

建築に応用したプレストレス コンクリート合成ばりについて

伊 藤 鏡 一*
渡 辺 誠 一**

1. はじめに

筆者らが現在までに設計した建築物のうちで、銀行支店の営業室、中規模の事務所建築、集会所等には比較的大きな空間を用いる場合が多い。空間という意味では、柱などができるだけ少ないものが、使用上の点から有用なことは誰しも認めるところであろう。

しかし、それらは、構造種別、構造材料、経済性、施工性、安全性等のかねあいに於いて計画されるのであり、構造計画いかに直接間接に建物の空間形態を決定づけているのである。

ここで取り上げようとするものは、鉄筋コンクリート造では、どちらかといえばスパンの大きい 10~14m 程度のものに、部分的にプレキャスト PC 合成ばりを手軽に用いたものであり、コストの上でも、施工性の上でもメリットのある工法と思われるものである。

筆者らは、この工法を昭和 41 年より実践的に設計してきたものであり、以来 10 数件に及んでいる。そこで

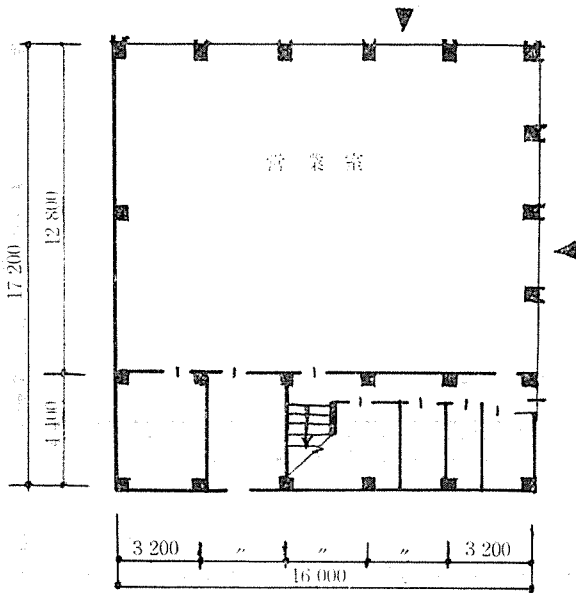


図-1 C銀行支店1階平面(2階建)

* (株)伊藤建築設計事務所 社長
** 同 同 理事



写真-1

これらに関してその特徴とその応用例、および結果を報告する。

2. PC 合成ばりの特徴

PC 合成ばりはすでに理論的にも実践的にもあるように、主として引張応力の生ずる部分(はりなどの下端)に、プレキャストした PC ばりを用いて、その上部、すなわち圧縮部分に現場でコンクリート打ちをなし、上下一体のはりとして外力に耐えさせようとするものである。

プレキャスト PC ばりといっても、種々の形式があるので、ここでは、プレキャスト PC 部分をできるだけ小さくして、経済性をはかり、運送、架設等の施工性も容易にし、しかも一定の規格にあてはまったものとするものをねらったものである。

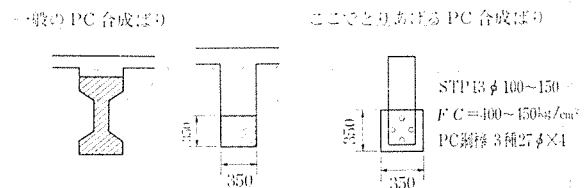


図-2

(1) 合成ばりの計算式

a) 現場打ちコンクリートに関して 中立軸から上

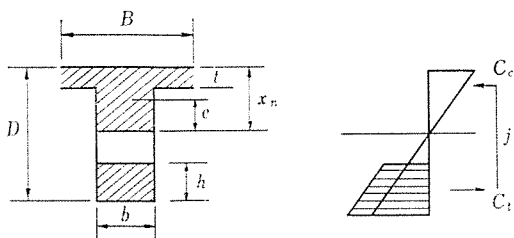


図-3

部について下記のように仮定する。

- A_1 : 断面積
- I_1 : 断面 2 次モーメント
- E_1 : ヤング係数
- e : 中立軸から重心までの距離

b) プレキャスト PC 部分について

- A_0 : 断面積
- I_0 : 断面 2 次モーメント
- E_0 : ヤング係数
- h : はり成
- b : はり幅
- B : T 型ばりの有効幅
- D : 全体のはり成
- x_n : 中立軸
- n : ヤング係数比 $n = E_0/E_1$ として

合成ばりの変形に関して、断面のひずみ分布は平面保持の仮定が成立するものとして、 σ_0 を中立軸から単位距離にあるコンクリートの応力度とすると、現場打ちコンクリートの引張応力度の部分および圧縮鉄筋を無視して、軸方向のつりあいおよびモーメントから、

$$C_c = C_t \dots\dots\dots(1)$$

$$M = C_c j = C_t j \dots\dots\dots(2)$$

$$C_c = \sigma_0 (2x_n - t) t \frac{B}{2} + \frac{\sigma_0}{2} (x_n - t)^2 \cdot b$$

$$C_t = \frac{\sigma_0 n}{2} (2D - 2x_n - h) h \cdot b$$

式 (1) から中立軸 x_n は

$$bx_n^2 + 2\{(B-b)t + n \cdot b \cdot h\}x_n - t^2(B-b) - n \cdot b \cdot h(2D-h) = 0$$

の 2 次式を解いて求めることができる。

この中立軸に関して断面 2 次モーメント、および断面係数を求めると、

$$I = I_1 + A_1 e^2 + \{I_0 + A_0 (x_n - h/2)^2\} \cdot n$$

$$Z_1 = I/x_n$$

$$Z_2 = I/(D - x_n)$$

$$Z_{joint} = I/(D - x_n - h)$$

$$\sigma = M/Z$$

$$\tau_m = \alpha \cdot Q / \{D - h\} \cdot b + n \cdot b \cdot h\}$$

α : 形状係数

打継部の水平せん断力

$$\tau_0 = S_0 \cdot Q / b \cdot I$$

S_0 : 打継面での断面 1 次モーメント

上式はコンクリートの引張応力度部分を無視した式であるが、実用計算上は、全体の断面に関して、求めた値でも大差はない (図-4)。

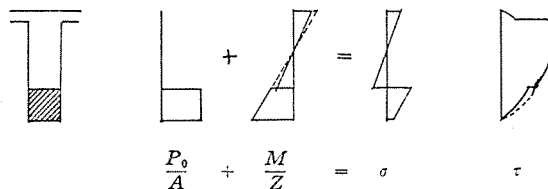


図-4

(2) その特徴について

1) 経済的である :

① 鉄筋コンクリートの場合よりはり成が小さくできるので建物の全体として経済的となる。

② 鉄骨鉄筋との比較では断然コスト安となる。

2) はりの剛性低下が少ないこと : RC のロングスパンの場合どうしてもはり下端に収縮曲げクラックが入りやすい、それによるはりの剛性低下が考えられるが、この場合フルプレストレスとすればその問題は解決される。

3) 曲げ耐力は一体式の PC ばりに劣らない : これに関しては、坂博士らの実験がある。

4) はりの貫通孔が容易である (写真-2,3) : 一般に鉄筋コンクリートのロングスパンに大きい貫通孔 (空調用ダクト等) をあけることは好ましくない。何故なら、貫通孔下部のコンクリート部分には、必ずといってよいほど、収縮きれつが入りやすく、剛性低下が著しいこと、またクラックが入った場合、鉄筋の腐食対策を必要とするが、この合成ばりではその心配がない。

5) PC ばり部分は工場製作とすることにより、現場打ちの一体式の PC ばりに比して、品質保証が確実であり、現場管理が容易である。

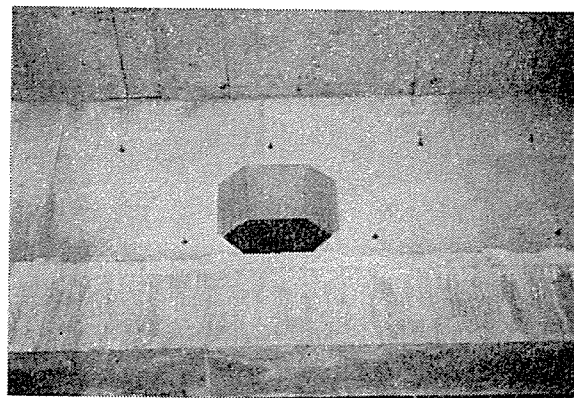


写真-2 例 5, 貫通孔ディテール



写真-3 例 5, 貫通孔ダクト付設状況

- 6) 施工性がよい,
 (3) 弱点としては

打継面のせん断耐力に疑問点が残る：これは合成ばり一般のデメリットである。

大体特徴としては上述の如くであるが、これらのいくつかの点については、筆者の設計にさきだち、坂博士らの実験等があり、その耐力をたしかめたものである。

ここでせん断耐力について言及すれば、ロングスパンの場合曲げ耐力が支配的であり、せん断は従となるので、その補強は比較的容易であるということである。

(4) 本工法の留意すべき点

1) 単純支持の場合は、全スパンにわたって下部にPCばりを用いること、これによってせん断耐力の心配はない。

2) ラーメン構造としたとき：

- ① せん断力があまり大きくないとき (図-5)

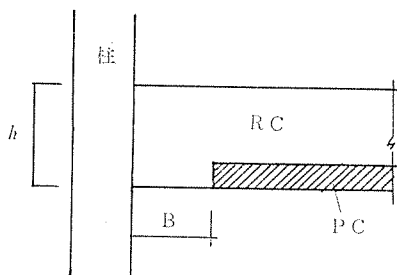


図-5

$B < h$ とすること、かつはりの下部PCばりとの打継ぎ面が圧縮応力の状態になっていること。

② せん断が著しく支配的などとき

全スパンにわたってPCばりを用いること、および打継ぎ面の水平せん断、すなわちすべりに対して補強しておくこと (図-6)。

3) PCばり水平打継面では菌型をつけてずれを防ぐようにする。鉛直打継部はPC鋼棒を伸ばしておくこと、場合によっては、定着板にスタットボルトを打つことも効果的であろう。

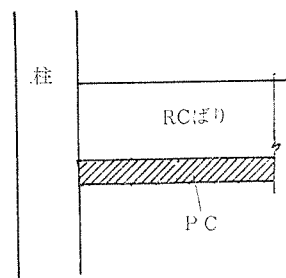


図-6

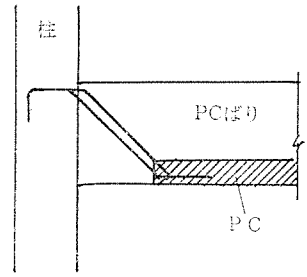


図-7

4) せん断補強について：スターラップは13φ程度であること、また折曲げ筋を用いることも効果的である (図-7)。

3. 施工性について

PC部材は部材寸法を小さくすることにより重量が小さいので、運搬、架設が簡単で大きい重機は必要がない、施工工程、および工期などは鉄筋コンクリート造の場合と大差ないことがあげられる。

1) 施工方法としては、

① 仮枠をさきに組立て、そこにPC部材をセットし配筋を完了しコンクリート打ちをするもの。

② PCばりをさきにセットし、はり配筋後仮枠を建込み、スラブ配筋後コンクリート打ち、等がとられているが、部材の大きさ、長さ、周辺の作業スペース等の関

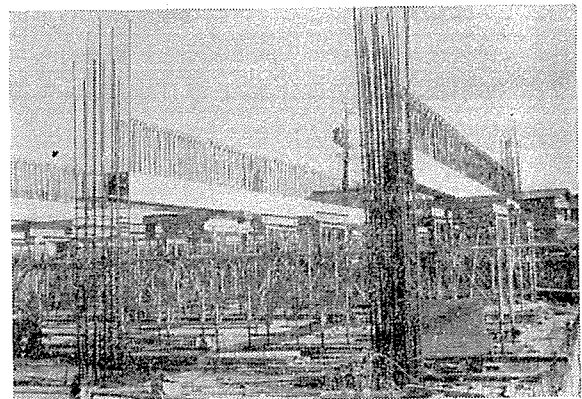


写真-4 例 6, PC ばり架設

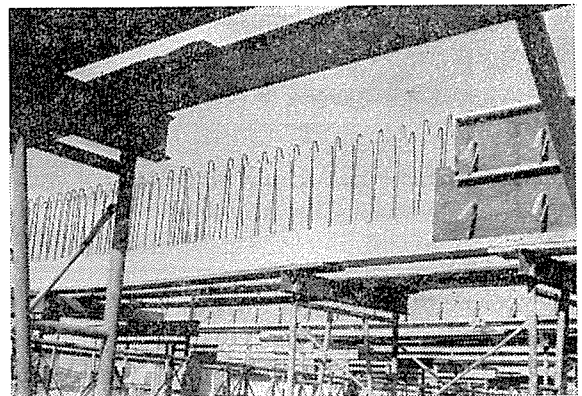


写真-5 例 6, 仮枠建込み

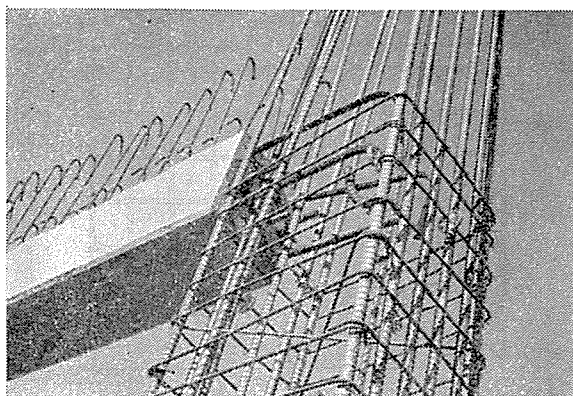


写真-6 例 6, 柱鉄筋と PC ばりの取合い

係からいずれかがとられている。

②の場合、PC ばりのセットが终れば仮枠のきまりがよく、かなり好評のようである。

4. 実施例について

代表的なものをあげると、

(例 1) 昭和 41 年 4 月

マルマス機械(株)事務所(富山県), RC+3, 延面積: 779.13 m², スパン: 13.2 m, 施工: 鹿島建設(株), PC 部分: オリエンタルコンクリート(株)(日建設計在職中)

(例 2) 昭和 44 年 5 月

協和銀行下一色支店(愛知県), RC+3, 延面積: 1145.6 m², スパン: 13.0 m, 施工: 鹿島建設(株), PC 部分: オリエンタルコンクリート(株)

(例 3) 昭和 44 年 10 月

東海銀行下高井戸支店(東京都) RC+3, 延面積: 1079.3 m², スパン: 12.0 m, 施工: フジタ工業(株), PC 部分: PS コンクリート(株)小田原工場(写真-7)

(例 4) 昭和 46 年 7 月

一宮信用金庫 神明津支店(愛知県) RC+2, 延面積: 530 m², スパン: 12.5 m, 施工: 榊原建設(株), PC 部分: (株)安部工業所

(例 5) 昭和 46 年 7 月

中京相互銀行野並支店(愛知県), RC+2, 延面積: 596.4 m², スパン: 12.8 m, 施工: 鹿島建設(株), PC 部分: 北海道 PS コンクリート(株)掛川工場

(例 6) 昭和 47 年 10 月

川重不動産ビル(岐阜県), RC+4, B-1, 延面積: 4818 m², スパン: 14.2 m [全スパン PC 合成ばり], 施工: 大林組 PC 部分: 住友建設(株)能登川工場(写真-8, 図-8)

(例 6) についての計算例

PC コンクリート強度 $F_c=450 \text{ kg/cm}^2$

$E=340\,000 \text{ kg/cm}^2$

一般コンクリート強度 $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$



写真-7 東海銀行下高井戸支店



写真-8 川重不動産ビル

$$E=210\,000 \text{ kg/cm}^2$$

PC 鋼棒 B 種 1 号 SBPR 95/110 23 ϕ

許容応力度 PC $f_c=0.35 F_c=157.5 \text{ kg/cm}$

RC $f_c=F_c/3=70 \text{ kg/cm}$

ヤング係数比 $n \approx 1.6$

設計用応力 中央部分 $\begin{cases} M=45.7 \text{ t}\cdot\text{m} \\ M=0.6 M_0=63 \text{ t}\cdot\text{m} \end{cases}$

ロングスパンにつき端部の固定度等を考慮して、0.6 M_0 として計算する。

プレストレス有効率 $\eta=0.85$ とする。

計算の準拠は日本建築学会プレストレス コンクリート設計施工規準による。

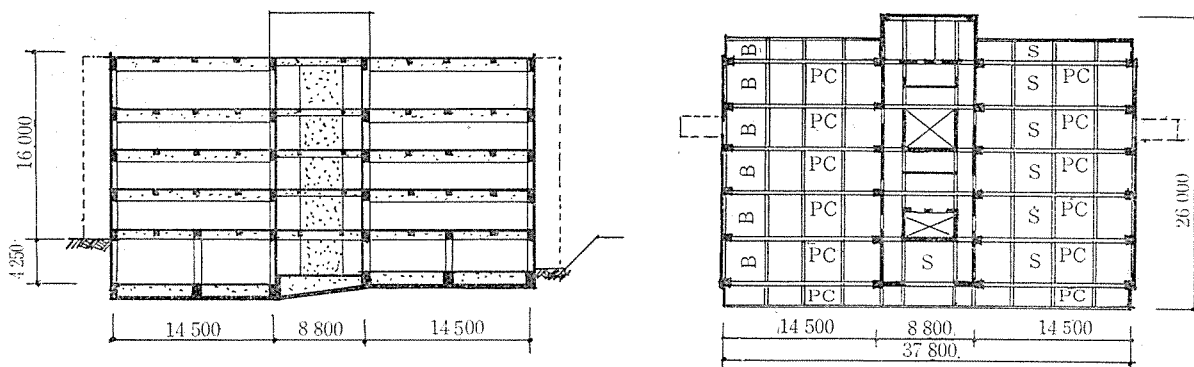
スラブ有効幅 B

$$\lambda = \begin{cases} (0.5-0.6 a/l) & (a < 0.5 l) \\ 0.1 l & (a \geq 0.5 l) \end{cases}$$

$$B=b+2 \lambda=285 \text{ cm} \dots\dots\dots(1)$$

$$B=12 t+b=175 \text{ cm} \dots\dots\dots(2)$$

式(1)は日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規



断面図

はり伏図

図-8 川重不動産ビル

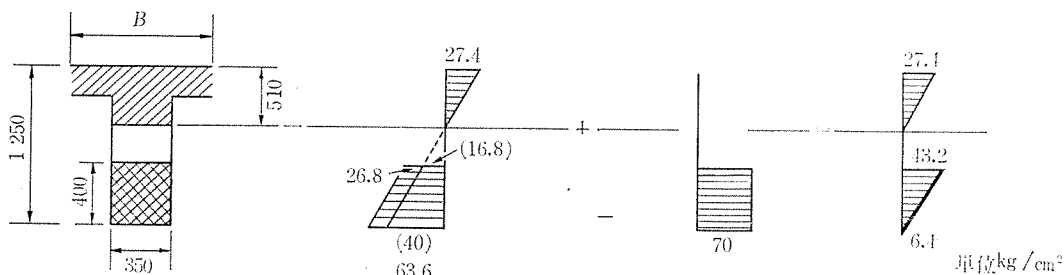


図-9

準式。

式(2)は旧旧規準。

この場合有効幅断面計算としては、式(2)の値をとることとした。

上述した中立軸を求める式から

$$x_n = 51.0 \text{ cm}$$

$$I = 11\,750\,000 \text{ cm}^4$$

$$z_1 = 230\,000 \text{ cm}^3$$

$$z_2 = 159\,000 \text{ cm}^3$$

$$z_3 = 375\,000 \text{ cm}^3 \text{ (ジョイント部)}$$

として、計算したものを図-9に示す。

5. おわりに

これら建築物に用いたPC合成ばりは、経済性の点で、どの工法にも劣らないものであろう。しかし異種の

コンクリートを打継ぐという点での問題点、クリープ、せん断補強方法等に関して、さらに研究の余地があろう。

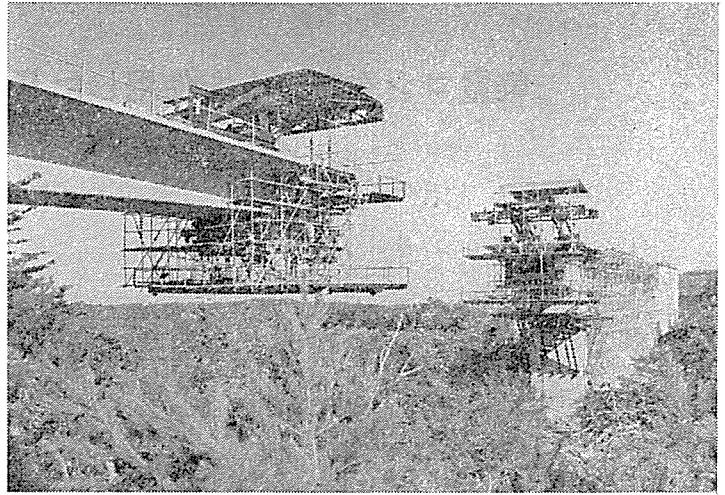
実際、筆者が、実践的に行ってきた範囲内において異常はまだ認めていない、そういう意味では、設計規準等にこうしたばりも十分含みえるものといえよう。なお、これらの設計に関して、京大名誉教授坂静雄博士に御指導を賜ったことおよび、筆者が日建設計在職中、構造部長であられた、高田十治氏に当初助言をいただいたことを附記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 坂, 六車, 高田, 杉原, 富田: PC合成ばりの実験的研究, 日本建築学会論文報告集号外, 昭和42年10月.
- 2) 日本建築学会 プレストレス コンクリート 設計施工規準, 同解説.
- 3) 猪股俊司: プレストレストコンクリートの設計及び施工.

1974.5.27・受付

PC架設機 の 設計・製作



180 T-M
現場打架設車

三信工業株式会社

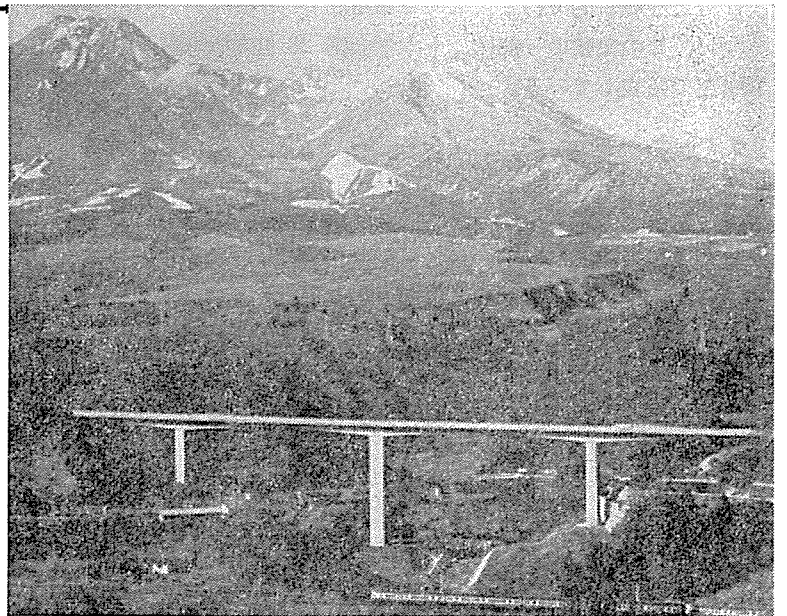
東京都千代田区神田錦町1-4 (滝本ビル5階)
TEL (294) 5 1 3 1 ・ 5 1 3 2



S.E.E.E.工法は
最も安全・確実な
PC工法です。



F130定着体



妙高大橋(北陸地方建設局)

新構造技術株式会社

本社 東京都新宿区内藤町1番地(渋谷ビル) TEL 03 (354) 3851 (代) 千160
工場 神奈川県厚木市戸田長淵2514 TEL 0462(22)2199・3418 千243
大阪営業所 大阪市西区鞠本町2-86(西本町ビル) TEL 06 (443) 7665 千550