

## トンネル覆工背面空洞に用いる注入材の材料特性について

日本道路公団 試験研究所 道路研究部 正会員 大嶋 健二<sup>\*</sup>  
 日本道路公団 試験研究所 道路研究部 正会員 伊藤 哲男<sup>\*</sup>  
 日本道路公団 試験研究所 道路研究部 正会員 城間 博通<sup>\*</sup>  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 西山 達也<sup>\*\*</sup>

### 1. はじめに

矢板工法で建設されたトンネルは、鋼アーチ支保工や矢板が支障となり覆工と背面の地山との間に空洞が残ることが多い。これにより地盤反力が均等に作用しないことから、覆工に局所的に不均等な荷重や曲げが作用し、変状に繋がることがあるので、背面空洞を充填し耐久性の向上を図る必要がある。背面空洞に充填する注入材は、十分に空隙が充填され、適度な流動性を保持し、注入後に材料収縮・分離がなく、覆工のクラックおよび目地から逸走しない性能をもった材料でなければならない。ここでは背面空洞注入材として開発された、各種注入材(表 1)の性能(「充填性」、「流動性」、「逸走性」、「収縮性」)比較試験を行った結果について述べるものとする。

### 2. 実験方法

#### 2.1 フロー試験(流動性確認)

試料作成直後および60分後において静置時と15回打撃時で測定を行った。フローコーンはJHS 313規格(80mm×h80mm)、フローテーブルは、JIS R5201規格を用いた。

#### 2.2 模擬亀裂流出試験(逸走確認)

1、3、5、7、10mmの5種類の模擬亀裂から注入材の流出状況を確認した(図 1)。

#### 2.3 充填性試験(充填性・流動性確認)

U字溝にモルタルで傾斜を付け障害物を取り付けた装置(図 2)を作成した。これに各材料を注入し、注入圧力、注入量及び充填状況を確認した。注入速度は約30<sup>リットル</sup>/minとした。

#### 2.4 収縮率試験(収縮性確認)

30cm×H100cmの塩ビ管に注入材を充填し、28日後の収縮率を測定した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 フロー試験

JHの可塑性注入材の品質管理基準値{静置時(エア系):80~150mm、15回打撃時(非エア系):180±25mm}とフロー試験結果を図 3に示す。試料作成直後のフロー値は、概ね基準値を満足する結果となり、中でもA、E、G材およびエアモルタルの流動性が高い傾向を示した。また、60分後のフロー値(フローコーンに試料を入れ60分後に上方にあげた時のフロー値)は、直後から比べると静置時で63%~97%、打撃時で55%~93%の値となり、A、B材の凝結開始が早いことが解った。

表 1 実験材料

材料種別	A材	B材	C材	D材	E材	F材	G材	エアモルタル
材料種別	セメント	セメント	可塑性セメント	可塑性セメント	セメント	セメント	セメント	セメント
	砂	砂	可塑性材	可塑性材	ペントナイト	ペントナイト	特殊増粘材	砂
材料種別	特殊起泡剤	起泡剤	可塑性助材	可塑性助材	吸水性ポリマー	可塑性化材1	砂	起泡剤
	可塑性材	可塑性化材	水	水	水	可塑性化材2	水	水
	水	水		混和剤		水		
注入方式	1.5ショット	1.5ショット	1.5ショット	1.5ショット	1.0ショット	1.5ショット	1.5ショット	1.0ショット
備考	エア系	エア系	非エア系	非エア系	非エア系	非エア系	非エア系	エア系

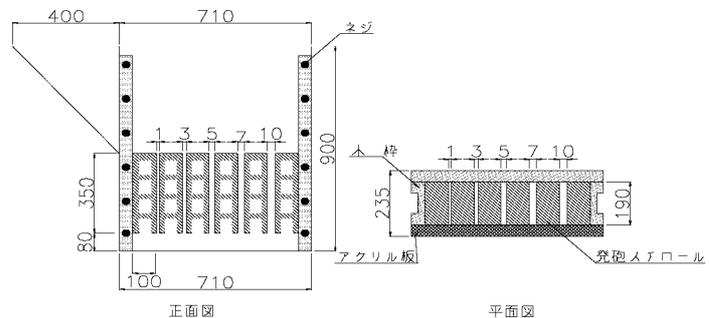


図 1 逸走確認実験装置

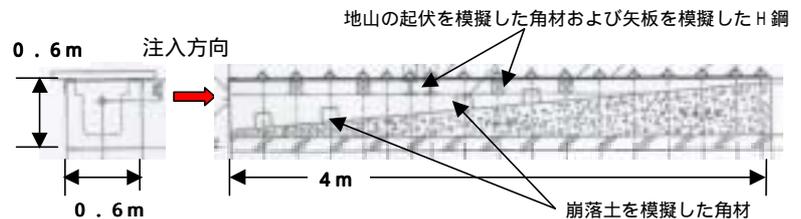


図 2 充填性確認実験装置

背面空洞 可塑性注入材 充填性 流動性 収縮性 逸走性

<sup>\*</sup>) 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1

TEL 042-791-1621 FAX 042-791-2380

<sup>\*\*</sup>) 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1

TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906

### 3.2 模擬亀裂流出試験

試験結果を図 4 に示す。エアモルタルは、3mm～10mm の亀裂幅で完全に流出したのに対して、可塑性材料において A 材が 7～10mm、B 材が 10mm の亀裂幅で完全に流出した。この結果より、エア系材料は非エア系材料に比べ亀裂等の狭小空間での流動性が高く、フロー値との相関性はエア系と非エア系を分けて評価する必要がある。なお 5mm 以下の亀裂幅に対して可塑性材料の完全流出は認められなかった。覆工クラックおよび目地部における逸走の有無については、これらの数値が参考となるが、実際には覆工巻厚や湧水の有無を確認して逸走対策の必要性について慎重に判断する必要がある。

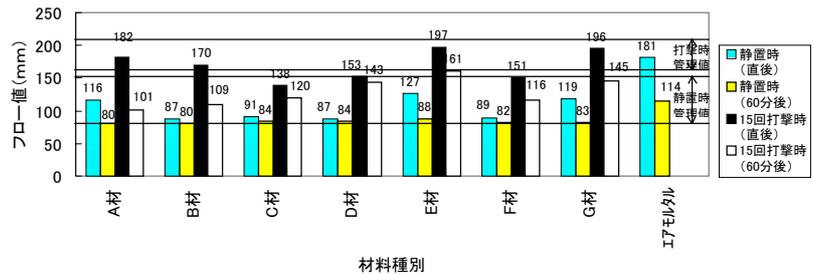


図 3 フロー試験結果

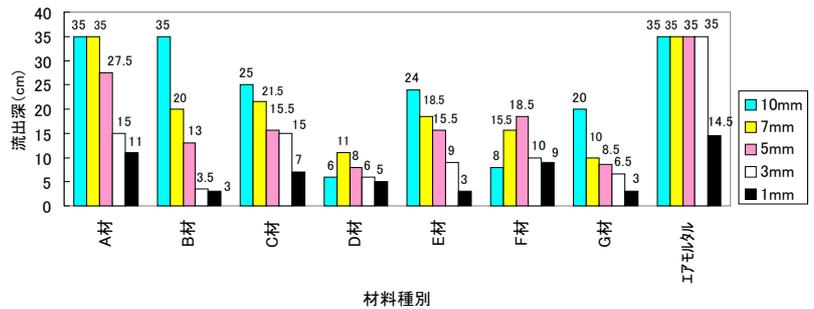


図 4 亀裂流出試験結果 (完全流出高: 35mm)

### 3.3 充填性試験

試験結果を図 5、図 6 に示す。エアモルタルは、注入口付近の空洞天端が未充填のまま遠くに行き、注入圧力は上昇しない傾向を示した。これに対して可塑性材料は注入口付近から空洞を残さず徐々に奥へ充填される傾向を示した。注入速度を一定とした今回の試験では、到達距離が長くなるほど、注入空間がせまくなるほど圧力は上昇する傾向を示した。注入完了後に装置を解体し、充填性の確認を行った。その結果、エアモルタルは角材の背面や天端にエア溜りが生じたが、可塑性材料では全ての材料において角材背面、H 形鋼背面及び障害物の隙間に完全に充填されていたことを確認した。また、流量計により確認した全体注入量 (実験装置の容量) は、非エア系材料に対してエア系材料が若干多い結果となった。この結果は、流量計のキャリブレーション等今後の詳細な検討が必要であるが、エア系注入材の圧縮が主な原因と考えられる。

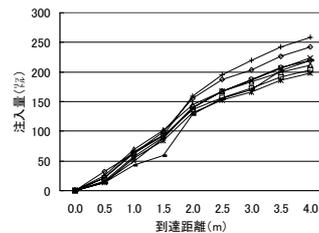


図 5 充填性試験結果 (流量)

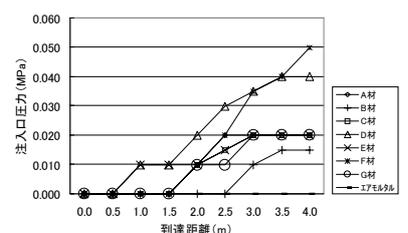


図 6 充填性試験結果 (注入口圧力)

到達距離が長くなるほど、注入空間がせまくなるほど圧力は上昇する傾向を示した。注入完了後に装置を解体し、充填性の確認を行った。その結果、エアモルタルは角材の背面や天端にエア溜りが生じたが、可塑性材料では全ての材料において角材背面、H 形鋼背面及び障害物の隙間に完全に充填されていたことを確認した。また、流量計により確認した全体注入量 (実験装置の容量) は、非エア系材料に対してエア系材料が若干多い結果となった。この結果は、流量計のキャリブレーション等今後の詳細な検討が必要であるが、エア系注入材の圧縮が主な原因と考えられる。

### 3.4 収縮率試験

試験結果を図 7 に示す。収縮率は、比重が小さく単位水量の少ないエア系材料 (A 材、B 材、エアモルタル) が 0%，他の可塑性材料が 0.5%～1.2% であった。30cm 程度の覆工背面空洞であれば体積収縮率約 1% はあまり問題にならないが、大規模な背面空洞が存在する場合には比重及び収縮率が小さい材料を選定する必要がある。

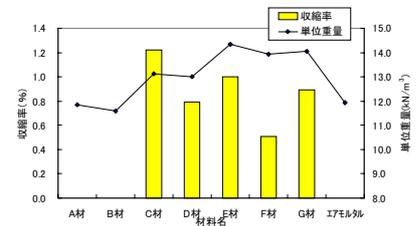


図 7 収縮率試験結果

## 4. まとめ

今回使用した可塑性材料は、背面空洞注入材として要求される充填性、流動性、逸走性、収縮性の基本性能を概ね満足していることが確認された。また、実際に注入を計画する際の材料選定や品質管理基準 (フロー値) と充填性、逸走に対する参考的な指標を示すことができた。しかしながら今回の実験は実際の注入工事と異なる点 (背面空洞の規模、形状、注入速度、湧水、気温等) も多く存在するため、試験施工トンネルでの施工結果および今回の実験結果も合わせて整理し背面空洞注入に要求される性能の明確化とその管理手法について検討したい。