

# 日本電子 KK「開発館」における PC-Tilt-up

——実施設計から工事監理まで——

倉 田 康 男\*

## 1. ま え が き

PCには種々の使われ方と工法があり、それぞれの特質と建築的な表現力を持っているが、基本設計の段階においてそれ等の総合判断より一つの方法が打ち出され、そして実施設計に入って行く。ところが現在の日本のPC産業および建築産業の段階と、建物を建てようとする社会の現状から、これの実施設計は通常の開発しつくされた他の構造法による場合と大分趣きを異にし、経験的あるいは統計的判断に頼って設計を進めて行くことができない。ことに Tilt-up 工法を採用するときには、余程これが現実的に成り立つための条件を分析し、実施設計の method を確立しない限り画餅に終ることになりかねない。

## 2. 設計の基本となる問題について

### (1) 設計意図

電子顕微鏡を中心として各種の電子工学機器類を造るこの会社では、当然技術主義の基本態度をとり、新しい開発、応用研究に対する比重も非常に重い。そこでこのような開発、研究を行なうべく計画されたこの建物では、建築そのものを技術主義的態度で設計し、開発の精神を象徴するものたらしめようとした。

基本設計段階の諸要求、諸機能の整理の結果、4層の建物のうち、上の2層分を軽量化することによって建物の重心を下げ、建物全体の耐震性能を向上させる方針をとり、さらに将来の模様替えに対する融通性の確保と工期の短縮を目指し、そして欲するような開発精神を象徴す

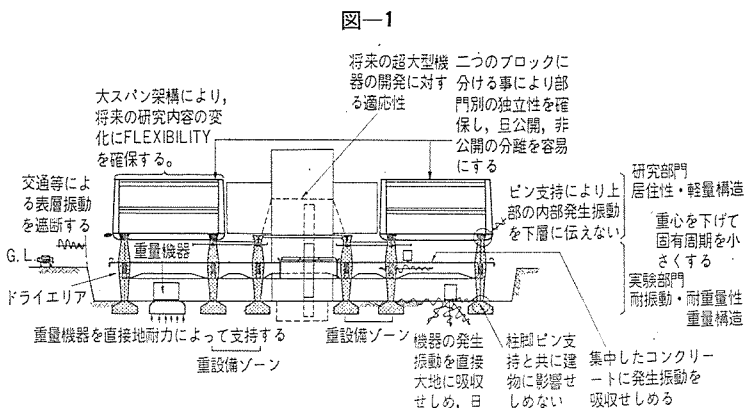
るだけの表現力のある建築方法として PC の Tilt-up 工法を採り上げた(図-1)。PCに限らず主要な建築物を構成する材料は当然単なる構造部材としてではなく、建築空間を構成する素材として対処しなければならない。ここでPCに期待していることは、PCがまさにPCらしく表現され、その持っている緊張感がそのまま新しい建築素材として空間を構成して行くことであった。そのためには、PCの本来進んで行くべき方向に対する建築素材としての見通しと判断が非常に重要である。

### (2) PC の成立条件

PCによる建築物が実際に成立するためにはいくつかの基本的条件を前もって満たしていなければならない。PCが最後に不可能になるほとんどの原因が、結局は経済的理由に帰するのであるが、そのことを事前に検討するためにも原理的な条件を明確にしておかなければならない。

**a) 原則条件** 現状ではPCが原理的に成り立つものと現実的に成り立つもの間に若干の開きがあるが、その一面明らかに現実的に成り立つことが解明されている範囲は余りに狭く、いいかえれば、PCで設計する場合、ほとんどいつでもこれが現実的に成り立つか否かは疑問のまま進めなければならないことになる。ここで頼りになるのは、成立するはずであるという予測的な判断が普通性をもっているか否かということだけであって、経験的判断はほとんど皆無に等しい。理論と現実の間かなりのギャップがあるにもかかわらず、明らかにいえることは原理的に成り立たないものは最終的に実現することはないということであり原理的に成り立たないとい

うことはPCを採用すべき普遍的妥当性を見出せないものである。PCの普遍的妥当性はさらに分析すると、構造力学的にまさにPCでなければならないか、あるいはPCであることがまったく有利であるという場合か、もう一歩進めて広く規定すると、構造上の問題もふくめて建築を構成する素材として、PCがPCらしく、その本質的特性を生かして使用される場合といえるだろう。いいかえればPCは単に構造部材として使われるとき、空間構成素材として使われるときでは、その成立し得る条件が異なっており、その点を明



\* 海老原建築事務所

確にして設計をスタートしなければならないが、同時にそれぞれの場合に、最もそれらしく処理されなければ成立しないし、現在考えられる限りではこの両者以外にPCの成立し得る原理的条件はないように思われる。

b) PC-Tilt-up の経済的条件 PC-Tilt-up の最終工費を決定する主要な要素はPC部材の製作と、部材の架設、後処理の二つよりなる。そこでまず部材の製作について見ると、現場製作の場合と工場製作の場合で内容を異にするが、その構成要素は、㊸アバットおよび型わく、㊹コンクリートおよびストレス導入材よりなる材料費、㊺労務費の三つに現場製作では、㊻仮設工場設備費、工場製作では㊼運搬費が加わってできている。このうち通常の輸送条件のところでは、現在では㊻と㊼とがまったくバランスしており部材の製作場所選定の要素とはならないが、当然PC産業の発達とともに㊻は相当 Cost down される性格のものとする。明らかなことは、工場製作の場合には㊼のうちアバットは常置設備であり、型わくは既成部材のときは損料償却材であり、特殊型のときには全額償却となるし、現場製作ではアバット、型わくとも全額償却となる。このことは設計時において当然部材の選定とその製作場所の条件を前もって考えておかなければならないということになる。新規に㊸

をすべて製作する場合でもその部材製作費に占める割合は、アバット、型わくをふくんで 20% を出ることはないのでこの場合部材の形状が複雑であるか否かということとはむしろ脱型と、反復使用に対する強度の問題のみであって製作費としては無視して良い。つぎに製作費のうち 40~45% を占める材料費については、この Cost を左右する要素は Stress 導入材のみであり、さらに導入材のうちでも大きい変動のある要素は導入材の加工である、そこで導入材にどのような加工（ネチ切りなど）をしなければならないかということは、設計時のジョイント方法の整理がどのようにされているかということになり、部材製作についてさえもジョイントの問題が大きいことを物語っている。また Stress 導入材のうち、現場製作によって Pre-tension することは現在ほとんど不可能であり、工場製品ではロングアバットによる Pre-tension が非常に有利であることは明らかであり、また、それぞれの導入法に適した応力の限界があるので、PC 構造物では、その部材をどこで製作するかという条件によって各部材の分担する応力を配分する必要がある。製作費の 25~30% を占めるまかない費については、現在工場製品の場合非常に高く、現場製品では非較的安いという日本の状態である。これ等を総合して、現在 PC-Tilt

表-1 PC 部材リスト

製作	分類	名 称	寸 法	応 加 導 入 法	重量	数量	合計重量
現場製作	壁 版	P <sub>w1</sub> 標準壁版	3 000×7 130×800 max	Post-Ten. 鋼棒第 4 種 4-24φ	9.0 t	44枚	396.0 t
		P <sub>w2</sub> 偏心版	2 000×7 130×800 max	" " 4-24φ	7.5 t	8	60.0 t
		P <sub>w3</sub> コーナー版	500×7 130×800 max	" " 2-24φ	3.0 t	8	24.0 t
		小 計		平 均	8.0 t	60枚	480.0 t
	大ばり	P <sub>G1</sub> 中央屋根大ばり	1 050×500×11 950	Post-Ten. 鋼棒第 4 種 6-24φ	8.5 t	6 本	51.0 t
		P <sub>G2</sub> "	700×500×11 300	" " 4-24φ	6.0 t	6	36.0 t
		小 計		"		12本	87.0 t
	妻ばり	P <sub>G3</sub> RFST 妻	750×250×13 700	Post-Ten. 鋼棒第 4 種 1-24φ	6.5 t	4本	26.0 t
		P <sub>G4</sub> 3 FDT 妻	550×250×13 700	" " 4-24φ	5.0 t	4	20.0 t
		小 計		"		8本	46.0 t
合 計						80 Pcs.	613.0 t
工場製品	床 版	DT 3 F 床版	500×1 200×13 600	Pre-Ten. ワイヤーストランド 5-12-4φ	5.5 t	62枚	341.0 t
		ST RF 屋根版	550×1 500×13 600	" " 5-12-4φ ジョイント用 4 種鋼棒 2-24φ	6.8 t	50枚	340.0 t
		小 計				112枚	681.0 t
	小ばり	P <sub>B1</sub> 屋根小ばり	550×250×11 740	Post-Ten. 鋼棒第 4 種 4-24φ	4.0 t	11本	44.0 t
		P <sub>B2</sub> "	350×200×5 720	" " 2-24φ	1.0 t	26本	26.0 t
	小 計						37本
合 計						149 Pcs.	751.0 t
総 計						229 Pcs.	1364.0 t

寄 書

-up を設計するための条件としては、その設計当初から部材の製作場所を考えたからなければならぬし、それぞれの製作法に適応した部材を考えなければならないということ、現在日本のPC工場が持っている常置設備は、土木用部材製作を基礎にしてできたものであって、建築素材としてのPCを造るようにはできていないということ、そしてこれはPCについて先進国においてさえもそういう実状であるとともに、本来建築というものが計画生産的近代産業となり得るものか否かという本質的問題にもぶつかるし、またさらにそのようになったとしても、常置設備として建築素材を製作する設備を工場に持つべきか否かは非常に疑問であり、私見としては、単純構造材に限り工場製産化され計画ストック生産されるべき性質のものであるが（鉄骨と同じように考えればよい）、その他の建築素材としてのPCは、そのつど仮設移動工場として現場または近接する臨時位置に設置されて製作されるべきものであり、そのための簡単でよい完備した移動設備を用意すべきであると考えている。現在の条件においてすら、JIS 既成型わくを使用して工場で作成するDT床版に対し今回の壁版のごとく非常に特殊なPC部材で現場製作の壁版の方が、重量当りコストでむしろ安いという結果もでてい

る。続いてPC構造物のもう一つの要素である架設および後処理について見ると、このCostはさらにまちまちであり、最終的にPC工法を不可能にする原因となる場合が多い。結局この部分で、技術的に施工的にあるいは工費的に、在来の既成工法を一步も進めるものでない限りPCの本質的存在価値をも危くすることになる。いいかえればPC-Tilt-upを設計する限り、その架設計画は前もってでき上っているか、あるいは本質的、原理的に現実性を持って可能なものでなければならない。その原理的な架設計画の原則は以下に列記するような諸点に示される。

- 1) 吊込み仮設を単一の方法にしぼる（非常に規模の大きい場合には二重仮設も考えられるが） そのためには部材重量の統一とつり込みの位置と順序およびジョイント方法、仮置き方法、後処理方法が重要な要素となるだろう。
- 2) 仮設の反覆移動をなくする このためにはつり込み順序と関連工事順序が影響するだろう。
- 3) 仮設の遊休期間をなくする つり込みが連続的に順序よく進行させ得るように設計されること、関連工事との独立性を確実にすること。
- 4) 小運搬をなくすること これはむしろ施工上の問題であって、設計上の問題はほとんどない。
- 5) 後処理をつり込み架設から独立させる ジョイント方法、架設後導入応力の計画を確実にたてることによって、後処理を独立させない限り計画架設はできないし、二次応力による予想外の問題が処理しきれない。

これ等の問題が処理された結果、その最終工費が現実的であるか否かの判断となるが、参考資料として考えられることは、通常 Tilt-up されるような強度のPC構造ではその部分の重量比が構造体自身が一般RC構造の約1/2位まで軽量化することが可能であると考えられる。その場合、単にその部分の工費比較だけでなく、工法にともなう他の部分の変動要素として、考えられることは、第1に重量減による基礎その他の構造体の節約、第2に一般的に躯体工事の仮設の節約、第3に工期の短縮による利点などがあげられ、結論として経験的に現状において重量当り単価がRCの3倍までは経済的に成り立つといえるようである（PCの工事費は最終的に重量に比例しており、重量当り単価をチェックすることがPC工事費のチェックの最も確実な方法である）。このことは、PCを単純構造部材と考えるときにRCの3倍まで重量当り単価をかけて、通常のRCで可能な構造条件の構造物と

表-2 PC 架 設 実 施 工 程

工事順序	部 材	ジョイント	1カ所当り数量	カ所数	工 程	部材取込み	架 設
1	PG <sub>2</sub> 2F 床下先付け大ばり	Post-Ten. 連結	6.0t×3=18.0t	2カ所	各1日 18t/日	レール	二又
2	P <sub>W1,2,3</sub> 壁版	Post-Ten. 剛接 相互溶接	9.0t max×30=240.0t 540.0m <sup>2</sup>	2カ所	各6日 40t/日 5P/日	トラック	P&H
3-a	CT 3F床版	溶 接	5.5t×31=170.5t 570.0m <sup>2</sup>	2カ所	各7日 49t/日	トラック および台 車	P&H
3-b	STRF屋根版	Post-Ten. 剛接 相互溶接	6.8t×25=170.0t 570.0m <sup>2</sup>	2カ所	8P/日		
4-a	PG <sub>1</sub> 中央部屋根大ばり	Post-Ten. 連結	8.5t×6=51.0t	1カ所	4日 30t/日	トラック	P&H
4-b	P <sub>B1</sub> " 小ばり	溶 接	4.0t×11=44.0t	1カ所	1964年1 月7日完 了		
4-c	P <sub>B2</sub> " "	"	1.0t×26=26.0t	1カ所	11P/日		

比較できるということであり、通常のRC単価をもし重量当り 7000円/t とするならば、PCにおいて 21000円/t が妥当な社会的成立単価といえるということになる。また、もしPCを建築素材として、PCに単純構造材以上の何かを期待しているときには当然その分だけ付加されたものが妥当な単価といえるだろう。事実この建物の設計段階において、最終工費の目標をこの水準に置いて中間チェックを何度も行ないながら設計を進めたし、この場合のプラスアルファ的要素は外壁仕上材をも兼ねるということであって、25000円/t から 27000円/t を最終線としていた(表-2,3)。

表-3 PC工事費重量当り仕分け

1. 工場部材製作費	149 Pcs. 751.0 t	¥18 000/t
2. 現場部材製作費	80 Pcs. 613.0 t	¥17 500/t
3. 架設および後処理工事費	229 Pcs. 1364.0 t	¥ 4300/t
4. 共通仮設および経費類	" "	¥ 4000/t
合 計		¥26 000/t

(参考) 通常RC工事費型わく鉄筋をふくみ ¥7000/t±10%

### (3) PC-Tilt-up 構造物の一般的注意

PC構造物は、RC構造物のように経験的に熟知されていない問題が多く、したがって構造計算などによってチェックされる点は問題ないとしても、その優れた特質の反面また十分熟知されていない欠点もあり、今後さらに経験を重ねることによって、そのような点が発見されてくるであろう。現在までに前もって注意して設計しなければならないと気のついている点を挙げてみると以下ようになる。

1) 強度に比してひずみが大きい：当然予想もされ、かなり経験的にもわかっていることであるが、これらの仕上材に対する影響、反覆荷重による目地その他に対する影響、および振動しやすい点も十分注意しておかなければならない。

2) Stressによるひずみ：Stressはほとんどの場合完全な材心に入っていることは考えられず、何らかの形で変心しているはずである。したがってStressの変心によるひずみが必ずあるはずであり、床版などはこれの仕上げ厚、仕上げ墨におよぼす影響を考慮しておかなければならないが、それ以上に、今回の壁版の両妻外端版のごとく、面内で偏心してStressの入っている部材のひずみは予想以上であり、場合によってはこのひずみによる二次応力が計算外の事態を招くこともあり得ることを発見した。

3) コンクリートきれつ：使用するコンクリート強度が大きいためにセメント比が大きくなり、かつ早強セメントを使用することが多いと考えても、クラックはRCよりはるかに発生しやすい。もちろん構造強度上はきれ

つの有無が関係しないことが、建築素材として考えるとき、あるいは材料寿命を考えるとこのことも十分注意し、しかるべき断面、形態を考える必要がある。

4) 設計外の短期応力：当然のことだが構造計算外の予期しない短期応力が、Stressの導入、架設などの副次的現象として起ることは十分注意しておかなければならないし、またそのために余計なStressを入れることもつまらないことである。設計外の短期応力が発生しないように計画することが最も得策である。

5) 断熱処理：コンクリート密度が高く、一般的に断面が小さいために断熱の問題は通常のRCよりずっと大きい。また特に受熱量の大きいところでは、熱による部材内の二次応力あるいは部材ひずみおよびひずみによる仕上などに対する障害が起る場合があり、それぞれの位置、目的に応じてPCの内面または外側が断熱することが必要となる。

6) 設備の規格化：構造体が、あるいは建物そのものがプレキャストされ、あるいはTilt-upされるときに、建築物を構成する他の機能要素がこれと全く無関係に現場施工させることは非常に不都合であり、また工事順序も混乱させる結果になることが多い。Tilt-upで建物を設計するときには設備も当然ある種のプレファブリケーションが行なわれるべきであり、そのためには設備を規格化し、ユニット化することが必要条件となる。

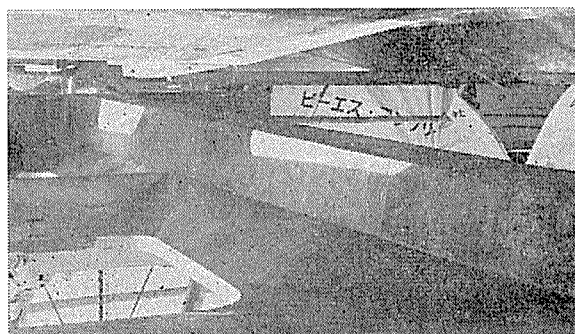
## 2. PC-Tilt-up 実施設計

### (1) 最終決定案

基本条件の検討を終り、この原則にのっとり実施設計の最終案を決定した。

12×12mに配置された下段2層分のRC柱の上に単純支持される約14×38mの2層分のPC-Tilt-up部分は、はりつきのスラブ(実際には各版の荷重が余り大きくなり架設方法を他の版と別にしななければならない点と、横締めによる二次応力の処理が複雑となると工程上の支障も生じ、経済的にも行き詰ることになり、この底版部分には現場打ち高強度RCを打った。柱付壁版、およびはり付屋根版によって、7.130m(H)×14.000m(W)

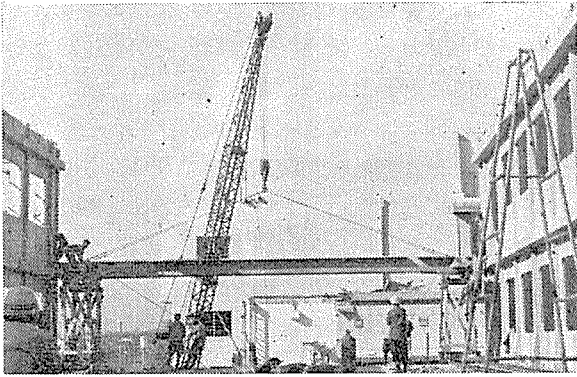
写真-1



## 寄 書

のボックス型ラーメンを造り（写真—1）、これを3m間隔に均等に配列した箆状構造体の中間に単純支持された中間床版をそう入することによってでき上っている。桁行方向の水平力は両側壁面が受持ち、張間方向の水平力はラーメンによって均等に負担させている（写真—2）。

写真—2



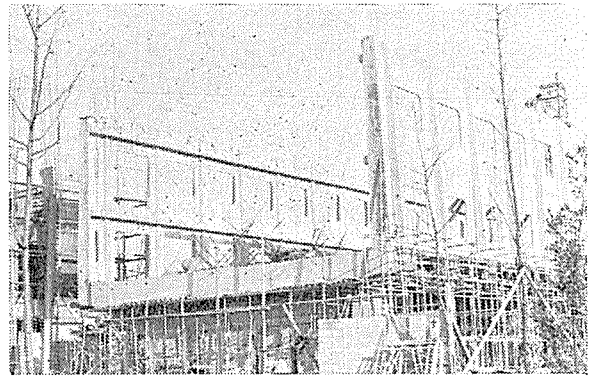
### （2）部材の決定

部材決定の原則は架設方法を統一するために、各部材重量を10tに押えることと、製作方法に応じてできるだけ有利な範囲の応力を受持つようにすることであった。

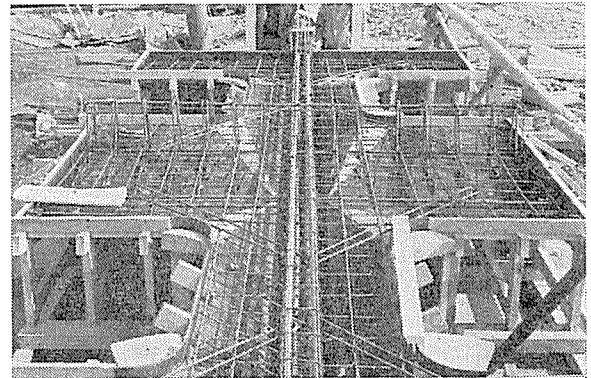
a) 柱付壁版 2層分の高さを持つ3000(W)×7130(H)×800(T-max)とし、部材のプレストレス導入およびラーメンを形造るときの部材の結合、すなわちポステン導入のときの2次応力の発生を避ける目的と、桁行方向水平力によるせん断力を版相互間の溶接に負担させる実験および、つり込み誤差、各版のひずみ誤差の影響を逃げるために開口部の中央をジョイント線とした。また箆状壁面内の応力分布状態をできるだけ連続し、全体が一体の構造体として働くように、ラーメン計算の部材部分以外の部分まで、全断面を連続的に変化するようにし、また開口部回りを始め部材の各隅角部分で応力が不連続にならぬように、そしてコンクリートのきれつを避けるため、それぞれ適当と思われるRをつけた。これは結果的にも非常に有効であったと思われるし、部材の架設中の欠損を防ぐ役にも立ったようである。このようにして決定したパターンは、当然特殊型わく製品であり、現場仮設工場によって製作することを予定し、その応力の状態からもPost-tensionによって設計した（写真—3、4）。

b) 屋根版 壁版と結合してラーメンを形成する関係上明らかにDTよりSTが有利であること、導入応力より考えてJIS規格DT版の幅1200と同じにすることは不利である点、壁版Moduleとの関係などより550(H)×1500(W)×13600(L)のST版とし、壁版柱当りごとに剛接版を、その間に単純支持版を配列することとした。ST屋根版は工場常置設備のロングアバットによ

写真—3



写真—4



るプレテンションを予定して設計した。連続されたときの面内剛性と、導入応力の大きさおよび脚間距離の関係よりスラブ部分の厚さを90~60(T)とし、さらにスラブハンチをつけた。

c) 中間床版 単純支持される純粋の床版として、JIS規格DT版500(H)×1200(W)×13600(L)を採用した。比較検討の結果では1200幅DT版は、所定の荷重に対する単純支持床版としては版幅がせま過ぎ、脚間距離600も非常に不利であるにもかかわらず、現在PC工場がこの即設設備を遊休させている現状であるために、やむを得ずこれを採用したまでであって、建築用床版としては、版幅1800位、スラブ厚60mm位が通常の建築物の要求機能に対し最も適しており、かつ合計重量も軽減できると考えている。この製作寸法の問題はあくまでも建築用床版として根本から検討し直す必要があることと思う。ただし、これは工場生産プレテンション製品についてであることはもちろんである。

### （3）各部の設計

a) 接合箇所の処理 原則的に剛接箇所は、すべてPost-tensionに頼ることとしたが、底板を現場打RCとしたために、この部分の施工上の不安が最後まで拭い切れなかった。そのためにこの箇所で壁版の断面は計算上の柱脚断面よりずっと大きくし、壁版の底面全部が施工上の不安定要素を補うことができるように考えた。そしてさらに垂直にプレストレスの導入される現場打RC底

版のはり鼻部分も指圧板による Stress の影響範囲よりも応力負担コンクリートを大きくし、せん断補強筋も十分そう入し、その上コンクリートの破壊などが事前に発見されるように、底板アゴ部分をプレキャスト版で全面カバーしているのにこのはり鼻部分のみにカバーせずに打設して露出せしめた。いずれにしても製作方法が異なり、コンクリート強度も異なる二つの部分を Post-tention によって緊結するということが壁版が持出しばりの鼻に乗っているだけに一番苦心したところである。それ以外のジョイント Post-tention 箇所は原則的に鋳鉄製キャップをかぶせて指圧板とも露出の方法をとっており、防錆処理だけが気を使った点である。単純支持の接合箇所および版同志の面内縫合はすべて溶接によっている。

**b) 耐振動処理** 一般的に高強度構造部材による建築物は必然的に振動しやすいということは十分予想されたので、これをいかにして振動し難いように計画するかは一つの重要な課題であった。計算によってチェックしひずみを小さく押えることはできるが、このため躯体重量を増すことはやはり PC 工法の躯体の軽量化の原則と矛盾することになる。その一つの解決策として、この場合は計算上 3m 間隔に配列されているラーメン構造体と、PC 部材の縫合とを別箇のものと考え、同一面内ではできる限り連続的な面内剛性を持たせるよう意図し、壁面、および 2 枚の床面の部材の縫合線をどれも一致しないように計画した。あくまでも積載荷重は床面に均等に乘ることはあり得ないし、振動の原因は移動しあるいは反覆される外力によって起るものと考え、これ等をその載荷点をふくむ 3m 幅のユニットだけ持たず、必ず隣接する構造ユニットにも拡散され分担するようにすることによって振動の影響はある程度防げるのではないかという原則的な考え方と、この拡散をいやおうなく拡げるためには構造のユニットが PC 部材の縫合線と合致しない方が良好だろうと考えたからである。結果的に予想したよりも剛性のある建物と感じられるが、果してこれがこのような処理方法の効果であったか否かは確認する方法がない。

**c) 断熱処理** 建物用途が精密工学の開発、研究であり、完全空調を要する限り、当然断熱処理は通常用途の建物より重要であり、また空気の透んでいる非市街地での太陽輻射熱の大きい点はこれまでに経験した PC 屋根版でも十分承知していたので、ここでは屋根は屋上面において断熱することとして、発泡スチロール板を内蔵したアスファルト防水層を貼りつけた。また外壁板は軽量で、かつ Tilt-up の趣旨に矛盾しない材料としてシボレックス板を内貼りした。

### 3. 工 事

工事を終ってみて一番痛感することは、PC というものはそのあらゆる特性をもっともっと適確に把握して、その上で建築素材としてずっと気安く、自由に駆使しなければならぬものであるということであった。予想しなかったことは、偏心 Stress によるひずみと仕上げとの関係であり、予想したとおりに、否むしろ予想した以上にスムーズであったのは架設であった。注意しなくてはならないことは確実な計画性と、混乱を絶対に起きないことである、それにしてもむしろ一番苦労したことは、PC Tilt-up はこのように現実に建築構成素材としてあつかうことができるものであり、かつ少しもむづかしい技術ではないということ、さらに架設その他が余計な不安係数を考えなくても計画どおり行くはずであるということ、これを PC 業者に説得し、何とかしてこれを実現しようという気にさせるのに最も苦労をしたということは、現在の日本の PC 産業の発達段階をまざまざ見るようであり、いまにして思えば皮肉でさえあるように思う。

しかし、いづれにしても事故がなかったということ、予定したことが計画どおりスムーズに運んだこと、そしてできたものの耐振動性が予想外に良かったという点はいまにしてホットしているところである。それとともに建築技術として PC-Tilt-up 工法のつぎの段階はどのような方面であろうかということ今後の問題点のようである。

1964.6.29・受付