

三洋電機(株)住道工場新築工事の設計と施工

松 谷 輝 雄*
 小 野 徹 郎**
 大内山 正 英***
 丸 田 一 夫***

1. はじめに

三洋電機(株)住道工場第3工場は市街地に建つ多層工場としてPC構造により昭和52年3月に竣工したものである。この建物は、PC鋼材の中でも新しい素材であるアンボンド工法を大幅に採用し、施工性の簡易化と経済性の発揮を図っている。ただ構造上耐震性の問題もあり、PC部材すべてにアンボンド工法を採用することは見送ったものの、構造計画上、小梁を大梁に平行に配することによってアンボンドの大幅採用を可能としたものである。

当工事の設計と施工についての概要はすでに当誌^{1),2)}ほかに紹介されているので、ここでは、アンボンド工法の実施例として、アンボンド工法に重点を絞った内容で紹介させていただくことにする。

2. 建物概要

建物名称：三洋電機(株)カラーテレビ事業部
 住道工場第3工場
 建築主：三洋電機株式会社
 企画設計：三洋電機(株)本社施設部
 基本設計：(株)鴻池組 大阪本店設計部
 実施設計：(株)鴻池組 大阪本店設計部
 (株)熊谷組 大阪支店設計部
 施工：(株)鴻池組 (株)熊谷組 共同企業体
 建築場所：大阪府大東市三洋町 1-1
 建築面積：6864.00 m²
 延床面積：24494.71 m²
 最高高さ：21.950 m (基準階階高 5.0 m)
 規模：地上4階，地下1階
 構造：4階 S構造
 3階～1階 PC構造
 地下1階 RC構造

* (株)鴻池組大阪本店 設計副部長
 ** " 構造設計課主任
 *** " 構造設計課員

工 期：着工 昭和51年5月12日
 竣工 昭和52年3月29日
 PC仕様：鋼材 B種より線(スタビライズド処理)
 アンボンドケーブル 7-15.2φ
 グラウト工法用 19-17.8φ
 定着工法 CCL工法
 コンクリート：2階以上床ばり C=350 スランプ 15
 1階以上柱、壁 C=270 スランプ 18
 PC耐震壁 C=300 スランプ 15
 その他 C=210 スランプ 18
 鉄 筋：SR 24, SD 30, SD 35

3. 構造計画

本建物の特徴としては、アンボンド工法を大幅に採用したことと、PC工事の施工形態を直営システムで行ったことがあげられる。特に前者においては、我が国の建築物で本格的な実施例が少なく、文献等では、グラウト工事を必要としないので省力化および経済性の点で優れる、といわれている。一方ではアンボンドゆえの定着部の耐震性に問題ありと指摘されてもおり、アンボンド工法の使用範囲には慎重を期して、全面的には採用はして

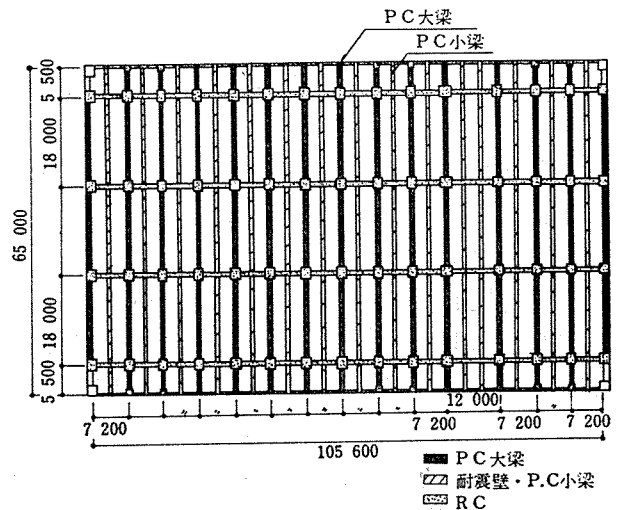


図-1 大梁・小梁伏図

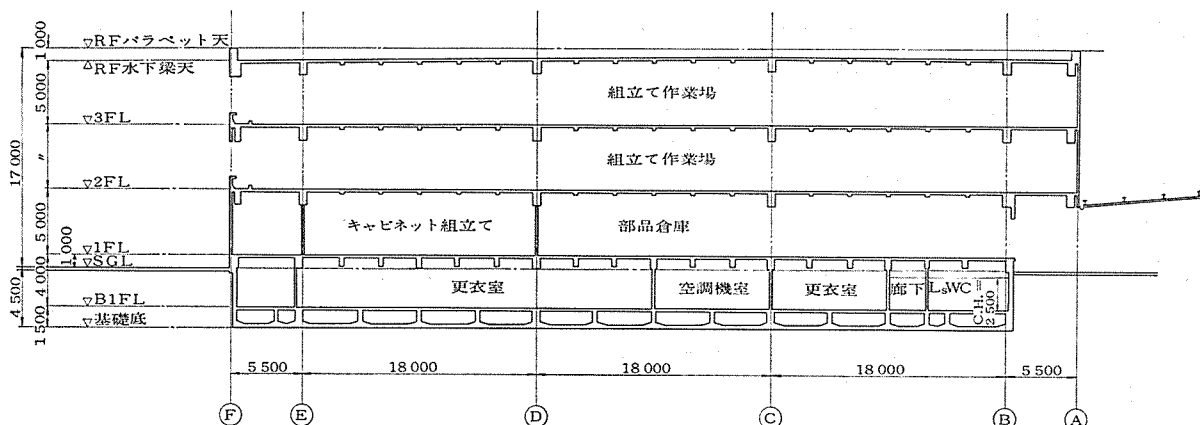


図-2 断 面 図

いない。

また後者の直営システムを採用したのは、当工事の施主要望工期が9か月間という、建物規模からみて常識外ともいえる突貫工事となり、全体工事の中でのPC工事の合理化に取り組む必要性からきたものである。

その他の構造計画に配慮した要点を列記すると次のとおりである。

- (1) スパン割りは、主要スパン 18m の3径間とし、さらに両端に 5.5m のはね出し梁を設け、全長 65m にプレストレスを導入した。桁方向スパンは7.2mとし、小梁を大梁と並行に中間に挿入し、大梁と同じく 65m の全長にプレストレスを導入した。
- (2) 地震時繰返し応力の発生しない小梁にアンボンド工法を採用し、大梁は在来のグラウト工法とした。
- (3) PCの定着工法は、アンボンド工法、グラウト工法ともCCL工法を採用した。
- (4) 建築学会の「PC設計施工規準」ではPC部材に対する設計震度の割増し(1.5倍)は規定しているが、PC部分のみでなく、RC部分にも割増しを適用し、全体的に耐力のアップを図った。
- (5) 階段室壁と地階の土留壁とを組み合わせU字形の耐震フレームを構成し、プレストレスを導入している。
- (6) 建物が地震時に受けるエネルギーを吸収するためには、靱性によらなければならない。その靱性を確保するために柱フープは普通の角形のものに重複させて丸形のスパイラルフープを配している。
- (7) PC構造の建物にはプレストレスの導入に伴い、床、壁に異常クラックが発生している例が散見される。2次応力的な変形からの現象であり、その対策を講じている^{1),2)}。
- (8) その他、構造断面等については折込付図に示すと

おりである。

4. アンボンド工法

4.1 アンボンド PC 部材

アンボンド PC 部材は、グラウトの注入を必要としない点を除いては普通の PC 部材と変わらないものである。

ところが PC 部材の釣合状態でみると付着のない状態になって保持されているので力学的特性はグラウトされ付着のあるものとは若干相違点が存在する。

実験的に裏づけられているアンボンド工法の PC 部材の特性としての特徴は次のようなものである³⁾。

曲げひび割れ発生以前のいわゆる弾性範囲においては、アンボンド PC 部材でも、付着のある通常の PC 部材と力学的性質に差はほとんど認められない。ところが曲げひび割れが発生した以後のそれには差が明確に生じ、アンボンド PC 部材の場合、付着のある場合に比べて曲げ破壊耐力が約 20% 程度小さくなるようである。

また、アンボンド PC 部材が地震時繰返し荷重を受けた場合には、付着がないため、その引張力は材端の定着部まで伝達されて、定着部に直接繰返し引張力が作用することになり定着装置の疲労耐力が重要な問題となるが、現時点ではこの定着装置の疲労破壊の性状は明解にされてはいない。

以上のことから具体的にいえば、長期応力に対する断面設計は付着のある通常の場合と同じに扱ってもよいが、地震応力に対しては、種々の検討を必要とすることを意味するものである。

4.2 アンボンド工法を利用した目的

アンボンド工法の最大のメリットは、施工のプロセスが大幅に簡略化できることである。すなわち PC 鋼材そのものに防錆処置が施されているため、PC 工事の施工

報 告

過程からグラウティングが不要となる。

また PC 構造物特有のアフタークレームである応力腐食の事故も過去の建物にときたま発生しているようである。プレテンション工法による PC 部材では応力腐食による破断例はみあたらず、ポストテンション工法に集中しており、そのほとんどがグラウト忘れか不良であると言われている。

したがって PC 鋼材自体が防錆剤で被覆された、完全防錆の期待できるアンボンド PC 鋼材を使用するアンボンド工法は、応力腐食の心配が避けられるうえに現場施工手間の大幅な軽減ができ経済性のメリットもあると思われるものである。

4.3 アンボンド工法とグラウト工法の施工上の比較

前にも述べたように、当工事は大梁にグラウト工法、小梁にアンボンド工法を採用しているところから両工法を比較するうえで興味ある状況となった。施工の段階ごとの特徴を列記し両工法の比較をすると以下のとおりである。

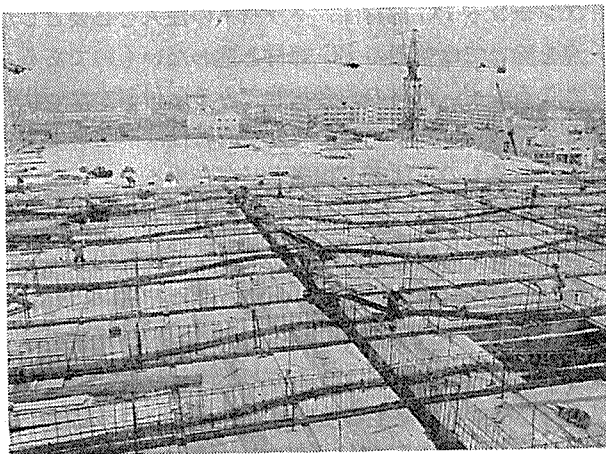


写真-1 工事全景

- (1) 型枠工事としては、一般の RC, SRC 構造と同じように完全先行で施工を行った。
- (2) PC 鋼材の配線については、グラウト工法の場合大梁断面中にシースを定位置に取付け、定着具をセットしたまま、鋼材を挿入しないでコンクリート打設を行う。コンクリートの硬化を待って1シース当り 17.8φ ストランドを4本束ねて片側よりウインチで引込む。この時ストランドは余長を見込んだ長さに工場で切断し搬入したものである。一方、アンボンド工法の場合は、ストランド1本ごとに防錆処理をしているので何本も束ねる必要はなく、ドラムに巻いたまま搬入し、梁に沿って人力で引込み所定の長さに切断し、取付け金物にセットし、コンクリートに打込むだけで良い。このようにストランドそのものも軽量化となり作業は簡易化される。

(3) ストランドの緊張工事については、両工法について差はない。ただし、アンボンド鋼材には、防錆材のグリースなどが付着しており作業に若干の汚れが伴うぐらいのものである。

(4) 次いでグラウト工事に移行するが、この工程で、アンボンド工法は一切不要となるため、グラウト工事に対する材工および工程が皆無となる。一方のグラウト工法の場合は、このグラウト工事をできる限り簡略化するため、つとめて1シースの中にストランドを集めケーブルを大型に設計するようになり、作業的にもアンボンド工法の方が軽易になったといえる。

以上のような施工順序を写真で示すと 図-3 のようなものである。

4.4 アンボンド工法とグラウト工法の経済性の比較

施工における簡略化が図れ、経済的にメリットがあると言われているアンボンド工法であるが、建物の規模の影響は別として、当工事における比較を、施工人工等を使って整理してみると以下のようになる。なお金額的なことについては、施工時期の単価差もあり、施工方式が直営システムで行っているため、PC 鋼材 ton 当りの単価は省略するが、当工事における工事歩掛りの純粋な比較値で示させて頂くことにする。

(1) 使用材料の比較

両工法の材料的な仕様の比較は 表-1 のとおりである。

表-1 大梁・小梁の PC 鋼材比較

	大梁 (グラウト工法)	小梁 (アンボンド工法)	その他耐震壁等
使用ストランド (梁1本当り)	12-17.8φ	12-15.2φ	17.8φ
梁1本当り力	330 ton	223 ton	壁 1546 ton 基礎梁 55.2 ton
鋼材総重量	72.293 ton	47.707 ton	9.826 ton
総延長さ	43760 m	43331 m	5948 m

(2) 施工手間の比較

出面による工法別の施工人工の歩掛りは 表-2 のとおりである。

表-2 施工人工比較 (単位: 人)

職種	大 梁						小 梁					
	工	土	鍛冶	大	グ	そ	工	土	鍛冶	大	計	
配線	224	250	202	38			714	222	214	154	18	608
ケーブル挿入	227	98				25	350					
緊張	67	56	28				151	39	36	24		99
グラウト					150		150					
計	518	404	230	38	150	25	1365	261	250	178	18	707
材 料 ton 当り	18.9人/ton						14.8人/ton					

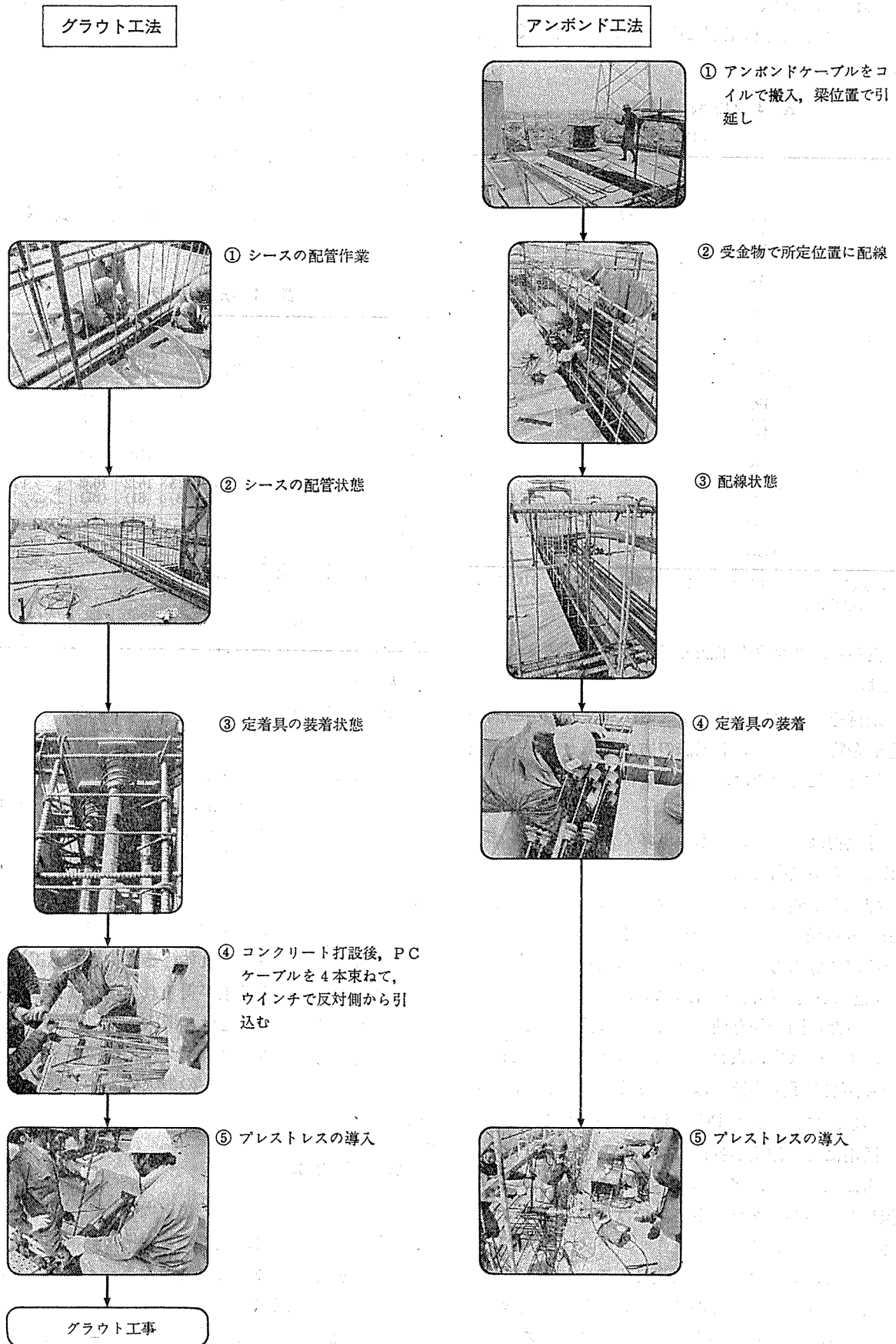


図-3 施 工 順 序

報 告

(3) 材, 工の比較

PC 工事の工事費を材工別に比率で示すと 表-3 のようになる。

表-3 材工別, 単価表
(PC 鋼材当りの単価 円/kg)

		大 梁	小 梁	備 考
		(グラウト工法)	(アンボンド工法)	
材 料 費	ストランド	337	467	
	定着金物	219	67	
	受金物	28	44	
	雑材料	39	7	
	グラウト材	35		
	小 計	658	585	
施 工 手 間	配線工	193	226	
	緊張工	111	25	
	端部処理工	18	15	
	グラウト工	20		
	小 計	342	266	
総 計		1000	851	

ただし, 上記値は, 大梁 (グラウト工法) の PC 工事費用を 1000円/kg とした時の相対単価で示している。

この表から, グラウト工法とアンボンド工法との比較の特徴は,

- 1) 鋼材そのものは, アンボンドケーブルの方が高いが定着金物がアンボンド工法の方が軽微となり定着具を一体としたものでは, アンボンド工法が安価となる。
- 2) 受金物はストランド本数が多くなるのでアンボンド工法の方が割高となる。
- 3) 配線の手間については, 今回の場合, アンボンド工法の方が径のサイズが一まわり小さいものを使用しているため導入力当りストランド本数が増える結果となり, 施工手間も歩掛り上は, アンボンド工法の方が割高となった。同一径を使えばこの差は縮まると思われるが, 1 シース中に束ねて挿入するグラウト工法の方が配線作業の手間歩掛りは, 小さくなると思われる。

しかし, アンボンド PC 鋼材の場合, あえて小さい径の採用により作業が軽微になることも見逃せない。当工事においても, アンボンド工法では人力で引込み配線したものが, グラウト工法では, ウインチによる引込みとなっている。

4) ついで, グラウト工事に注目すると, 工費的には PC 工事の 5% ぐらいである。この数字は, 大きいと見るか, 小さいと見るか意見の分かれるところではないかと思う。ただ施工的には完全に作業がなくなり, 工事関係の煩雑さがなくなることのメリットは, この

数値以上の有形無形のものがあると言えるのではなかろうか。

(4) 摩擦力テスト結果の比較

緊張工事に並行して, 大梁, 小梁で摩擦力の測定を行った。測定方法としては, 両端にジャッキを設置して, 片方のジャッキの導入力を増して行き, 反対側のロードメーター値を対応させて読み, その差を損失した摩擦力と判定する。その摩擦力テストの結果は, 表-4 のとおりである。

表-4 摩擦力テスト

導入力	大 梁				小 梁			備 考
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 1	No. 2	No. 3	
5 t					3.9	4.0	2.9	() 内は導入力に対する比
10 t	4.6	4.2	0	4.6	6.6	7.6	7.6	
15 t					11.2	11.0	11.2	
20 t	10.3	9.0	2.7	6.0	15.5 (78)	16.2 (81)	16.2 (81)	
25 t								
30 t	16.3 (54.3)	14.0 (46.7)	14.2 (47.3)	9.0 (32.7)				
最終平均摩擦損失	54.7%				20%			

設計導入力

$$P_x = P_0 \cdot e^{-(\mu \alpha + \lambda l)}$$

λ : シース波打ちに対する摩擦係数 (設計値 0.004)

μ : PC 鋼材の角度変化に対する摩擦係数 (0.3)

この結果からみて明確なことは, グラウト工法の場合は摩擦力のバラツキが非常に大きく計算値よりも上回る結果となり, 一方アンボンド工法の場合はバラツキがほとんどなく, 計算値よりも遥かに小さい値を観測したことである。

1本のシースの中に4本を束ねているグラウト工法と, 1本ごとにシースされているアンボンド工法であれば, このような測定結果が得られたことは当然の帰結かとも思われる。このことは, 導入力の効率が良いことであり, 導入力の管理がスムーズに把握できることであって設計者としてはメリットの最大のものと言言できる要素であろう。

5. あとがき

当工事は, アンボンド工法を大幅に採用し, 諸文献でいわれているように, 施工の省力化と経済的メリットについては十分に発揮されたものである。今回のレポートは, アンボンド工法の実例として, アンボンド工法に重点を置いた紹介にさせて頂いたが, PC 構造特有の施工上の問題点やアフタークレームなどについて設計上および施工上の対策もいろいろと講じている。それらについ

てはこの工事記録が既に紹介されている^{1),2)}のでそちらの方を参照頂ければ幸いです。

またアンボンド工法の将来において、定着装置の疲労破壊に対する安全性の検討は欠くことのできない課題と思われるので、大学等各種研究機関での耐震安全性の研究の推進を期待してやまない次第である。

当工事の設計に当って、大阪大学鈴木助教授にいろいろとご指導頂いたことを感謝しますとともに諸先輩の御意見を頂くことができれば幸いと存じる次第であります。

参 考 文 献

- 1) プレストレストコンクリート, Vol. 19, No. 5, Oct. 1977, p. 30
- 2) 建築技術, 1977. 12, p. 109
- 3) 六車ほか:「アンボンド PC 梁の静力学的性質に関する実験的研究」, 建築学会近畿支部研究報告集, 昭和52年5月, p. 33
- 4) 相原:「PC 鋼棒の破断事故例とその調査結果」, 建築技術, 1976. 8, p. 119

◀ 刊行物案内 ▶

プレストレスト コンクリート 第7回 FIP 大会特集増刊号 (英文)

体 裁 : B5判 117 頁
 定 価 : 1800 円 (会員特価 1500 円) 送 料 : 200 円
 内 容 : 1974 年 5 月ニューヨークで開かれた FIP (国際プレストレッシング連盟) 大会にわが国より提出された論文 (英文) をとりまとめたもので, 詳細は会誌 16 巻 2 号参照。

◀ 刊行物案内 ▶

穴あき PC 板設計施工指針・同解説

穴あき PC 板は, 各種建物の床板・壁板のほか各種工作物にも広く利用されるようになりましたが, 製造に関しては JIS A 6511-1976 “空胴プレストレストコンクリートパネル” として制定されたものの, 設計および現場施工に関しては統一的な規準・指針がないため利用者側から不便との声がありましたので, 当協会では昭和 50 年 5 月本岡順二郎氏を委員長とし, 建設省・建研および国鉄・技研その他関係者による委員会を設置して設計・施工指針の制定を企画し実験結果も考えつつ, 昭和 52 年 10 月指針案として公表しました。

その後関係各位のご意見を賜わり, 今回付録を添付し公表するにいたったものであります。

内容は, 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), なお付録には, 床・壁それぞれの設計例・取付け例および各種の試験例, さらに耐火構造についても述べてあります。

特に最近高層建築に多く採用されるようになった “コンクリートカーテンウォール” の取付け作業にも大変参考になりますので大いにご利用願います。

体 裁 : B5判 128 頁 ビニール製の表紙で現場持ち歩きに便利
 頒布価格 : 1,800 円 (会員特価 : 1,600 円) 〒400 円
 申 込 先 : 〒102 東京都千代田区麴町 1 丁目 10 番 15 号 (紀の国やビル)

社 団 法人 プレストレストコンクリート技術協会

TEL 03 (261) 9 1 5 1

振替 東京 7-6 2 7 7 4