

限定充填工法における急勾配端部充填材の開発

飛島建設 正会員 ○坂本昭夫、杉浦乾郎

飛島建設 石合伸幸、和田幸二郎

1. はじめに

近年、広く面的に分布する空洞の陥没防止として必要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の充填材は砕石工場で発生する脱水ケーキ、固化材および水を混練りして製造するが、限定充填工法ではさらに水ガラスや急結剤を添加することで充填材の流動性を制御し、対象範囲外への流出を防止する（以下、それぞれ水ガラスタイプ、急結剤タイプとよぶ）。しかし、空洞内に注入した直後の充填材の勾配（図-2）は1:3程度以下であるため、空洞高さも3mを超えると横への広がりも大きくなる課題があった。ここでは高い空洞に限定充填工法を適用することを想定した急勾配充填材の開発に関する試験結果について報告する。

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）で対象範囲の境界に隔壁を形成し、続いて内部に流動性の高い充填材（中詰充填材）を注入する。表-1に端部充填材の従来の標準性能と開発目標を示す。

2. 配合試験

配合試験では材料の種類と配合を変化させて、特に流動性に関する性状について検討した。脱水ケーキは東海地方の砕石工場で発生したもので、粘土キラともよばれる。脱水ケーキは適度の粒度分布と粘性を持つため、これを用いた充填材は材料の分離抵抗性が高い特徴がある。流動性制御剤には急結剤Aおよび急結剤B（表-1参照）、さらに助剤として硬化促進剤を用いた。以下の図-3～図-5において、Kは粘土キラ、Cは固化材、Aは急結剤、

Hは硬化促進剤の単位量（kg/m³）を表す。図-3より、促進剤を用いない場合の急結剤Aでは急結剤量20～25 kg/m³程度でゲルタイムの極小値を示したのに対して、急結剤Bでは急結

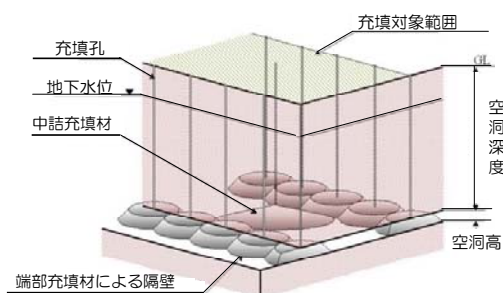


図-1 限定充填工法の概念図

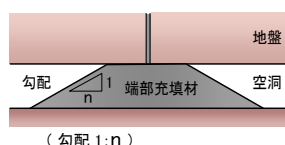


図-2 端部充填材の勾配

表-1 端部充填材の標準性能と開発目標

	従来の標準性能		開発目標
	水ガラスタイプ	急結剤タイプ	急結剤タイプ
流動性制御剤	特殊水ガラス	急結剤A	急結剤AまたはB (必要に応じて助剤を使用)
ゲルタイム (カップ倒立法)	10秒程度	20～40秒	20～40秒
フロー値 (テーブルフロー；JIS R 5201)	140～180mm	110～140mm	110～130mm
端部充填材の勾配	1:5程度	1:3程度	1:2.5程度
空洞の最大適用高さ	3m程度 (水中)	3m程度 (気中)	5m程度 (気中)

(注) 急結剤A；カルシウムサルフォアルミニートを主成分とした急結剤
急結剤B；カルシウムアルミニートを主成分とした急結剤

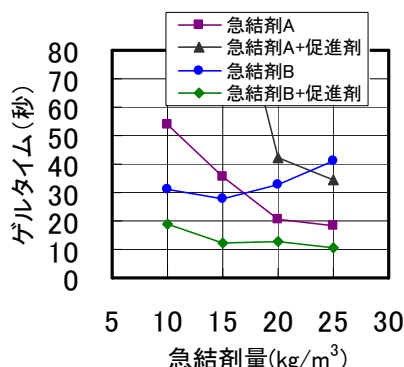


図-3 急結剤量とゲルタイムの関係
(K=400, C=100, H=5)

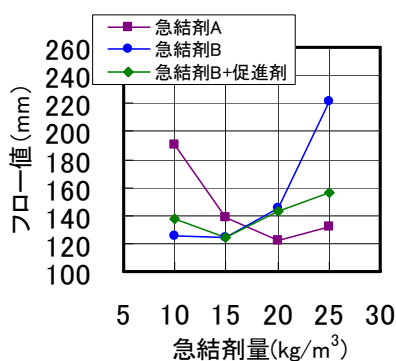


図-4 急結剤量とフロー値の関係
(K=400, C=100, H=5)

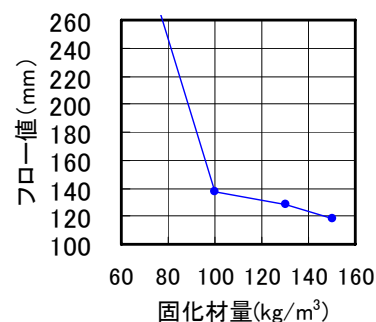


図-5 固化材量とフロー値の関係
(K=380, A=10, H=0)

キーワード 地下空洞、陥没、空洞充填、限定充填、急結剤

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)名古屋土木事業部 TEL.052-331-7405

剤量 $10 \sim 15 \text{ kg/m}^3$ 程度で極小値となり、少量の添加でも十分反応することを確認した。なお、急結剤 A に促進剤を添加したものはゲルタイムが長くなり、特に急結剤量が $10 \sim 15 \text{ kg/m}^3$ ではゲル化しない結果となり、不適と判断された。図-4 より、急結剤 A では急結剤量 $20 \sim 25 \text{ kg/m}^3$ でフロー値が $120 \sim 130 \text{ mm}$ となったが、急結剤 B およびこれに促進剤を添加したものは急結剤量 $10 \sim 15 \text{ kg/m}^3$ でも 125 mm 程度と良好な結果が得られた。また図-5 に示したように、固化材の増量が有効であることがわかった。これらから、硬化促進剤を用いないで急結剤 B の添加量を 10 kg/m^3 、固化材量を 130 kg/m^3 とした配合を続行して行う打設試験の配合とした。

3. 打設試験

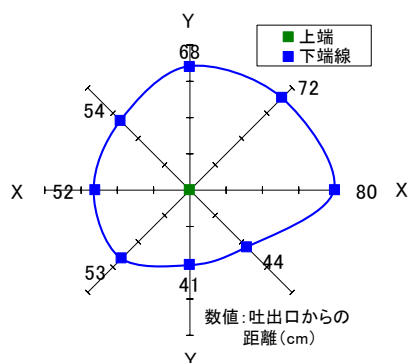
打設試験は 150 l の充填材を平らな面に打設してその形状を観測したもので、地上に板を敷き、また 37 cm の高さにアクリル板を設けてこの間を空洞の空間と見立てた。練り混ぜた充填材はモルタルポンプでホースを通じてアクリル板中央の穴から板の上に落下させて堆積形状を測定した。配合は表-2 に示すように、急結剤タイプの他、比較のために水ガラスタイプの 2 種類とした。なお、水ガラスタイプの配合は最近の充填工事の実績による標準的なものである。図-6 および図-7 に試験結果を示す。平均勾配は水ガラスタイプで約 $1:1.38$ であったのに対して、急結剤タイプでは約 $1:0.89$ とより急勾配となった。実際の空洞充填工事は規模が大きいため、これらより緩やかな勾配になる。水ガラスタイプはゲル化後も緩やかな流動性を維持するためその傾向が強いが、急結剤タイプは水和反応で凝結硬化が急激に進むため傾向は小さいと考えられる。

4. おわりに

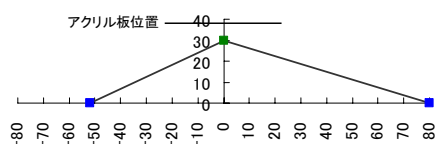
急結剤タイプによる急勾配端部充填材を開発するために配合試験で性状について検討し、打設試験で勾配を確認した。今後、実際の充填工事を想定したスケールの打設試験であらためて勾配や自立高さについて検証したい。

表-2 打設試験における配合表 (kg/m^3)

水ガラス タイプ	A液			B液	
	粘土キヲ	水ガラス	水	固化材	水
	540	48.8	631	90	90
急結剤 タイプ	A液			B液	
	粘土キヲ	固化材	水	急結剤	水
	380	130	707	10	100



(a) 打設形状平面図

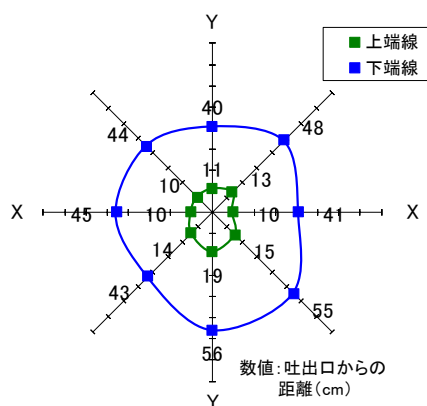


(b) 打設形状 X 方向断面図

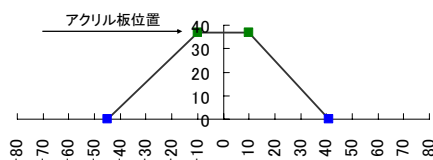


(c) 打設完了状況

図-6 打設試験結果 (水ガラスタイプ)



(a) 打設形状平面図



(b) 打設形状 X 方向断面図



(c) 打設完了状況

図-7 打設試験結果 (急結剤タイプ)