

(97) ポリエチレン製シース実用化に向けての研究

日本道路公団 東京第二建設局 構造技術課 細木 康夫
 日本道路公団 東京第二建設局 構造技術課 渡辺 陽太
 (株) 富士ピー・エス 東京支店 鬼木 立行
 (株) 富士ピー・エス 東京支店 正会員 ○黒木 隆二

1. はじめに

「北関東自動車道高崎ジャンクションBランプ橋(PC上部工)工事」において、PC鋼材の防錆措置の向上を目的とした新素材の1つとして、ポリエチレン製シースを使用し、今後の設計・施工データを得るための諸試験も合わせて実施しているところである。

過去実施された実験によるとポリエチレン製シースは、鋼製シースと比較して鋼材張力の摩擦による損失が小さいことが報告されており、ポリエチレン製シース特有の摩擦係数を新たに設定することによって、より合理的な設計が可能となる。また、ポリエチレン製シースは、変形に対する復元性能が高く、単位長さ当たりの摩擦係数入は鋼製シースと比較して、十分小さいものであることが予測され、これを確認することがポリエチレン製シースの特徴を証明するものであると考えられる。

本稿では、ポリエチレン製シースの摩擦係数に係わる試験を供試体を用いて行い、また実施工において試験緊張を行い、これらより得られた結果について報告する。

2. ポリエチレン製シースの概要

今回、試験および施工で用いたポリエチレン製シースは、平成7年にプレストレスト・コンクリート建設業協会、(施工部会・非鉄シース研究小委員会)にて実施された、ポリエチレン製シース実用化試験の際に試作開発されたものである。ポリエチレン製シースおよび鋼製シースの形状を図-1に示す。

ポリエチレン製シースは鋼製シースに比べ復元性能が高く、図-2のように局部的な外力を与えたとき変形するが、外力を取り除くと変形前とほとんど同形状まで復元する。この特性は、施工時に大きな変形を起こす恐れがほとんど無くなり、緊張作業、グラウト作業に大きく貢献するものと思われる。

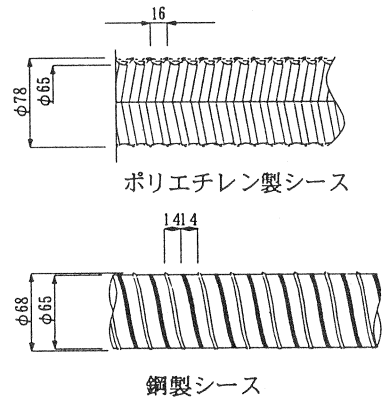


図-1 各種シースの形状

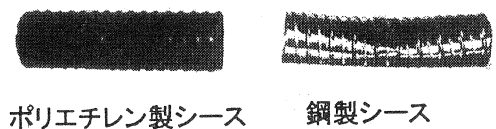
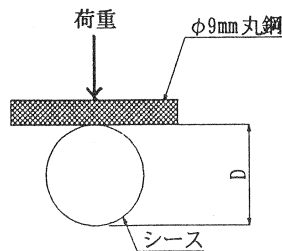


図-2 局部的な外力に対する抵抗力試験

3. 供試体を用いた摩擦係数測定試験

3-1. 供試体の諸元

摩擦係数は、実橋の試験緊張のデータを分析して推定できるが、角度変化1rad当たりの摩擦係数 μ と単位長さ当たりの摩擦係数 λ を区分するためには、事前にポリエチレン製シース特有の角度変化1rad当たりの摩擦係数 μ を確認しておく必要がある。実験に用いた供試体を、図-3に示す。供試体に配置されたケーブルは、角度変化40°、50°、60°の3種類でポリエチレン製シース、鋼製シースを同形状で配置した。P.C鋼材は12S12.4mm、シースは内径 ϕ 65mmのものを用いた。

供試体の特徴として、角度変化40°~60°にたいして、ケーブル長が8m程度であるので、長さによる摩擦損失は角度変化による摩擦損失に比べ非常に小さく、結果的に無視できるものとなった。

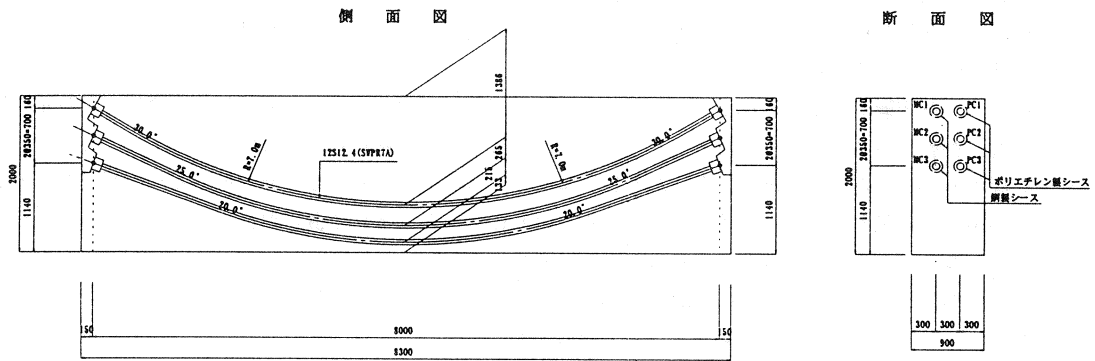


図-3 供試体の形状および寸法

3-2. 試験結果

摩擦係数測定試験では、片引き緊張により得られた固定側と緊張側の張力差により、摩擦係数を想定している。摩擦係数 μ は、以下の①式により算出しており、長さ1m当りの摩擦係数は $\lambda=0$ としている。

$$\mu = \frac{1}{\alpha} \log_e \left\{ \frac{P}{P'} \cdot \frac{1}{(1+\gamma)^2} \right\} \dots \dots \dots \text{①式}$$

表-1 試験結果 (μ)

ケーブルNO.	緊張方向	鋼製シース μ (A)	ポリエチレン製シース μ (B)	比率 (B)/(A)
C 1	北	0.23	0.14	0.60
	南	0.26	0.13	0.51
	北	0.27	0.12	0.45
	南	0.28	0.15	0.53
C 2	北	0.22	0.16	0.72
	南	0.23	0.15	0.64
	北	0.24	0.15	0.62
	南	0.22	0.15	0.61
C 3	北	0.22	0.15	0.66
	南	0.24	0.17	0.70
	北	0.25	0.12	0.50
	南	0.27	0.13	0.50
平均		0.25	0.14	0.58

摩擦係数 μ を比較すると、ポリエチレン製シースは鋼製シースより小さい値となっており、平均値の比率は、0.58:1.0となっている。

ポリエチレン製シースでの摩擦係数は $\mu=0.17\sim0.12$ の範囲にあり、今回の試験では、 μ は、0.17以下にあることが確認された。

供試体を用いた試験で得られたポリエチレン製シースの μ の平均値が0.14であったので、実施工における試験緊張の解析は、角度変化1rad当たりの摩擦係数を $\mu=0.14$ と固定して、長さ1m当りの摩擦係数をパラメータとして解析を行い、 λ の値を想定してポリエチレン製シースを用いた場合の λ/μ を確認することとした。

4. 実橋における試験緊張

「高崎ジャンクションBランプ橋(PC上部工)工事」でポリエチレン製シーすを用いた橋梁は、中空床版橋1橋、箱桁橋3橋の全4橋あり、本稿では、Dランプ橋の中空床版橋、箱桁橋の2橋について報告する。

4-1. 橋梁諸元

Dランプ橋は、P5~P10がPRC5径間連続ラーメン中空床版橋(以降DランプP5~P10)、P10~A2がPRC2径間連続ラーメン箱桁橋(以降DランプP10~A2)である。DランプP5~A2の全体一般図を図-4に示す。

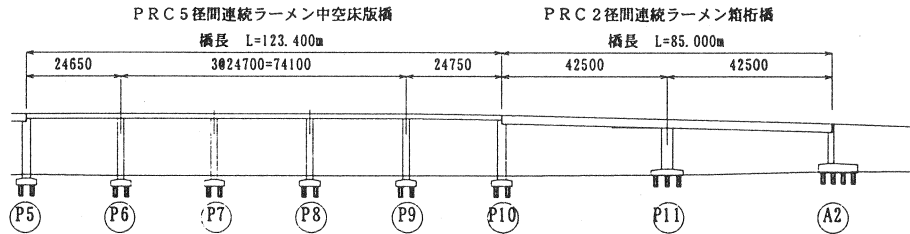


図-4 全体一般図

<DランプP5~P10>

鋼材配置図を図-5、図-6に示す。本橋は、P5~P8を施工後、P8~P10を施工する2段階の段階施工となっているため、試験緊張は、第1施工のP5~P8で行った。

橋梁諸元

構造形式 PRC5径間連続ラーメン中空床版橋

橋長 123.500m

支間 24.100+3024.700+24.100

活荷重 B活荷重

有効幅員 6.500m

PC鋼材 12S12.4mm(SWPR7A)

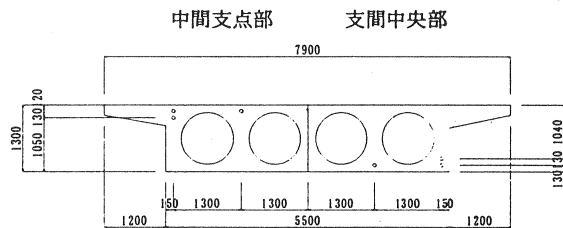


図-5 主桁断面図

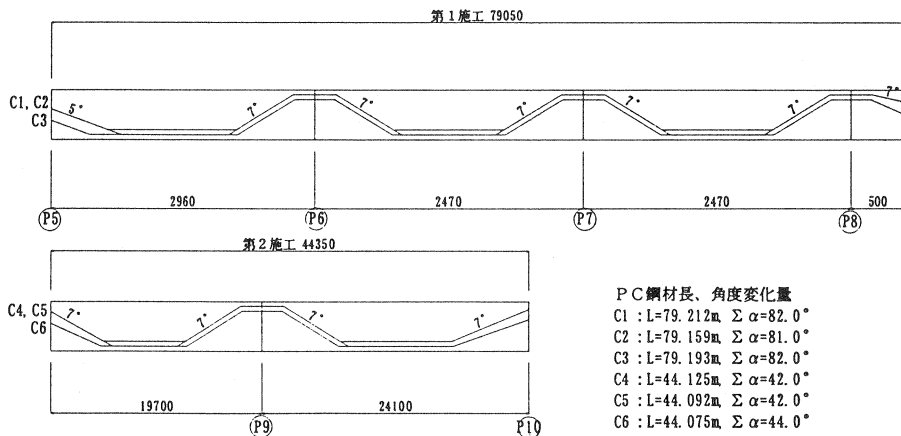


図-6 鋼材配置図

<DランプP10~A2>

鋼材配置図を、図-7、図-8に示す。

橋梁諸元

構造形式 PRC2径間連続ラーメン箱桁橋

橋長 85.000m

支間 2@41.950m

活荷重 B活荷重

有効幅員 6.500m

PC鋼材 12S12.7mm(SWPR7B)

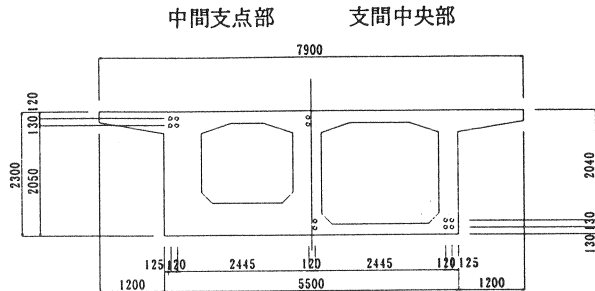
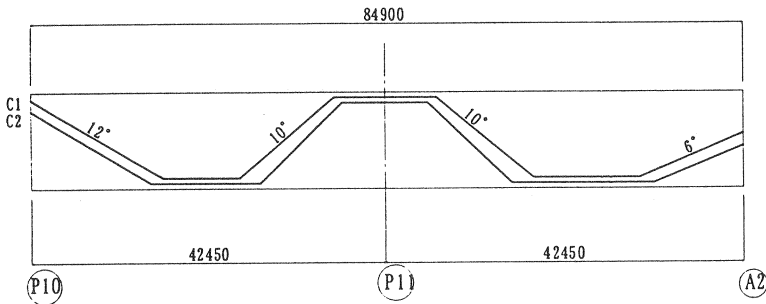


図-7 主桁断面図



PC鋼材長、角度変化量
 C1:L=84,410, $\Sigma \alpha=58.0^\circ$
 C2:L=84,454, $\Sigma \alpha=68.0^\circ$

図-8 鋼材配置図

4-2. 試験緊張結果

DランプP5~P10の摩擦係数比 $\lambda/\mu=0.01333$ として解析した結果を表-2に、 $\mu=0.14$ と固定して解析した結果を表-3に示す。DランプP10~A2の試験緊張結果を表-4、表-5に示す。

表-2について、 $\lambda/\mu=0.01333$ として解析した結果、 μ は0.09~0.12の範囲にあり、平均で $\mu=0.11$ となった。供試体を用いた試験では、 $\mu=0.12\sim 0.17$ の範囲にあり、これと比較した場合、表-2の結果が明らかに μ 値は小さい。この要因として、 $\lambda/\mu=0.01333$ の比率、即ち $\mu=0.3$ に対して $\lambda=0.004$ の仮定が大きいことが挙げられる。

測定順序	ケーブルNO	摩擦係数 μ	測定順序	ケーブルNO	摩擦係数 λ
1	C1	0.12	1	C1	0.0011
2		0.09	2		0.0004
3	C2	0.11	3	C2	0.0011
4		0.09	4		0.0004
5	C3	0.12	5	C3	0.0013
6		0.11	6		0.0008
7	C1	0.12	7	C1	0.0013
8		0.11	8		0.0010
平均		0.11	平均		0.0009

表-3について、角度変化1rad当りの摩擦係数を、 $\mu=0.14$ と固定して解析した結果、長さ1m当りの摩擦係数は、平均で $\lambda=0.0009$ となった。このときの摩擦係数比は、 $\lambda/\mu=0.00714$ である。

表-3について、角度変化1rad当りの摩擦係数を、 $\mu=0.14$ と固定して解析した結果、長さ1m当りの摩擦係数は、平均で $\lambda=0.0009$ となった。このときの摩擦係数比は、 $\lambda/\mu=0.00714$ である。

表-4 試験結果($\lambda/\mu=0.0133$) 表-5 試験結果($\mu=0.14$) 表-4について、 $\lambda/\mu=0.0133$ として

測定順序	ケーブルMNO	摩擦係数 μ	測定順序	ケーブルMNO	摩擦係数 λ
1	C 1	0.12	1	C 1	0.0014
2		0.14	2		0.0008
3	C 2	0.11	3	C 2	0.0010
4		0.14	4		0.0018
5	C 1	0.09	5	C 1	0.0006
6		0.11	6		0.0012
7	C 2	0.11	7	C 2	0.0010
8		0.17	8		0.0026
平均		0.12	平均		0.0014

解析した結果、 μ 値は、平均で0.12となった。

表-5について、 $\mu=0.14$ と固定して解析した結果、長さ1m当りの摩擦係数は平均で、 $\lambda=0.0014$ となった。

DランプP5~P10と、DランプP10~A2の結果を比較すると、DランプP10~A2の方が、若干摩擦係数は大きかった。

5. ポリエチレン製シースの施工性

ポリエチレン製シースは、鋼製シースに比べ復元性能が高く、シース加工時に切断面でつぶれたり、手を負傷する危険性はほとんど無く、加工しやすい。一方、鋼製シースと比較して、内径は同じでも外径が10mm大きく、配置スペースや配置間隔に十分注意する必要がある。

ポリエチレン製シースの各部品の形状を図-9に示す。

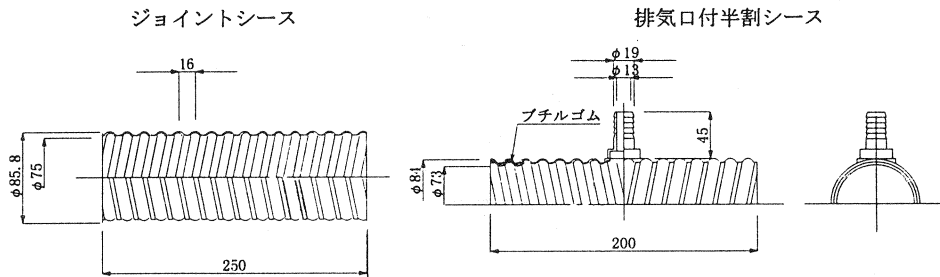


図-9 ポリエチレン製シース各部品の形状

ジョイントシースも、鋼製シースに比べ断面が大きいため、棚筋位置にジョイントシースがきた場合に、棚筋の付け直しの必要があり、ジョイント位置には注意が必要である。

今回の施工では、排気口の部分には、半割りのシースを用いており、シースに高熱を与えて穴を開け、排気口付半割りシースを取り付け、テーピングを行った。(写真-1、写真-2)

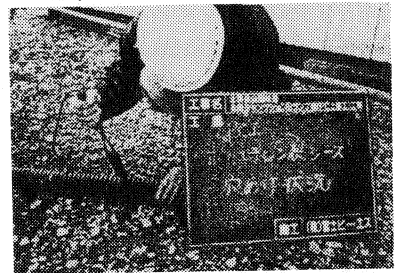


写真-1 穴あけ状況

6. 摩擦係数変更に伴う試設計

今回の試験で得られた結果から、角度変化1rad当りの摩擦係数を $\mu=0.14$ 、長さ1m当りの摩擦係数を $\lambda=0.001$ と設定して、DランプP10~A2について、試計算し、従来の値 $\mu=0.3$ 、 $\lambda=0.004$ で計算したものと比較した。

鋼材本数、端部導入張力は、同一として計算した結果を表-6に示す。また、導入時の鋼材応力度を図-10に示す。

有効引張応力度から、中間支点部でおおよそ20kgf/mm²の応力増加が見込める結果となった。

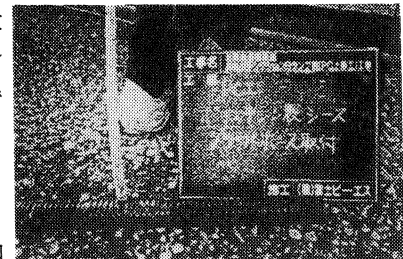


写真-2 排気口付シース取付

表-6 計算値の比較

設計断面		$\mu=0.3, \lambda=0.004$		$\mu=0.14, \lambda=0.001$		
		支間中央	中間支点部	支間中央	中間支点部	
鋼材本数	本	1 2	1 2	1 2	1 2	
配置主鉄筋	cm ²	D16×49 =97.314	D25×69 =349.623	D16×49 =97.314	D25×69 =349.623	
有効引張応力度	kgf/mm ²	104.627	88.328	110.401	108.700	
合成応力度	上縁	kgf/cm ²	61.8	-32.3	61.1	-24.0
	下縁	kgf/cm ²	-26.2	56.7	-22.2	53.8
曲げ	ひびわれ幅	cm	0.0185	0.0157	0.0107	0.0015
	許容値	cm	0.0240	0.0179	0.0240	0.0179

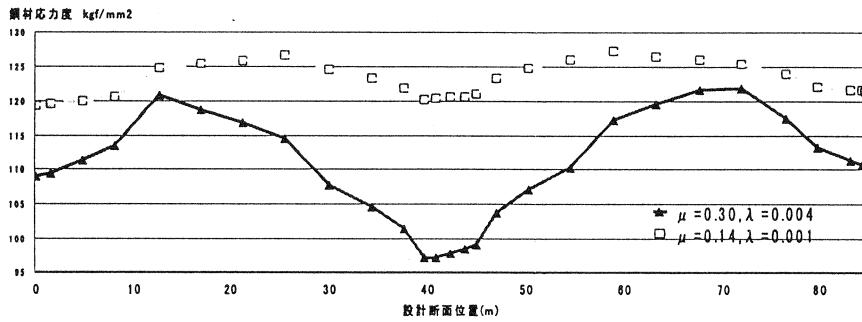


図-10 導入時鋼材応力度

7. まとめ

今回の一連の試験で得られた結果をまとめると以下のようになる。

- ・ポリエチレン製シースの摩擦損失は、鋼製シースの摩擦損失に比べ、およそ60%程度である。
- ・今回の試験および試験施工では、ポリエチレン製シースの摩擦係数比は、 $\lambda/\mu=0.00714$ ($\mu=0.14, \lambda=0.001$)となった。
- ・ポリエチレン製シースの施工性は特に問題ないが、鋼製シースに比べ部材断面が大きいので、これを考慮してケーブル配置を決める必要がある。

摩擦係数については、今後、ポリエチレン製シースを用いた橋梁から、データを収集し、十分に検討した上で、ポリエチレン製シースの摩擦係数を設定し、設計において取り入れる必要がある。

最後に、本試験に際し、東拓工業株式会社他、関係各位の多大なご協力をいただき、深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：ポリエチレン製シース実用化試験報告書、1995
- 2) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：ポリエチレン製シースの品質・設計・施工マニュアル、1995