

新技術情報

技術名称	PC用ポリエチレン製シース、PLUX-1		開発年	1997	
登録番号	KK-090025-VR (事後評価済み技術)		区分	製品	
副題	高密度ポリエチレンを使用したPC内ケーブル用シース				
情報の提供範囲	国土交通省のみ	国土交通省以外の公共機関	※一般		
分類		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
	分類1	橋梁上部工	ポストテンション桁製作工	PCケーブル工	
	分類2	橋梁上部工	ポストテンション場所打ちホロースラブ橋工		
	分類3	橋梁上部工	ポストテンション場所打箱桁橋工		
	分類4	橋梁上部工	プレキャストセグメント主桁組立工	主桁組立工	
キーワード	ケーブル耐久性改善	緊張すり切れの回避	摩擦係数の改善		

概要(アブストラクト)

本製品は、ポストテンションPC内ケーブルに採用されるポリエチレン製シースで、従来は鋼製シースで対応していた。ポリエチレンは錆びないため腐食要因からPC鋼材を保護して耐久性を改善できる。小さい摩擦係数の採用はまだ少ないが、採用すれば経済性を改善できる。

概要

①何について何をやる技術なのか？

PC内ケーブルのシース材質を高密度ポリエチレンとし、大きなピッチのスパイラルリブを採用する技術。

- ・ポリエチレンは腐食しない為、外部腐食要因からPC鋼材を保護して耐久性が改善する。
- ・大きなピッチのリブにより偏向圧が低く均等に分散され、シースのすり切れを回避できる。
- ・ポリエチレンとPC鋼材との接触となり、ケーブルのフレッチング疲労耐力が改善する。
- ・ポリエチレンシースの摩擦係数は鋼製シースより小さく、有効プレストレスが改善する。
- ・50℃より高温ではシースが軟化し偏向部で擦り切れるため、冷気送風しながら緊張する。
- ・または、シース周囲のコンクリート温度が50℃以下になるまで緊張を待ってもよい。

②従来はどのような技術で対応していたのか？

鋼製シースを使っていた。特に腐食環境の厳しい塩害地区ではメッキした鋼製シースを採用していた。

- ・塩害地区などで、コンクリートの中酸化による鋼製シースの腐食が報告されていた。
- ・塩害や凍結防止剤によるPC鋼材の腐食や、海外では落橋事故も報告されていた。
- ・鋼製シースとかぶりの増厚に代わる、経済的な防食技術が待望されていた。
- ・表面の粗い被覆PC鋼材の緊張でも偏向部ですり切れないシースが求められていた。
- ・超高強度コンクリートの高応力小断面に対応できる疲労に優れたシースが必要だった。

③公共工事のどこに適用できるのか？

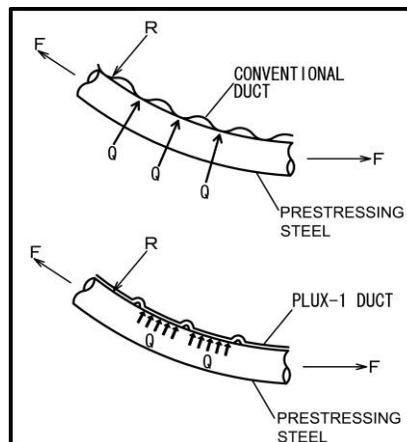
プレレストコンクリート構造物(橋梁上部工、タンク等の円形構造物、海洋構造物、PC建築等)

高密度ポリエチレン製シース(PLUX-1)の種類、『( )』は後挿入タイプ

ケーブル構成	1S21.8	1S28.6	7S12.7	12S12.7	12S15.2	12S15.7Ep	19S15.2	27S15.2	48S15.2
呼び径(mm)	φ 35	φ 45	φ 55	φ 65(φ 70)	φ 75(φ 80)	φ 85	φ 95	φ 105	φ 150



(左)PLUX-1外観、



(右)ケーブル偏向圧の分散

## 技術のアピールポイント(課題解決への有効性)

シース材質を高密度ポリエチレンとした事で防錆性能が向上し、摩擦係数が小さいのでケーブル本数の低減も期待できる。また、リブのピッチを大きくしたので偏向部での擦切れが改善され、接触圧が緩和されて疲労耐力も改善する。

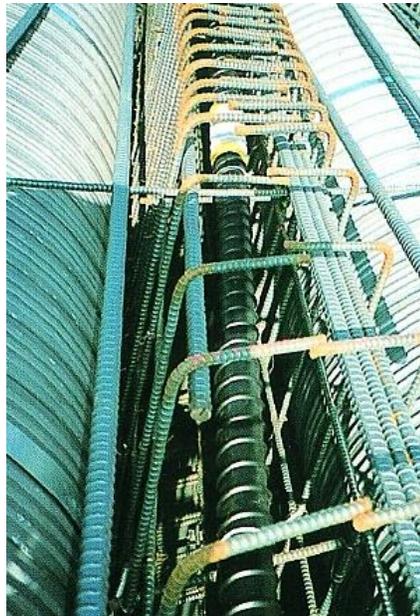
## 新規性及び期待される効果

①どこに新規性があるのか？(従来技術と比較して何を改善したのか？)

- ・従来の鋼製シースに代えて、高密度ポリエチレン製のシースとした。
- ・従来の鋼製シースよりも大きなピッチのスパイラルリブを採用した。
- ・ポリエチレンシース内に冷氣送風しながら緊張する方法を提案した。

②期待される効果は？(新技術活用のメリットは？)

- ・ポリエチレンは錆びないため、外部からの腐食成分を遮断してPC鋼材の耐久性を改善できる。
- ・大きいピッチのリブにより、緊張時に偏向圧の局部集中が生じず、すり切れて破れない。
- ・大きな側圧が発生する偏向部の接触は、PC鋼材とポリエチレンであり、疲労耐力も改善する。
- ・ポリエチレンシースの摩擦係数は鋼製シースより小さいので、有効プレストレスを改善できる。  
『本技術の摩擦係数は $\mu=0.14$ 、 $\lambda=0.001$ を推奨、鋼製シースは $\mu=0.30$ 、 $\lambda=0.004$ である。』
- ・ポリエチレンシースは鋼製シースのような施工時の溶接火花による穴あきが生じない。
- ・定尺を5mとして鋼製シースの定尺4mより長くしたので、接続作業を低減できる。
- ・50℃以下の緊張は、曲げ半径100Dでも緊張後の『残留壁厚 $\geq 1.5\text{mm}$ 』を満足している。
- ・50℃より高温の緊張は、ポリエチレンが軟化して擦り切れないように冷氣送風しながら緊張すれば、躯体温度が50℃以下になるまで緊張作業を待つ必要がない。



施工状況

## 適用条件

①自然条件

- ・台風・強風・集中豪雨を除き、従来技術と同様の施工が可能である。

②現場条件

- ・従来の鋼製シースを使用する現場条件なら、同等に対処可能。
- ・ケーブル長さが100mの場合、延長100mのスペースが必要である。

③技術提供可能地域

- ・日本全国技術提供可能

④関係法令等

- ・特になし

## 適用範囲

### ①適用可能な範囲

- ・内ケーブルのシースとして、現在、製造準備できている呼び径はφ35～φ150である。
- ・既存以外の特別な呼び径も金型を用意すれば対応可能。(但し、新サイズの納期は3ヶ月で、金型費用が必要なため割高となる。)

### ②特に効果の高い適用範囲

- ・ポストテンションPC橋梁やPC構造物で内ケーブル方式を採用している全ての現場

### ③適用できない範囲

- ・特に制限は無し

### ④適用にあたり、関係する基準およびその引用元

- ・PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)【PC工学会 平成27年(2015年)版】
- ・コンクリート標準示方書「基準編2013年版」および「施工編2012年版」【土木学会】
- ・NEXCO構造物施工管理要領【NEXCO総研 平成26年(2014年)版】
- ・道路橋示方書・同解説【日本道路協会 平成24年(2012年)3月】
- ・PCグラウトの設計施工指針-改訂版-【PC工学会 平成24年(2012年)12月】

## 留意事項

### ①設計時

- ・採用する定着具メーカーが発行する内ケーブル技術資料を踏襲した設計とすること。
- ・偏向部でのすり切れによるシースの破れを避けるため、最小曲げ半径は100D以上が望ましい。
- ・更に曲げ半径が小さければ、温度、ケーブル長、緊張条件を反映したすり減り試験評価が必要。

### ②施工時

- ・採用する定着具メーカーが発行する内ケーブル技術資料を踏襲した安全な施工を行うこと。
- ・接続シースや排気口付きシースを用いる場所では壁厚の差分を考慮して棚金と結束すること。
- ・シースには断面剛性に応じたコンクリートによる浮力変位が生じて品質に影響するため、支持間隔(L)は浮力変位がL/500以下となるように鉄筋に結束しなければならない。
- ・コンクリートが50℃以上の早期緊張で、ケーブルが長くて緊張側に偏向部を有する場合は、シース内に冷気を送風して冷やしながらか緊張するのが良い。

### ③維持管理等

- ・ポリエチレンは可燃性材料であるため、現場での保管および維持期間の火気条件は排除すること。

### ④その他

- ・リブピッチが大きくて躯体の最外層主筋との結束がリブ底のフラット部で可能であり、『リブ高さを含まないシース外径』で設計して良いことも、『効率的設計』には重要である。

## 活用の効果

比較する技術	PC用メッキ鋼製シース			
項目	活用の効果		比較の根拠	
経済性	向上( % )	同程度	* 低下( 48.5 % )	ポリエチレンは鋼製に比べ材料の単価が高い
工程	* 短縮( 18.95 % )	同程度	増加( % )	定尺5mで鋼製の4mより長く、接続工程を短縮
品質	* 向上	同程度	低下	防食性、耐久性、疲労耐力の向上
安全性	* 向上	同程度	低下	切断端部での怪我の心配がない
施工性	* 向上	同程度	低下	長尺化と軽量化により施工性が向上する
周辺環境への影響	向上	* 同程度	低下	従来技術と同程度である
温度の影響	向上	* 同程度	低下	50℃以上の緊張はシースが軟化して擦り切れるため、冷却緊張が必要などもある
コストタイプ	発散型:C(-)型			

## 活用の効果の根拠

基準とする数量	100	単位	m
	新技術	従来技術	変化値(%)
経済性	257326 円	173810 円	-48.05 %
工程	0.77 日	0.95 日	18.95 %

- ・内ケーブル長さ100m×1本の12S15.2用ポリエチレンシース(呼び径φ80mm)の例である。
- ・シースの現場組立・設置費用などの内訳明細は、NETIS登録情報を検索ください。

## 施工方法

内ケーブルシステムを採用し、後挿入型のケーブルについて、本技術PLUX-1の施工方法を説明する。基本的にはシースの配置作業であり、従来の鋼製シースの作業と手順は全く同じである。

①まず、設計図に沿うように定尺5mの「直管シース」をケーブル延長に沿って並べてゆき、「接続シース」を用いてネジ接続して100mの連続するシース管を作る。接続部は、隙間からコンクリートが進入しないようにテープでしっかりと固定しながら配置する。

②次に、グラウト工程でオーバーフローが必要な定着体背面と中央部の最も高い位置で直管シースをカットして「排気口付きシース」を配置する。排気口の排出ホースは上向きになるようにセットし、「排気口付きシース」と「直管シース」とのネジ勘合部からコンクリートが進入しないようにしっかりとテープで固定する。

③次に、ケーブルの延長に亘って、所定の支持間隔でプラスチック被覆された結束線で棚筋に直管シースを固定してゆく。

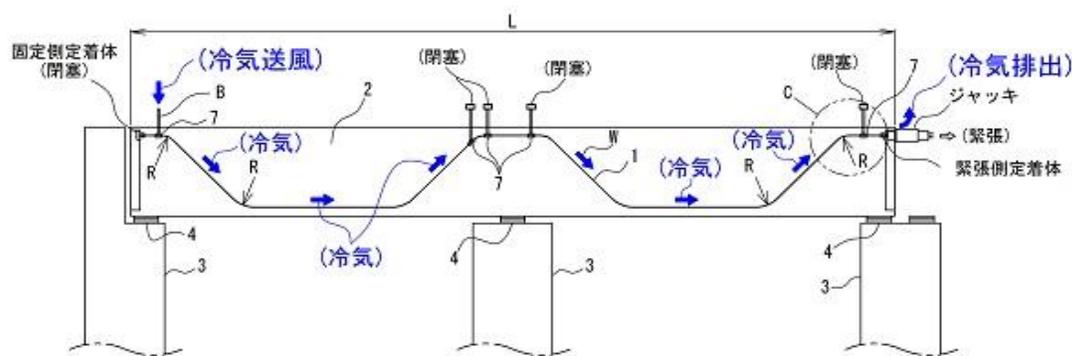
- ・支持間隔は個別シースの断面剛性に応じて決定される製品の固有値であり、メーカーの推奨値を順守する。
- ・シースと鉄筋（棚筋や最外層主筋）の固定は、大きなリブピッチ間のフラット部で結束する。
- ・偏向部（R）部は、配置がズレると緊張時に局所的な「シースのすり切れ」が生じるので注意が必要である。

④次に、両端の定着具の背面に「定着シース」を介して勘合し、隙間からコンクリートが進入しないようにテープでしっかりと固定する。

- ・「定着シース」と定着体の取合詳細は各定着工法が発行する技術資料に順ずる。

⑤最後に、配置図どおりに配管されているか再点検し、排気口の位置やR部の固定状況を再確認してから周囲の鉄筋を全て配筋し、次のコンクリートの打設工程に進む。

⑥曲げ配置を有する長尺ケーブルでコンクリート強度を得たらすぐに早期緊張したい工事では、ジャッキ近傍の偏向部躯体温度が50℃以上だと緊張時にシース壁がすり切れてしまうので、冷気を送風し、シースを冷やしながらか緊張する手段をとるか、または、躯体が50℃以下になるまで緊張作業を待つ必要がある。



冷気送風緊張時における偏向部の状況

## 残された課題と今後の開発計画

①今後の課題

- ・PC内ケーブルの摩擦係数の現場採取を継続する。

②対応計画

- ・現場データ採取が必要なため、発注者・施工者様の協力を得て緊張データの採取に努める。
- ・摩擦係数の低減による経済効果の試算を複数の橋梁タイプで行い、説明資料を整備する。

## 実績件数 (As of H27.06.30)

国土交通省	その他公共機関	民間等
54 件	129 件	21 件

## 特許・実用新案

種類	特許の有無				特許番号
	有り	* 出願中	出願予定	無し	
特許	有り	* 出願中	出願予定	無し	特願2015-007808
実用新案	有り	出願中	* 出願予定	無し	

## 実験等実施状況

### 【実験・試験資料⑥-2-1】

試験名称:コンクリート標準示方書とNEXCO構造物施工管理要領に準じた試験報告書

試験項目と結果:

- ・局部および等圧外力試験→結果=荷重試験後に水圧試験:0.05MPaで5分後、水漏れなし
- ・曲げ特性試験:結果=残留変位は5mm以下であった
- ・すり減り抵抗試験:結果=試験後の水漏れなし
- ・付着性能試験:結果=4.0N/mm<sup>2</sup>以上であった
- ・接続部の局部荷重試験→水圧試験:結果=試験後の水漏れなし
- ・接続部可とう性試験:結果=水漏れなし
- ・定着具接続部外圧試験→水圧試験:結果=試験後の水漏れなし

### 【実験・試験資料⑥-2-2】

試験名称:NEXCO試験法421-2009ポリエチレン製シースの原料試験結果報告書

(原料メーカーで実施した値を報告したもの)

- ・密度、引張降伏応力、引張破壊呼びひずみ、メルトマスフローレイト:測定値の報告
- ・デュロメータD硬さ試験:試験値の報告
- ・ピカット軟化点試験:試験値の報告

### 【実験・試験資料⑥-2-3】

試験名称:国内実大ケーブルによる注入試験報告書

試験内容:実物大のモックアップケーブルにグラウトを注入して空隙を観測

試験結果:ケーブル全長にわたって残留空気はシースリブの体積以下であった

### 【実験・試験資料⑥-2-4】

海外実大ケーブル試験を反映したシース形状の選定根拠

- ・PLUX-1のリブ・ピッチ選定根拠(スイス、VSLインターナショナル品PT-PLUSに等価)
- ・プラスチックシースシステム(PT-PLUS)の特性:海外論文訳
- ・その他、疲労テスト報告など

### 【実験・試験資料⑥-2-5】

試験名称:PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)平成27年版、試験報告書

試験項目と結果:

- ・平板載荷による等圧外力抵抗性試験
- ・曲げ抵抗性試験(常温23°C、暑中コンクリート35°C):結果=支持間隔750mm以上
- ・すり減り抵抗性試験(常温23°C、高温50°C):結果=残留壁厚1.5mm以上を確保
- ・セグメントカップラーシースの漏れ試験:結果=0.05MPaで5分後、水漏れなし



品質試験

## 添付資料

⑤-1】 PLUX-1 製品カタログ (2015年06月発行、第六版)

⑤-2】 PLUX-1 販売実績表 (2015年06月現在)

⑤-3】 PLUX-1 品質・設計・施工マニュアル・同解説、平成16年(2004年)

⑤-4】 実大ケーブルによるグラウト注入試験報告書(平成20年07月)

⑤-5】 現地でのケーブル緊張による摩擦係数の確認試験報告(平成10年)

⑤-6】 ミニマムメンテナンスPC橋の開発に関する共同研究報告書ライフサイクルコスト算出手法に関する検討(平成13年3月)

⑤-7】 コンクリート標準示方書に基づくシースの品質試験報告書(2013年)

⑤-8】 NEXCO試験法421-2009 内ケーブル用PEシース試験報告書(平成21年09月)

⑤-9】 NEXCO構造物施工管理要領 PEシースの原料試験報告書(平成21年実施)

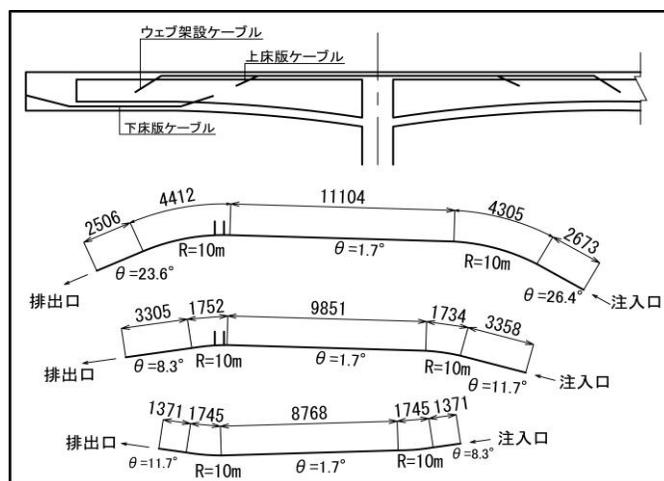
⑤-10】 塩害対策区分Sの具体的対策例(日本道路協会、2004年01月)

⑤-11】 PEシース設計施工指針(2015)試験報告書、PC工学会平成27年(2015年)準拠

## 参考文献

- ③-1-1】コンクリート標準示方書 基準編(2013年制定版)、施工編(2012年制定版)、(公社)土木学会
- ③-1-2】NEXCO試験法241-2009および構造物施工管理要領 (NEXCO総研 平成21年4月)
- ③-1-3】道路橋示方書(Ⅰ 共通編、Ⅲコンクリート橋編)・同解説 (日本道路協会 平成24年)
- ③-1-4】ミニマムメンテナンスPC橋の開発に関する共同研究報告書ライフサイクルコスト算出手法に関する検討(平成13年3月)
- ③-1-5】Fib Technical Report: Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning, January 2000
- ③-1-6】Fip Note: Plastic Ducts for Enhanced Performance of Post-Tensioning Tendons, Dr.Hans Rudolf Ganz, 1998
- ③-1-7】ポリエチレン製シースの品質・設計・施工のマニュアル(案) (プレストレストコンクリート建設業協会 1995年09月)
- ③-1-8】プラスチックシースシステム(PT-PLUS)の特性、VSLジャパン株式会社、平部他(プレストレストコンクリート1993年1月)
- ③-1-9】FHWA/USA: Corrosion of Prestressing Steels and Its Mitigation, Walter Podolny, Jr PHD (Sept. 1992, PCI Journal)
- ③-1-10】PCグラウトの設計施工指針-改訂版-,(公社)PC工学会 平成24年(2012年)制定
- ③-1-11】PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)、(公社)PC工学会 平成27年(2015年)制定
- ③-1-12】Polymer Duct system for internal bonded post-tensioning tendons, fib Recommendation, Dec.2014 (全翻訳版)

その他(写真及びタイトル)



注入試験(シース配置寸法)



注入試験(シース配置状況)



解体検査(残留空気は上部のリブ体積以下だった)

※NETIS情報として2009年に登録して以降、6年を経過し、関連する資料の更新や新しい本技術に関する知見が指針などに取り込まれた。特に『茶色文字』で示す部分が今回のNETIS内容改訂(2015年8月)で更新・追記した内容である。