

PC構造物の施工と施工管理

5

PC 施工 研究会

プレストレッシング工

(執筆担当 宮地 清*)

1. 一般

プレストレッシング工は、普通の鉄筋コンクリート構造物の工程にはない作業であるが、PC構造物施工のなかで、最も重要な作業である。鉄筋コンクリートはコンクリートの強度増進にほぼ比例して、除々にその耐荷力は増加するが、PC構造物は、コンクリート強度が所定の強度に達しても、構造物としての耐荷力はほとんどないが、プレストレッシングによって瞬間的にその耐荷力を持つこととなる。また、プレストレッシング工は、最も設計計算と結びついたものであり、設計を理解しなければよい作業はできない。したがって、この作業前には、少なくとも次の事項を検討しておかなければならない。

- 1) 使用材料の確認と保管
- 2) PCケーブル、鉄筋および定着具の配置
- 3) 緊張用機械器具の整備点検
- 4) 緊張計算書の照査
- 5) 緊張管理方法の検討
- 6) 型わく、支保工の点検
- 7) プレストレッシング作業者の適正な配置
- 8) 安全管理

2. PC 鋼材取扱い上の注意事項

(1) 保管

PC鋼材の屋外放置を避ける。とくに腐食性ガス、または潮風などの影響を受けるおそれのある場合は、裸のままでは保管してはならない。

(2) 配置

- 1) 線材をコイルから引き出す際には、ねじれたり、よじれたり、曲折などさせないように注意をする。
- 2) 配置に際して、PC鋼材の加熱、折り曲げ、溶接などは絶対に行なってはならない。
- 3) PC鋼棒用カップラーのねじ込みは、カップラー中央まで完全にねじ込まなければならない。

(3) PC 鋼棒の前加工

- 1) 曲線配置をするために曲げ加工をする場合には、専用のバーベンダーを用い冷間で加工しなければならない。また、曲げ半径は、棒径の700倍以上でなければならない。
- 2) 長さを変更する場合には、必ず工場において再加工しなければならない。
- 3) 痛んだねじ部の手入れをする場合、ねじの谷部は絶対にやすりかけをしてはならない。また、ねじの谷部まで痛んだものは使用してはならない。

(4) プレストレス導入後の切断

- 1) PC鋼線および鋼より線では、定着工法にもよるが、一般に定着具から2cm以上離れた位置で切断するものとする。
- 2) PC鋼棒をガス切断する場合は、定着具から棒径の1.5倍以上離して行わなければならない。

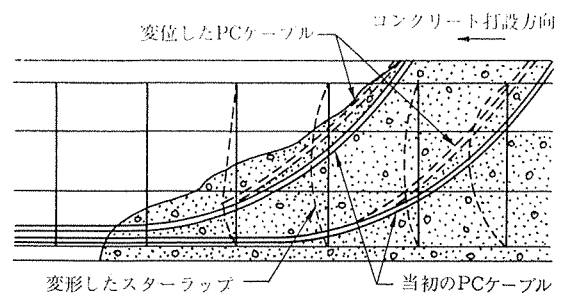
3. PC 鋼材および鉄筋の配置

(1) ケーブル支持

PCケーブル支持のために、特別なケーブルホルダーを用いる場合もあるが、スターラップ等にケーブルを緊結して支持するケースが多い。この場合、図—5.1に示すようにスターラップが弱いと、鉄筋がコンクリート圧によって変形し、ケーブル位置が変位するため、所定のプレストレスが与えられないことがある。

また、溶接によって鉄筋を結束する場合、溶接によるスパッターが飛散してシースに孔があき、モルタルが流入硬化したため、ケーブルダクト内摩擦損失が大きくなって、所定のプレストレスが与えられないことがあるので注意をする必要がある。

PCケーブルの支持間隔は、後述する表—5.3に示す



図—5.1 コンクリート打設と鉄筋、シースの変形

* 北海道ビー・エス・コンクリート(株) 本社技術部長代理

表-5.1 ケーブル支持間隔

PC鋼材の種類	支持間隔 (m)
鋼 線 束	1.2~1.5
鋼 より 線 束	1.0 以下
鋼 棒	1.5~2.0

摩擦係数を用いる場合には、表-5.1 に示す値とするのがよい。

分散ケーブル方式の場合、ケーブル支持間隔を大きくすると単位長さあたりの摩擦損失係数 λ は大きくなるので好ましくない。なお、ケーブル支持間隔については、土木学会制定各種工法別設計施工指針(案)で独自に定めているものもあるので、これらを参照するのがよい。

(2) ケーブル許容配置誤差

PCケーブルの許容配置誤差は、桁の場合次のとおりとする。

スパン中央、および連続桁の支点などの主要設計断面を中心に、その両側 $l/10$ (ここに l はスパン) の範囲では、それぞれのケーブルの中心位置と部材縁端距離の 5% 以内とする。この場合、5% の値が 5mm 以下の場合には 5mm、30mm 以上の場合には 30mm を限度とする³⁾ (図-5.2 参照)。

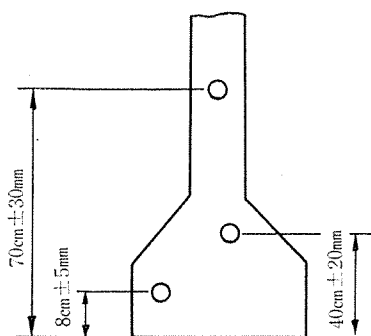


図-5.2 PC鋼材の許容配置誤差

スラブのように薄い部材では、ケーブル配置誤差の値に比較して、プレストレスに及ぼす影響は大きいので、配置に際しては特に注意をしなければならない。

(3) 定着部の補強

PC鋼材定着部付近のコンクリート応力分布は、非常に複雑なものであって、プレストレス力と直角方向におこるコンクリート引張応力の大きさおよびその位置は、プレストレス力の大きさ、定着具の数、定着具の位置およびコンクリート断面の形状寸法などによって異なるものである。構造物が複雑となったり、あるいは大形化すると、定着部付近のコンクリート補強鉄筋は、いっそう複雑なものとなる。

そのため、設計図上では構造物として必要な主鉄筋および配力鉄筋配置図と定着部付近のコンクリート補強鉄

筋とがそれぞれ別図に明示されている場合が多い。

このような場合、別図の補強鉄筋の配置を忘れたり、または鉄筋のかぶり、間隔などの関係から所定の補強鉄筋が配置できなかったり、または鉄筋の配置が密になりすぎて、コンクリートの打込みおよび締固めを十分に行うことが困難となり、そのため定着部付近のコンクリートの品質が悪くなり、かえってひびわれがおこるおそれが多くなったりするので注意をする必要がある。また、逆に設計図に示されている定着部コンクリート補強鉄筋が不足していたため、ひびわれがおこることもあるので、事前に設計図を十分検討し、必要な鉄筋を適切に配置しなければならない。従来から、しばしば見受けられるPC鋼材定着具付近におこるひびわれと、それらに対する補強鉄筋配置例を 図-5.3 に示す。

ひびわれ発生箇所	補強鉄筋配置例
(a) ひびわれ	補強鉄筋(スパイラル状鉄筋)
(b) ひびわれ	補強鉄筋
(c) P(曲線ケーブルの中心方向分力) この部分が割裂を起す。	補強鉄筋 PCケーブル
(d) ひびわれ	補強鉄筋
(e) ひびわれ	補強鉄筋

図-5.3 定着具付近におこるひびわれと補強鉄筋配置

4. プレストレッシング

(1) プレストレスを与えてよときのコンクリート強度

プレストレスの全量を与えてよときのコンクリートの圧縮強度は設計図に示されているが、一般に、部材の設計基準強度の 85% 程度とすることが多い。

しかし、現場の状況によっては、工期の短縮、あるいはプレキャスト部材で早期にプレストレスを与える必要がある場合は、コンクリートのクリープ、乾燥収縮によるプレストレスの減少量を再計算する必要がある。その

場合は、式(5.1)によって求めたクリープ係数(φ)、乾燥収縮度(ϵ_s)を用いてよい。

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= 2.0 \cdot k \\ \epsilon_s &= 15 \times 10^{-5} \cdot k \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(5.1)$$

ただし、 k は表-5.2 から求める。

表-5.2 中、 σ はプレストレスを与えるときのコンクリート圧縮強度で、 σ_∞ は次のように仮定してよい。

普通ポルトランドセメント：

$$\sigma_\infty = 1.15 \sigma_{ck}$$

早強ポルトランドセメント：

$$\sigma_\infty = 1.10 \sigma_{ck}$$

ここに、 σ_{ck} はコンクリート設計基準強度。

表-5.2 κ の 値

σ/σ_∞	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
κ	1.50	1.20	1.00	0.85	0.75	0.67

(2) 緊張順序および方向

緊張順序は、一般に設計計算書に示されているものであるが、この順序を誤るとプレストレスング中にひびわれが生じたり、計算どおりのプレストレスが与えられないこともあるので注意を要する。

緊張順序は、一般に次の事項を考慮して定めるべきである。

- 1) はりの両端に定着されているケーブルから緊張する。
- 3) できるだけ断面図心に近いケーブルから緊張する。
- 3) 現場打形式、等ではり端に定着されているケーブル数が多い場合は、プレストレスができるだけ均等に分布するように順序を定める。
- 4) はり中間部に定着されているケーブルは、はり端ケーブルの定着が終ってから、かつ、はり端に近いケーブルから緊張する。
- 5) 多数配置されている主桁ケーブルあるいは床版横縮ケーブルなどで、片引きを行う場合は、ケーブルダクト内の摩擦損失、等を考慮して、できるだけ左右のプレストレスが均等に分布するように緊張方向を変えて行うのがよい。

緊張順序の一例を示すと 図-5.4 のとおりである。

(3) 支保工上におけるプレストレスング

支保工上でコンクリートを打設しプレストレスング

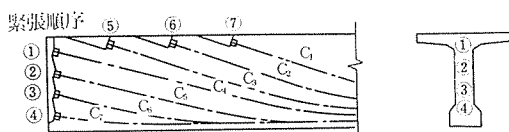


図-5.4 緊張順序

を行う場合は、支保工の種類によっても異なるが、とくに次の事項に注意をする必要がある。

a) コンクリート打設順序とプレストレスング

現場打形式のPC構造物では、1径間あたりのコンクリート量も多く、一般には腹部、下床版などのコンクリートを打設し、1~3週間後に上床版コンクリートを打設することが多い。この場合上床版コンクリート重量は、すでに硬化した腹部コンクリートに分担されることになる。腹部コンクリートの分担率(η_c)は次式で表わされる。

$$\eta_c = \frac{E_c \cdot I_c}{E_c \cdot I_c + E_s \cdot I_s} \dots\dots\dots(5.2)$$

ここに、 $E_c \cdot I_c$: 腹部コンクリート曲げ剛性

$E_s \cdot I_s$: 支保工はりの曲げ剛性

支保工はりとして型鋼あるいは鋼製組立ばりなどを用いた場合、支保工はりの曲げ剛性に比較して、硬化した腹部、下床版コンクリートの曲げ剛性は、はるかに大きな剛性を有するため、上床版コンクリートの自重は、ほとんど腹部コンクリート断面によって分担されることとなる(η_c は一般の場合 0.9~0.98 程度となる)。

このために、腹部コンクリートには初期応力(実例では 2~5 kg/cm² 程度でその値は小さい)が生ずることとなり、支保工はりの支間が大きい場合には、この値はかなり大きくなることもあり、さらにコンクリートの乾燥収縮、施工中の振動なども加算されて、ひびわれ発生の原因ともなるので、とくに注意をする必要がある⁴⁾。

最近の実例では、図-5.5 に示すようなコンクリート打設順序とし、上床版コンクリート打設前に腹部コンクリートに 5~10 kg/cm² の初期プレストレスを与えることによってよい結果が得られている。この場合初期プレストレスを与えたケーブルは再緊張することを原則とすれば、たとえば単純桁下縁では初期プレストレスの抵抗断面は腹部と下床版のみであるので、全断面にプレストレスを与える場合に比較して、一般に、安全側の値となる。

b) 支保工水平方向のプレストレスング拘束

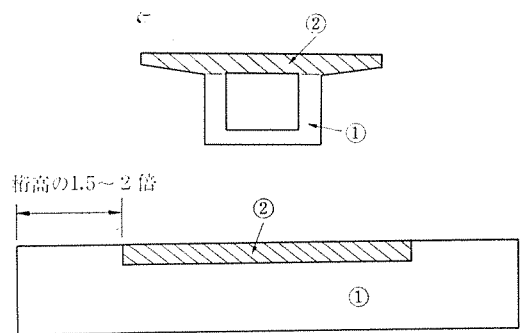


図-5.5 支保工上におけるコンクリート打設順序の例

レストレスを与えるとき支保工水平方向の剛性があまり大きいと、プレストレスングによっておこる桁の端縮を拘束することとなるので、プレストレスングの途中で水平方向の筋かいなどを外し、桁の変形を拘束しないようにしなければならない。一般の場合、桁長 100 m について 2~3 cm の端縮量がある。

c) 支保工の垂直方向弾性反力 支保工上で打設されたコンクリート重量によって、支保工の柱、はりには弾性的な変形 (δ_s) がおこっている。(プレストレス) + (自重) によって変形 ($\delta_p + \delta_o$) がおこるが、 $\delta_p + \delta_o < \delta_s$ ならば、全プレストレスが与えられても支保工から上向きの弾性反力を受けることとなる。一般に単純桁で支間中央ではプレストレスによって桁が反り上り、支保工から離れても、桁支承付近では桁の反り上りが小さいため、支保工から上向きの反力を受けることとなり、設計計算におけるプレストレスと自重が作用した状態と異なって、桁上縁の引張応力が大きくなったり、また桁下縁の圧縮応力が設計値より大きくなって危険側となる。

とくに、P C 桁 1 径間を 1 連の支保工はりで支える場合とか、不静定構造物でプレストレスによる変形が下向きになるような場合には、適切な降下装置を用いてプレストレスング中、適切な時期に支保工を降下させる必要がある⁵⁾。

5. プレストレスングの管理

プレストレスングの管理は、部材が必要とするプレストレスが正しく与えられたかどうかの確認のために行うものである。また、正常な状態でプレストレスングが行われているかどうかの判断の助けや、異常があった場合、その原因を早期に発見するための手段として、一般に管理図が用いられている。

プレストレスングは、P C 工事の中で最も大切な作業であり、設計計算書に示されるプレストレスを正確に導入しなければならない。プレストレスングの管理は、荷重計の示度と、P C 鋼材伸び量との両者によって管理するのが原則である。しかし、プレストレスは、P C 鋼材の断面積や、ヤング係数のばらつき、荷重計の狂い、P C 鋼材伸びの測定誤差、P C 鋼材とシースの摩擦係数のばらつきなどによって相当にばらつくものである。そして、これらのばらつきのなかには、まったくの偶然の原因によって避けられないものと、十分な注意を行えば避けられるもの、との 2 種類がある。プレストレスングの管理は、この両者のうち、不注意による誤差を最小限にとどめるために行うものであり、そのために統計的手法によって管理を行う必要がある。

プレストレスングの管理には、次のような方法があ

る。

- ① 摩擦係数による管理方法 (分散ケーブルの場合)
- ② 鋼棒を数多く用いる場合 (たとえば、ディビダーク工法)
- ③ ケーブル数が少ない場合の管理 (たとえば、レオンハルト工法)

本誌では、①「摩擦係数による管理方法」について述べることとし、②、③については参考文献 1) を参照されたい。

(1) 摩擦係数による管理方法

ポストテンション方式で、部材中に数ケーブル以上用いられる、いわゆる「分散ケーブル」の場合には、この方法が一般に多く用いられている。この理由は、

- 1) ケーブル引き止め点の決定が容易である。
- 2) 管理データが容易に求められる。
- 3) 過去に数多く用いられたケーブルでは、とくにそのつど試験緊張をしなくとも十分管理が行える。

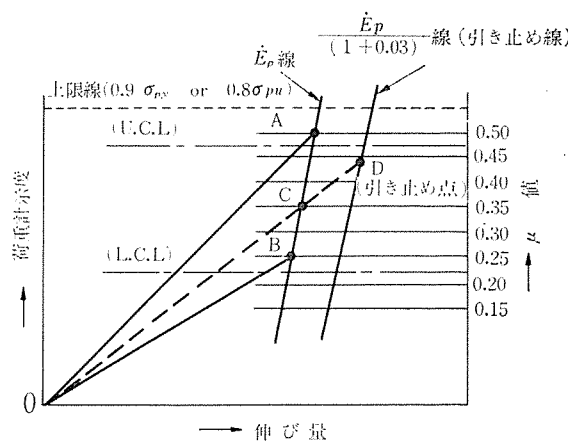
などの利点があるので広く用いられているのである。

a) 引き止め点の決定方法 ケーブル引き止め点は、ケーブル 1 本ごとに作成した緊張グラフ (図—5.6 参照) から求められるもので、この緊張グラフにはケーブル 1 本ごとの管理限界線、および引き止め線を前もって記入しておかなければならない。ケーブルの引き止め線、および引き止め点は、次のようにして求めることができる。

- 1) P C 鋼材の見かけのヤング係数 E_p および異なる 2 つの摩擦係数 (μ 値) を用いてジャッキ位置における緊張力と伸び量をそれぞれ求め、緊張グラフ上に図示する (図—5.6 の A および B 点)。この場合、緊張力、および伸び量の計算は次式によって求める。

$$P = P_0 \cdot e^{(\mu\alpha + \lambda l)} (1 + \beta) = P_0 \cdot e^{\mu(\alpha + r l)} (1 + \beta) \dots\dots\dots (5.3)$$

ここに、 μ : 角変化 1 ラジアンあたりの摩擦係数 (表



図—5.6 引き止め点の決定方法

—5.3)

- α : 角変化 (ラジアン)
- λ : PC鋼材の長さ 1 m 当りの摩擦係数
- l : PC鋼材の長さ (m)
- P : PC鋼材のジャッキの位置の引張力
- P_0 : 設計断面における PC鋼材の引張力
- β : ジャッキ内部と定着具による摩擦係数
- r : PC鋼材の単位長さ当りの角変化 (表—5.3)

PC鋼材の長さ 40 m 程度以下, PC鋼材の角変化 30° 程度以下の場合には, 次の近似式によって求めることができる。

$$P = P_0 \cdot (1 + \mu\alpha + \lambda l) \cdot (1 + \beta) \\ = P_0 \cdot \{1 + \mu(\alpha + r l)\} \cdot (1 + \beta) \dots\dots\dots (5.4)$$

また, PC鋼材の伸び量は次式による。

$$\Delta l = \frac{1}{2 \cdot \dot{E}_p} \sum (\sigma_{p(n)} + \sigma_{p(n+1)}) \cdot \Delta l_n \dots\dots\dots (5.5)$$

または

$$\Delta l = \frac{\sigma_{pi} \cdot l}{2 \cdot \dot{E}_p} \left\{ \frac{2 + \mu(\alpha + r l)}{1 + \mu(\alpha + r l)} \right\} \dots\dots\dots (5.6)$$

ここに, Δl : PC鋼材の伸び量

Δl_n : n 点より $n+1$ 点までの PC鋼材の長さ

$\sigma_{p(n)}, \sigma_{p(n+1)}$: n 点および $n+1$ 点の PC鋼材応力度

\dot{E}_p : PC鋼材の見かけのヤング係数 (表—5.3 による)

σ_{pi} : PC鋼材のジャッキ位置における引張応力度

上式における見かけのヤング係数 \dot{E}_p は, 厳密には試験緊張から求められるものであるが, 過去におけるデータの多いケーブルでは, そのデータから推定した値を用いてよく, また一般には表—5.3 に示す値を用いてよい。

表—5.3 見かけのヤング係数と摩擦係数

PC鋼材の種類	μ	$\dot{E}_p(\text{kg/cm}^2)$	r
鋼線束	0.30	2.00×10^6	0.013
鋼より線束*	0.30	1.90×10^6	0.016
鋼棒	0.25	2.05×10^6	0.016

* 安部ストランド工法および SEEE 工法を除く。

2) 上記 1) によって求めた A および B 点を結ぶ AB 線から, 伸び量が 3% だけ多くなるように, AB に平行な線 (図—5.6 における $\dot{E}_p/(1+0.03)$ 線) を引き, これをそのケーブルの引き止め線とする。

3) 引き止め点は, 緊張中に測定された荷重と伸び量から, プロットして得られた線の原点が, 図—5.6 の O 点になるように平行移動し, (C-O 線) この線と上記 2)

によって求められた引き止め線との交点 (図—5.6 における D 点) を引き止め点とする。ただし, 引き止め点は, PC鋼材の応力度が緊張中の許容応力度 ($0.9\sigma_{py}$, または $0.8\sigma_{pu}$ ここに σ_{py}, σ_{pu} はそれぞれ PC鋼材の降伏点強度, 引張強度) を越えない範囲でなければならない。万一, 引き止め点がこの範囲を越える場合には, 再度緊張をやり直すか, またはこの上限線以下でそのケーブルを定着し, 以後のケーブルによって, プレストレスの不足分を償うようにする必要がある。

引き止め点は, ケーブル 1 本ごとの管理限界内 (U.C.L. 線と L.C.L. 線の間) に入るようにしなければならない。万一, 連続して緊張した 2 ケーブルともに管理限界から出る場合には異常と考え, 管理限界値の検討や, (3) 「管理図の使い方」で述べるような検討を行う必要がある。

b) ケーブル 1 本ごとの管理図

ケーブル 1 本ごとの管理図を書くとき, すなわち 図—5.6 の A, B 点を求めるときの摩擦係数のばらつきの範囲は, 試験緊張から求める場合以外は ± 0.4 と仮定して十分安全である。たとえば, 表—5.3 から鋼線束の場合 $\mu=0.3$ であるから $\mu \pm 0.4 = 0.3 \pm 0.4 = +0.7$ or -0.1 をそれぞれ上, 下限管理限界としてよいのである。図—5.7 はケーブル 1 本ごとの管理図の例を示したものであるが, この例では計算の便宜上 $u=0.7$ と $u=0.0$ について, 式 (5.3)~(5.6) を用いて A, B 点を求めて図示してある。

ケーブル 1 本ごとの管理では, グループを代表するデータが 10 ケーブル以上得られた時点で新たに管理限界を算出し設定するものとする。

c) ケーブルのグループによる管理

分散ケーブル方式の場合には, 原則としてグループによる管理を行わなければならない。グループによる管理限界は, 試験緊張から求める場合以外は表—5.4 の値を用いてよい。すなわち, PCケーブル 1 本ごとの管理の際に得られた μ 値を統計量とし, 分けられた各グループの μ の平均値 $\bar{\mu}$ が表—5.4 に示した管理限界内に入るように管理するのである。ただし, 実際の緊張データが, 10 ケーブル以上得られた時点で, 新たに管理限界を算出しなければならない。

グループの分け方は, 全ケーブル数が分けられるように 1 グループのケーブル数を 3~10 本の範囲にして適当に分ければよい。ただし分けられたグループごとには, ケーブル形状の種類に差がないよう, できるだけ均一なグループに分けることが大切である。

管理限界を外れた場合の処置については, ケーブル 1 本ごとの管理の場合と同様である。

グループごとの管理図の様式を示すと 図—5.8 のとお

橋緊張管理図 (ケーブル1本ごとの管理図)

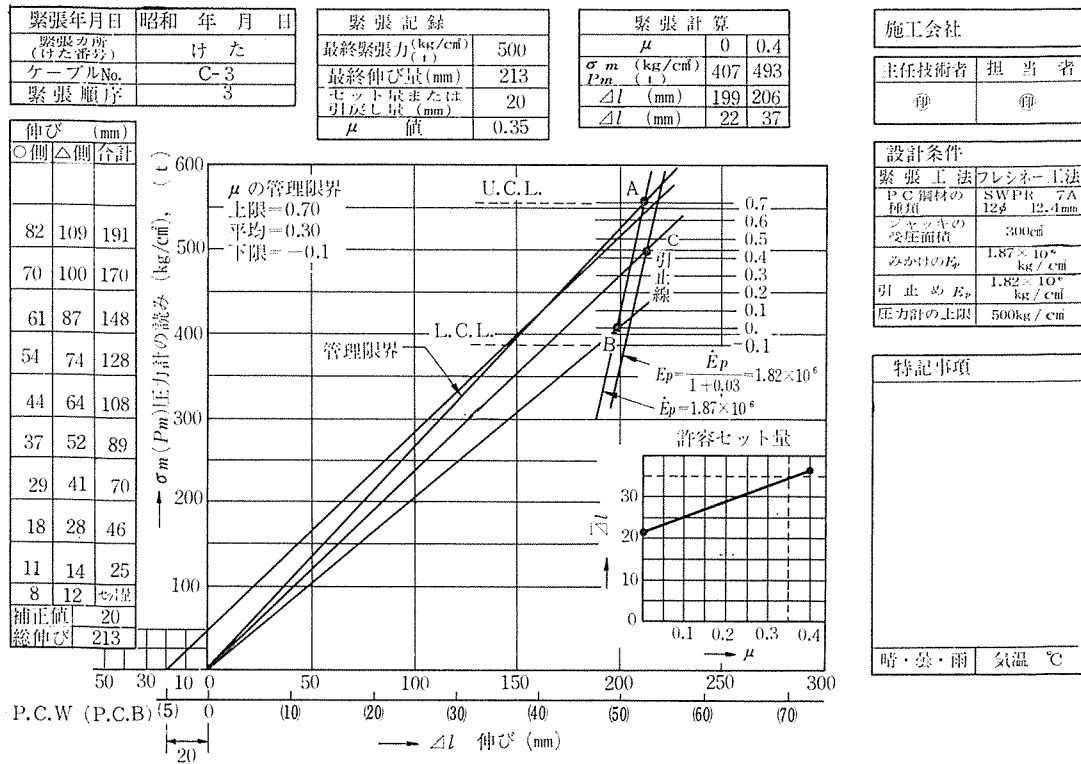


図-5.7 ケーブル1本ごとの緊張管理図様式

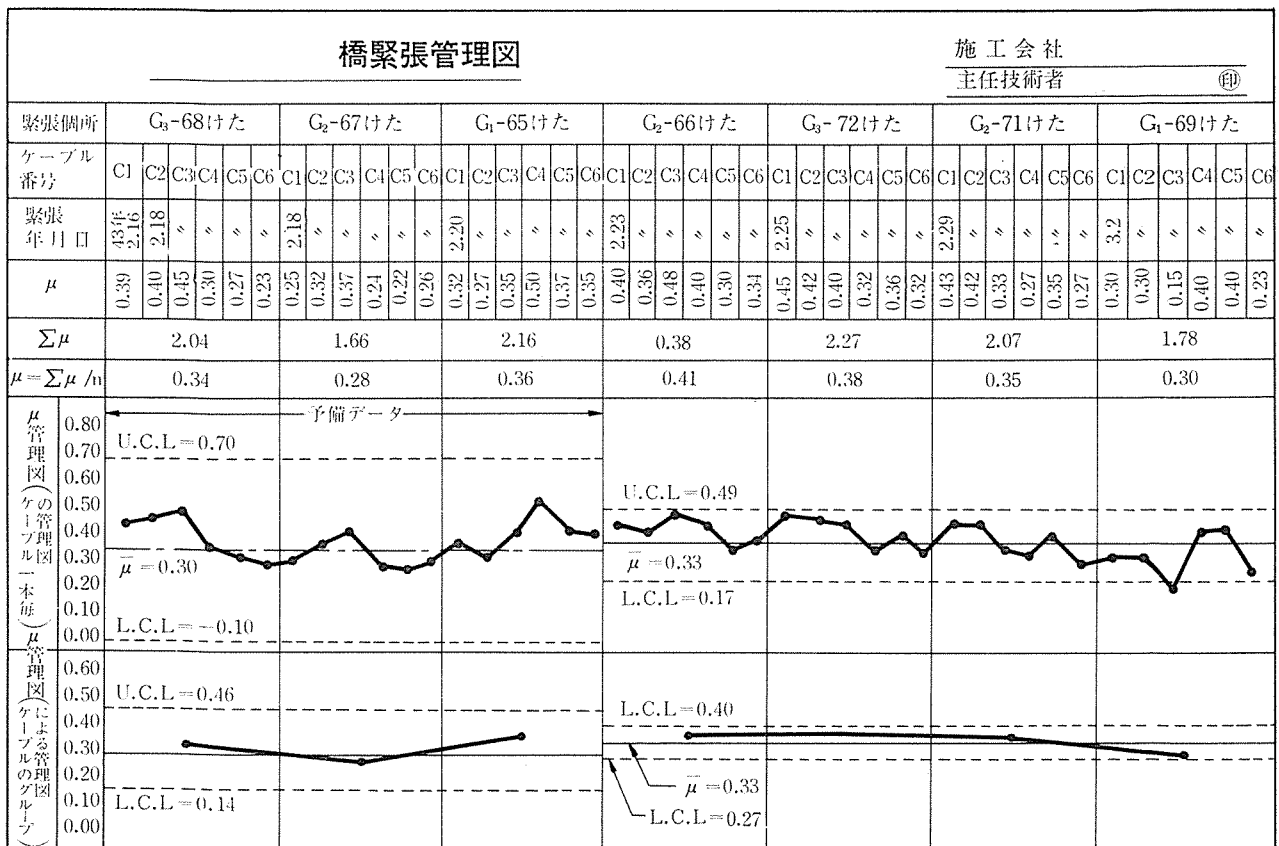


図-5.8 緊張管理図様式

表-5.4 管理限界表

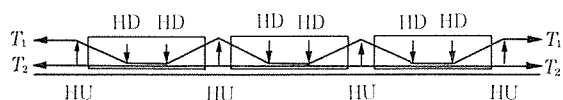
1組のケーブル数 (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10以上
管理限界* $\pm\mu$	± 0.28	± 0.23	± 0.20	± 0.18	± 0.16	± 0.15	± 0.14	± 0.13	± 0.13

* グループ管理は2 σ 法で管理することとし μ の標準偏差 $S=0.2$ として $\pm 2 \cdot S / \sqrt{n}$ の値を示した。

りである。

(2) プレテンション桁のプレストレスング管理

JIS A 5316 では、プレテンション方式でPC鋼材の一部を折り曲げて配置する橋桁(BD 桁)が規格化されているが、このような橋桁をロングラインシステムで製作する場合には、PC鋼材の折り曲げによる引張力の影響を考慮して、プレストレスングを行う必要がある(図-5.9 参照)。また、規格では「PC鋼材に与える引張力は、荷重計の示度とPC鋼材の伸びによって測定するものとし、これらから推定されるPC鋼材の引張力に5%以上の差があってはならない」としている。



T_1 : 折り曲げ鋼材の引張力
 T_2 : 直線鋼材の引張力
 HD: 折り曲げ鋼材の押し下げ力
 HU: 折り曲げ鋼材の引き上げ力

図-5.9 BD 桁の PC 鋼材プレストレスング

BD 桁のPC鋼材の緊張には次の方法がある⁹⁾。

- 1) 直線PC鋼材と折り曲げPC鋼材とを別々に緊張する。必要によって折り曲げ鋼材の引き上げを行う。
- 2) 直線PC鋼材と折り曲げPC鋼材とを同時に緊張する。折り曲げ鋼材の引き上げを行う。
- 3) あらかじめPC鋼材を折り曲げて配置し、直線鋼材と同時に緊張する。折り曲げ鋼材の引き上げは行わない。

1), 2)の方法では、折り曲げ鋼材は、最初に直線に配置し、直線鋼材と同時に緊張し(1次緊張)、その後折り曲げ鋼材を、あらかじめ計算された高さまで引き上げると、折り曲げ鋼材には2次的な引張力が加算されることになる(2次緊張)。また、3)の方法では、あらかじめ折り曲げて配置して、一端あるいは両端から緊張するもので、折り曲げ支持具の摩擦を極力少なくする必要がある。

したがって、1次緊張力は荷重計の示度とPC鋼材の伸びとによって管理をすることができるが、2次緊張力は、折り曲げ鋼材を引き上げる高さによって管理することになり、折り曲げ支持具の摩擦などによる不確定要素もあるので、定期的にPC鋼材引張力を直接測定することが必要である。

緊張定着されたPC鋼材の引張力を直接測定するに

は、オシロスコープ、ビジグラフなどの機器によって、PC鋼材の振動数を測定し、振動数から引張力を求める方法、特殊なテンションメーターを用いて、PC鋼材直角方向に力を加え、その力と変位との関係からPC鋼材引張力を測定する方法などがある。

(3) 管理図の使い方

管理図を書く主目的は、プレストレスングに関する種々の作業工程が正常かどうかを客観的に判断するための資料とすることである。したがって、データを管理図のようにグラフ化しても、ただ眺めているにすぎなければ、単に形式的にグラフ化のための管理図にとどまる。このように、グラフ化しただけで、なんの処置もとらなければ、それは管理図と呼ぶことはできないし、緊張管理を行っているとはいいがたい。したがって、緊張管理図を品質管理のための管理図として役立たせるよう工夫していくことが必要である。

a) 安定状態を示す管理図

安定状態を示している管理図とは、次のようなものである。

- 1) 管理図に記入された点が管理限界内にあること。ただし、20 点に 1 点の割合以下では管理限界外に出ても直ちに異常とは認めない。なお、管理限界線上の点は、管理限界外の点として取り扱う。
- 2) 管理図上の点が中心線(\bar{x} 線)のまわりに多く集まっていると同時に、それが適当に分散していること。
- 3) 上記 2) の状態で、さらに限界線付近では非常にまばらにしか点のないこと。

管理図で以上の状態が得られれば、緊張作業は安定状態であり、したがって正しいプレストレスが与えられていると判断できる。また、このような状態のもとで計算された管理限界線は、次の緊張に対する管理の基準として採用できる。

b) 安定状態を示さない管理図

緊張管理図が次に示す状態にあるときには、緊張に関する工程は安定状態ではなく、したがって、何らかの異常があると判断し、ジャッキ、ポンプの検査、材料の保管、ケーブル配置や、コンクリート打設、などの施工法の検討、および管理限界線の再検討など、その原因を究明する必要がある。しかし、管理はできるだけ均一な製品を作るために行うものであり、次に示す不安定状態にあるからといって、その桁の耐荷力が必ずしも不足している桁だとはいえない。しかし不安定状態を示す原因を究明し、適切な処

置をとることによって、以後の工程の改善に役立てなければならない。

1) 管理限界外に連続して2点以上とび出た場合：2σ法で管理しているので20回に1回は管理限界外に点のとび出ることもあるが、それが連続してとび出る確率は $(1/20)^2=1/400$ となり、非常に少ないものである。したがって、このような場合には徹底的に原因を追求する必要がある。

2) 連続的に中心線の片側にある場合：管理図の中心線の片側に、点が連続して現われる場合である（図-5.10 参照）。

この場合は次に示す判定基準にもとづいて処置をとるものとする。

連続5点……将来の動きに対して注意する。

連続6点……何か原因があるものとして調査をはじめ

る。

連続7点……安定状態になるよう処置をとる。

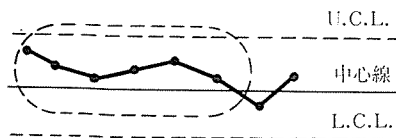


図-5.10

3) 点が中心線に対し片側に多く出る場合：前記のように連続しなくても、中心線の一方の側に点が多く出る場合（図-5.11 参照）には、やはり特殊な原因があるとして、次の四つの判定基準により調査を行う。

連続11点中10点が片側に現われる場合

連続14点中12点 "

連続17点中14点 "

連続20点中16点 "

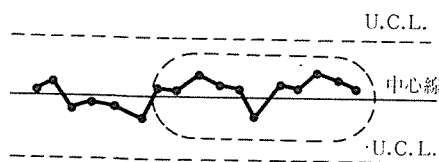


図-5.11

4) 点が連続して上昇または下降する傾向の場合：この場合も、2)の場合と同様、7点連続したら異常として処置をとる（図-5.12 参照）。

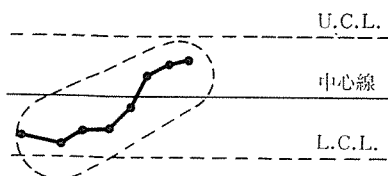


図-5.12

この現象は、たとえば、荷重計が徐々に狂い出してきた場合などに現われる。

6. プレストレッシングの応用

この講座では、プレストレッシングの管理を主体として述べたが、PC工法の応用面はきわめて広く、各種の構造物、部材に使用されているが、いずれの場合でもプレストレッシングの管理の基本的な考え方は同じと考えられる。構造物の種別あるいはプレストレッシングの目的によって、管理方法も変ると思われるが、プレストレッシングの目的に適合し、構造物の重要度に応じて所要の安全度を有するように適切な管理を行うことが大切である。

プレストレッシングの特殊な応用例を示すと次のようである。詳細は文献8)を参照されたい。

- 1) PC舗装
- 2) PCタンク（図-5.13、写真-5.1 参照）
- 3) 原子炉用PC压力容器および格納容器。
- 4) PCパイプ、ポール、パイプ、矢板、まくらぎ
- 5) 橋脚、ドックゲート、沈埋函

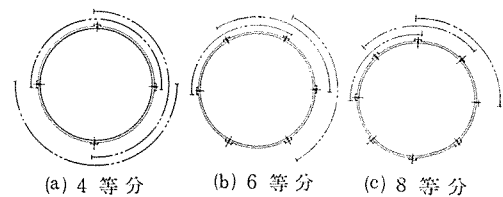


図-5.13 PCタンクの円周方向PCケーブル配置例

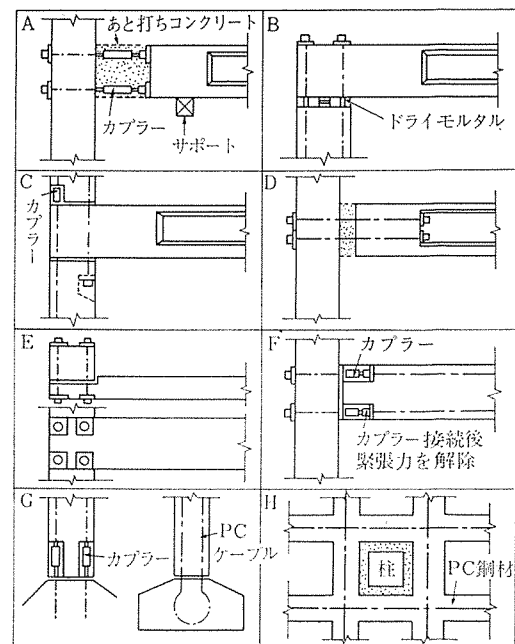


図-5.14 プレキャスト部材の接合部にプレストレスを応用した例

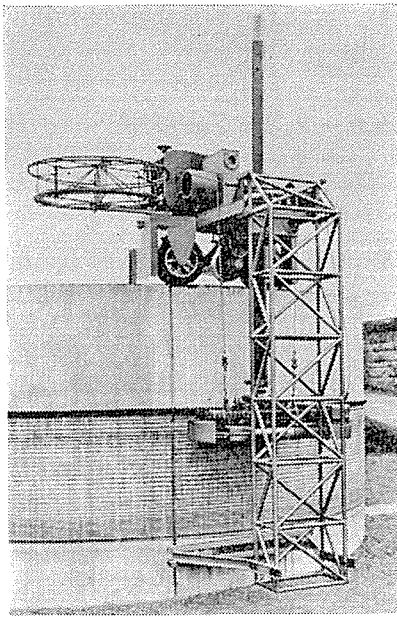


写真-1

- 6) 岩盤に対するプレストレスと構造物のアンカー
- 7) 建築構造物への応用とプレキャスト部材の接合
(図-5.14 参照)

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：プレストレスト コンクリート道路橋施工便覧。
- 2) 土木学会：プレストレスト コンクリート設計施工指針。
- 3) FIP-CEB Joint Committee 1966 : Practical Recommendations for the design and construction of Prestressed Concrete Structures.
- 4) 宮地：プレストレスト コンクリート工事の施工計画，プレストレスト コンクリート，Vol. 5, No. 6, 1963.
- 5) 富樫，湯田坂外：建設工事の仮設計画と実例。
- 6) PC建設業協会：JIS A 5316 によるPC桁製造便覧。
- 7) Libby, J.R. : Modern Prestressed Concrete.
- 8) 猪股，宮地，三浦，小寺，百島，本岡：PC工法への応用。

年次研究発表会概要集販布について

定 価：第 5, 6, 7, 8, 9, 12 回	各 250 円
第 11 回	200 円
第 10, 13 回	300 円
送 料：いずれも1冊につき 60 円	
代金を添え協会までお申し込み下さい。	



プレストレストコンクリート

構造物の設計・施工
(BBRV・フレッシュ・SEEE工法)
製品の製造・販売
(けた、はり、パイル、マクラギ、版類)

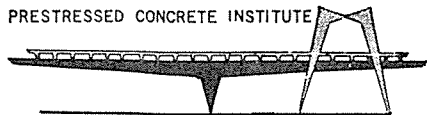
ASC 北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社
札幌支店
東京支店
名古屋支店
大阪支店
仙台営業所
建築営業所
福岡営業所
静岡事務所
広島事務所
美唄工場
幌別工場
掛川工場
京都工場

東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)
札幌市中央区北5条西5丁目2番地(住友生命ビル)
東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)
名古屋市中区錦3丁目2番31号(栄町ビル)
大阪市北区万才町4番3号(浪速ビル)
仙台市本町1丁目1番8号(日本オフィスビル)
東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)
福岡市博多区博多駅前1丁目3番地(八重州博多駅前ビル)
静岡県掛川市富部
広島市立町1番20号(広島長銀ビル)
美唄市字美唄1453の6
幌別市千歳町130番地
静岡県掛川市富部
京都市南区久世東土川町6

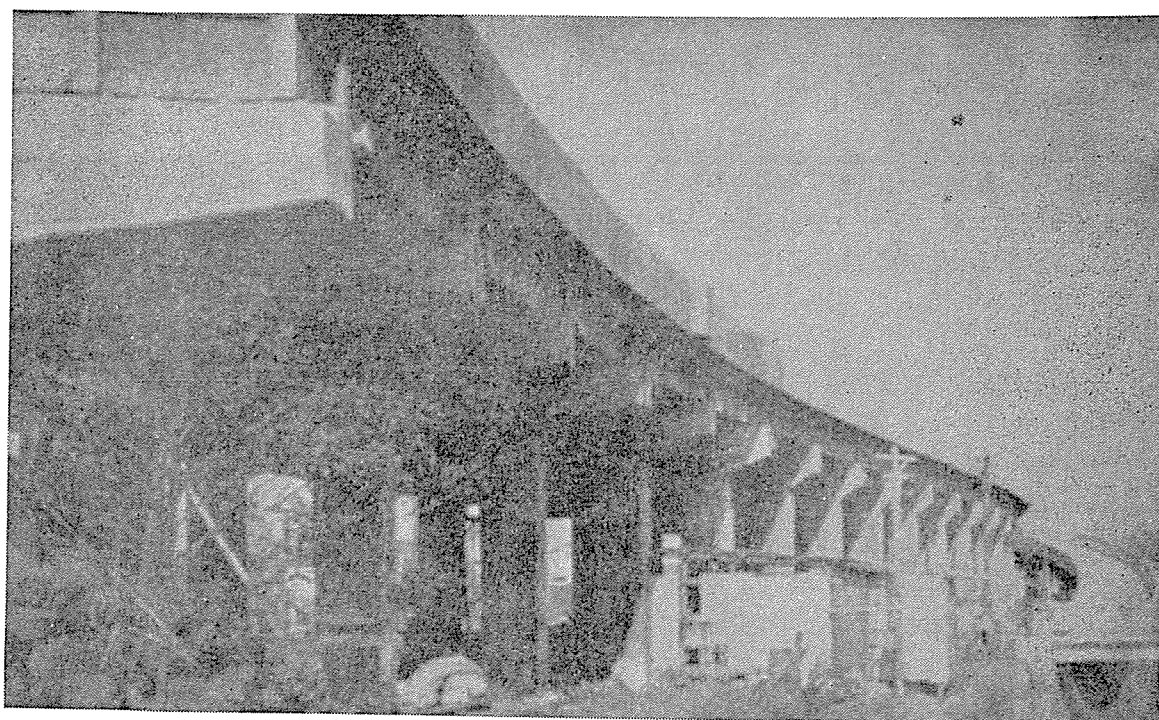
☎ (03) 918-6171
☎ (011)241-5121
☎ (03) 918-6171
☎ (052)961-8780
☎ (06) 313-0751
☎ (0222)25-4756
☎ (03) 918-6171
☎ (092)441-9131
☎ (05372)2-7175
☎ (0822)48-3185
☎ (01266)3-4305
☎ (01438)5-2221
☎ (05372)2-7171
☎ (075)922-1181

MEMBER
PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE



興國のPC鋼線

鋼線・より線・異形線



★興國のPC鋼線・より線・鋼棒は国内はもとより海外の土木・建築に好評を得ております★



日本工業規格表示工場 B. B. R. V. 工法用鋼線認定工場 P. C. I. (アメリカP. C. 協会) 会員

興國鋼線索株式會社

本社	東京都中央区宝町2丁目9番地 宝町清水ビル	電話	東京 (561) 2 1 7 1 代表
大阪営業所	大阪市西区阿波通り1の67の1 大急ビル550	電話	大阪 (541) 3 5 9 5 代表
東京工場	東京都江東区亀戸町九丁目19-15号	電話	東京 (681) 5 3 7 1 代表
大阪工場	大阪府貝塚市堤300番地	電話	岸和田貝塚(3)3701代表
新潟工場	新潟県加茂市上条1369番地	電話	加茂(2) 0 2 8 0 代表