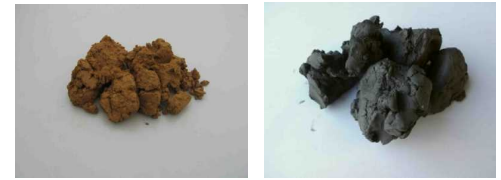


空洞充填工法における新たな材料の研究

飛島建設 正会員 ○宮沢義博、正会員 杉浦乾郎
飛島建設 正会員 坂本昭夫、正会員 和田幸二郎

1. はじめに

東海地方では戦前・戦中・戦後にかけて各地で採掘された亜炭の採掘跡が廃坑空洞として残っている。廃坑内は亜炭の劣化が進行し、また地表の改変等もあり、前触れもなく突然、陥没や沈下の被害（鉱害）が発生するなどしてこの地方の社会問題になっている。これに対し、空洞充填工法により空洞内を埋め戻す対策工事が順次行われている。本工法で用いる充填材の材料は、母材として砂利工場等で副産する脱水ケーキ（粘土キラ、砂キラともよばれる）（図-1）に固化材と水を練り混ぜて製造する。ここでは、集塵ダスト、水洗ケーキのリサイクル材（図-2）を有効利用した場合の充填材の適用性について検討した成果を報告する。



(a)粘土キラ (b)砂キラ

図-1 粘土キラ、砂キラ



(c)集塵ダスト (d)水洗ケーキ

図-2 検討材料

2. 空洞充填工法の概要

空洞充填工法は、現場に充填材製造プラントを設置し、製造したスラリー状の充填材を配管でボーリング孔（充填孔）まで送り、そこから空洞内に注入して固化させる技術（流動性充填工法）である。一般に、高い流動性で空洞内を均質にまた隅々まで充填できるのが特徴である。その応用技術である限定充填工法（図-3）は、最初に流動性を制御した端部充填材で空洞内の充填対象境界線上に隔壁を形成し、その後、内側に流動性の高い中詰充填材（流動性充填材に相当）を注入する。端部充填材は上記の配合材料にさらに水ガラスを添加したもので、そのゲル化作用で流動性を制御する。これまでのほとんどの工事では粘土キラ、砂キラが用いられてきた。表-1 および表-2 に充填材の品質目標値と配合例を示す。

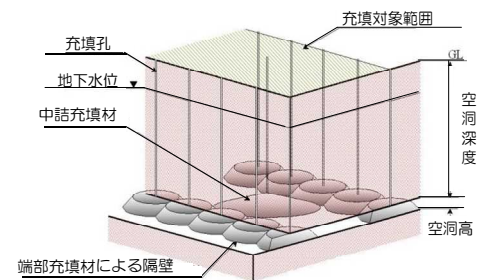


図-3 限定充填工法の概念図

表-1 充填材の品質目標値

品質項目	目標値	備考
フロー値（P漏斗）	9～14秒	流動性充填材、限定充填中詰充填材
フロー値（デューブルフロー）	140mm～180mm	限定充填端部充填材
ブリーディング率	3%以下	
一軸圧縮強度	50kN/m ² 以上 20kN/m ² 以上	標準養生28日 空洞内サンプル
有害物質分析	基準値以下	環境庁告示第46号

表-2 充填材の配合例

材 料	中詰充填材	端部充填材
粘土キラ(kg)	220	220
砂キラ(kg)	220	220
特殊土用固化材(kg)	60	90
特殊水ガラス(kg)	—	48.8
水(kg)	815	765

表-3 土質試験結果一覧

	項 目	単位	試験結果			
			粘土キラ	砂キラ	集塵ダスト	水洗ケーキ
一般	土粒子密度	(g/cm ³)	2.619	2.706	2.150	2.695
粒度	礫 分	(%)	—	—	—	—
	砂 分	(%)	13.1	8.2	13.6	7.3
	シルト分	(%)	36.4	60.5	56.3	57.5
	粘 土 分	(%)	50.5	31.3	30.1	35.2
	最大粒径	(mm)	0.425	0.425	0.425	0.43
分類	分 類 名		粘性土	粘性土	粘性土	粘性土

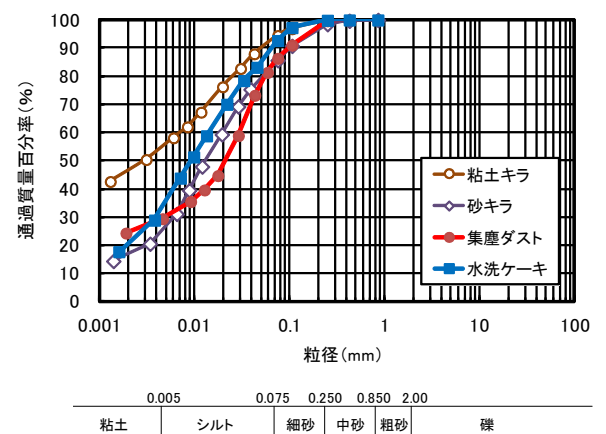


図-4 粒度分布

3. 試験内容と結果

集塵ダスト、水洗ケーキは、それぞれ鋳物工場、石灰工場で発生した副産物である。表-3 に土質試験結果一覧を、図-4 に粒度分布を比較したものを示す。なお、参考に粘土キラと砂キラについても掲載した。粘土キラや砂キラと比べて、集塵ダスト、水洗ケーキともに粒度はキラと似たような分布を示す。配合試験の結果を、図-5～図-6 に示す。集塵ダスト、水洗ケーキには粘性がほとんどないことから、これらを単独で用いると材料が分離するため、粘土キラと併用する配合とした。最初集塵ダストを用いた流動性充填材について述べる。図-5(a)、(b)より、母材量の増加にともない、それぞれ P 漏斗流下時間の増加（流動性の低下）およびブリーディング率の減少傾向が現れている。これらより、母材量は $400\sim480\text{kg/m}^3$ 程度が適切といえる。また、図-5(c)より、固化材量は 50kg/m^3 以上で強度の目標値以上となる。次に、図-5(d)より、端部充填材で良好な隔壁を形成するためのテーブルフロー値は水ガラス量が 12.2kg/m^3 (10l/m^3) でよいことがわかる。水洗ケーキを用いた流動性充填材は、図-6(a)、(b)より、母材比（粘土キラ：水洗ケーキ）が 1:1 で母材量 $500\sim580\text{kg/m}^3$ 程度、母材比 1:3 で $600\sim680\text{kg/m}^3$ 程度が適切である。また、図-4(c)より、固化材量は 50kg/m^3 以上で目標値以上となる。端部充填材の水ガラス量は、図-6(d)より 24.4kg/m^3 (20l/m^3) が良好である。

4. おわりに

検討結果をまとめると次のようになる。ここで用いた集塵ダスト、水洗ケーキは、粘土キラを併用し、適切な配合とすることで、流動性充填材および限定充填端部充填材としての品質を確保することができる。実工事に際しては実際に用いる材料で配合試験を行い、材料性状や施工により発生する品質のバラツキを考慮した配合とする必要がある。また、環境安全性についても十分配慮した材料の選定が必要である。なお、今回使用した材料を提供いただきました関係各位に感謝の意を表します。

参考文献 1) 新版 空洞充填調査施工マニュアル，一般社団法人充填技術協会，2010年10月

2) 宮沢義博, 杉浦乾郎, 坂本昭夫, 和田幸二郎：空洞充填工法における充填材の材料に関する研究，土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集

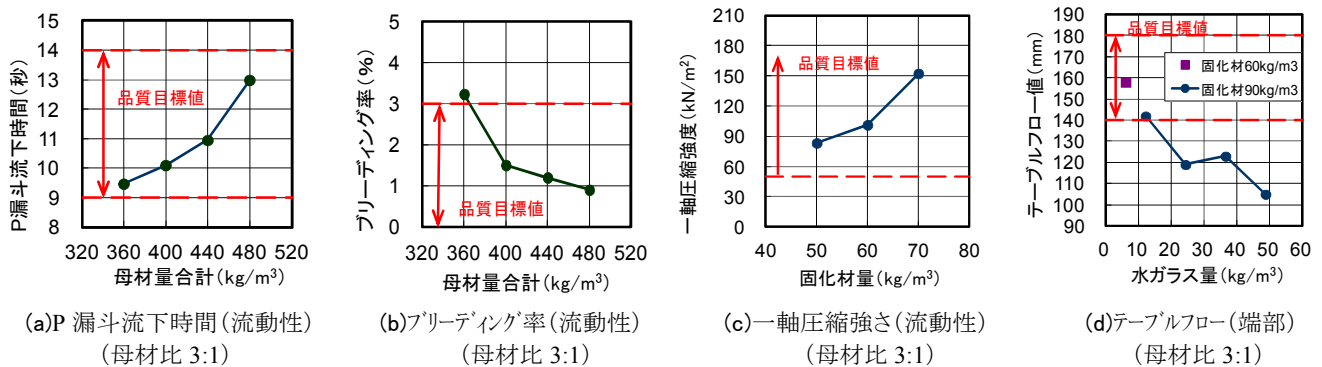


図-5 集塵ダストを用いた充填材の試験結果

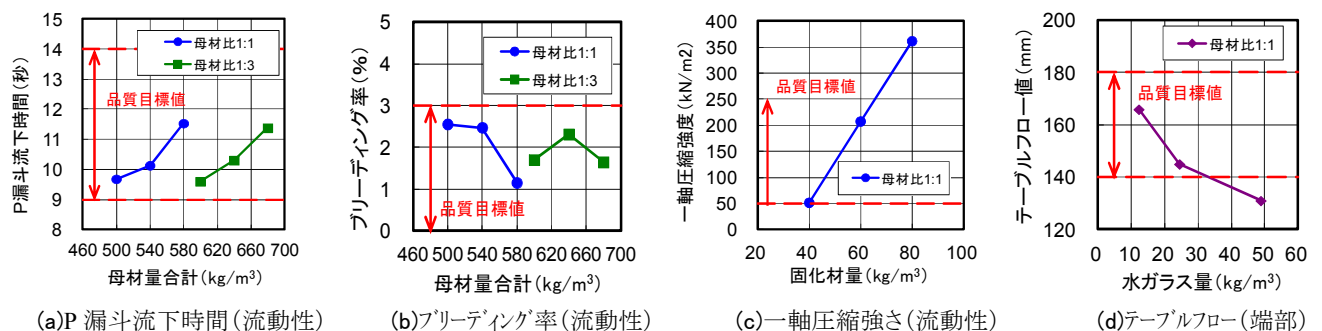


図-6 水洗ケーキを用いた充填材の試験結果