

建築に関する PC 構造物  
の歴史をふり返って

永 田 憲 男

Norio NAGATA  
(株) 志俱磨建築設計事務所

PC 構造物のことを初めて知ったのは昭和 26 年（大学の 3 年の時）で、柱梁に緊張材を定着したラーメンの隅角部の応力状態についてのイギリスの文献を読むように命じられた時であった。同じ年に坂教室の実験で、ピアノ線に対する付着強度の試験をやっているのを見て、プレテンション工法のことも知った。

実社会に出て 3 年過ぎた昭和 30 年に、ようやく活発化し始めていた PC 專業会社に入社することになり、現実の PC 構造物とつき合うことになった。それでも当初は専ら橋梁の設計に従事していたが、それから 10 余年、PC の建築の設計・施工に従事していた間に、略現在見られる状態に発展した。そのような立場から、建築の PC 構造物の歴史について書くことも、あまり的はずれではあるまいと考えて、主として古い時代の PC 建築構造物について書くことにした。

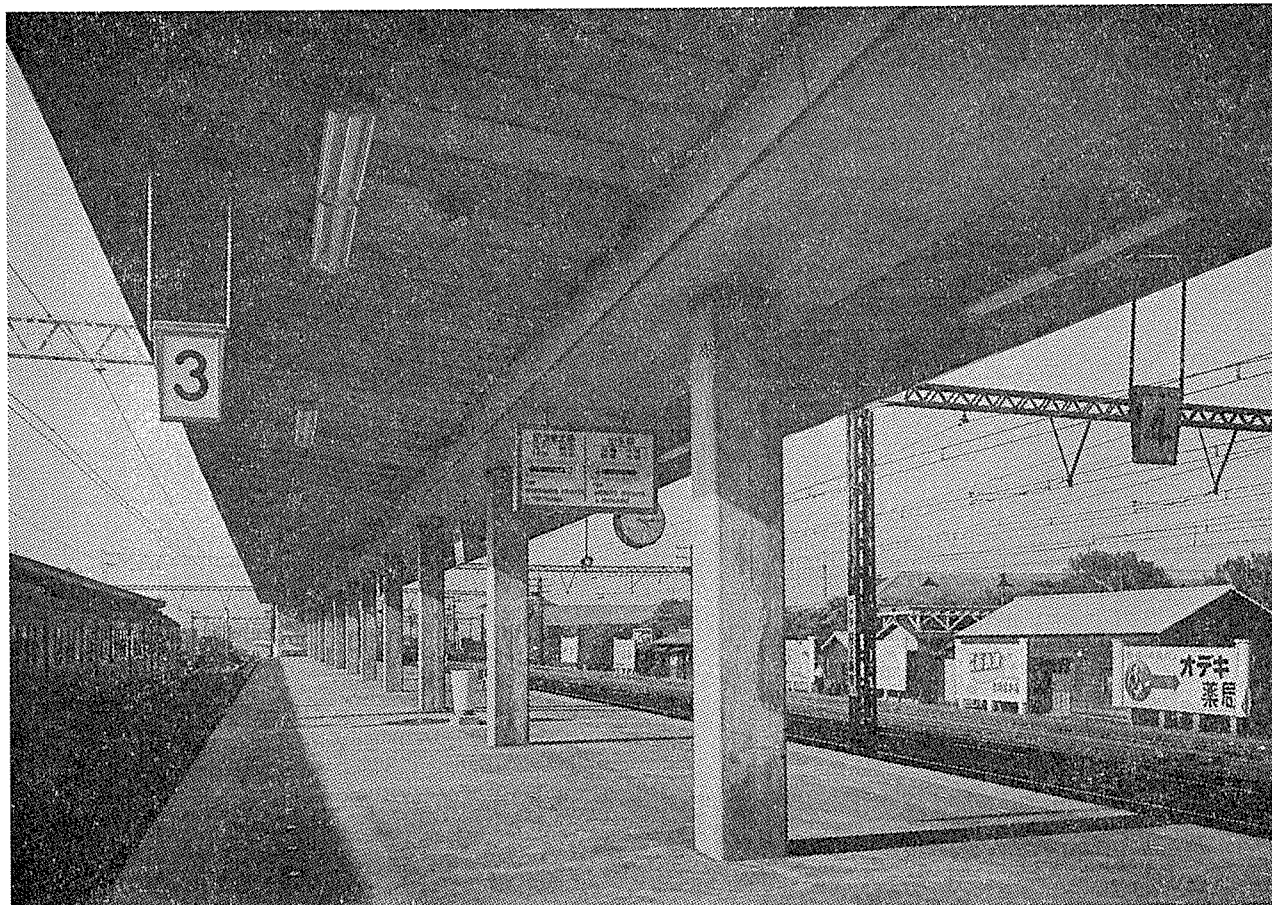
建築構造物と呼べるかよくわからないが、建築物の一部に PC 部材が使われたのは、昭和 20 年代中頃、デパートの地下二重床の上側スラブにプレテンション板を使ったのが最初のようなのである。福井大学の吉田教授が試験的に使われたのだそうである。

企業として PC 製品の製造を始めたのは、日本鋼弦コンクリート(株)で、昭和 25 年から 29 年オリエンタルコンクリート(株)に合併するまで、福岡でプレテンションの桁、スラブ、壁板を製作し、現存する物もあるそうである。河合三郎氏が坂教授の研究を聞いて創業されたもので、軍用資材のピアノ線を使い、スランプ零、強度  $300\sim 350\text{ kg/cm}^2$  のコンクリートを打設し、50 m のコンクリートベッドにスクリュージャッキで緊張していたそうである。

昭和 32 年頃までは、PC 建築と言えど殆どプレテンションの板が部材として使われる程度であった。用途は階段板、二重床の上スラブ、壁板等で RC の部材より薄くしたい、長くしたいなどの要求によるものであった。

その頃の施工で、市ヶ谷駅近くの女学院の外階段段板と、前の興銀本店のマシンハッチの蓋板がある。PC 板製造技術はかなり進んで、強度も真鍮棒取付け等意匠の要求にも応じて立派なもののできたのであるが、たわみの制御ができず、現場で板を裏返してセメント袋を積み、クリープの進行がかなり終わるまで待つて取り付けた苦い記憶がある。

断面 2 次モーメントの小さい部材では、緊張材の偏心の少しの誤差で曲りが大きく出ることと、材令の若いコンクリートのクリープによるたわみの予測は難しく、薄い、軽い、とスレンダーを強調しすぎた初期の板材は製造に苦労した。渋谷の東横百貨店の外壁も大変薄い板で、カーテンウォールとしては早い時期のものである。



写真一 国鉄浜松町駅ホーム上屋

昭和 30 年に国鉄浜松町駅ホーム上屋が施工されて、建築構造物としてのディメンションで実現された最初の PC 構造物となった。また翌 31 年には兵庫県南淡町庁舎で PC 鋼棒を使ってラーメン構造とした本格的な PC 建築が着工されて、建築にもようやく躯体にプレストレス工法を使用し始めることになった。

ポストテンション工法は土木構造物で発達した技術なので、建築物に使うと、細工が難しくてうまくゆかず、種々工夫を要した。ジョイントにドライモルタルを詰めることとか、柱を基礎に固定する方法とか、カップラーを使って鋼棒で梁柱を剛接する方法とか、資料や図面で知っている方法が実際に建築物で施工されて自信を与えてくれたという点で画期的なできごとであった。

31 年末から 32 年 5 月に施工されたミツワ石鹼向島工場の包装工場棟は 2 階建てで、PC 通し柱に PC 梁を鋼棒で剛接したラーメン構造建物であった。2 方向に多スパンの構造なので、中間ジョイント部分にストレスを入れる方法に苦労した。特製のジャッキでジョイントを押し広げてコンクリートを打ち込み、後でジャッキを取り外す方法がとられた。建築の構造物は一般に寸法が小さいジョイントも複雑で、こんなところに随分苦労する。

当時のクレーン車の能力がまだ今ほどはなくて使え

ず、東洋一と称するガイデリックを使って吊込みを行ったのであるが、それでもひやひやで、改めてコンクリートの重さを思い知らされた。

この建主は純粹の民間なので、確認申請で審査会の特認を得なければならなかったのも忘れられないことである。設計審査は勿論であるが、ジョイントの実大試験、躯体完成後の設計荷重載荷試験、梁・床版耐火試験を義務づけられた。今考えると不思議なほど理解のある施主と、関係者の大変な熱意で実現したのであろう。この建物は後年区画整理とかのために取りこわされることになり、建研の指導で種々な実験・破壊試験が行われ、略々設計どおりの亀裂強度と破壊強度を維持していることが報告されている。

今でこそ PC 建築の耐火性能に特別な疑問は出されないが、当初は何回か実大の試験をして、随分と手間と時間と費用を要した。また確認申請の審査もなかなか簡単には進まなくて、民間建物を実現するのは極めて困難であった。

東京都新庁舎のホール 2 階へ裏側から入る陸橋に I 形梁が使われている。道路橋用の鉄型枠を使って工場で作したものだが、鋼棒使用でジョイントはカップラーで建物に剛接されている。30 年近く経っても殆ど変わら

ず健在である。コストの点から、なるべく道路橋標準 I 形・T 形梁型枠を利用するのが有利なので、手持型枠に合わせて設計するのが数量の多くない場合のやり方であった。

プレストレストコンクリートは一方向の曲げには特に強いのが特徴の一つで、片持ち梁はその性質によく合うのであるが、建替え前の霞ヶ関電話局の玄関にスパン 5 m の PC 逆 T 梁庇がついていた。現場打ち鋼棒ポステン工法で生コンを使用した最初の例だろうと思う。強度 350~400 kg/cm<sup>2</sup>、スランプ 8 cm 程度で、ミキサー車からやっと排出できたのをネコ車で直接受けて 2 階へ吊り上げて打設した。エンジンバイブレータでようやく流動する固さだった記憶がある。先年新局舎に建て替える際に調査された東大の内田教授のお話には、肌が打設当時と同様で殆ど老化が進んでいないのは、固練りコンクリートであることと、圧縮力をかけてあることの効果だろうとあったが、現場打ちできる程度の固練りだったことは確かである。

東京駅八重洲側にも同様の庇がある。ただしこれは桁行が非常に長いので、桁間に収縮亀裂が出て天井でカバーされてしまった。桁行は軽く締めて、今で言う PRC 構造にでもすれば、PC 庇はスレンダーでたわみも少なく、もっと使われていいのではないかと惜しい気がする。

昭和 32 年秋に国立競技場の一隅にトレーニング用体育館がつくられた。その張間方向大梁と柱が、鋼線によるポステン工法で、場所打ちではあるが梁緊張後目地詰めて柱緊張材でラーメンとする方法であった。35 年頃にフレキシブルシースが実用されるまでは、数 m のはぜ付きシースをつないで使っていたが、建築の小さい断面のコンクリート打ちはまた難問であった。棒バイブレータを直接入れないと打設が難しく、直接入れると必ずシースが破れてグラウトが入らないので何とも手の打ちようがないことがあった。設計でなるべく腹部の断面の余裕をとる（不経済になる）か、それでも詰まった箇所は場所を何とか探って切開して直すしか方法が無く困った。この競技場体育館でも 1 ケーブルに 2 か所破れて 6 か所切開したことがあった。

昭和 33 年頃から種々の新しい緊張定着工法が輸入されたが、1 ケーブルの定着機構がコンパクトなことでフレッシュ工法、ジョイントのし易さと、やはりコンパクトなことで鋼棒の工法が建築では殆どだったと思う。30 年台末から 40 年台にかけて国産工法や輸入工法でも小型の種類が開発されて、建築でも現在のように多様化してきた。

33 年には岡山県宮上競技場スタンドが竣工してい

る。PC の建築構造物への使用例として外国の写真に最も格好よく登場していたのが競技場スタンドで、曲線あり超スレンダーな持出し梁ありで、PC の特性上も非常に適したもので、ここに本邦初登場したことは、PC 建築もようやく本格的に取り上げられる兆しが見えたと考えられる。ただしその後実施例が多くないのは残念で、日本のお役所は曲線型やあまりスレンダーなのは好まれないせいかと考えている。

35 年 2 月建設省告示第 223 号によって、高さ 16 m 以下の PC 造建築物の確認申請が RC 造並みの取扱いを受けられることになった。それまでは今からは考えられないほどに認可に時間と手間がかかっていた、そのために実施を断念することもあるほどだったので、この告示は PC 建築の歴史の中では忘れられない事柄であろう。設計の説明を通常の時間にやったのでは一般の確認業務に差し支えるからと、毎朝の 8 時~9 時を指定されたこともあったし、鋼棒の定着端が緊張しても壊れないことを実証するための試験体をつくって、試験に役所の立会いをしてもらったり、といった種々の面倒から解放されることになった。

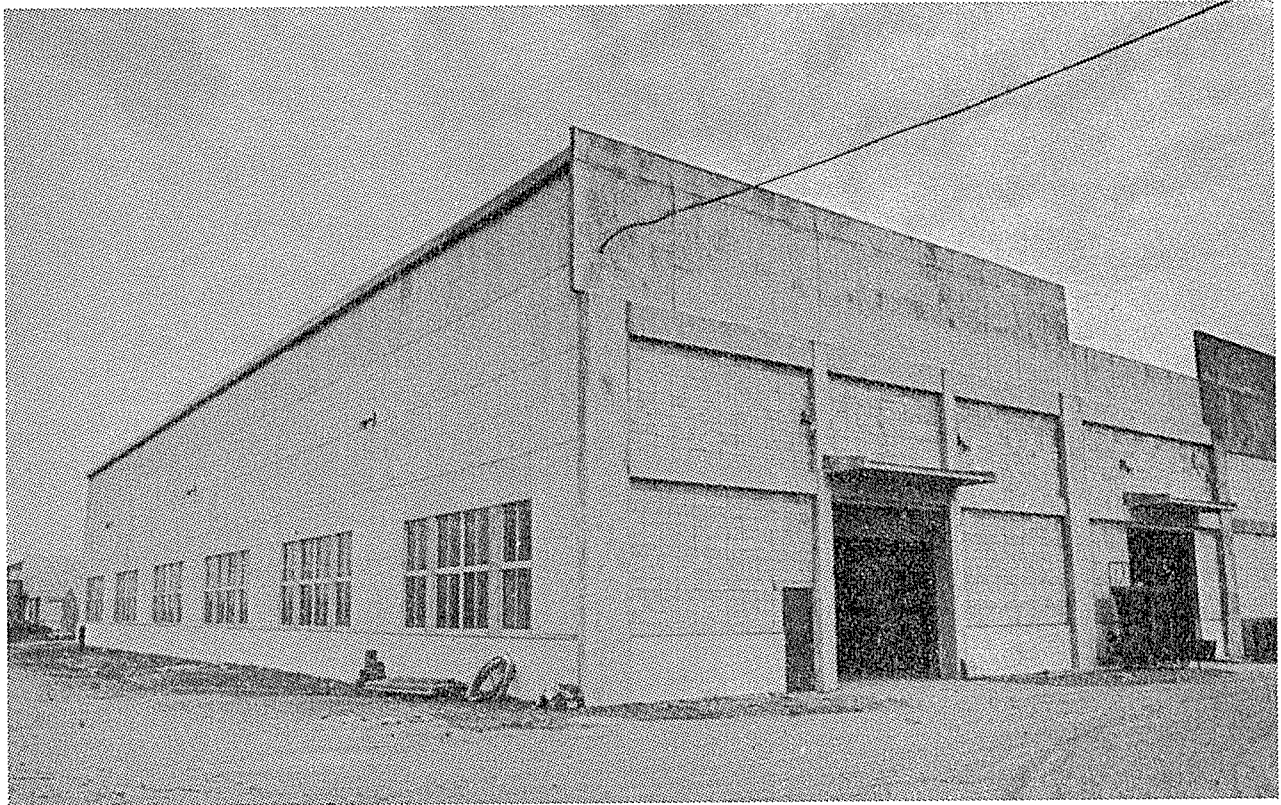
そのお陰もあってか、PC 建築の実施例が次第に多くなっていく。

35 年 10 月にオリエンタルコンクリート(株)社屋が竣工している。これは、ようやく普及し始めた PC 建築の技術的な試みと PR には好都合の機会だったので、当時新進気鋭の木村俊彦氏に構造設計が託されて、基礎を除く全躯体がプレキャストの PC 材で設計され、工場製作・現場組立てされた。プレキャスト PC 材の仕口の納りは当時から今日に至るまで種々工夫開発されてきた。この建物で施工を含めて解法の具体例が出来て、PC 鋼棒を使ったプレキャスト PC ラーメン構造の一典型となった。

36 年 5 月キャノンカメラ(株)取手工場 1 期工事が竣工している。平家で全プレキャスト PC 構造で、柱の無い大きな作業空間をとることを主目的に PC 工法が採用されたと記憶している。

PC 構造は、RC 構造の限度を超える大スパンで特徴を発揮するのだが、それに型枠の反復使用による経済性と支保工不要による工期短縮・経済性というプレキャストの特徴を加えて、RC または PC の現場打ち柱にプレキャスト PC 梁や DT スラブを架設する方式は実現の可能性が高く、帝都高速度交通営団小石川車庫・芦原市庁舎・住友電工大船工場・鈴木金属習志野工場等、35 年、36 年頃に大規模建築を含めて急に件数が多くなっている。

住友電工大船工場は、柱梁の仕口を鉄筋と鉄板で補強



写真—2 鈴木金属（株）習志野工場

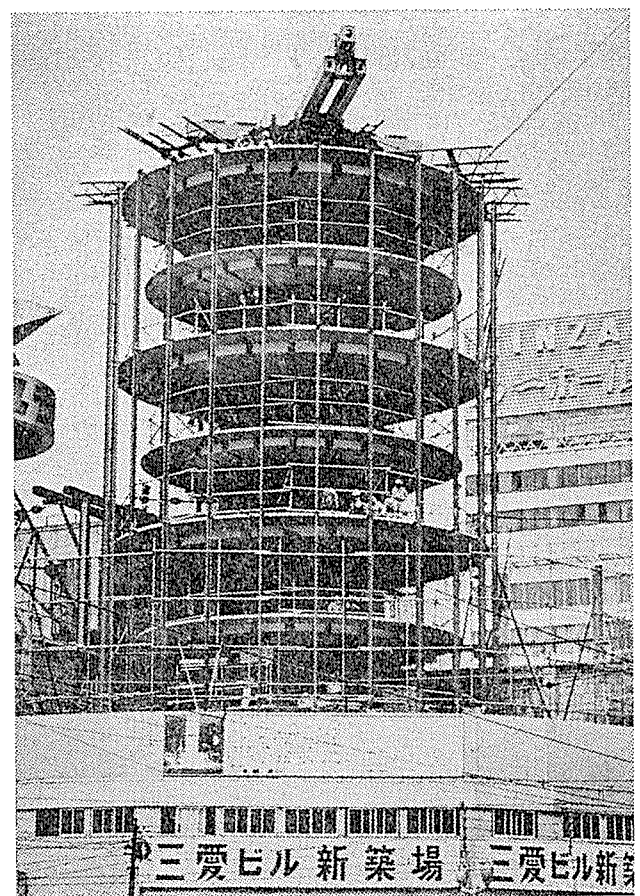
してコンクリート打ちする RC 方式で、仕口の模型実験の詳細も発表されて RC 方式の仕口の信頼感を持たせてくれた。大規模な建物で、学会見学会に多数参加して構造関係者に PC 構造への認識を深めた功績も忘れられないことである。

鈴木金属習志野工場は規模も大きく、特に屋根の高さが高く、プレキャストの梁、屋根板を使うにはあつらえ向きの建物で、梁の重量も揚程も大きく、橋梁用の門型ポストとウィンチで吊上げと横取りして架設した。屋根 DT 版のジョイント部だけをゴム入りアスファルトで防水して、版部の防水なしの経済設計が試みられたのは初めてのことだったと思う。学会の見学会が企画されて銀座の建築会館からバスで出発したのに、交通渋滞で小松川橋が渡れず中止になった、高速道路未完当時の出来事を思い出す。

大日本製糖門司工場事務所とか出光興産大宮給油所上家等、場所打ちコンクリートの PC 工法で片持ち梁等 2 次応力の生じない形式の構造のものは、施主や計画担当者に理解され易いので、かなり早くから実現した。

昭和 37 年には千葉県会議事堂や銀座三愛ビル等に変わった PC 工法が現われている。

前者はシェル構造に PC 工法が利用されたもので、先発の欧州での実施例はかなり早くあったようだが、日本で建築のシェルに使われたのは最初だろうと考えられる。



写真—3 銀座三愛ビル

後者は中央の RC コア部分を先行して、各層床を地上においてプレキャスト PC 部材で組み立て、ジャッキアップして取り付ける PC リフトスラブ工法でつくられた。あの銀座四丁目の街角で、短期間に手際よくとの要求に適合したので採用されたのだろう。

この RC コアと PC プレキャスト部材によるリフトスラブ工法は、40 年の早稲田大学第 2 学生会館、41 年の国際キリスト教大学科学館にも使用されたし、アフリカの大学都市計画にも使われていたと記憶するが、PC 工法の大架構に適した特徴を利用でき、工期・工費の点でも有利になる大規模プロジェクトで使いたくなる工法ではないだろうか。

変わった工法ではないけれども、出雲大社庁舎の大梁は特殊な化粧骨材のコンクリートで珍しい事例であった。

この頃までの PC 工法は一部静定構造物を除けば殆どプレキャスト部材を結合し組み立てる方法だった。その原因を考えて見ると、次のようなことがあるようである。

- 1) 最初の出発が工場製品であったこと。
- 2) 工費工期の面でプレキャストが有利と考えられていたこと。
- 3) 現場打ち一体式ではプレキャスト導入の 2 次応力が生じ、その処理方法が未だ不明確で不安があること。

3) の点は、今は簡単に処理されていることであるが、当時は大変面倒な計算を必要とすると考えられて、なかなか現場打ちでの計画に踏み切れない状態であった。

この頃、一体式の PC の 2 次応力対策として工夫された工法に割柱工法があった。現場打ち柱を細い 2 本の柱に割って打ち、プレストレス導入に対する抵抗を小さくし、導入後に 2 本の間のコンクリートを打って 1 体の柱

とする工法である。

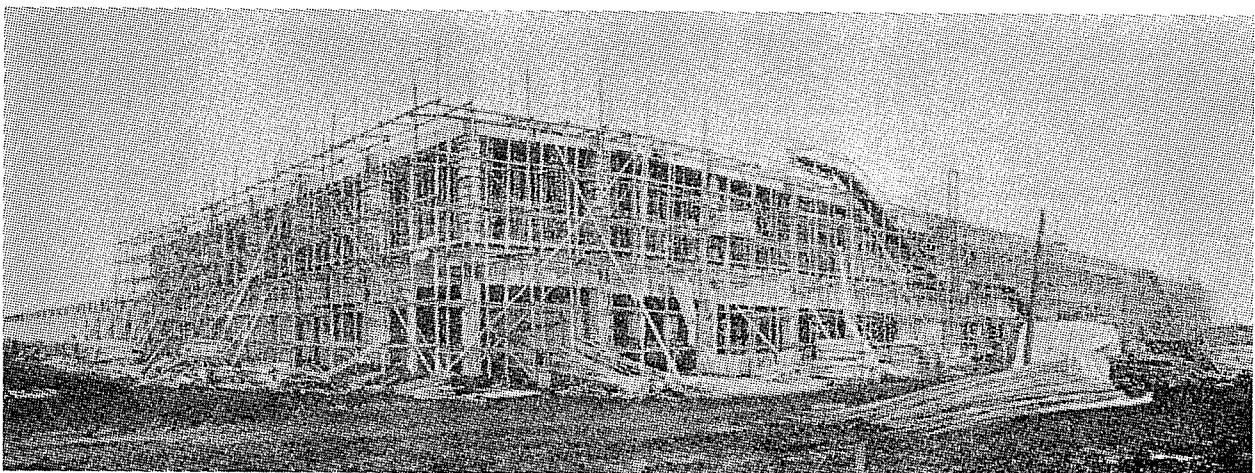
木村政男氏考案によるこの割柱工法によって、37 年から 39 年までに、小西六写真工業(株)八王子工場、埼玉農林会館、東海運山下埠頭倉庫、ライオン歯磨小田原工場、目黒ボーリング場等、規模の非常に大きいものや階数の高いもの、20t の走行クレーンを備えたもの等が現場打ち一体式 PC 構造で実施されている。この工法が実用化されてから短い間に、このように数多くの場所打ち PC 建築の実施例が実現したのは、逆に考えれば、2 次応力の処理の問題が場所打ち PC 建築の実現に大きな障害になっていたことが察せられる。2 次応力については、その後精密な解法から簡単な略算へ処理方法も進められて、場所打ち PC 建築の計画が自由に採り上げられるようになったが、建築学会の設計指針がまとめられるまでは、皆さん種々工夫し苦労したことであった。

変わった建物としては、福岡の香椎花園の温室に使われた 3 絞アーチがある。背の高い熱帯植物を入れる必要から 10m の高さの骨組を 20cm×40cm 断面のプレキャスト PC 部材でアーチに組み、桁行方向も PC でラーメンとしたものである。建起しと組立てのために PC を使ったと考えられ、曲材を締めて大丈夫かと心配されたのもこの頃までと思われる。

37 年、38 年竣工の建物名を眺めると、件数も急に多く、種類も増えて、PC 建築もようやくその所を得てきた感じを強くする。

大スパン大荷重に向けた特徴を買われて、体育館、講堂、プール、工場等の上家や倉庫の例が殆どを占めている。

耐火構造としてのコンクリート被覆厚の取扱いも決まり、確認申請の特殊取扱いは殆ど無くなり、PC 造建築もようやく RC 造や S 造の仲間入りができたと感じられる。



写真—4 小西六写真工業(株)八王子工場

プレキャスト工法でも、RC と PC を組み合わせたり種々工夫を加えられ、世田谷資料館とか蛇の目シン本社社屋等意匠上の表現に積極的に用いられた例も現われている。また、その規模も非常に大きなものに使われている。

ところでボーリングという競技は、米国から輸入されてしばらくしてから突如としてブームを呼んだもので、その結果ボーリング場建設が全国に広がった。御承知のように、これには 20 m 程度の無柱空間を必要とするため、その建物は PC 構造に適していると感じられた。流行の兆しが見えて、市街地に何層かの建物として計画されるようになると、コスト、耐火性、振動、梁成等、鉄骨造に勝り真に最適という感じであった。競技のブームを追ってボーリング場の建築もブームを呼び、その躯体として場所打ち PC 構造もちょっとしたブームになったようである。その熱は急速に冷め始めて、47 年頃に王子駅前に建った 6 層ぐらいのボーリング場が最後ではなかったかと思う。

PC 建築業界の経済的基盤の充実や技術の進歩にもこのブームは寄与したことは確かだと思うし、また一つの工法にこんなにぴったり適した建築の需要を引き起こした例は他にあまり無いことだと思う。

ボーリング場については、設計床荷重をどれだけ考えるかの判断が分かれるところである。将来の転用を考慮して店舗並み荷重をとったものは、スーパーや家具店等に転用されたものもあったが、実状荷重で設計したものは、補強が難しく、あえなく取りこわしのものも多か

ったようである。

建築のディメンションに合う小型で確実なストランド定着具がなかなか現われなくて、専らプレシネーコン式か PC 鋼棒の工法に依存していたのが、40 年には国産の OBC 工法が開発され、また、ストランドをまとめてボルトナット式で定着する方式の VSL 工法や SEEE 工法も輸入されて、小型で安全に作業できる工法が普及するようになった。初期の頃の細心の注意を怠けるとすぐ事故に繋がった頃から考えると、格段の進歩であった。今から考えると信じられないような事故もあったが、やはり技術の進歩の避けられない過程だったのだろうか。

PC 工法は RC に比べて優れた工法であるが、コストも高くなるのが一般である。現場打ち PC と RC のコスト差は主に鋼材と、コンクリート価格の差で生じる。そこで大スパンを RC 構造で設計して、亀裂防止のために少しストレスを入れようとの考え方で実現したものに鹿児島県教育研修センターの講堂棟がある。17 m スパンの大梁で、断面設計は全く RC の計算法により、コンクリート強度も  $210 \text{ kg/cm}^2$  である。引張側のコンクリートヘヤークラック幅を  $0.1 \text{ mm}$  に押さえるようストレスを入れる設計であった。価格アップは緊張材 1 ケーブル分だけで、十分満足できる結果だったと記憶している。

最近で言う PRC のもう少し RC 寄りの考え方だと思う。普通強度コンクリートとするのが工夫であった。RC 造の建物の一部に 10 数 m のスパンが必要で、そこ



写真—5 目黒ボーリング

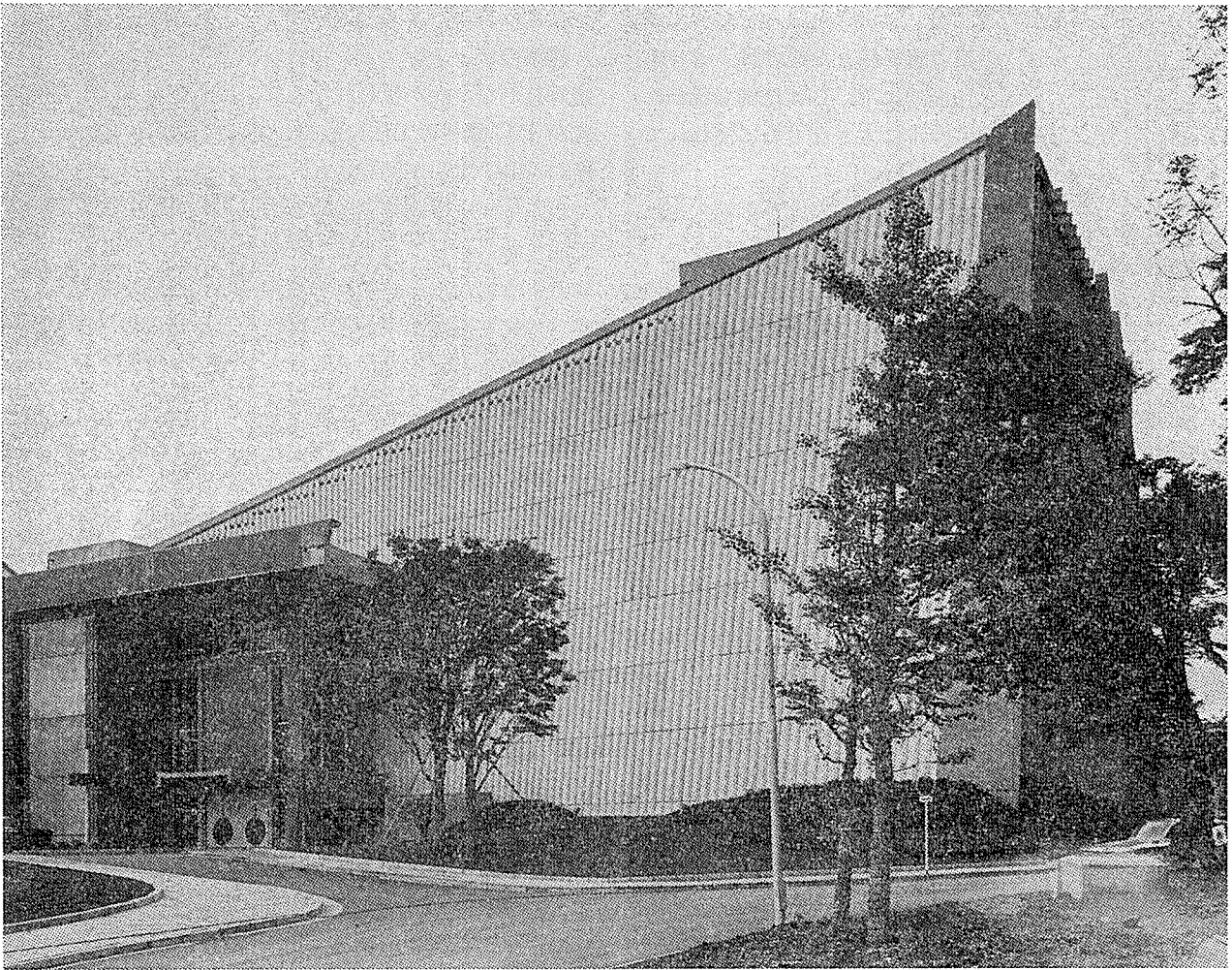


写真-6 千葉文化会館

だけ SRC 造にする設計がよくあるが、代りに PC ケーブルでヘヤークラック防止をすれば、RC で簡単に納まるのと思う。

40 年代になると PC 建築も多彩となり、またようやくその特徴をうまく使って、所を得て使われるようになったなと感じる。

超大スパン吊り屋根構造——千葉文化会館や笠松運動公園体育館等、大スパンで屋上にプールや緑地、バスターミナルなど重い荷重を載せるケース、大スパンで階高を、したがって梁成をなるべく小さくしたいケース、大スパンでトラスなどと違ってすっきりした表現にしたいケース、大スパンで防錆、耐火等を必要とするケース、さらにプレキャストと組み合わせられてジョイントするためにも PC が使われるなど、その特徴と目的に合わせていろいろに工夫された PC 建築物が、特殊な工法と

してでなく普及してきた。

それから現在までのいわば歴史の後半において、技術的に新しいことと言えばアンボンド工法が挙げられる。小さな単位のグラウト不要の緊張材であるからスラブだけにプレストレスを入れることもできるし、小梁をなくしたり種々利用方法も考えられる。

しかし、この後半は PC 工法の普及一般化の時期で、現在と一体となって、歴史と呼ぶには新しすぎるようだし、技術上の変化は逆に少ないように感じる。それだけ RC 工法等に近づいて普通の工法になったということだろうか。

歴史的考証などと言うには、はなはだ不正確であるけれども、創生期から青年期までの日本での PC 建築に関する諸々な事柄を思い出して記しました。