

岡崎国立共同研究機構・分子科学研究所
 極端紫外光実験棟新営工事の PC 工事について

中 村 修*
 青 山 定 男**
 村 山 松 二 郎***

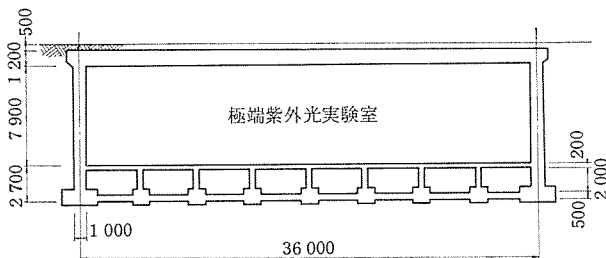
1. ま え が き

当構築物は文部省の岡崎国立共同研究機構・分子科学研究所構内で施工された極端紫外光線の実験棟で、地下に完全に埋設されたものである。規模は平面が 35 m × 35 m、高さが 7.9 m の空間で、無梁屋根版を外周の側壁で支持するボックス形状のコンクリート構造体である。

放射線の遮蔽対策として、屋根スラブ厚 1.2 m、壁厚 1.0 m となっており、さらに上部はテニスコートに使用することとし、土被りを入れて、平方メートル当たり 4.0 t 程度の長期荷重となるために、無梁版部分へ場所打ち一体式 PC 工法にてプレストレスを導入して応力を処理している。プレストレストコンクリート造とした場合、形態が特異なのでプレストレス力の分布について正確な予想が困難であり、PC 工事の施工にあたり、参考としてプレストレス力の分布を調べるため、導入時のコンクリートの曲げ応力の測定をし検討を試みた。ここにその設計と施工のあらましを、PC 部分を中心に報告する。

2. 構築物概要

施 主：文部省



※ 36m×36mで、X、Y方向とも同断面

図—1 断面形状図

* (株)石本建築設計事務所主任

** オリエンタルコンクリート(株)建築支店設計課長

*** オリエンタルコンクリート(株)名古屋支店

工事件名：岡崎国立共同研究機構・分子科学研究所
 極端紫外光実験棟新営その3工事

工事場所：愛知県岡崎市明大寺町二本木の1

設 計：(株)石本建築事務所

監 理：文部省

総合施工：(株)鴻池組

PC 工事：オリエンタルコンクリート(株)

工 期：昭和57年6月～昭和58年3月

3. 設 計

3.1 使用材料および許容応力度

コンクリート：無梁版部 $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

壁 部 $F_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

P C 鋼 材：無梁版部 PC ストランド
 S E E E 工法 F 360

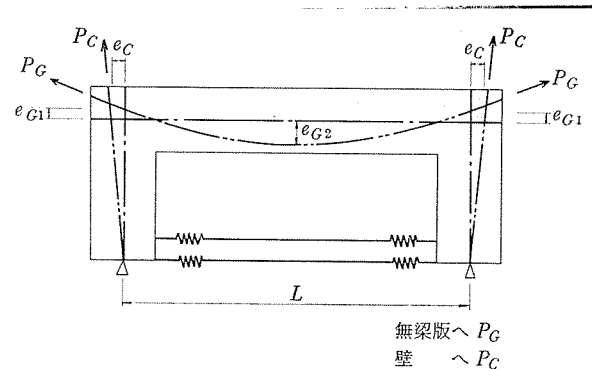
壁 部 PC 鋼棒

$\phi 32$ B種1号

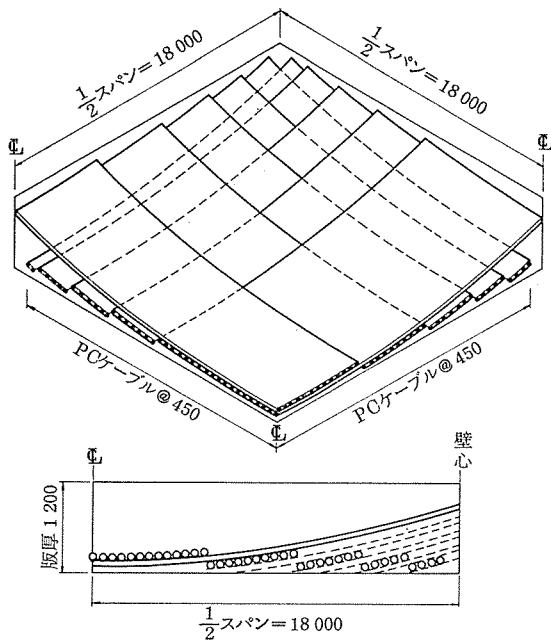
3.2 構造設計

設計は下向きの荷重 w (約 4.0 t/m^2) と放物線形に配線された PC 鋼材の懸垂力がつり合うような緊張力 P と偏心 e を決めることにより荷重を打ち消すこととして設計した。

図—2 のように PC 鋼材を配置すると、プレストレスの力は次の①～④の組合せとなる。



図—2 解析モデル



※ 外側のケーブルから順に配線していき、ケーブル群として偏心を考える方法

図-3 ケーブル配置法

- ① 無梁版へ $w=8 P_G(e_{G1}+e_{G2})/L^2$ の等分布上向き懸垂力
 - ② 無梁版へ P_G なる圧縮力
 - ③ 壁へ P_c なる圧縮力
 - ④ 無梁版と壁の節点へ $M=P_G \cdot e_{G1}$ と $M=-P_c \cdot e_c$ の回転モーメント
- ①の等分布上向き懸垂力と下向きの荷重 w につり合うように PC 鋼材を配置する。
- ④の節点回転モーメントで、 $P_G \cdot e_{G1}$ に近づくように $P_c \cdot e_c$ を配置することによりバランスさせる。

以上の解析を無梁版・壁の面要素によって構成されるモデルとし、電子計算機で有限要素法により立体解析とした。

解析の結果は次のとおりとなった。

無梁版部： $P=241 \text{ t}$ @ 450 mm
 $e_{G1}=350 \text{ mm}$, $e_{G2}=410 \text{ mm}$
 壁 部： $P=61.12 \text{ t}$ @ 390 mm
 $e_c=390 \text{ mm}$

$P_G \cdot e_{G1}=P_c \cdot e_c$ となっていないのは土圧が $P_c \cdot e_c$ の効果を与えるため、 $P_G \cdot e_{G1} > P_c \cdot e_c$ となっている。

配線に関しては、他の線形や中央部通りと端部通りについて集中度の異なる配線をする等の検討を加えたが、今回は定着具の配置および壁部 PC 鋼棒などの関係により等間隔の単一種類の放物線形配置となった。X方向群と Y 方向群のケーブルの交差を避けるために図-3に示すような配置法を採用することにより、版厚 1.2 m の中で、XY 両方向それぞれのケーブル群の性能を均等にすることができた。この考案は SEEE, F 360 ケーブル 156 本、全数について、その線形と長さを一定のものとし、無梁版周辺より積重ね式に配線されるので、PC ケーブル配置時の正確さと作業性を格段と高めた。この 2 方向の配線についての考案は、今回初めての方法で画期的なものである。

4. 施 工

4.1 コンクリート工事

壁部分：高さがあり、一度に打つと分離するために、 $H=2 \text{ m}$ ずつ打設していった。打継ぎ部分はすでに固まったコンクリートの拘束による収縮亀裂が懸念されたが、6 m 間隔で縦に 0.15 mm 幅程度の打継ぎ個所での一般的なひび割れが少々認められた。

無梁版部分：打継ぎ部分避けるために 1700 m³ を 18 時間を要して打設した。中央部から外側へと放射状に打設していったが、打設量が多いため、打設時間のずれたコールドジョイント的な部分が発生しないように、特に入念な打込みを行った。ここではマスコンクリートに危惧された亀裂らしきものは認められなかった。コンクリートの調合は表-1に示すとおりである。

4.2 PC 工事

壁部鋼棒：コンクリートを $H=2 \text{ m}$ ずつ打設するために、PC 鋼棒 $l=12 \text{ m}$ を継手個所が交互になるように 3 分割して施工した。シースに鋼管を使用したため、PC 鋼棒の配置を正確にし、グラウトも完全に行われた。

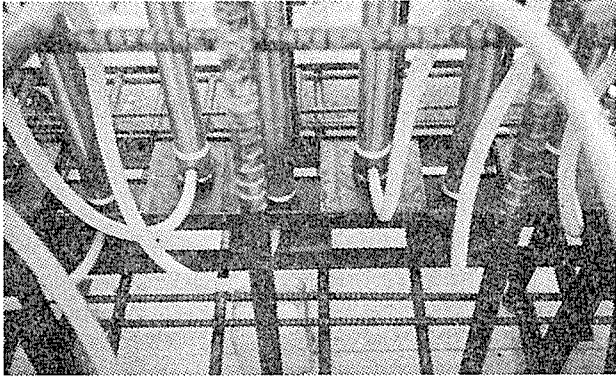
無梁版部 SEEE 工法：配線を正確にするために、あらかじめ工場にてケーブル高さ決定用孔を用意したアンクル材を、XY 方向とも 90 cm 間隔で 1600 本林立させることにより偏心位置を確保した。配線は SEEE, F 360 のストランドが約 750 kg の重量で長いので重機による配置とした。

配線は周辺通りからとなったが、周辺通りの配線のと

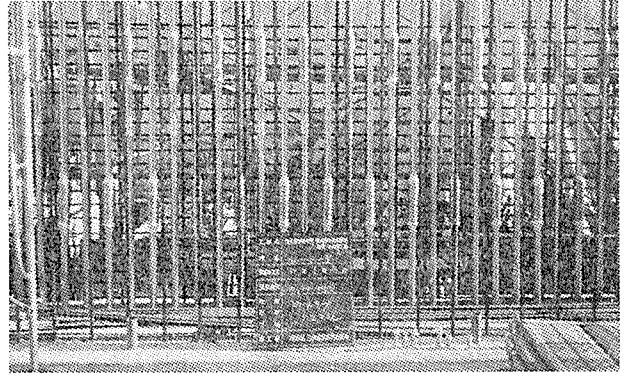
表-1 コンクリートの配合

	呼び強度	スラブ	粗骨材最大寸法	配 合 表 (kg/m ³)							
				セメント	水	細骨材	粗骨材	混和材	エア-調整剤	水・セメント比 (%)	細骨材率 (%)
壁	350	12	25	344	158	704	1106	0.860	0.0069	46	39.5
無梁版	400	12	25	379	159	666	1114	0.948	0.0076	42	38.0

混和剤：ポゾリス No. 5L, エア-調整剤：ポゾリス No. 202



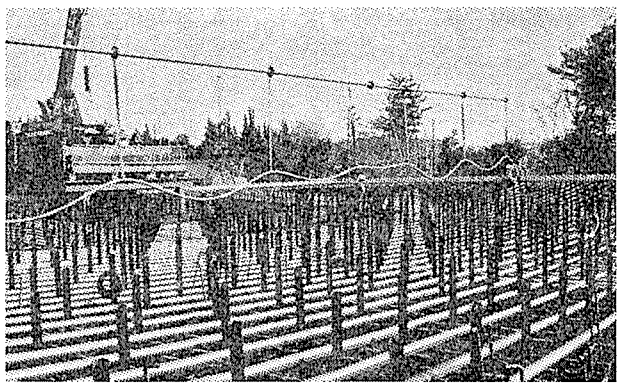
写真—1 壁鋼棒下部



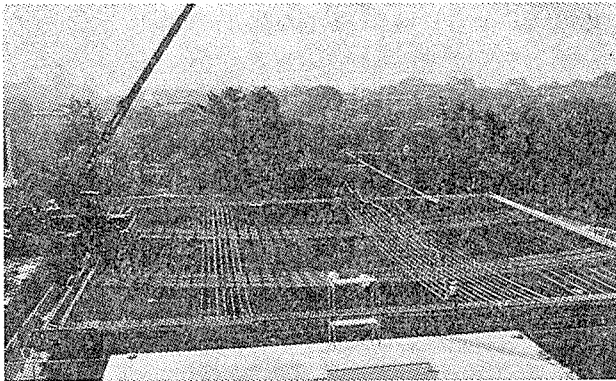
写真—2 壁鋼棒立上り部



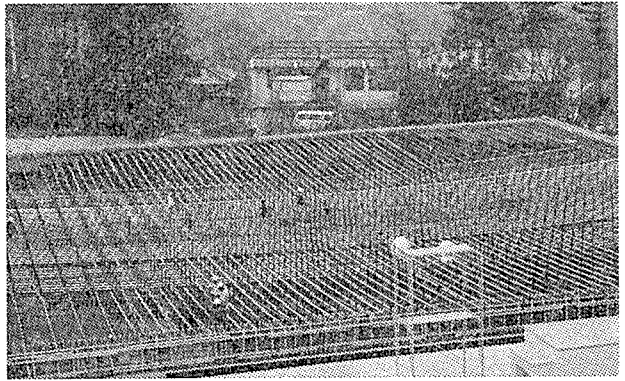
写真—3 無梁版部ケーブル組立て—1



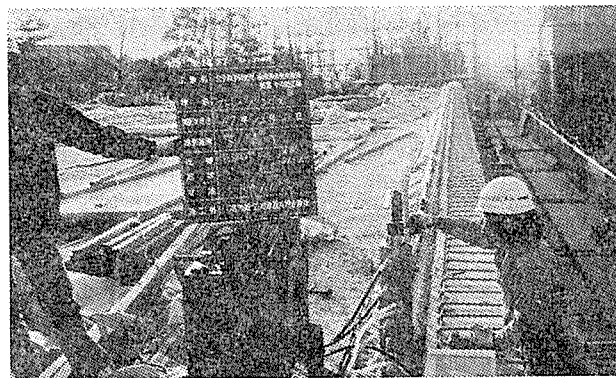
写真—4 無梁版部ケーブル組立て—2



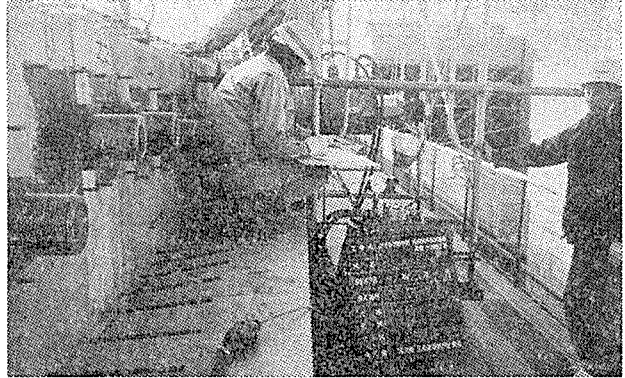
写真—5 無梁版部ケーブル組立て全景



写真—6 無梁版部ケーブル組立て完了



写真—7 壁鋼棒緊張



写真—8 無梁版部ケーブル緊張

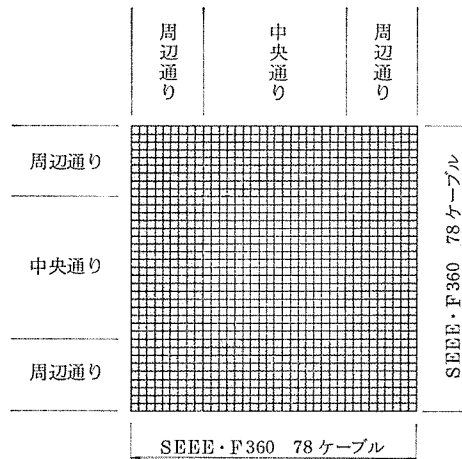


図-4 ケーブル圧分

きは、無梁版中央部に鋼材架台にて下部より支持されたスラブ中央に重機を配置して行われた。中央部通りの残った配線は、その重機を撤去し、外側からの配線となった。

配線は当初かなりの工程を予定していたが、始まると思ったよりも早く順調な作業であった。

緊張工事：PC 鋼棒 968 本，SEEE ケーブル 156 本にて構成されていて、また、設計的に PC ケーブル 1 本につき、3 本の PC 鋼棒でバランスされていることに留意しながら部分的に偏ることなく全体的にプレストレスの導入を進めた。SEEE, F 360 の緊張機器が 450 kg と重量のために、緊張ジャッキの吊り装置の下に移動用として全周にわたりレールを配し、XY 両方向並行作業を進めた。

5. 曲げ応力測定

5.1 測定概要

測点は当初、全体的にプレストレスの分布を測定する予定であったが、仕上げ工程の関係で、支保工解体まで測定することができたのは中央通りのみであった。

以下、中央通りについて解析結果と対比しながら検討を加える。

歪計：コンクリート埋込みゲージ BS-25 A

コンクリート打設日：昭和 57 年 11 月 20 日

プレストレス導入開始：昭和 57 年 12 月 6 日

プレストレス導入完了：昭和 57 年 12 月 10 日

支保工解体完了：昭和 58 年 1 月 14 日

※コンクリート強度および弾性係数

プレストレス導入完了時強度

無梁版部： $F_c = 460 \text{ kg/cm}^2$ ，

$E_c = 3.18 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

壁部： $F_c = 390 \text{ kg/cm}^2$ ，

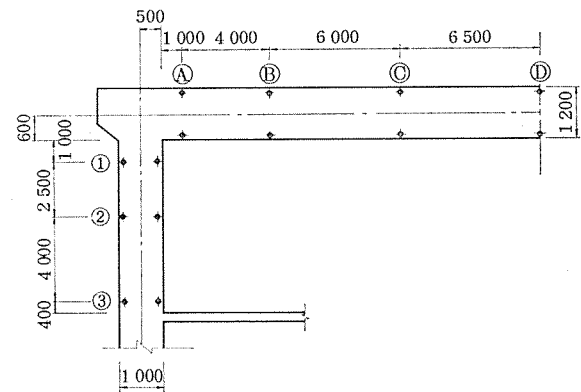


図-5 歪計埋込み位置

表-2 歪応力度 (単位：kg/cm²)

部 材	測点	上, 下 外, 内	測定値	解 析 値	
				$\eta=1.00$	$\eta=0.85$
無 梁 版	A	σ 上	49.8	58.3	44.1
		σ 下	6.1	25.3	27.5
	B	σ 上	22.6	41.3	36.7
		σ 下	49.4	37.5	30.7
	C	σ 上	11.6	28.4	30.7
		σ 下	30.6	47.0	33.7
	D	σ 上	8.2	24.6	28.7
		σ 下	39.5	49.6	34.7
壁 部 分	①	σ 外	41.0	63.7	45.1
		σ 内	5.8	31.5	37.5
	②	σ 外	72.2	56.6	43.6
		σ 内	41.8	43.4	43.2
	③	σ 外	25.4	46.5	41.1
		σ 内	97.8	58.9	50.1

$$E_c = 2.93 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

弾性係数は RC 規準書により強度から算出した。

支保工解体時を最終応力として解析値と比較するのであるが、支保工解体時がコンクリート打設日より 55 日、プレストレス導入完了日から 35 日経過しているのので、プレストレスの有効率を 1.00 および 0.85 の両者で比較した。

5.2 各部測定応力度

各部の支保工解体時の応力度を解析値と対比させながら表-2 に示す。

5.3 比較検討

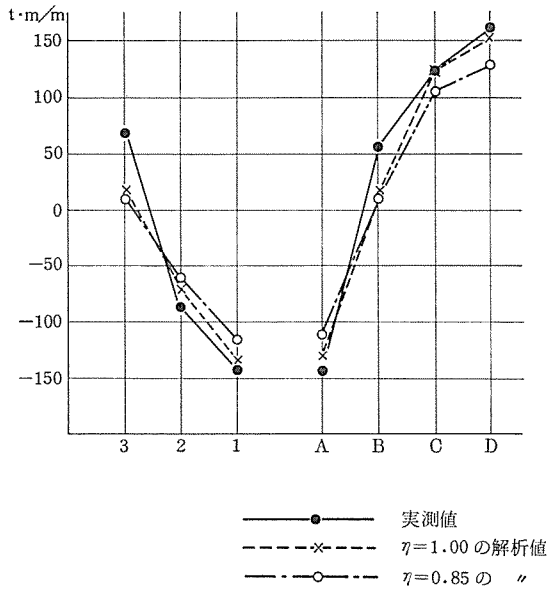
測定値と解析値の比較法は、プレストレス導入に伴うプレストレス力による曲げ応力の変化分を対比することとする。説明を加えれば次のとおりである。

(1) 解析値のプレストレス力

プレストレスを導入しない、DL のみ載荷された応力状態の解析値を零点とし、プレストレスを導入したときまでの解析値による応力変化分を有効率 $\eta=1.00$ および

表—3 プレストレス力による応力変化

		(単位: t·m/m)						
		Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	①	②	③
解析値	$\eta=1.00$	-130.5	+17.8	+124.5	+152.7	-137.0	-71.3	+19.0
	$\eta=0.85$	-110.9	+15.1	+105.8	+129.8	-116.5	-60.6	+16.1
測定値		-143.4	+54.6	+125.0	+160.2	-139.5	-85.6	+68.9



図—6 プレストレス力

$\eta=0.85$ の各々の場合により求め、その応力変化を解析値のプレストレス力とする。

(2) 測定値のプレストレス力

同様に、プレストレスを導入しない DL のみ载荷された応力状態の解析値を零点とし、プレストレスが導入されたときの応力を実測の測定値から求め、零点からの応力変化分を測定値のプレストレス力とする。

比較は (2) 測定値のプレストレス力を、(1) 解析値のプレストレスに対比させる。

測定応力度より曲げ応力度を算出する方法は、中立軸からの応力度 σ を三角分布と仮定し、応力度の傾きをもって曲げ応力を算定することとする。

結果は 表—3 および 図—6 に示すとおりである。

5.4 考 察

現場の測定であり、かなりの誤差が含まれているものと思われる。測定時の現場の状況は、一部、壁周りに盛土がされていたりして、計算による解析値も正確に算出することが不可能であった。無梁版部分では、一般に解析値より大きなプレストレス力の導入が認められた。壁部分では③点の壁脚部においてかなり大きな値を示したが、これは解析モデルにおいて、この部分を回転拘束無しで横方向に対してのみバネ拘束としたためであり、この値から見るとかなりの回転拘束があったものと推定できる。また、実際、地中梁における回転拘束は十分考えられることである。他の壁部分は無梁版部分と同様に解析値より大きなプレストレス力の導入が認められた。

軸力分布は、解析時に壁部分は一様に圧縮されるものとして、有限要素法の電算入力時に考慮せず、後で壁部分のみに一様圧縮力を加えたものを解析値としたために、分布においてかなりの誤差を生じた。これらは現在検討中であり、別の機会に発表できればと考えている。

以上、解析時の仮定に実際と多少異なるモデルを設定した分だけ、測定値に正直に表われてきたといえる。結果的には、目的としていたプレストレスの効果は十分発揮されており、ほぼ目的とした応力状態に近く、構造的にも十分安全と判断される。

6. あとがき

以上、岡崎国立共同研究機構・分子科学研究所における極端紫外光実験棟新営その3工事のプレストレス工事の設計・施工、曲げ応力測定について概要を述べてきたが、無梁版においての2方向配線に今回初めての積重ね方式を採用したことによって、設計および施工の分野で無理なく、無事完了できたことを報告します。

最後に、本工事の設計・施工・監理にあたり、多大の御協力を頂いた文部省の関係者の方々に深甚なる謝意を表する次第です。 【昭和58年5月6日受付】

会 員 増 加 に つ い て お 願 い

会員の数はその協会活動に反映するもので、増加すればそれだけ多くの便益が保証されています。現在の会員数は2700余名ですが、まだまだ開拓すべき分野が残されております。お知合いの方を一人でも多くご紹介ください。事務局へお申し出くだされば入会申込書をすぐお送りいたします。