

空洞充填工法における充填材の材料に関する研究

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

全国には様々な人工空洞が採掘当時のまま放置されている。空洞内部では採掘で表面にさらされた天盤や柱(残柱)、壁などが年々劣化により強度低下してやがて崩壊する。その影響が上方の地盤に空隙や緩みとなって伝播し、突然、地表面に陥没や沈下となって現れる。東海地方ではかつて亜炭が盛んに採掘された。その結果、廃坑として放置され、それが陥没や沈下を引き起こし、深刻な社会問題になっている。これに対し、この地方を中心に空洞充填工法で空洞内を埋め戻す工事が行われている。本工法で用いる充填材は、砂利工場や砕石工場などで発生する副産物の脱水ケーキ(粘土キラ、砂キラ)を母材とし、固化材と水を練り混ぜて製造する。ここでは充填材に新材料を用いた場合の適用性について室内試験をもとに行った検討成果を報告する。

2. 空洞充填工法の概要

空洞充填工法は東海地方の亜炭廃坑対策として、昭和50年頃に旧名古屋通商産業局の主導で開発された技術である。以来、亜炭廃坑対策を中心として多数の実績を積み重ねているが、東海地方以外の地域でも、石炭廃坑、地下壕、地下採石場跡、廃棄トンネル等の対策工法として施工された実績がある。本工法は、現場に置いた充填材製造プラントで製造したスラリー状の充填材を、一般に、配管でボーリング孔(充填孔)まで圧送し、そこから空洞内に注入・固化させる工法である。最大の特徴は高い流動性で空洞内を隅々まで充填できることである。表-1に充填材の品質目標値を、表-2に最近の充填工事での配合例を示す。

3. 室内試験とその結果

空洞充填工法の開発当時から、実工事ではほぼ一貫して粘土キラおよび砂キラが用いられてきたが、一方で、材料種類の拡大と副産物の有効利用分野の開発を目的に各種の材料について検討が行われてきた。これまでに検討された材料には、浄水汚泥、羊毛スラッジ、セメント系スラッジ、建設残土、ペーパースラッジ焼却灰、石炭フライアッシュ、溶融スラグ、下水汚泥焼却灰などがある。これらのほとんどは、その最大粒径や粒度分布などから、充填材としたときの材料分離が大きい材料のためそのまま用いることはできないが、粘土キラのような粘性を有する材料と併用することで分離を抑制できることがわかっている。ここでは新材料として、集塵ダスト(鋳物工場)、水洗ケーキ(石灰工場)、製鋼スラグ(製鉄所)の3種類について検討した。図-1に粘土キラ、砂キラと新材料を示す。表-3および図-2にこれらの材料の土質試験結果と粒度分布を示す。表-3および図-2より、集塵ダストおよび水洗ケーキは粘土キラや砂キラと類似した粒度分布を示すが、製鋼スラグの密度は 2.976g/cm^3 と大きく、また最大粒径も 19.0mm で礫分が 35.2% も混じるような粒度分布で全く粘土キラや砂キラとは様相が異なることがわかる。配合試

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 | |
| ブリーディング率 | 3%以下 | |
| 一軸圧縮強度 | 50kN/m ² 以上 | 標準養生28日 |
| | 20kN/m ² 以上 | 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 配合例

| 材 料 | 単 位 量 |
|-------------|-------|
| 粘土キラ(kg) | 220 |
| 砂キラ(kg) | 220 |
| 特殊土用固化材(kg) | 60 |
| 水(kg) | 815 |



(a) 粘土キラ (b) 砂キラ (c) 集塵ダスト (d) 水洗ケーキ (e) 製鋼スラグ

図-1 粘土キラ、砂キラと新材料

キーワード 地下空洞, 陥没, 空洞充填

連絡先 〒460-0017名古屋市中区松原3-2-8テルウェル新松原ビル7F 飛島建設(株)名古屋支店 TEL.052-331-7405

験の結果を図-3～図-5に示す。集塵ダスト、水洗ケーキ、製鋼スラグには粘性がほとんどないこと、また特に製鋼スラグは粒径が大きいことから、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。集塵ダストを用いた充填材は、図-3(a)、(b)より、一般にみられる傾向として、それぞれ母材量の増加にともなうP漏斗流下時間の増加(流動性の低下)とブリーディング率の減少傾向が現れている。これらより、両者の品質目標値を満足する母材量は、母材比(粘土キラと新材料の比率)を3:1とした場合、400～480kg/m³程度といえる。また、図-3(c)より、固化材量は50kg/m³以上で強度の目標値以上となる。水洗ケーキを用いた充填材は、図-4(a)、(b)より、母材比が1:1で母材量500～580kg/m³程度、母材比1:3で600～680kg/m³程度が適切である。また、図-4(c)より、固化材量は50kg/m³以上で目標値以上となる。製鋼スラグを用いた充填材は、図-5(a)、(b)より、母材比3:1の場合、母材量440～520kg/m³程度が適切である。また、図-5(c)より、固化材量は50kg/m³以上で目標値以上となる。

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 | 製鋼スラグ |
| 一般 | 土粒子密度 (g/cm ³) | 2.619 | 2.706 | 2.150 | 2.695 | 2.976 |
| 粒度 | 礫分 (%) | — | — | — | — | 35.2 |
| | 砂分 (%) | 13.1 | 8.2 | 13.6 | 7.3 | 32.8 |
| | シルト (%) | 36.4 | 60.5 | 56.3 | 57.5 | 15.7 |
| | 粘土分 (%) | 50.5 | 31.3 | 30.1 | 35.2 | 16.3 |
| | 最大粒 (mm) | 0.425 | 0.425 | 0.425 | 0.43 | 19.0 |
| 分類 | 分類名 | 粘性土 | 粘性土 | 粘性土 | 粘性土 | 砂混じり細粒分質壤 |

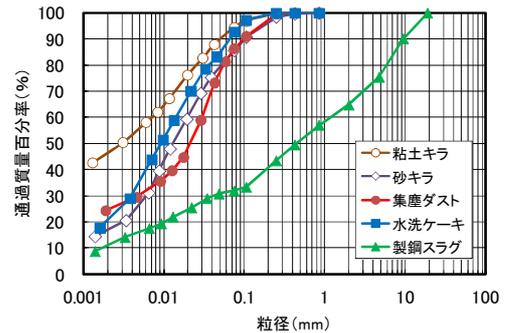


図-2 粒度分布

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、水洗ケーキおよび製鋼スラグは、粘土キラを併用し、適切な配合とすることで、充填材としての品質を確保できる。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を選定する必要がある。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。

今回使用した材料を提供いただきました関係各位および多大なるご指導をいただきました一般社団法人充填技術協会をはじめ関係各位に感謝申し上げます。

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

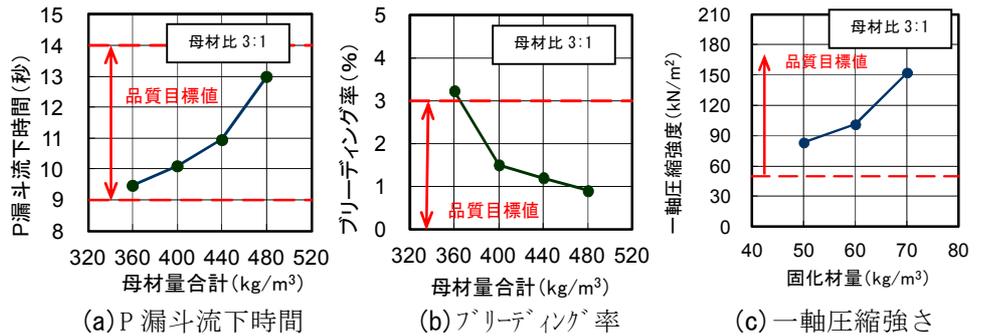


図-3 集塵ダストを用いた充填材の試験結果

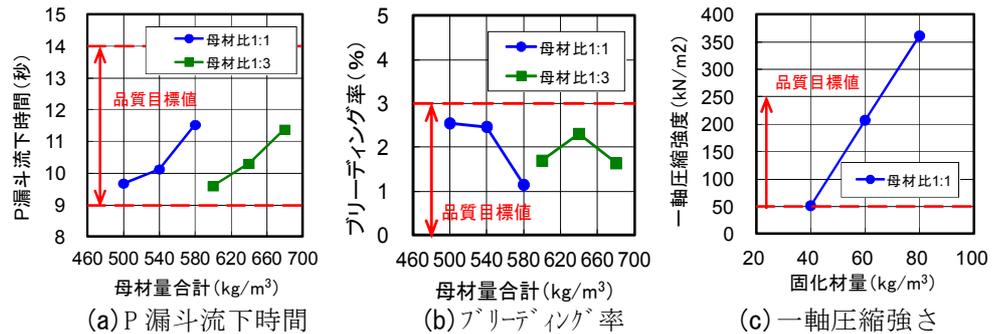


図-4 水洗ケーキを用いた充填材の試験結果

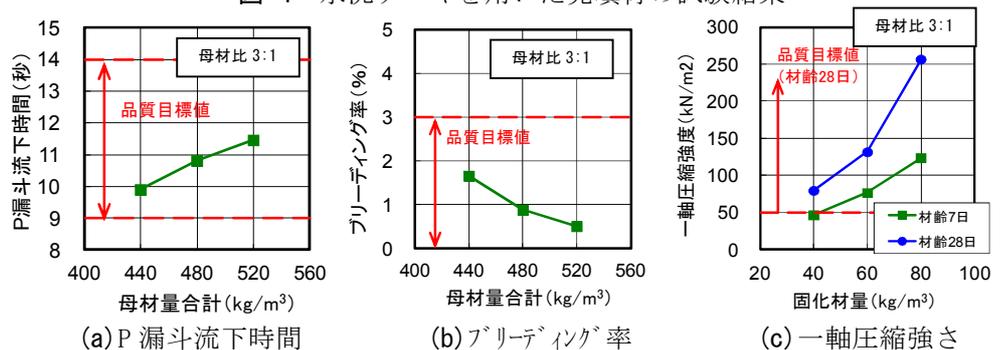


図-5 製鋼スラグを用いた充填材の試験結果