

沖縄県海水淡水化施設土木建築工事の設計・施工について

比嘉 淳二*1・田原 芳郎*2・木村 義男*3・小林 勉*4

1. はじめに

沖縄本島における水の需要は、本土復帰後、人口の増加、生活水準の向上および観光客の増などにより年々増加してきた。この需要の伸びは今後とも続くと予想される。

ところで、沖縄県の年間降雨量は全国平均を上回っているが、人口密度が高いため年間一人当たりの利用可能な水量は、全国平均の半分程度しかない。また、河川は流域面積が小さいうえに延長が短く急勾配であるため、降雨はまたたくまに海に流出してしまう状況である。このため、渇水期には、たびたび給水制限を余儀なくされてきた。

これに対処するため、国と県ではダム群の開発や西系列河川からの取水、地下水の新規開発などによって水源の確保に努めてきたが、それでも将来は水不足が見込まれている。このため、多角的な水源開発の一環として昭和52年より「沖縄本島海水淡水化計画調査」を推進し本建設工事着手に至った。海水淡水化方式は逆浸透法(RO法)、一段脱塩法を用い、完成後は1月40,000m³の水量が確保できる。

2. 建物概要

この施設は沖縄県北谷町に建設されるもので、A棟、B棟、C棟の3棟よりなり、A棟はRC造、B棟は組立式プレキャストプレストレストコンクリート造(以下、組立式PCa造)、C棟はRC造、PC造併用構造で、今回組立式PCa造が採用になったB棟について示す。

建築場所：沖縄県中頭郡北谷町

建築面積：3,901.10 m²

延床面積：5,370.52 m²

地下1階 819.15 m²

1階 3,828.12 m²

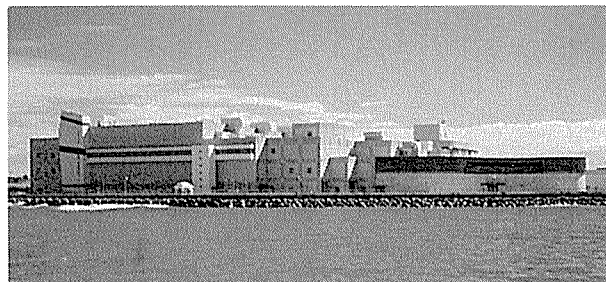


写真-1 施設全景

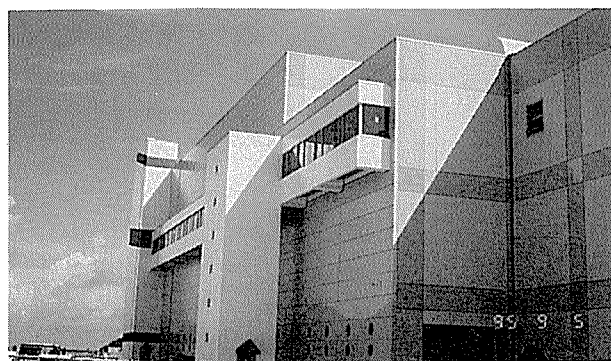


写真-2 B棟竣工

2階	213.97 m ²
3階	349.00 m ²
4階	160.28 m ²

構造形式：地下部分 鉄筋コンクリート造
地上部分 組立式プレキャストプレストレストコンクリート造

基礎形式：杭基礎

PC部施工：オリエンタル建設(株)

工期：平成6年10月～平成7年2月

3. 設計条件、工法の適合性、製作場所

図-1から図-3に示すように、2階、3階の一部に床はあるが、実質的には(H=20m)の階高の高い屋根だ

*1 Junji HIGA：沖縄県 企業局工務課

*2 Yoshiro TAHARA：(株)日水コン 建築事業部

*3 Yoshio KIMURA：オリエンタル建設(株) 建築支店プレキャスト部

*4 Tsutomu KOBAYASHI：オリエンタル建設(株) 建築支店プレキャスト部

◇工事報告◇

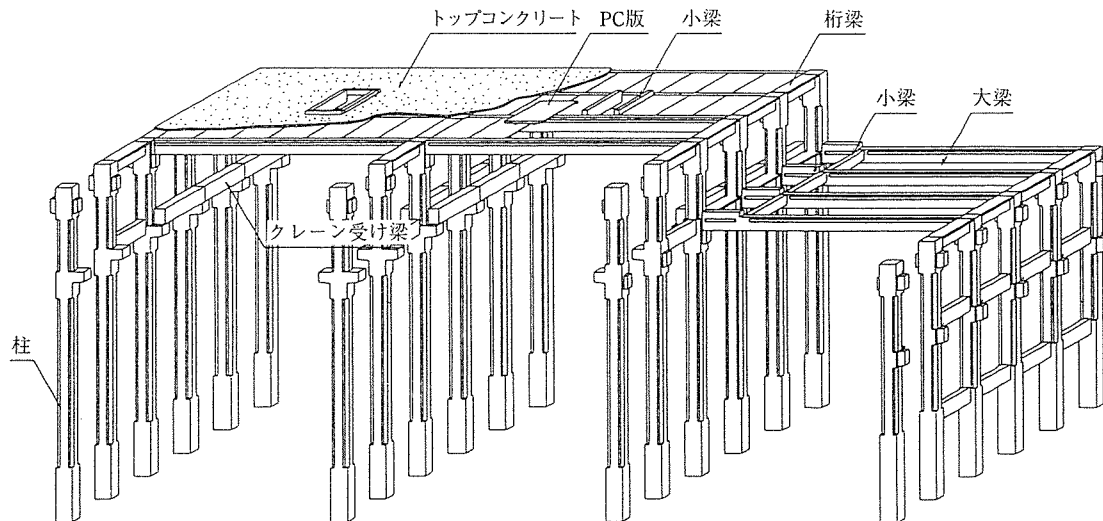


図-1 建物概要図

けの建物となっている。スパン方向については、建物内部に設置される設備機器により 16.2 m が要求された。

そこで次に列記する工法について構造体の品質、経済性、工期、施工性などが検討された。

- ① S 造
- ② RC 造
- ③ SRC 造
- ④ PC 造

- a: 現場打ち工法
- b: 組立式 PCa 造

施工上 RC 造, SRC 造, PC 造 (現場打ち工法) は多量の支保工が必要となり、必然的に不適となり、S 造と組立式 PCa 造の経済比較となった。直接工事費では S 造の方がやや経済的であったが、建設地が海岸沿いであ

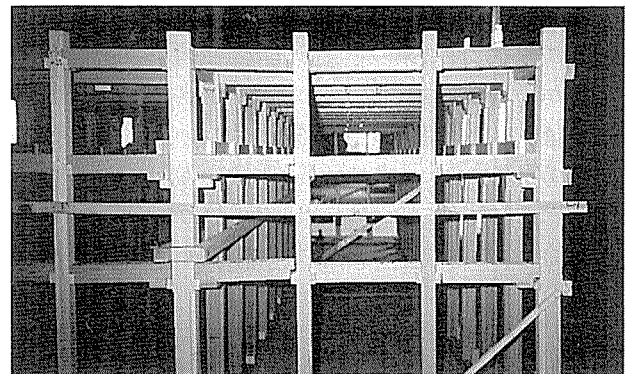


写真-3 模型

るため、特に耐塩害性が求められ、総合的に評価して組立式 PCa 造が適当との結論を得た。表-1 に検討結果を示す。

表-1 適合性比較表

構造種別 検討項目	S 造	RC 造	SRC 造	PC 造	
				現場打ち工法	プレキャスト工法
建物環境と構造特性	・軽く高耐力部材である ・常に潮風にさらされるところには不向き ・耐食、耐火処理が必要	・可能スパンを越えている	・他工法に比較し工期が長い ・支保工が多量に必要	・スパンに適合する ・支保工が多量に必要	・スパンに適合する ・製作管理された部材現地組立のため工期安定
構造体品質 コンクリート品質	—	普通 ($F_c=210 \text{ kg/cm}^2$)	普通 ($F_c=210 \text{ kg/cm}^2$)	高強度 ($F_c=300 \text{ kg/cm}^2$)	高強度 ($F_c=400 \text{ kg/cm}^2$) ($F_c=500 \text{ kg/cm}^2$)
曲げひび割れ性能	—	ひび割れ有り あまり良くない	ひび割れ発生の可能性高い	ひび割れ無し	ひび割れ無し
耐久性能	錆やすい	良い	良い	良い	良い
耐塩害性能	劣る	基本的に必要な無し	必要無し	必要無し	必要無し
維持管理	防錆処理が必要				
施工性					
現場作業量	少ない	多い	多い	多い	少ない
施工管理	容易	熟練工が不足している現状では、やや難しい	熟練工が不足している現状では、やや難しい	熟練工が不足している現状では、やや難しい	容易
工程管理	容易	難しい	難しい	難しい	容易
工期(躯体のみ)	約5ヶ月	約9ヶ月	約10ヶ月	約9ヶ月	約6ヶ月
経済性	○	×	×	△	○
総合評価	B	D	C	C	A

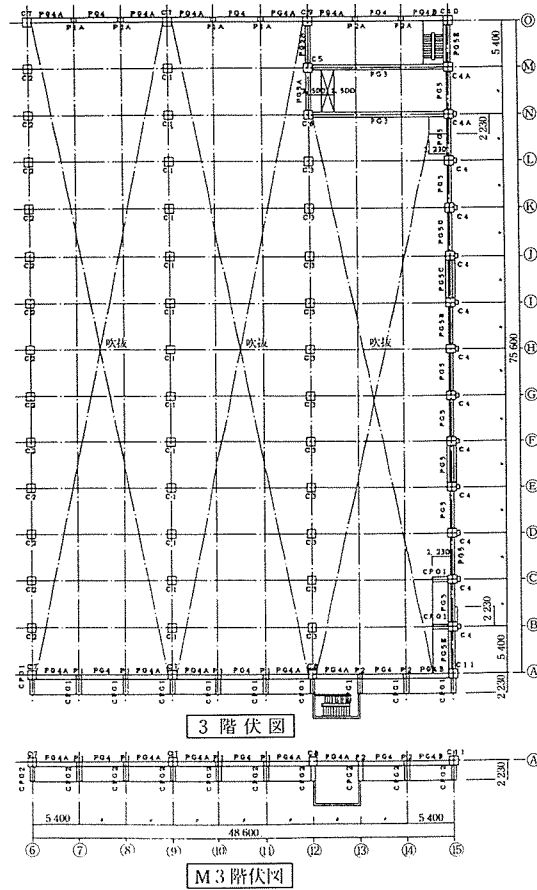
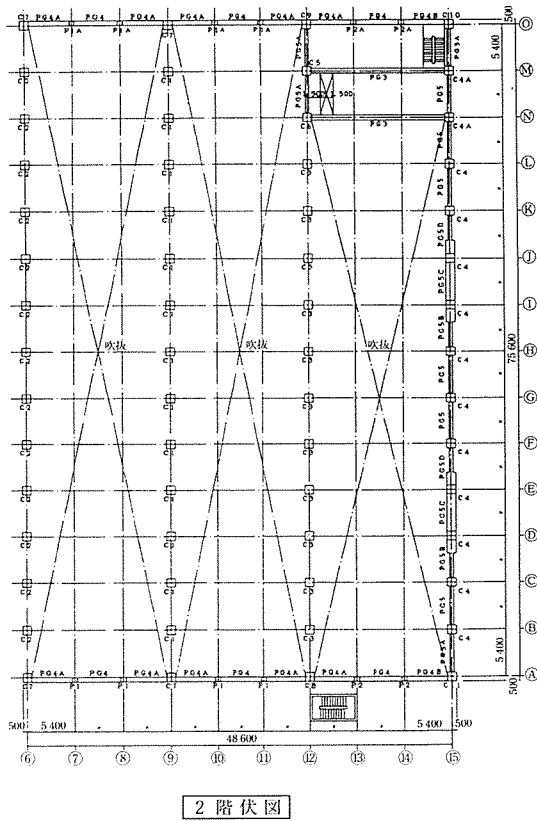


図-2 平面図-1

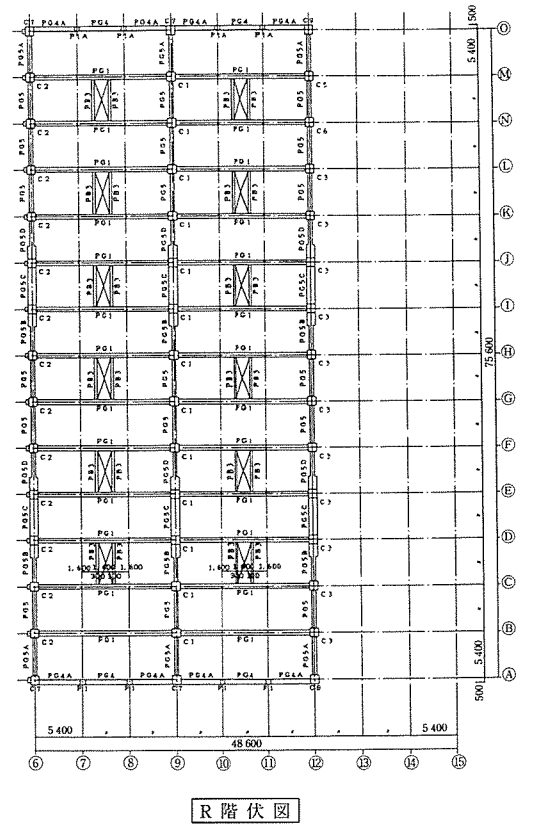
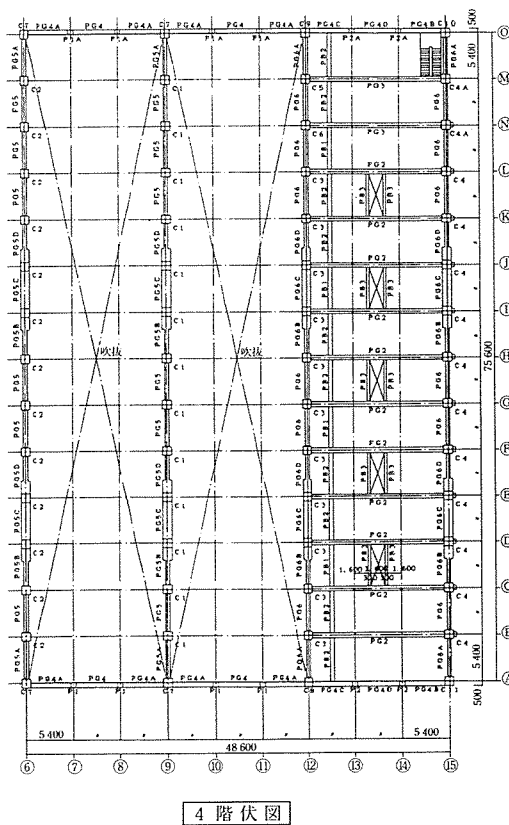


図-3 平面図-2

◇工事報告◇

部材製作場所については、沖縄県は島であるため以下のことが考えられた。

- ① 部材製作が県外であると陸上、海上輸送となるため、何度も部材を積み替えることとなり、部材に破損を生じる恐れがある
- ② 海上輸送となると、気象条件に大きく左右され工程に支障をきたす恐れがある

等の問題を含んでおり、県内の経済発展も含め現場打ち工法と同様県内の建設資材が使用できるように、部材の大部分が工事現場近くの製作ヤードで製作することとなった。

4. 構造計画

プレキャストプレストレストコンクリート造は、高強度、高品質のプレキャスト部材どうしをPC鋼材を通線し、圧着接合して一体化させる工法である。PC鋼材の接続、目地処理、その他いろいろな条件より可能なかぎり目地の少ない建物を造る目的から柱を1本化することが要求されている。近年は揚重機的能力向上により、架設作業には不都合はないが、運搬時には長さおよび重量等の制限があるため、現在では階高20m程度までの建物に限られ採用されている。プレキャスト工法の柱脚には次のようなものがある。

- ① あらかじめ基礎部分に埋め込んでおいたPC鋼材と接続し圧着接合する工法（圧着工法）
- ② 基礎部分にほぞ穴を設け、柱を差し込みすき間をモルタル等で充填し自立させる工法（埋込み柱脚）等がある。この建物の一部には地下部分があるため柱脚部を圧着工法としたが、1本柱としたため運搬時、架設時のPC鋼材が必要であり、終局耐力時に下部との接続に必要な量のPC鋼材が柱脚に配置できなかったため、圧着工法と、モルタル充填式鉄筋継手工法（スプライススリーブ工法）の併用とした。

また、桁方向のプレストレスの導入については、全長が75.6mあり、全長にわたりいっぺんに通線し緊張すると、全長が長くなればなるほどPCによる軸長変化の影響が大きく外端部付近に大きな二次応力が発生し、かえって不経済な断面となり、施工的にもすべてのスパンに桁梁を架設し通線するまで緊張できないことになってしまう。これをさけるため、図-5に示すように数スパン架設したごとに順次緊張していくようにする。1ブロック、2ブロック、3ブロックと緊張していくと、ブロック間の目地でPCによる軸長変化による影響が吸収されるため、全長をいっぺんに緊張するのと比べると、二次応力が小さくなり経済的な断面とすることができる。

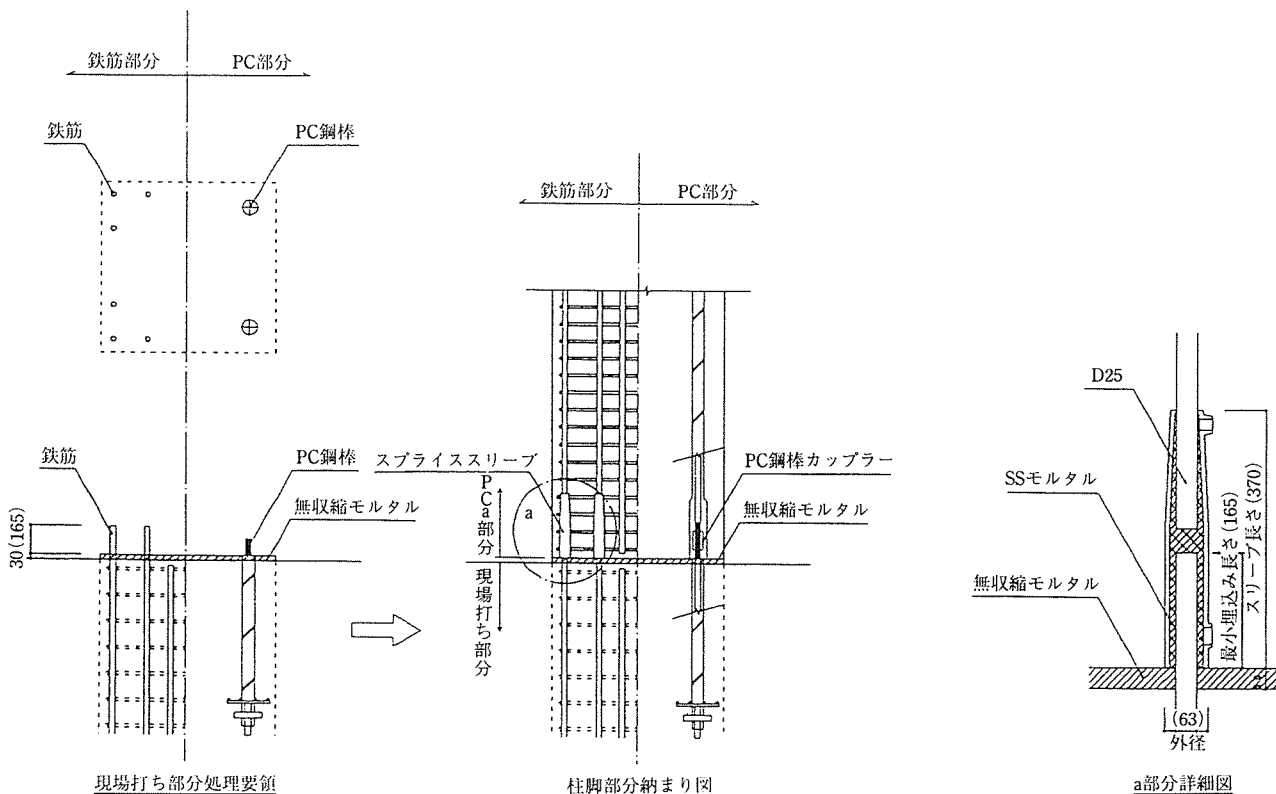


図-4 柱脚部納まり

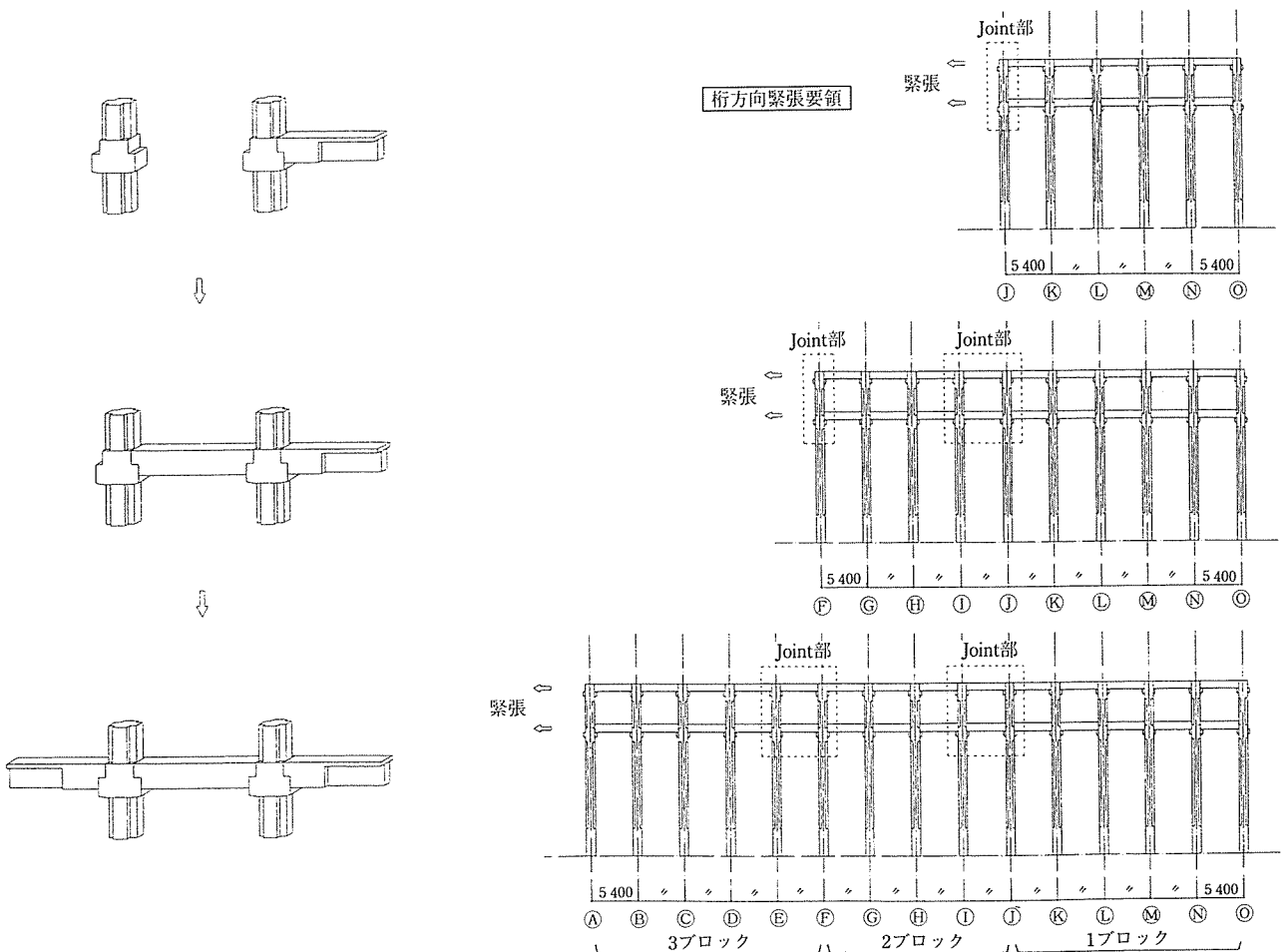


図-5 桁方向緊張要領

5. 構造部材の特徴

(1) 柱

柱脚にのみ目地を設ける1本柱とし必要箇所以外は十字形断面にして軽量化をはかった。長さ $L \approx 20$ m 重さ $W \approx 52$ t となるため、運搬時、架設時の荷重に対し、PC鋼材 2c-8-12.4φを製作ヤードで緊張し、柱脚はPC鋼棒 4-32φによる圧着接合と、モルタル充填式鉄筋継手工法(スプライススリーブ工法)の併用とする。

(2) 大梁

施工状態に合わせて、プレストレス導入を以下の3段階に分けて行う。

- ① 梁自重、PC版架設時の単純支持状態の荷重に対しPC鋼材 2c-10-12.7φを製作ヤードで緊張
- ② 柱、梁を剛接するためと、トッピングコンクリートの荷重に対しPC鋼材 2c-5-12.7φを緊張(現場一次緊張)
- ③ 仕上げ、積載荷重に対しPC鋼材 2c-5-12.7φを緊張(現場二次緊張)

(3) 桁梁

PC鋼材 2c-12-12.7φにより数スパンごとに緊張。

6. 構造設計

この建物は、2階、3階に一部床はあるが、ほとんどが屋根からなる建物である。図-7にそれぞれの荷重時の応力図を示す。

検討する応力の組合せを以下に示す。

- a. ストック時、運搬時、架設時
- b. ① 大梁、PC床版架設時
- c. ①+④ 現場一次緊張
- d. ①+②+0.85④ トッピングコンクリート打設時
- e. ①+②+③+0.85④+⑤ 現場二次緊張
- f. ①+②+③+0.85④+⑤ 仕上げ、積載荷重時
- g. ①+②+③+0.85④+⑤+1.5 F_{es} ⑥ 地震荷重時

a~fまでは長期荷重であり、許容応力度設計を行った。gは短期荷重であり、終局強度設計を行った。沖縄地方の地震地域係数は0.7であり地震の少ない地域であるが、柱の建方時においては、PC鋼材の緊張が仮緊張の状態であり一番不安定な時に地震が起こることも考えられるし、また、台風の上陸も十分考えられる。これらの検討については、PC鋼材が十分に緊張されていないことを考慮し、耐力を鉄筋と同等に評価して検討を行い

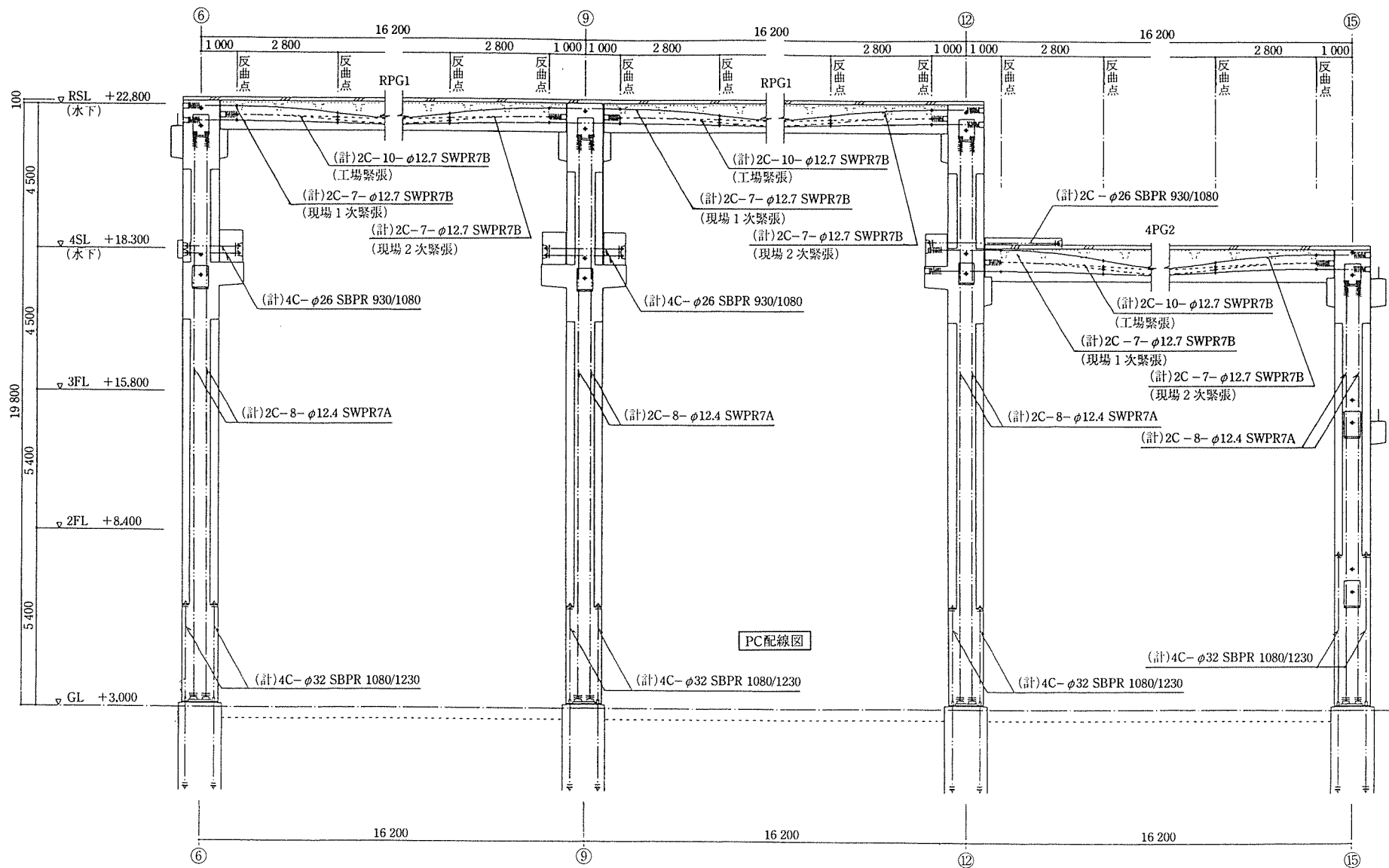
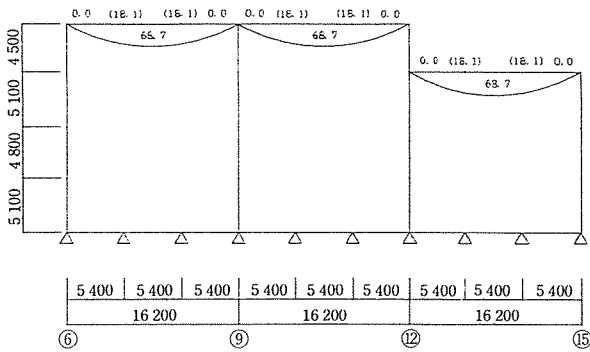
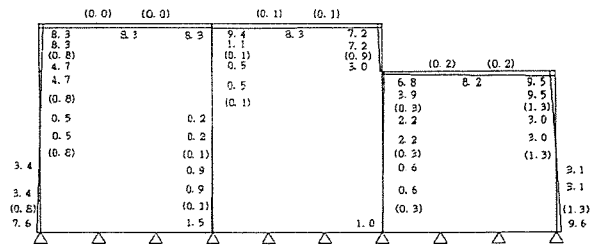


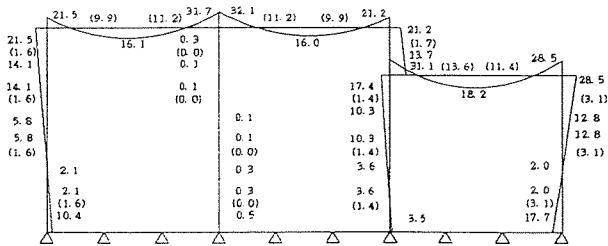
図-6 PC配線図



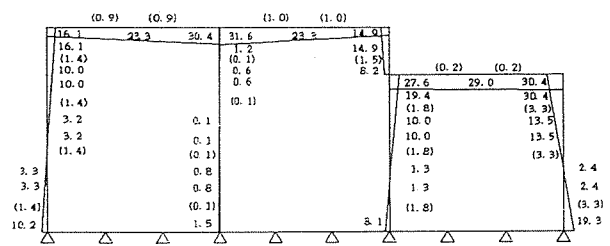
①梁自重、PC床版による応力



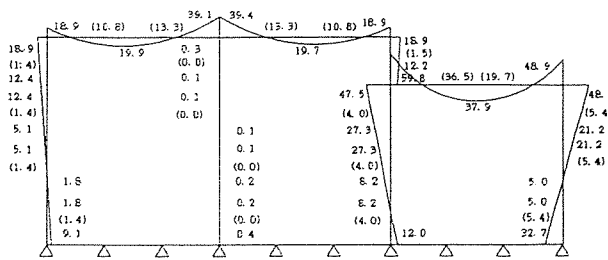
④1次緊張による2次応力 (施工時)



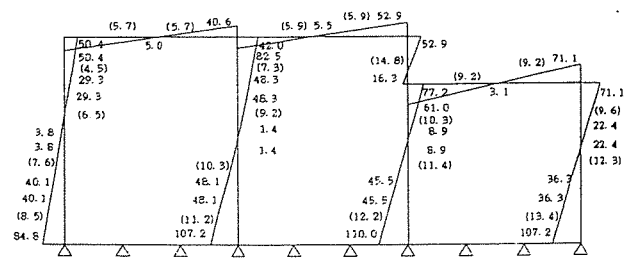
②トッピングコンクリートによる応力



⑤2次緊張による2次応力 (施工時)



③仕上げ、積載荷重による応力



⑥地震時応力

図-7 J 通り各荷重による応力図

建物の安全性を確認した。

7. PC 部材の架設

プレキャスト部材の建方工程および建方の状況を、表

-2, 写真-4~写真-13 に示す。

部材の架設には、180 t クローラクレーンと 150 t トラックレーンの 2 台のクレーンを使用した。建方の順序は、O 通り側に既存の建物があるため、O 通りから A

表-2 工程表

	H6. 10月		11月		12月		H7. 1月		2月	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
柱 66ピース										
O通り大梁, 桁梁 157ピース										
クレーンゲーター 56ピース										
大梁 43ピース, 床版 304ピース										
O通りカーテンウォール 66ピース										
A通り間柱 6ピース, 大梁 39ピース										
A通りカーテンウォール 57ピース 片持ち梁, 通路版 43ピース										

◇工事報告◇



写真-4 柱 PC 鋼材挿入完了

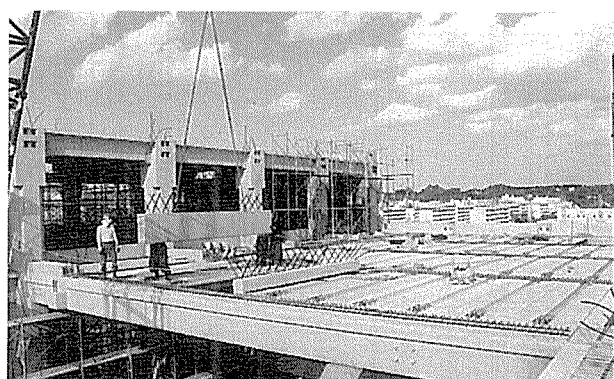


写真-8 床版, 小梁の架設



写真-5 柱の架設

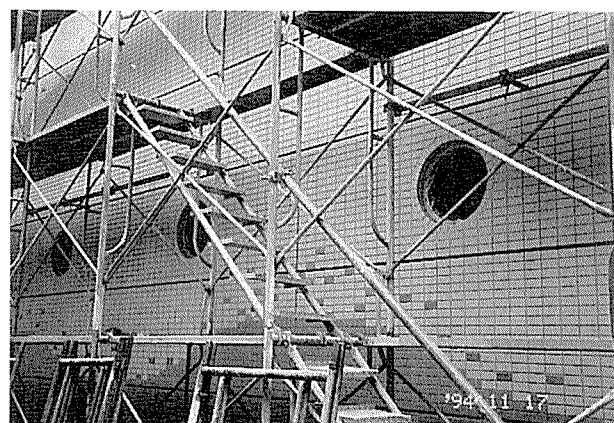


写真-9 カーテンウォール

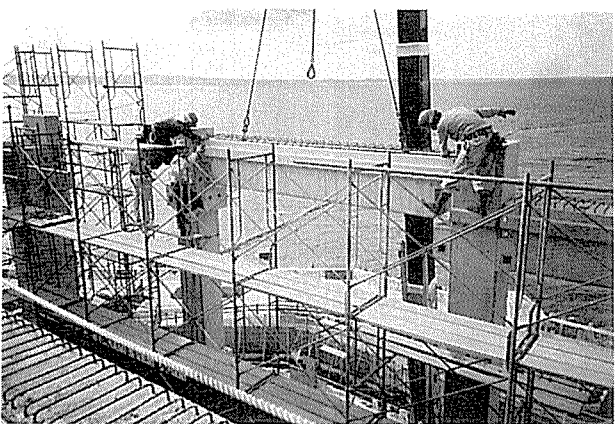


写真-6 桁梁の架設

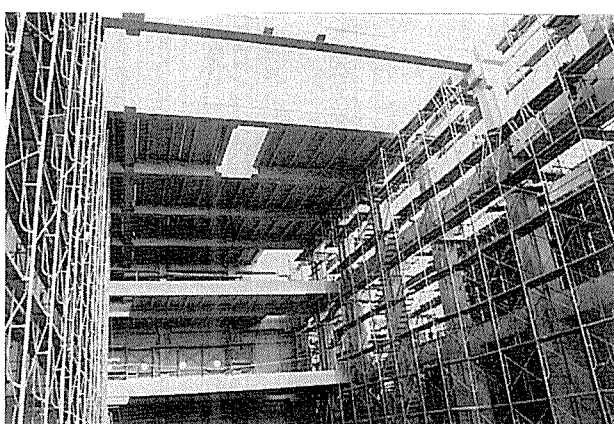


写真-10 架設状況 (1階より屋根見上げ)

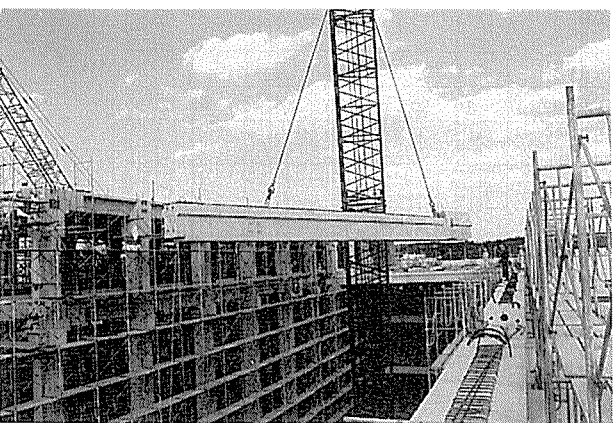


写真-7 大梁の架設

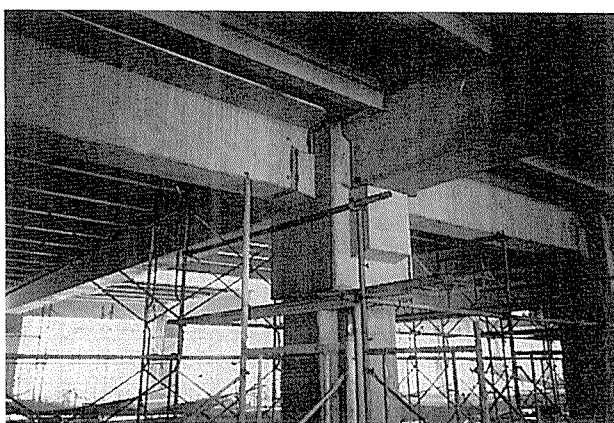


写真-11 柱頭部納まり

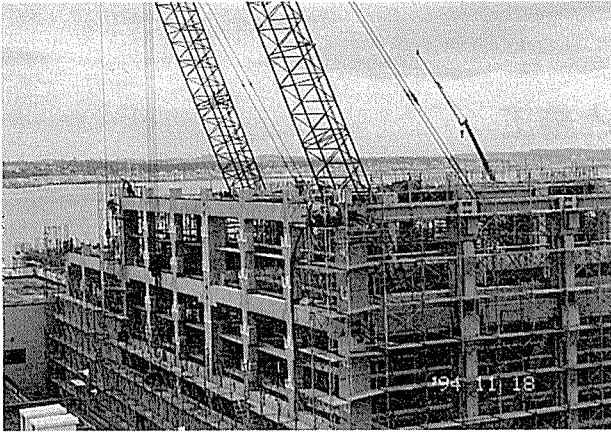


写真-12 架設状況外観 1

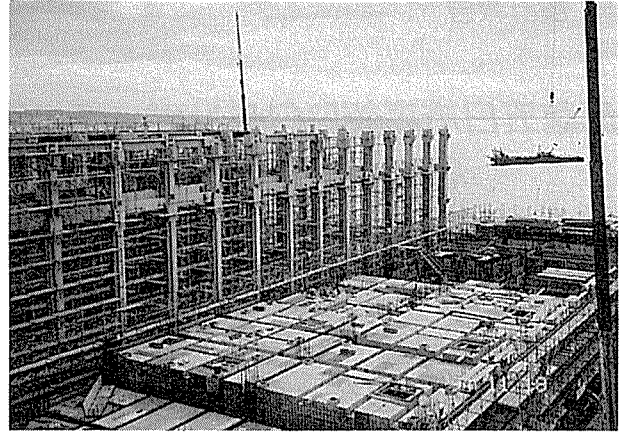


写真-13 架設状況外観 2

通りに向かい柱の建方を始め桁梁を架設しながら建物の桁方向をかためてゆき、次に大梁、床版を A 通りに向かって架設をしていった。

8. おわりに

今回の建物は柱に PC 鋼材が入ったことにより、柱、桁、大梁方向と 3 方向に PC 鋼材が入ったことに加え、クレーンガーダーを取り付ける部分の納まりはクレーンガーダーが水平に取り付くのに対し屋根に水勾配がある

ため、クレーンガーダー、大梁、柱、桁梁の配線が交差し、配線による部材の種類が多くなったり、A 棟、C 棟とのエキスパン部分等の納まりで複雑となる箇所が何箇所もあったが、B 棟のプレキャスト工事は、表-2 のように、平成 6 年 10 月より平成 7 年 2 月末日ですべてのプレキャスト部材を納めることができ、関係者一同大きな自信となった。

【1996 年 2 月 23 日受付】