特殊エアモルタルによる長距離ガスパイプライン用トンネル内の中詰め施工

中部電力株式会社　川越 LNG 設備建設所　設備工事課　一柳真規
東邦ガス株式会社　伊勢湾幹線プロジェクト　立松秀和
JFE エンジニアリング株式会社　IGPL 事務所　山口将二　与野孝洋
鹿島建設株式会社　中部支店　正会員　亀井達司　○正会員　石原泰幸
カジマ・リノベイト株式会社　技術部　正会員　長谷川裕介　渡邉伸野

1. はじめに

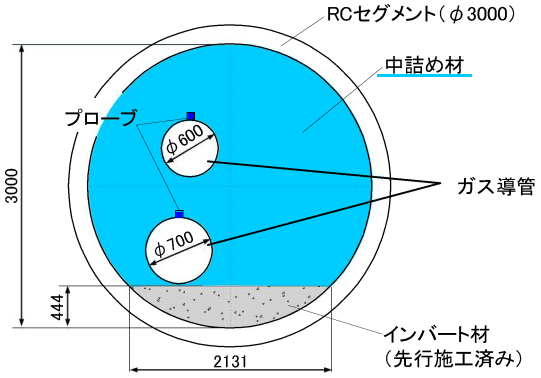
伊勢湾横断ガスパイプライン（中部電力㈱川越火力発電所－知多 LNG 基地間、全長 13.3 km）用トンネル内の中詰め工事では、約 80,000 m³の中詰め材を長距離圧送かつ短期間で施工する。

ここでは、開発した特殊エアモルタルの適用実績を報告する。

2. 施工概要

(1)施工条件

本工事は、図－1 に示す内径 3,000 mmのシールドトンネル内に二条敷設されたガス導管周囲の空隙を、トンネル両端の立坑から最長 6.7 kmの長距離圧送により中詰め材で充填するものである。



図－1　シールドトンネル断面

(2)要求性能

表－1 に、本工事で適用する中詰め材の主な要求性能を示す。従来のエアモルタル工法は、地上プラントで製造したエアモルタルを打設位置までポンプ圧送するため、圧送距離は 2～3 km程度、空気量は 50%程度が限界であった。

しかし、本工事の長距離圧送かつ大断面の条件で、従来工法を用いてこれらの要求性能を満たすことは不可能であった。

表－1　主な要求性能

要求項目	上段：要求性能 （下段：目標とする性能または数値）
施工性 （長距離圧送性）	流動性が高く、長距離圧送が可能であること （6km圧送する場合、圧送時間-3時間程度-は性能維持）
施工性 （充填性）	隙間へ良く回り込む性能を有すること （流動勾配1%以下のセルフレベリング性能）
透気性	ガス漏洩検知のための透気性を有すること （透気係数1.0×10^{-1}cm/sec以上）
強度	硬化後の強度が0.2～1.0N/mm²程度、再掘削可能なこと
硬化発熱温度	固化時の発熱によって内部温度が60℃を超えないこと （ガス管表面最高温度60℃以下）

(3)工法概要

本工事では、先端混合方式（地上からベースモルタルと起泡剤を別々に圧送し、打設位置で発泡および混合）[1)] の採用、ベースモルタルと気泡の混合比率をリアルタイムに自動補正できる施工設備、空気量 70%レベルでも材料分離がしにくい配合の選定により、表－1 に示す透気性、強度及び硬化発熱温度の要求性能すべてを同時に満足させることを目標とした。表－2 に本工事に適用した中詰め材（特殊エアモルタル）の配合例を示す。

表－2　中詰め材配合（圧送距離 2km 区間）

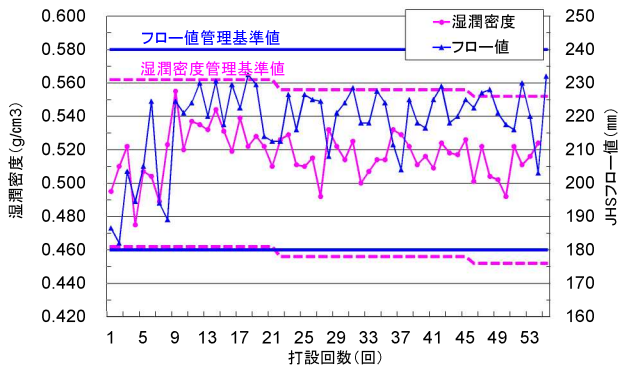
Air	気泡			ベースモルタル					ベースモルタル理論比重	エアモルタル理論比重
	W2	F	気泡量	モルタル量	W1	C	P	AD		
%	kg	kg	L	L	kg				g/cm³	g/cm³
70	28.6	0.57	729	271	161	109	202	1.09	1.739	0.502

W2：起泡剤の希釈水　W1：ベースモルタルの練混ぜ水、C：普通ポルトランドセメント、P：石灰石微粉末
F：起泡剤　AD：AE減水剤

3. 施工実績および品質管理結果

(1)施工実績の概要

中詰め施工は 2012 年 10 月より開始し、2013 年 3 月末現在で川越工区側 6.6 kmは施工完了、知多工区側 6.7 kmは残



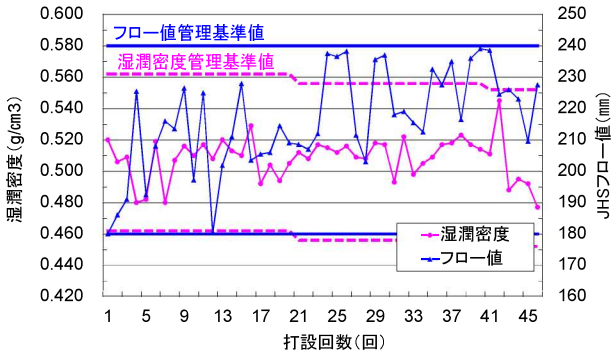
図－2　フレッシュ試験結果（川越工区）

キーワード　エアモルタル，長距離圧送，透気性，施工，品質管理
連絡先　〒510-8114 三重県三重郡川越町大字亀崎新田字町屋 86-3　鹿島・清水共同企業体　TEL 059-340-6201

り 1.5 km地点を施工中である。月間平均施工高は両工区合計で約 3 km、施工量は約 17,000 m³であり、国内のガスパイプライン用トンネルにおける中詰め工事として、過去に例のない長距離、大量かつ急速施工の実績となっている。

(2)フレッシュ試験結果および充填状況

実施工のフレッシュ試験結果を図－2 及び図－3 に示す。本工事では、自己充填性と打設中の材料分離抵抗性を確保する観点から、JHS フロー値を 210±30mm となるように管理した。エアモルタル施工の 1 スパン当り最大距離は 264m であったが、妻枠脱型後は、写真－1 に示すようにセグメント上部まで充填されていた。また、エアモルタルの湿潤密度も管理幅（理論密度±0.1g/cm³）に収まっており、両工区とも所定の空気量が確保されていることを確認した。



図－3 フレッシュ試験結果（知多工区）

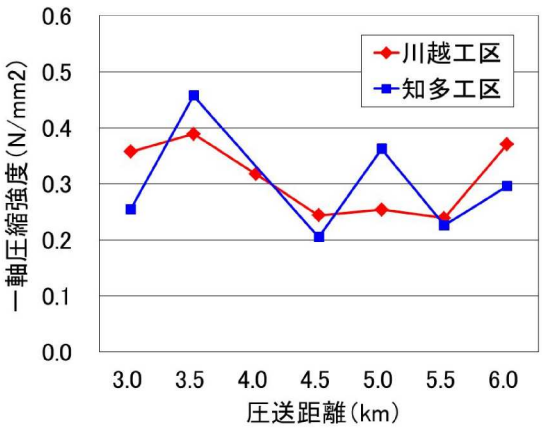
写真－1 充填性の確認

(3)透気試験結果

川越工区で採取したエアモルタルの透気係数は 3.4×10⁻¹cm/sec であり、目標値である「1.0×10⁻¹cm/sec 以上」を満足した。

(4)一軸圧縮強度試験結果

実施工の一軸圧縮強度試験結果を図－4 に示す。試験結果の平均値は 0.3N/mm²程度であり、要求性能である「0.2～1.0N/mm²程度」を満足しており、再掘削可能な低強度であることを確認した。



図－4 一軸圧縮強度試験結果

(5)硬化発熱温度計測結果

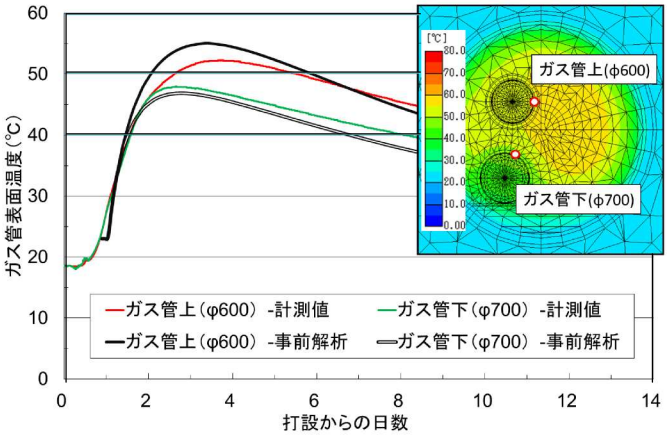
川越工区で実測したガス管表面温度の測定結果を図－5 に示す。ガス管表面の最高温度は要求性能である「60℃以下」を満足するとともに、施工前に実施した温度解析の結果と概ね一致する結果となった。

4. まとめ

全長 13.3km の伊勢湾横断ガスパイプライン用トンネルの中詰め工事において、最大 6.7km の長距離圧送を、ベースモルタルと起泡剤を別々に圧送し、打設位置で発泡・混合させる先端混合方式で施工し、約 80,000m³の特殊エアモルタルによる中詰めを約 5 ヶ月という短工期で達成した。

また、充填性や低発熱性（施工時）、透気性や低強度（硬化時）といった多岐にわたる要求性能を満足することができ、本工法で採用した特殊エアモルタル材料・工法がガスパイプラインを中詰めする工事に適した工法であることが確認された。

本施工の実績が今後の同種工事の参考になれば幸いである。



図－5 ガス管表面温度計測結果

参考文献

1) 木原ら；エアモルタルによる最長 6.3km のガス幹線シールド中詰め材料の開発と施工，トンネル工学報告集 vol.18. pp.205-209，2008