

イオン系増粘剤を使用した可塑性注入材の開発

- 性能確認試験結果 -

(株) 熊谷組 土木事業本部 正会員 ○森 康雄, 岩井 孝幸

(株) 熊谷組 技術研究所 正会員 金森 誠治, 佐藤 孝一

1. はじめに

矢板工法によってつくられたトンネルでは鋼製アーチ支保工や矢板が支障となって覆工と背面の地山との間に空洞が残っていることが多い。この空洞の存在により、地盤反力が覆工に均等に作用せず、局部的に不均等な荷重が作用することにより、曲げモーメントが発生し覆工が変状する可能性がある。また、背面地山の経年や地下水などによる劣化により岩塊として崩落し覆工を破壊しトンネルが崩落することもある。このような災害を未然に防ぐためにもトンネル覆工背面の空洞を充填し耐久性を向上させることは重要である。

当社は、混和材料として大量のフライアッシュと特殊増粘剤を使用した可塑性注入材を開発し、NEXCO「矢板工法トンネルの背面空洞注入工 設計・施工指針」に基づいて性能確認試験を実施したので報告する。

2. 注入材の概要

火力発電所から発生するフライアッシュを大量に（600～800kg/m³）使用し、イオン系増粘剤によりエアの混入（目標混入率：20%）を促進するとともに可塑性、水中不分離性を付与する。

固化材として普通ポルトランドセメントを使用するN型と高炉セメントを使用するB型の2つのタイプがある。B型は高炉スラグ（B種）を使用するため循環型社会形成に貢献する材料、工法となる。

注入材は、現場に設置するプラントで製造しアジテータ車で現場まで運搬し、モルタルポンプでトンネル背面空洞に充填する。



写真-1 可塑性注入材

3. 試験概要

(1) 試験項目と規格値

試験項目と規格値を表-1に示す。

表-1 試験項目と試験方法

試験項目		規格項目	規格値
流動性	静置時	フロー値（静置時）	練り直後：80～155mm 60分後：100mm以下
	打撃時	フロー値（打撃時）	練り直後：130～205mm 60分後：170mm以下
強度		一軸圧縮強度	$\sigma_{28} = 1.5\text{N/mm}^2$ 以上
比重		比重	エア系：11～12kN/m ³ エア系以外：11～15kN/m ³
充填性		充填性	容器全体に注入材が充填され角材やH形鋼との間にも隙間がなく密実に充填がなされている。
非漏出性		隙間への非漏出性	60分経過後において5mm以下の隙間に完全に流出があってはならない。
水中分離抵抗性	濁度		水槽内に注入材を投入する前の水の測定値と投入後60分経過後の水の測定値の増減比率が±2%以内である。
	pH		注入直後からの60分経過後のpH測定比率が±10%である。
非収縮性		収縮量	28日経過後の収縮量が2cm以下であること。

キーワード トンネル覆工, 空洞充填, 注入材, 充填材, 可塑性グラウト

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株) 熊谷組 TEL 03-3235-8646

(2) 試験配合

試験を実施した注入材の配合例を表-2に示す。

セメントは、N型では普通ポルトランドセメント、B型では高炉セメントB種とする。フライアッシュはテクノ中部製（JISⅡ種）、特殊増粘剤としてイオン系増粘剤（A剤、B剤）、凝集剤としてアルミン酸ソーダを使用した。

表-2 注入材の配合

	水 (kg)	セメント (kg)	フライアッシュ (kg)	空気量 (%)	特殊増粘剤(kg)		凝集剤 (kg)
					A剤	B剤	
N型	472	192	608	20	7.08	7.08	15
B型	417	168	747	20	6.26	6.26	15

※空気量は設定値

4. 試験結果

静置時と打撃時のフロー値の経時変化、一軸圧縮強度（ σ_{28} ）、単位体積重量を表-3に示す。フロー試験状況を写真-2に示す。フロー値、一軸圧縮強度、単位体積重量ともNEXCOの規格を満足した。

表-3 試験結果（その1）

注入材の 種類	流動性			一軸圧縮強度 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	空気量 (%)
	条件	フロー値 (mm)				
		練混ぜ直後	60 分			
N型	静置時	127×125	89×88	1.97	13.32	16.3
	打撃時	192×192	141×140			
B 型	静置時	120×118	81×81	5.55	14.88	13.5
	打撃時	181×183	117×116			

試験装置の注入口と注入口から2mの位置の圧力、水中分離抵抗性、非収縮性の試験結果を表-4に、試験状況を写真-2に示す。充填性は、非常に良好であり、試験装置内に設置した角材やH形鋼の周辺にも注入材が隙間なく密実に充填された。また、非漏出性については60分経過後において5mm以下の隙間に完全に流出がなかった。また、水中分離抵抗性、非収縮性についてもNEXCOの規格を満足した。

表-4 試験結果（その2）

注入材の 種類	注入圧			水中分離抵抗性		非収縮性
	最大圧力 (MPa)		注入量 (l/分)	pH測定比率 (%)	濁度増減比率 (%)	収縮量 (cm)
	注入口	注入口から2m				
N型	0.07	0.053	42.4	-2	0	0
B型	0.021	0.081	62.9	-1	0	0



練直後

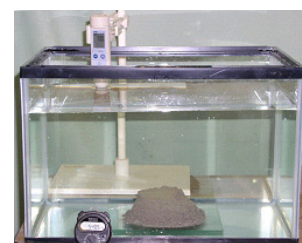


60分経過後

フロー試験



充填性試験



水中分離抵抗性試験
（60分経過後）

写真-2 性能確認試験状況

5. まとめ

NEXCO「矢板工法トンネルの背面空洞注入工 設計・施工指針」に基づいて性能確認試験を行った結果、N型、B型とも、流動性、強度、比重、充填性、非漏出性、水中分離抵抗性、非収縮性すべての試験項目について規格値を満足した。