

志布志運動公園総合体育館新築工事について

蒲	地	廣	知*
大	島		幸**
井	上		優**

1. はじめに

ここに紹介する運動公園体育館は、九州最南端に位置し、毎年、台風の玄関口となる志布志湾に面した場所に建設された。この体育館は、志布志町の総合運動公園整備事業の中核として、計画されたものである。

2. 設計条件

設計については、下記のような基本条件の下で、コンペが行われた。

- ① 町民の健康と体育のための施設として、幅広く多目的に利用できる空間を構成し、必要な設備を設ける。
 - ② 「より良いものをより安く」との町提示の条件に沿って、志布志町の気候、風土、塩害などを考慮する。
 - ③ 外観は、志布志町の未来に向かって飛翔する姿をシンボリックに表現する。
 - ④ 町民総合体育館として、多目的利用のために 40m×60m の床面積を確保し、かつ、ステージと 2 階には 700 人収容の観客席を設ける。
- などである。

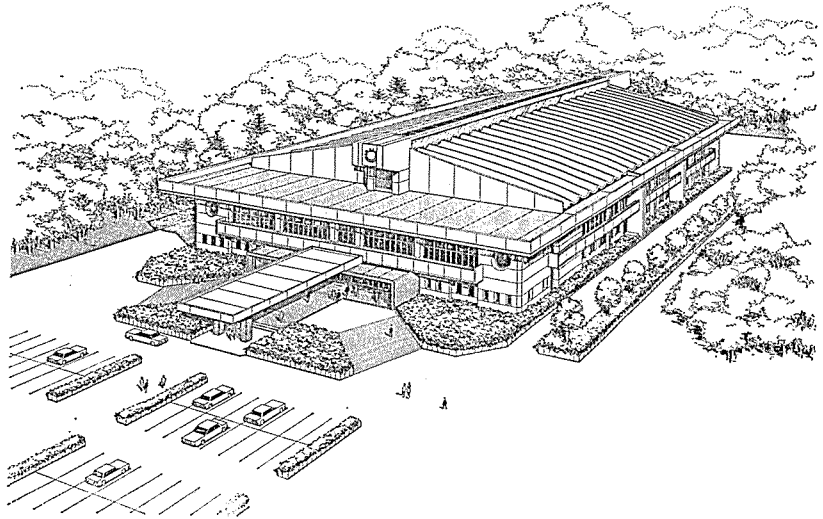
その結果、本作品が最優秀作品として当選した。

コンペの際の提出資料の一部は、図—1, 2, 3 のとおりである。

3. 当建物の構造上の特徴

この建物の特徴は、次のような構造計画にある。

通常、体育館などの大空間架構では鉄骨トラスを用いるのが多いが、この体育館では、大梁および屋根をコンクリート構造物としている。これは建物が海に近く、また鉄骨造では潮風により錆が生じ易く、維持管理上不経済で、耐久年数も短くなることを避けるための措置がとられ、また、大空間を覆う場合には少しでも軽く、そし



図—1

て少しでも短い張間となる方向に架構大梁を設けるか、あるいは、2 方向格子梁とし、四周で支える方法がとられている。

さらに、屋根の占める面積、空間、重量は非常に重大であり、仮設支保工、型枠、鉄筋、コンクリートなどの材料と労務を節約すると同時に構造応力を低減することは、経済性の面から必要とされる。そこで大梁については、断面が大きく重量が大きいため現場施工とするが、屋根材はプレキャスト化して軽量化することにした。

実際に、コンペ応募作品の大部分が、図—4 のような架構骨組で、現場打ち PC 大梁にプレキャスト PC 版の組合せで提出してあった。

この図—4 の A 案では、ステージに向かって圧迫感があることと、また屋根面の水平剛性が確保し難く、特に中央スパンでは雨仕舞が難しいことなどがある。

上記欠点を補う意味では、図—5 のようにサブビームを架けて、それに PC 版を架けることにより、水平剛性と雨仕舞の悪さが解決された。

さらに、この案では、外観や内部空間の効果と雨仕舞を重視して、背骨に相当するキール梁を長手方向に架け渡し、PC 版を立て架ける形で並べる形をとった。さらに直交方向に山形合掌梁を設けることで、水平剛性と格子梁構造としての効果を期待し、唯一、可能な構造とし

* (株) AOI 美建

** オリエンタルコンクリート (株) 福岡支店

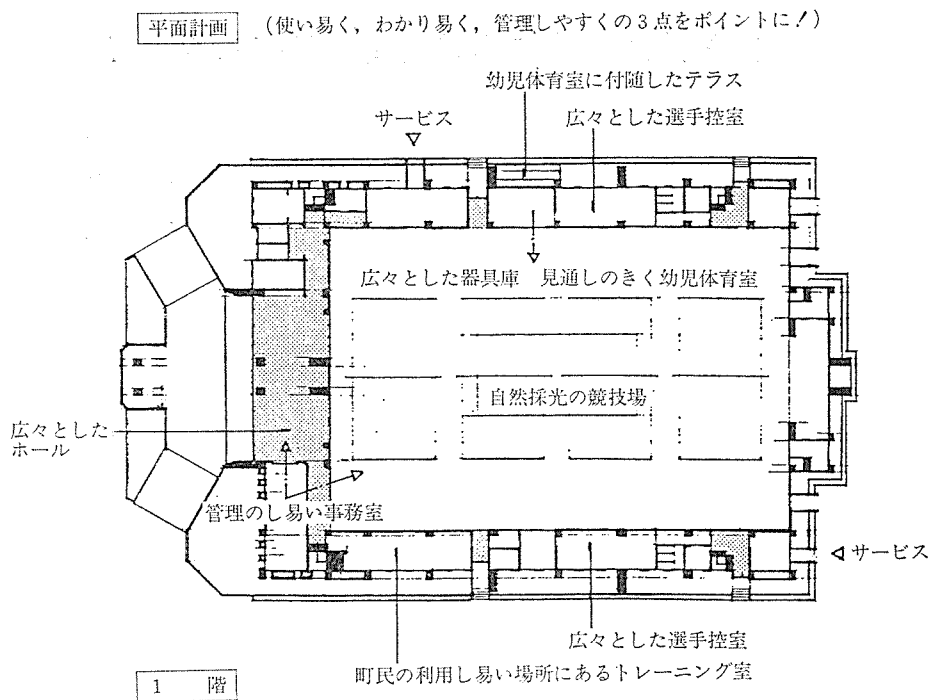
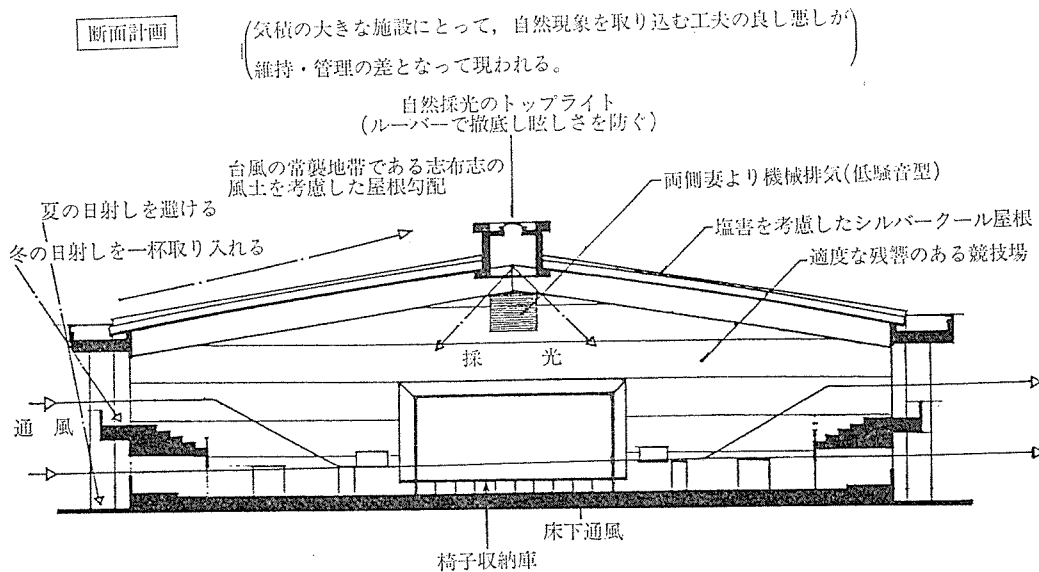


図-2



て、図-1, 2, 3 のような形で PC 構造を採用することとした。

4. 建物概要

工 事 名：志布志運動公園総合体育館新築工事
 発 注：志布志町
 建 設 地：鹿児島県曾於郡志布志町安楽
 用 途：町民総合体育館
 敷地面積：13 万 2 000 m²
 建築面積：4 355 m²
 延床面積：4 662 m²

主要構造：現場打ち PC 大梁・柱構造，RC 構造併用
 設計監理：(株) AOI 美建

施 工：元請；五洋・内山・竹永建設 JV.

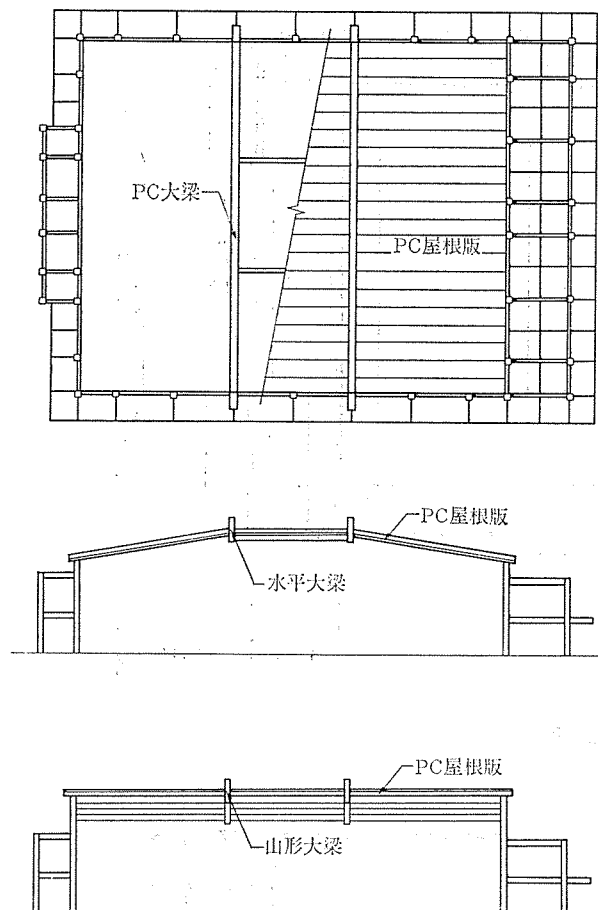
PC 工事；オリエンタルコンクリート(株)

工 事 費：約 6 億円 (建築工事)

工 期：昭和 58 年 12 月～60 年 5 月

5. 構造計画

前述のように、この構造におけるスパン 67.5 m，全長 76 m の PC 造大梁は、構造面，施工面でも未経験の規模で、屋根荷重を支えるための並列した 2 本のポス



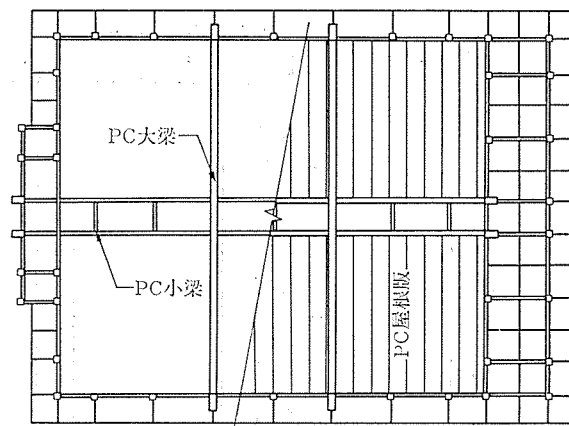
図—4

トテンション PC 大梁となっていて、建築用としては日本最大最長のものと思われる。この大梁に、片側 25 m、張間 50 m の山形合掌大梁が交差して大屋根架構を形成し、屋根葺材としては、よく用いられる折版などの軽量の金属部材の耐候性に疑問があるため、耐久性を考慮して PC コンクリート版を葺いている。

構造設計にあたって検討したことは、表—1 のとおり

表—1

設計上の問題点・項目	具 体 的 な 現 象 説 明	対 応 ・ 対 策
鉛直荷重によるたわみ	弾性的たわみが大きいとクリープたわみも大きい。	格子ラーメン架構とし、梁柱断面二次モーメントを大とし、弾性係数の大きいこと。支保工解体を遅らす。
鉛 直 剛 性	2 本の大梁のたわみを一致させ小さく押さえる。	メイン大梁、合掌大梁ともダブル梁とし、横つなぎ壁梁 (PC 鋼棒使用) にて一体とする。
水 平 面 内 剛 性	シルバークールに面内剛性がない。	メイン大梁、合掌大梁ともダブル梁とし、その間に横撃壁梁とスラブを設ける。
庇部分の水平剛性	合掌ラーメンからの横力 (スラスト力)。	PC ケーブルによる亀裂防止。
プレストレス導入による弾性変形	不静定構造における大梁軸方縮み、柱の部材角発生、壁の亀裂。	できるかぎり隣接壁梁を遅れ分割施工すると同時に地中タイバーも PC とする。
乾 燥 収 縮	同 上。	同 上。
温 度 変 化	年・日軸長変形、上下縁の温度差、左右梁の温度差。	屋根面は防水層で断熱に努める。左右 2 本の大梁はつなぎ壁梁にて一体とする。
ク リ ー プ 変 形	クリープたわみの増加、軸長縮みの増加。	断面に余裕をもたせ縁応力度を小さくし、弾性変形を小さくする。支保工解体を遅らす。
大梁の架構形式	ラーメン架構か、シンプル架設後剛結方式か。	地震時の対応と雨仕舞への対応からラーメン架構とする。



図—5

である。

また構造設計時に、施工に関わる問題点をピックアップして検討した点は、例えばコンクリートの材料については、強度の設定、スランプ、高流動化剤の使用等についてである。

コンクリートの硬化熱収縮や硬化乾燥収縮に対しては、発熱を押さえ、かつ、急激な降下を避ける。型枠の存置期間を長くして急激な収縮を避けることとし、PC の仮緊張により亀裂を避ける。

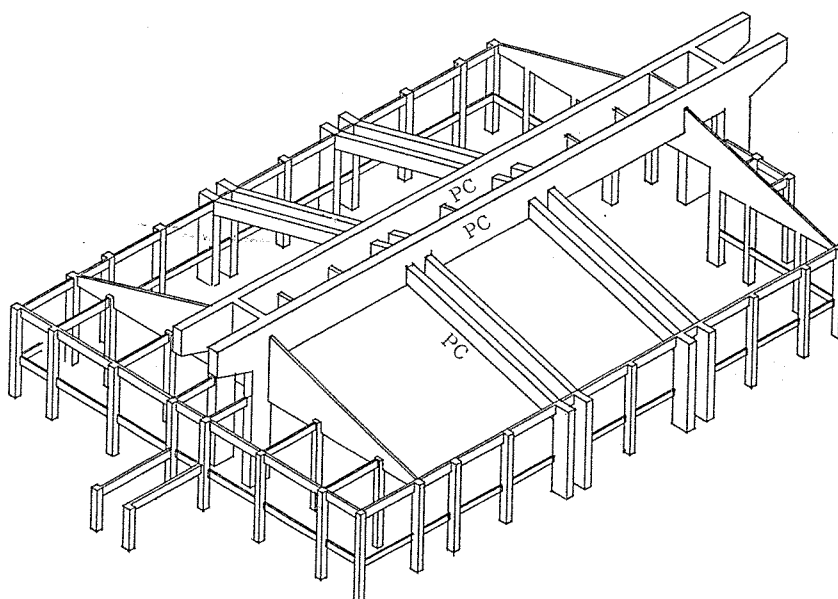
PC 大梁コンクリート打設時の支保工、地盤沈下について、支保工高が大きく、かつ、重量が大きいことに対する検討、柱際でのコンクリートのセット、梁成の大きさ等を考慮した打設方法と地業の検討等、プレストレス導入による弾性変形にはできるかぎり強度発現を待って緊張したいが、亀裂が発生し易いので仮緊張 (1/6) をし、本緊張は構造全体にわたって徐々に平均して行う。

6. 構造設計

構造計画で検討した事項に留意しながら、平面計画は

表—2 PC 鋼材種類と品質

	フレシネー工法	フレシネー工法	O B C 工 法	P C 鋼 棒 (B-1)	
使 用 材 料	SWPR 7 B 12 T-15.2φ	SWPR 7 A 12 T-15.2φ	SWPR 7 A 9-9.3φ	SBPR 95/110 φ32	SBPR 95/110 φ26
引 張 強 度	$P_u=319.2t$ 以上	$P_u=277.2t$ 以上	81.45 t 以上	88.46 t 以上	58.4 t 以上
降 伏 点 強 度	$P_y=270.2t$ 以上	$P_y=236.4t$ 以上	69.3 t 以上	76.4 t 以上	50.44 t 以上
施 工 時 緊 張 力	$P_0=230.5t$	$P_0=200.0t$	57.0 t	61.0 t	40.3 t
伸 び	3.5% 以上	3.5% 以上	3.5% 以上	5% 以上	5% 以上
備 考	メ イ ン 大 梁	合 掌 大 梁	タイバー、玄関部梁	メイン・合掌柱	つなぎ壁梁、庇梁



図—8 架 構 図

図—6, 柱梁伏図は 図—7, ラーメン形式は 図—8 のように決定した。以下, PC 部の設計について概要を説明する。

6.1 使用材料

(1) コンクリート

基礎・地中梁: $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

上部 RC 部: $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

柱頭部・PC 大梁: $F_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ (高流動化剤使用)

(2) PC 鋼材

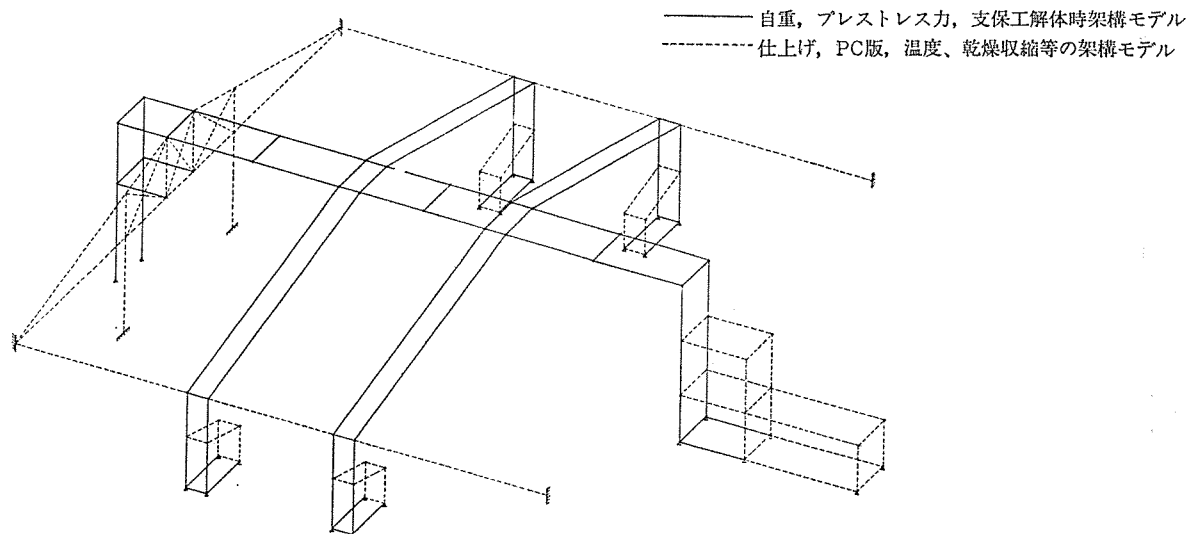
表—2 に示すとおりである。

6.2 応力解析

応力解析は, 実際の施工順序に合わせた解析を心懸けることとする。そのために, メインフレームと合掌フレ

ームの施工手順を列記してみると,

- イ) 基礎・地中タイバーの施工 (タイバーの PC 鋼材は未緊張)
- ロ) 柱および他の RC 部の施工 (柱は大梁底より 4 m 下まで)
- ハ) メイン PC 大梁の施工
- ニ) 4 日後に約 10 kg/cm^2 相当 (1/6) の仮緊張
- ホ) 山形合掌 PC 大梁の施工
- ヘ) 同じく仮緊張
- ト) 3 週間養生後に本緊張 (緊張順序は 図—14 のとおり)
- チ) グラウト
- リ) 3 週間後 (できるだけ時間をとって) 支保工解体



図—9 架 構 モ デ ル

◇報 告◇

ヌ) 屋根版(シルバークール版)架設
ル) RC 部との後打ち施工部の施工
となる。

ここに、応力解析の架構モデルを示すと、図-9 のとおりである。ただし、ステージ上部架構のメイン架構との関わりは、当初、柱、壁で連続支持した形で考えたが、力の流れが大きくなり、影響が大き過ぎ、かつ、不明解なために柱、壁を遅れ施工とした。その後、一体化した後に屋根版の架設を行うことにした。

応力解析結果は、以下 図-10 のとおりである。

上記、通常の解析のほか、構造計画で述べたとおり、温度変化や乾燥収縮やクリープによる影響値も図-11 のとおり考慮した。

6.3 断面設計

前項の応力解析結果を使って行った断面設計の結果は、以下のとおりである。

メインフレームおよび山形合掌フレームの配筋は、図

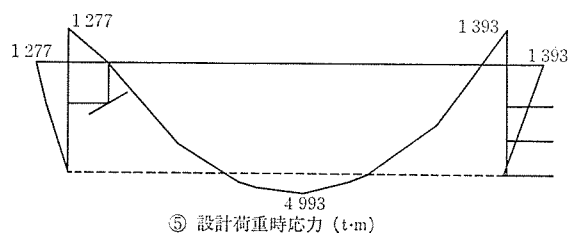
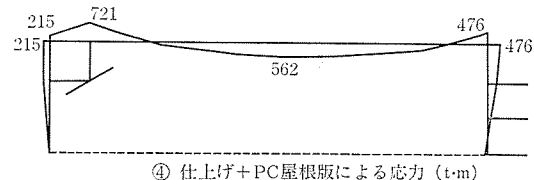
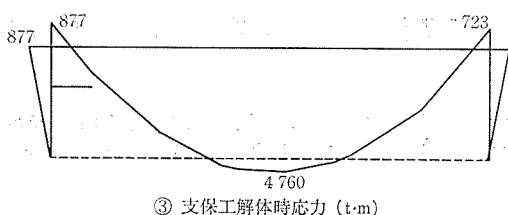
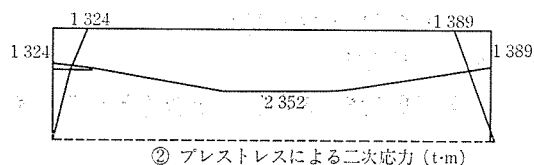
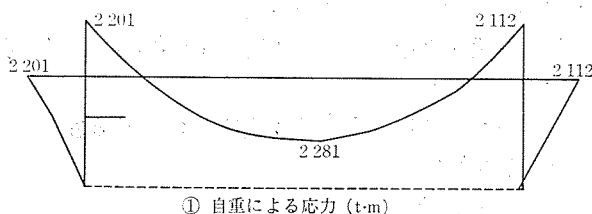


図-10 メインフレーム応力図

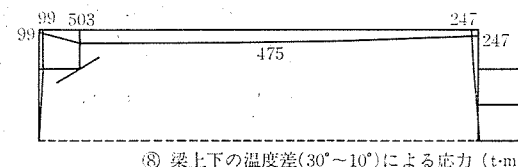
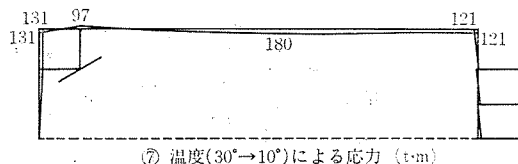
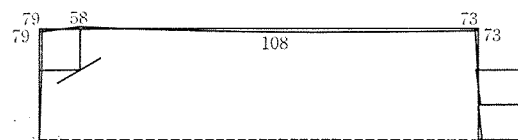


図-11 乾燥、温度応力

—12、図-13 のとおりである。

7. 施工について

施工については、この号で詳しく述べきれないので、後日発表させて頂くこととし、ここでは PC 緊張要領に関することを、図-14 に示すことにする。

施工については、写真-1~9 を参照されたい。

8. 測定

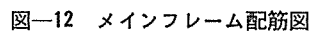
前に述べたとおり、通常問題となる点は、

- イ) PC 大梁の鉛直たわみ
 - ロ) PC 大梁の軸長変化と柱の倒れ
 - 当構造では、特別にスパン・断面が大きいゆえに
 - ハ) コンクリートの発熱温度降下
 - ニ) コンクリートの乾燥収縮量
 - ホ) PC 大梁の PC 導入による縁応力度および弾性変形
 - ヘ) PC 大梁の温度変化(年度化、日変化など)
 - ト) PC 大梁のクリープ変形
- 等である。

鉛直たわみの測定は、四本の柱の上にレベルを据えて測定した結果、プレストレス導入時の PC 梁のたわみは零であった。支保工解体時 18mm のたわみ、屋根版架設後のたわみは同じく 18mm で、計算値の 35mm とほぼ一致する。

その他の測定方法と埋込み位置などは、図-15 のとおりである。ただし、現場高所測定のため、期間は支保工解体時までの約2か月であった。

コンクリート打設後の温度変化は、図-16 のとおり



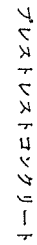
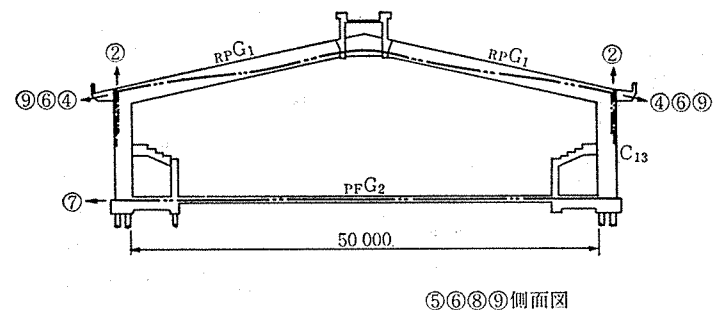
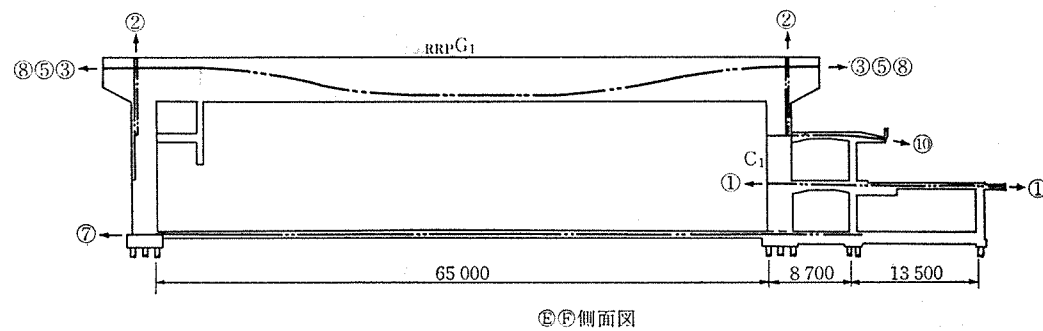
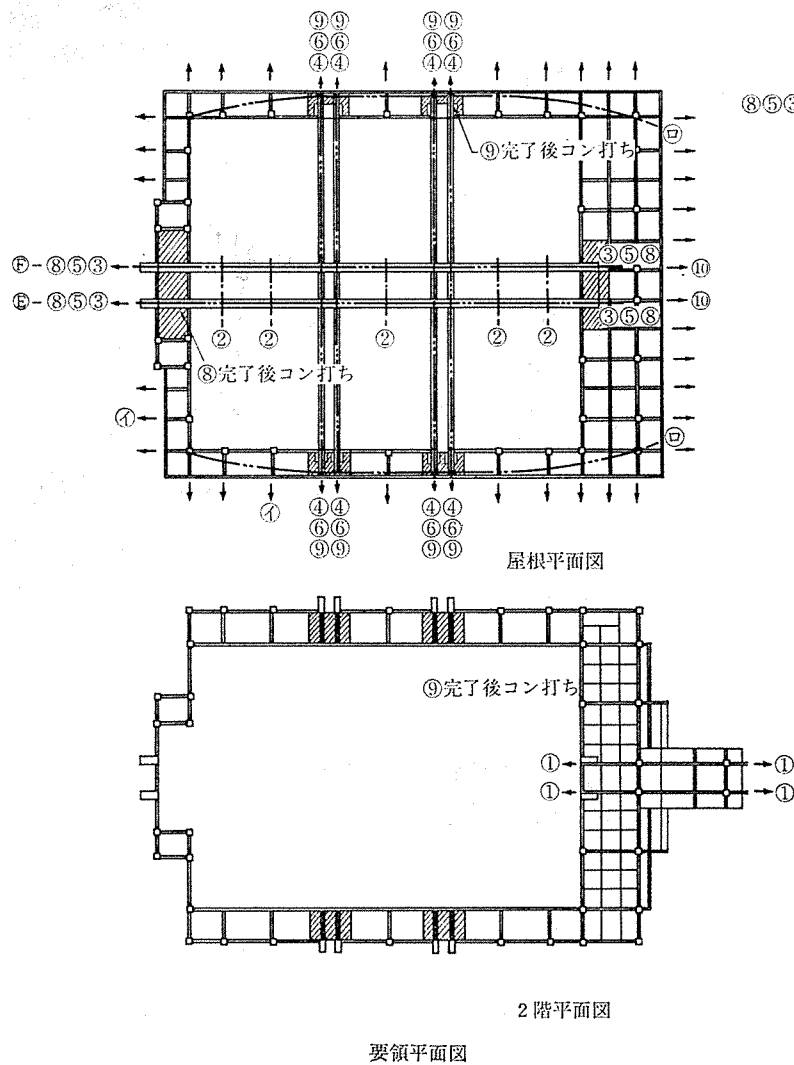


図-13 山形合掌フレーム配筋図



- ① 6ケーブル中⑤⑥通り各2ケーブルずつ交互に緊張する。
- ② 各柱ごとに完了してよい。ただし5-6, 8-9は半数ずつを中心に近いものから行う。
- ③ 12ケーブル中4ケーブル緊張する。ただし⑤⑥を交互に行う。
- ④ 6ケーブル中2ケーブル緊張する。ただし、隣り合う大梁は交互に行う。
- ⑤ 3に同じ
- ⑥ 4に同じ
- ⑦ 特別に注意事項なし、順番を守ること。
- ⑧ 3に同じ
- ⑨ 4に同じ
- ⑩ 後打ちコンクリート打設後4ケーブル中⑤⑥通り各2ケーブルずつ。
上記の他、底張出し鋼棒④、長手方向ケーブル⑩を緊張する。
主梁横桁PC鋼棒②は施工に準じて打合せのうえ決定すること。

図—14 PC 緊張要領

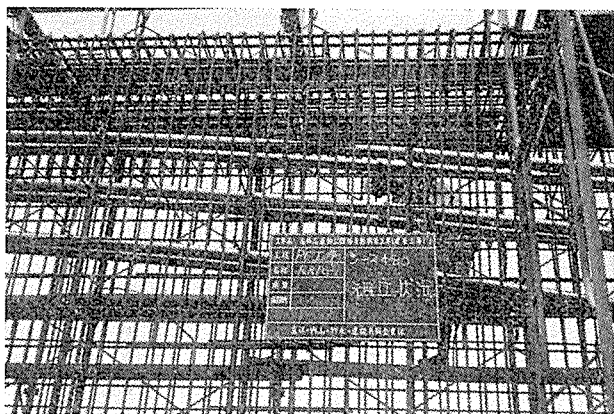


写真-1 配筋状況

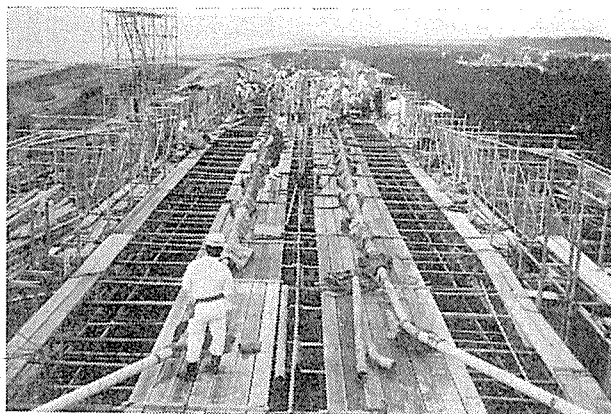


写真-2 コンクリート打設

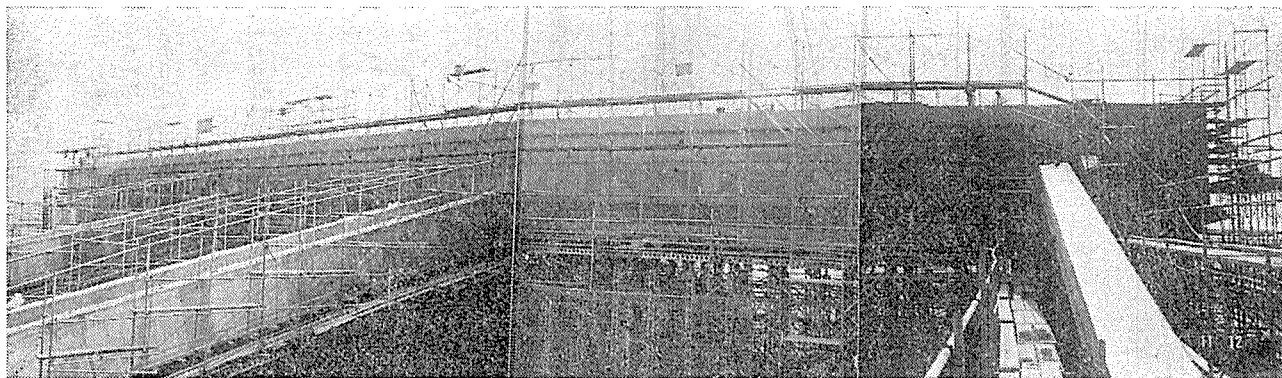


写真-3 型枠脱型

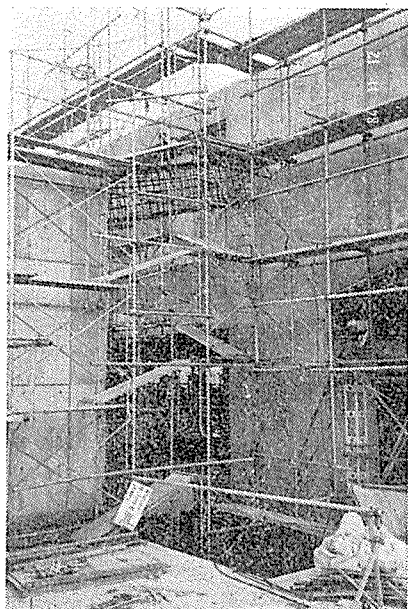


写真-4 後打ち施工部分

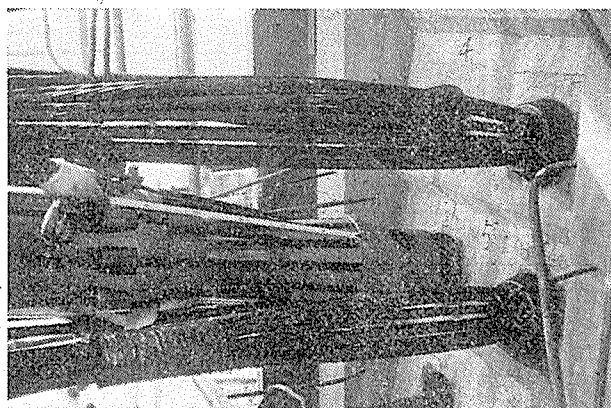


写真-5 PC 緊張作業中

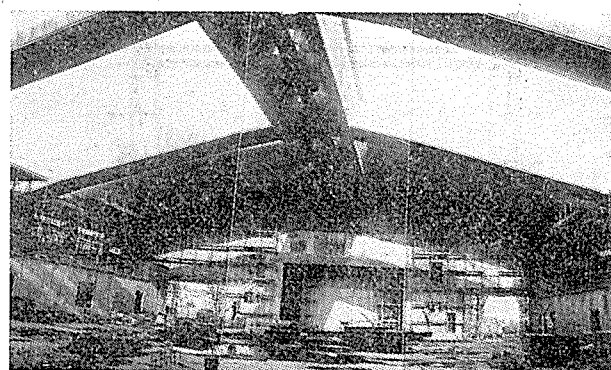


写真-6 支保工解体後 PC 版架設中

で、この測点は柱頭マスコンクリートの内部である。

コンクリートの初期乾燥収縮、PC 大梁のプレストレス導入時、支保工解体時縁応力ひずみ変化は、図-17 の

とおりである。その他、貼付ペーパーゲージの結果等得ているが、概ね良好であった。

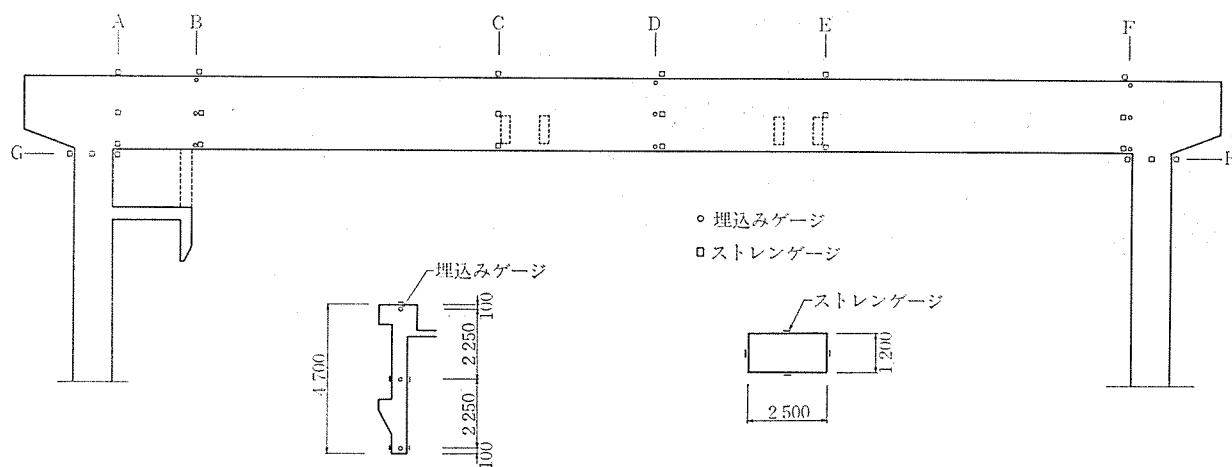


図-15 測定計画

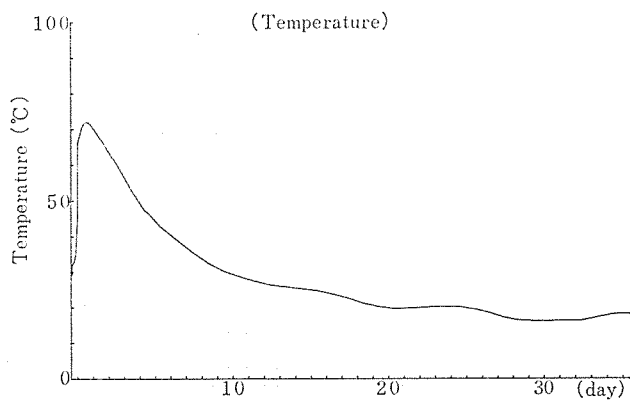


図-16 コンクリートの温度変化

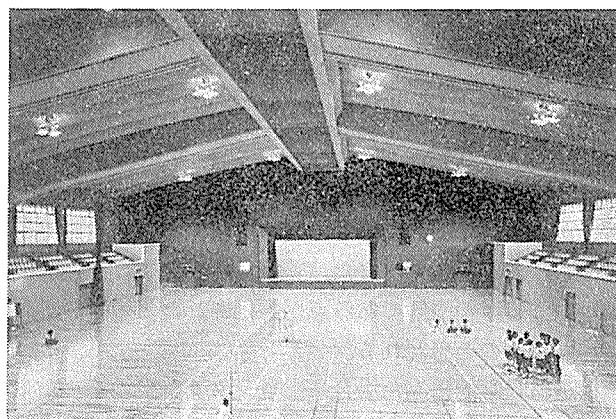


写真-7 完成後の室内

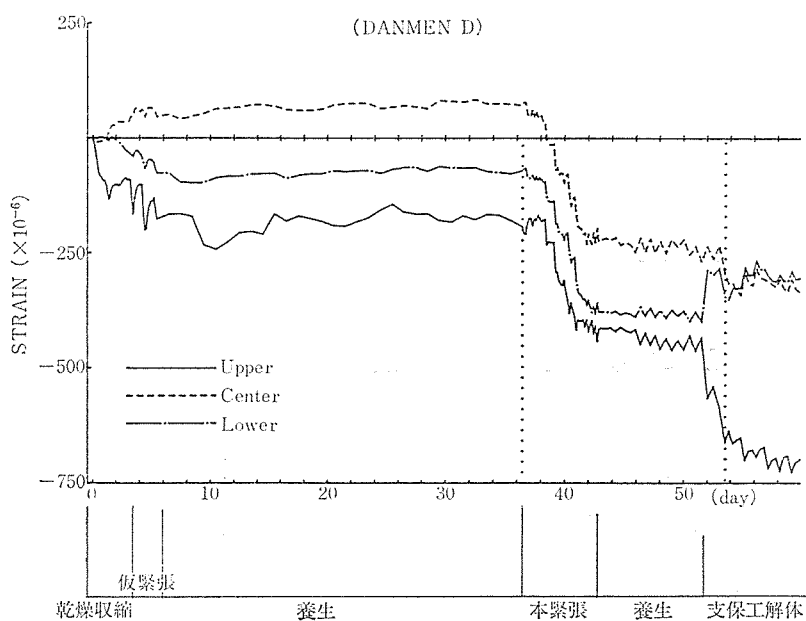


図-17 ひずみ測定結果

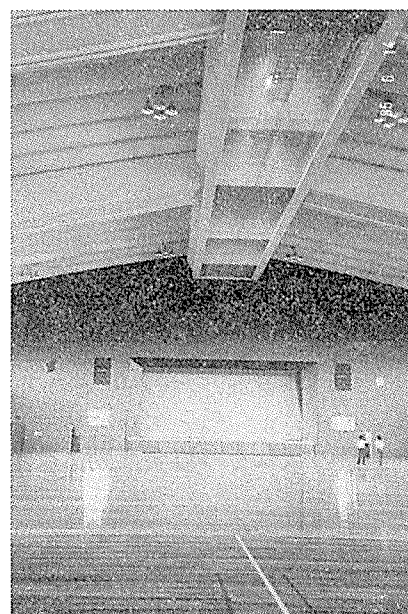


写真-8 完成後の室内



写真—9 外 観

9. ま と め

この設計は、コンペの段階での 67.5 m スパンの可能性打診に始まり、過去 48 m スパンのボーリング場の実績、あるいは 17 m 張出し大梁の実績等から考慮して可能性ありと判断した。また、美観的要素および構造的要素からして単純明解である点が評価され、このコンペに当選したものと思われる。

構造材料学的にみた場合に、コンクリートのもつ重量（比重）と強さ、弾性係数など比較した場合に、はたして適当か否かの疑問を感じながら、最大限の心くばりをしながら設計に入った。

設計を終えて、発注されて、工事が完了した現在では、改めて PC 造の力学的なすばらしさに驚くとともに、このフレームが、ギリシャ、ローマの遺跡のごとく、数百年後も残ることを夢見ております。

また、この工事の施工に当たり、町当局者、設計事務所、共同企業体の技術陣の取組み方は、大変なものでした。ここに PC 建築構造が、一歩前進し得たことを非常に喜び厚くお礼申し上げる次第です。

そして、投稿に当たって準備が不十分であること、読者の皆様に失礼をお詫びいたします。

【昭和 60 年 11 月 27 日受付】

会 員 増 加 に つ い て の 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 2800 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。