

ガス管敷設工事における長距離流動性・充填性に優れた中詰材の基本性能

日鉄住金パイプライン&エンジニアリング(株) 青柳成彰

(株)奥村組 正会員 ○廣中哲也 正会員 三澤孝史 星 智久

(株)タック 正会員 瀧川信二 吉田智哉

1. はじめに

ガスパイプライン敷設工事では、推進工法やシールド工法で構築されたトンネル空間の充填とガス管の防食を目的として、トンネルとガス管の間の空間をエアモルタルで充填している。この中詰材には、万が一、ガスが漏洩した場合に検知できるように高い透気性が要求されており、エアモルタルの空気量を増やす対策がとられてきた。しかし、空気量を増やすと、材料分離が生じやすく、また、圧送・充填のために必要な流動性を長時間維持できないため、圧送距離および1回に充填できる区間の長さが限られていた。今回、推進工法やシールド工法により構築されたトンネル内にガスパイプラインを配管する工事において、ガス管周辺の充填に使用する材料として、長時間の流動性を保持し、優れた充填性・透気性を有する中詰材を共同開発した。本報では、開発した中詰材の概要および各種の性能確認実験結果について報告する。

2. 中詰材の概要

2.1 開発目標の設定

図1に開発目標のイメージを示す。河川下等でのガスパイプライン敷設工事を想定して、内径 1100mm の推進管内に外径 900mm のガス管を延長 500m 施工する条件を設定し、推進管端部から中詰材を圧送して推進管とガス管との隙間部に充填することを目標とした。開発する中詰材は、一般の要求性能に加え、上記の施工条件と通常の圧送設備の仕様によって定まる製造から充填完了までの 6〜7 時間、優れた流動性を保持する必要がある。目標性能を表1に示す。

2.2 中詰材の配合

開発した中詰材の使用材料および配合例を表2に示す。ガスパイプライン敷設工事に求められる高い透気性を得るために、所定の透気性を満足する空気量と材料分離抵抗性、流動性とのバランスを取り、従来よりも長時間の流動性を保持できる材料を開発した。中詰材は、エアモルタル系の材料で、新しく開発したベースモルタルに起泡剤を添加したものである。ベースモルタルは、セメント、ベントナイト、水を基本構成とし、これに微量のセルローズファイバーと流動化剤を添加した。また、中詰材の流動性を高めるために、通常の2倍程度添

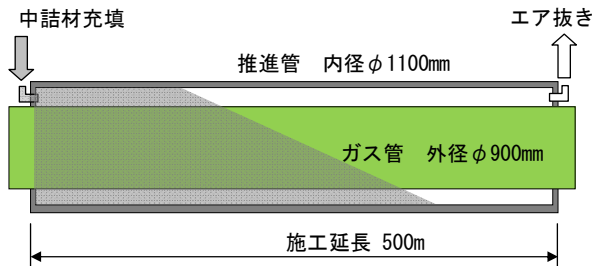


図1 開発目標のイメージ

表1 中詰材の目標性能

項目		目標性能
フレキシビリティ	流動性	フロー150mm 以上（シリンダー法）
	充填性	
	流動性の保持性能	製造からの流動性の保持時間 6〜7 時間
	材料分離抵抗性	ブリーディング率 0%
硬化性状	軽量性	密度 0.8g/cm ³ 以下
	強度特性	圧縮強度 0.2〜0.5N/mm ² 程度（材齢 28 日）（ガス漏洩時に人力掘削できる程度の低強度）
	発熱特性	硬化温度 60℃ 未満（ガス管塗膜の耐熱温度以下）
	透気性	透気係数 0.1cm/秒以上
通電性		ガス管の電気防食のために設置する電極の通電性を妨げないこと

表2 中詰材の使用材料および配合例（1m³当たり）

ベースモルタル					気泡		
単位量(kg/m ³)					単位量(kg/m ³)		空気量(L)
水 W1	セメント C	ベントナイト B	混和剤 1	混和剤 2	水 W2	混和剤 3	
512	200	24	4.5	0.01	19.8	0.8	391
【使用材料】							
水 W1：ベースモルタルの練混ぜ水				水 W2：起泡剤の希釈に使用する水			
セメント C：高炉セメント B 種、密度 3.04g/cm ³							
ベントナイト B：特殊ベントナイト、密度 2.60g/cm ³							
混和剤 1：流動化剤、リグニンスルホン酸塩系粉末							
混和剤 2：助剤、ノニオン系セルローズファイバー							
混和剤 3：起泡剤、ノニオン系界面活性剤							

キーワード ガス管，中詰材，エアモルタル，透気係数，流動性，充填性

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株) 奥村組 技術研究所 T E L 029-865-1521

加した流動化剤と膨潤性を有するベントナイトを併用することで、長時間の材料分離抵抗性と流動性を保持している。さらに、透気性を向上するために、安定した独立気泡の生成に効果のあるノニオン系セルロースファイバーとノニオン系界面活性剤を使用した。

3. 性能確認試験

各種の性能確認試験により、開発した中詰材が表1の目標性能を全て満足することを確認した。ここでは紙面の都合上、フレッシュ性状(フロー、密度)、透気性能および充填性能について述べる。図2に中詰材のフローおよび湿潤密度の経時変化を示す。フローは、製造からの経過時間が長くなるにしたがって小さくなるが、十分な流動性を示すフロー150mm以上を製造から7時間後まで確保しており、推進管とガス管との隙間を充填完了するまで流動性を保持できた。湿潤密度は、 $0.74\sim 0.76\text{g/cm}^3$ と製造から7時間後までほぼ一定の値を示し、目標値 0.8g/cm^3 以下を満足し、気泡の消失や材料分離のない安定した性状である。なお、製造から24時間後のブリーディング率は0%で材料分離を生じていない。

図3に透気試験の概要を示す。材齢28日まで気中養生した直径50×高さ100mmの円柱供試体の側面をエポキシ樹脂でコーティングして上下面方向のみ透気させ、下面より圧力を段階的に変化させた時の透気量を測定した。透気係数は $0.40\sim 0.48\text{cm/秒}$ の値を示し目標値の 0.1cm/秒 以上となった。

想定した条件での中詰材の充填性を確認するために、実大規模の円筒状鋼製型枠に、製造から所定の時間を経過した中詰材を充填する充填実験を実施した。図4に中詰材の充填断面および写真1に充填実験装置(長さ5m)を示す。実験装置は、内径1100mmの鋼管の内側に外径900mmの鋼管(ガス管900A相当)を配置し、内側と外側の鋼管の隙間に中詰材を充填した。内側の鋼管には、実工事において、ガス管の送り込み作業時にガス管を傷めないために装着するパイピングスモースを設置しており、外側の鋼管との最小間隔は37.8mmである。中詰材の充填に要する時間が中詰材の充填性に及ぼす影響を考慮して、充填開始時期を施工延長500mの充填に必要な時間に相当する製造から7時間後とした。この7時間は施工延長500m(空洞部の充填量約 140m^3)をモルタルポンプ(空気量40%の中詰材使用時の圧送量 $20\text{m}^3/\text{hr}$)1台により、完全に充填するのに必要な時間から算出した。また、製造から7時間後までの中詰材の練置き方法は、直径1.8mの攪拌機能付きタンクを使用し、攪拌速度を流動時間7時間として流動距離500mに対応するように4.75分/回転とした。

写真2に中詰材の硬化後の充填状況を示す。突起があるパイピングスモースの周辺も含め、中詰材が空隙なく充填されていることを確認した。これより、製造から7時間経過した中詰材を用いて、最小間隔37.8mmの推進管とガス管との隙間が充填可能であることを確認した。

4. おわりに

ガスパイプライン敷設工事におけるガス管周辺の充填に使用するために、長時間の流動性を保持し、優れた充填性・透気性を有する中詰材を開発した。今後は、本中詰材をガスパイプライン敷設工事において、工期短縮やコスト低減に寄与する材料として積極的に提案したいと考える。

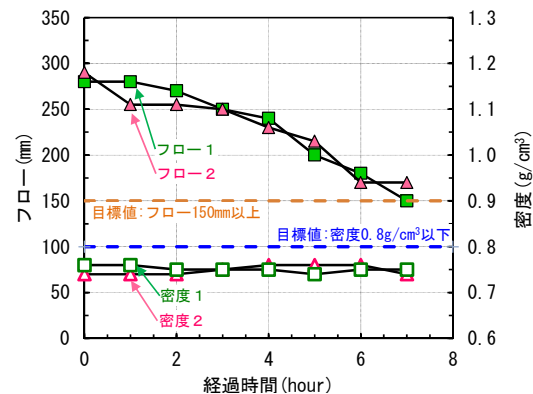


図2 中詰材のフローおよび湿潤密度の経時変化

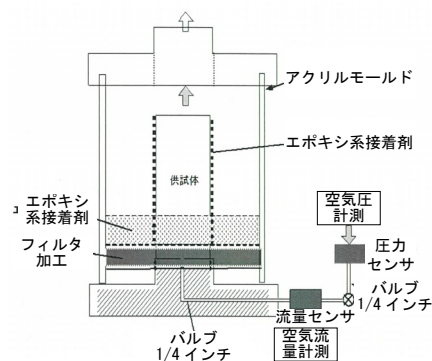


図3 透気試験の概要

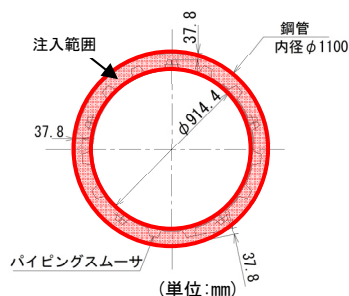


図4 中詰材の充填断面



写真1 充填実験装置



写真2 硬化後の充填状況