

PC 鋼 材

(3)

宮 川 一 郎*

3. PC 鋼より線

(1) 製 造 法

PC鋼より線の材料は、成分からいえば 70~90 C の高炭素鋼であって、C 量を Mn で補なうことのあるのは前述の PC 鋼線と全く同様である。ただし PC 鋼線と違って熱処理による鋼線をより線の素線とすることがないので、低合金鋼の組成のものは見あたらない。

a) 製鋼，熱間圧延および伸線 製鋼より伸線に至る工程においては、高炭素鋼組成の PC 鋼線の製造法と全く同様である。ただ伸線の最終段階で一定の長さをとる調尺の問題がある。PC 鋼より線においては、一般に長さの指定があり、例えば PC 鋼より線中圧倒的な量を占める 7 本よりでは、普通 表一1 の単長でドラム取りまたはリールレス物とされる。

表一1 7本より PC 鋼より線の単長例 (2トンもの)

公称径 (mm)	単 長 (m)	単 重 (kg)
9.3 (3/8 寸)	4 600 (15 000 ft)	1 890
10.8 (7/16 寸)	3 680 (12 000 ft)	2 060
12.4 (1/2 寸)	2 760 (9 000 ft)	2 040

したがって、これらの指定単長に応じより線のよりこみ率 (線をよるとよりピッチおよびより構成に応じて素線の長さよりより線の長さが短くなる…後述),より線作業でのロスなどを考慮して素線の長さを決定しなければならない。

このようにして必要な素線長が計算して得られたならば、伸線機で計算と合致した長さをとるようにしなければならない。この方法には二通りの方法がある。その一つは計算に対する線径と重量の表を線径許容差の範囲で 0.01 mm ごとに作成しておき、連続伸線機の東取りコイラー下部に台秤を置き、線径を測って送錘を計算値に設定しておき、秤の棒が水平に上がったところで線を切断する。他の方法は、連続伸線機のコイラー釜の外周を精密に測定しておき、釜の回転数を自動カウンターにとっ

* 南海製線鋼索 KK

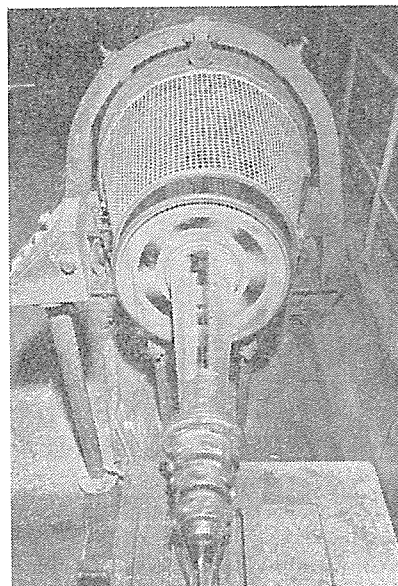
て調尺し、あわせてマーキングを行ない、この装置から切断してより線素線を得る。

調尺のつぎの問題は、7本より線で行なわれる中心線の増径とそれにとまう側線との区分でわずかの線径差しかないので、色別表示などで入れちがいを避ける手段が講ぜられる。

b) ボビン巻 連続伸線機で素線を調尺しながらより線機用のボビンに巻取り、一工程を省略することも可能ではあるが、生産量とのかねあいもあり実際にはこの方法はあまり採用されず、別途ボビン巻作業が行なわれる。ボビン巻は何台かの自動ボビン巻機を動かし高速で巻き取ってしまう。ボビン巻装置にも調尺装置は取り付けられていて長さをチェックする。

c) より線 より線作業を行なう設備をその名のごとくより線機という。より線機にはボビンの配列が一直線上にある筒型より線機と、ボビンが円周上に配置される遊星型 (またはカゴ型) より線機がある。遠心力の作用するために筒型は遊星型に比し高速が得られ、現在の PC 鋼より線 (2~7 本より) の製造はもっぱらこの形式が採用されている (写真一1)。

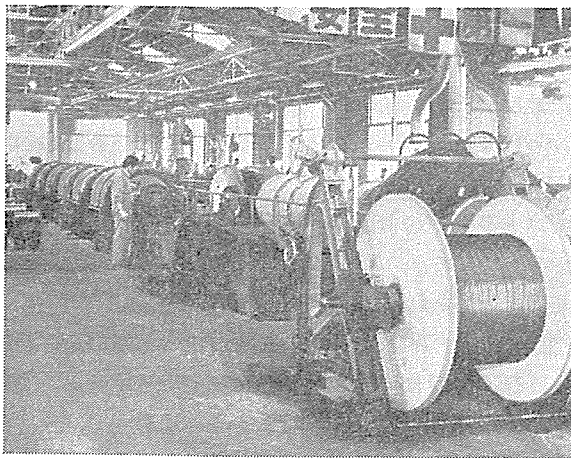
写真一1 600 mm×6F より線機による 7 本より PC ストランドの製造



写真一1 は、7本より PC ストランドを製造中の 600 mm×6F 高速筒型より線機であるが、左側より筒型より線機本体、プレフォーム装置、ボイス、ポストフォーム装置といった型付け部、調尺装置付のダブルキャプスタン、最後の配線機という順序である。より線機本体は歯車装置によって回転する外筒の中に揺動する非回転のフライヤー (F の記号で表わす、6F とはこれが 6 個ある意味、中心線は機械の後尾から伸直ロールを經由して導入することができるので、6F で 7 本より線が製作でき

る)が装置されており、各フライヤーにPC鋼線を巻いたボビンがはめられる。ボビンは線が引き出されるにつれてちょうど外筒の回転と直角方向に回転する。ボビンから引き出された線は、外筒に取付けられた案内パイプをとり、最後に孔のあいている配線板および鏡板をとりながら中心に集合されよられてくる。より線の最後の締め付けは、半円形の溝をもった上下2枚の軟鋼製の板(ボイス)で行なうが、高炭素鋼線のように強度の高い材料では鏡板とボイスの間に各側線にらせん状の型付けをするためのローラー群からなるプレフォーム装置を取りつける(写真-2)。なお、より線の真直性を増すためには

写真-2 回転中の配線板、鏡板およびプレフォーム装置



中心線を伸直しておかなければならないが、さらに伸直ロール群からなるポストフォーム装置をボイス台の後につけ加えるのもよい。より線機の呼称は500mm(20")×2F、600mm(24")×6Fといった呼び方をするが、500mmというのはボビンの鏝径を示し、500mmで200kg強、600mmで300kg強の素線がそれぞれのボビンに収容されている。外筒の回転数は600mm×6F機で、1分間400回ないし500回である。イギリスでは、この機種で600回転まで試作したようであるが、最近まったく構造をかえ回転する外筒を各ボビンごとに分離した個別多頭型で、従来機のほぼ3倍の回転速度を出すことに成功している。本機は、当初は450mmボビン用までしか製作していなかったが、昨年来500mm、600mm用が完成されたようであるので、PCストランド製作用としても有望である。なお在来の高速筒型より線機は国内に宮崎鉄工所、浜名鉄工所という優れたメーカーがある。

つぎにより線を引き出すキャプスタンはその円周に数包巻付け、その摩擦力で引き出しを行なう構造であり、キャプスタン自体は一つの場合、二つの場合があり、後者もそれぞれを前後におく例と上下におく例があるが、いずれにしてもより線のピッチ(一つの側線が完全ならせんを作ってより線のまわりを一回転する長さをより線

の軸に平行に測った長さ)の調節はこの部分の回転速度を換歯車の入れかえによって変えて行なうものである。

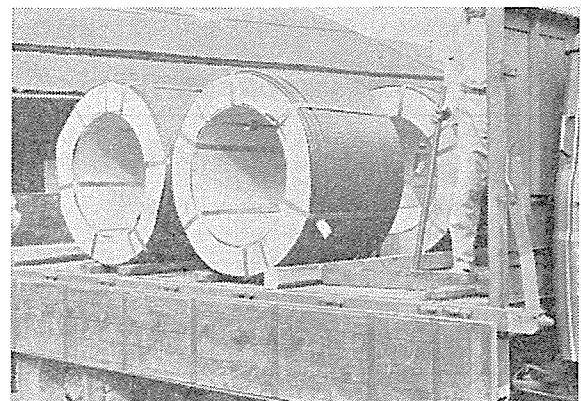
PC鋼より線の標準ピッチは7本よりでは公称径の12~16倍とするので、12.4mmストランドでは $12.4 \times 14 = 174$ mmとなる。したがって400rpmの外筒回転数のより線機では、キャプスタンの引出し速度すなわちより速度は $174 \times 400 = 80$ m/min程度の早さである。

最後の配線機は、キャプスタんで引き出したより線を作業リールに巻取るだけのものであるが、一応スリップおよび横おくり(トラバサ)の機構がとりつけられている。

d) ストレスリーフ PC鋼より線は、PC鋼線にストレスリーフ処理を行なったのち束取り、リール取りあるいはリールからはずしてリールレス物とする。PC鋼より線のストレスリーフは、各素線の冷間伸線による加工ひずみの他により加工によるひずみもあわせて除去するものであるが、処理自体はPC鋼線同様連続に巻取りながら低温加熱するだけである。ただし2本より線、3本より線ではPC鋼線同様ソルト浴で行なうことができるが、7本よりストランドではソルトの残留がおこるので、より線中にかみこみとして残っても差しつかえない熔融鉛槽を通過させる方法が採用されている。この方法は、熱の伝達がよいので短い熔ですむ利点があるが、鉛の消耗が高価につくので、欧米では加熱空気を用いる方法が行なわれており、国内でも一部採用し始められた。なおアメリカのベスレームスチール社では、より線に直接電流を通して加熱し、ストレスリーフを行なう装置を稼働させているし、イギリスではさらにこの加熱中にストレッチングを行なってレクラクセーション特性その他を改善するサマーセット法が宣伝されている。

製品の荷姿については、2.9mm2本より線は一般に1.5m径のコイル取りをされているが、輸出品その他で2本より、3本より線のリール取りも次第に増加して

写真-3 PCストランド リールレス製品(2トン物)



きている。7本よりストランドでは、従来リール取りが行われてきており、束取りはポストテンション ケーブル用の一部にしか見られなかった。ただこの木製リールは後始末がやっかいなため漸次リールレス型に代りつつある(写真-3)。この製造法は、組立式のリールの胴に紙しんをはめ、この上により線を巻取ってからリールを分解する。より線はより構成が多いほど可撓性があるので、胴径の比較的小さなリールに巻くことができるが、より線も当然直線性が要求されるので、過度に小さな胴径に巻くのは好ましくない。

(2) PC 鋼より線の性能

プレストレストコンクリートにPC鋼より線を使用し、有利とする理由は、次第に線径を増大してきた鋼線ではようやく太線としての限度にきたこと、PC鋼線では太い線径となるほど引張強度が低下するが、PC鋼より線では素線として細い径を使用しているので引張強度が高いものを集合する利点があること、太径のPC鋼材には次号に言及するPC鋼棒があるものの、鋼棒は可撓性にとぼしく、したがって長いものは取扱いが困難となるのに対しPC鋼より線は、この点何千mでもリール取りができること、またこの可撓性の優れていることは曲線配置に有利となること、より線特に7本よりになるとコンクリートとの付着力が増大してきてプレテンション用でもPC鋼線のように特にサビ付けをする必要がないことなどを列挙することができよう。つぎに単線によった場合に生ずる種々な変化について触れることとする。

a) 中心線の増径 7本より線が生ずる問題に中心となる6本よりわずかに線径を太くしなければならないというちょっと気づかない事項がある。より線は、よりの影響で直角断面をとって見れば側線部はいずれもひずみだ円となっていて、横方向に断面が長く隣接する側線が互いに押合っていることがわかる。このため押し出されによるより線の型崩れが生ずるので、中心線の径をわずかに増大し側線が押し合わぬようにするのが好ましい。この関係は数学的に容易に計算されるが、数式はともかくとして結果をいえば、ピッチをストランド径の14

倍としたより具合では、心線の増径量は側線の0.017倍となる。

例えば、12.4mmストランドでは側線径は4.09mmであるから中心線の増径量は $4.09 \times 0.017 = 0.07$ mmとなる。PC鋼より線のJIS規格では、いくぶん安全をみてこの例での増径量は0.08mm以上としている(表-2)。

b) より込みによる長さの減少 素線をよっていくとでき上ったより線の長さはもとの素線の長さよりも幾分短い。これをより込みとい

$$\left(\frac{\text{素線長さ}}{\text{より線長さ}} - 1 \right) \times 100 \text{ の数式で得られた値をより込み率とする。}$$

いまより角度を β とすればより込み率は $\left(\frac{1}{\sin \beta} - 1 \right) \times 100$ で表わされる。

いまピッチが素線の14倍の7本より線で β を求めれば、 $\beta = 81^\circ 30'$ $\sin \beta = 0.989$ となるからより込み率は1.1%ほどとなる。例へば単長2760m(9000ft)の12.4mmストランドの側線は、長さが2790mほど使っていることになる。

より込みがあれば当然重量増加が考えられるが、この場合関連するのは側線のみであるから1%弱の重量増でおさまる。一般に示されるPCストランドの標準重量は、中心線の増径およびこのより込み増を考慮してある。

c) よりにともなう弾性係数の変化 より作業およびストレスリーフ作業を終ったより線では、より込み率の場合と同じように引張荷重の変化が考えられるが、PCストランドの引張荷重は一般に規格値に対して相当高くでているので問題とするには当たらない。むしろこの場合注目しなければならないのは、より加工による極端な弾性係数の低下で、7本より線では素線の弾性係数の80%程度まで下がっている。

もちろん最終工程で十分なストレスリーフを行えばそのほとんどが回復するが、普通は単線よりいくぶん低い値を示すようである。

(計算に用いる数値は他のPC鋼材なみに2000000kg/cm²とするが、実際値は1950000kg/cm²位にあるASTM 1830000~2000000kg/cm²)

(3) PC 鋼より線の引張特性

表-3にPC鋼より線の引張特性と各種規格の関係を示すが、7本よりではほぼASTMに準じたと考えてよい。

ハイテンションストランドに対する公の規格はまだきめられていないが、これもアメリカのローブリング社の270K規格が規準となって製品が製作されている。FKK B規格は、国内でハイテンションもの用に定めら

表-2 PC 鋼より線の側線と心線の関係 (JIS G 3536)

公 称	素線径 (側線径)	許容差	心線径と側線径の差
2.0mm 2本より	2.0	±0.03	—
2.9mm 2本より	2.9	"	—
7本より 9.3mm	3.05	"	0.05 以上
7本より 10.8mm	3.56	"	0.07 以上
7本より 12.4mm	4.09	"	0.08 以上

(単位 mm)

表-3 PC 鋼より線の引張り特性と各種規格

側線径 (mm)	より線公称	規格名	引張荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	伸び%
2.0	2.0×2	JIS G 3536	1 300 以上	1 150 以上	3.5以上
2.9	2.9×2 " " "	JIS	2 600 以上	2 300 以上	"
		建築学会	2 600 以上	2 300 以上	"
		FKK A	2 600 以上	2 300 以上	"
2.05	6.2 (1/4")	建築学会	4 100 以上	3 500 以上	"
		ASTM	4 082 以上	3 470 以上	"
2.60	9.8 (5/16")	建築学会	6 600 以上	5 650 以上	"
		ASTM	6 577 以上	5 570 以上	"
3.05	9.3 9.3 9.3 (3/8")	JIS	9 100 以上	7 750 以上	"
		建築学会	9 100 以上	7 750 以上	"
		FKK A	9 100 以上	7 750 以上	"
		ASTM	9 072 以上	7 700 以上	"
3.56	10.8 10.8 10.8 (7/16")	JIS	12 400 以上	10 600 以上	"
		建築学会	12 400 以上	10 600 以上	"
		FKK A	12 400 以上	10 600 以上	"
		ASTM	12 247 以上	10 600 以上	"
4.09	12.4 12.4 12.4 (1/2")	JIS	16 400 以上	14 000 以上	"
		建築学会	16 400 以上	14 000 以上	"
		FKK A	16 400 以上	14 000 以上	"
		ASTM	16 330 以上	13 900 以上	"
4.22	12.8	FKK B	18 500 以上	16 000 以上	"

注) 土木学会は JIS に同じ
ASTM の降伏荷重は 1% 伸びに対する荷重

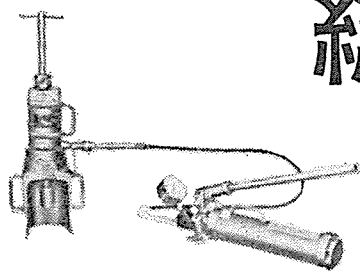
れたものである。もっともアメリカでは 1/2" 級のみならず 7/16" 級にもハイテンが実用化されている。ただし素線寸法は同じハイテンションの 1/2" 用でも多少異なっている場合がある (0.166", 0.167" 等)。国内規格ではレラクセーションが定められているが、この値は PC 鋼線と同値をとっている。

PC 鋼より線の引張荷重で、製造工程と関連する事項に接続の問題がある。

7 本より線で 1 リールの重量が 2 t とすると素線 1 本はその 1/7 の約 300 kg の単重、3 t 物であれば 400 kg を越える単重となる。最近線材一把の単重はほぼこの程度まで増加してきたが、線材で余尺を切捨てることもできないので、一般には伸線工程中のパテンチング熱処理前にバット溶接を行なう。

この箇所は、伸線後わずかに引張強度の低下がおこるが、7 本中の 1 本でより線にしてみればさらにその影響が薄れてくるし、またより線のある長さの中にこのような箇所が 2 ヶ所入らぬようにコントロールしているので実用上問題とするに当たらない(以下次号)。

PC 用油圧機器の 総合メーカー



センターホールジャッキ・モリプラー
PAT.No. 4 6 7 1 5 4

住友 DWジャッキ
PAT.No. 2 2 6 4 2 9

製造元

K.K 平林製作所

京都府宇治市槇島町目川 8
TEL 宇治 3 7 7 0

発売元

草野産業株式会社

本社
大阪市東区備後町 1 丁目 11 番地
TEL 大阪 (261) ~ 8 7 1 0 - 8 7 2 0
東京事務所
東京都千代田区神田錦町 3 丁目 21 番地
柴田錦橋ビル TEL (201) ~ 3546