

トンネル地山と鋼製支保工の隙間のプレロード工で使用する袋体の開発

（株）奥村組 ○正会員 浅野 剛 正会員 浜田 元 黒木 孝洋
大嘉産業（株） 山口 茂樹 （株）エムビーシー 佐藤 敏夫

1. はじめに

山岳トンネル工事に於いて、鋼製支保工の支持能力を効果的に発揮するには、鋼製支保工の建込み時に生じる地山との隙間を確実に充填し、地山と鋼製支保工を一体化することが重要である¹⁾。地山と鋼製支保工の隙間を充填するプレロード工（以下、地山プレロード工）は、鋼製支保工の背面に取り付けた袋体にモルタルなどを充填し、地山と鋼製支保工を確実に一体化する。ここでは、地山プレロード工の施工性や施工の確実性を向上する新たな袋体を考案し、袋体の性能、現場での適用性を確認したので結果を報告する。

2. 袋体の概要

開発した袋体は、鋼製支保工への袋体取付けの作業性や確実性、袋体へのモルタル充填時の施工性や施工の確実性などを考慮して、素材や構成、構造などを決定した（図-1、表-1、写真-1）。

図-1 に示した袋体は、表-1 のように地山側と鋼製支保工側で布地の性質が異なっている。地山側の布地は、「たて（トンネル周方向）」には伸びにくい糸、「よこ（トンネル軸方向）」には伸びやすい糸を編み込み製造されている。これにより袋体の両端部に高低差があっても、モルタル充填時に袋体の下部にモルタル溜りが生じず、袋体がトンネル周方向に均等な厚さで拡張する。鋼製支保工側の布地は、長繊維不織布であり、地山側の布地の「よこ」に比べて引張伸び率は約 60% と小さい。これによりモルタル充填時の袋体の設置位置のズレ（移動）を生じにくくする。袋体のモルタルホース挿入口は袋体内に 500mm 内挿されており、これによりモルタルの漏出を防止する。

袋体の鋼製支保工への取付けには、写真-1 の左に示す帯状の面ファスナを用いる。面ファスナは、幅 100mm、長さ 2,000mm（袋体と同じ）であり、鋼製支保工側の面（裏面）が粘着テープ、袋体側の面（表面）が細かいカギ状のフック面となっている。面ファスナは、裏面の粘着テープにより鋼製支保工へ接着し、袋体（長繊維不織布の面）は、面ファスナ表面（細かいカギ状のフック面）に重ねて取付ける。これにより、袋体を鋼製支保工へ簡便・確実に取付けるとともに、モルタル充填時の袋体のズレを防止できる。

3. 室内実験

(1) 面ファスナと袋体の接着強さ

面ファスナと袋体（長繊維不織布の面）の接着強さを確認するため、せん断試験、はく離試験を実施した（写真-2）。試験方法は「JIS L 3416」に準じ、各試験の供試体は 3 体、接着有効幅は 10cm、接着面積は 50cm² とした。

各試験から、3 供試体の平均値は、せん断強さが 11.7N/cm²、はく離強さが

キーワード 山岳トンネル、鋼製支保工、地山、プレロード、袋体、充填

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

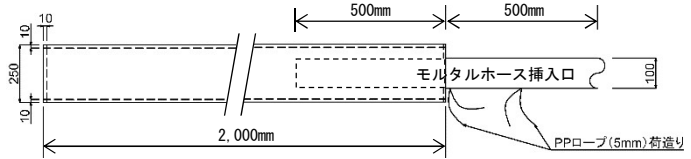


図-1 袋体の寸法、構造

表-1 袋体の素材

布地の接触面	布地の方向	引張強さ	引張伸び率	備考
地山側 (写真-1: 白色)	たて	5,930N/5cm	15.8%	ポリエステル糸
	よこ	914N/5cm	104.0%	ナイロン特殊加工糸
鋼製支保工側 (写真-1: 茶色)	たて	1,765N/5cm	60.0%	長繊維不織布
	よこ	1,175N/5cm	60.0%	ポリエステル



写真-1 袋体の外観

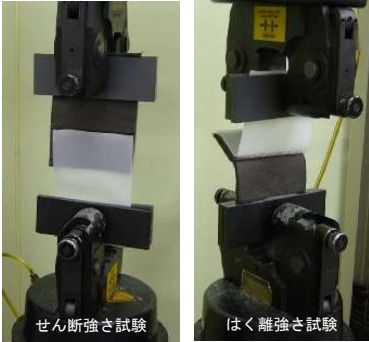


写真-2 接着強さの試験

7. 3N/cm であり、モルタル充填時の袋体のズレ防止効果を数値で確認した。

(2) 袋体へのモルタル充填

モルタル充填時の袋体の拡張状態などを確認するため、袋体（長さ 2m，幅 0.25m）への充填実験を行った。充填モルタルの配合を表-2 に示す。ロックボルト定着用のプレミックスモルタルに水を添加して充填用のモルタルとし、モルタルポンプを用いて袋体へ充填した。充填は袋体の拡張状態を確認しながら吐出量 2.3～10.3 リットル/min の範囲で行い、充填完了は最大吐出圧力 50kPa，最大充填容積 70 リットルのいずれかを目安とした。実験では、充填時の袋体の拡張状態とともに、袋体のズレやモルタル漏出の有無などを確認した。また、充填直後の袋体の拡張高さ、充填直後から充填後 4 週間経過までの袋体の周長を測定した（写真-3）。

表-2 充填モルタルの配合

プレミックスモルタル(1袋当り)				標準添加 水量 (kg)	練上がり量 (%)	備考
早強セメント (kg)	特殊添加材 (kg)	細砂 (kg)	合計 (kg)			
14.8	0.8	4.4	20.0	7.0	14.22	・水/プレミックスモルタル=35% ・J14ポート流下値(目標値)=7±3秒 ・圧縮強度(1day)=10N/mm ² 以上

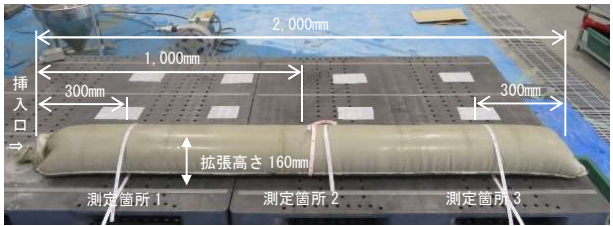


写真-3 モルタル充填した袋体の外観

モルタル充填時の観察から、袋体は概ね半月形（蒲鉾形）に高さ約 160mm まで拡張しており、袋体のズレやモルタルの漏出はなかったが、袋体表面には若干水が滲んだ。袋体の周長測定から、周長は測定 3 箇所と同様の値を示しており、充填直後で 603～607mm，4 週間経過で 601～605mm となっている。充填した袋体の時間経過に伴う容積変化は小さく、袋体は充填モルタルをほぼ漏出させない性能を有していると判断できる。

4. 現場適用

袋体の現場での施工性や施工の確実性を確認するため、2 車線道路トンネル工事の地山プレロード工に適用した。

袋体の鋼製支保工への取付け状況を写真-4 に示す。写真の右側は面ファスナの粘着テープ面を鋼製支保工へ貼付けている状況、左側は面ファスナ（細かいカギ状のフック面）に重ねて袋体を取付けた状況であり、この方法の採用により、袋体の鋼製支保工への取付けが簡単・確実に実施できる。なお、地山プレロード工の施工周長を満足するように、袋体は長さ 2.0m と 2.5m を組合せて使用した。



写真-4 袋体の取付け



写真-5 袋体付き鋼製支保工の搭載

袋体を取付けた鋼製支保工のエレクター付き吹付機による把持状況を写真-5 に示す。鋼製支保工の建込みでは、取付けた袋体が建込み作業に支障を及ぼすことはなく、建込み作業の際に袋体の破損もみられなかった。

鋼製支保工建込み後の袋体へのモルタル充填状況を写真-6 に示す。モルタルは表-2 と同じ配合のものとし、充填にはロックボルト定着材用のモルタルポンプを使用した。また、モルタルポンプからの吐出量の目安を 14 リットル/min とし、袋体へモルタルを充填した。写真-6 から、モルタル充填により、袋体は半月形に拡張し地山に密着していることがわかる。また、袋体の両端部に高低差がある肩部付近であっても、袋体は下部から上部へほぼ均等な厚さで拡張している。充填速度 14 リットル/min の条件下で、袋体にズレやモルタル漏出などの不具合は発生しておらず、地山と鋼製支保工の隙間を効率的にかつ確実に充填できている。



写真-6 袋体へのモルタル充填

5. おわりに

開発した袋体が、地山プレロード工の施工性、施工の確実性の向上に寄与することを確認した。今後は、現場への普及展開を積極的に進め実績を重ねていきたい。

【参考文献】 1) 土木学会：トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説／〔山岳工法編〕・同解説，pp.187，2016