

## P C 鋼 材

講師：山田 真人\*

## 1. はじめに

PC鋼材とはプレストレストコンクリート(PC)用緊張鋼材のことで鉄筋の2倍～5倍の引張強度をもつ高張力鋼です。高強度の鋼となることでPC鋼材は鉄資源を有効に活用しているばかりでなく、コンクリートの短所を補い、かつその長所を見事に引き出して構造材料としてのコンクリートの有用性を大いに高める働きをしていると言えるでしょう。わが国では1950年代にその使用が始まり、1960年に最初の「PC鋼線及びPC鋼より線」のJISが制定されて以来すでに数百万tの使用実績があり、現在はPC構造の緊張材としてだけでなく、吊り構造や落橋防止装置などにも広く用いられるものとなっています。

近年は炭素繊維やアラミド繊維を使った非金属製の緊張材も実用化されていますが、ここではとくにPC鋼材を対象を限定します。また、先輩諸氏がさまざまな文献に記述された内容はできるだけ重複を避けて最小限に留め、より今日的な話題を取り上げることとします。

## 2. 工業製品としてのPC鋼材の概要と国内規格

PC鋼材はその形状によって次の3種類に大別されます。

- ① PC鋼線
- ② PC鋼より線
- ③ PC鋼棒

## 2.1 P C 鋼 線

PC鋼線にはJIS G 3538「PC硬鋼線」とJIS G 3536「PC鋼線及びPC鋼より線」に規定されたものの2種類があります。前者は冷間伸線加工<sup>注1)</sup>を行ったままの弾性限が低い状態のもので、後者は冷間伸線加工後にブルーイング<sup>注2)</sup>と呼ばれる熱処理で残留応力を除去したものです。この処理をすることで弾性限が高く、伸び能力の高いより高性能のPC鋼材

となります。前者はJIS G 3506に規定された硬鋼線材、後者はJIS G 3502に規定されるピアノ線材が原材料です。ピアノ線材は線材の表面きず深さ(≤0.1mm)や全脱炭層深さ(≤0.7mm)、さらにオーステナイト結晶粒度や非金属介在物も規定可能な高炭素鋼材で高級線材と言えます。PC硬鋼線の使用は特殊な施工法をとるPCタンクやPC管に限られているのに対し、PC鋼線はPC構造物に広く適用されています。

PC鋼線の断面はいずれも円形が中心ですが、長さ方向に一定間隔でほぼ円形の窪み(インデントと呼ばれる)を付けたものが製造されています。PC鋼線の強度レベルは後述するPC鋼より線のB種(1860N/mm<sup>2</sup>)に比べて低く、ポストテンションの分野では主役の座をより線に譲りつつあると言えるかも知れません。一方、プレハブ型の斜張ケーブルの分野ではコンパクトな定着具とその高い疲労性能と相まって主要材料として使用されています。

## 2.2 PC鋼より線

PC鋼より線はJIS G 3536に表-1の5種類が標準径とともに定められています。PC鋼より線はピアノ線からパテントリング<sup>注3)</sup>、酸洗<sup>注4)</sup>、冷間伸線加工を経てより合わせられ、ブルーイング処理されて製造されます。

より合わせのピッチは2本より線と異形3本より線では標準径の24倍～32倍、7本より線と19本より線では標準径の12倍～18倍に決められています。より線を構成する素線は、製造時に所定のより合わせのピッチに型付けされているので任意の断面で切断してもばらけてしまうことはありません。中心線は直線状態ですが、7本より線では中心線の直径が側線よりも若干太くなっていて側線が必ず中心線に直接接する構造となっています。PC鋼より線を示す記号SWPR7ANやSWPR7BLは、Steel Wire for Prestressing, Round Surface, 7本より, A種, Normal Relaxation, B種, Low Relaxationの意です。A種(1720N/mm<sup>2</sup>級)、B種

注1)：伸線加工とは、円錐系の孔を有するダイスに線材を通して引き抜き、塑性加工を施すことによって強度を向上させ、所定の線径に仕上げるものです。1回の引抜きで断面積の減少率は約20%、強度は70N/mm<sup>2</sup>～100N/mm<sup>2</sup>上昇します。PC鋼線やPC鋼より線の場合ピアノ線材から最終線径までに5回～8回の伸線加工が連続して行われます。

注2)：ブルーイングとは、低温ひずみ取り焼鈍のことで、伸線加工によって生じた鋼材内部の残留ひずみを除去する工程です。熱風炉を使った場合にとくに鋼材表面に

青みがかった光沢を生じることからこの名で呼ばれます。処理温度は300℃～400℃です。

注3)：パテントリングとは、熱間圧延後のピアノ線に連続伸線に耐えるじん性を付与すると同時に引張強度を高める熱処理です。鋼材を連続的に900℃～950℃に加熱して均質なオーステナイト組織にした後、約500℃に急冷し、じん性に富んだ微細なソルバイト組織に変えます。

注4)：酸洗は、圧延やパテントリング処理で鋼材表面に生成された鉄の酸化物を除去し、伸線加工時に必要な潤滑材の下地被覆を形成する工程です。

表-1 PC鋼線およびPC鋼より線の種類

種類		記号	サイズ(mm)	形状		
PC鋼線	丸線	SEPR1	2.9~9.0			
	異形線	SWPD1	4.0~7.0			
PC鋼より線	2本より線	SWPR2	2.9×2本			
	異形3本より線	SWPD3	2.9×3本			
	7本より線	A種	SWPR7A	9.3~15.2		
		B種	SWPR7B	9.3~15.2		
19本より線	SWPR19	17.8~28.6				

(1860N/mm<sup>2</sup>級)は強度レベルを示すものです。より高強度であっても遅れ破壊に対する抵抗性には問題がないことが広く認められたことから、ここ数年で急速にB種化が進みました。

リラクセーションはひずみ一定下で経時的に応力低下を示す現象のことです。以前は100時間値がJIS規格に定められていましたが、1994年の改訂で1000時間値の規定に変更されました。低リラクセーション鋼材は、引張強度の約半分の張力を付与して連続的にブルーイング処理することで、いわば将来生じるひずみを先取りすることで得られます。

PC鋼より線は、

- ① 引張強度が高い
- ② 可とう性に富み複雑な配置形状にも対応が容易
- ③ 複数本の組合せで任意の容量、大容量ケーブルの構成が可能
- ④ カップリング(接続)することなく長尺化が容易

などの特長を有し、現在最も大量に使用されているポストテンション用PC鋼材です。

### 2.3 PC鋼棒

PC鋼棒には2種類のJIS規格があります。JIS G 3109「PC鋼棒」とJIS G 3137「細径異形PC鋼棒」です。「PC鋼棒」には表-2に示す4種類が標準径とともに定められています。「PC鋼棒」は丸鋼棒で、太径のものはPC構造物のポストテンション用鋼材として広く、細径のものはコンクリート2次製品に多く使用されています。「細径異形PC鋼棒」は表面がスパイラル状に溝加工された断面を有しているものがほとんどです。端部は製頭されたり、ねじ加工されたりして特殊なプレテンション方式でパイルやポールなどの工場製品に多く用いられています。規格化されていないものの仮設鋼材やグラウンドアンカーの分野でよく使用されるものに太径の捻ねじPC鋼棒があります。これらは、JIS G 3109「PC鋼棒」のB種1号の規格に準拠して製造されています。

PC鋼棒は製造方法の観点からは次の3種類に大別されます。

- ① 高炭素鋼の圧延-ストレッチ鋼棒
- ② 焼入れ・焼戻しによる熱処理鋼棒
- ③ 冷間引抜き鋼棒

製造方法については製造者が各鋼種、各サイズごとにそれぞれ最適の方法を選定して、化学成分についてはP、S、Cuの3種類の含有不純物量の規定のみとなっています。

表-2 PC鋼棒の種類

PC鋼棒	サイズ(mm)	種類	記号	
	9.2~40	A種	2号	SBPR 785/1 030
			1号	SBPR 930/1 080
		B種	2号	SBPR 930/1 180
			1号	SBPR 1 080/1 230
		C種	1号	SBPR 1 080/1 230

極太径の36mm、40mmは1994年のJIS改訂時にISO整合化の一環としてJIS規格に取り入れられましたが、使用実績はまだ僅かです。

PC鋼棒は、

- ① 簡便なねじ定着ができる
- ② 1本で大きな緊張力が得られる
- ③ 自立するので鉛直方向配置に適している
- ④ セットロスがなく短尺ものに有効に適用できる
- ⑤ カップリング(接続)作業が簡便で、かつ接続具もコンパクトで安価である

などが長所として挙げられます。一方で、万が一の破断時にエネルギー解放が急激であることや配置形状によって塑性曲げ加工が必要なことが短所と言えるでしょう。

PC鋼棒のねじ加工は、切削加工ではなく転造方式で行われます。転造ねじでは、ねじ部の金属組織が分断されることなくねじ山に沿って連続し、ねじの表面部分が加工硬化によって硬度が上がるという特長があります。ねじ形状には非対称ねじとメートル細目ねじの2種類があります。前者は後者に比べて疲労強度や角度定着に対する影響についても優れた性能を発揮します。

### 3. PC鋼材に要求される性能

一般にPC鋼材には次のような性能が要求されます。

- (1) 弾性限、降伏強度や引張強度が高いこと

PC鋼材を緊張後、コンクリートの乾燥収縮やクリープに起因するプレストレスの損失後も有効なプレストレスを確保するには、弾性限や降伏強度が高いことが必要です。また、これらに起因するプレストレスの損失が同一の場合、高い有効プレストレスを確保するには、高強度のものほど有利になります。

- (2) 適度に伸びとじん性を有すること

PC構造物に過大な荷重がかかった場合、PC鋼材の伸び性能が小さくコンクリートが圧壊する以前に破断することになると、構造物は急激にかつ完全に破壊することになりま

す。このような場合には、構造物の過大なひび割れや変形から危険を予知することさえできないことになります。このような事態を避け、PC構造物の破壊がコンクリートの破壊によって起きるように、PC鋼材には適度な破断時伸びが必要になります。また、PC鋼材はせん断力を受けない使い方が大原則ですが、定着領域や曲げ配置部分では不可避なせん断力を受けることが多く、適度なじん性が必要となります。伸び性能自体もじん性の一つの指標と言えますが、ポストテンション用PC鋼材の事実上の日本標準となってきたHTS規格(PC鋼線及びPC鋼より線仕様書：極東鋼弦コンクリート振興(株)編)は、じん性の評価として繰返し曲げ試験(図-1；PC鋼線を対象)や、曲げ引張試験(図-2；PC鋼より線を対象)、破断後絞り試験(図-3；PC鋼線とPC鋼より線を対象)を規定しています。

(3) リラクセーションが小さいこと

緊張力を大きくとれる鋼材でも、時間の経過とともに導入張力が大きく減少するような材質であっては、高強度の特性を十分に発揮できませんし、構造物の長期にわたる安全性を確保することもできません。したがって、リラク

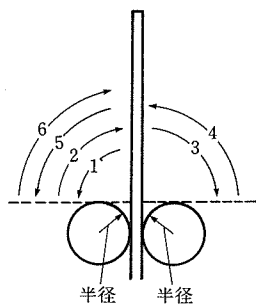
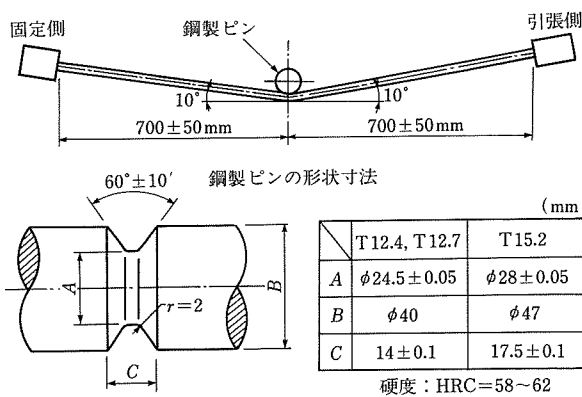


図-1 繰返し曲げ試験



$$Q = \left(1 - \frac{P_B}{P}\right) \times 100 (\%)$$

Q：規格引張荷重に対する強度低下率 (%)

$P_B$ ：曲げ引張荷重 (kN)

P：規格引張荷重 (kN)

図-2 曲げ引張試験

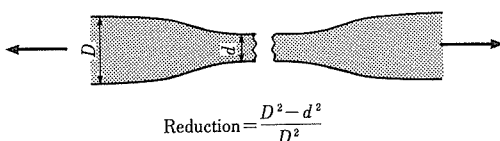


図-3 破断後絞り試験

セーションが小さいことが望まれます。リラクセーションに影響を与える外的要因は初期荷重の大きさと温度です。構造物に使用されるPC鋼材が常時高温に曝されることはまれですが、高温域ではとくに低リラクセーション鋼材の効果が顕著になります。ここで言うリラクセーションとは、鋼材のもつ純リラクセーションで、PC部材を設計するには、コンクリートの乾燥収縮やクリープ変形を考慮した見かけのリラクセーションが重要になります。

(4) 適度な疲労強度があること

PC鋼材がPC構造物の緊張材として使用されている場合には、通常的环境下でPC鋼材自体の疲労強度が問題になることはないと考えられてきたことから、現状のJISや標準示方書等に疲労強度の規格は設けられていません。特殊な吊り材としての用途には、適用事例ごとに特定の荷重条件で疲労試験を実施して適用の可否を確認してきたのが実情です。しかし、斜張橋やエクストラドーズド橋の斜張ケーブルにPC鋼材が数多く適用されている現状を考えると今後検討すべき課題で、JISの解説でも言及されています。

現在、疲労性能が規定された規格には前述したHTS-22やISOなどがあります。それらの規格を表-3にまとめて示します。実構造物においてはPC鋼材単独の疲労性能ばかりでなく、鋼材の定着システムをも含めたトータルの性能が重要です。たとえばPTI (Post Tensioning Institute ; U.S.A. Arizona)では斜張ケーブルを対象に、FIP(国際プレストレストコンクリート技術機構；現在ではfibに移行)ではポストテンションを対象に、表-4のような推奨指針を定めています。

表-3 PC鋼より線の疲労性能の規定

	HTS-22	ISO (draft)	PTI	FIP
基本応力レベル	0.35 $\sigma_{pu}$	0.7 $\sigma_{pu}$	0.45 $\sigma_{pu}$	0.45 $\sigma_{pu}$
変動応力幅	195 (N/mm <sup>2</sup> )	195 (N/mm <sup>2</sup> )	214.7 (N/mm <sup>2</sup> )	280 (N/mm <sup>2</sup> )
繰返し回数	$\geq 2 \times 10^6$	$\geq 2 \times 10^6$	$\geq 2 \times 10^6$	$\geq 2 \times 10^6$

$\sigma_{pu}$ ：鋼材の規格引張強度

表-4 定着システムを含めたPC鋼材の疲労性能の規定

	ポストテンションシステム	斜張ケーブルシステム
	FIP	PTI
基本応力レベル	0.65 $\sigma_{pu}$	0.45 $\sigma_{pu}$
変動応力幅	80 (N/mm <sup>2</sup> )	158.6 (N/mm <sup>2</sup> )
繰返し回数	$\geq 2 \times 10^6$	$\geq 2 \times 10^6$

$\sigma_{pu}$ ：鋼材の規格破断強度

(5) コンクリートやグラウトとの付着強度が高いこと

プレテンション方式の場合にPC鋼材にコンクリートとの付着が十分でないと、所定のプレストレスが導入されなかったり、PC鋼材が十分な強度を発揮する前に定着部が脆性的に破壊したりすることになります。また、ポストテンション方式の場合にPC鋼材とグラウトとの付着強度が欠けていると、ひび割れ幅やひび割れ間隔が広がって終局耐力も低い部材となります。PC鋼材の許容付着応力を規定したものはあっても、PC鋼材の付着強度を鋼材自体の規格として直接的に規定したものはASTM A882 “Standard Specification for Epoxy-Coated Seven-Wire Prestressing Strand” だけの

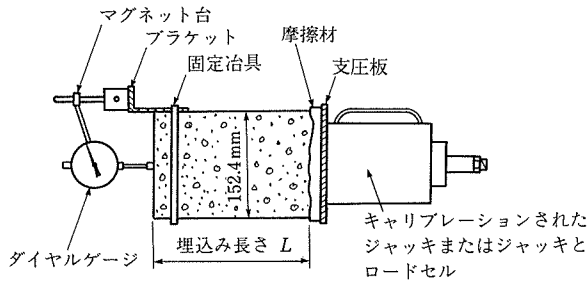


図-4 引抜き試験方法

表-5 引抜き試験での必要付着力

PC鋼より線の径 (mm)	円柱の直径 (mm)	埋込み長さ (mm)	0.025mm滑りを生じる最小荷重 (kN)
6.3	152	216	7.56
7.9	152	203	8.72
9.5	152	190	9.83
11.1	152	165	9.92
12.7	152	152	10.45
15.2	152	140	11.52

ようです。これは後述するエポキシ樹脂塗装PC鋼より線の付着型についての規定ですが、図-4に示すような単純な引抜き試験でコンクリート強度30 MPa～35 MPa、滑り量0.025mmのときの荷重を規定しています(表-5)。しかしながら、引抜き試験による付着強度は、プレテンションングの場合の付着伝達長(Transfer Length)や定着長(Development Length)と必ずしも高い相関関係があるわけではないので注意が必要です。鋼材の形状やサイズによる相対比較試験として位置づけるべきものでしょう。

これらのギャップを埋める簡易な試験方法として、引抜き試験においても初期張力を与えて自由端側の滑り量をコントロールする方法や、付着伝達長を鋼材端部の滑り量で簡便に推定する方法などの提案もなされています。通常のPC鋼材の付着に関する国内での近年の研究は、15.2mm PC鋼より線のプレテンションへの適用や太径19本より21.8mmのプレテンションへの適用、圧着接合部での付着性状などに限られているようですが、北米では1990年代に入ってからプレテンション部材への適用を対象にPC鋼材の付着性状に関する広範な調査や研究が実施され、現行の設計規準に対する活発な議論がなされています。PC鋼材の付着性能はまだまだ未解明のこともあり、今後の課題と言えるでしょう。

#### (6) その他

先に挙げた性能に加えて、諸性能にばらつきがないことや応力腐食<sup>注5)</sup>に対する高い抵抗性も重要な要求性能と言えるでしょう。応力腐食については、現行の国内で使用されているものはコンクリートやグラウトが適切に施工される環境下で問題になってはませんが、応力腐食に対する感受性ができる限り低いPC鋼材が実用上望ましいと言えます。このような観点から、「仮設PC鋼材設計・施工マニュアル」(財)高速道路調査会、平成9年7月)は強度が高いC種PC鋼棒を仮設鋼材として使用しないよう定めています。応力腐食についてとくに注意すべきことは、コンクリート

注5)：応力腐食とは、腐食環境下で、腐食反応に伴う水素の発生や腐食孔によるひび割れの発生・成長が原因となり、鋼材の軸方向引張力と相まって破断を生じる現象。

の促進形AE減水剤中にしばしば含まれるチオシアン酸塩(ロダン塩ともいう)の存在です。チオシアン酸アンモニウムや硝酸アンモニウムは、PC鋼材の開発段階において鋼材の遅れ破壊の促進試験用の溶液として使用されているもので、PC構造に打設されるコンクリートにこのような混和剤は不適切です。シースの全長にわたる完全な水密性を確保することが難しい現状では、促進形AE減水剤が使用されやすい寒冷地のPC工事とくに注意が必要です。

## 4. 新しいPC鋼材

先に挙げたPC鋼材に要求される基本的な性能は時代を越えて変わるものではありませんが、近年さまざまな時代的要求から新たな付加価値をもったPC鋼材が登場しています。ここでは最近実構造物で使用されている新しいPC鋼材を中心に、その特徴についてご紹介します。

### (1) 19本より28.6mm極太径PC鋼より線

PC鋼より線は従来19本より21.8mmが最も太径のものでしたが、1996年に19本より28.6mm PC鋼より線が実用化され、多くの使用実績や複数の製造者の製造実績を背景に1999年にJISに規格化されました。この鋼材は32mm B種2号規格と同等の引張荷重、耐力を有しています。従来の19本より線がすべてシール型のより構成であったのに対し、28.6mmの場合にはウォーリントン型のより構成も許容されることになりました(図-5)。

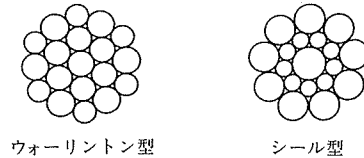


図-5 19本よりPC鋼より線のより構成

ウォーリントン型は、

- ① 素線の最大径が小さく可とう性に優れ、最小曲げ半径を小さくできる
- ② 周長が長く付着面積が大きくとれる
- ③ 同一外径での断面充足率が高く、高い引張荷重が得られやすい

などの特長があり、現在の主流はウォーリントン型になっています。現在橋梁の床版横締めでの実績がほとんどですが、鋼材1本で得られる緊張力が高く、より線としての利点をすべて兼ね備えているうえ、後述するプレグラウト加工が容易であることからタンクや橋梁主方向鋼材への適用も始まっています。

### (2) プレグラウトPC鋼材

プレグラウトPC鋼材は、PC鋼より線にエポキシ樹脂を連続的に塗布し、その上にさらにポリエチレンシースを押し出し成形した製品です。その構造を図-6に示します。エポキシ樹脂がセメントグラウトのような役割を果たすことから、あらかじめグラウトが施されたPC鋼材という意味でプレグラウトPC鋼材と呼ばれています。塗布されたエポキシ樹脂は、硬化が始まるまでの時間が十分に長く、製造～保管～配置～コンクリート打設～緊張・定着に至る期間は未

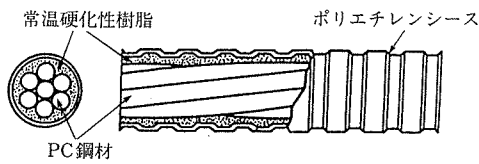


図-6 プレグラウトPC鋼材の構造

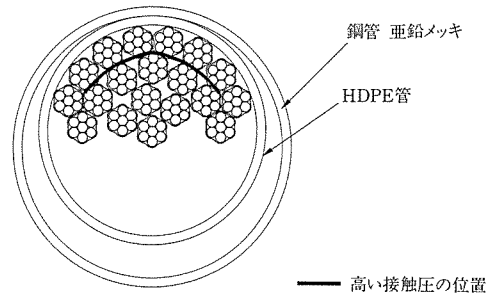


図-7 偏向部での鋼材どうしの線重なり例

硬化で、周辺コンクリートとの付着がない、いわゆるアンボンド状態を保ちます。その後、エポキシ樹脂は時間経過とともに硬化して強度を発現し、コンクリートとの付着を生じる画期的な機構となっています。これまで橋梁の横締めや建築構造物のスラブなどに多くの実績があります。ポストテンション用として用いられる12.7mm以上の鋼より線に対してプレグラウト加工品が用意されています。

エポキシ樹脂の仕様は、その硬化時間の長短によってⅠ型（一般型：常温下1年硬化型）、Ⅱ型（暑中型：常温下2年硬化型）、Ⅲ型（高温対応型）が標準的に用意されていて、適用部位に応じた樹脂仕様が選定されて使用されますが、条件によってはプレグラウトPC鋼材を適用できない場合があります。

本鋼材はPC鋼材とシース、グラウトが工場加工品として一体化されていて、

- ① 現場作業の省力化や工程短縮につながること
- ② ボンド部材と同等の構造性能が期待できること
- ③ 工場加工型の信頼性の高い防食システムが得られること

が高く評価される理由です。一方で、樹脂はいわば「生もの」であり、現場の工程やコンクリートの水和熱による温度上昇、配置後の直射日光の影響、物流を正確に把握して適切な樹脂仕様の選定を行わないと「賞味期限切れ」を起こして使用できなくなることもあり得ます。樹脂の硬化反応速度は雰囲気温度に大きく左右されるため（たとえば80℃では室温約20℃の場合の20倍近い速度で硬化が進行します）、保管時の温度等についても製造者の指定する条件を遵守することが強く求められます。また、ポリエチレンシースを損傷させない配置時の取扱いなどにも注意が必要です。

### (3) エポキシ樹脂塗装PC鋼より線

これは、耐食性に優れたエポキシ樹脂を静電粉体塗装方式によって鋼材の表面や素線の隙間に被覆・充填したもので、主に7本より線が斜張ケーブルや外ケーブルに使用されています。この技術が生まれた米国ではすでにASTMとして規格化されており、ISOでも規格化が決まっています。本鋼材は、鋼材地肌とエポキシ塗膜との高い接着強度やエポキシ自体の高い耐食性や高い強度に特長があります。現場架設型斜張ケーブルの場合には、グラウトが実施されるまでの架設中の防錆を確保し、完成後は保護管やグラウトでの多重の防食システムを構成します。外ケーブルの場合には、自由長部をグラウトすることなく使用できるようになります。外ケーブルは、比較的大容量のケーブルが偏向部で小さな曲げ半径で配置されることが多く、線重なるの内側の鋼材は鋼材間で高い腹圧力を受けることになります（図-7）。このような状態においてはフレットング疲労<sup>注6)</sup>が起

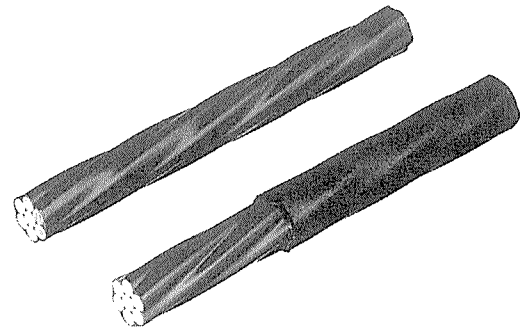


写真-1 エポキシ樹脂塗装PC鋼より線  
(標準タイプとポリエチレン被覆を加えた多重防食タイプ)

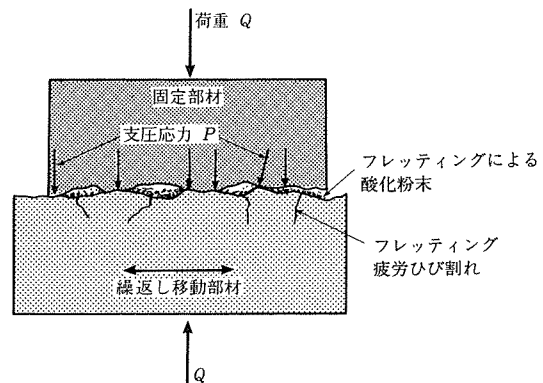
きやすくなりますが、エポキシ塗膜は高い腹圧力が発生する鋼材間の接触面でちょうどクッション材のように機能して鋼材地肌どうしの接触を防ぎ、耐フレットング疲労性能を向上させることができます。

しかしながら、エポキシは長期的には紫外線による劣化を起こすことから、エポキシ単体の被覆で大気中に長期曝露される使用は避けなければなりません。このような用途に対してはさらにポリエチレン被覆を施した多重防食型も用意されています（写真-1）。

### (4) ポリエチレン樹脂被覆PC鋼より線

これは、耐候性や耐食性に優れたポリエチレンをより線の表面と各素線の隙間に加圧押し出被覆したもので、7本より線と19本より線があります。ポリエチレンは軟らかく、

注6)：フレットング疲労とは、高い接触圧力がかかった状態で2つの金属物体間に微小な相対移動を生じ、接触界面で微小なひび割れや酸化腐食を生じる擦れ疲労現象です。外ケーブルの偏向部では、緊張力による腹圧力と活荷重によってPC鋼材間に微小な相対移動を生じます（付図-1）。



付図-1 フレットングのメカニズム

被覆加工後も可とう性に富んだ性状を示しますが、強度が低いことから高い腹圧力を受ける部位への適用には適していません。シングルストランドとして継目部を有するプレキャスト床版の横締めや小容量のマルチケーブルとして建築構造物などに適用実績があります。コンクリートやグラウトとの付着を確保するために、表面にひだのような異形加工を施したものがグリスを塗布してアンボンド加工を施したのも開発されています。

#### (5) その他

上記のほかに、画期的な発想で現場での緊張作業を不要にした太径中空PC鋼棒や非磁性（あるいは低磁性）PC鋼材はすでに実用に供されています。また、現在は研究段階で実用化が待たれているものに異強度混合ストランドがあります。プレキャスト部材の圧着接合部でのエネルギー吸収能を高めることをねらいとしたもので、鋼より線を強度の異なる2種類の鋼線で構成したユニークなものです。2300MPa級の高強度PC鋼材への挑戦も始まっています。

### 5. PC鋼材とその周辺技術の今日的テーマ

国内でPC鋼材に関するさまざまな技術的検討のためにPC技術協会内にPC鋼材委員会が設けられていることをご存知の方は多いと思いますが、同様にFIPとCEBが合体した新しい国際組織であるfibにもcommission 9としてReinforcing and Prestressing Materials and Systemsが組織されています。ここで討議された内容が今後のPC技術のデファクトスタンダードとなることを考えると、この委員会のテーマは興味深いものです。現在、次の合計8つのワーキンググループができていて2002年までに各グループから技術レポートや推奨指針などが出される意欲的な予定になっています。

- ① Factory Applied Corrosion Protection Systems for Prestressing Materials
- ② Stay Cable Systems
- ③ FRP Reinforcement for Concrete Structures
- ④ Bond of Prestressing Materials and Tendons
- ⑤ Durability of Prestressing Materials
- ⑥ Plastic Ducts
- ⑦ Reinforcing Steels and Systems
- ⑧ Grouting

これらのテーマから、世界的にも工場加工型の防食PC鋼材、耐久性、付着、グラウトの信頼性などがキーワードであることが窺えます。

### 6. おわりに

以上、簡単にPC鋼材と周辺技術の最近のテーマを紹介してまいりました。浅学の筆者ゆえに思わぬ誤解や過ちがあるかも知れません。ご指摘いただければ幸いです。

PC鋼材については先に挙げた「仮設PC鋼材設計・施工マニュアル」(財高速道路調査会)と「PC鋼材の使用性に関する調査研究報告書」(同)が参考書として充実しています。JIS規格に付属する解説も規格の変遷の歴史を詳しく記していて興味深いものです。本稿では触れませんでした。PC鋼材の現場での取扱いについては製造者からの具体的な注意事項に従うことが大切です。とくに、PC鋼材単体だけでなく、定着システムや緊張機器も含めて総合的に理解を深め、計画段階からより信頼性が高く、ヒューマンエラーの起きにくい材料や構造を選定することが重要だと考えられます。

最後に、この小文が皆さんのPC鋼材に対する理解を少しでも深める端緒になれば幸いです。

#### 参考文献

- 1) 日本規格協会：JISハンドブック、鉄鋼、1997
- 2) 高速道路調査会：PC鋼材の使用性に関する調査研究報告書、1986.3
- 3) 高速道路調査会：仮設PC鋼材設計・施工マニュアル、1997.7
- 4) プレストレストコンクリート技術協会：PC鋼材、プレストレストコンクリート技術の現況、1982.1
- 5) 極東鋼弦コンクリート振興(株)：HTS-22 PC鋼線およびPC鋼より線仕様書、1998.10
- 6) 村上ほか：PC鋼材の遅れ破壊に及ぼすコンクリート用混和剤の影響、プレストレストコンクリート、Vol.37, No.1, pp.70～74, 1995
- 7) FIP：Recommendations for the acceptance of post tensioning systems, 1993
- 8) PTI：Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation, 1993
- 9) 材寄ほか：アフターボンドPC鋼材の諸特性について、プレストレストコンクリート、Vol.32, No.4, pp.91～98, 1990
- 10) 神谷ほか：五箇山橋におけるNAPP工法の緊張管理について、第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp.415～420, 1996.10
- 11) 南ほか：樹脂防錆ストランドの付着性能改善に関する研究、プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp.611～616, 1996.10
- 12) 児玉ほか：2300N/mm<sup>2</sup>高強度PC鋼寄り線の開発、第5回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp.561～564, 1995.10
- 13) Abrishami, Mitchell：Bond Characteristics of Pretensioned Strand, ACI Materials Journal, pp.228～235, May-June 1993
- 14) A.S.G Bruggeling：Tendon Transmission Length under Static Conditions, Report to FIP Commission 2, May 1992 (unpublished)
- 15) ASTM A882-1996, Standard Specification for Epoxy-Coated Seven-Wire Prestressing Steel Strand
- 16) fib：Directory 1999

【1999年9月20日受付】