	-	-	565
3	1423.8	322.00	90	1.838	230	0.18	1250	6	6	312
4	1512.8	281.5	90	1.888	190	0	1510	20	27	138
5	1557.3	261.30	90	1.909	135	0	-	31	31	115
6	1601.8	241.00	90	1.933	120	0	1760	39	48	78.1



図—1 フロー値と流動勾配の関係



図—2 濁度測定結果（発生土単体配合）

表—3 LSS配合表（改良土混合）と濁度

番号	調整泥水密度 (g/cm ³)	目標LSS密度 (g/cm ³)	配合量				濁度 (mg/L)
			改良土 kg/m ³	発生土 kg/m ³	水 kg/m ³	固化材 kg/m ³	
1	1.25	1.3	605	0	607	90	0
2	1.23	1.62	357	765	408	90	2.2
3	1.2	1.6	313	753	440	90	5.6
4	1.15	1.72	177	1090	368	90	22

料の投入はホースを水槽内へ挿入し、自然流下させる方法で行った。LSS は 9 回に分けて投入し、5 回に分けて水槽天端からの距離を測定して流動勾配を求めた。結果を図—5 に示す。実験より以下の傾向が確認された。

- ・ 最初は一定勾配で流れてゆく。
- ・ 打設高さが高くなるほど流動勾配が急になる。
- ・ ある高さを超えると台形上に LSS が広がる。
- ・ ホースの筒先を中に入れておくことで打設が進んでも濁度は大きくなる。

また表—4 に水中へ打設した LSS の一軸圧縮強さを測定した結果である。供試体番号は図—5 に示すように底面から上にむかって ~ となっている。試験の結果、水に接する場所でも強度低下が見られなかった。

3. 施工への摘要

実施工での LSS は表—5 の配合で製造した。充填工事は平成 27 年 5 月～平成 28 年 1 月に岐阜県可児郡御嵩町の国道 21 号の直下に存在する空洞（施工延長 L=110m、対象面積 1,280m²、充填量 V=1,600m³）を対象に行った。打設に際し 8m 間隔で空洞まで削孔した充填孔を設置した。打設はポンプ車のホースの先端を充填孔から空洞底盤（6～11m）までおろし、下部から徐々に引き上げて充填を行った。さらに 16m 間隔で設けた充填到達確認孔で充填高さの確認をしながら施工を行った。

打設量は全体で 1,870m³ となった。これは削孔完了時に算出した想定充填量 1,600m³（空洞断面積に空洞率 75% を乗じた値）より約 17% の増加にとどまった。その後充填状況確認のためチェックボーリングを 4 箇所実施した。その結果を表—6 に示す。充填状況は良好であり、採取された試料を用いて行った一軸圧縮強さはすべて必要強度を満足していた。また濁度については施工中、施工後に行った水質調査の結果、良好であった。

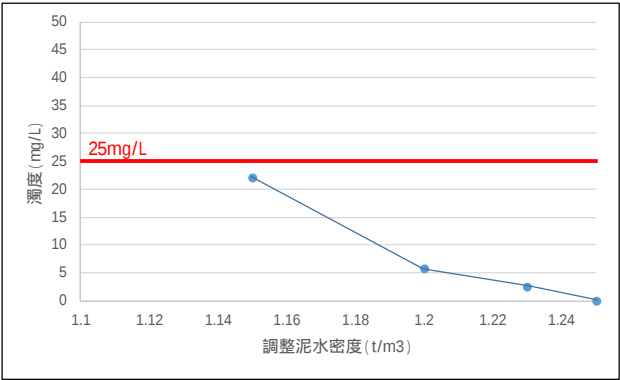
4. おわりに

今回水中における LSS の挙動・特性を確認する実験を行い、施工を通じてその効果を確認することができたと考えている。今後もこの知見を活かして同種工事に望む所存である。

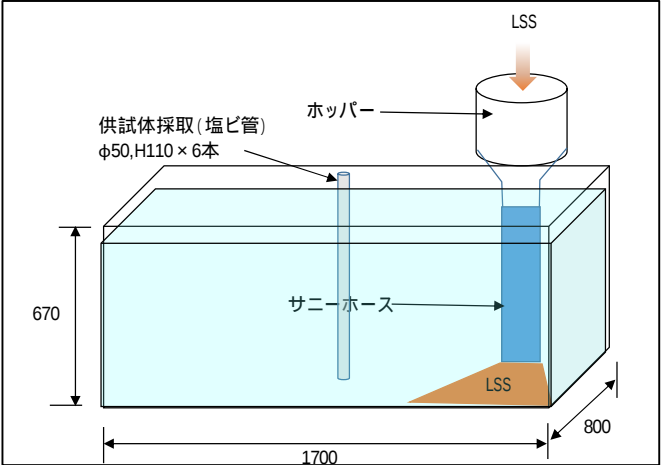
最後に工事の発注者である中部地方整備局 多治見砂防国道事務所の皆様には施工を通じて多大なるご指導をいただいた。この場をお借りして深く御礼を申し上げたい。

【参考文献】

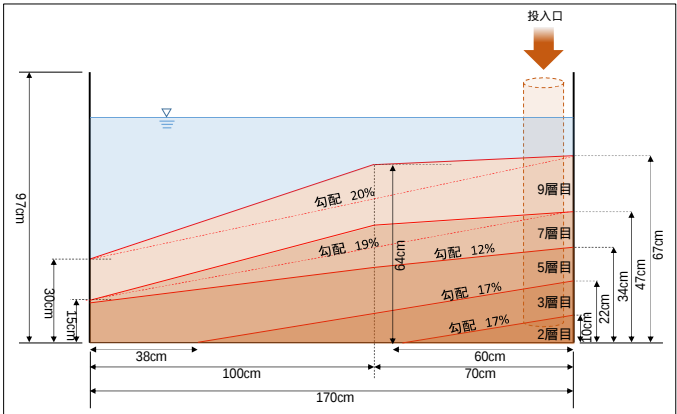
- 1) 流動化処理土利用技術マニュアル 平成 19 年/第 2 版 独立行政法人 土木研究所 流動化処理工法総合監理
- 2) 環境基本法 水質汚濁に係る環境基準（昭和 46 年 環境庁告示第 59 号）



図—3 濁度測定結果（改良土混合配合）



図—4 フィールド実験説明図



図—5 流動勾配結果（フィールド実験）

表—4 フィールド実験結果

供試体No.	深度 (cm)	フロー値 (mm)	勾配 (%)	強度 (KN/m ²)
	0～10	190	17	213
	10～22		17	248
	22～34		12	302
	34～47		19	351
	47～67		20	420

表—5 LSS 配合表と品質目標値

調整泥水密度 (t/m ³)	泥水 混合比	改良土 (kg/m ³)	発生土 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	固化材 (kg/m ³)
1.2	0.8	289	872	406	70

目標値			
LSS密度 (g/cm ³)	フロー値 (<mm)	フリートン率 (%)	一軸圧縮強さ (KN/m ²)
1.63	150	3	300

表—6 チェックボーリング結果

試料	設計強度 (KN/m ²)	湿潤密度 (g/m ³)	圧縮強度 (KN/m ²)
1	100	1.675	141
2		1.236	196
3		1.466	258
4		1.473	282