

空洞充填における限定充填工法のコストダウン技術の開発

飛島建設 正会員 ○勝又諒、杉浦乾郎、宮沢義博

飛島建設 石合伸幸、坂本昭夫、和田幸二郎

1. はじめに

近年、広範囲に分布する空洞の陥没防止として対象範囲のみを充填する限定充填工法（図-1）が施工されている。通常の空洞充填工法は、砂利工場等で副産する粘土キラや砂キラとよぶ土質材料に固化材と水を練り混ぜて製造したキラ充填材を用いる。その応用技術である限定充填工法は、最初に流動性を制御した充填材（端部充填材）で対象範囲の境界線上に隔壁を形成し、その後、内側に流動性の高い充填材（中詰充填材）を注入する。端部充填材は上記の配合材料に水ガラスを添加し、そのゲル化作用で流動性を制御するものである。しかし、端部充填材の施工量が多い充填では、水ガラスの大量使用で工事費が嵩むという課題があった。ここでは限定充填工法のコストダウン技術の開発を目的に、小型の水槽および水路での充填材打設試験を行って性能を把握し、コスト試算により効果を確認した概要を報告する。検討した新技術は二つある。一つは従来の端部充填材より水ガラス添加量の少ない端部充填材を先行充填し、その上に従来の端部充填材を充填する方法（以下、ECO 端部工法）である。もう一つは端部充填材より経済的な中詰充填材を先行注入して端部充填材の量を低減する方法（以下、先行中詰工法）である。図-2 に従来の限定充填工法と新技術の施工概念図を、表-1 に充填材の品質目標値を示す。

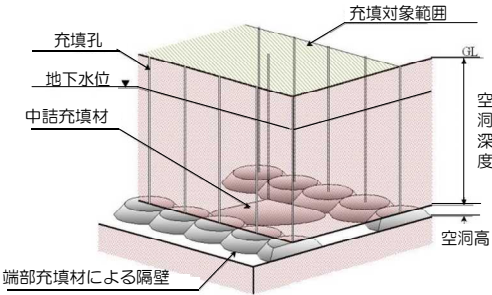


図-1 限定充填工法概念図

表-1 充填材の品質目標値

品質項目	目標値	規格	適用
P漏斗流下時間	9～14秒	JSCE-F 521	中詰充填材
テーブルフロー値	140～180mm	JIS R 5201	端部充填材
ゲルタイム	—	カップ倒立法	端部充填材
ブリーディング率	3%以下	JSCE-F 522	共通
一軸圧縮強さ	50kN/m ² 以上	JGS 0511	共通

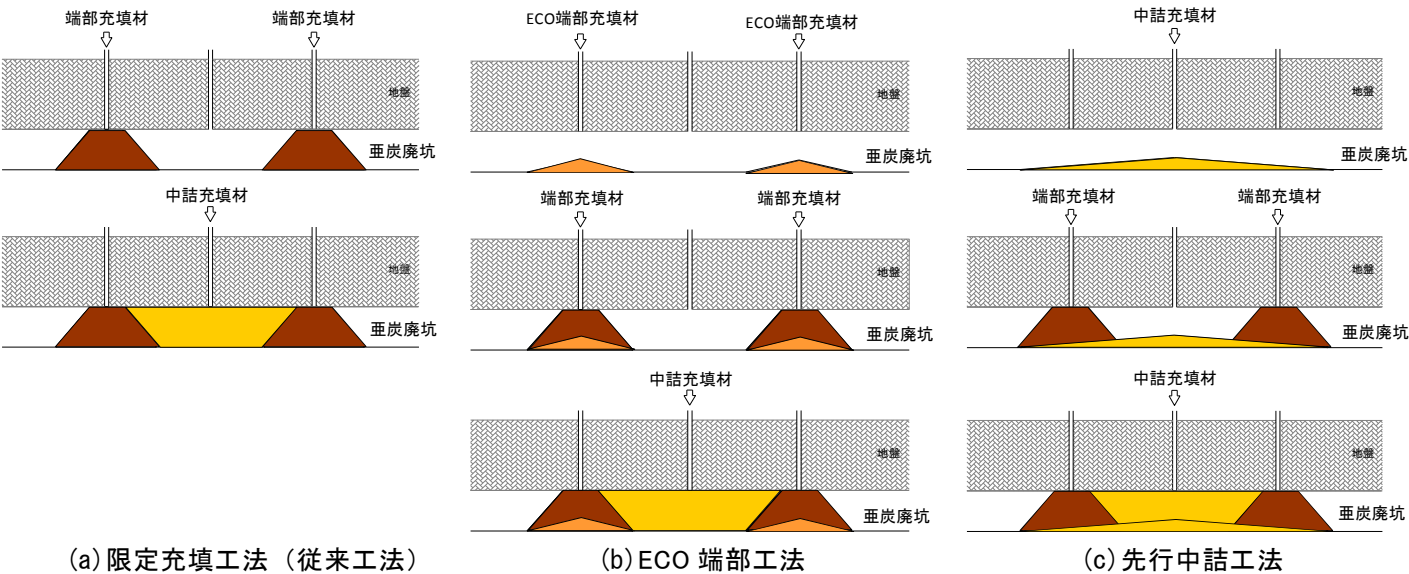


図-2 充填施工概念図

キーワード 空洞充填工法、限定充填工法、キラ充填材、亜炭廃坑

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦一丁目5番11号 名古屋伊藤忠ビル9階 飛島建設(株)名古屋支店 TEL052-218-5760

2. 打設試験

ECO 端部工法および先行中詰工法の勾配を設定するために小型水槽および水路で充填材の打設試験を行った。そのときの配合、試験結果（平均勾配）および実空洞での想定勾配を表-2 に示す。ここに、想定勾配は実際の垂炭廃坑における試験施工やその後の多数の充填工事での施工で、端部充填材の勾配が約 1:5 であることがわかっていることから、その勾配に合わせて打設試験での平均勾配をもとに想定したものである。また、図-3 に ECO 端部充填材の水ガラス添加量と勾配の関係を示す。図より、ECO 端部充填材の勾配を端部充填材の勾配 1:5 より緩やかな 1:10 とすると、水ガラス添加量は 8kg/m³ と想定されたため、コスト試算ではこの添加量とした。

3. コスト試算

過去の充填工事をモデルケースとしたコスト試算結果を表-3 および表-4 に示す。表より、いずれもコストダウン効果が確認された。ここに、充填工とは充填材の材料費とプラント等の機械経費を除いた充填の施工費を合計したものである。また、ECO 端部工法は充填材の配合を変更したのみであることから、試算では充填日数を原設計と同じとした。先行中詰工法は充填速度の遅い端部充填材が充填速度の速い中詰充填材に換わることで充填日数が短くなり、充填工の費用低減の他にプラント等の機械経費や労務費も減少し、全体工事費の低減につながった。ただし、中詰充填材は流動性が高いため、流動を阻害する残柱や堆積物の影響で空洞内での広がりにもらが出て、場所によっては充填材が計画範囲を超える過剰充填になると予想される。したがって、先行中詰工法は図-2(c)に描いたような理想的な形状を得ることが難しいと考えられる。これに対し ECO 端部工法は施工管理方法の変更もなく実工事に適用しやすい技術であるといえる。

4. おわりに

限定充填工法のコストダウン技術の開発を目的に ECO 端部工法と先行中詰工法について、水槽および水路での打設試験を踏まえてコスト試算を行い、その効果を確認した。

ここに、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の関係各位に感謝の意を表します。

表-2 配合表と打設試験結果

配合 NO.	工法	充填材の種類	配合単位量(kg/m ³)					打設試験		実空洞での 想定勾配
			粘土 キラ	砂 キラ	特殊土用 固化材	特殊 水ガラス	水	試験内容	平均 勾配	
①	ECO 端部工法	端部充填材	260	260	90	48.8	734	水槽長さ65cm 水中打設	1:1.25	1:5
②		ECO端部充填材(1)	260	260	90	10	766		1:2.30	1:9.2
③		ECO端部充填材(2)	260	260	90	5	770		1:2.85	1:11.4
④	先行	端部充填材	260	260	90	48.8	734	水路長さ180cm	1:2.75	1:1.5
⑤	中詰工法	中詰充填材	260	260	60	—	784	気中打設	1:21.1	1:40



(a) ECO 端部充填材 (1)



(b) 中詰充填材

写真-1 打設試験状況

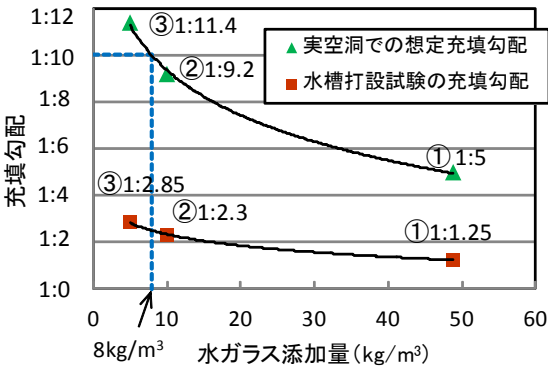


図-3 ECO 端部充填の水ガラス添加量と勾配

表-3 ECO 端部工法のコスト試算結果

		充填量			工事費比率	
		端部 充填材	ECO端部 充填材	中詰 充填材	端部 充填工	全体
A工事	原設計	9.937m ³	—	16.770m ³	1.00	1.00
	試算	4.019m ³	5.918m ³	16.770m ³	0.82	0.96
B工事	原設計	78.775m ³	—	29.361m ³	1.00	1.00
	試算	44.728m ³	34.047m ³	29.361m ³	0.87	0.94

表-4 先行中詰工法のコスト試算結果

		充填量		充填 日数	工事費比率	
		端部 充填材	中詰 充填材		端部中詰 充填工	全体
A工事	原設計	9.937m ³	16.770m ³	173日	1.00	1.00
	試算	7.308m ³	19.399m ³	166日	0.91	0.97
B工事	原設計	78.775m ³	29.361m ³	465日	1.00	1.00
	試算	64.870m ³	43.266m ³	166日	0.92	0.95