

現場製作プレキャストプレストレスト部材の活用について —— 萬有製薬（株）つくば研究所 ——

津山 巖^{*1}・菊地 章^{*2}・齋藤 豊^{*3}・山田 信一^{*4}

1. はじめに

近年の労務事情逼迫が建設工事における工期、コスト、品質に及ぼす影響は大きく、さらに労働集約型の建築生産方式は3Kの代表として若年技術者の新規参入を阻むことになり連鎖的悪循環を引き起こしている。中でも鉄筋コンクリート構造の合理化施工はその効果と影響の大きさの点で最も重要であり、建設各社ではここ数年プレキャストコンクリート(PCa)構法の積極的開発展開や、システム型枠、先組鉄筋を取り入れ、建築生産の工業化に取り組んでいる。

ここで報告する建物でも、熟練技能工の人材確保が困難な状況を克服することと、躯体工事の合理化により仕上げ工事、設備工事の工期を増やし、研究所として、より高いグレードの施工を行うという二つの目的で、在来RC工法と同等以上となる構工法の検討を開始した。

着工後の綿密な検討により、数々の設計施工実績と研究データを有する「シミズPCa複合化構法」を採用することで、設計の自由度を変えることなく、高品位建物の建設と建築生産システムの大幅な改善に繋がる技術の展開が可能になった。

本稿では、階高の高い建物に対してアンボンドPC網棒による現場製作プレキャストプレストレスト部材を活用した実施例を通じ、建築工事において期待されるプレ

ストレストコンクリート(PC)技術の一面を紹介する。

2. 建物概要

本建物は、製薬会社における最先端の実験研究施設であり、3つのブロックからなる研究棟とユーティリティ棟より構成される。

施工中の全景を写真-1に示す。

また研究棟Aブロックの2階構造伏図と軸組図を図-1、図-2に示した。

工事名称：萬有製薬株式会社つくば研究所新築工事
工事場所：茨城県つくば市大久保3番

(つくばテクノパーク大穂A区画)

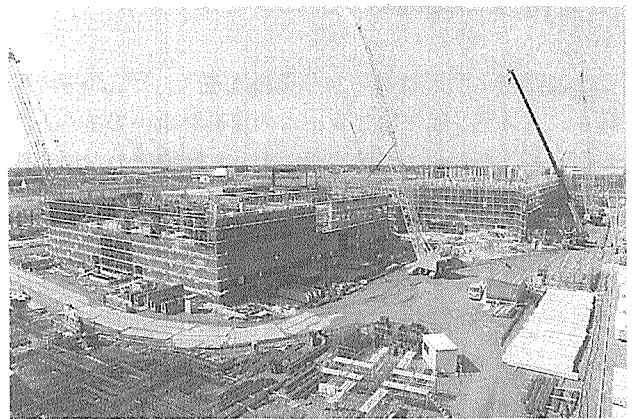
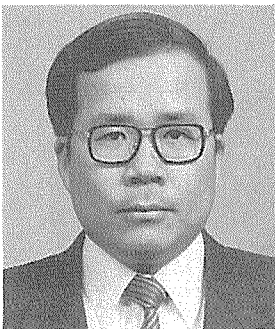


写真-1 施工中の全景



^{*1} Iwao TSUYAMA
(株)日建設計・東京
構造設計主管



^{*2} Akira KIKUCHI
清水建設(株)建築本部
工事長



^{*3} Yutaka SAITOH
清水建設(株)設計本部
構造設計4部グループ長



^{*4} Shin'ichi YAMADA
清水建設(株)設計本部
構造設計3部

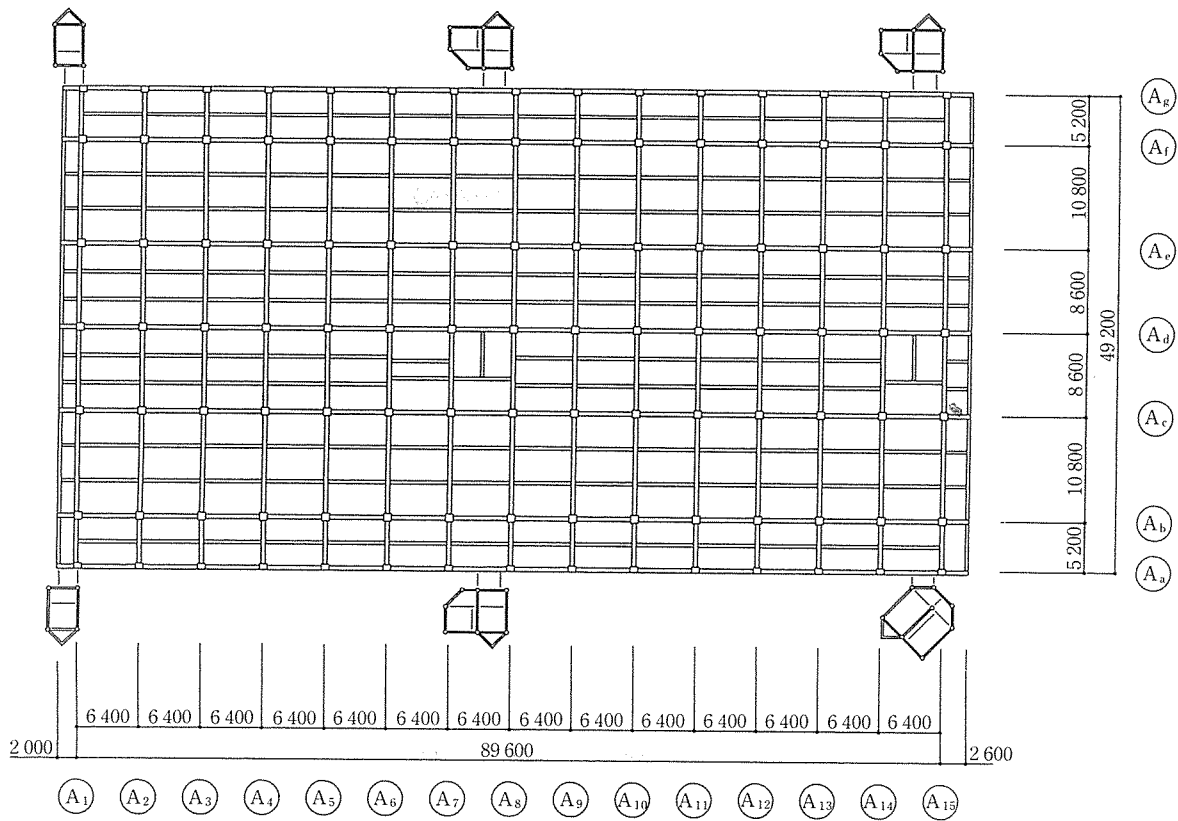


図-1 2階構造伏図

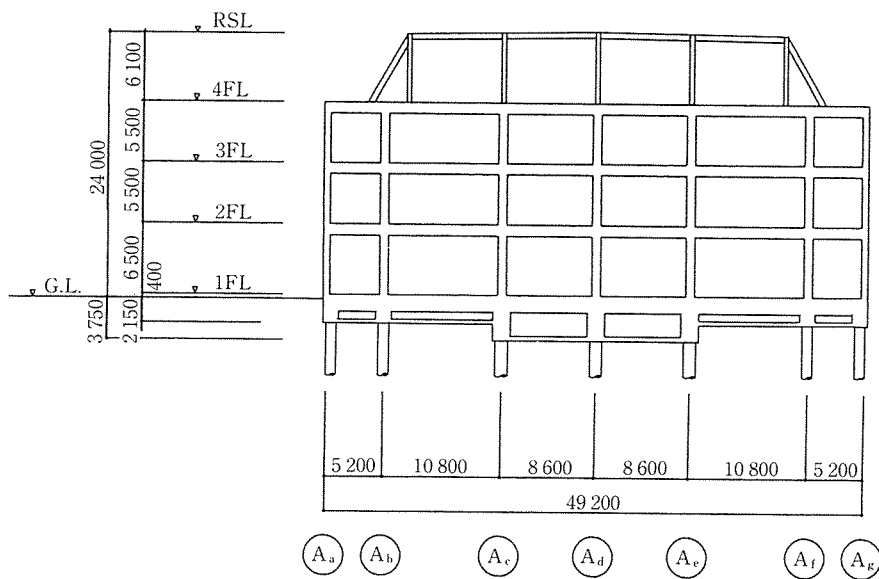


図-2 (A5)通り軸組図

用途地域：工業専用

主要用途：研究所

敷地面積：89 237.19 m²

建築面積：11 049.00 m²

延床面積：33 944.92 m²

階数：地上4階 塔屋1階

建物高さ：最高高さ 26.1 m

最高軒高 24.16 m

構造：鉄筋コンクリート構造

工法：シミズPCa複合化構法

建築主：萬有製薬株式会社

設計監理者：株式会社日建設計

施工者：清水建設株式会社

工期：平成2年3月29日

～平成3年11月30日

3. プレキャスト PC 工法選定理由

本建物では、最新の R & D 建物であり各階に多くの設備システムが入るために階高が高く、かつ、嫌振床としての要求性能から小梁で区画された剛な床組構成が必要とされていた。現設計の在来 RC 工法は、もちろん上記性能の確保ができるものの、在来 RC 工法で行った場合、現状の建設労務事情では建築躯体工事において支保工の設置、解体に多くの資材、労務、時間が必要とされることや労務量の平準化が難しく、そのうえ、熟練技能工の大量確保が必要となり、施設の生命線ともいえる設備工事や、仕上げ工事の十分な工期確保が困難になることが懸念された。

このため、構工法の検討を行い、設計の自由度を変えること無く最大の効果を引き出せる高品質な建築生産システムとして、本建物の立地条件を生かした現場製作プレキャスト工場とプレストレスト構造の利用により、支保工の 50% 削減と大梁支保工のシステム化を図ることになった。なお、床と小梁については全面的にハーフプレキャスト工法を採用しており、特に 2 階以上では PCa 部材にアンボンド PC 鋼棒を埋設緊張したプレストレスト合成構造としており、施工荷重や支持スパンの違いに対してはプレストレスト導入量を調整することで無支保工化している。

4. 採用構工法の概説

本建物における代表的構工法は、現場内に設けた工場で作成する床、小梁のプレキャストプレストレストコンクリート化と大梁、柱の先組鉄筋工法、システム型枠工法であり、それらを効果的に稼働させる VH 打設工法や多工区分割施工と合わせて用いている。

図-3 に構法概念図を示す。

以下に各々の工業化構法について紹介する。

4.1 「PS・PICOS 構法」

PICOS 構法は、現在までに 20 万 m² 以上の施工実績を有する代表的床工法であり、大梁小梁で囲まれた 1 グリットを、現場で作成する 1 枚の大型ハーフ PCa 板と後打ちの打込みコンクリートで構成する 2 方向構造のハーフ PCa 合成床板である。

PCa 板表面には幅 80×80×深さ 8 mm の薄型凹みのシャコッターを一様に配置することで構造上の一体性を実現するため、現場製作が容易となる。このため運搬によるサイズの制限が無くなるため板の分割が不要とな

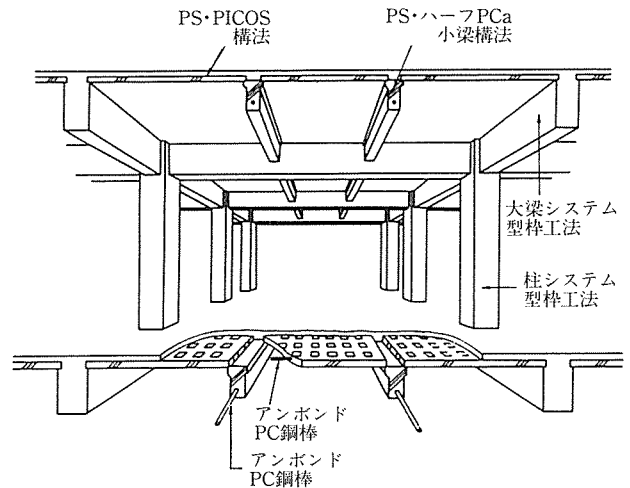


図-3 構法概念図

り PCa 板の大型化が可能で、施工面積当たりの揚重回数的大幅な低減や、ジョイント処理量の減少から施工効率が飛躍的に向上する。

PS・PICOS 構法は PICOS 板にコンクリートとの付着を無くしたアンボンド PC 鋼棒を埋設し、コンクリートが所定強度に達した段階で緊張することにより、PICOS 板に圧縮力を導入してコンクリートのひび割れ強度を大幅に増大したものである。これにより、従来中間サポートを必要としていたものがノンサポート化可能となり、今までの PICOS 構法に比べさらに大幅な仮設

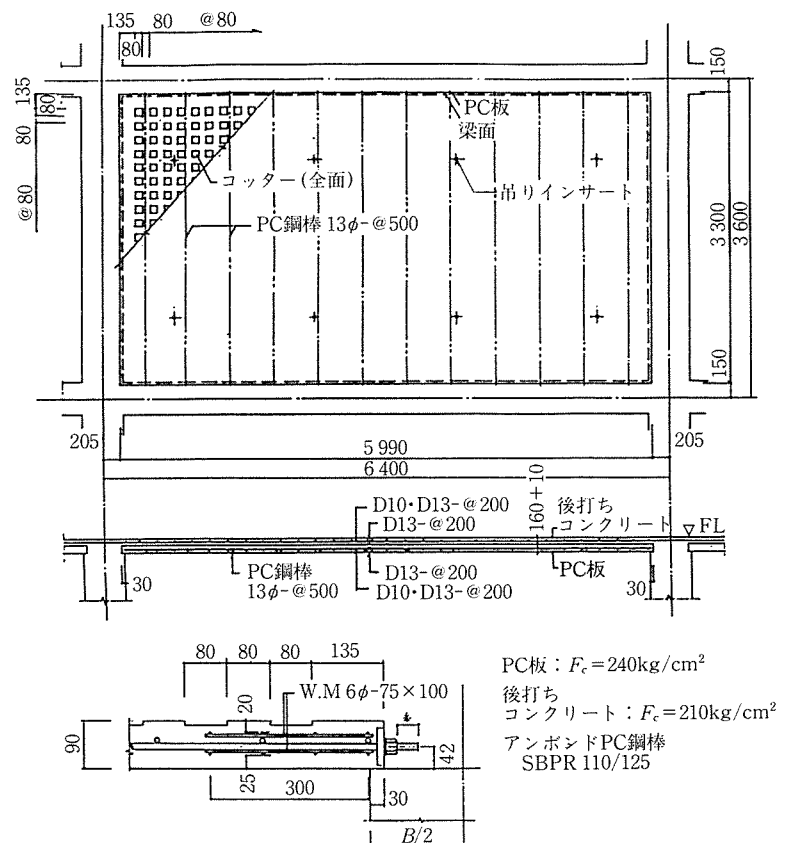


図-4 PS・PICOS 板

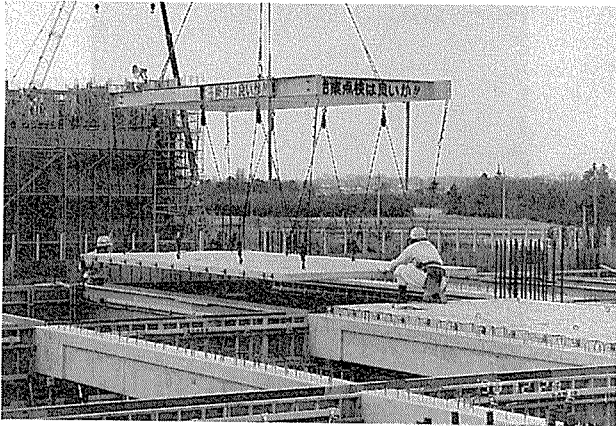


写真-2 PS・PICOS 板架設状況

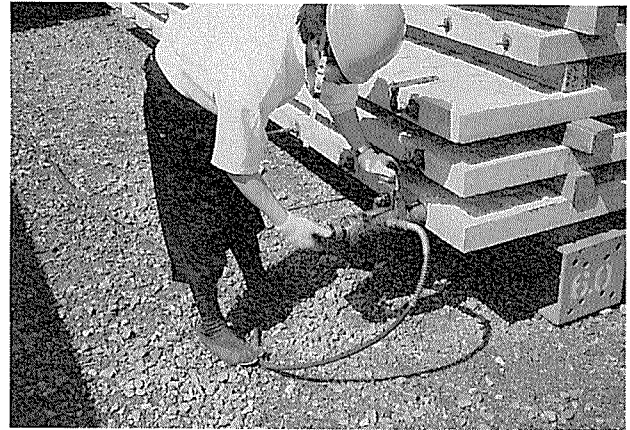


写真-3 PS・PICOS 板緊張作業

資材とそれに伴う労務の低減が図れ、プレストレスト合成床板として優れた性能を有する高品位床板を提供する。

図-4 に代表的 PS・PICOS 板図を示す。

写真-2, 3 に PS・PICOS 板架設状況, および, ストックヤードでの緊張作業状況を示す。

4.2 「PS・ハーフ PCa 小梁構法」

ハーフ PCa 小梁構法は、スラブ部分を除く梁断面を

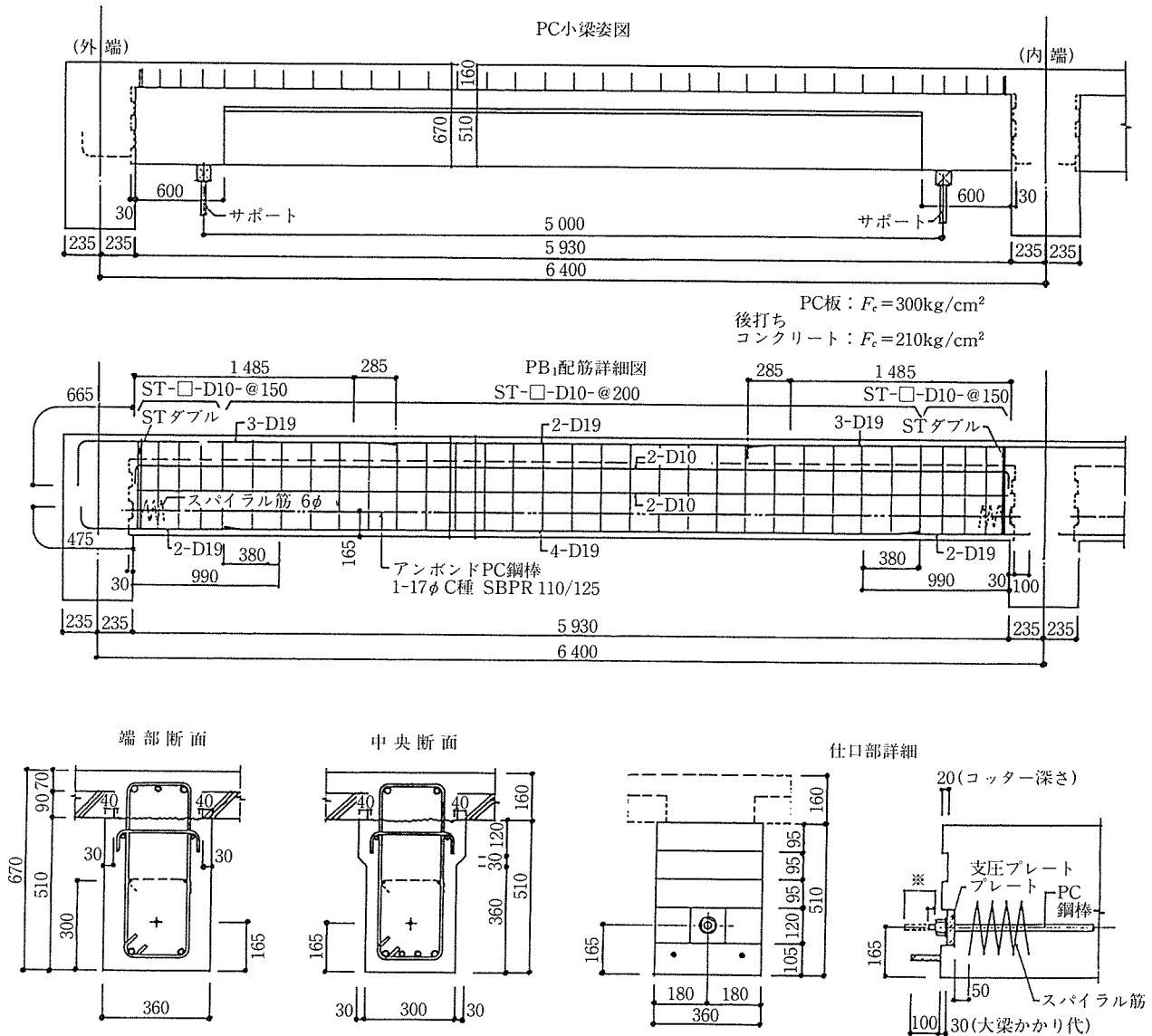


図-5 PS・ハーフ PCa 小梁詳細図

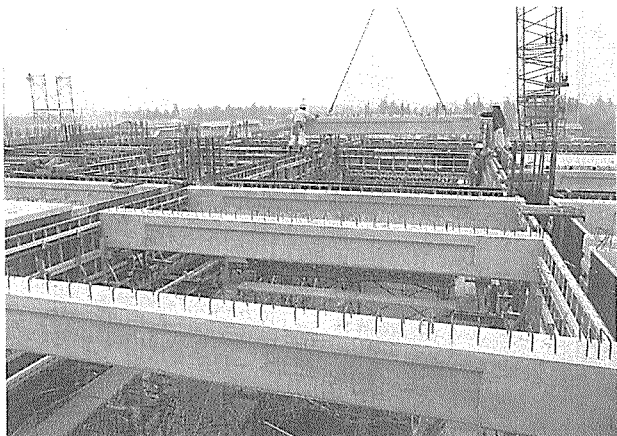


写真-4 ハーフ PCa 小梁架設状況

現場で製作したプレキャストコンクリート梁と後打ちのスラブコンクリートで構成するハーフ PCa 合成小梁である。

小梁端部の仕口部は、コンクリートの凹凸面によるシャーコッターを設けることでせん断力の伝達を図るとともに、高強度コンクリートにより下端筋定着を無くして大梁先組鉄筋落とし込み工法を実現している。

PS・ハーフ PCa 小梁構法はハーフ PCa 小梁にアンボンド PC 鋼棒を梁下に偏心直線配置し、コンクリートが所定強度に達した段階で緊張することで、ハーフ PCa 梁に圧縮力と偏心曲げモーメントを導入してコンクリートのひびわれ強度を大幅に増大したものである。これにより、ノンサポート化とそれに伴う仮設資材、労務量のより一層の低減と同時にプレストレスト合成梁としての高品位小梁を実現する。

図-5 に代表的 PS・ハーフ PCa 小梁詳細図を示す。

写真-4 にハーフ PCa 小梁架設状況を示す。

4.3 「鉄筋先組工法」

現場内の鉄筋組立ヤードにて1層分の柱鉄筋籠やクロスに組んだ十字形大梁鉄筋籠を製作し、揚重機で取り付ける鉄筋ユニット化工法で工業化が最大限生かされるため極めて効果的であり、さらに鉄筋籠の組立も作業性の良い場所で同じクルーが専用組立治具を使い行うため習熟度が上げられるので、高精度でかつ高い作業効率を実現する。

写真-5 に先組鉄筋の吊上げ状況を示す。

4.4 「大梁システム型枠工法」

梁の底型枠、側型枠を一体化した大梁型枠ユニットを、多工区分割施工により転用回数を高め適用。高精度でかつ高い作業効率を実現する。

写真-6 に大梁システム型枠を示す。

4.5 「柱システム型枠工法」

床上から梁下まで、柱シャフト部分4面の型枠を一体化した柱型枠ユニットを、垂直部材と水平部材のコンク

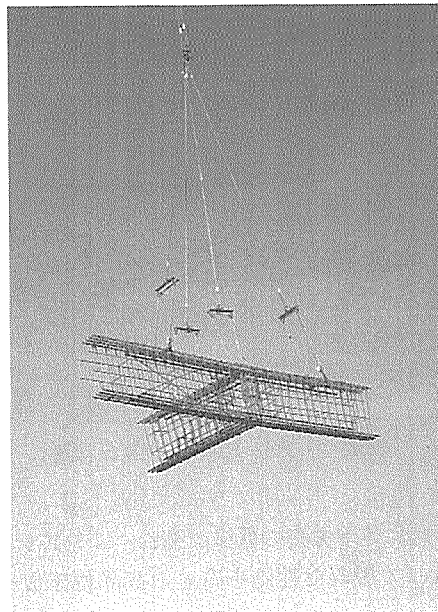


写真-5 先組鉄筋（大梁）

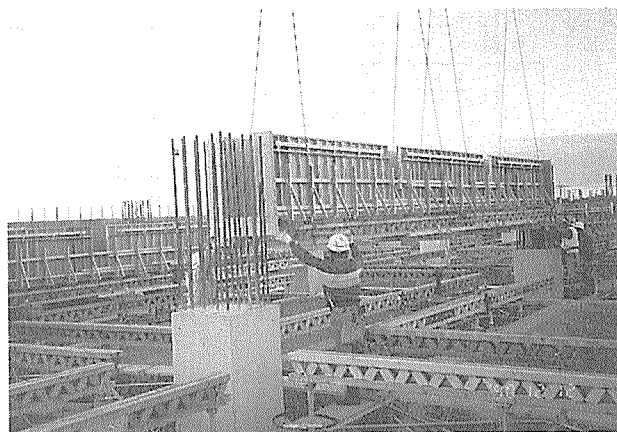


写真-6 大梁システム型枠

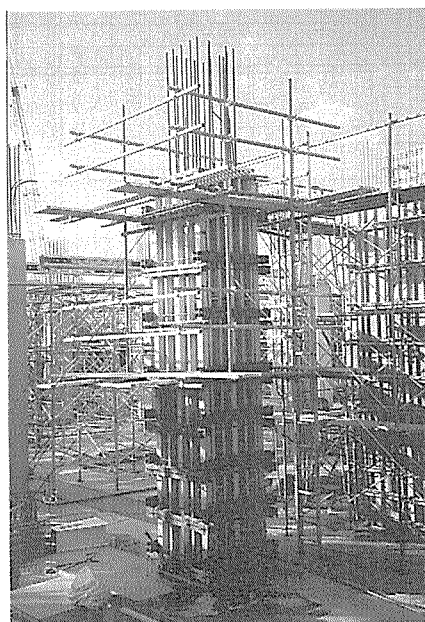


写真-7 柱システム型枠

リートを打ち分ける VH 打設工法採用により適用。
 多工区分割施工と合わせ転用回数を上げ、高精度でかつ高い作業効率を実現する。
 写真-7 に柱システム型枠を示す。

5. 構造実験

今回施工法の合理化を目的として採用されたプレストレスト合成梁、合成床板は、構造耐力上もプレストレスト合成構造として優れた性能を有している。長期鉛直荷重部材の性能を把握するうえで PICOS 合成床板の高サイクル繰返し載荷実験、および、クリープ実験の概要を参考に示す。

5.1 ハーフ PCa 合成床板の高サイクル繰返し載荷性状に関する実験 (2 方向スラブの載荷実験)

図-6 に試験体形状寸法を、表-1 に試験体一覧を示す。

試験体は積載荷重 2 tf/m^2 の重量床を想定した $2/3$ のスケールである。

加力はフォークリフト走行を想定し、 $P=7 \text{ tf}$ を 4 hz で 100 万回載荷後、静的に 20 tf まで載荷した。

加力点における $P-\delta$ 関係を図-7 に示す。

在来 RC の RCS 試験体とハーフ PCa 合成床板の PCS 試験体からは、構法による有意差は認められず、ほぼ同等の性状を示した。ただし、プレストレス導入の

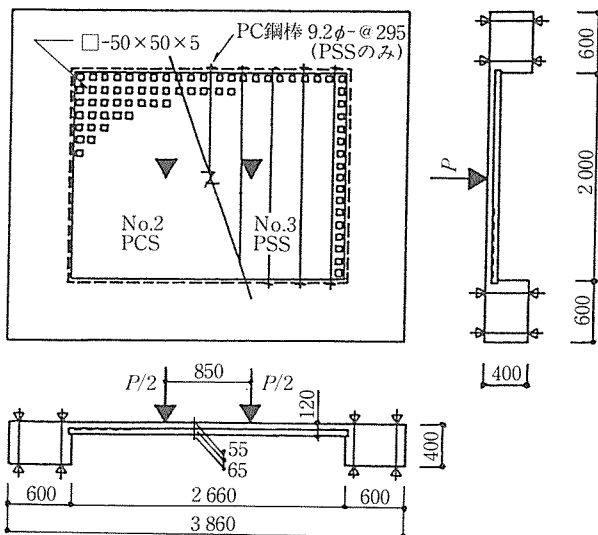


図-6 試験体形状・寸法

表-1 試験体一覧

No.	試験体名	構法	配筋
1	RCS	RC 一体打ち	(共通)
2	PCS	ハーフ PCa 合成床板	短辺 上端 D 10-@ 150 下端 D 10-@ 150
3	PSS	プレストレス導入 ハーフ PCa 合成床板	長辺 上端 D 10-@ 200 下端 D 10-@ 275

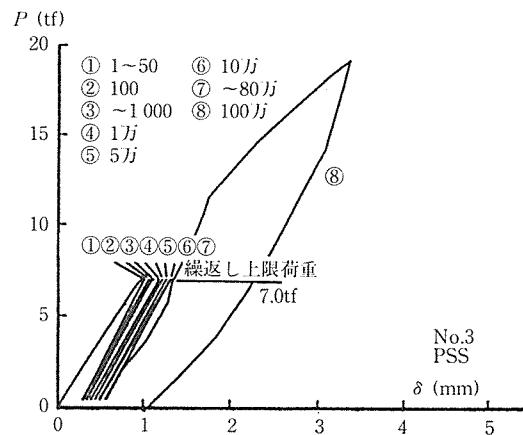
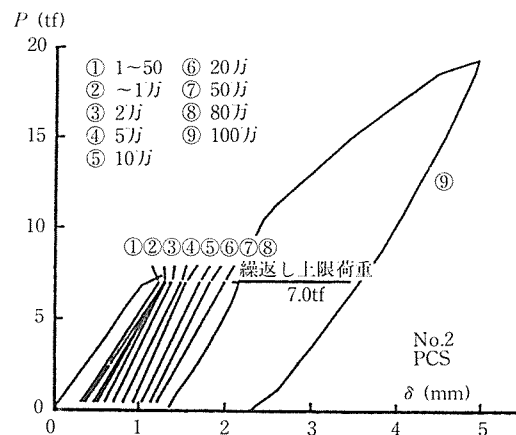
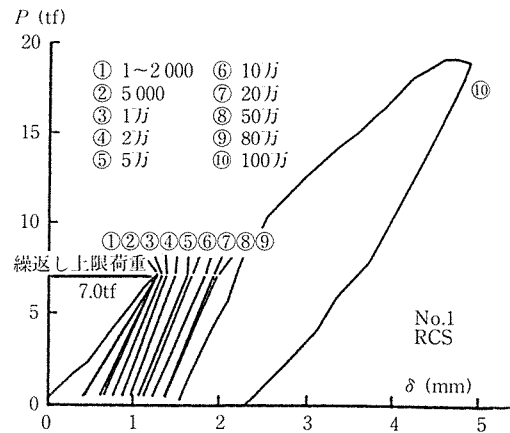


図-7 荷重 (P) - 加力点たわみ (δ) 関係

PSS 試験体との比較では、たわみ制御にプレストレスが有効であることが認められる。

5.2 ハーフ PCa 合成床板の曲げクリープ実験

図-8 に試験体形状寸法を、表-2 に試験体を示す。

試験体はスパン 6 m 、幅 90 cm 、厚さ 21 cm の実大 1 方向板であり、プレストレス導入のハーフ PCa 合成床板の PSS 試験体は、ノンサポートでトップコンクリート (厚さ 7 cm) を打設している。載荷はコンクリート打設 1 か月目から、山留鋼材を用い積載荷重 278 kgf/m^2 で 1 年間のクリープたわみ測定を行った後除荷した。

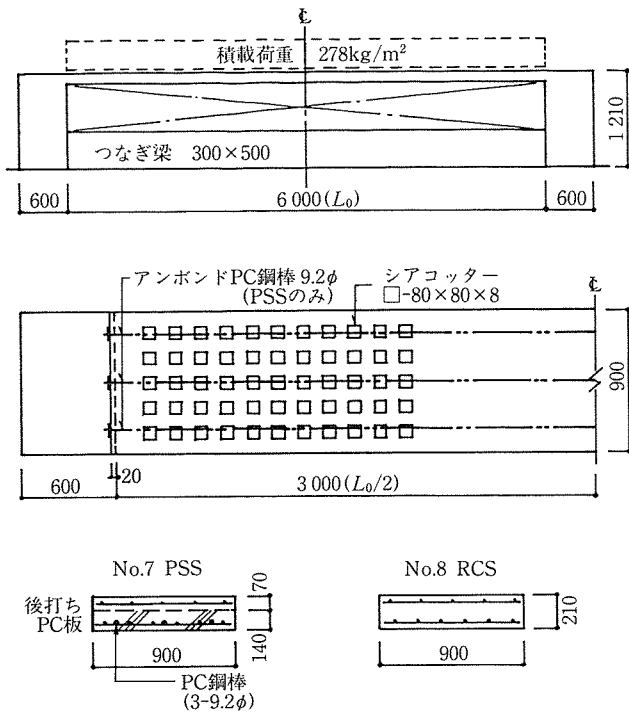


図-8 試験体形状・寸法

表-2 試験体

No.	試験体名	構 法	配 筋
7	PSS	プレストレス導入 ハーフ PCa 合成床板	(共通) 主筋 上端 5-D 10 下端 6-D 16
8	RCS	RC 一体打ち	配筋 上下 D 10-@ 200

固定荷重のみのたわみをゼロとして、積載荷重載荷からの中央たわみの経時変化測定を図-9 に示す。

載荷直後の中央たわみは、在来 RC の RCS 試験体、プレストレス導入の PSS 試験体は、共に約 0.7 mm である。

1 年経過後では RCS が端部上端、および、中央下端のひび割れに伴う剛性低下が顕著で 11.1 mm 程度のたわみを生じているのに対し、PSS では約 6.0 mm 程度に収まっており、除荷荷重によるたわみの戻りは各々 1.40 mm、0.84 mm であり、スラブの曲げ剛性の確保

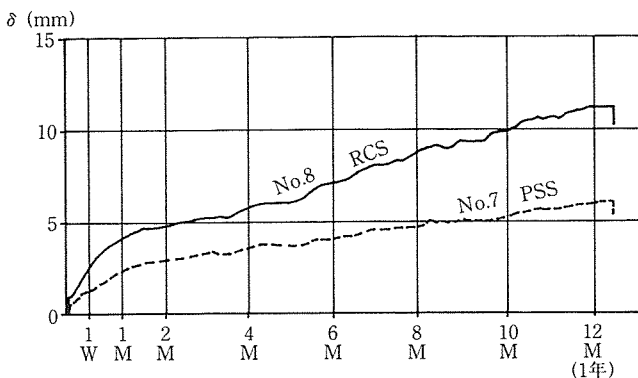


図-9 中央たわみの経時変化

の点からも性能向上が見られる。

これらの実験からも、従来建物を構築するためだけに用いられた仮設支保工の組立・解体の資材、労務を構造体に取り込むことで、工期、仕上り精度や作業環境改善ばかりでなく、在来工法を越える構造性能が確保されると考えられる。

6. 施 工

6.1 サイト PCa 工場

現場内にはプレキャストコンクリート部材の製作、ストックのために 7.5 tゴライアスクレーン自走 (19 m×180 m) の PCa 製作ヤードと、2.5 tゴライアスクレーン自走 (15 m×80 m) の鉄筋加工ヤードを準備して、最大 1 日小梁 10 台、PICOS 板 8 枚を蒸気養生設備を用い製作した。

PCa 板の製作にあたっては、CAD システムを導入して管理した。

6.2 サイクル工程順序

サイクル工程を下記に示す。

- ① 墨出し
- ② 柱先組鉄筋セット・圧接
- ③ 柱システム型枠据付け
- ④ 柱コンクリート V 打設
- ⑤ 柱システム型枠解体・転用
- ⑥ 梁受ステージ組立
- ⑦ 大梁システム型枠据付け
- ⑧ PCa 小梁の据付け
- ⑨ 床 PICOS 板の据付け
- ⑩ 大梁先組鉄筋セット・圧接
- ⑪ 床・小梁後打ち部配筋
- ⑫ 梁、スラブコンクリート H 打設

7. おわりに

プレストレスコンクリートの合理化施工技術と云えば、構法的にもかなり完成されたプレキャスト PC ラーメンプレハブがあるが、あらゆる設計、施工のニーズに対応できる域には達していないのが現状であろう。逆にプレキャストコンクリートを用いた合理化施工技術と云えば PCa 複合化構法に代表されるように、プレキャストの要素技術と型枠、配筋といったシステム化施工を建設工事の規模や工期、建設地における立地条件・労務事情といった様々な条件に合わせた最適施工を可能にする構工法選択システムとして位置付けられるソフト技術である。

当プロジェクトでは、構工法決定が設計終了後ということもあり、床、小梁といった水平部材の基本構成要素

のみを現場製作プレキャストプレストレストコンクリートとし、その他をシステム施工として複合化することで合理化施工を目指したわけだが、工事は当初目標どおり平成3年11月竣工を目指し順調に進んでいる。

本建物のように高階高の場合、プレキャストプレストレスト部材を用い仮設資材を減らすことは、省人化、短工期化の点で非常にメリットが多いといえる。建設工事の大規模化に伴い、現場内にプレキャスト部材製作ヤードの設置可能な場合も増えてきており、ここで紹介したアンボンドPC鋼棒を用いたプレストレストコンクリート技術は大掛かりな設備を必要とせず、配線作業並びに緊張作業はもちろん、その管理も容易なことから、これからの建設工事において活用が進むものと考えている。

最後に、本構法の採用に当たっては萬有製菓（株）並びに、茨城県土木部建築指導課の皆様に御理解を頂き実現できましたことを深く感謝いたします。また、プレストレスト関連の構造実験や技術指導の面で御協力頂きました住友電気工業（株）特殊線事業部の皆様に御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 高田, 黒正, 松崎ほか: 合成床板 (PICOS) の構造性能に関する実験的研究 (その1~その4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和58年9月, 2691~2694
- 2) 高田博尾ほか: PICOS 合成床板工法の施工について (その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭

- 和61年8月, 1381, 1382
- 3) 高田博尾ほか: PICOS 合成床板工法の生産工学的研究 (その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和62年10月, 1303
- 4) 藤井忠義ほか: PC 合成スラブの曲げ挙動の実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和63年10月, 2808
- 5) 松崎育弘ほか: 鉄筋コンクリート造 T 形合成はり部材の力学的性状に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和63年10月, 2816
- 6) 名須川良平ほか: ハーフ PC 小梁とハーフ PC 大梁接合部に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989年10月, 2841
- 7) 松崎育弘ほか: 鉄筋コンクリート造 T 形合成はり部材の力学的性状に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989年10月, 2843, 2844
- 8) 名須川良平ほか: ハーフ PC 合成床の高サイクル繰返し載荷性状に関する研究 (その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990年10月, 21108, 21109
- 9) 藤井忠義ほか: 1989年清水建設技術研究所において実施, (仮称) PC 合成床板 (PS・PICOS, PS・PVS) の曲げクリープ実験・測定データより
- 10) 高田博尾: 大型ハーフ PC 板の生産計画に関する研究, 清水建設研究報告第48号, 昭和63年10月
- 11) 高田, 中澤: 薄型シャーコッターによる接合面の設計に関する研究, 清水建設研究報告第49号, 平成元年4月
- 12) 高田, 中澤ほか: 打ち継ぎを有する鉄筋コンクリート造 T 型合成はり部材のせん断耐力に関する実験的研究, 清水建設研究報告第50号, 平成元年10月
- 13) 高田, 松崎ほか: 打ち継ぎを有する鉄筋コンクリート造 T 型合成はり部材のせん断耐力に関する実験研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第404号, 1989年10月
【1991年5月9日受付】

◀刊行物案内▶

PC 斜 張 橋

(本誌第29巻第1号特集号)

現在, 世界的にも, また我が国でも有力な橋梁施工法として台頭し初めた PC 斜張橋を特集した本書は, その歴史, 変遷から始まって, 将来展望に関する座談会, 斜張ケーブルの現状, 既に実施された, または計画中の代表的な斜張橋 (白屋橋, 東名足柄橋, 猪名川第2橋梁, 衝原大橋, 呼子大橋, 新丹波大橋) の報告等, 多岐にわたり収録してあります。PC 橋梁の設計・施工関係技術者にとっては必携の参考書と確信します。

体 裁 : B5判 108頁

定 価 : 1500円 (送料 : 150円)