

宮崎中央卸売市場青果水産棟新築工事 構造設計と施工について

風 間 荘 一 郎*
中 野 正 義*

1. はじめに

宮崎市では人口増加に伴い、供給と価格の安定を図るため、散在している青果水産物市場を卸売市場法に基づき整備統合することになり、新別府町に 166 000 m² の敷地が確保されて中央卸売市場が計画された。

2. 設計条件

本市場では、生鮮食品を扱うこと、海岸に近いという環境立地条件より、構造材は衛生的で、耐久性に優れていることが要求された。また、大型市場としての機能を発揮するために、搬入出車両の増加と大型化、スピード化が求められ、したがって、周辺道路、場内パーキングの整備は勿論、場内を自由に出入できる広い空間が要求された。

構造設計にあたって、立地条件、平面計画、施工性、工期、経済性、および将来の維持管理を含めて総合的に判断して最も適した構造材を選ぶことから始められた。

本建物の規模、平面は用途、機能性等の条件を考慮して、図-1 のように想定された。

3. 構造計画

主要部分となる 18m×18m のグリッド部の構造材の選定は、屋根ふき材を鉄板、スレート、ALC 板、PC 板などのうち、いずれを選ぶかで条件が全く変わってくる。今回とくに、海岸に近いこと、台風の被害が多いという立地条件と、将来の維持管理のことを考慮すると、ALC 板、または、PC 板が好ましいとの要望が強かった。

上記の条件のもと、各種構造について、小梁、大梁（張間、桁行方向）を設計し、屋根材を含めた経済比較を行ったら、ALC 板使用の場合が、S 造、PC 造の場合ともに低い結果となった。全体予算との関係もあって、ALC 板を使用することとなった。

小梁、大梁部材については、S 造、PC 造の間に大差ない結果となったので、構造面での適合性、耐久性、維持管理面のメリット、および意匠的表現の豊かさなどを

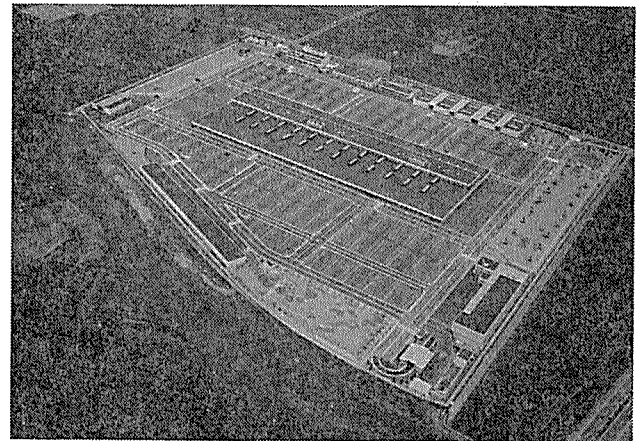


写真-1 完成写真

併せ考えた結果、主要構造にはプレストレストコンクリート構造が最適であると判断した。ただし、PC 造とした場合に、いくつかの解決すべき問題点があった。

i) 平面的な規模からの問題

コンクリート材料における硬化乾燥収縮、クリープ、温度変化への対策。

ii) 耐震性の問題

屋根材料を ALC 板としたために、水平剛性の不足への対策。

i) に対しては、小梁、大梁等の PC 部材をプレキャストとして製作し、材令を経て組立て式にて架構を作ることである程度の改善ができる。温度変化によるものは避け難い。上記について検討の結果、1 ブロックを 4 スパン程度とし、3 ブロックに分けることとした。

ii) の水平剛性確保のために、屋根面に SRC 造のブレースを設ける必要があると考えた。

4. 建物概要

施 主：宮崎市役所

建設場所：宮崎市新別府町

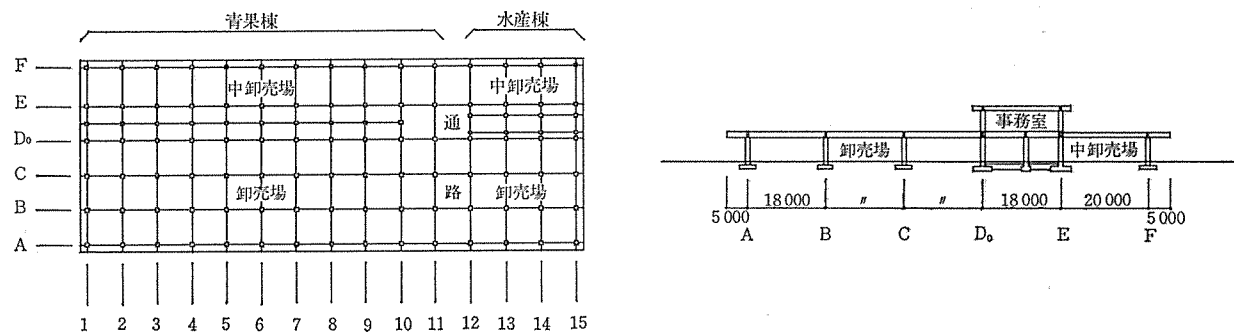
建物用途：青果水産の卸売、中卸売、業者事務室等

敷地面積：166 000 m²

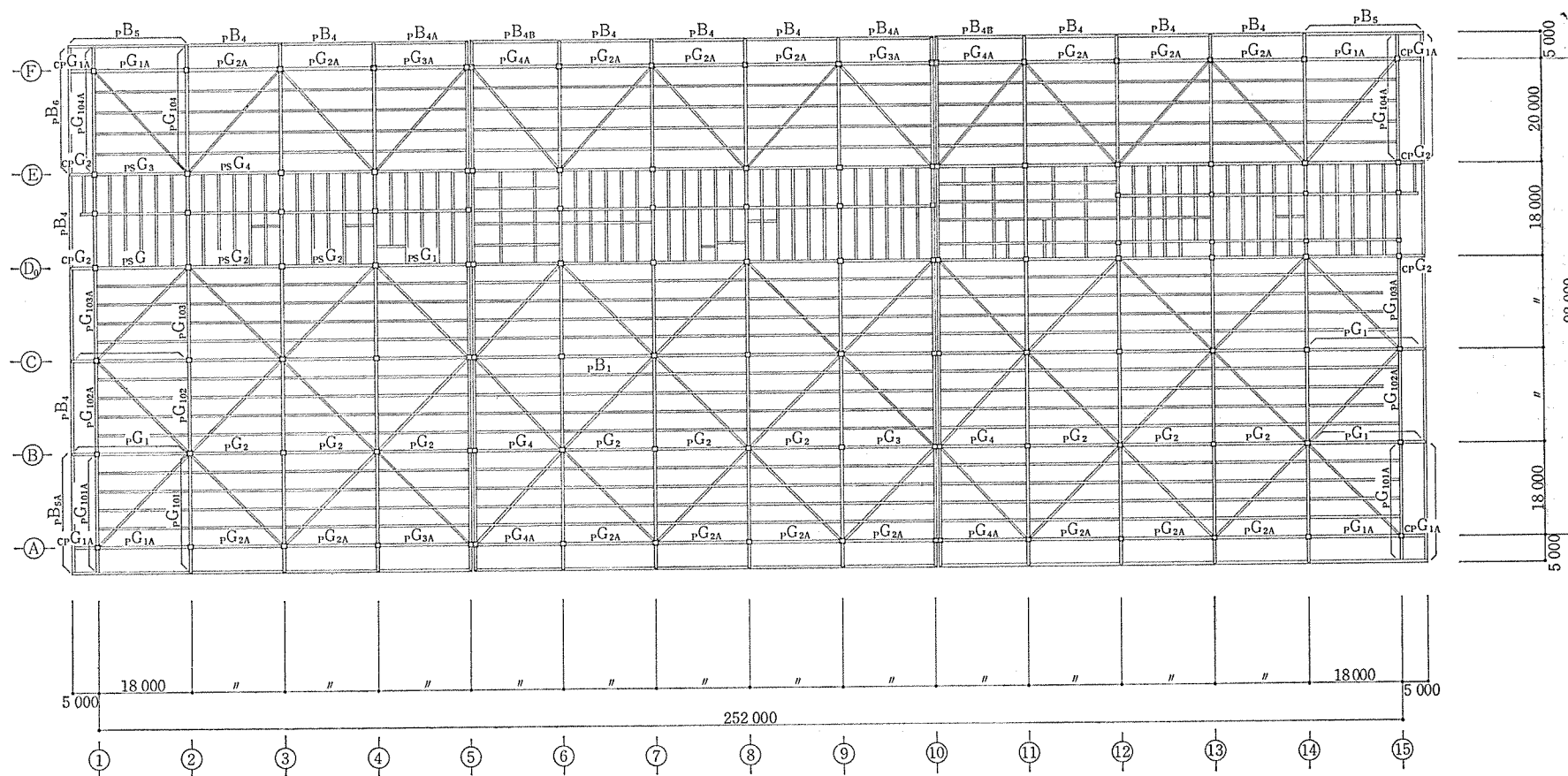
建築面積：26 000 m²

延床面積：27 720 m²

* (株) 山下設計



図—1 計画平面図, 断面図



図—2 2 階 梁 伏 図

主要構造：プレストレストコンクリート構造

屋根仕上げ：アスファルト防水，砂付ルーフィング

設 計：株式会社山下設計

施 工：元 請 (株) 熊谷組

P C 部 オリエンタルコンクリート (株)

ピー・エス・コンクリート (株)

工 期：昭和 50 年 11 月～51 年 3 月

5. 構造概要

本建物の平屋建部分および 2 階建部屋根は，屋根ふき材，仕上げ，積載荷重が全鉛直荷重に比較して小さいので，柱梁接合部の応力が小さく，かつ建物の重量が軽いので地震時応力も小さい。したがって大スパン構造，組立て構造への適合性は高い。

平屋部の構造は，18 m グリッドに RC 造独立柱を設け，XY 方向に PC 大梁を架設し，張間方向 PC 大梁に，単純支持の状態で PC 小梁を架設する。その後，柱梁接合部にコンクリートを打設したのち，PC 鋼棒にて剛結することにより RC 造と PC 部材の組立て併用ラーメン構造とする。張出し部屋根材は剛性を高める目的から PC 板とした。2 階梁伏図を 図-2 に示す。

2 階建部の 2 階床梁部の大スパン架構は，直上階の機械室，便所，浴室など荷重の多いものが配置されていて，平屋建部と同形式の組立て式 PC 造ではラーメン架構後の柱梁接合部における応力が大きくなり，平屋建部への影響も大きく構造的に適合し難い。したがって，店舗，階段などの RC 壁と間柱を主体構造に組入れ，平屋建部に適合できる鉛直応力が得られるように計画した。また地震時についても，RC 耐震壁を平面的にバランス良く配置し，かつ剛性を高めるために地中梁を設けて PC 構造に適合できる地震応力，変形が得られるように計画した。なお，ブロック相互は十分なクリヤーと，機能を持つようにした。

基礎地業は上部重量を十分支持できて，沈下の懸念のない，地表面下約 11.0 m の第三紀層の砂岩，頁岩を支持層として，高強度 PC 杭を打込み RC 造の独立基礎とした。

6. 設計方針

荷重条件：

屋根仕上げ アスファルト砂付ルーフィング
10 kg/m²

積 載 荷 重 $S=60 \text{ kg/m}^2$, $R=30 \text{ kg/m}^2$,
 $E=20 \text{ kg/m}^2$

使用材料：

コンクリート

基礎，地中梁 $F_{28}=210 \text{ kg/m}^2$

RC 造柱，耐震壁 = 300 "

一体式 PC 造部分 = 350 "

PC 小梁，大梁，板 = 400 "

組立て式柱梁接合部 = 400 "

SRC 造ブレース = 450 "

鉄 筋

SD-300 D16 以下，SD-35 D19 以上

PC 鋼材

9-9.3φ ストランド；PC 部材，一体式 PC 造

26φ PC 鋼棒 ； 梁柱剛接部

23φ 異形 PC 鋼棒；鼻梁圧着剛接用

PC 部材の導入力は，導入直後 $P=50 \text{ t/ケーブル}$ ，有効導入力 $\eta P=42 \text{ t/ケーブル}$ ，したがって，端部での初期導入力は摩擦損失を考慮して計算により決める。

施工上の条件および順序は 図-3 のとおりとする。

a) PC 小梁の設計

原則として単純支持として設計した。ただし，支点での取合の関係で支点上端に鉄筋補強がなされている。

b) PC 鼻梁の設計

鼻梁はブラケットを PC 大梁にのせた後，異形 PC 鋼棒で剪断力の 2 倍程度の力で圧着接合する。

c) PC 大梁の設計

図-3 の施工順序を考慮して設計する。

P_{G103} , P_{G104} 系列の大梁は，2 階床部，屋根部の施工の関係で，一端剛接，他端ローラー状態で小梁を架設することになる。

また，外周 PC 大梁は外端を張出した状態で小梁を架設する。しかし，鼻梁の架設は，張出し大梁への影響が大きいこと，安全性を重視して，梁柱剛接後に行う。

柱頭隅角部は柱，PC 大梁からの鉄筋のアンカーと，PC 大梁相互を PC 鋼棒にて二方向とも締付剛結する。

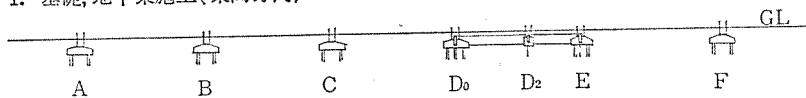
d) 現場打ち一体式 PC 構造部

スラブの有効幅は，曲げ剛性用として RC 規準により，軸力用としては緊張端では応力集中を考慮して長方形断面，中央，内端では軸力が十分に拡散しているので T 形断面と考えた。

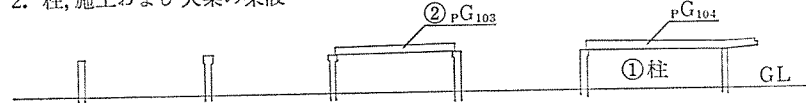
柱，梁，床が一体となったラーメン架構には，PC 梁にプレストレスを導入すると節点回転と軸長変化による不静定 2 次応力が生じる。計算には両応力とも考慮した。

e) 構造設計には，鉛直応力，地震応力のほか，クリープ応力，温度応力を考慮した。

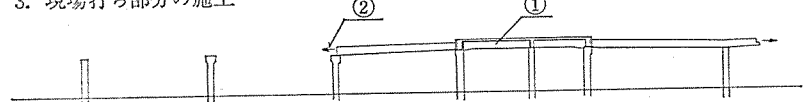
1. 基礎, 地中梁施工(梁間方向)



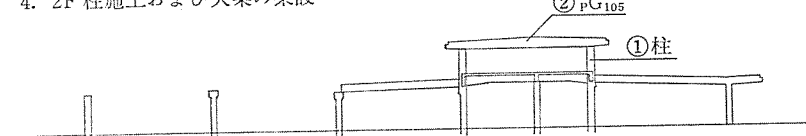
2. 柱, 施工および大梁の架設



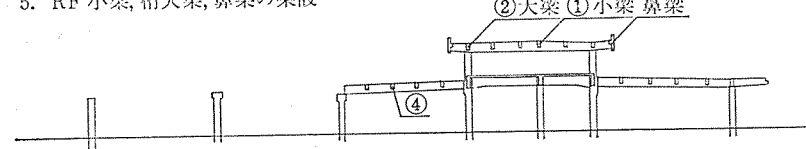
3. 現場打ち部分の施工



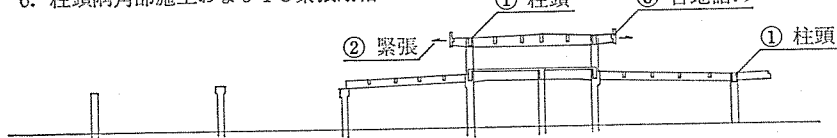
4. 2F 柱施工および大梁の架設



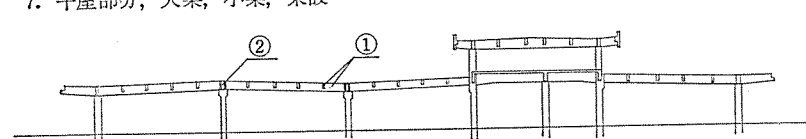
5. RF 小梁, 桁大梁, 鼻梁の架設



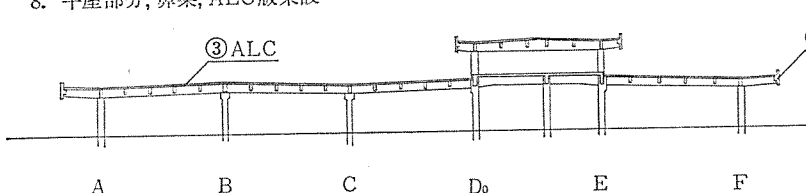
6. 柱頭隅角部施工およびPC緊張剛結



7. 平屋部分, 大梁, 小梁, 架設



8. 平屋部分, 鼻梁, ALC版架設



- ① 基礎・地中梁の施工
- ② PC 部材の製作

- ① 現場打ち柱の施工
- ② G_{103} , G_{104} 系の張間大梁の架設
 - i) 上記大梁は, 2ケーブル緊張グラウト完了のもの。
 - ii) F 通り縦 PC 鋼棒の仮締め

- ① D_0 ~E 間現場打ち部分の施工
 - i) 鉄筋型枠(PSは片側)組立て
 - ii) PC ケーブル配置
 - iii) コンクリート打設
- ② 同上, PC ケーブルの緊張グラウト

- ① 2F 現場打ち柱の施工
縦 PC 鋼棒の埋込み
- ② PG_{105} 系の張間大梁の架設
PC 鋼棒の仮締め

- ① PC 小梁の架設
- ② 桁行大梁の架設
- ③ 鼻梁の架設(1.15 通り鼻梁は除く)
- ④ PC 小梁の架設(C~ D_0 , E~F 間)

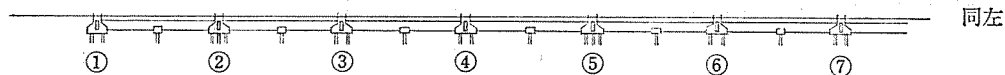
- ① 柱頭隅角部のコンクリート打設
 - i) 鉄筋, PC 鋼棒の配筋
 - ii) 型枠施工, コンクリート打設
- ② PC 鋼棒の緊張, グラウト
- ③ 鼻梁の目地詰め, 締付け

- ① PC 小梁, 大梁の架設(単純支持)
- ② 柱頭隅角部のコンクリート打設
- ③ PC 鋼棒の緊張, グラウト

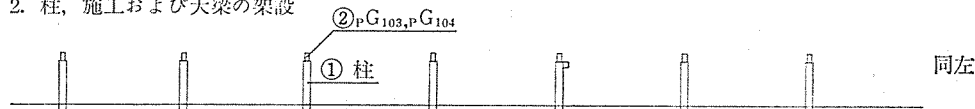
- ① R_{1F} 鼻梁の架設(1.15 通り鼻梁含む)
- ② 同上, 目地詰め, 締付け
- ③ ALC 版, PS, PC 版敷設

図—3 施

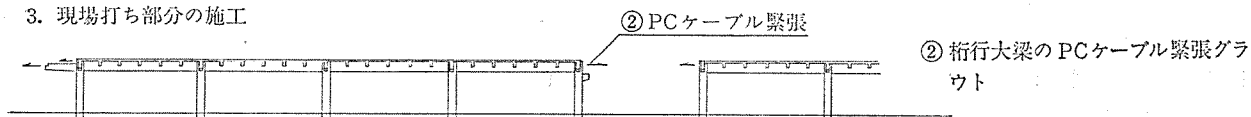
1. 基礎、地中梁施工(桁間方向)



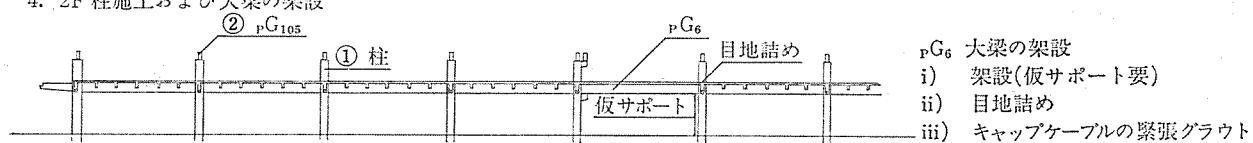
2. 柱、施工および大梁の架設



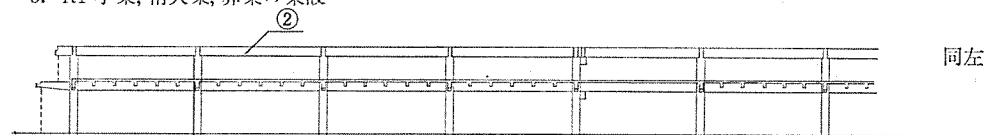
3. 現場打ち部分の施工



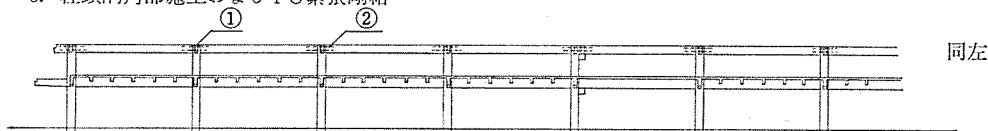
4. 2F 柱施工および大梁の架設



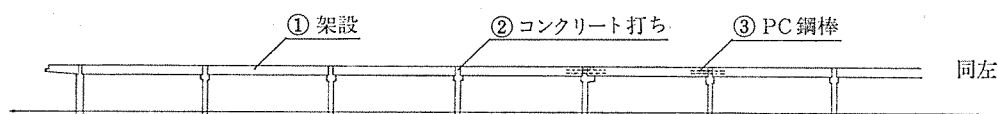
5. RF小梁, 桁大梁, 鼻梁の架設



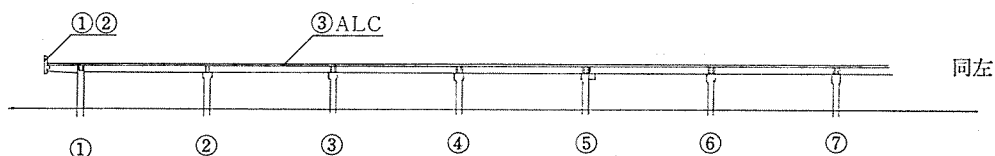
6. 柱頭隅角部施工および PC 緊張剛結



7. 平家部分, 大梁, 小梁架設



8. 平家部分, 鼻梁, ALC 版架設



工 順 序

7. 応力解析

ここでは、主に組立て式 PC 造部分について述べる。

(1) 鉛直応力

a) 張間方向

施工順序に従い、下記に分けて応力算出を行う。

- i) 各柱の上に PC 大梁を架設した時
- ii) PC 小梁を架設した時
- iii) ラーメン完成後、ブレース、ALC、仕上げ、積載荷重を載荷した時

上記各応力は 図-4 のとおりである。

b) 桁行方向

張間方向と同様に、各応力は 図-5 に示すとおり。

(2) 地震時応力

壁および柱の剪断力負担割合は、壁と等価なブレースに置換し、ブレース付きラーメン架構の解析により決定する。

部材設計は、剛心法により、電子計算機で算出したものによるが、動的解析を行い、安全性を検討した。なお、基礎の回転は、杭の鉛直方向のバネ定数を求めて考慮した。以下動的解析結果について述べる。

〔地震時応答解析結果〕

地震時の安全性を、図-6 に示した B, C ゾーンについて検討した。応答解析は当社所有の電子計算機 FAC OM-230-25 機を使用した。

地震波は TOKYO 101 を採用し、入力加速度は河角博士の 75 年間期待値からは、100~150 gal であるが、200 gal を入力した。解析に用いた諸元は 表-1 のとおりである。

本建物の各ブロックごとの TOKYO 101-200 gal 応答の結果は 図-7, 8 に示すとおりで、震度 (0.16) 法

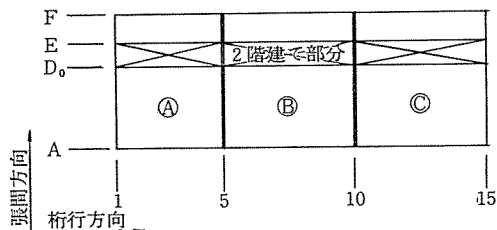


図-6 ゾーン

表-1 諸元

	B張間方向	B桁行方向	C張間方向	C桁行方向
2 F 質量	0.993		0.993	
1 F 質量	4.643		4.643	
2 F 剛性	401.0 (t/cm)	529.4	489.5	529.4
1 F 剛性	941.8 (t/cm)	1375.9	1207.3	1246.9
1 次 周 期	0.51(sec)	0.43	0.47	0.46

減衰係数は $h_1=0.05$ とした

表-2 諸元

	2 階 建 部 分	平 屋 部 分
2 F 剛 性	529.4	
1 F 剛 性	1160.0	162
2 F 質 量	0.993	
1 F 質 量	2.815	1.376
1 次 剛 性	0.39	0.58

により求めた値より、2階で 3.4 倍、1階で 2.8 倍の層剪断力が生じる。また、層間変位は2階で 0.8~1.3 cm、1階で 1.2~2.1 cm となり、部材角で2階 1/570~1/330、1階 1/640~1/350 となる。

以上、低層建物は一般にこの程度の結果を示すことになる。

(3) クリープ乾燥収縮応力

クリープ変形は、ラーメン架構にクリープ応力を起さ

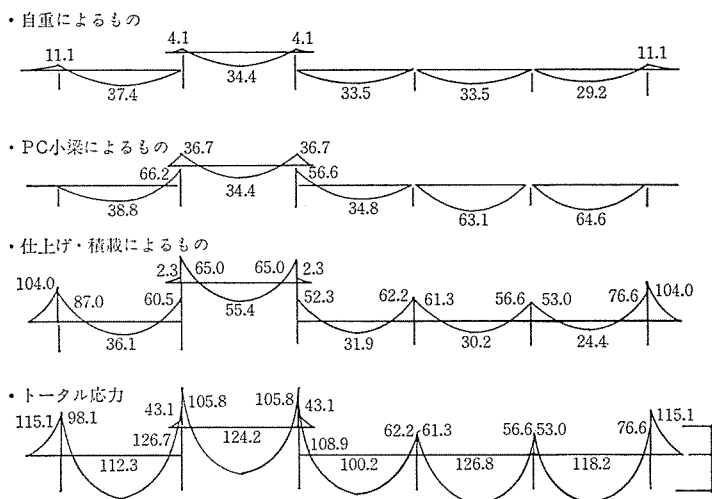


図-4 張間方向応力図

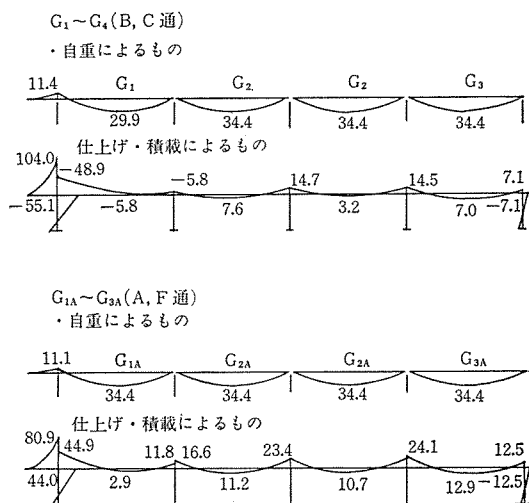


図-5 桁行方向応力図

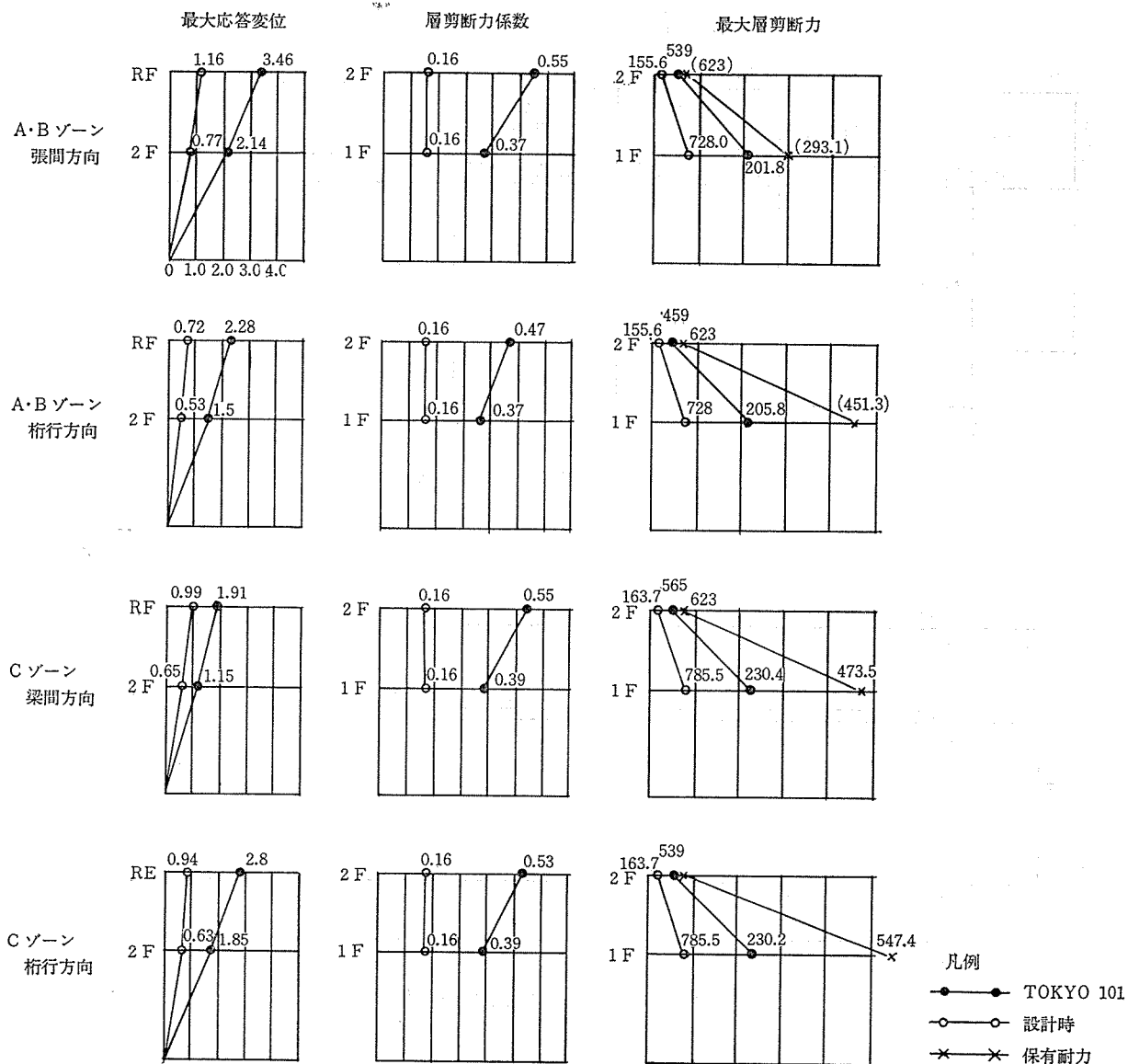


図-7 200 gal 応 答 結 果

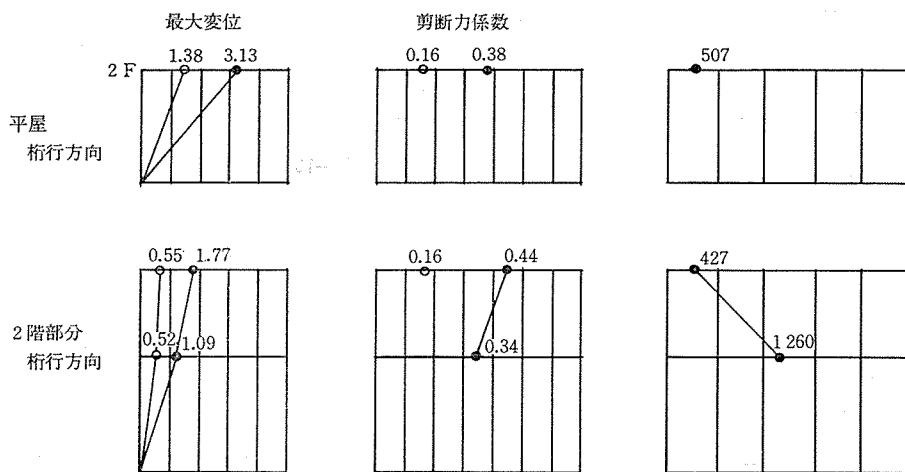


図-8 平屋建てと2階建ての応答結果

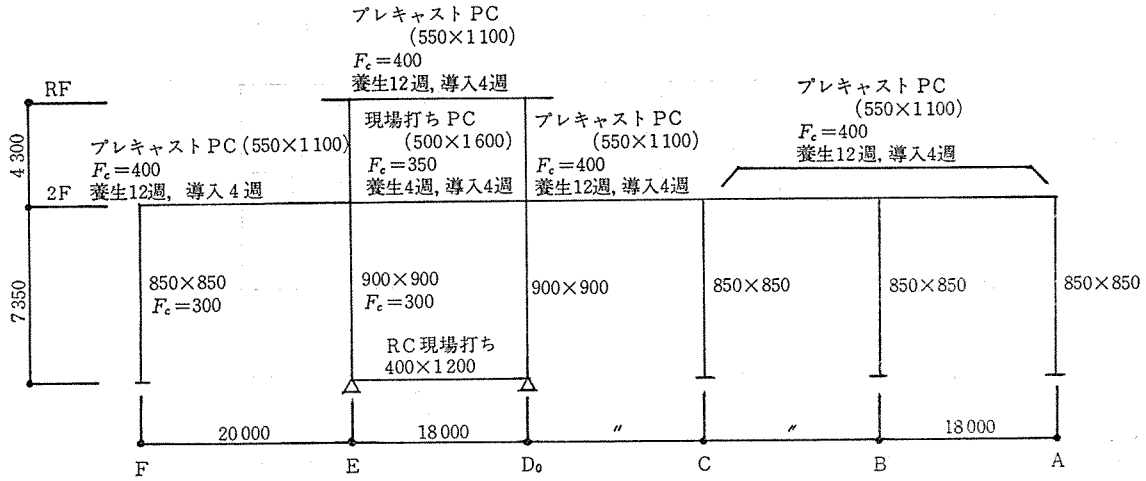


図-9 11 ラーメン 架構形状

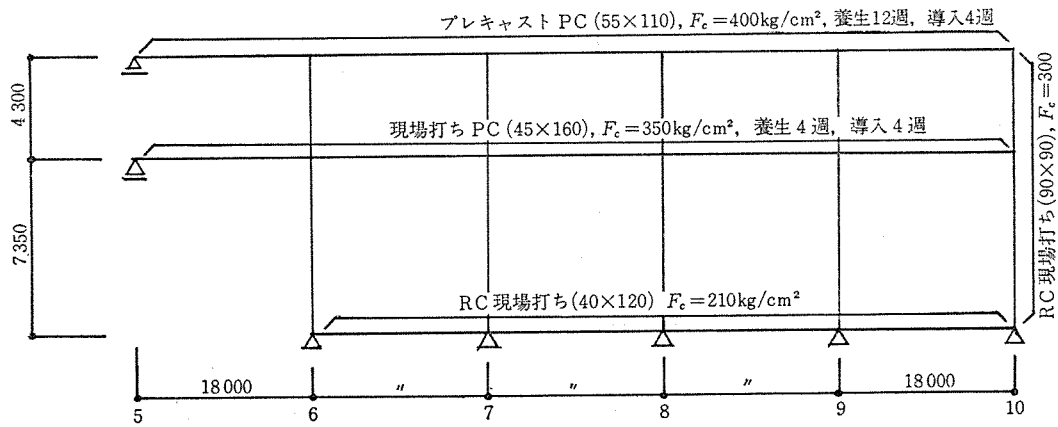


図-10 D₀ ラーメン 架構形状

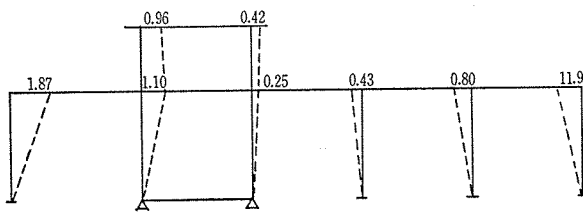


図-11 変形量 (cm)

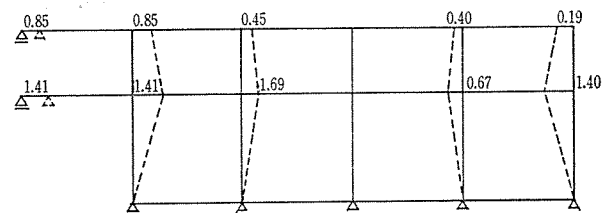


図-13 変形量 (cm)

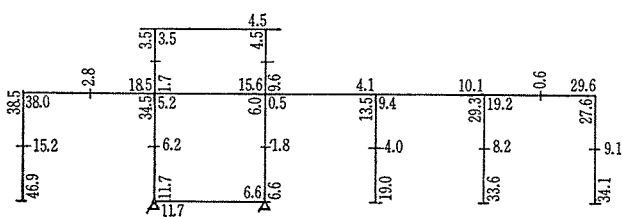


図-12 応力図 (t·m)

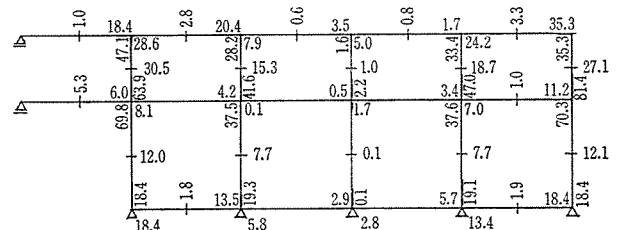


図-14 応力図 (t·m)

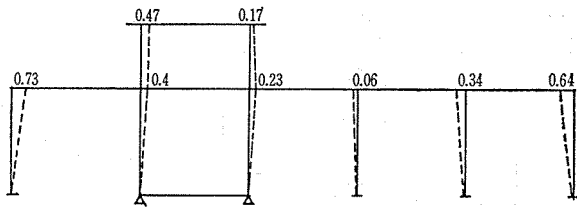


図-15 変形量 (cm)

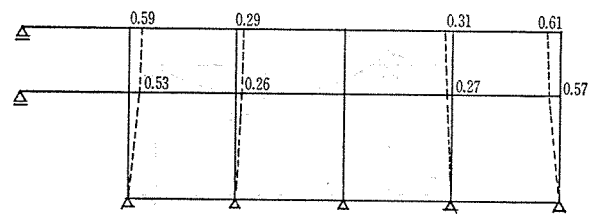


図-17 変形量 (cm)

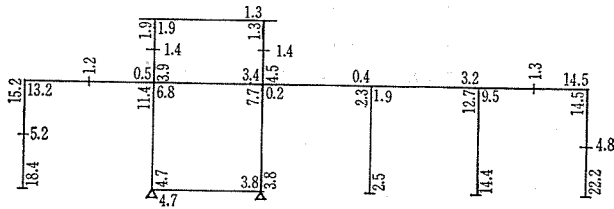


図-16 応力図 (t·m)

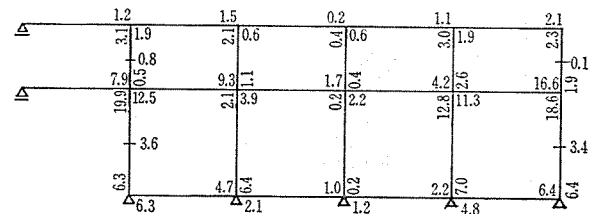


図-18 応力図 (t·m)

せる。クリープ変形としては PC 部材の材軸方向の縮みを考える。また、各部材がクリープ作用の進行に伴い、クリープ変形の約 1/2 だけ弾性変形が起るものと考えて、応力緩和率という考え方を取り入れて、弾性ラーメン架構として応力解析を行う。

ここでは、張間方向の代表として 11 通りを、桁行方向を代表して、4 スパン連続して大きなプレストレスを導入している D₀ 通り 6~10 通り間を選んで、クリープ乾燥収縮による応力変形を算定した。算定にあたっては、コンクリート強度、部材の養生期間、プレストレス導入時期等は 図-9, 10 のように仮定し、自由クリープ変形量は下式で算定した。

$$\delta = \left(\frac{P}{E_c A_c} + \frac{S_n}{\phi_n} \right) \times (\phi_n - \phi_t) \times \frac{E_c A_c}{E_c A_c + E_s A_s} \times l$$

以下、変形量、応力図を 図-11, 12, 13, 14 に示す。

(4) 温度応力

温度応力の算定にあたり温度差を月平均気温から設定するか、日最高、日最低気温から設定するか説が定まっていない。

ラーメン構造時期は、工程から考えて 3~4 月と想定すると、理科年表の月変化、日変化より、温度差 Δt として 15°C を採用してほぼ間違いないと思われる。

以下、変形と応力を 図-15, 16, 17, 18 に示す。

8. 部材の設計

(1) 小梁の設計

設計用応力

自重 $M_d = 11.92 \text{ t}\cdot\text{m}$ $Q_d = 3.04 \text{ t}$

ブレース, ALC, 仕上げ, 積載

$M_l = 17.55 \text{ t}\cdot\text{m}$, $Q_l = 4.15 \text{ t}\cdot\text{m}$

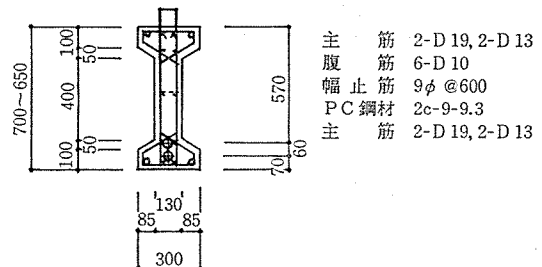


図-19 pB₁ 中央断面

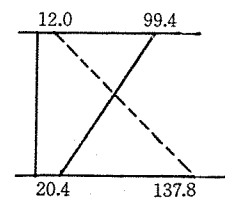


図-20 断面応力度

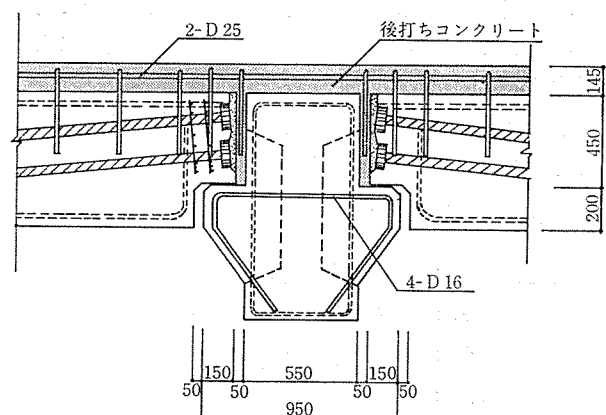


図-21 支点部詳細図

断面形状および断面応力度、大梁との取合は 図-19, 20, 21 に示す。

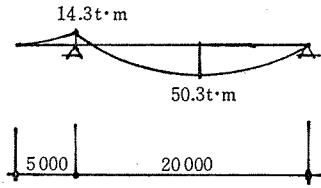


図-22 pB₆ 応力図

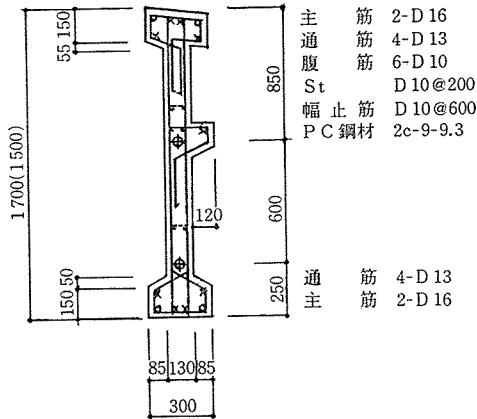


図-23 pB₄~pB₉ 鼻梁断面

(2) 鼻梁の設計

設計用応力

自重 $M_d = 33.7 \text{ t} \cdot \text{m}$, $Q_d = 6.8 \text{ t}$

PC 板, 仕上げ, 積載, $M_l = 23.7 \text{ t} \cdot \text{m}$, $Q_l = 4.37 \text{ t}$

応力図, 断面形状は 図-22, 23 に示すとおりである。

座屈 (細長比) の検討

部材の最大長さは 25 m, 梁成は 1.7 m, 梁幅はフランジ部で 30 cm の I 断面形状である。幅に対する長さの比は, 実に 83 倍である。しかも, 構造材であると同時にパラペットを兼ねた意匠材でもある。

一般に桁の架設時の安全性の検討は, 仮支持, 横方向傾斜, 横座屈, 吊上げ時の縦方向の傾斜等について行われる。ここでは, 横座屈について道路橋施工便覧により検討する。

一般に横座屈を起す限界等分布荷重 W_{cr} は次式によって近似的に求めることができる。

$$W_{cr} = \frac{m \cdot \sqrt{B \cdot C}}{l^3}$$

ここに, m : 桁の支承条件によって求まる定数

B : 横方向曲げ剛度 $E_c \cdot I_h$

C : ねじり剛度 $G \cdot J$ ($G = 0.43 E_c$)

l : 支持スパン

一般の架設条件では, 桁端部を単純支持し, 端部が桁の転倒に対して安全に支持されている場合, m の近似値として, 28.3 を用いる。 $J = \sum \rho a b^3$

主桁の単位長当りの重量を W_{d0} とすれば, 横座屈に

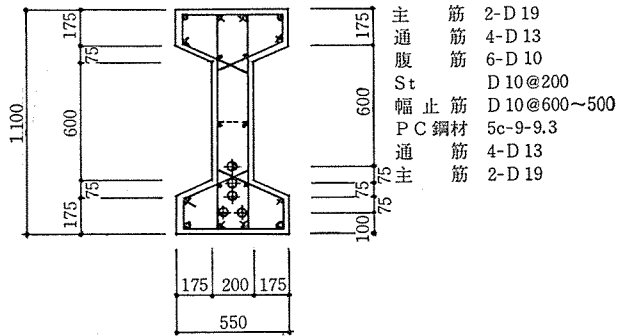


図-24 pG₁₀₁~pG₁₀₄ 中央断面

対する安全率は次のようになる。

$$F = \frac{W_{cr}}{W_{d0}} \geq 4.0$$

上式により計算した結果は $F = 6.4$ となった。

(3) 張間方向

設計断面形状は 図-24, PC 鋼材の配線は折込付図, 柱頭での柱筋, 梁筋の納りは 図-25 のとおりである。

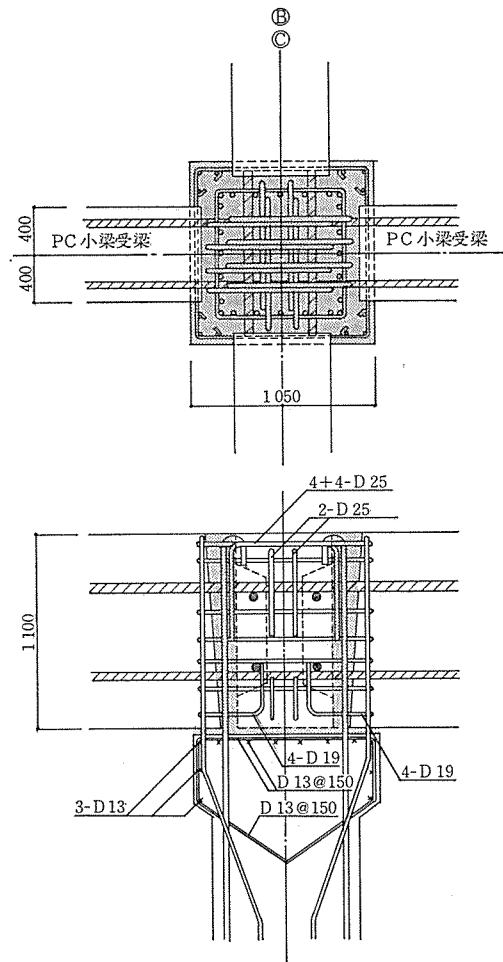


図-25 柱頭隅角部納り

(4) 桁行方向

設計断面形状は 図-26 のとおりである。

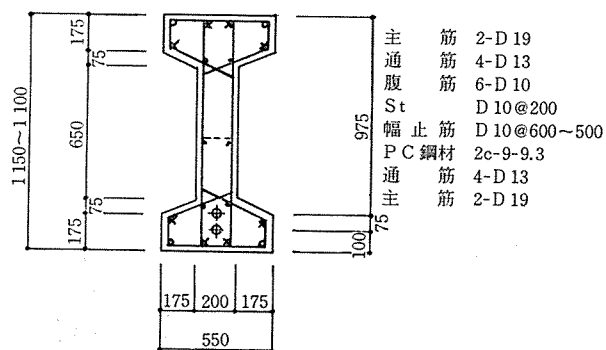


図-26 PG₁~PG₃ 中央断面

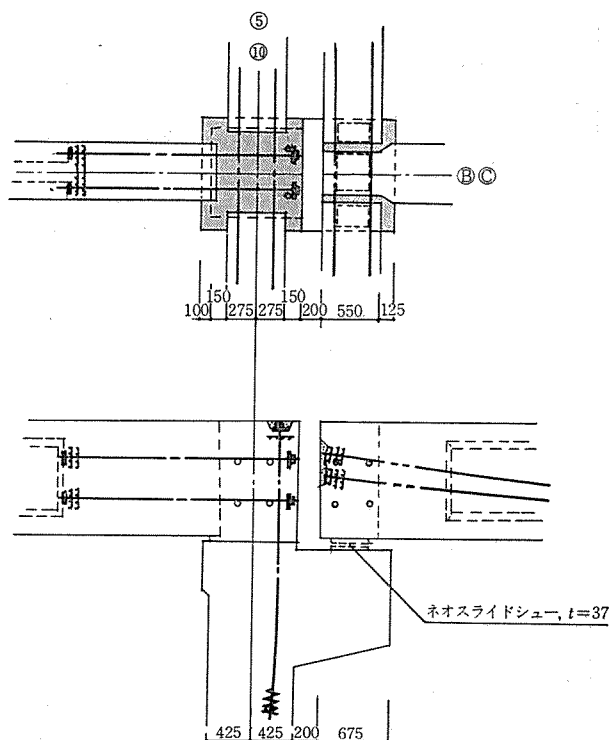


図-27 ExJ 部取合図

なお、ExJ 部の取合は 図-27 のとおりである。

9. 施 工

製品の記号、本数は下記のとおりである。

PC 小梁 PCB₁~PCB₃ N=294 本

PC 鼻梁 PCB₄~PCB₆ N=68 本

PC 張間大梁 PCG₁₀₁~PCG₁₀₅ N=85 本

PC 桁行大梁 PCG₁~PCG₈ N=102 本

計 549 本の梁材を現地製作し、施工順序に従って、現場施工部分との順序も考慮して、架設組立てを行い図-28 工程表のとおり、非常に短い工期内で施工を完了させることができた。しかも、その間の現場での作業は、その規模が大きいかにかかわらず、整然とスムーズに進めることができた。

以下、施工中の写真を示す(次ページ)。

10. ま と め

この組立て式 PC 構造の特長は、

i) 屋根材に ALC 板を用いたため、各種部材応力が小さく、ラーメン架構の柱梁接合部の処理が簡単で安全性の高い構造が得られた。

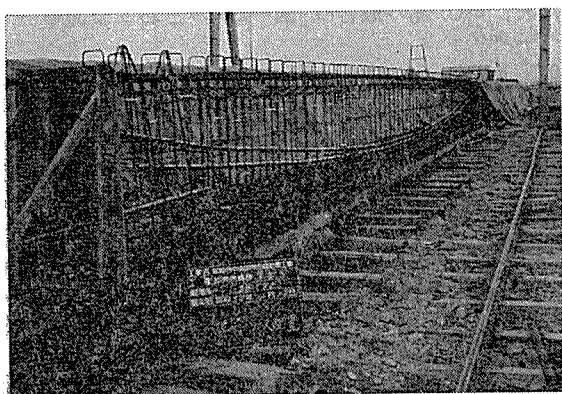
ii) 屋根面には、2階建部分とのバランスも考慮して、水平剛性を高めるために SRC 造のブレースを設けた。

iii) 建物が大規模なコンクリート造であるため、組立て式 PC 造としたが、なお乾燥収縮、クリープおよび温度応力等の材長変化に伴う建物の変形に対して ExJ を 2 箇所設けてある。

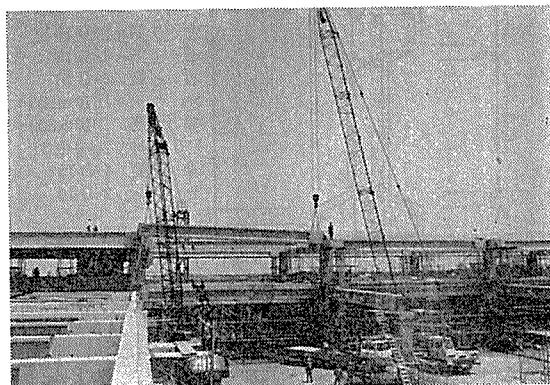
iv) プレキャスト部材としたことで、良質で均一な高強度コンクリートが使用できて、部材の断面が小さく、力学的性能の高いものが得られた。併せて、均一なコンクリート肌の仕上面が得られた。

項 目	'75.10月	11月	12月	'76.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
仮設工事	■	■	■										
杭・基礎	■	■	■										
1Fコンクリート		■	■	■									
PC梁			■	■	■	■	■						
PC版			■	■	■	■	■						
PS版			■	■	■	■	■						
PCブレース			■	■	■	■	■						
ALC版			■	■	■	■	■						
鉄骨工事	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2階工事			■	■	■	■	■						
仕 上 げ							■	■	■	■	■	■	■

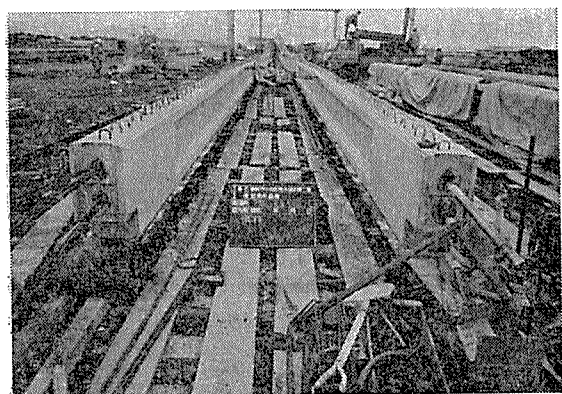
図-28 工 程 表



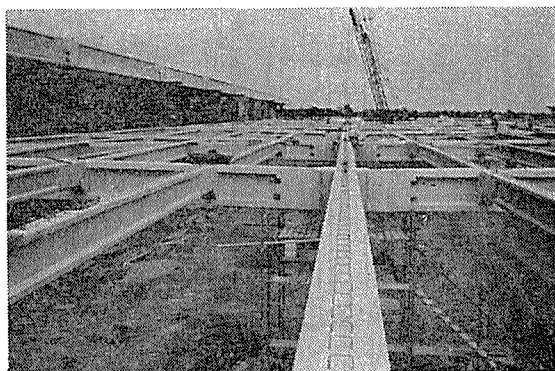
写真一2 PC 大梁製作中



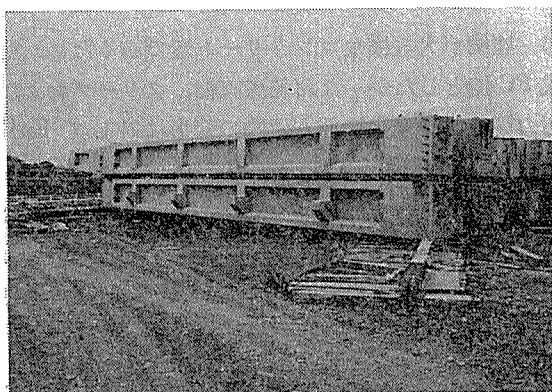
写真一6 R 階桁梁架設中



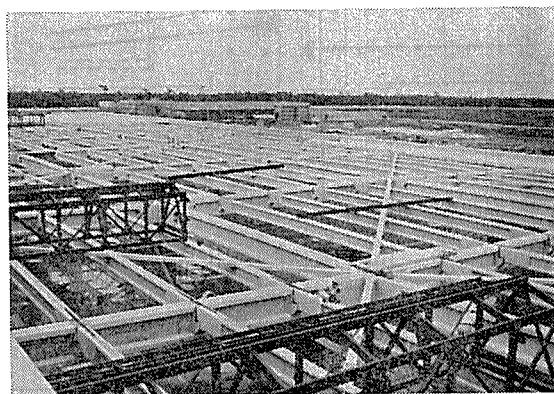
写真一3 PC 小梁脱型



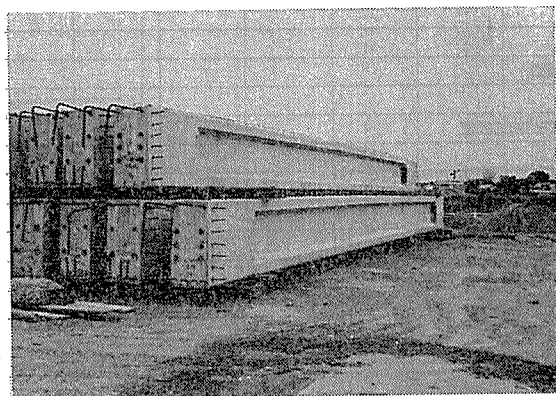
写真一7 架設中（ブレース取付け中）



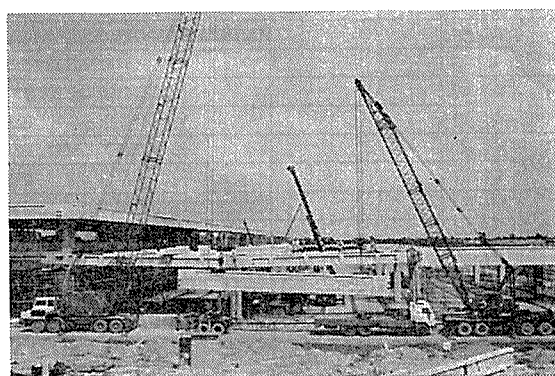
写真一4 PC 張間大梁ストック中



写真一8 架設中（天窓鉄骨組立て中）



写真一5 PC 桁行大梁ストック中



写真一9 架設中（PC 鼻梁架設中）

v) 施工面では、型枠や架設用ステージあるいはサポートが不要で、現場建方の工期が短縮できた。したがって、仮設費や現場労務が少ないなどの経済的利点がある。

vi) S造の場合に比べて、今後維持管理費が大幅に節約できるであろう。

以上、この構造設計は大規模に PC 部材を取り入れたものとなったが、上記のような特長をもった構造といえる。

11. あとがき

本計画は組立て式 PC 構造の構造的メリットがいかに発揮され、他の構法に比較しても経済性を有していることが明らかにされた。したがってこの構法の一層の発展を期待したい。

最後に計画から完成まで多大の御理解と御協力をいただきました宮崎市中央卸売市場建設室各位、ならびに、施工に当り御協力くださった熊谷組(株)、オリエンタルコンクリート(株)、ピー・エス・コンクリート(株)の各位に深く感謝申し上げます。

◀刊行物案内▶

PC 定着工法 (16 工法)

会誌 Vol. 19-No. 3 が品切れとなり、これに代わるべく、内容も一部改訂し、本書が発刊となりました。

現在、わが国で使用されている PC 定着工法 (16 工法) について、その概要、定着具、緊張方法、その他使用すべき鋼材およびシース、ジャッキ、工法の特長や注意事項等について、わかり易く説明してあります。

本書は学校・官庁始めコンサルタント、施工会社等の新入社員教材用としてご利用頂けるものと確信いたしております。

ご希望の方は代金を添えて、ハガキ (なるべく) または 電話で (社) プレストレストコンクリート技術協会へお申し込み下さい。

体 裁 : B 5 判 71 頁

定 価 : 1800 円 (会員特価 1500 円)

送料 200 円

送 金 : 振替口座番号 東京 7-62774 または 三井銀行銀座支店 (普通預金) 920-790

◀刊行物案内▶

プレストレスト コンクリート構造の高層建築設計例

本書は、プレストレストコンクリート構造の普及発展のため、1977 年 10 月より 11 月に至り、日本建築学会関東支部と当協会が共催して行った建築の PC 技術講習会に使用されたテキストであります。

内容は 15 階建のオフィスビルを想定し、構造体の設計に当ってはできるだけ実際に建てる場合に無理のない、経済的で、かつ工法的にも特に難しい点のないようなものを選んであります。

若干余分があります。ご希望者は料金を添え、下記へお申し込み下さい。

体 裁 : B 5 判 63 頁

頒布価格 : 1,000 円 送 料 : 200 円

申 込 先 : 社団法人 プレストレスト コンクリート技術協会