

## 仕口部に鉄骨を用いたプレキャスト PC 構造 —省力化トータルシステムを実現させた設計事例—

田 辺 恵 三\*

### 1. はじめに

東京都の環境豊かなベッタウンとして開発中の多摩ニュータウンのインダストリー地域内に、住・工混在の都市づくりの一環として、多摩住宅都市整備公団のハイテク産業誘致条件を満たした総合電子多摩製作所が昭和63年12月に竣工した。

本建物は、電子部品組立室、研究開発室、デモンストラーション室、事務室等の多目的使用に、効率良く、しかもセキュリティーをも考慮して設計された。多自由度の空間設計と同時に空調設備のランニングコストの低減を主眼にして、空間内のスパン割付けを行っている。

躯体工事から始まって、仕上げ工事、設備工事へと徹底して省力化、省エネ化、工期短縮を実現した。

本稿では、プレキャストプレストレスト鉄骨鉄筋コンクリート造（プレキャスト SPC 造）の SPC 合成構法（SPC 構法）の概要を紹介し、SPC 構法の特徴、歴史および今後のコンクリート系の合成構法の信頼性の確立のための新設計法の基本的考え方を述べる。

### 2. 概 要

#### 2.1 建物概要

本建物は地下1階を駐車場、1階を電子部品組立作業室（クリーン度クラス1000~10000）、集中コントロール室、事務室、2階を展示室、3階を教育室、食堂に使用する。建物の平面図を 図-1 に、外観写真を 写真-1 に示す。



\* Keizo TANABE  
黒沢建設（株）取締役設計部長



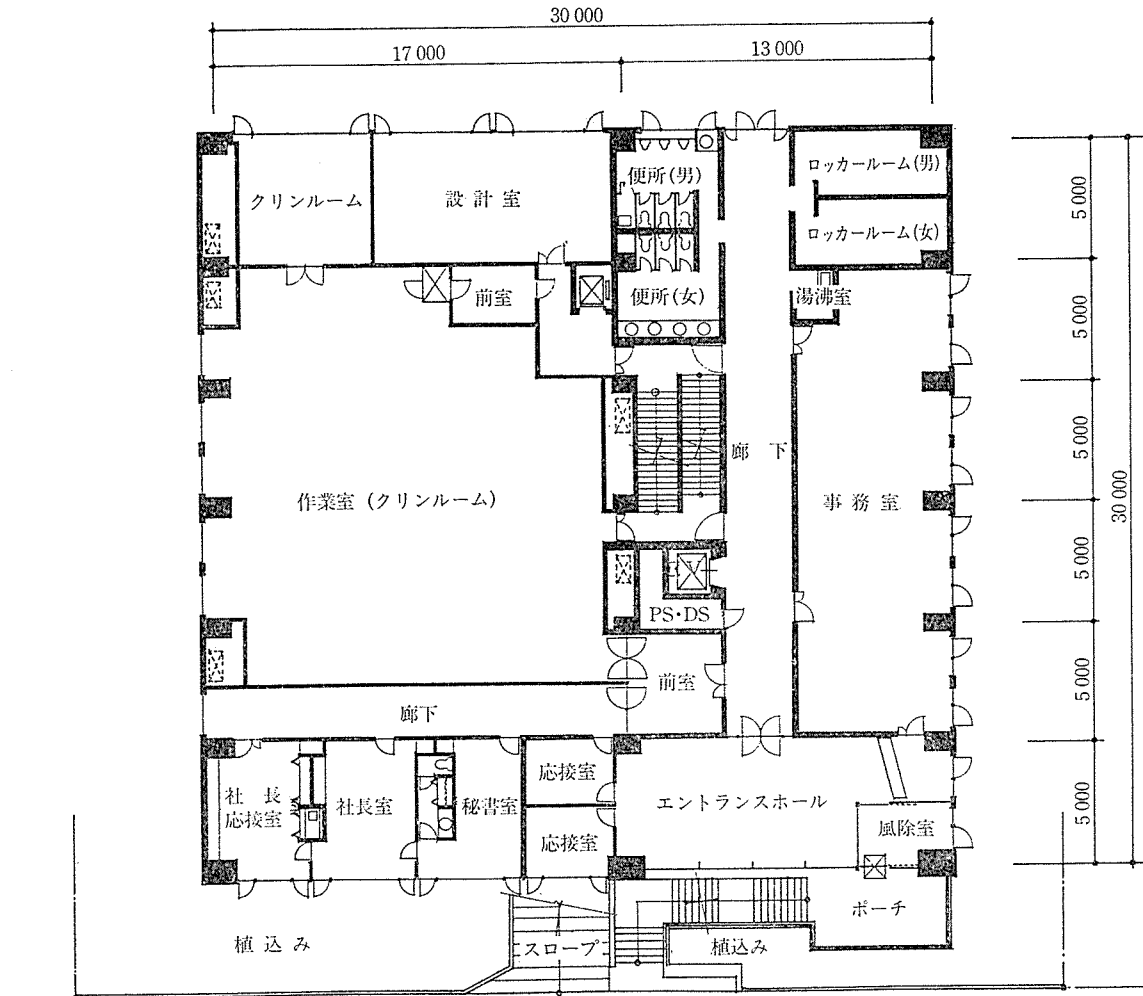
写真-1

建 物 名：総合電子多摩製作所（株）社屋  
建 設 地：東京都多摩市永山6丁目22の7  
敷地面積：1645.5 m<sup>2</sup>  
延床面積：3546.4 m<sup>2</sup>  
用途地域：住居地域  
規 模：地下1階、地上3階  
構 造：プレキャスト SPC 造  
地中梁；場所打ち PC 造  
定着工法：柱；PC 鋼棒 32φ  
梁；KTB 工法 7×12.7φ ストランド  
KCL 工法 15.2φ ストランド  
工 期：昭和63年3月～昭和63年11月  
設計施工：黒沢建設（株）  
監 理：環境開発研究所（株）

#### 2.2 プレキャスト SPC 構法の概要

SPC 構法は鉄骨（S）とプレストレストコンクリート（PC）との多種多様な組合せで生まれる複合・合成構造の総称としている。プレキャスト SPC 構法は、従来のプレキャスト PC 造と違って、柱、大梁、小梁の端部仕口部にH形鋼を埋設して、鉄骨造と同様に、急速にハイテンションボルト接合による剛接合を可能としている。柱と SPC 大梁は、二次ケーブル（連続ケーブル）にプレストレス導入を行うことにより、柱と大梁の接合部に圧着効果を生じさせてラーメン構造にしている。

本建物で適用した柱の自立工法は、急速施工の核心を



道 路

図-1 1階平面図

なし、大幅な工期短縮を実現させている。この工法の特長は、あらかじめ同一型枠内で仕切られた柱脚台座ブロックの据付けを先行させることによって、柱脚部のレベル調整が容易となり、高精度で急速な柱の自立を可能としている。接合方法は接合面にエポキシ樹脂を塗布し、アンカー PC 鋼棒によるプレストレス導入により瞬間的なプレストレス圧着接合の施工方法を取り、2層分の柱自立、大梁架設、DV 版載荷を行うことによって、在来工法と比較して約 1/3 の施工スピードを実現させている (SPC 架構概要図：図-2, 3 参照)。

### 3. 組立工法による省力化のためのキーポイント

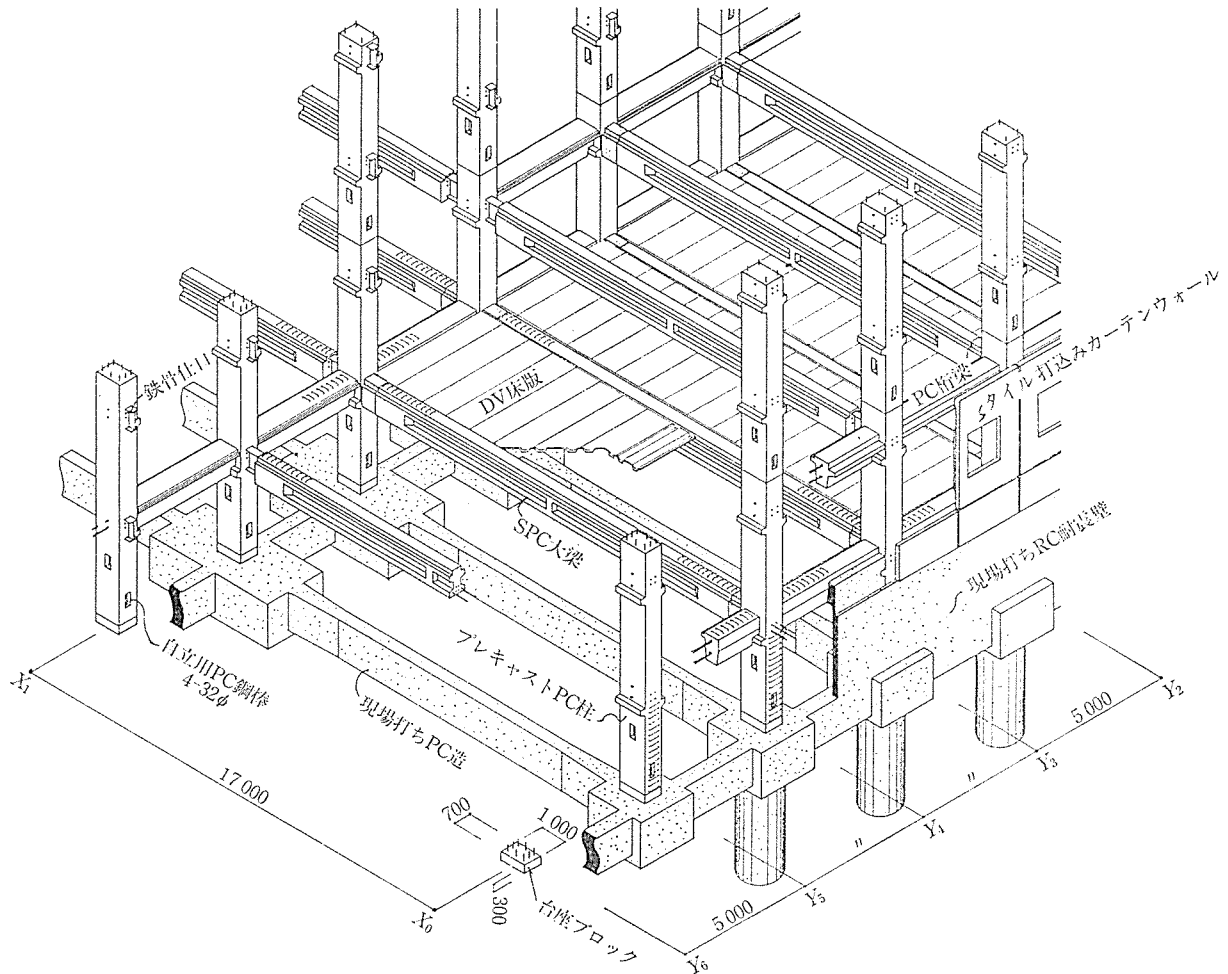
コンクリート系の大スパン多層ラーメン構造をプレキャスト部材化して、組立工法にすることによって、省力化・工期短縮を図る場合の設計および計画上のキーポイントは次のとおりである。

1. 型枠施工、支保工施工を大幅に少なくする。
2. 柱の自立により施工段階の安全性を確保する。
3. 架設時段階の接合形式は鉄骨構造とし、多層ラーメン構造の急速施工、超高精度、安全性を確保させる。
4. プレキャスト部材は、全階とも同一断面にする。
5. 高強度コンクリートを使用して部材重量を軽くする。
6. ジョイント部のコンクリートまたは目地部は、超高強度のコンクリート、モルタルを使用したプレストレスによる圧着接合とする。

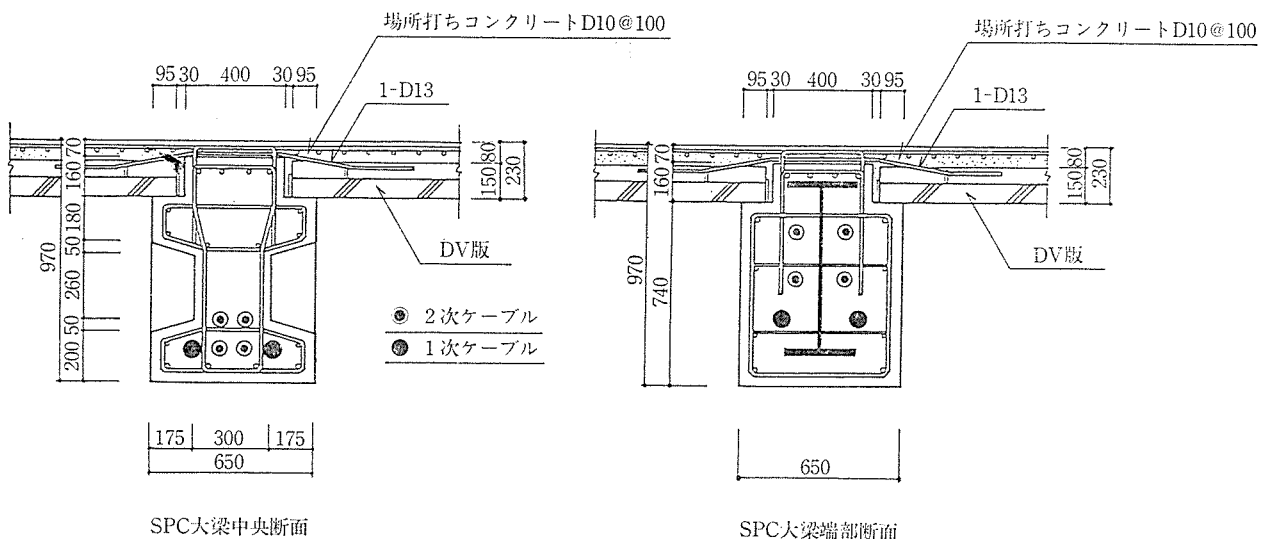
本建物において、躯体工事から設備工事までの省力化に対し、具体的に設計方法、施工方法の解説を行う。

#### ・PC 造地中梁による基礎の省力化

基礎は場所打ちアースドリル工法を使用して、各柱、1本打ち杭とし、地中梁を場所打ち PC 造とし大スパン (17 m + 13 m) を形成し、基礎の省力化を図っている。



図—2 架構概要図

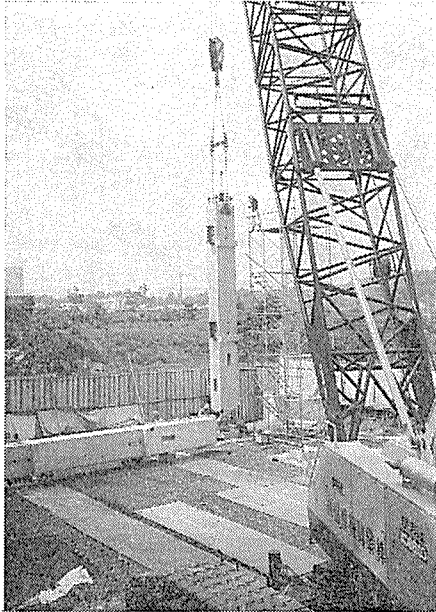


図—3 SPC 大梁断面図

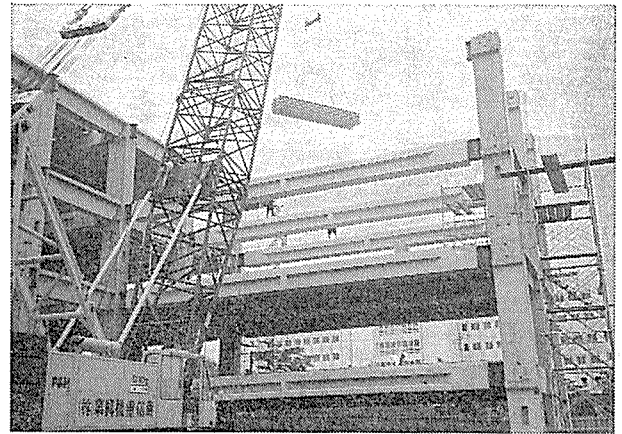
・柱の自立による省力化

プレキャスト PC 柱は、2層分ごとに分割し、いかに高精度、急速施工で柱の自立ができるかが重要な鍵となっていた。これの解決策として、同一柱の型枠に台座ブ

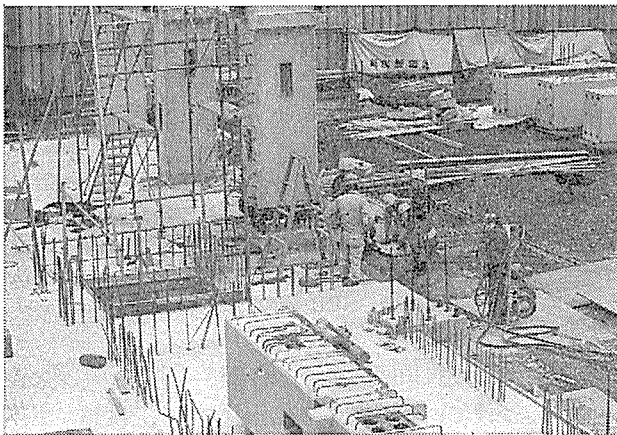
ロック用として仕切り、この小さなプレキャスト台座ブロックを基礎天端において、柱芯・レベル調整が容易に作業できること、また、柱の自立用 PC 鋼棒のプレストレス導入作業も柱脚部分でできるようにすることによ



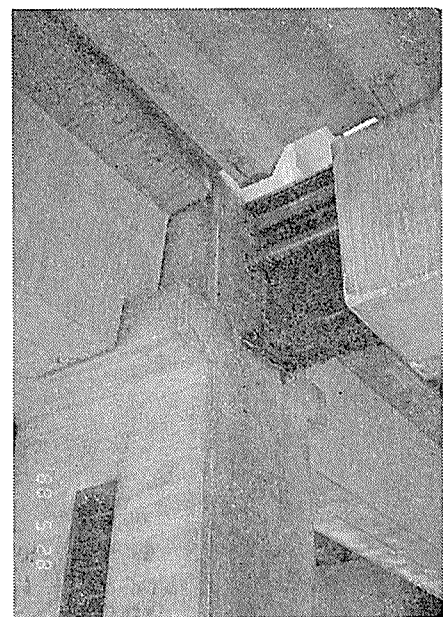
写真—2 柱の自立



写真—4 大梁架設中



写真—3 柱脚部の圧着状況



写真—5 柱・大梁仕口部

て瞬時にプレストレスによる圧着接合の施工法を確立した(写真—2, 3)。

・SPC 構法による大梁の省力化

大梁部材は、DV 版、トップコンクリートの载荷にいたるまで、無支保工とするため、PC 構造にして一次ケーブルで耐えるようにしている。建方時の急速施工化、高精度化、安全性を確保するため、PC 大梁端にはH形鋼を埋設して鉄骨造と同様なハイテンションボルト接合のジョイント方法をとっている。この埋設鉄骨は終局設計に対して鉄骨耐力を考慮して設計を行って、軽量化を図った。鉄骨とPCが合成されたSPC構法は大幅な現場作業の省力化を可能とし、在来工法の約1/3に短縮して施工できるようになった(写真—4, 5)。

・DV 合成床版による省力化

DV 合成床版工法は、幅 1.0 m の断面にV形リブをダブルに持つPC造の工場製品で、450 kg/cm<sup>2</sup> 以上の

高強度コンクリートを使用して、平均厚 6 cm とうすく、このDV版上面に8cm以上の場所打ち鉄筋コンクリートを打設し合成することにより、一体性のある優れた床面剛性を形成することができた。このDV合成床版工法は、耐火性能の規定からPC鋼材のかぶり厚さを4.35cmとし、床版厚さは8cm以上、また、DV合成床版の設計は、ひびわれを許さないフルまたはパースナル設計で行うことを条件とすることによって、1時間耐火を十分に耐える床構造とした。このDV版を使用することによって、床版の型枠・支保工が省け、省力化・工期短縮に効果を上げている(写真—6, 7, 8)。

・PC カーテンウォールによる外壁の省力化

土に接する地下外壁は、場所打ちRC造の耐震壁としている。壁体工事は躯体工事の中で一番、型枠工事、現場作業が多く、工程管理が難しく、工期の遅れる最大の要因となっている。そこで本建物では、地上部の外壁は



写真-6 DV版の断面形状

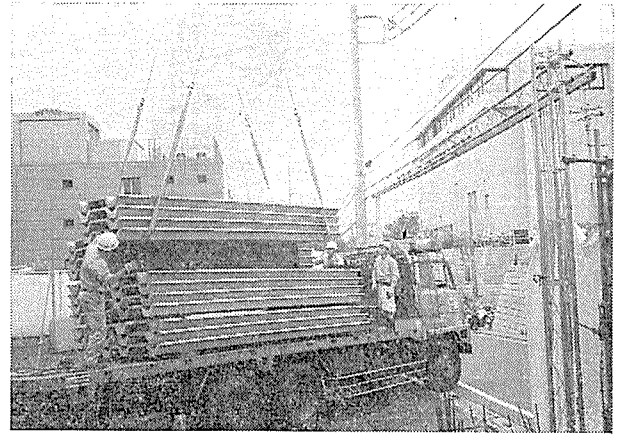


写真-8 DV版吊上げ状況



写真-7 DV版のセット状況

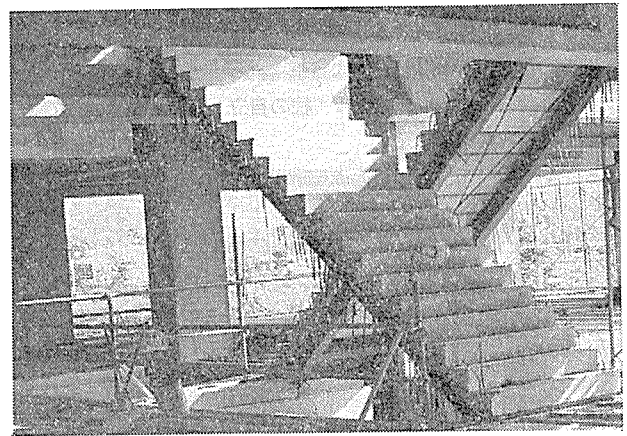


写真-9 SPC 階段のセット

すべてプレキャストコンクリートカーテンウォールとし、工場においてサッシュ枠組、タイルの先付けを行い省力化を図っている。

・プレキャストコンクリート造階段による省力化

RC造階段のプレキャスト化は、設計、施工が難しいためあまり試みられてはいない。本建物では段部ごとに部材化し、鉄骨ビームにボルト固定させ、上下階と単純梁で架設させておく。このユニット階段は完成時には両側とも場所打ちRC壁とで一体化にしている(写真-9)。

・クリーンルーム、空調設備の省力化・省エネ化

電子部品組立作業場は、広範囲にクリーン度を高めることを必要とし、さらに検査室はクラス1000以下に条件づけられている。クリーンルームの維持費と作業性は、生産コストに直接に関係することから、作業空間はできるだけ広いスペースとし、将来の作業工程の変化に

対応できるよう自由度の持つ空間構造にすべくスパン割りを決定づけている。組立作業場のクリーン度は、生体環境の影響や作業性を考慮して、クラス10000ぐらいに設定し、最終工程の検査室はクラス1000の専用室とし、ランニングコストの省エネ化を図った。

ビル内空調の省エネ化を図るために、空調機運転方式は、室の大きさに合わせて空調機ユニットを変え、各室ごとに空調コントロールができるマルチシリーズを採用して、快適性、経済性を満たした省エネ化を図っている。

#### 4. SPC 合成構法の発展経過

昭和40年代のコンクリート系建物は、特に日本が大平洋環帯にあって300gal級の地動加速度を過去にいく度か経験していることから、7階建以上または21mを超える高層建物の構造種別は、行政指導により規制され、通常の設計では鉄筋コンクリート造では認可されず、鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)または鉄骨造(S造)に義務づけられ、日本独自のSRC造が発展し、耐震上からも実証されてきた。昭和43年～昭和48



年頃にはボーリング場建設が最盛期をむかえ、これらの建物のほとんどが大スパン(36 m~41 m)構造、そして振動による障害をも考慮した構造が必要とされることから、プレストレストコンクリート造(PC造)が適用され急速に発展した。昭和48年のオイルショック以後になるとボーリングが衰退して、余暇の活用と健康維持の風潮が芽ばえスポーツが盛んになり、総合体育施設の必要性が増した。

PC造は昭和35年建設省告示第2~3号によって、16 m以下の建築物に対して、自由に適用できるようになったが、以後、発展の原動力となったボーリング場、体育館、駐車場、工場、事務所等に幅広く普及し、16 mを超える高層建物に利用される機会も多くなり、日本建築センターの評定を受けた建物全体の構造上の耐震性、安全性の確保、そして施工実績、研究成果等をふまえて、昭和48年建設省告示第949号によって16 m制限が撤廃され、自由に採用できるようになった。さらに、昭和50年の新規準によって、PC造と接合する鉄筋コンクリート部分にもPC構造の終局強度設計を適用させて、曲げ終局耐力を $G+P+1.5K$ 以上とすること、曲げ降伏時のせん断応力に対するせん断補強等の種々の規定が追加された。つづいて建設省の総合技術開発プロジェクトの一環として研究開発され、昭和51年に「新耐震設計法(案)」が提案され、急速にPC造の耐震化の終局強度設計法の確立とその信頼性に前進をみた。

昭和50年代になると、前に述べた総合体育施設が高層化し、これまでの低層大スパン構造から、高層大スパン構造に応用されるようになった。建物の高さが31 mを超えると、柱は必然的にコンクリート系では高強度コンクリート( $F_{28} \geq 500 \text{ kg/cm}^2$ )、SRC柱、S柱となる。また、18 mスパンを超えるSRC大梁では、梁丈もスパン( $l$ )の $l/13$ と大きくなり、鉄骨量も多くなり不経済設計であることから、大スパンの大梁はPC造が最も良い構造形式となった。しかし、柱をSRC造で設計した場合、鉄骨建方上からもPC大梁に鉄骨を入れる必要が生じ、世界で初めて、昭和52年~昭和54年に足立区総合スポーツセンターに場所打ち一体式SPC合成構法が適用された。

SPC合成構法(SPC構法)は、鉄骨鉄筋コンクリート構造(SRC構造)とプレストレストコンクリート構造(PC構造)とが種々多様に複合、合成された新しい合成構造の総称として定義づけている。

SPC構法(SPC造)が初めて適用されたこの体育館建設工事において、建物のSPC大梁にカールソントタイプひずみ計を梁端、中央部に埋設し、プレストレス導入量の実測を行った結果、設計値に近い値を示し、プレ

ストレスがコンクリートおよび鉄骨に一体に作用していることの確証を得ることができた。

その後、東京都立総合体育館に適用され、実績を踏まえて、このSPC大梁を工場生産部材として使用した大規模なプレキャストSPC構法が、昭和57年に三郷浄水場ポンプ所上家、昭和59年に熱海第二浄水管理センターに応用されていった。この三郷浄水場の建物は、プレキャストSPC構法の設計事例として昭和59年4月に開催されたVSLシンポジウムにおいて世界の技術者に紹介され、画期的な構法として注目を浴びた。

SPC構法が、日本において着実に発展するためにもこれまでの建物への実績を掲げて、新しいコンクリート系の信頼性の確立された設計法を提案していきたい。

#### 4.1 SPC合成構法の実績

##### (1) 場所打ちSPC合成構法

- 昭和53年 足立区立総合体育館
- 昭和55年 葛飾区立総合体育館
- 昭和55年 江戸川区立総合体育館
- 昭和56年 帝国ホテルインペリアルタワー
- 昭和57年 台東区立総合体育館
- 昭和58年 新宿区立総合体育館
- 昭和59年 荒川区立総合体育館
- 昭和60年 自由の森学園体育館
- 昭和60年 駒沢大学第2研究館
- 昭和63年 横浜西口リクルートコスモスビル
- (昭和56年 神慈秀明会滋賀神苑第5橋梁)

##### (2) プレキャストSPC合成構法

- 昭和54年 筑波吾妻住宅
- 昭和57年 東京都三郷浄水場原水棟
- 昭和57年 土浦田園都市中核複合施設
- 昭和58年 紫雲閣結婚式場
- 昭和59年 東京都三郷浄水場送水棟
- 昭和59年 熱海市第二浄水管理センター(海洋)
- 昭和60年 諏訪精工舎諏訪南工場
- 昭和60年 東海産業短期大学校舎
- 昭和62年 豊島区立教育文化施設
- 昭和62年 前田建設(株)名古屋支店
- 昭和62年 松山市総合コミュニティセンター
- 昭和63年 総合電子多摩製作所
- 平成元年 東京ガス千住ビルB館

#### 5. コンクリート系合成構法の設計法について

限られた資源で、最少限のエネルギーを消費して、人間が文化的生活を維持するための生活空間を一定の期間内はその価値を保持させる構造として、コンクリート系の合成構法は、RC造、SRC造、PC造、SPC造、PRC

造へと発展してきた。また構造部材を形成する要素においてもこれらの構法が種々組み合わせられ、複合・合成されて得られる合成構造物がそれぞれの長所を生かして開発されてきている。しかしながら、これまでの設計法は各々独立した設計規準でなされてきたので、応力や変形に対する領域設定に一貫性がなく、長期、短期というばく然とした期間内の安全率を規定した許容応力法で設計されてきた。したがって、現行の設計規準では各構法の耐久性に対する信頼性の評価を難しくしてきている。

コンクリート系構造において種々合成された構造物の発展には、それらの異なった構造系間の互換性、信頼性の確立を可能とする設計手法を開発する必要がある。

これまでの合成構造物の実験結果から、使用状態から終局の限界状態まで、最近の32ビットのコンピューターを使用することによって、各状態が簡便にシミュレートできることを確信している。この精算法は、合成される段階ごとにあらゆる断面において各素材の応力度-ひずみ関数により微細に刻み積分させ、ある使用状態から終局時まで各素材の応力度、変形を把握することが容易となる。これにより、コンクリート系の耐久性レベルによって統一された限界状態設計法の確立が容易となり、コンクリート系構造物の信頼性ある解析手法となるものと確信する。

## 参 考 文 献

- 1) 田辺恵三, 中村英一: 鉄骨鉄筋 プレストレスト コンクリート構造の施工——足立区 総合体育館——, コンクリート工学, Vol. 18, No. 2, 1980.2
- 2) 田辺恵三: プレストレストコンクリート構造 ボックス桁による 築地中央卸売市場の施工, コンクリート工学, Vol. 20, No. 6, 1982.6
- 3) 井之上一洋, 田辺恵三: プレキャスト SPC 構造による 三郷浄水場ポンプ所上家の施工, コンクリート工学, Vol. 21, No. 2, 1983.2
- 4) 田辺恵三: SPC 合成構造, コンクリート工学, Vol. 21, No. 12, 1983.12
- 5) 岡本 伸: プレストレスト コンクリートを用いた「人工土地」のモデル実験, コンクリート工学, Vol. 21, No. 2, 1983.2
- 6) 田辺恵三, 亀尾 保: 国際科学技術博覧会 Fブロック 外国館プレキャスト PC 工事の施工, プレストレストコンクリート, Vol. 27, No. 2, Mar. 1985
- 7) 萩坂 詳, 木村政文, 田辺恵三: 松山市総合コミュニティセンター体育館の設計と施工, プレストレスト コンクリート, Vol. 28, No. 1, Jan. 1986
- 8) 古沢 功, 宮沢 洋, 田辺恵三: プレキャスト SPC 工法による中高層学校建築, 建築技術/1986. 6
- 9) 田辺恵三: SPC 工法と海洋構造物への利用, 橋梁, Vol. 21, No. 7, 1985
- 10) 田辺恵三, 建部光利, 柏崎 司: 大梁を SPC 化した大スパン多層ラーメン構造, 建築技術/1988.10
- 11) 田辺恵三: プレストレス手法の特長と課題, 建築技術特集号「多彩!! 建築とプレストレス」, 1989.02
- 12) 田辺恵三: プレストレス工事管理のポイント, 建築技術特集号, 1989.02
- 13) 田辺恵三: プレストレストコンクリート 建物の設計法, コンクリート工学, 1989.7

【1989 年 2 月 2 日受付】

## ◀刊行物案内▶

# PC 定 着 工 法

(1988 年版)

PC 定着工法については、1982 年に 19 工法をとり上げ刊行されましたが、6 年の歳月を経て、変化・改良されたものも多く、また新たな工法も登場してきましたため、この度、内容を一新し刊行した次第です。

今回は、我が国で用いられている定着工法の全容をできるだけ把握できるように配慮し編集しましたが、特に、機能・用途別のグループ分け、その各々についての総論の掲載等、わかりやすく充実した内容のものになったと思います。

設計・施工者の資料、教育用テキストとして最適と考えますので、ご利用ください。

体 裁: B5判 126 頁

頒布価格: 3 300 円 (会員特価 3 000 円) (送料 350 円)

内 容: PC 定着工法総論, 一般ケーブル (総論, 18 工法), 斜張ケーブル (総論, 8 工法), シングルストランドケーブル (総論, 8 工法), アンボンドケーブル (総論, 7 工法), アースアンカーケーブル (総論, 10 工法), プレテンション工法総論, PC 定着工法の評定