

## 耐摩耗・耐薬品性に優れたシールド二次覆工工法の開発（その2）

## －S×P(Steel×Polyethylene) 工法用セグメントの性能評価－

太陽鉄工(株) 正会員 ○鹿沼 岳司  
 (株)ソテック 松森 建次  
 作新工業(株) 河内 南  
 三井住友建設(株) 河村 邦基

## 1. はじめに

S×P（エス・バイ・ピー）工法は、鋼板と超高分子量ポリエチレン板を、二次覆工仕上り形状に合わせてピース分割し、超高分子量ポリエチレン板がトンネル内面側となるように、貼り合わせ・曲げ加工した特殊鋼製セグメントを、一次覆工内面に設置固定し、背面の空隙にモルタル等を充填することで、高耐久性の薄肉二次覆工をする下水道シールドトンネルの内面被覆工法である。

内面被覆工法に要求される性能は、耐薬品性、セグメントとの一体性、水密性、変形性能、耐摩耗性、耐衝撃性である。本稿では、S×P工法の使用材料に各種性能評価試験を実施した結果を報告する。

## 2. 性能評価試験

使用材料の耐久性能を評価する方法として、下水道新技術機構「内面被覆工法の性能評価方法および結果」および下水道事業団防触指針「ソートライニング工法による防食被覆層の品質試験方法」に準じた試験項目から実施した試験項目と目的を表-1に示す。

表-1 試験項目および目的

注) PE: 超高分子量ポリエチレン

要求性能	試験方法	材料	目的
接着力 (一体性)	引張せん断試験 JIS K 6850	PEとPE (目地接着剤)	継ぎ手目地部の PE 材料同士の目地接着剤による接着力を確認
		鋼板と鋼板 (目地接着剤)	継ぎ手目地部を想定し、鋼板同士の目地接着剤による接着力を確認。
	曲げ試験 JIS K 6856	鋼板とPE (目地接着剤)	複合材の一体性能を確認
		鋼板と鋼板 (目地接着剤)	目地部の変形、目開きを想定し、変形追従性を確認
変形性能	曲げ試験 JIS Z 2248	鋼板とPE	仕上げ内面に落下変形を想定し、90度曲げで確認
	ひび割れ追従性試験 JIS K 6850	鋼板とPEと鋼板	鋼板の伸び、破断を想定し、PE の接着追従性を確認
耐摩耗性	落砂試験 ASTM D 968	鋼板とPE (PE表面)	セグメント仕上げ内面を想定
		鋼板と目地接着剤(目地接着剤表面)	目地部の仕上げ内面を想定
	摩耗輪試験 JIS K 7204	鋼板とPE (PE表面)	セグメント仕上げ内面を想定
		鋼板と目地接着剤(目地接着剤表面)	目地部の仕上げ内面を想定
	噴射摩耗試験 JIS H8682-2:1999	鋼板とPE (PE表面)	セグメント仕上げ内面を想定
鋼板と目地接着剤(目地接着剤表面)	目地部の仕上げ内面を想定		
耐衝撃性	耐衝撃性 JIS A 6916 & JIS A 6915	鋼板とPE (PE表面)	セグメント仕上げ内面を想定
		PEと目地接着剤 (目地接着剤表面)	目地部の仕上がり内面を想定
		鋼板と目地接着剤(目地接着剤表面)	目地部の接合面を想定

キーワード：シールド、セグメント、二次覆工、内面樹脂ライニング

連絡先：〒103-0027 東京都中央区日本橋 2-16-5 高山ビル 太陽鉄工(株) TEL 03-3274-3201

### 3. 使用材料

- ・母材（鋼板と超高分子量ポリエチレンの接着複合材）

母材は、鋼板(SS400 厚さ 6.0mm )と超高分子量ポリエチレン（厚さ 3.0mm、作新工業(株)製）を接着剤（三次元架橋型ゴム系、エポキシ系、ウレタン系より選択）により接着加工した。

試験体の大きさは、長さ 150mm、幅 70mm とした。

- ・目地接着材（目地、孔コーキング用接着材） 無溶剤型硬質耐蝕ウレタン系

### 4. 90度曲げ試験（押曲げ法）

図-1に試験概要を示す。押金具の半径は 25mm で支点間の距離は 77mm とし、試験速度を毎分 6mm で実施した。

最終荷重 3.5kN で、供試体が 90度に変形した。変形した供試体を確認したところ、ポリエチレンは鋼板に追従して変形し、剥がれ、損傷は認められなかった。（写真-1）

このことから、落下変形に対しての変形性能を有していることが確認できた。

### 5. ひびわれ追従性試験

図-2に試験概要を示す。供試体の接合重ね長さは各 50mm とし、試験速度を毎分 6mm で実施した

鋼板目開きは 4.8kN で始まり、5.0kN を持続した。目開き量 3mm で、接着剤(三次元架橋型ゴム系)の接着面が一部剥離し、ポリエチレンの伸びは持続した。（写真-2）

下水道新技術機構の「内面被覆工法の性能評価方法および結果」では、許容ひび割れ幅を 0.35mm 以上と規定している。本試験では 0.35mm 以上のひび割れ追従性を確認することができた。

### 6. 耐摩耗性試験

耐摩耗性確認試験では、上乘せ条件として摩耗輪試験を「内面覆工材試験の規格」の摩耗輪種類：CS-17（弾力性）より2段階厳しい摩耗輪種類：H-18（非弾力性）で試験を行い、超高分子量ポリエチレンの摩耗量は平均 28mg であった。さらに、動輪摩耗試験より厳しい噴射摩耗試験を行い、供試体に異常を認めない結果が得られた。

### 7. まとめ

本稿で報告した変形試験結果から、S×P工法で使用した材料は内面被覆工法に要求される変形性能を有しており、その他の性能試験結果でも要求性能以上であることを確認できた。本工法の内面仕上げ材である超高分子量ポリエチレンは、耐衝撃性、耐摩耗性、自己潤滑性、耐薬品性、低温特性、衛生性に優れた材料で、特に耐摩耗性において、他工法で使用されている材料より優れていることが確認できた。今までは優れた特性を持っているが、下水道シールドトンネルの内面被覆材料として管状に成型する困難さから、用いられてこなかったが、今後は本工法の普及により、高耐久性の薄肉二次覆工材料として耐久性に優れたライフサイクルの長い高品質なトンネルを構築することが可能となり、維持管理費の低減に寄与できるものと考えている。

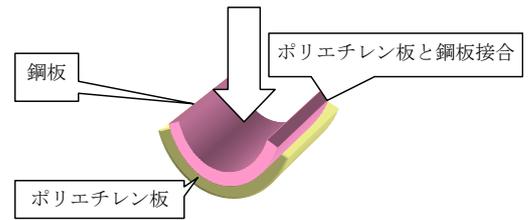


図-1 90度曲げ試験概要

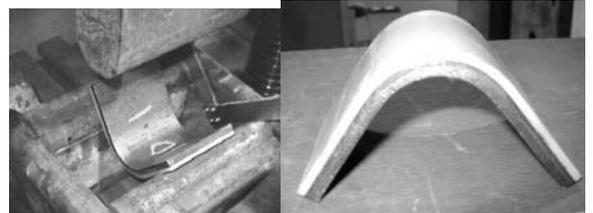


写真-1 90度曲げ試験後の試験体

最終荷重(kN)	3.50
最終応力(N/mm <sup>2</sup> )	0.30

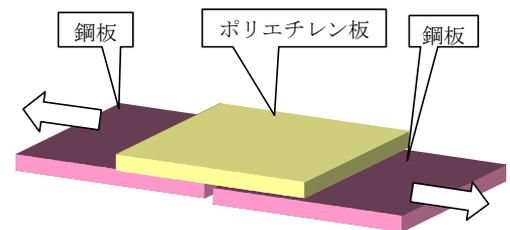


図-2 ひびわれ追従性試験概要



目開き初期荷重(kN)	5.00
目開き応力(N/mm <sup>2</sup> )	0.40

写真-2 ひびわれ追従性試験後の試験体