

## 講座

## プレストレストコンクリート造

## 建築の設計法

## はじめに

プレストレストコンクリートが建築に使用され始めてから、約 30 年以上経過したが、使用率の増加は、それほどではない。この間、建築学会、建築センター等のプレストレストコンクリートの設計・施工規準、その他刊行物も多々出版され、設計に当たり支障は無いと思われるが、初めてプレストレストコンクリートを設計する方から、構造のモデル化の仮定その他について、判断に迷う点が多いと聞いている。今回は、場所打ちプレストレストコンクリート構造の設計例を、解説を多くして説明

する。本講座によりプレストレストコンクリートを使用しようと思う設計者が多くなることを願う次第である。

## 設計例

## プレストレストコンクリート造 3 階建て事務所

## ○建物概要

本建物は 3 階建て（地下なし）事務所建築で X 方向は 8 スパン 3 層、Y 方向は 3 スパン（プレストレストコンクリート部分は 1 スパン）3 層のラーメン構造である。X、Y 方向とも端部にある壁付きラーメンで地震力を一部分担している（図-1、2 に平面図、断面図を示

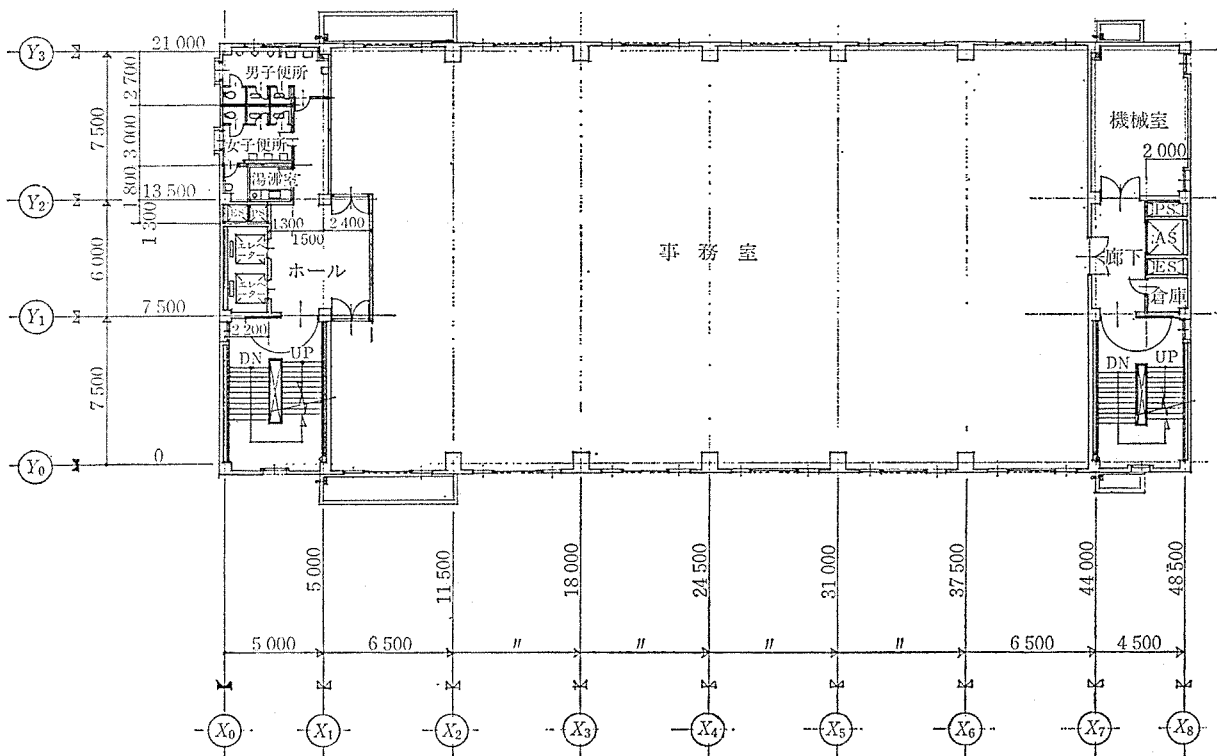


図-1 2, 3 階平面図

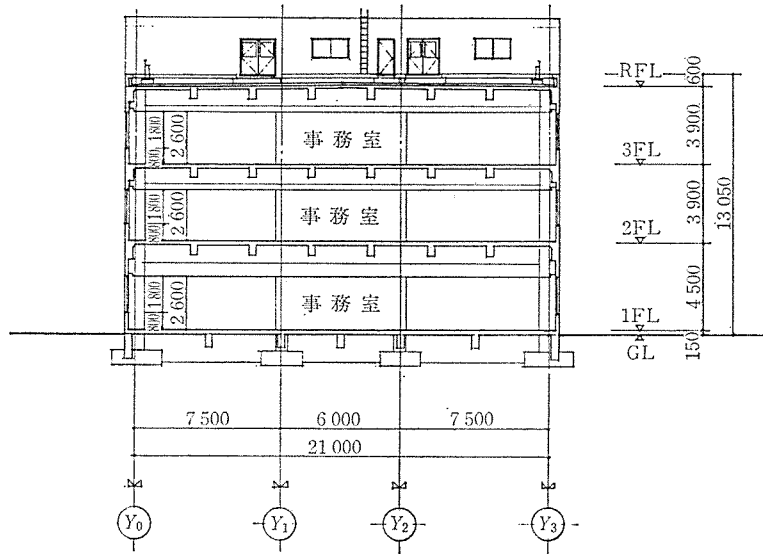


図-2 断面図

す)。

用途：事務所

規模：地上3階建て，地下なし

構造形式：梁間 場所打ち一体式ポストテンション方式プレストレストコンクリート造  
桁行 鉄筋コンクリート造

設計規準：日本建築学会 鉄筋コンクリート関係諸規準（以下，RC 規準と記す）

日本建築学会 プレストレストコンクリート設計・施工・同解説（以下，PC 規準と記す）

日本建築センター プレストレストコンクリート造設計施工指針（以下，センター PC 規準と記す）

積載荷重： (単位：kg/m<sup>2</sup>)

	床スラブ用	梁 用	地震用
屋 根	180	130	60
事 務 室	300	180	80
コ ア 内	300	180	80
機 械 室	600	400	200

層せん断力算定の諸数値：

地 域 係 数：Z=1.000

地 盤 種 別：第2種地盤

標準せん断力係数：C<sub>0</sub>=0.200

塔 屋 の 震 度：K=1.000

1次固有周期：T<sub>X</sub>=0.249(sec) (0.02 h による)

：T<sub>Y</sub>=0.249(sec) (0.02 h による)

準備計算その他 RC 造の計算と同じであるので，結果のみを示し途中の計算は省略した。

解説

一般事項

a. 設計方針

PC 部材は，コンクリートに引張応力の発生を許さない設計（1種，フルプレストレスの設計）とする。

b. 構造計算ルート（解図1参照）

本設計例では Y 方向（プレストレストコンクリート部材方向）はルート 2a，X 方向（RC 造方向）は 2c である。

プレストレストコンクリート構造には，RC 構造，SRC 構造に無い，終局強度設計のルート 3a がある。ルート 3b の保有水平耐力設計に比して簡便であるが，4~5 層以上の高層建物では経済的に不利なことが多い。

c. 仮定断面

事務所，体育館等の一般的な荷重の場合には，梁せいは，スパンの 1/18~1/20 程度とし，梁幅は 35 cm~55 cm，端部は梁端より 3 m~4 m の位置より水平ハンチをとり，梁幅を 50 cm~75 cm とする。

柱は，4~5 建てまでは各階とも同じ断面とする。

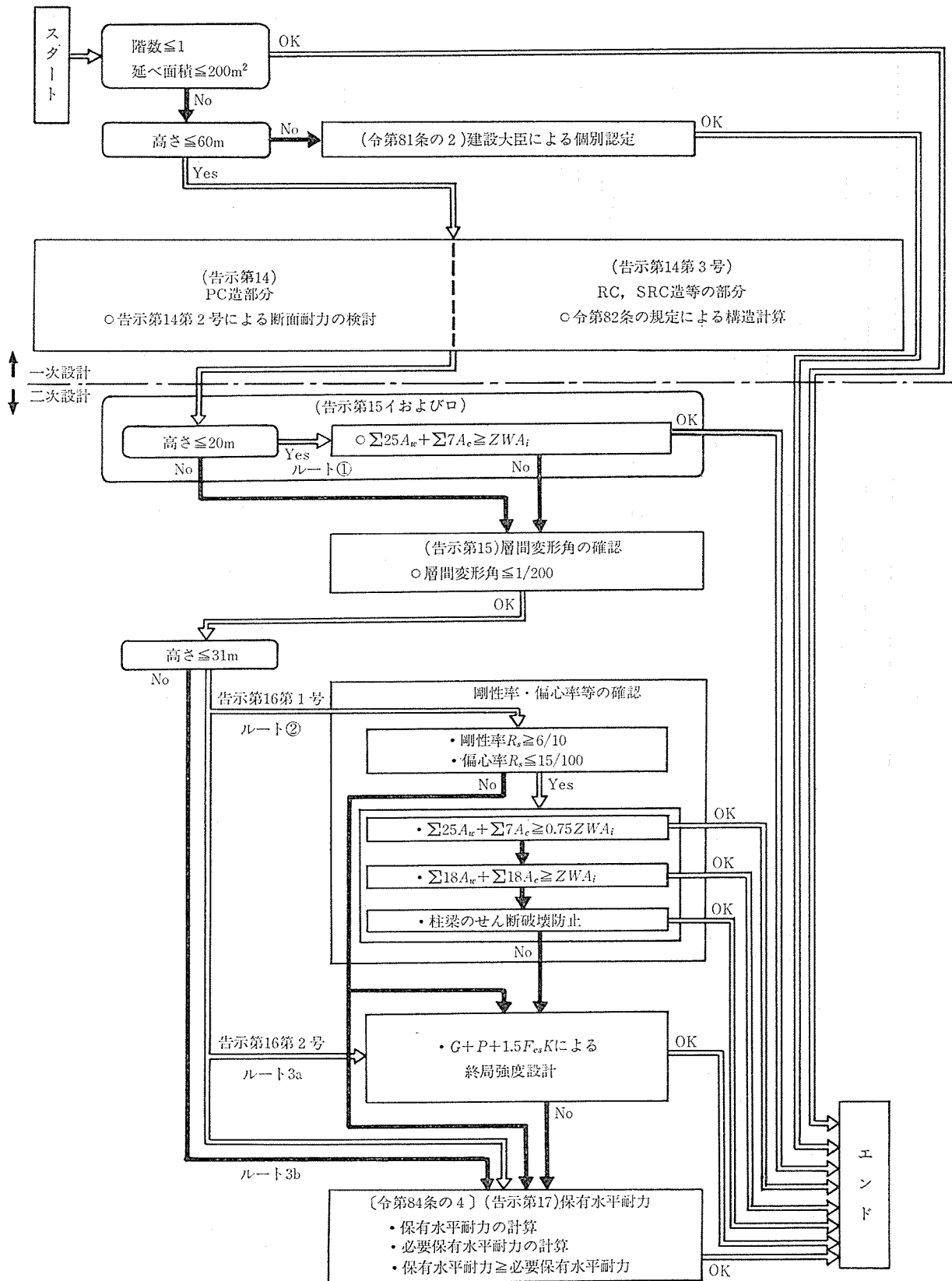
柱の剛比は，梁のたわみ，振動を少なくするため梁の3倍以上が望ましい。鉛直荷重時の柱軸力/柱断面は，30~45 kg/cm<sup>2</sup> に仮定する。

d. 仮定断面の略算

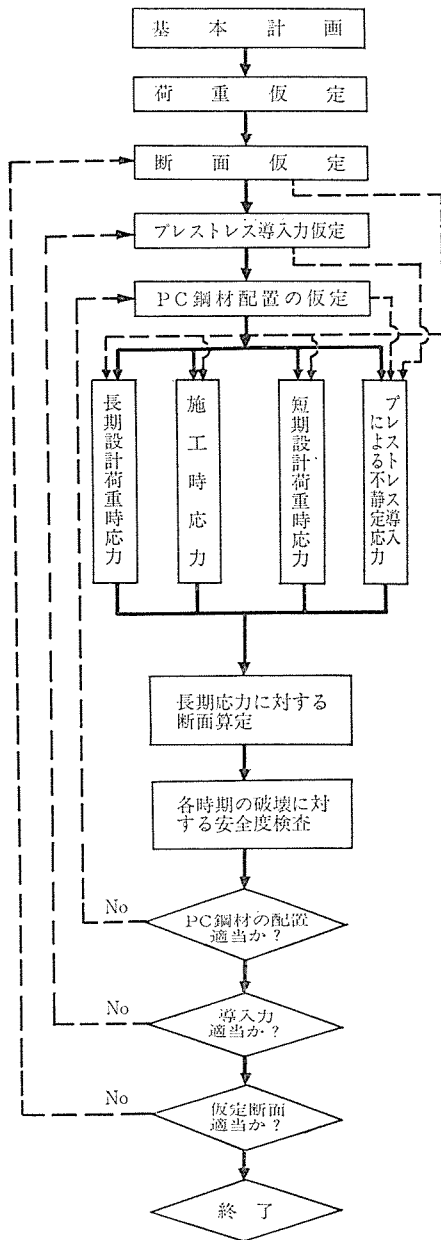
1. 仮定断面の断面積，核の長さを求める (K=Z/A)。

2. 単純梁として設計モーメント ( $m_0 = \frac{wl^2}{8}$ ) を求める。

3. 必要プレストレス力を求める。



解図 1 プレストレストコンクリート造建築物の構造計算ルート



解図2 プレストレストコンクリート構造フローチャート

有効プレストレス  $\sigma_g = P_e/A$ ,  $\sigma_g = (0.35 \sim 0.45) \times F_c/3$  と仮定し,  $P_e = \sigma_g A$  より  $P_e$  を求める。 $P_e$  は PC 鋼材の引張強度  $P_u$  の約 1/2 であるから,  $P_e$  の 2 倍の値を PC 鋼材表より求め, 各 PC 工法の線材の組合せ本数よりケーブル本数を求める。

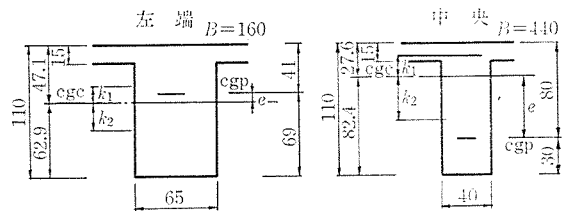
4. 抵抗モーメントを求める。

中央  $rM_C = P_e(e + K_1) \geq (0.7 \sim 0.85) M_0$

端部  $rM_E = P_e(e + k_2)$

$rM_C + rM_E \geq 1.1 \sim 1.2 M_0$

(計算例)



cgc : 断面の重心  
cgp : PC鋼材の重心

解図3

- |                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. 中央                            | 端部                            |
| $A = 10\,400 \text{ cm}^2$       | $A = 8\,575 \text{ cm}^2$     |
| $Z_1 = 372\,400 \text{ cm}^3$    | $Z_1 = 210\,500 \text{ cm}^3$ |
| $Z_2 = 124\,700 \text{ cm}^3$    | $Z_2 = 157\,700 \text{ cm}^3$ |
| $K_1 = Z_2/A = 11.99 \text{ cm}$ | $K_1 = 18.39 \text{ cm}$      |
| $K_2 = Z_1/A = 35.81 \text{ cm}$ | $K_2 = 24.55 \text{ cm}$      |
| $Y_1 = 47.11 \text{ cm}$         | $Y_1 = 47.11 \text{ cm}$      |
| $Y_2 = 82.4 \text{ cm}$          | $Y_2 = 62.9 \text{ cm}$       |

2.  $M_0$  の計算

- 梁  $w = 0.4 \times 1.1 \times 2.5 = 1.1 \text{ t/m}$   
 スラブ 0.15 m  
 小梁平均厚  $0.3 \times 0.6 \div 3 = 0.06 \text{ m}$  } 0.21 m  
 スラブ小梁  $w = 0.21 \times 2.4 \times 6.5 = 3.41 \text{ t/m}$   
 仕上げ+L.L  $w = (0.08 + 0.18) \times 6.5 = 1.69$   
 $\Sigma w = 6.2 \text{ t/m}$

$M_0 = wl^2/8 = 6.2 \times 21^2/8 = 341.8 \text{ tm}$

3. 必要プレストレス

$\sigma_g = 0.4 \times F_c/3 \times A = 0.35 \times 360/3 \times 10\,400 = 436\,800 \text{ kg}$

PC 鋼より線 SWPR 7 B 12.7 mm の引張強度 18 700 kg

$n = 436\,800/18\,700 \times 0.5 = 46.7 \text{ 本} \div 42 \text{ 本}$

VSL 工法 7 本より 12.7 mm で 1 ケーブルを 6 ケーブル

4.  $rM$  の計算

中央  $rM_C = P_e(e + K_1) = 6 \times 7 \times 18.7/2 \times (0.524 + 0.1199) = 252 \text{ tm} \div 0.7 M_0 = 341.8 \times 0.7 = 239 \text{ tm}$

端部  $rM_E = P_e(e + K_2) = 6 \times 7 \times 18.7/2 \times (0.061 + 0.2455) = 120 \text{ tm}$

$rM_C + rM_E = 252 + 120 = 372 \text{ tm} \div 1.1 \times M_0 = 341.8 \times 1.1 = 375 \text{ tm}$

端部と中央の鉛直荷重時設計応力はプレストレス力による不静定応力で変化するので, PC 鋼材の配置によって分配することができる。

鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度  
(kg/cm<sup>2</sup>)

	コンクリート	長期		短期
		曲げ材上端	その他	
異形丸鋼	$F_c=270$	16.2	24.3	(長期)×1.5
	$F_c=210$	14.0	21.0	

A. 使用材料, および材料許容応力度

1. PC 部分

コンクリート

設計基準強度		$F_c=360 \text{ kg/cm}^2$
許容圧縮応力度	プレストレス導入時 $f_c'$	$0.45 \cdot F_c=162.0 \text{ kg/cm}^2$
	設計荷重時 $f_c$	$1/3 \cdot F_c=120.0 \text{ kg/cm}^2$
許容引張応力度	プレストレス導入時 $f_t'$	$0.07 \cdot f_c'=11.3 \text{ kg/cm}^2$
	設計荷重時 $f_t$	$=0.0 \text{ kg/cm}^2$
許容斜め引張応力度	プレストレス導入時 $f_t'$	$0.07 \cdot f_c'=11.3 \text{ kg/cm}^2$
	設計荷重時 $f_t$	$0.07 \cdot f_c=8.4 \text{ kg/cm}^2$
引張強度	$\sigma_t$	$0.07 \cdot F_c=25.2 \text{ kg/cm}^2$
弾性係数	$E_{pc}$	$3.00 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

PC ケーブル

ケーブル	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (t/ケーブル)	降伏強度 (t/ケーブル)	許容引張力 (t/ケーブル)	弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
SWPR 7B 7-12.7φ	690.97	130.90	111.30	(94.50) 89.04	$2.0 \times 10^6$

( ) 内は施工時引張力を示す。

2. RC 部分

コンクリート

種 別	長 期			短 期		
	圧 縮 $f_c$	引 張 $f_t$	せん断 $f_s$	圧 縮 $f_c$	引 張 $f_t$	せん断 $f_s$
$F_c=270$	90.0	0.0	7.7	180.0	0.0	11.6
$F_c=210$	70.0	0.0	7.0	140.0	0.0	10.5

鉄 筋 SD 35 D 19 以上  
SD 30 D 16 以下

種 別	長 期			短 期		
	圧 縮 $f_c$	引 張 $f_t$	せん断 $f_s$	圧 縮 $f_c$	引 張 $f_t$	せん断 $f_s$
SD 35 (D29 以上)	2 200 (2 000)	2 200 (2 000)	2 000	3 500	3 500	3 000
SD 30	2 000	2 000	2 000	3 000	3 000	3 000

解説

A. 使用材料

1. PC 部分のコンクリート

PC 規準によると, ポストテンション方式の場合, 設計基準強度 ( $F_c$ )  $300 \text{ kg/cm}^2$  となっている。

本例では  $F_c=360 \text{ kg/cm}^2$  を使用するが, 確たる論拠があるわけではない。従来は  $F_c=350 \text{ kg/cm}^2$  が一般的に使用されているが, RC 規準でも高強度 RC 指針案でも 210, 240, 270, 300, 330, 360 と  $30 \text{ kg/cm}^2$  ずつ増加しているのので,  $F_c=360 \text{ kg/cm}^2$  とした。

2. PC ケーブル

一般に使用している PC 鋼材を解表 1~3 に示す。

3. コンクリートの使用区分

図-3 に示す。

	梁	柱	弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
4 F		FC360	$3.00 \times 10^5$
3 F		FC270	$2.60 \times 10^5$
		FC360	$3.00 \times 10^5$
2 F		FC270	$2.60 \times 10^5$
		FC360	$3.00 \times 10^5$
1 F		FC270	$2.60 \times 10^5$
		FC210	$2.15 \times 10^5$

図-3

4. フレーム形状および部材の配置

図-4 に示す。

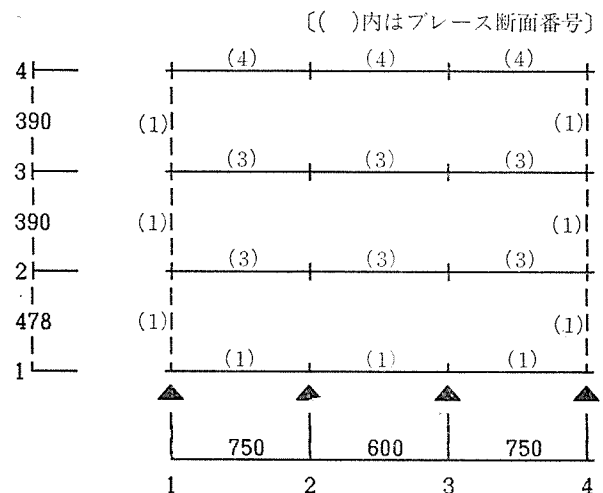


図-4

使用鋼材の決定については, 緊張用ジャッキの大小および定着具の工法と合わせて決定しなければならない。一般的にクサビ工法は, 定着具が小さく施工性は良いが, クサビのもどりによる損失がある。PC 鋼棒はねじ定着であるから, 定着時のもどりは無視できるが, 曲げ加工等施工性に不利な点があるので, 柱など

解表 1 PC 鋼材

径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (t)	降伏強度 (t)	許容引張力 (t)	弾性係数 (t/cm <sup>2</sup> )
5.0	19.64	3.25	2.85	2.27	$2.0 \times 10^6$
7.0	38.48	5.95	5.20	4.16	
8.0	50.27	7.55	6.55	5.24	
9.0	63.62	9.20	7.95	6.36	

解表 2 PC 鋼より線

SWPR 7A ( $\mu=0.25, \lambda=0.004$ )

径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (t)	降伏強度 (t)	許容引張力 (t)	弾性係数 (t/cm <sup>2</sup> )
9.3	51.61	9.05	7.70	6.54	2.0×10 <sup>-6</sup>
10.8	69.68	12.20	10.40	8.84	
12.4	92.90	16.30	13.90	11.80	
15.2	138.70	23.10	19.70	16.70	

SWPR 7B ( $\mu=0.25, \lambda=0.004$ )

径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (t)	降伏強度 (t)	許容引張力 (t)	弾性係数 (t/cm <sup>2</sup> )
9.5	54.84	10.40	8.85	7.52	2.0×10 <sup>-6</sup>
11.1	74.19	14.10	12.00	10.20	
12.7	98.71	18.70	15.90	13.50	

解表 3 PC 鋼棒

SBPR 95/110 ( $\mu=0.30, \lambda=0.003$ )

径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (t)	降伏強度 (t)	許容引張力 (t)	弾性係数 (t/cm <sup>2</sup> )
23.0	415.5	45.71	39.47	31.58	
26.0	530.9	58.40	50.44	40.35	
32.0	804.2	88.46	76.40	61.12	

SBPR 110/125 ( $\mu=0.30, \lambda=0.003$ )

径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (t)	降伏強度 (t)	許容引張力 (t)	弾性係数 (t/cm <sup>2</sup> )
23.0	415.5	51.94	45.71	36.36	
26.0	530.9	66.36	58.40	46.45	
32.0	804.2	100.53	88.46	70.37	

に直線で使用する例が多い。

単位面積当りの引張強度が PC 鋼線 145 kg/mm<sup>2</sup>~165 kg/mm<sup>2</sup>, PC 鋼より線 165 kg/mm<sup>2</sup>~190 kg/mm<sup>2</sup> であり, SWPR 7B が有利であるが定着工法によって, 定着具, 価額, ジャッキの使用法が異なるので, 合わせて考慮し決定しなければならない。

### 3. RC 部コンクリート

柱は鉄筋コンクリートで設計する例が多い。 $F_c=210$  を使用する場合, プレストレス導入時のコンクリート強度は設計基準強度の 0.765 位以上となっている。その時に柱のコンクリート強度は,  $210 \times 0.765 = 160 \text{ kg/cm}^2$  程度と思われるので, 施工時応分が大きいときは危険側であるから, PC 部分と同じ強度のコンクリートを使用し,  $F_c=270 \text{ kg/cm}^2$  で断面算定することが望ましい。

設計基準強度	プレストレス 導入時強度
360 kg/cm <sup>2</sup>	↔ 300 kg/cm <sup>2</sup>
350 kg/cm <sup>2</sup>	↔ 300 kg/cm <sup>2</sup>
300 kg/cm <sup>2</sup>	↔ 270 kg/cm <sup>2</sup>

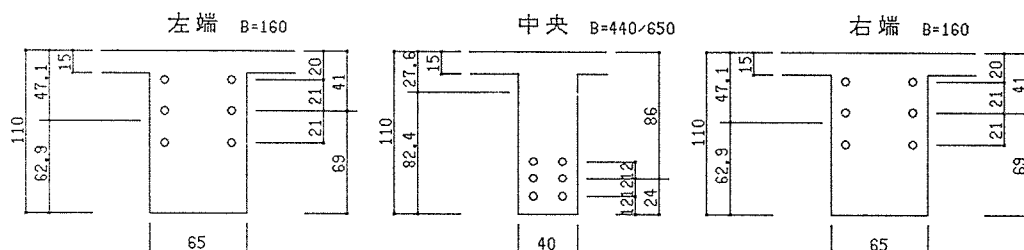
一般的には設計基準強度の 85% 程度をプレストレス導入時強度としている例が多い。

## B. 部材の断面諸係数

### 1. PC 梁

図-5 に, 断面番号-4 と 断面番号-3 の断面諸係数を示す。

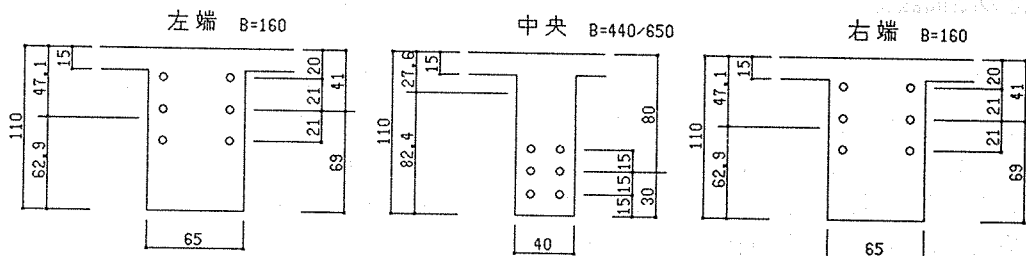
#### ☆ 断面番号 - 4



諸係数	左端	中央部	右端
A (cm <sup>2</sup> )	8575.00	13550.00	8575.00
I ×10 <sup>4</sup> (cm <sup>4</sup> )	991.72	1027.66	991.72
y <sub>1</sub> (cm)	47.11	27.60	47.11
y <sub>2</sub> (cm)	62.89	82.40	62.89
Z <sub>1</sub> ×10 <sup>4</sup> (cm <sup>3</sup> )	21.05	37.24	21.05
Z <sub>2</sub> ×10 <sup>4</sup> (cm <sup>3</sup> )	15.77	12.47	15.77
K <sub>1</sub> (cm)	18.39	11.99	18.39
K <sub>2</sub> (cm)	24.55	35.81	24.55
S ×10 <sup>4</sup> (cm <sup>3</sup> )	12.86	13.58	12.86

応力計算用断面積 AN= 13550.00 (cm<sup>2</sup>)

☆ 断面番号 - 3



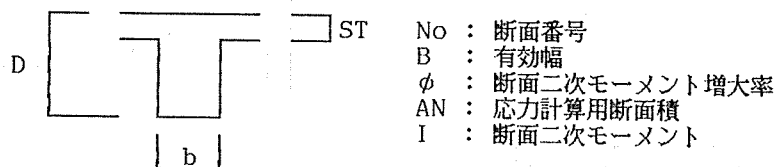
諸係数	左 端	中央部	右 端
A (cm <sup>2</sup> )	8575.00	13550.00	8575.00
I x10 <sup>4</sup> (cm <sup>4</sup> )	991.72	1027.66	991.72
y1 (cm)	47.11	27.60	47.11
y2 (cm)	62.89	82.40	62.89
Z1 x10 <sup>4</sup> (cm <sup>3</sup> )	21.05	37.24	21.05
Z2 x10 <sup>4</sup> (cm <sup>3</sup> )	15.77	12.47	15.77
K1 (cm)	18.39	11.99	18.39
K2 (cm)	24.55	35.81	24.55
S x10 <sup>4</sup> (cm <sup>3</sup> )	12.86	13.58	12.86

応力計算用断面積 AN= 13550.00 (cm<sup>2</sup>)

図-5 PC 梁の断面諸係数

2. RC 梁

RC 梁の断面諸係数を 図-6 に示す。

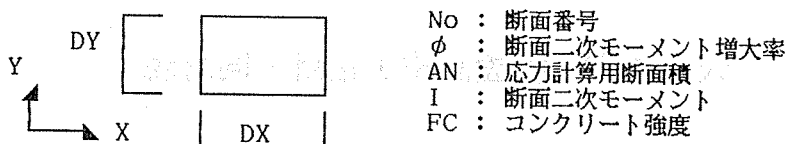


No	b (cm)	D (cm)	φ	AN (cm <sup>2</sup> )	I x10 <sup>4</sup> (cm <sup>4</sup> )	FC (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	45.0	150.0	2.00	6750.0	2531.25	---

図-6 RC 梁の断面諸係数

3. RC 柱

RC 柱の断面諸係数を 図-7 に示す。



No	DX (cm)	DY (cm)	φ	AN (cm <sup>2</sup> )	I x10 <sup>4</sup> (cm <sup>4</sup> )	FC (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	100.0	80.0	1.00	8000.0	666.67	---

図-7 RC 柱の断面諸係数

## B. 部材の断面諸係数

### 1. PC 部材

スラブの有効幅については、規準では定められていない。プレストレスによる軸方向力による有効幅とプレストレスによる曲げに対する有効幅は異なる。また荷重による有効幅も異なる。端部の有効幅は柱、桁方向梁の大きさによる拘束の大小によって変化する。よって各自の工学的判断に委ねられているので、危険側にならぬように決定されたい。

有効幅  $B$  : スパン中央部の応力算定用には RC 規準を用いる。

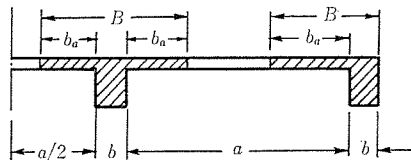
ラーメン材および連続梁の場合

$$b_a = \begin{cases} (0.5 - 0.6 a/l) a & [a < 0.5 l \text{ の場合}] \\ 0.1 l & [a \geq 0.5 l \text{ の場合}] \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

単純梁の場合

$$b_a = \begin{cases} (0.5 - 0.3 a/l_0) a & [a < l_0 \text{ の場合}] \\ 0.2 l_0 & [a \geq l_0 \text{ の場合}] \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $a$  : 並列 T 形梁では側面から相隣材の側面までの距離 [下図参照]  
 単独 T 形材ではその片側のフランジ幅



の 2 倍

$l$  : ラーメン材または連続梁のスパンの長さ

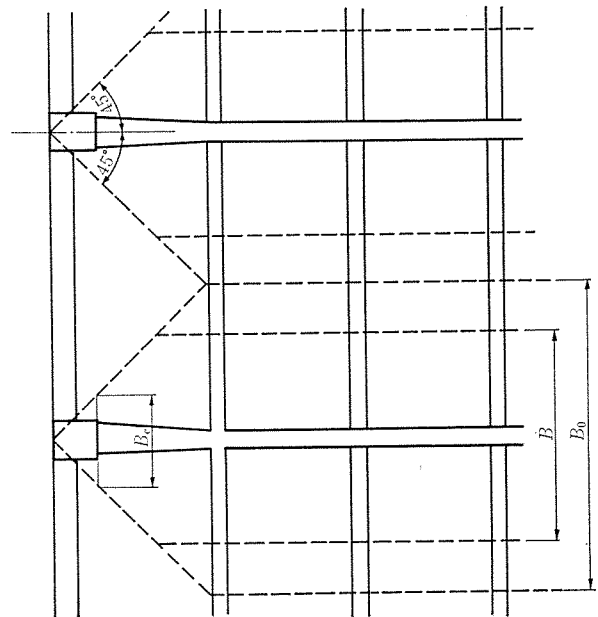
$l_0$  : 単純梁のスパンの長さ

断面算定にも使用するが、軸方向変形および断面算定では全幅 ( $B'$ ) にする。

$$B' = a/2 + b + a/2$$

応力算定用断面積

$$A_N = (b \times D) + \{(a/2 + a/2) \times t\}$$



$B_c$  : 端部断面算定 (軸方向応力度, 曲げ, せん断)  
 $B$  : 応力算定, 断面算定 (RC規準)  
 $B_0$  : プレストレスによる軸方向変形, 断面算定時  $\frac{P}{A}$  算定用

解図 4 スラブ有効幅の仮定

(以下、次号へ続く)

【記 : 渡辺 健 (株) 建設計代表取締役】

◀刊行物案内▶

## 穴あき PC 板設計施工指針・同解説

- 体 裁 : B 5 判 128 頁 ビニール製の表紙で現場持ち歩きに便利  
 定 価 : 1800 円 (会員特価 : 1600 円) 送 料 : 450 円  
 内 容 : 1. 総則 2. 材料および許容応力度 3. 部材の設計 4. 構造設計  
 5. 接合部の設計 6. 施工 (含取付・補修等)

お申込みは代金を添えて, (社) プレストレストコンクリート技術協会へ