

## 第7回 PC鋼材およびプレストレッシング

講師：妹尾 正和\*

## 1. はじめに

今回のテーマは、PC鋼材の受入れ・配置およびプレストレッシングです。主な内容は、PC鋼材配置と緊張作業の管理についてです。どちらの作業も、所定の精度が確保されないと、設計で要求された性能を発揮することができなくなることから、これらの作業にあたっては慎重な施工管理を必要とします。

プレストレッシングに際して重要なことは、設計計算書に示されたプレストレスを正しく導入すること、安全に作業することです。このために必要なことについて以下に解説します。

## 2. PC鋼材

## 2.1 PC鋼材などの材料

PC鋼材には、PC鋼線、PC鋼より線、およびPC鋼棒があります。PC鋼材以外の材料としては、シース（鋼製、ポリエチレン製）、定着具および接続具があります。今回の講座では、PC鋼材については、主にPC鋼より線について記述します。

## 2.2 PC鋼材の取扱い上の注意事項

PC鋼より線を運搬する場合の一般的な荷姿は、表-1および写真-1に示すとおりです。

表-1 PC鋼より線の荷姿

種類	荷姿	
未加工品	センタープル方式	
加工品	所定の長さに切断したものの	所定の長さに加工したものを束ねて出荷。長さが8m程度以上はコイル状にして出荷。
	PC鋼材の端部に定着具を一体加工したものの	所定の長さに加工して出荷。長さが8m程度以上はコイル状にして出荷。

いずれの場合でも、鋼材に巻きぐせをつけないように巻き直径は素線径の150倍以上とすることが望ましいです。

PC鋼より線を切断加工し、コイル状に巻いたものを運搬する場合には、荷姿がぐずれないように堅固に荷造りをしておく必要があります。また、PC鋼より線に局部的な



(a) センタープル方式



(b) 切断加工品

写真提供：住友電工スチールワイヤー(株)

写真-1 PC鋼より線の荷姿の一例

曲げや屈折を生じさせないようにする必要があります。

## 2.3 PC鋼材の受入れ

ポストテンション方式のプレストレスコンクリート構造物に使用するPC鋼材、シース、定着具および接続具については現場搬入時に所定の検査（受入検査）を行う必要があります。主な受入れ検査項目および判定基準は表-2に示すとおりです。

表-2 受入れ検査項目・判定基準

検査項目	判定基準	判定方法	不合格の対応
銘柄 種類 形状寸法	設計図書に適合すること	納品書および荷札にて確認	不合格品は返品・交換
外観	有害な傷・錆がないこと	目視	不合格品は返品・交換
数量	納品書記載数と現品数が合っていること	納品書を確認	早急に追加手配
品質	品質規格（JIS）に適合していること	ミルシートを確認	同一ロットの場合は返品・交換

## 2.4 PC鋼材の保管

PC鋼材を施工現場で一定期間保管する場合には、屋外放置はできるだけ避けることが望ましいです。これは、PC鋼材の腐食により緊張時の摩擦抵抗の増大や機械的性質の低下を防ぐためです。

やむを得ず屋外に保管する場合でも直接地面に置かず、木製の枠や枕木などの上に置き、シートなどで覆って雨露などにさらされないように保護する必要があります。

\* Masakazu SENOO：(株)建研 東京支店 設計部

### 2.5 PC 鋼材の現場での加工

工事現場で PC 鋼材を切断するためにコイルなどから引き出す場合には、有害な変形が生じないような方法で行う必要があります。

PC 鋼材を切断する場合には、各工法で指示されている切断方法に準じるとともに、余長が少なくてジャッキへのセットが不十分にならないように実際に配置する長さを測定する必要があります。

切断する場合は、高速切断機などによって切断します。PC 鋼材は熱による影響を受けてもろくなるおそれがあるため、ガス切断は通常行いません。

また、地面の上に適当な敷物などを敷き、PC 鋼材に土やごみなどの異物が付着しないようにするとともに、切断した鋼線のはねなどにより思わぬ事故となる場合もあるので、やぐらを組むなどして十分な安全対策を行うことも必要です。

### 2.6 シースおよび PC 鋼材の配置

#### (1) 配置前の確認 (損傷の有無、清掃状況等)

PC 鋼材をシースに挿入する前に、よごれ、錆、油脂などの付着物をふき取ります。また、PC 鋼材表面に傷などの欠陥がないことを、十分に点検します。

#### (2) シース (PC 鋼材) の保持およびその間隔

PC 鋼材の位置は、コンクリートの打込みや締固めにより移動しやすいので、PC 鋼材が動かないように堅固に保持しなければなりません。PC 鋼材を保持する間隔は、表 - 3 に示す値を標準とします。図 - 1 および写真 - 2 にシース保持の一例を示します。

表 - 3 シース (PC 鋼材) の保持間隔

PC 鋼材の種類	シースの保持感覚 (m)
PC 鋼より線	1.0 以下
PC 鋼棒	1.5 ~ 2.0
PC 鋼線	1.0 ~ 1.5

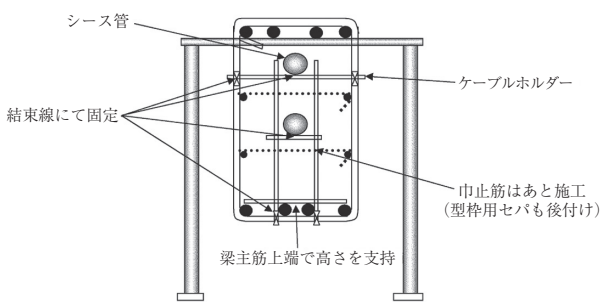
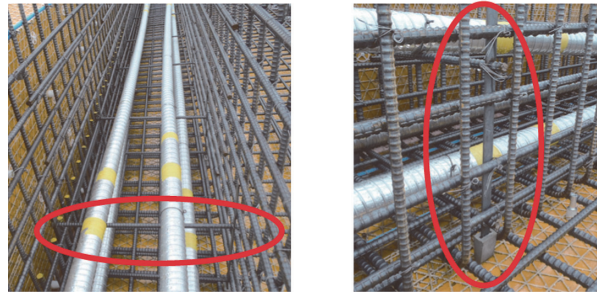


図 - 1 シース (PC 鋼材) 保持の一例

なお、保持する間隔については、それぞれの PC 鋼材定着工法で独自に定めているものもありますので、[PC 定着工法 2010 年版]<sup>1)</sup>などを参照して下さい。

また近年、ポリエチレンシースの使用例が多くなっていますが、この場合の保持間隔についても、基本的には表 - 3 に示す値とします。



写真提供：(株) 富士ピー・エス

写真 - 2 シース (PC 鋼材) 保持の一例

### (3) PC 鋼材の配置

PC 鋼材を配置する場合、PC 鋼材をシース内に挿入する時期によって以下のように分けられます。

#### ① PC 鋼材を先挿入する方法

所定の位置にシースをセットし、その後このシース内に PC 鋼材を挿入してコンクリートを打ち込む方法です。この方法は、コンクリート打設前に PC 鋼材が挿入されているので、シースの不具合 (シースのつぶれ、セメントペーストの漏れ) により PC 鋼材を通線できなくなるということがありません。

PC 鋼材長が長く、しかも PC 鋼材の角変化が大きい場合には、ウインチなどの機械を用いて機械的に引き込む方法、あるいは人力やプッシングマシンなどの機械を用いて押し込む方法によることが多いです。この場合には、シースを破損することのないように慎重に作業を行う必要があります。また、挿入時の衝撃などによって、所定の位置および高さに配置したシースがずれることのないように、堅固に固定しておきます。

#### ② PC 鋼材を後挿入する方法

所定の位置にシースをセットし、コンクリートの打込み後に PC 鋼材を挿入する方法です。この方法による場合には、コンクリートの締固め時にシースに働く浮力などによって、シースが湾曲することや振動機が接触することによって、シースがつぶれることがあります。これを防ぐために、シースの保持間隔を小さくしたり、コンクリート打設前にシース内にポリエチレン製のパイプを挿入しておくことが必要です。

#### (4) シースの許容配置精度

シースの許容配置精度は、表 - 4 の値を標準とします。鋼材の形状、寸法、位置、間隔およびかぶりなどは、構造物の設計・施工上とくに重要な事項であるので、コンクリートの打込みに先立って、ここに示す配置精度の範囲内で

表 - 4 シースの許容配置精度

項目	許容配置精度
シースの中心と部材線との距離	主要な設計断面の両側 $L/10$ の範囲 ( $L$ : 支間)
	その他の範囲

設計寸法の  $\pm 5\%$  または  $\pm 5\text{ mm}$  のうち小さい方の値。  
設計寸法の  $\pm 5\%$  または  $\pm 30\text{ mm}$  のうち小さい方の値。ただし最小かぶりは確保する。

あることを確認しておく必要があります。なお、表 - 4 の「主要な設計断面」とは、一般的に、断面力が大きい支間中央付近と支点付近などの位置の断面のことです。

## 2.7 定着具の取付け

### (1) 定着具の配置間隔

定着具は各工法ごとに定着具の配置間隔が決まっています。したがって、定着具を配置する際には、設計図のとおり配置し、さらに定着具の最小間隔や縁端距離などを確認することが重要です。

### (2) 定着面と PC 鋼材の直角配置

定着具の配置に際して、定着面と PC 鋼材は直角であること、および定着具とシースの継目部には折れが生じていないことを十分確認しなければなりません。図 - 2 のように定着具とシースの継目部に折れが生じていると、定着具付近の摩擦が非常に大きくなるばかりでなく、定着具の破壊の原因となることがあります。

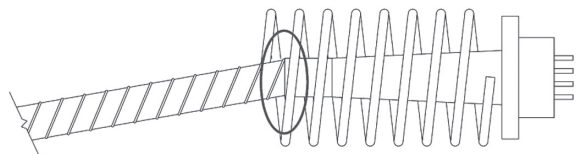


図 - 2 定着具とシースの折れの一例

### (3) セメントペーストの漏れない配置

定着具を型枠に取り付ける場合は、コンクリートの振動および衝撃に対して十分強固に取り付けなければなりません。また、型枠と定着具の間や定着具とシースの間からセメントペーストが漏れ入らないように十分注意して取り付ける必要があります。

## 3. プレストレッシング

### 3.1 プレストレス導入時のコンクリート圧縮強度

プレストレス導入時のコンクリート強度に関しては、下記の2つの条件を満足する必要があります。

#### (1) コンクリート断面に生じる圧縮応力度に対する安全率

プレストレス導入時のコンクリートの圧縮強度は、プレステッシング直後のコンクリートに生じる最大圧縮応力度の1.7倍以上でなければなりません。さらに、プレテンション方式の場合は30 N/mm<sup>2</sup>を下回ってはなりません。

プレストレス導入時のコンクリートの圧縮強度の確認は、部材の強度をできるだけ正確に推定できるように、部材と同様な養生条件で試験供試体を養生し、圧縮強度試験を行う必要があります。

#### (2) 定着具付近の支圧応力度から決まるコンクリートの圧縮強度

プレストレス導入時の定着部付近のコンクリートは、定着により生じる支圧応力度に耐える強度以上でなければなりません。

PC 鋼材の定着により生じる定着具付近の局所的な支圧応力度や引張応力度は、定着具の種類、定着具の間隔およ

びかぶりなどにより異なるので、定着具付近のコンクリート強度が各定着工法の設計施工基準などで規定されているコンクリート強度に達してから、PC 鋼材を緊張する必要があります。なお、とくに早期のコンクリート材齢時に PC 鋼材を緊張する場合は、定着具の間隔やかぶりについて注意する必要があります。必要に応じて、試験によりその安全性を確認します。

### 3.2 早期にプレストレスを与える場合の注意事項

橋の規模、構造、施工方法、施工時期および現場の条件などにより、以下のような場合にコンクリートの材齢の早期にプレストレスの一部を与えることがあります。

- 張出し施工の場合には、PC 鋼材の緊張が何回かに分けて行われるため、コンクリート強度が比較的低い時期にプレストレスが導入されるのが一般的です。
- 支間の大きい箱桁橋を支保工施工する場合などでは、コンクリートの打込みからプレストレスを導入するまでの期間が比較的に長いため、コンクリートの乾燥収縮によりひび割れ発生のおそれがあります。これを防止するため、コンクリートの材齢の早期（2～3日）にプレストレスの一部（0.5～1.0 N/mm<sup>2</sup>程度）を与える場合があります。
- 支保工の沈下が予想される場合および通行車両による振動の影響によりひび割れ発生が考えられる場合などには、早期にプレストレスの一部を導入する場合があります。

このように早期にプレストレスの一部を与える場合でも、プレストレス導入時のコンクリート強度は、コンクリートに生じる最大圧縮応力度の1.7倍以上であること、および定着具付近に生じる支圧応力度や引張応力度に対して安全であることを確認する必要があります。

### 3.3 プレストレッシングの準備

#### (1) 設計計算書の理解

プレストレスの導入は、設計計算を満足するように行うことが重要です。また、緊張作業中に生じる異常事態に対する判断、処置を迅速かつ的確に行うためにも、設計計算書の次の事項について理解しておく必要があります。

- 設計断面におけるコンクリート応力度と許容応力度との関係を理解しておく必要があります。とくに、設計断面に導入するプレストレス導入量を正しく知っておかなければなりません。
- PC 鋼材の緊張方向は、ポストテンション方式のT桁などでは両引きとすることが多いです。しかし、現場条件および施工方法などから片引きとしている場合がありますので、設計計算書および設計図などを確認する必要があります。また、床版などに対しては片引きとすることが一般的ですが、できるだけプレストレスが均等に分布するように、PC 鋼材1本ごとに緊張する方向を変えて行います。
- PC 鋼材の伸び量は、種々の要因により計算値と多少異なる場合がありますので、緊張前に予定伸び量を計算しておくことは、緊張時における異常が生じた場合にこれを早く知るうえで必要なことです。

## ○ 講座 ○

PC 鋼材の伸び量は、一般的には、PC 鋼線および PC 鋼より線では長さ 1 m あたり 5 ~ 6 mm、PC 鋼棒では 3 ~ 4 mm と考えます。

- コンクリートの弾性変形によって生じるプレストレスの損失について考慮する必要があります。詳細については、前講座〔プレストレスの基本第 1 回〕<sup>2)</sup> を参照して下さい。
- くさび式定着具を用いたポストテンション方式では、PC 鋼材定着時の定着部において、PC 鋼材に滑動が生じます。一般にこの滑動量をセット量と呼びます。このセット量の影響により PC 鋼材の引張力は減少します。セット量の詳細については〔プレストレスの基本第 1 回〕<sup>2)</sup> を参照して下さい。

### (2) 緊張順序

緊張順序は、設計計算書および設計図の指定を確認しておく必要があります。緊張順序の指定がない場合は、次のように決めます。

- 緊張順序は、できるだけコンクリートに大きな引張応力が生じないように、断面の図心に近い PC 鋼材を先に緊張すること。
- 桁端における PC 鋼材配置が図 - 3 の (a) のように 2 列配置になっている場合には、大きな偏心荷重が作用しないように、たとえば C3 の次には必ず C4 を緊張すること。
- 桁端における PC 鋼材配置が図 - 3 の (b) のように 3 列配置の場合は、中央の列の PC 鋼材 (C2, C5, C8) を全部緊張してから左右交互に緊張するのがよい。

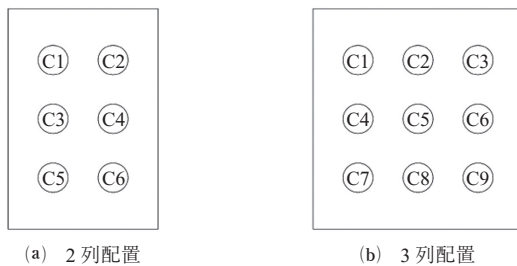


図 - 3 桁端部の PC 鋼材配置の一例

### (3) 緊張管理図の作成

PC 鋼材の緊張管理図は、緊張計算を行った後に、PC 鋼材 1 本ごとの緊張管理図とグループごとの管理図の 2 つを作成します。

### (4) 型枠および支保工の点検

プレストレス導入により、コンクリートは弾性変形を生じ、主桁は軸方向の短縮と上下方向のたわみによる変形が同時に起きます。また、横方向に偏心されて PC 鋼材が配置されている場合には、水平方向にも変形を生じます。

したがって、緊張時にこれらの軸方向短縮や上下方向のたわみを拘束するものがあると、コンクリートに所定のプレストレスを導入できません。緊張に先立って、プレストレス導入による弾性変形の方法と量を把握しておき、型枠支保工などがこれらの変形を拘束することがないことを確

認しておくことが重要です。

### (5) 緊張装置の準備点検

緊張装置は、ジャッキ、油圧ポンプおよびそれらの付属品から構成されています。これらの緊張装置は、緊張作業前にキャリブレーションおよび準備点検を行う必要があります。

キャリブレーションとは、荷重計の示度と荷重との関係を調整する作業のことです。通常はこれらの緊張装置を現場搬入前にメーカー側で調整します。

施工現場でのキャリブレーションは一般的に次の時点で行います。

- 最初の PC 鋼材緊張の直前
- ジャッキ、ポンプを修理した後
- ジャッキ、ポンプの組合せを変えた時
- 計算値と測定値とが著しく異なった時
- 長期に作業を中断した後、再開する時
- その他必要と認められた時

その他に緊張作業前の準備点検作業としては以下の項目があります。

- 油量を確認する。油は油圧ポンプ用タービン油を使用する。
- ジャッキ、ポンプおよび高圧ホースの両端のカプラーのゴミを取り除く。
- 高圧ホース内の空気を抜く。
- 油漏れの無いことを確認する。
- ポンプの操作手順に慣れておく。

### (6) 安全対策

PC 鋼材に導入する引張力は非常に大きいので、ジャッキの背後には、防護板を設置するとともに、危険作業中であることを第三者に知らせるために、標識などを掲げ、緊張中のジャッキ後方には、誰も立ち入ることができないように、立ち入り禁止とする必要があります。具体的な緊張作業時の安全対策については、前講座〔プレストレスの基本第 8 回〕<sup>2)</sup> を参照して下さい。

## 4. 緊張管理

緊張管理とは、いかに設計図書で指定されているプレストレスを部材に確実に導入するかを管理するものです。

実施工において、緊張作業によって導入されるプレストレスは、種々の要因によって誤差(ずれ)と変動(ばらつき)を生じます。したがって、緊張管理は、これらの誤差変動が一定の範囲内で安定していることを確認した上で、所定のプレストレスを導入し、それを確認します。緊張管理の詳細につきましては、前講座〔プレストレスの基本第 2 回~第 5 回〕<sup>2)</sup> を参照下さい。

## 5. 演習問題

今回の講座のまとめとして、○×形式の演習問題を用意しましたので、チャレンジしてみてください(PC 技士試験における過去問題を一部アレンジしています)。

- ① 一般的に PC 鋼材の伸び量は、PC 鋼線および PC 鋼より線では長さ 1 m あたり 5 ~ 6 mm、PC 鋼棒では、3 ~

- 4 mm である。
- ② ポストテンション方式において、PC 鋼材を緊張する順序は、断面図心から離れた PC 鋼材から緊張するのがよい。
- ③ 定着具の支圧面が緊張材に対して直角になっていないと、コンクリートに局部応力が発生して、ひび割れが生じる可能性がある。
- ④ プレテンション方式のプレストレッシング時のコンクリートの圧縮強度は  $30 \text{ N/mm}^2$  以上とするが、圧縮強度の確認に用いるテストピースは標準養生としてよい。
- ⑤ プレストレッシング時のコンクリートの圧縮強度は、プレストレスを与えた直後のコンクリートの最大圧縮応力度の 1.7 倍以上でなければならない。
- ⑥ 摩擦係数と見かけのヤング係数を試験緊張によらずに仮定する場合、PC 鋼より線では  $\mu$  (角変化ラジアンあたりの摩擦係数) = 0.3,  $\lambda$  (PC 鋼材長さ 1 m あたりの摩擦係数) = 0.004, 見かけのヤング係数は  $185 \text{ kN/mm}^2$  としてよい。
- ⑦ ジャッキとポンプの組合せを変えた時は、キャリブレーションを行う必要がある。
- ⑧ プレストレスの管理において、コンクリートの弾性変形は微少なので考慮する必要はない。

- ⑨ 緊張作業中は、ジャッキの後方で PC 鋼材の伸び量の管理をする。
- ⑩ シース (PC 鋼材) の保持間隔は、PC 鋼より線の場合は、1.5 m 以下でよい。

## 【演習問題の解答】

①○② × ③○④ × ⑤○⑥○⑦○⑧ × ⑨ × ⑩ ×

## 6. おわりに

今回の講座では、PC 鋼材とプレストレッシングについて解説しました。冒頭にも記載しましたが、プレストレスコンクリート構造物においては、プレストレスを設計図書通りに導入することがもっとも重要な項目です。そのために必要なプレストレスの管理に関する正しい知識を修得していきましょう。

さて、今回は、「グラウト (その 1)」について解説します。

## 参考文献

- 1) PC 定着工法 2010 年版, プレストレストコンクリート技術協会, 2010.12
- 2) プレストレストコンクリート vol.52-6 号~ vol.54-4 号, プレストレストコンクリート技術協会

【2013 年 8 月 5 日受付】



刊行物案内

## PC グラウトの設計施工指針 —改訂版—

平成 24 年 12 月

定 価 3,600 円 / 送料 300 円

会員特価 3,000 円 / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会