

ポリアミドシースを用いたグラウトの注入試験

極東鋼弦コンクリート振興 (株) 技術研究所 正会員 ○内山 周太郎
 VSL JAPAN (株) 技術部 正会員 向野 元治
 極東鋼弦コンクリート振興 (株) 正会員 笹子 和弘
 極東鋼弦コンクリート振興 (株) 技術研究所 正会員 山口 隆裕

1. はじめに

外ケーブル用シースに、透明シースを用いる利点として次の二つのことが考えられる。一つは挿入されたPC鋼材の発錆状況を確認できることであり、もう一つはグラウト注入時及び硬化後の充填状況を把握できることである。ここで、PC鋼材の発錆状況の確認はシースへの挿入前に行うこととし、透明シースの必要性能をグラウトの充填性の確認だけに限れば、完全な透明である必要はなくなる。その結果、シース素材の選択幅も広がり、経済的でありながら力学特性や施工性に優れ、かつ、耐久性のあるシースを選ぶことが可能となる。

以上の観点から、著者らは、新しい外ケーブル用シースの素材としてポリアミド(PA)を取り上げ、その妥当性を検証したのでここに報告する。ポリアミドを素材として作製されたシース (以降、PAシースと記す)の色は乳白色であり、廃棄時に環境に与える影響も小さく低負荷型の材料である。

2. 使用材料

ポリアミドはその化学構造の違いにより各種存在する。力学特性、耐アルカリ性、耐久性及び経済性から総合的に判断してグラウト用シースに適用可能な素材としてPA6やPA610、等が考えられるが、今回はPA610を採用した。PA610を素材として作製したシースに水を注入した状況を写真-1に示す。シースの色は乳白色であるが、太陽光の下で目視によりその水の充填状況を確認できることが示された。表-1にPAシースとシース同士の接合に用いるジョイントシースの形状を示す。シースの内径は外ケーブル19S15.2を対象としているため100mmとなっている。

ジョイントシースの材質はABS樹脂で接着剤を用いてシースと接合する。写真-2にジョイントシースを示すが、色は自由に選べる。但し、接着剤の紫外線下での耐久性を考慮した場合は黒色が推奨される。

3. 性能確認試験

性能確認試験は、表-2に示すように1)環境試験、2)耐力・耐圧試験、3)グラウトの注入試験

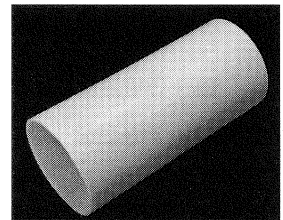
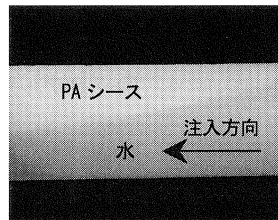


写真-1 PAシース (水を注入した状況)

写真-2 ジョイントシース

表-1 PAシース及びジョイントシース

名称	形状		長さ	色	材質
	内径 (mm)	外径 (mm)			
PAシース	100	106	定尺5m	乳白色	PA610
ジョイントシース	104~107	114	250mm	淡黄色	ABS樹脂 [※]

※：アクリルニトリルとブタジエンとスチレンの3元共重合

表-2 性能確認試験の概要

試験		確認項目
素材での環境試験	環境温度特性試験	引張強度
	耐アルカリ性試験	
	耐候性試験	
耐力・耐圧試験	局部荷重試験	耐外力抵抗性
	等圧荷重試験	
	単体耐圧試験	耐圧性 (内圧)
	接続具耐圧試験	
グラウトの注入試験		点検性・充填性

の3段階に分けて行った。なお、試験方法及び判定基準は「PC橋の耐久性向上に関する設計・施工マニュアル」¹⁾、「コンクリート標準示方書」²⁾、「JIS」^{3),4)}に準じて実施した。

3.1 素材での環境試験

図-1 に環境温度が-20℃~40℃に変化した時の引張強度³⁾の試験結果を示す。温度上昇とともに引張強度は低下する傾向が見られるが、規定値となる32MPaの引張強度を満足している。ここで図中に示す引張強度32MPaは外径φ106mm、厚さt=3mmのPAシース内部に1.0MPaの内圧を与えた場合に生じる計算上の最大主応力であり、9.8MPaとは参考文献¹⁾に記載されている引張強度の規格値である。グラウト用シースは強アルカリ環境下におかれることになるが、図-2 に示すように引張強度の低下は少なく、規定の性能を満足している。外ケーブル用シースは桁内で使用されるので太陽光にさらされる時間は短いものと考えられるが、図-3 に示されるように晴天と雨天の繰返しを模擬した耐候性試験⁴⁾結果においても十分な力学的性能を保持することが確認された。

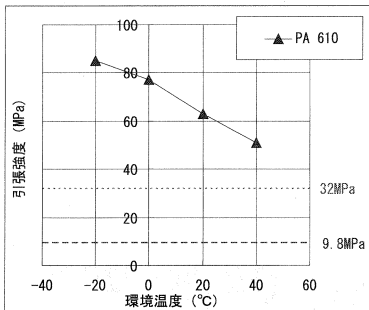


図-1 環境温度特性試験

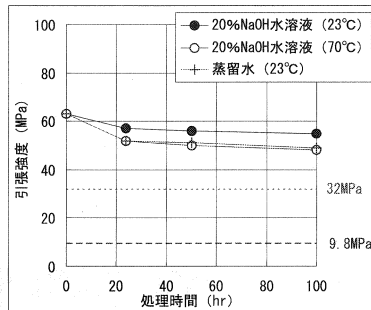


図-2 耐アルカリ性試験

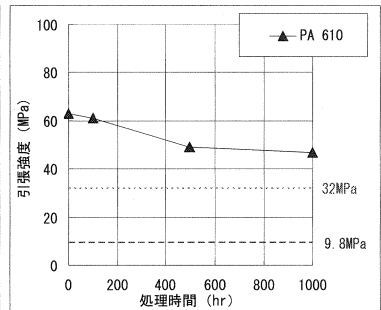


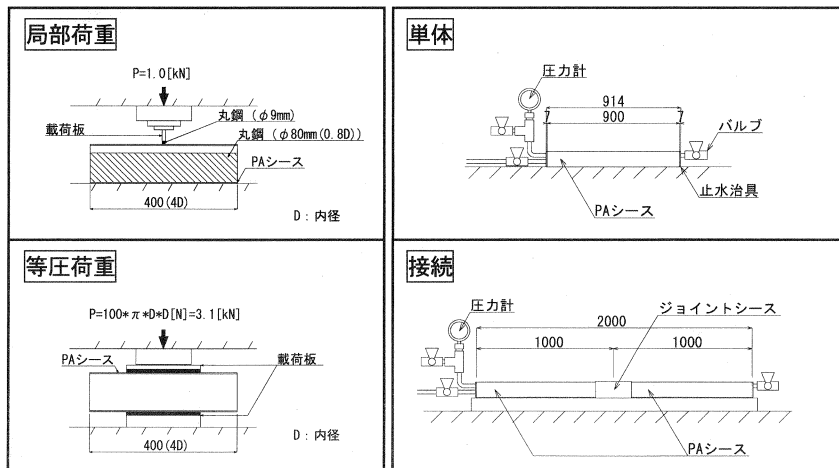
図-3 耐候性試験

3.2 耐力・耐圧試験

提案したPAシースが、グラウト用シースに要求される耐外力抵抗性、耐圧性(内圧)を保持しているかどうかを確認するために、載荷試験を実施した。図-4に載荷試験の概要を示す。試験時の気温は22℃であった。

外力抵抗試験の載荷はアムスラー型の試験機を用いて行った。局部荷重試験ではシース内径の0.8倍の直径を有する丸鋼(φ80mm)を試験体に挿入している。最大載荷荷重はP=1.0[kN]で、5分間、持続載荷した。

等圧荷重試験では試験体を長さ200mm、内面にt=10mmのスポンジをつけた載荷板ではさみ、最大載荷荷重



(a) 外力抵抗試験

(b) 水による内圧試験

図-4 載荷試験の概要

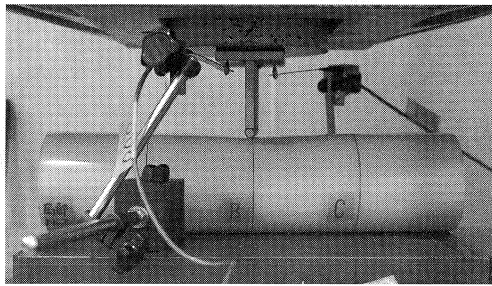


写真-3 局部荷重試験
(P=1.0kN 持続荷重時)

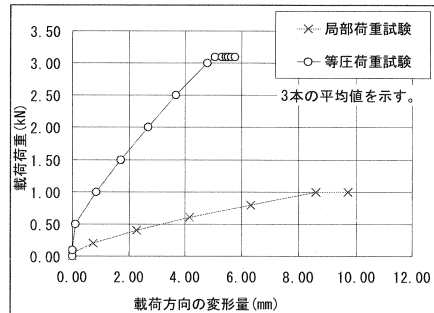


図-5 PA シースの荷重方向の外径の変形量

3.1[kN]の等圧荷重を10分間、持続荷重した。

写真-3 に局部荷重試験状況を、図-5 に試験より得られた荷重と変形量の関係を示す。荷重方向の変形量は、一様な割合で増加しており、局部荷重試験で最大9.7mm (9%)、等圧荷重試験で最大5.8mm (5.5%)であった。荷重による変形量も小さく、割れは無く、荷重の低下も認められなかった。変形量は除荷とともに小さくなり、荷重終了直後において局部荷重で0.5%、等圧荷重で3.0%まで復元していた。

耐圧試験の一例を写真-4 に示す。荷重方法としては、試験体にあらかじめ水を充填させた状態で、試験体の内部圧を0.2MPa ずつ上昇させ、試験体内部の圧力が1.0MPa まで到達した後5分間圧力を保持し、その後漏水確認まで加圧した。

耐圧試験結果を表-3 に示す。試験体の内部に規格値1.0MPa¹⁾の内圧を5分間保持させたが、PA シース又はジョイントシースからの漏水は確認されなかった。加圧による外径及び長さ方向の変形量の値も極めて小さいことが確認された。単体での試験では最終的に規格値の2倍である内圧2.0MPa を約25分間保持し

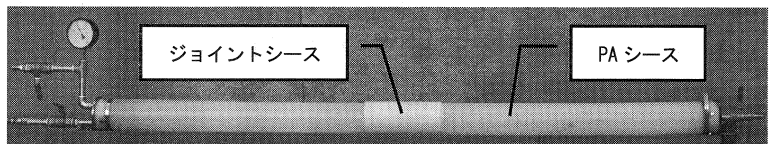


写真-4 耐圧試験の状況 (1.0MPa 加圧時)

表-3 耐圧試験結果

試験	1.0MPa加圧時				漏水確認時の圧力 (MPa)
	圧力を持続した時間	最大変形量		漏水の有無	
		外径 (%)	長さ (%)		
単体	5分間	0.62	0.1	漏水なし	2.0まで漏水なし
接続	5分間	—	—	漏水なし	1.4

したが、PA シースが割れたりすることなく漏水は生じなかった。ジョイントシースで接続された試験体は加圧1.4MPa で接続部より微量な漏水が生じた。接続部においても規格値の1.4倍の安全率を有していることが確認された。

以上の結果より、PA シースは規定の外力・内圧作用下においてもその形状を確保し、漏水が生じることはなく優れた耐外圧・耐内圧抵抗力を有していることが検証された。

3.3 グラウトの注入試験

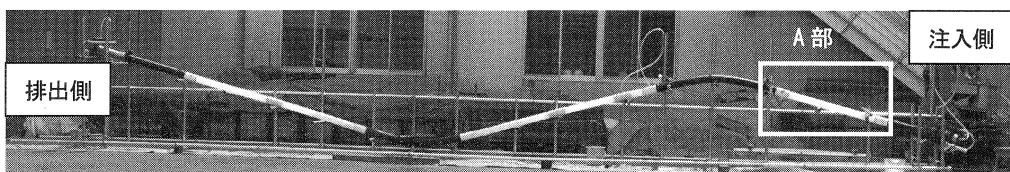


写真-5 注入試験体の全景

写真-5に示すようなシース配置により、実際にグラウトを注入し、PA シースによるグラウトの点検性及び充填性を確認した。

試験体の全長は水平距離で約 12m、最大傾斜角度は 16.3°、ケーブル偏向部の曲げ半径は R=2500mm 程度とした。PA シースは試験体の直線部に使用し、定着部及び偏向部には一般に使用されている黒色のスパイラル補強 PE 管を使用した。両端には 19S15.2 用定着具を取付けたが、鋼材は挿入していない。注入したグラウトの水セメント比は W/C=40%、JP ロート流下時間の平均は 18.7 秒であった。グラウトの平均吐出量を 10ℓ/分とし、注入した。

写真-6に上り勾配部(A部)におけるPAシース内部のグラウト充填状況を示す。試験体の内部にはPC鋼材を挿入していない為、実際の充填状況とは異なるが、PAシース内部へグラウトが充填される状況を目視で確認できた。これにより、乳白色のPAシースにおいてもグラウトの充填性確認が可能であることが検証された。又、注入終了後、シース内部の圧力を0.5MPaに5分間保持したが、グラウト漏れは生じなかった。

実施工で充填状況を確認する場所は光量の少ない桁内であるが、電灯等を使用してある程度の明るさを確保すれば、グラウトの目視確認は十分可能であった。又、同様に硬化後の未充填箇所も目視確認できた。

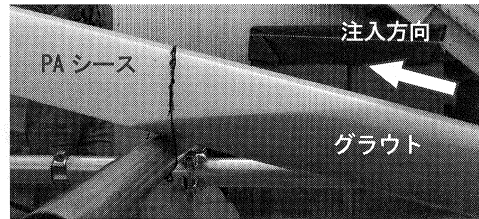


写真-6 PA シース内部のグラウト充填状況

4. まとめ

外ケーブル用シースの素材として新しく取り上げたポリアミドを用いた試験を行い、次の結果を得た。

- ・ 環境温度特性試験、耐アルカリ性試験及び耐候性試験の結果、ポリアミドはグラウト用シースの素材として高品質の性能を有していることが確認できた。
- ・ PAシースは規定の外力・内圧作用下においてもその形状を確保し、漏水が生じることはなく優れた耐外圧・耐内圧抵抗力を有していることが示された。
- ・ 乳白色のPAシース内部へのグラウトの充填性を目視で確認できることが示された。この結果、透明シースに求められていたグラウトの点検性及び充填性をPAシースでも同様にその要求性能を満足することが検証された。

参考文献

- 1) 「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/日本道路公団監修 (財) 高速道路技術センター」
- 2) 「土木学会 2002年制定コンクリート標準示方書[施工編]」, 13章プレストレストコンクリート 13.8.2.2 シース p.226, 227
- 3) JIS K 7161 「プラスチック引張特性の試験方法」
- 4) JIS B 7753 「サンシャインカーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機」、他