

プラスチック製スパイラルシースの性能評価試験

極東鋼弦コンクリート振興（株）	正会員	○	中村 雅之
極東鋼弦コンクリート振興（株）	正会員		岡田 稔
極東鋼弦コンクリート振興（株）	正会員		板谷 英克
（株）高速道路総合技術研究所	正会員		長谷 俊彦

1. はじめに

PC 橋の耐久性を確保するためには、コンクリート中に配置される緊張材や鉄筋などの鋼材を腐食から守ることが重要である。コンクリート中の鋼材腐食は、鋼材位置に塩分を含む水分が到達し、かつ酸素の存在により引き起こされる。土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕では「塩害対策等、特に耐久性が要求される場合には、プラスチック製シースを用いることを原則とする」としている。シースとしての性能を証明するための試験方法として、NEXCO 3 社「東・中・西日本高速道路株」では「NEXCO 試験法 421-2009 内ケーブル用ポリエチレン製シース試験（以下 NEXCO 試験法と記す）」として 10 の試験法を規定している。また、土木学会コンクリート示方書〔規準編〕においても、7 の試験方法（JSCE-E704～710）を 2010 年に規定する予定である（以下土木学会規準と記す）。ここでは、性能を確認するために行った NEXCO 試験法について、要求性能とその結果を報告するものである。

2. プラスチックシースの特徴

2.1 材質と製造方法

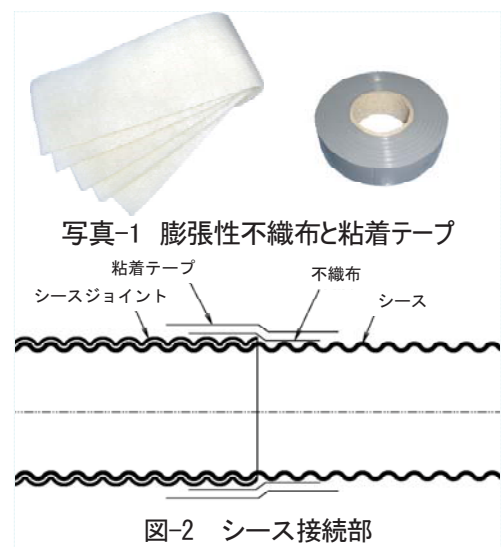
プラスチック製シース（以下 PE シースと記す）に用いられる高密度ポリエチレンは、酸やアルカリに強く種々の化学薬品にも侵されず、衝撃に強く破壊することがない。また、低温においても柔軟性・耐衝撃性を失わない。コンクリート中で塩化物イオン・水・空気等に対する遮断性を有する。今回試験した PE シースは、φ45～55 がスパイラル巻き付け成形方法、φ65～80 が連続ブロー成形方法で製造されている。原材料を配合し熔融したのち一定の速度・温度で押し出すことによりシース厚さを一定とし、さらにピンホールセンサー検査を実施して品質を確保している。

2.2 膨張性不織布を用いたシース接続部

PE シースはその材質により腐食要因を遮断するが、接続部は不連続となるため弱点となりやすい。NEXCO 試験法においても PE シース接続部に対する項目が設定されており、水密性が求められている。一般的に粘着テープを巻き付けることで水密性を確保するが、PE シースは厚肉でかつ表面の凹凸が大きいため粘着テープが巻きにくく、巻きつけの良否により水密性の確保ができないことがあった。本試験では新たに考案した膨張性不織布と粘着テープによる接続方法を用いた。写真-1 に膨張性不織布と粘着テープを示す。図-2 に示すようにシースとシースジョイントの接続部に膨張性不織布を巻き、その上から粘着テープを巻く。粘着テープの隙間から水分が浸み込むと膨張性不織布が膨らみ、コンクリートのノロや余剰水のシース内への浸入を防ぐ。膨張性不織布を接続部に巻くことで粘着テープの巻きつけの良否にかかわらず高い水密性を確保できる。

3. 性能評価試験

NEXCO 試験法 421 の試験項目と規格値を表-1 に示す。表には該当する土木学会規準も示した。以下に要求性能と性能試験方法の概要を述べ、試験上の留意点を述べる。各試験に使用するシース径は、φ45、φ55、



φ65, φ70, φ75, φ80 の6種類とし、試験体数は各3個とした。

3.1 局部載荷試験および接続部局部載荷試験

局部載荷試験および接続部局部載荷試験は、PE シースが作業中に踏みつけられたり、振動機その他の工具などに打ち当てられたりした場合に抵抗できる強度を有することを確認する試験である。図-2 に局部載荷試験の概要を示す。載荷する荷重はこれらを模擬するもので、シース内径の0.8倍の丸鋼を挿入し、φ9mmの丸鋼を介して1kNの荷重を30秒間載荷する。本試験では丸鋼にフラットバーを溶接した治具を使用した。試験終了後に後述する水圧試験を実施する。載荷によって割れや穴が発生しないこと、発生しても漏水がないことを確認する。

3.2 等圧外力試験

等圧外力試験は打設するコンクリートの圧力に対してPEシースが形状を確保できることを確認する試験である。載荷する荷重はコンクリートによる等圧分布的な外力を模擬したものであるが、側面方向からの分布外力を無視しており、実際よりも厳しい状態となっている。図-3 に等圧外力試験の概要を示す。荷重はシース内径Dの2倍の長さの載荷版を介して載荷する。載荷版とシース供試体の間に挟みこむスポンジは荷重が等圧に分布するように形状追従性を持つものを使用した。局部載荷試験と同様に試験終了後水圧試験を実施する。

3.3 水圧試験および接続部水圧試験、定着具水圧試験

水圧試験は局部的な外力や等圧外力を受けたPEシースの遮水性について確認する試験である。遮水性の有無は外水圧または内水圧で0.05MP以上の水圧を5分間継続して作用させて確認する。図-4 に内水圧試験の概要を示す。外水圧を与える方法は、試験に要する時間が長いこと、接続部ではシースの性能よりもテーピング技術によること、圧力計(ブルドン管)端部の固定などの問題があった。参考文献1)では、内水圧と外水圧の試験方法の違いによる漏水結果は差がないとしており、本試験では内水圧試験を選択した。水圧はfibの方法に準じ、0.05MPa以上の水圧を作用させる。これはコンクリート打設側圧として高さ2.5m程度を想定しており、漏水を促進する程度の圧力である。注入する水の温度はシースの水漏れに影響を与えない範囲の常温とした。

3.4 曲げ特性試験

PEシース材料には、一定荷重の継続載荷でクリープ変形による残留変位が発生する特性がある。曲げ特性試験は、この特性に加えて、PEシース特有の波型の加工形状や肉厚が商品毎に異なることを考慮し、シース

表-1 試験法と規格値

試験項目	要求性能および規格値	土木学会規準
局部載荷試験	外観上、破損が見られないこと	JSCE-E704 局部外力抵抗性試験
等圧外力試験	外観上、破損が見られないこと	JSCE-E705 等圧外力抵抗性試験
水圧試験	局部載荷試験または等圧外力試験を実施した後の試験体による試験で漏水がないこと	JSCE-E707 漏れ試験
曲げ特性試験	試験終了時の支持間隔中央の残留たわみ量が5mm以下であること	JSCE-E708 曲げ特性試験
すり減り抵抗試験	割れ、裂けおよび削り取りによる開口などの破損がなく、漏水がないこと	JSCE-E709 すり減り抵抗性試験
付着性能試験	最大荷重の計測値から算定したPEシースの付着強度が4.0N/mm ² 以上であること。	JSCE-E710 付着性能試験
接続部局部載荷試験	外観上、破損が見られないこと	—
接続部水圧試験	接続部局部載荷試験を実施した後の試験体による試験で漏水がないこと	—
接続部可とう性試験	曲げの中心部に接続部を設けた供試体で、接続部のはずれ、漏水がないこと	JSCE-E706 可とう性試験
定着具水圧試験	試験体による試験で漏水が無いこと	—

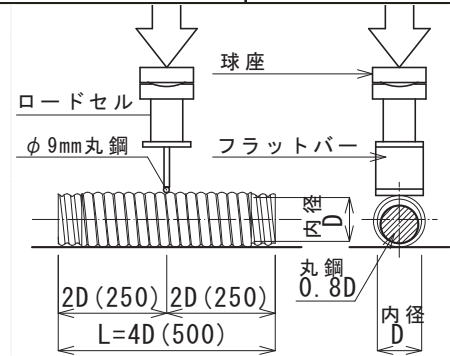


図-2 局部載荷試験の概要

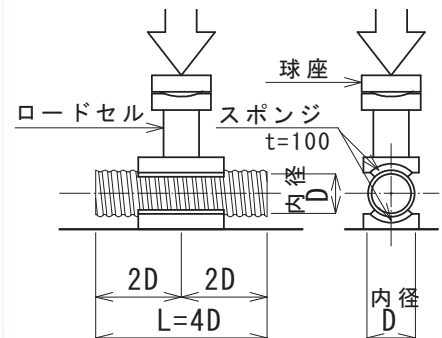


図-3 等圧外力試験の概要

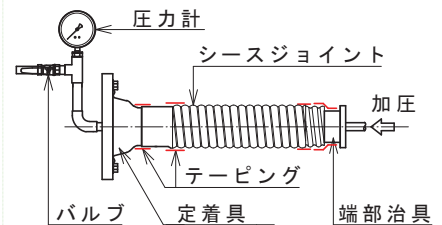


図-4 内水圧試験の概要

の性能の曲げ特性を定量的に評価するための試験である。試験は実施工において形状保持のため 1.0m間隔の棚筋で支持される状態を模擬して行う。図-5 に曲げ特性試験の概要を示す。載荷荷重は作業中に踏みつけられることを想定した集中荷重である。シースはφ9mmの丸鋼を支持点とし結束線により固定し、載荷点の幅はシース内径の 1/2 以下とする。載荷初期にたわみ量が20mmとなる荷重Pを載荷荷重とし、一旦除荷した後2分間載荷した後除荷し、シースの上下を反転させて再度2分間載荷する。除荷後、変形が治まった後に残留たわみを測定する。残留たわみ5mm以下を規格値とする。

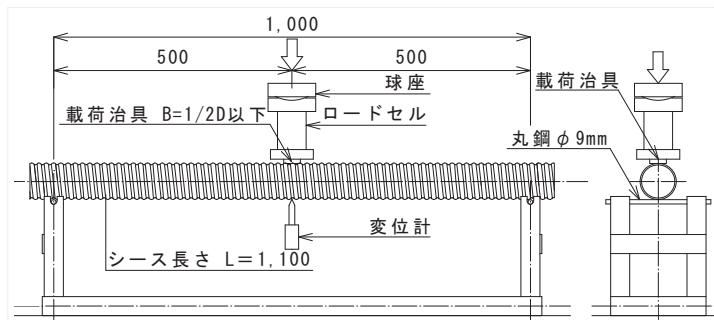


図-5 曲げ特性試験の概要

3.5 すり減り抵抗試験

PE シースには、コンクリート打設前の PC 鋼材の挿入や、プレストレス導入時の PC 鋼材曲げ配置部の腹圧力により、すり減りが発生する。すり減り抵抗性試験は、このすり減りに対する抵抗性を確認する試験である。腹圧力荷重は PC 鋼材 1 本あたりの最大緊張力と鋼材配置最小曲げ半径から算出する。PE シース直下にはシースの形状を写し取ったコンクリート台座を設け、シースの波型が潰れることがないように配慮している。試験体の長さは $l=100\text{m}$ 、幅はシースの 1/2 周のシース片とし、載荷版の長さは試験体と同一とした。PC 鋼材には SWPR7 1T12.7 を使用した。図-6 にすり減り抵抗性試験の概要を示す。2 分間に 800mm の移動速度で PC 鋼材を引き抜く。試験終了後、目視により試験片の損傷状況を確認し、PC 鋼材との接触面に水を満たして漏水の有無を確認する。

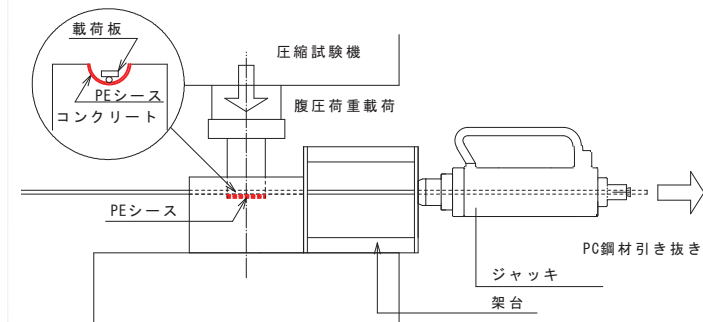


図-6 すり減り抵抗性試験の概要

3.6 付着性能試験

付着性能試験は、PE シースとコンクリートの付着性能を確認する試験である。これまで実施されていた押しぬきせん断試験では試験体の補強方法等に規定がなく、補強方法によりコンクリートが割裂破壊し付着性能が小さく評価されることがあった。角型鋼管を用いてコンクリートの外側を補強するとコンクリートが破壊せずに付着性能を評価することができる。付着性能試験体として、一辺 150mm の正方形で厚さが 4.5mm の角型鋼管を使用した。規定では高さがシース内径の 3 倍以下であるが、本試験ではすべて高さ 100mm とした。図-7 に付着性能試験の概要を示す。載荷面はグラウトの仕上げ面であるため、加力治具の設置面には硬質石膏によるキャッピングをおこなって密着させた。鉄筋の付着力程度の $4.0\text{N}/\text{mm}^2$ を規格値とした。

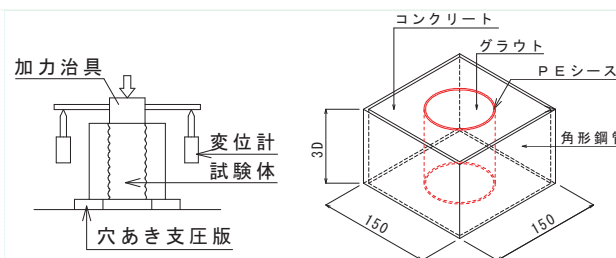


図-7 付着試験の概要



写真-2 接続部可とう性試験の概要

3.7 接続部可とう性試験

接続部可とう性試験は、シースの運搬や配置の際に作用する曲げに対して、漏水が生じるような損傷が発生しないことを確認する試験である。接続部を設けたシース試験体をシース内径の 30 倍の曲率半径として配置し、水を満たして接続部の漏水を確認する。写真-2 に接続部可とう性試験の概要を示す。

4. 試験結果

試験結果の一覧表を表-2に示す。以下に各性能試験の結果について述べる。

4.1 局部載荷試験および接続部局部載荷試験, 等圧外力試験

3 試験とも載荷中に著しい変形や割れなどが生ずることなく, 規定荷重まで載荷することができた。載荷終了後の全ての試験体に外観上の破損は生じていなかった。

4.2 水圧試験および接続部水圧試験, 定着具水圧試験

0.05MPa の内圧を 5 分間保持した。局部載荷試験, 接続部局部載荷試験, 等圧外力試験の載荷点および接続部において, 試験体外部への漏水は発生しなかった。

4.3 曲げ特性試験

残留たわみ量は全ての試験体が要求性能である 5mm 以下を満足した。載荷開始から残留変位が一定値に落ち着くまでの変位量を図-8に示す。

4.4 すり減り抵抗試験

試験後の試験体には割れや裂けはなく, 開口するなどの破損は発生しなかった。写真-3に試験後の試験体を示す。試験終了後の試験体に水を満たして漏水が無いことを確認している。

4.5 付着性能試験

各シースの平均付着強度を図-9示す。シース内径が大きくなると付着強度が小さくなる傾向があった。これは, シースの内径にかかわらず試験体高さを 100mm としたため, シース波形の数が少なくなるためであると考えられる。試験時の圧縮強度はコンクリート 65.0 N/mm², グラウトは 34.8 N/mm²であった。

4.6 接続部可とう性試験

すべての試験体において漏水は発生せず, 接続部の外れ, 緩みは生じなかった。

5. おわりに

プラスチック製スパイラルシースの内径φ45～φ80の6種類を用いて NEXCO 試験方法および土木学会基準に準拠して試験を行った結果, 全ての試験項目において定められた要求性能を満足した。また, 接続部の漏水に関する試験では, 膨張性不織布を併用した粘着テープによる接続方法が高い水密性を確保していることが示された。

表-2 試験結果一覧表

試験項目		試験結果	判定
外力抵抗性	局部載荷試験	破損なし	○
	接続部局部載荷試験	破損なし	○
	等圧外力試験	破損なし	○
漏水性	水圧試験	漏水なし	○
	接続部水圧試験	漏水なし	○
	定着具水圧試験	漏水なし	○
曲げ特性試験	残留たわみ 0.55～4.56mm ≤ 5mm	○	
すり減り抵抗試験	開口なし, 漏水なし	○	
付着性能試験	付着強度 9.8～12.2N/mm ² ≥ 4.0N/mm ²	○	
接続部可とう性試験	漏水なし, 接続部の外れなし	○	

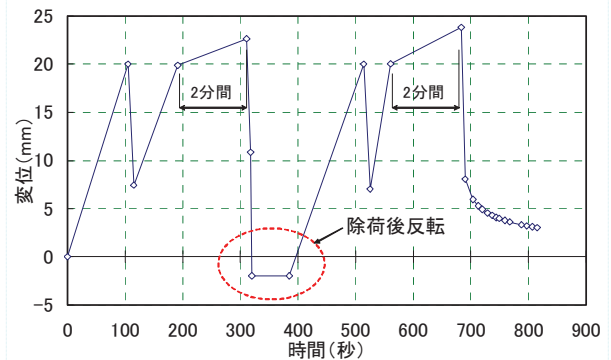


図-8 曲げ特性試験結果(φ80)

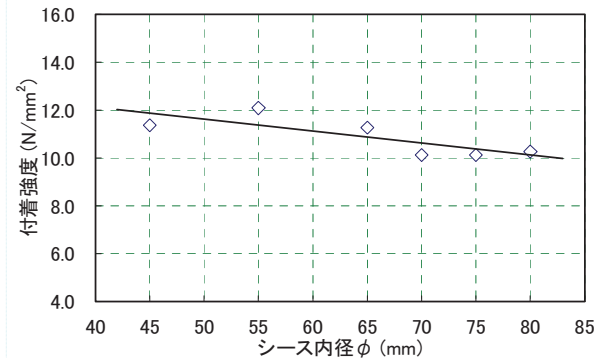


図-9 付着強度とシース内径の関係



写真-3 すり減り抵抗試験後の試験体