

急結剤を用いた限定充填工法用充填材の開発

飛島建設 正会員 ○坂本昭夫 ， 岩城圭介
飛島建設 杉浦乾郎 ， 石合伸幸
飛島建設 脇田昌彦， 和田幸二郎

1. はじめに

広範囲に空洞が分布する地域における道路や鉄道などの陥没・沈下対策として、対象とする空洞範囲のみを充填する限定充填工法が適用されている。本工法は対象範囲外に充填材が大量流出することを防止するために、従来、水ガラスを添加し、そのゲル化作用によって充填材の流動性を制御していた。この充填材は空洞内に注入すると側面が1:5程度の勾配となる。このため、垂炭廃坑のような高さ1～2m程度の空洞内に注入した場合は数mの広がりにとどまるが、高さの大きい空洞の場合は膨大な充填量となる課題があった。ここでは、NATM吹付けコンクリート用急結剤を添加することによって急勾配形状を実現した充填材に関する開発の概要を述べる。

2. 充填工法の概要

充填工法に用いる充填材は、砕石工場などで副生する脱水ケーキに固化材と水を混練りしたものである。従来の限定充填工法の充填材は、表-1の配合例のように、さらに水ガラスを添加する。限定充填工法の施工手順は、最初に端部材とよぶ充填材を空洞内に注入して対象とする空洞範囲の境界線上に連続した隔壁を形成する。その後、内部に中詰材とよぶ充填材を注入して、全体で空洞の一定領域を充填する。図-1にその概念を示す。

3. 試験施工

試験施工の目的は、急結剤を用いた充填材端部材が実大スケールに近い条件下で急勾配形状を形成できることを確認することである。図-2に端部材の要求性能の概念を示す。また、表-2に試験配合を示す。ここに、固化材は特殊土用セメント系固化材を用いた。急結剤はカルシウムサルフォアルミニートを主成分とするスラリー急結剤を用いた。本急結剤はエトリンガイトの生成による早期の強度発現が期待できる。表-3に充填材のフレッシュ性状の試験結果を示す。表-3より、急結剤添加量が多いほどゲルタイムは短く、またフロー値も小さく、流動性が低下することがわかる。勾配を検証する試験では、高さ3mの空洞を想定し、その1/2スケールとして、屋外で高さ1.5mに設置した配管を通して充填材を落下させたときの側面勾配などの全体形状を測定した。なお、充填速度はスケールおよび施工時間を考慮して設定した。勾配試験の結果、配合1および配合2の側面勾配は、それぞれ1:1.8、1:2.3程度となり、当初目標としていた勾配1:2.5以下を満足した。写真-1に勾配試験の状況を示す。また、模擬部材で押し広げ試験を行い、2m以上の押し広げが可能なことを確認した。以上の試験の結果、端部材の側面をより急勾配とすることができる配合1が適すると考えられた。

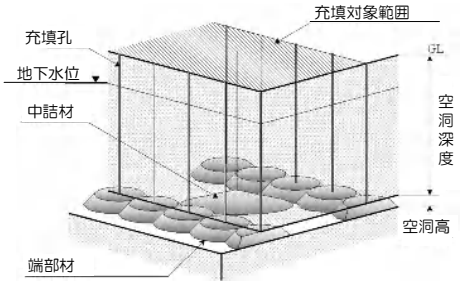


図-1 限定充填工法の概念

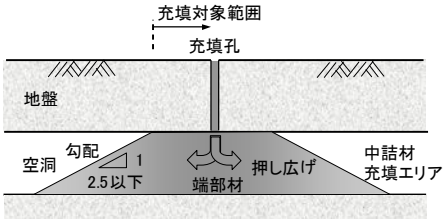


図-2 端部材の要求性能の概念

表-1 従来の限定充填材の配合例

配合種別	単位量 (kg/m ³)				
	A液			B液	
	脱水ケーキ	水ガラス	水	固化材	水
端部材	540	48.8(40l)	634	90	90
中詰材	510	12.2(10l)	663	100	100

表-2 試験配合（端部材）

配合No.	単位量 (kg/m ³)				
	A液			B液	
	脱水ケーキ	固化材	水	急結剤	水
1	450	100	701	20	100
2	450	100	703	15	100

表-3 フレッシュ性状の試験結果

配合No.	ゲルタイム (秒)	フロー値 (mm)	材料温度 (℃)
1	44.3	119	12.0
2	77.7	131	12.0

(注) ゲルタイムはカップ倒立法に、フロー値はフロー試験（テーブルフロー；JIS R 5201）による。

キーワード 地下空洞，陥没，空洞充填，リサイクル，急結剤

連絡先 〒460-0015 名古屋市中区大井町 6-14 飛島建設（株）名古屋支店土木部 TEL.052-331-7405

4. 実施工への適用

試験施工で有効とされた急結剤を用いた充填材端部材を大谷石採石場跡の空洞充填工事に適用した。工事の概要は次のようである。工事名：道路保全工事（地下空洞充填），場所：栃木県宇都宮市，工期：平成17年12月2日～平成18年3月24日，充填量：端部材 546m³，中詰材 203m³，計 749m³。対象空洞は高さ約3m程度以下の空洞で，道路直下の範囲に限定した充填であった。空洞は地下水の浸入がなく，また，底面勾配が大きいので，従来の水ガラスを用いた配合では充填材が対象外に及ぶ範囲が大きくなる問題があった。施工にあたっては，写真-2のように，ボーリング孔から空洞内に挿入した空洞カメラで空洞内の充填材の流動状況を直接確認しながら施工を開始した。しかし，充填期間中の最高気温は2℃～10℃程度にとどまる冬期の施工であったため，低温の影響で充填材の流動性低下時間が遅延を生じることが判明した。このため，充填状況の観察により，急結剤の添加量を増加する方向で調整しながら施工した。図-3に気温の変動にともなう添加量の変化を示す。図より，日最高気温が6℃を下回る場合に特に添加量が急増していることがわかる。

5. 温度の影響の検証

上記施工の状況を検証する目的で，低温環境下における充填材のフレッシュ性状について検討する室内試験を行った。室内試験では，A液の温度を6.5℃，10.6℃および20.2℃の3ケースとし，それぞれに急結剤添加量を20kg/m³，25kg/m³，30kg/m³，40kg/m³と変化させた。図-4にA液温度と添加量によるゲルタイムの測定結果を，図-5にフロー値の経時変化を示す。図-4より，10.6℃および6.5℃の場合は20.2℃に比べて，温度が低いほどゲルタイムが遅れ，添加量を多くする必要があることがわかる。次に図-5より，最終的にフロー値は120mm程度に収束する傾向であったものの，10.6℃および6.5℃の場合は温度が低いほど，また添加量が少ないほど，一定値に収束するまでの時間の遅れがみられた。特に，添加量20kg/m³の場合は25kg/m³に比べて，大きく遅れる結果であった。以上により，急結剤添加量20kg/m³では10℃程度以下の温度の場合に適合せず，25kg/m³以上とする必要があり，実施工で添加量を増加させたことは妥当であったといえる。

6. まとめ

限定充填工法で高さが2mを超えるような高さの大きい空洞の一定範囲を充填する場合，材料に急結剤を用いることで注入後の充填材の側面勾配を1:1.8程度の急勾配として，充填量を最小限に抑えることができる。ただし，冬の施工においては，充填材の流動性低下に配慮した急結剤添加量の設定が必要である。



写真-1 勾配試験状況（配合1）

最後に，急結剤を用いた限定充填工法用充填材を現場に適用するにあたり，ご理解およびご指導を賜りました宇都宮市建設部道路維持課の関係各位に心よりお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 日本充てん協会編：改訂版 空洞充填施工マニュアル，2004.11.



写真-2 空洞カメラによる坑内の端部材の充填状況

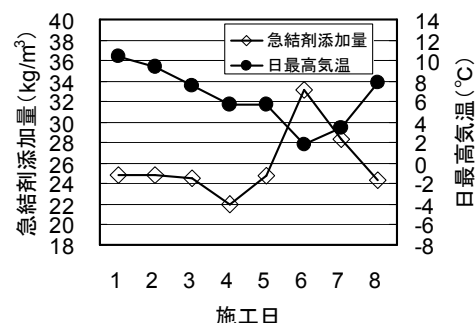


図-3 気温変動にともなう急結剤添加量

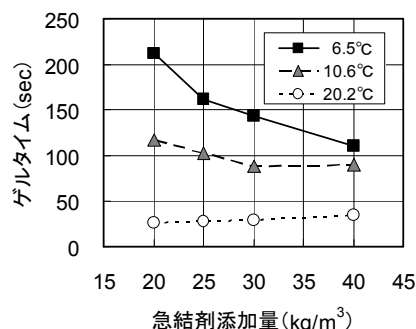


図-4 急結剤添加量とA液温度によるゲルタイム

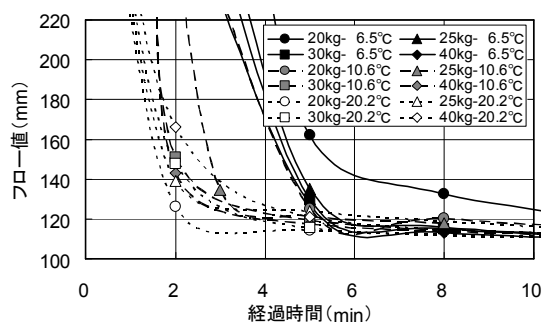


図-5 フロー値の経時変化