

アンボンド工法の実施設計へのアプローチ

— 神鋼鋼線尾上工場厚生棟の設計について —

加 藤 良 雄*
野 原 英 紀**

1. まえがき

このたび、神鋼鋼線（株）の御協力で、アンボンド工法によるプレストレストコンクリート造建物の設計と実施の機会を得たので、アンボンド工法開発へのアプローチとして、アンボンド工法の効果的利用を探りながら、設計で意図したこと、および建築センターの審査会で討議されたことを紹介し、今後の指標としたい。

2. 世界におけるアンボンド工法利用の現況

古くからプレストレストコンクリート構造の盛んなアメリカ、ヨーロッパにおいて、最近では特にフラットスラブ構造のプレストレストコンクリート工法は、その施工の簡便さからアンボンド工法にとって代りつつあり、また、カナダ、オーストラリア、およびシンガポール等の極東地域においても、かなり利用されるようになった（写真-1~4）。しかし、設計方式、規準等が各国まちまちで、FIP 委員会において、Mr. P. Matt（スイス）

を委員長とする委員会が設けられ、研究が進められている。

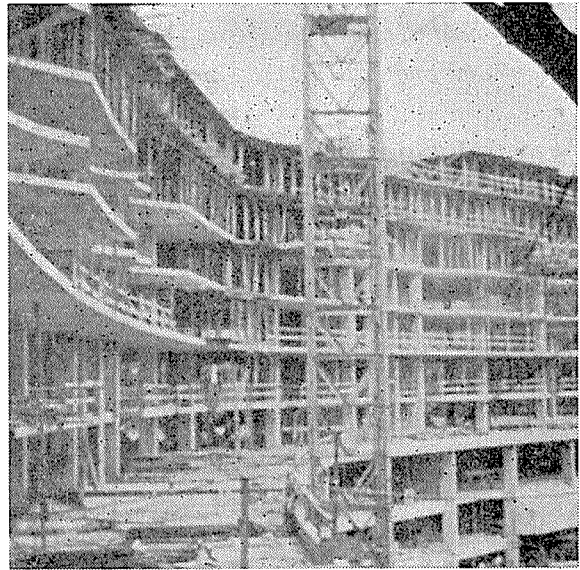


写真-2 外国における最近の例（2）



写真-1 外国における最近の例（1）

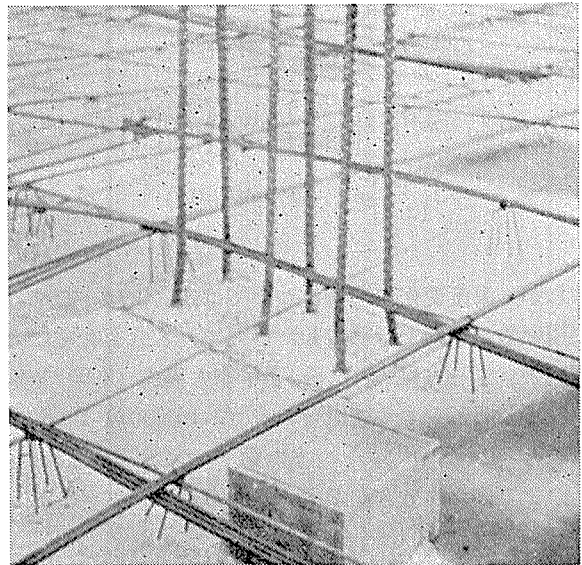


写真-3 外国における最近の例（3）

* 大成建設（株）設計課長

** 同 係長

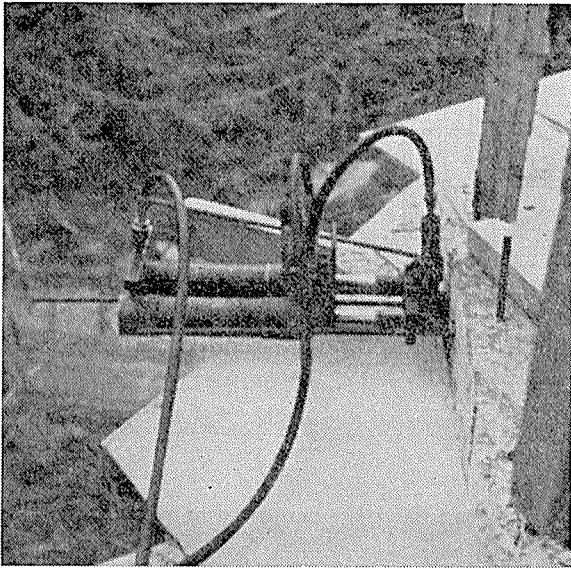


写真-4 外国における最近の例 (4)

3. 日本におけるアンボンド工法利用の現況

世界でかなり普及してきたアンボンド工法も、日本ではまだ道路舗装等に試験的に使用されたことがある程度で、建物に使用したのは今回が初めてである。しかし、日本建築学会においても、施工の簡便さ等で、その有利性が注目され、今度のプレストレストコンクリート設計施工規準の改定にあたって、アンボンド工法の設計規準が取り入れられた¹⁾。しかし、まだ法的に完全に認められたものでなく、実施にあたっては、建築センターの評定、大臣認定の手続きが必要な状態で、日本建築学会のプレストレストコンクリート分科会の中に、アンボンド工法小委員会（主査 六車京大教授）が設けられ、その設計、施工方式の開発に努力されている。

4. アンボンド工法とは

プレストレスト コンクリートのアンボンド工法は、通常のポストテンション工法において使用されるメタルシースの代わりに、図-1 に示すように、あらかじめPCストランドにポリエチレン等のシースをかぶせ、その間に防錆および摩擦力の低減のためグリースを充填した。シースPCストランドまたはアンボンドケーブルと呼ばれるストランドを用い、プレストレスを導入した後もセメントミルクのグラウトを施さない工法である。機械器具は軽量で緊張作業も簡便であり、しかもグラウトをしなくてもよいという施工性の良さが特長である。詳しくは、以前、本誌にも紹介されている²⁾ので参照されたい。

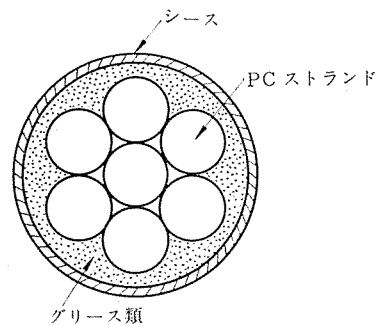


図-1 シースとPCストランドの構造

5. 建物および設計概要

建物は図-2,3および写真-5に示すような延面積が約400m²の2階建の建物で次のような意図をもって構造設計をした。

1) 10~15m スパン程度の建物で鉄筋コンクリート造では少々苦しい設計となるので、小規模のプレストレストコンクリート造のアンボンド工法で施工の省力化を考え、大ばり、小ばりは場所打ちのプレストレストコンクリート構造で、シースPCストランドを用いたアンボンド工法とする。なお、柱は鉄筋コンクリート造の純ラーメン構造とし、壁はすべてコンクリートブロックで、

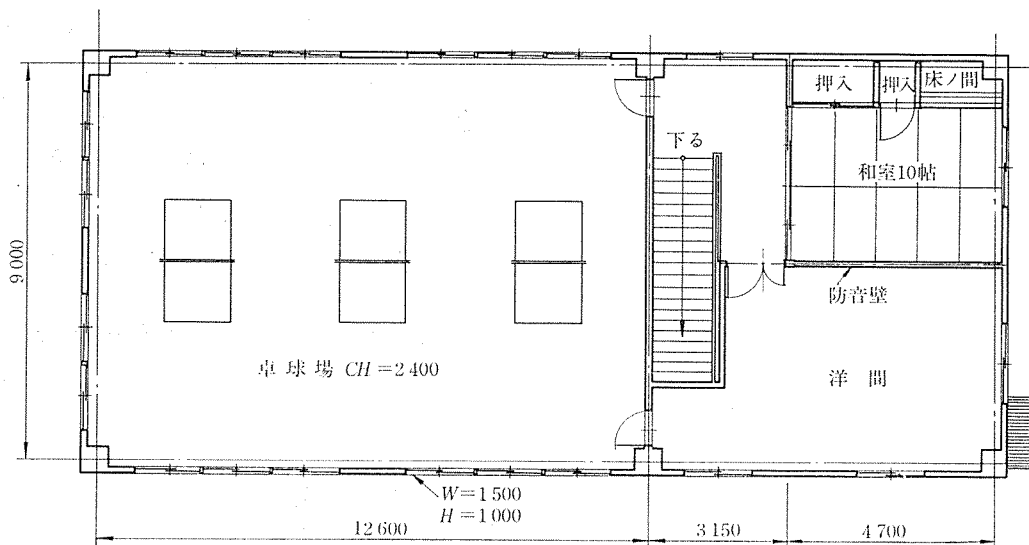


図-2 2階平面図

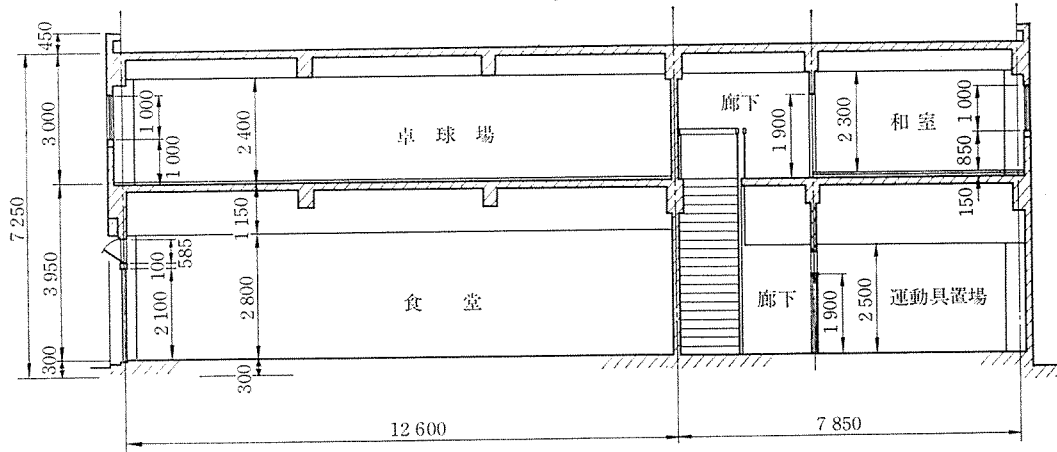


図-3 断面図

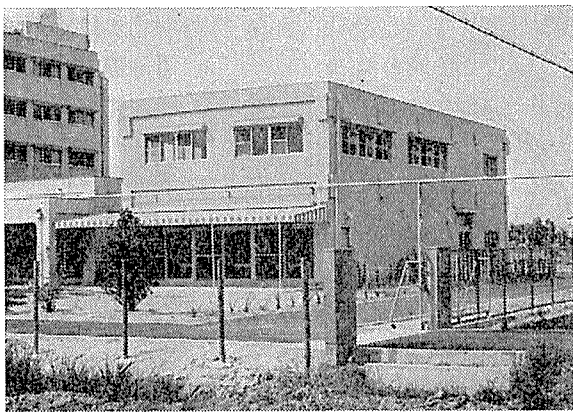


写真-5 完成した建物

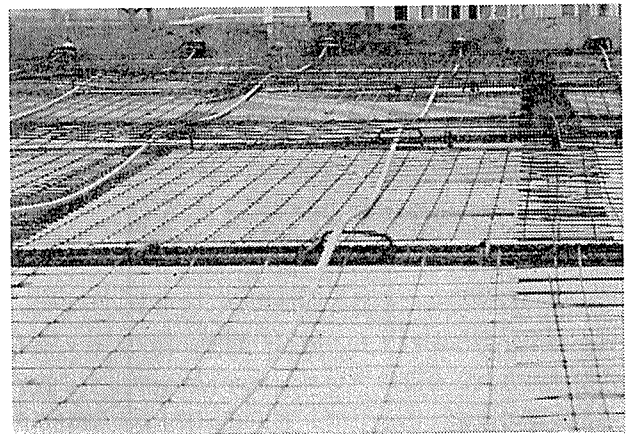


写真-6 中間部ケーブル配置

プレストレス導入作業が終了してから施工する。

2) プレストレストコンクリート造に限らず、一般の鉄筋コンクリート造等の建物のスラブに対しての利用を考へて、導入軸力を無視して、ほぼ懸垂状に配したケーブルの吊上げ効果のみを考慮して荷重を相殺し、残りの荷重に対して鉄筋コンクリート造の設計とする。今回の設計はすべて一方向板とし、スラブ自重とほぼバランスする程度のプレストレスを与えて、仕上げおよび積載荷重に対して鉄筋コンクリート造とした(写真-6, 7)。スラブ厚さは 15 cm で PC 鋼材は端部・中央とも偏心距離が 3 cm とれるように配置した。4.7 m スパンのスラブの設計について概略を紹介する。

コンクリート $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

PC 鋼線 (アンボンドケーブル)

呼び名 7本より 15.2 mm ストランド
(SWPR 7B)

断面積 139 mm^2 引張強度 26.6 t/本

降伏強度 22.6 t/本

許容引張力 (導入時) $22.6 \times 0.85 = 19.2 \text{ t/本}$

” (設計時) $22.6 \times 0.80 = 18.1 \text{ t/本}$

スラブ鉄筋 (溶接金網) $f_t = 2000 \text{ kg/cm}^2$

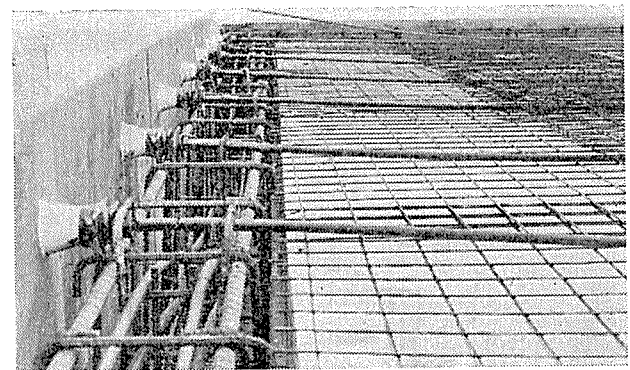


写真-7 端部ケーブル配置

鉛直荷重による応力は図-4、また、プレストレス導入力をスラブ幅 1 m あたり Pt とすると、導入による応力は図-5 のようになる。

いま、プレストレス導入力 P を 16 t/m とすると、導入応力は端部で $64 \text{ t}\cdot\text{cm/m}$ 、中央で $32 \text{ t}\cdot\text{cm/m}$ となって自重とほぼバランスする。したがって、仕上げと積載荷重による応力、およびクリープによるプレストレスの減退分の応力に対して鉄筋コンクリート造として断面を設計する。このとき、PC 鋼材に余力があるため、鉄筋量に算入することにする。ただし、PC 鋼材の断面積は

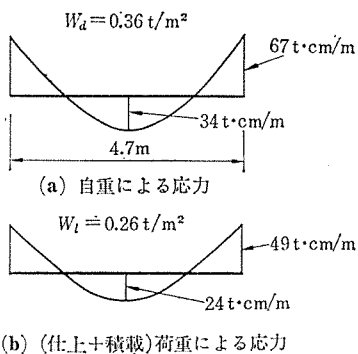


図-4 鉛直荷重による応力

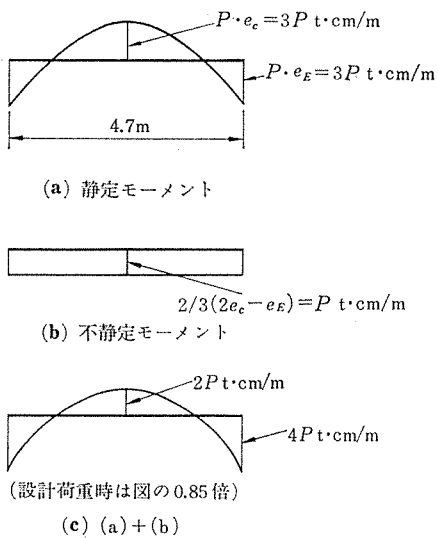


図-5 プレストレス導入による応力

鋼材位置の違いを考慮して

$$a_t = 1.39 \times 9.2 / 11 = 1.16 (\text{cm}^2)$$

として計算する。

端部設計荷重時

$$M = 116 - 0.85 \times 64 = 62 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$a_t = 62 / 2 \times 11 = 2.82 \text{ cm}^2$$

$$\phi 6 - 150 @ + 15.2 \text{ mm ストランド} - 1000 @$$

中央部設計荷重時

$$M = 58 - 0.85 \times 32 = 31 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$a_t = 31 / 2 \times 11 = 1.41 \text{ cm}^2$$

ケーブル配置を 図-6, 7 に, 定着部を 図-8 に示す (写真-6, 7 参照)。

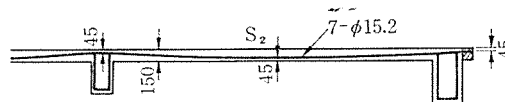


図-7 スラブ断面図

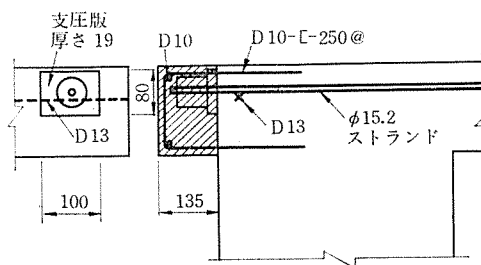


図-8 定着部

6. 設計上の特異点 (審議事項)

建設省告示第 949 号「プレストレストコンクリート造の構造方法に関する技術的基準等」の第 7 にグラウトの項があり, それには

1. ポストテンション法による場合にあつては, 緊張材と緊張材配置孔との間にグラウトを注入しなければならない。
2. 前号のグラウトは, 緊張材の防錆に有効であり, かつ, 緊張材および緊張材配置孔との付着が良好なものでなければならない。

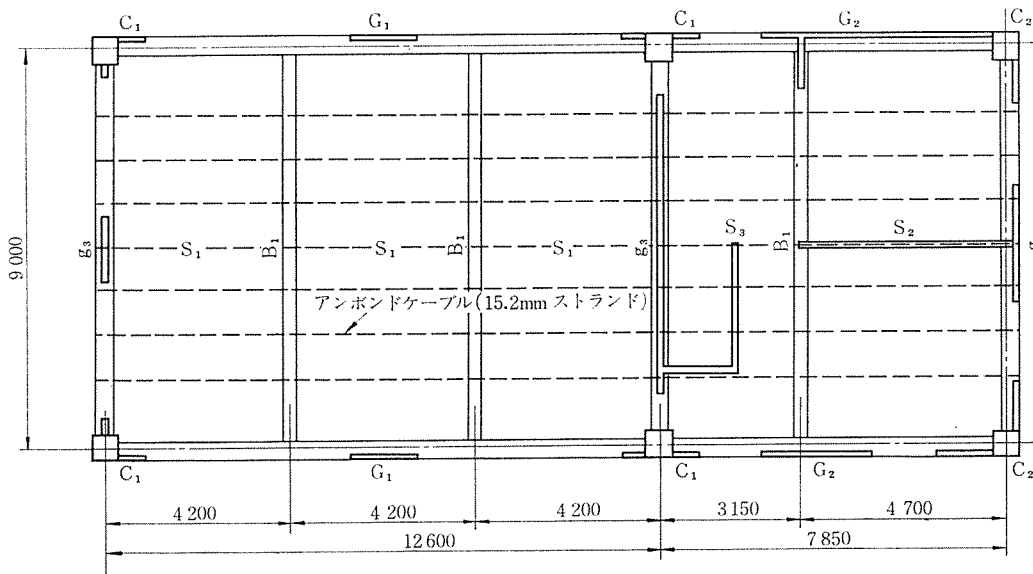


図-6 屋根伏図

とあり、アンボンド工法は法的にはこの項に抵触する。つまり、アンボンド工法はシース内のグリースが適当なものであれば、防錆に関しては問題ないが、付着の項に抵触する。付着のないプレストレスト コンクリート部材の力学的性質は、基本的には付着のある場合と同じである。異なる点は、付着がないと曲げ破壊耐力が多少劣ることと、PC鋼材の定着部に絶えず繰り返し荷重が直接作用していることである。曲げ破壊耐力が低いのは、PC鋼材の伸びひずみ変化量は、コンクリートとの付着がないため、部材全長にわたるPC鋼材位置でのコンクリートの全伸びひずみ変化量を部材全長で除した平均伸びひずみがPC鋼材の伸びひずみ変化量となる。したがって、曲げ破壊位置では、PC鋼材伸びひずみ変化量は同じ位置でのコンクリートひずみより小さくなる。それゆえ、曲げ破壊時のPC鋼材引張応力は付着のある場合よりも小さくなって、それだけ曲げ破壊耐力が低下する。文献³⁾によると、アンボンドPC部材の曲げ破壊耐力は付着のある場合の85~90%になっている。今回の設計では、アンボンドPC部材の曲げ破壊耐力は、付着のある場合の85とした。また、PC鋼材の定着端における繰り返し荷重に対しては、鋼線メーカーにおいてこれまでになりに試験されており、問題ないと判断した。

次にスラブの耐火性についてである。一般にいわれる爆裂の可能性に関しては鉄筋コンクリートスラブと同程度と考えられる。しかし、今回の設計のように、アンボンドケーブルが各スラブに連続して配置されていると、一枚のスラブの崩壊が他のスラブの崩壊につながる心配があり十分注意する必要がある。先に述べた建設省告示の第10にかぶり厚さの規定があり、「構造耐力上、主要な部分における緊張材に対するコンクリートのかぶり厚さは5cm以上としなければならない。ただし、交換可能な部材で、単一鋼線または2本より線を多数分散配置する場合にあっては2cm以上、その他の緊張材を分散配置する場合にあっては、3.5cm以上とすることができる」とある。大ばりに関しては問題ないが、スラブに5cmのかぶり厚さを確保することは、今回の程度のスラブ厚さでは偏心距離の関係から不可能に近い。一方、JIS A 1304の建築構造部分の耐火試験方法の中に、鋼材の制限温度として表-1に示す規定がある。現在一般に使われている鉄筋コンクリート造の床は、この耐火試験を行えば、大部分が不合格になるといわれている。図-9に示すJIS標準加熱温度を受けたときのコンクリート内部温度と深さの関係より、1時間耐火の場合の床のPC鋼材の必要かぶり厚さを求めてみると約3.25cmとなる。今回の設計では3.7cmのかぶり厚さを確保し、かつ、建物の規模、もえ草の量からいって、せいぜい

表-1 鋼材の制限温度

	柱・はり	床
RC造 最高温度	500°C 以下	550°C 以下
PC造 最高温度	400°C 以下	450°C 以下

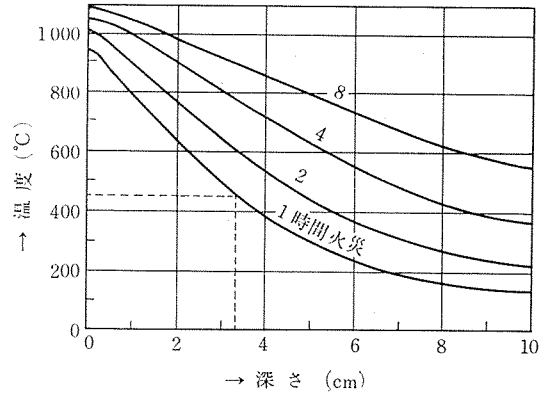


図-9 コンクリート内部の最高温度⁴⁾

20~30分程度の火災時間しかないということから、一応鉄筋コンクリート造スラブと同程度の耐火性ありと判断された。

7. む す び

以上の点について討議された後、建築センターの評定を受け、アンボンド工法適用建物の第一号が実現した。しかし、今後、さらに広く利用しようと考えた場合、次の点について実験的にも検討し、安全を確認する必要がある。

- 1) スtrandに塗布したグリースの長期使用に対する変質の問題および火害を受けたときの変質の問題
 - 2) スラブの耐火性の実験的な確認
 - 3) ラーメン隅角部、特に連続ばりの連続端の、水平荷重を受けたときの曲げ破壊耐力の実験的な確認
- 等であるが、これらについては機会をとらえて、逐次実験を進めたいと考えている。なお、今回の設計に関して種々御指導頂いた京都大学の六車 熙教授、建設省建築研究所の中野清司先生、岡本 伸先生、およびアンボンドケーブルについて種々なデータを提供していただいた神鋼鋼線(株)の方々に深く謝意を表します。

参 考 文 献

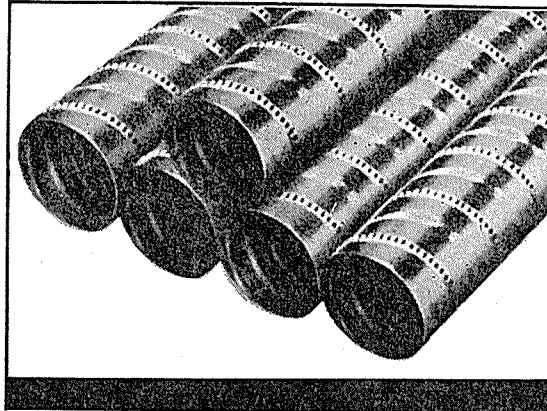
- 1) 日本建築学会：“プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説”，1975改訂。
- 2) 川端義則：“アンボンド工法用PC鋼材について”，プレストレスト コンクリート Vol. 17, No. 2, 1975.4
- 3) 坂 静雄，六車 熙：“付着のないPCばりの曲げ破壊耐力”，日本建築学会論文報告集，第60号，昭33.10。
- 4) 東大防火研究室：“鉄筋コンクリート建物火災時のコンクリート内部の温度および鉄筋の安全性”，火災の研究，1951，相模書房刊。

1976.9.2 受付

スパイラル・シース®

〈標準型・WS型〉

●PC構造物・
工法に抜群の好
評をいただいで
おります



スパイラル・シースに
は標準型とWS型の二
種類があり、用途、工
法などによりご選択い
ただけます。

●用途
道路橋・鉄道橋、モノ
レール桁、ダム、水槽、
タンク、海洋開発、沈
埋トンネル、PCセグ
メント、舗装、プール、
PCパイプ、PCヒュー
ム管、他各種のPC
構造物。

■国土建設に貢献する一



PC器材の専門メーカー

鋼弦器材株式会社

取締役社長 平野勝之助

本社工場 〒220 横浜市西区中央2丁目42番6号

電話 横浜045(321)5851番(代表)

大阪工場 〒570 大阪府守口市大久保町2丁目166番地

電話 大阪06(902)6473~4番

■神奈川県工業試験所
で製品の優秀性実証!

プレストレストコンクリート

SEEE工法

宿院高架橋(近畿地方建設局)

3主桁5径間連続版橋

全長 1.1km 巾員17.6m



新構造技術株式会社

取締役会長 加藤三重次

代表取締役 森元峯夫

顧問 山内一郎

代表取締役 上野博

取締役相談役 巽千代造

顧問 今沢豊正



本社 東京都千代田区二番町12番地(ブロードビル)

電話 03(230)2121 〒102

大阪営業所 大阪市西区勒本町2-86番地(西本町ビル)

電話 06(445)1035番 〒550

厚木工場 神奈川県厚木市戸田長淵2514番地

電話 (0462)(22)2199・3418番 〒243

名古屋営業所 名古屋市中村区広井町1-87(伊藤ビル)

電話 (052)(581)6071番 〒450

九州営業所 福岡市博多区博多駅中央街8-36(博多ビル)

電話 092(451)5797番 〒812

札幌営業所 札幌市東区北21条東19丁目

電話 011(782)8635 〒065