

## グラウト可視保護管の開発と施工

(株) エスイー 正会員 ○河田 洋志  
 (株) 銭高組 手島 清逸  
 (株) 銭高組 西尾 嘉洋  
 (株) 銭高組 正会員 梶川 晋

### 1. はじめに

近年、グラウト充填度の向上を図る目的で材料面および施工面から種々の改善が図られている。これらは一般的に目視確認不可能な内ケーブルが対象とされている。一方外ケーブルは、内ケーブルと異なりケーブル自体が露出状態ということもあり、充填度の確認を行うという目的から、一般名称透明シースと称される外ケーブル用保護管が採用される。本稿は、グラウト充填確認可能で施工性に優れた保護管（以降、MD 保護管）を開発し、性能を確認するために実施した試験結果、および犬成第一跨道橋（PC 上部工）工事の中の2橋における現場施工による実地検証結果を報告する。

### 2. 開発コンセプトおよび仕様

箱桁PC橋に外ケーブルを使用する構造は欧州で考え出され、日本国内でも数多くのPC橋で使用されている。グラウトタイプの保護管に使用される材料は、国内外においてポリエチレン管がそのほとんどを占めている。MD 保護管は、多数の実績があり信用度の高いポリエチレン管と同等の特性および施工性を有することを旨とし、以下の点を開発コンセプトとした。

- 1) 材料：強度および寸法がポリエチレン管と同等であること
- 2) 施工：接続の確実性と配管時の取り扱いがポリエチレン管と同等であること
- 3) 真空グラウト適用：グラウト充填性の観点から真空グラウトが適用できること

以上のような観点から、MD 保護管の材質はポリエチレンと同じポリオレフィン系の材料であるポリプロピレンを主原料とした。

1) では、偏向部において保護管に使用する材料・寸法のフレット特性に及ぼす影響が定量的に解明されていない以上、実績として多数使用され不具合報告のないポリエチレン管と同等レベルの強度および寸法にしておく必要があると考えた。

2) は接続方法と配管時の取り扱いである。接続はポリエチレン管と同じく接着剤を用いることなく熱溶解させて一体化する方法（以下、溶着）が最も確実であると考えた。写真-1に2種類の接続方法を有したMD 保護管を示す。溶着には2種類の方法があり、1つは管の端面を溶解させ突き合わせて溶着する「バット溶着」であり、接続用の部品が不要である。もう1つは、電熱線を内部に有し電流を流すことで溶解後一体化させる「EF 継手」であり、双方ともポリエチレン管で従来使用されている方法である。また、外ケーブル構造の場合、一般的に箱桁内でケーブル配置形状に従い保護管を支持する架台を設置する。支持架台のスパンは、MD 保護管の場合、ポリエチレン管と同様に考えることで特別な配慮の必要はないが、軟質材料の場合には、スパンを短くする必要や支持間で垂れ下がらないよう全長に渡って足場板等を敷設する必要が生じる。

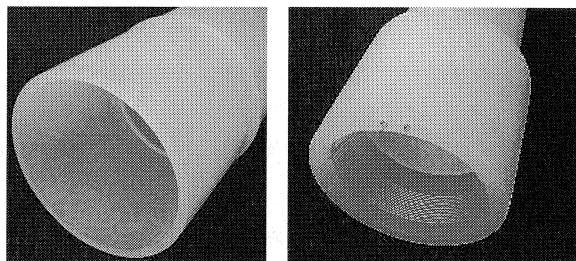


写真-1 MD 保護管（左：バット溶着部、右：EF 継手）

3) は充填性の観点から、真空グラウトが適用できるということであり、ポリエチレン管同様に、管の内部に生じる負圧に対して潰れや著しい変形が発生しないのを目指した。負圧による潰れや著しい変形を伴うものは、真空グラウトには適さないと考えられる。

MD 保護管の仕様を表-1 に示す。タイプは12S15.2用と19S15.2用の2種類があり、両タイプとも実橋において現場施工を実施している。

表-1 MD 保護管仕様

Type	寸法 (mm)		定尺長	主原料
	外径	厚さ		
12S15.2用	φ89	5.0	5m	ポリプロピレン
19S15.2用	φ114	5.0	5m	

### 3. 性能確認試験

グラウト充填を確認するための外ケーブル用保護管としての要求される性能を確認するため、性能確認試験を実施した。試験内容は「PC 橋の耐久性向上に関する設計・施工マニュアル」<sup>1)</sup> (以下、マニュアル) 掲載内容を基本とし、表-2 に示す項目で実施した。それぞれの要求性能に対する試験結果を以下に示す。

表-2 性能確認試験一覧

No.	要求性能	着目要素	試験概要
1	耐圧性	耐圧力	接続部を含む保護管の両端に治具を設置し、ポンプにて加圧し確認する。
2		耐減圧力	接続部を含む保護管の両端に治具を設置し、真空ポンプにて減圧し確認する。
3	耐温度環境特性	引張強度	-20, 0, 23, 40℃の各温度環境にて引張試験を実施し、引張強度を確認する。
4	耐アルカリ性		NaOH 水溶液 (アルカリ性) に浸漬した材料にて引張試験を実施し、引張強度を確認する。
5	耐候安定性		サンシャインカーボンアーク灯にて 1000 時間照射した試料を用いて引張強度を確認する。
6	内部可視性	目視可否	保護管を所定の形状に配置しグラウト注入を行い、充填状況を目視確認する。

#### 3. 1 耐圧性

マニュアルに記載されている要求性能 1.0MPa の耐圧力を有することを確認する耐圧試験と、真空グラウトを考慮し耐減圧力を有することを確認する耐減圧試験を実施した。両試験とも中央にバット溶着部を、両端に治具を有する供試体とし、φ89, φ114 の2種類実施した。耐圧試験は内部に水を充填し手押しポンプによる加圧を、耐減圧試験は真空ポンプにより減圧する試験とした。試験状況を写真-2 および写真-3 に示す。

耐圧試験結果としては、2種類の管タイプにおいて、本体および接続部とも要求される 1.0MPa の耐圧力を十分に有し、PC グラウトに適用可能なことが確認できた。耐減圧試験結果としては、真空ポンプの最大能力 -0.097MPa において、2種類の管タイプとも耐え得るとともに、直径変化量は 0.1mm 台と小さく、潰れ等の著しい変形が発生せず、真空グラウトに適用可能なことを確認した。EF 継手に関しても、耐圧試験を実施した。EF 継手は肉厚部材であり 1.0MPa 程度では直径変化が発生しないため、最大圧力の確認として 2.0MPa まで加圧を行ったが十分耐えうることができた。写真-4 に EF 継手による耐圧試験状況を示す。

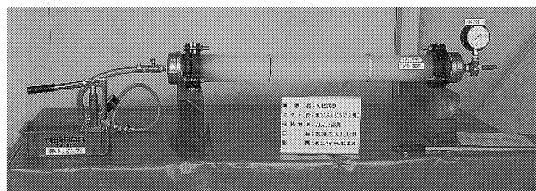


写真-2 耐圧試験状況

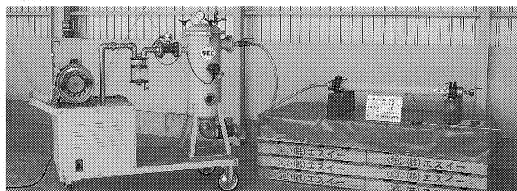


写真-3 耐減圧試験状況

### 3. 2 引張強度

表-2 のNo.3~5 に示す各環境において、要求性能である  $9.8\text{N/mm}^2$  を確認した。引張試験結果を表-3 に示す。

No.3 の温度環境では、温度上昇に伴い引張強度が低下している傾向にあるが、 $9.8\text{N/mm}^2$  は満足している。この傾向はほぼ全ての樹脂における特性である。No.4 のアルカリ環境では、試料を  $70^\circ\text{C}$  の  $20\%\text{NaOH}$  水溶液に浸漬し 50 時間、100 時間において引張強度を確認したがいずれも強度低下は発生しなかった。ポリプロピレンの耐アルカリ性は、ポリエチレン同様な素材が有する特性として高い。No.5 の耐候性試験では、1000 時間の耐候性試験を実施し、引張強度を確認したが強度低下は発生しなかった。ポリプロピレンはポリエチレン同様、素材自体は耐候性の高いものではない。一般的にポリエチレンは耐候性が高いとされているが、それは含有しているカーボンブラックによるものである。そこで、それに替わる耐候安定剤および紫外線吸収材を適度に配合し、耐候性を向上させている。外ケーブル用保護管が使用される環境は、恒久的には桁内であるため、太陽光が直接照射されるのは製造後から施工前の短時間であり、1000 時間という厳しい条件において強度低下が発生しなかったことより、十分な適合性を有することが確認された。写真-5 に引張試験状況を示す。

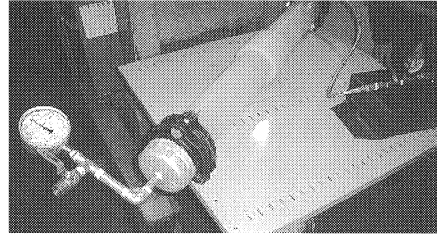


写真-4 耐圧試験 (EF 継手部)

表-3 引張試験結果

環境区分	要素	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
耐温度環境	-20°C	49.93
	0°C	35.75
	23°C (常温・基準)	24.35
	40°C	18.27
耐アルカリ環境	50 時間浸漬	24.36
	100 時間浸漬	24.97
耐候性試験	1000 時間照射	26.34

### 3. 3 グラウト注入試験

目視にてグラウト充填および注入後の確認を行う目的で、写真の供試体によりグラウト注入試験を行った。本試験は MD 保護管の性能確認試験の他、本施工におけるグラウト試験も兼ねており、実橋で計画しているノンブリーディング高粘性型グラウト材を使用し真空グラウトにて行った。実橋同様、12S15.2 および 19S15.2 の 2 種類とした。写真-6 に供試体全景を示す。全長は、実橋の外ケーブルの 1/2 スケール (約 35m) を採用した。供試体形状は、12S15.2 と 19S15.2 で異なる。12S15.2 は既往の試験によりある程度の下り勾配においても高粘性型グラウト材を使用することによる充填性が確立されているものと判断し、実橋と同一の勾配および曲げ半径とした。19S15.2 に関しては、既往の試験からは高粘性型グラウト材においても、充填性は確立できずと判断できないため、実橋より厳しい勾配条件、 $10^\circ$  の上り勾配および下り勾配を有する形状とし、長さ (水平長) は 12S15.2 と同一とした。

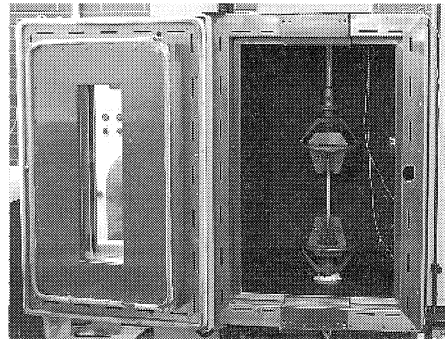


写真-5 引張試験状況

内部可視性を確認する目的の結果として、グラウト注入時の目視確認は十分可能であった。写真-7 に注入状況を示す。5m 定尺をバット溶着にて数箇所接続

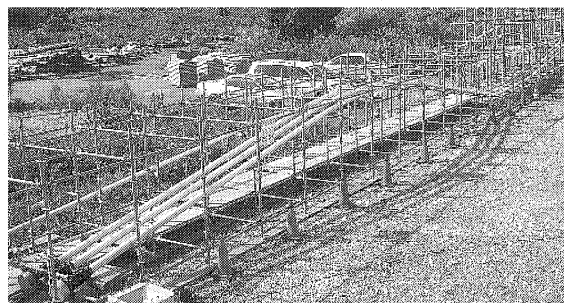


写真-6 グラウト注入試験供試体

したが、いずれの接続部においても、負圧による潰れおよび漏れ、加圧による漏れ等は確認されず、耐圧性の再確認もなされた。

一方、本試験ではグラウト注入方法においても、充填状況が確認可能という点を利用し、グラウト吐出量を注入中に変化させるという工夫を行った。上り勾配においては、先流れが起こる要素がないため、10 ㎥/分の低速とし、下り勾配においては先流れを考慮し、吐出量を増加させ16 ㎥/分で注入を行った。このような対策が講じられる点は、従来のポリエチレン管では不可能であり、充填状況が確認可能な保護管ならではの特長であると言える。

#### 4. 現場施工

本稿作成時においては、1橋では19S15.2ケーブルのグラウト注入まで終了し、もう1橋では12S15.2ケーブルの緊張作業までが終了している。5m定尺の保護管を現場にてバット溶着を基本とし接続を行った。バット溶着状況を写真-8に示す。また定着横桁出口等にはEF継手を使用した。EF継手施工状況を写真-9に示す。施工場所は、桁内最小高さ1.1mと非常に狭い空間であったが、写真のような小型の機材(バット溶着機、EFコントローラ)のため十分接続可能であった。

グラウトは注入試験で行ったように真空グラウトにより行った。バット溶着部およびEF継手部からの漏れ等はなく、実地検証として継手部の健全性が確認できた。写真-10にグラウト施工後の桁内を示す。

#### 5. まとめ

- ・MD保護管は、各環境における引張強度、耐圧性能および内部可視性に関して所定の性能を満足していることが確認できた。
- ・ポリエチレン管の方法を踏襲したバット溶着およびEF継手を用いた接続仕様は耐圧性能を満足していることが試験および実橋で確認できた。
- ・MD保護管は真空グラウトを適用できる保護管であることが試験および実橋で確認できた。

#### 参考文献

1) (財) 高速道路技術センター, 日本道路公団監修:

PC橋の耐久性向上に関する設計・施工マニュアル, 平成13年10月, pp. 6-1~6-3

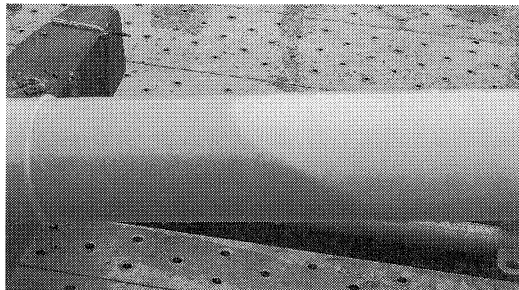


写真-7 グラウト充填状況

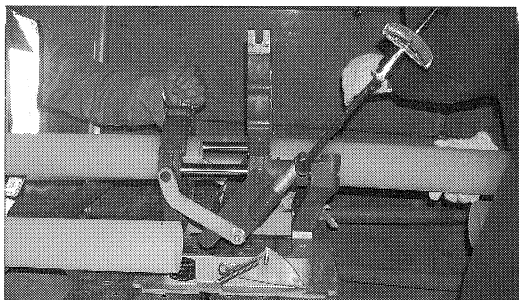


写真-8 桁内バット溶着状況

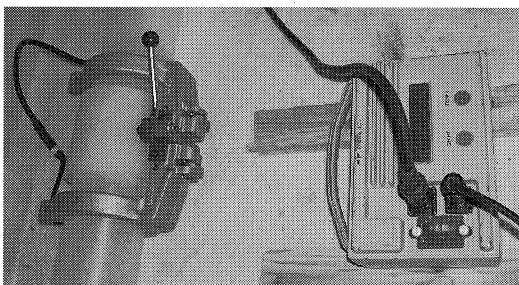


写真-9 EF継手状況 (右: コントローラ)

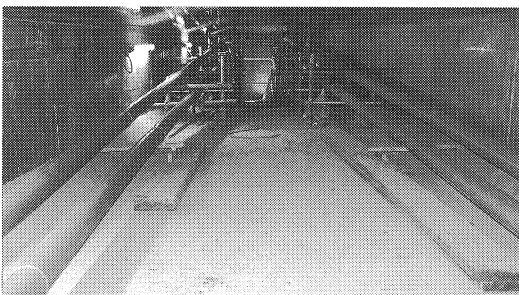


写真-10 グラウト充填後桁内状況