

PCaRC 工法による校舎の構造設計・施工

— 国際医療福祉大学医学検査学科棟 —

大阪支店	建築部 (九州支店駐在)	石井孝幸
大阪支店	建築部 (九州支店駐在)	有木健司
大阪支店	建築部 (九州支店駐在)	片山真人
大阪支店	建築部 (九州支店駐在)	成田裕史

概要：本報告では、プレキャスト鉄筋コンクリート (PCaRC) 工法による校舎の構造設計・施工について紹介する。

福岡県大川市に建設された国際医療福祉大学医学検査学科棟は、8月下旬に工事着工し翌年4月に開校できる条件でピーエス三菱社が受注できた大学校舎である。この建物は、2012年5月上旬から実施設計を開始、8月下旬に建築確認済証が交付されて工事着工し、12月末に上棟して3月に竣工できた。

工期が厳しいため、躯体のプレキャスト(PCa)化により工期短縮を図った。また往年のパネルゾーンを現場打ちとするPCaRC工法を採用してPC鋼材の使用を少なくし、コストダウンを図った。PC鋼材は柱芯間12.675mのスパン梁の工場緊張のみとした。

Key Words：PCaRC工法，工期短縮，パネルゾーン

1. はじめに

コンクリート系材料で、柱梁を構築する工法には、現場打ち工法、PCa(PreCast)工法などがある。このうちPCa工法は、一般的にPCa部材同士の接合方式によりPCaPC工法とPCaRC工法に大別される。PCaPC工法は、部材相互をPC鋼材を緊張し、プレストレス力により押さえつけて接合する圧着工法を基本とする。一方PCaRC工法は部材相互の主筋を機械式継手や溶接継手で接続するか、あるいは主筋を定着させて一体化する。

近年のPCa工法は現場打ちコンクリートをいかに少なくするかが時流である。PCaPC工法は、パネルゾーンをプレキャスト化した時流に乗った工法であるがRCに比べPC緊張工事という工種が増える。

本建物では、工期短縮と労務事情を鑑みPCa工法の採用が決定された。さらにコストダウンを目的にパネルゾーンを現場打ちとするPCaRC工法を採用した。採用の中で工夫した点や施工状況を報告する。



石井孝幸



有木健司



片山真人



成田裕史

2. 建物概要

本建物は躯体構築方法を PCaRC 工法とした地上4階建ての大学校舎である。建物平面は張間方向3スパン $12.675+4.0+12.675=29.35\text{m}$ 、桁行き方向8スパン $\times 6.0=48.0\text{m}$ である。立面は基準階高さ4.0mの地上4階建て、軒高 $\text{GL}+16.49\text{m}$ 、最高高さ17.15mである。建物概要を表-1に、建物外観を写真-1に、基準階平面図を図-1に、代表立面・断面図を図-2(a)(b)に示す。

表-1 建物概要

工 事 名	国際医療福祉大学医学検査学科新築工事	
工事場所	福岡県大川市榎津182-2	
発 注 者	学校法人 国際医療福祉大学	
設計/監理	株式会社 ピーエス三菱 九州支店	
施 工	株式会社 ピーエス三菱 九州支店	
工 期	平成24年8月1日～平成25年3月31日	
主要用途	大学校舎	
構造種別	鉄筋コンクリート造 一部鉄骨造 PCaRC工法(パネルゾーン現場打ち)	
階 数	地上4階	
面 積	建築面積:1,550.92m ² 法床面積:5,350.63m ²	
建物高さ	最高高さ:17.15m	軒高:16.49m



写真-1 建物外観

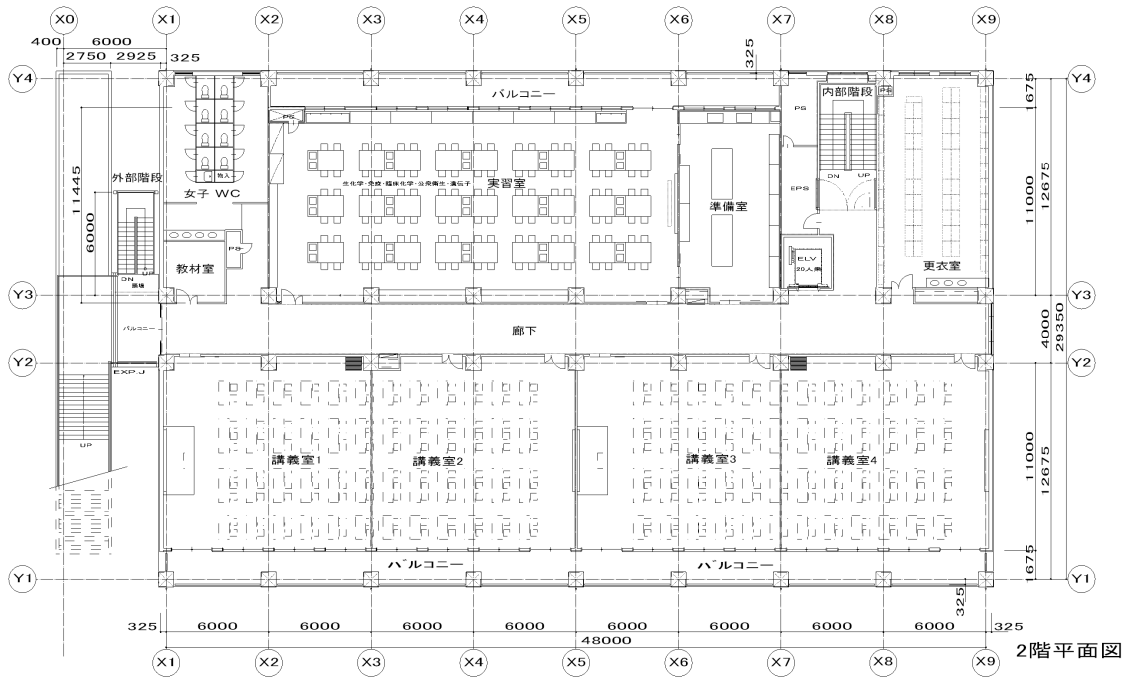


図-1 基準階平面図



図-2(a) 南側立面・断面図

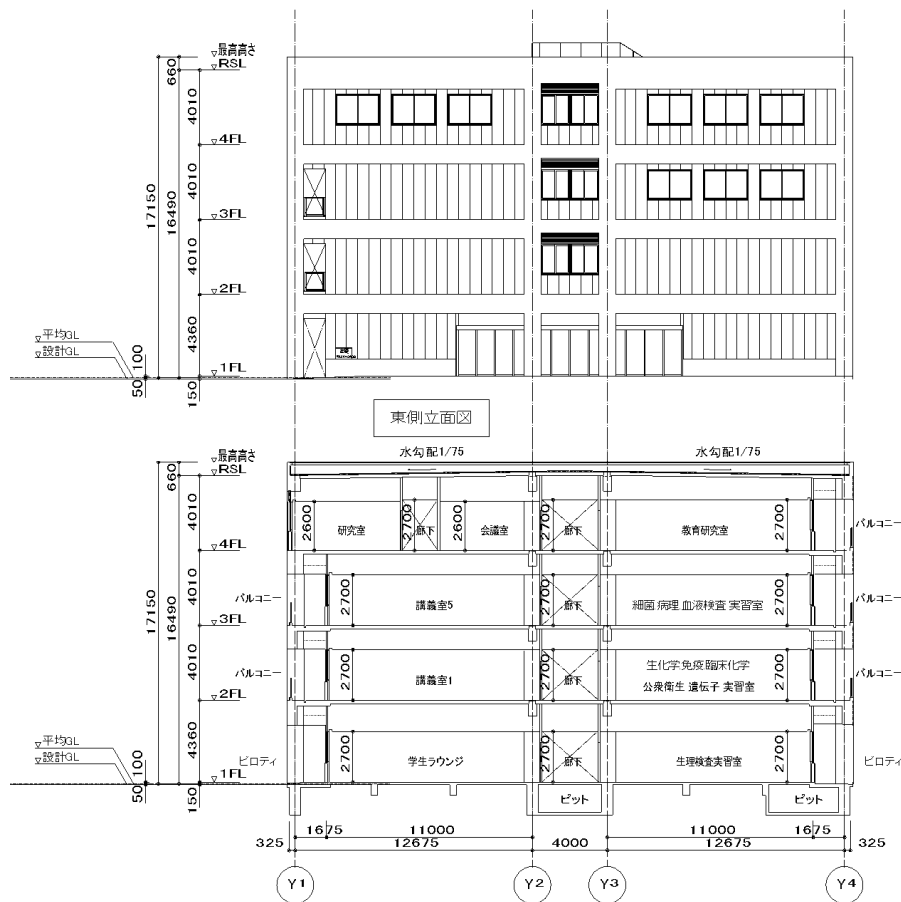


図-2(b) 東側立面・断面図

3. 構造設計

3.1 構造計画

本建物は、張間方向 3 スパン $12.675 + 4.0 + 12.675 = 29.35\text{m}$ 、桁行き方向 8 スパン $\times 6.0 = 48.0\text{m}$ で、1 階高さ 4.35m、基準階高さ 4.0m の地上 4 階建て、軒高 GL+16.49m、最高高さ 17.15m の整形な建物である。整形であるため PCa 化に最適な建物である。また部材の PCa 化を前提として腰壁を除き壁は乾式壁とし純ラーメン架構とした。

PCa RC 部材の組み立ては、配筋が複雑なパネルゾーンを PCa 化して現場での作業を簡素化するのが近年のはやりであるが、この方法は部材費の上昇につながる。本件ではコストダウンを計る目的でパネルゾーンを現場打ちとする計画とした。

スラブは現場打ちトッピングコンクリートを打設する、上リブ付きのハーフ PCa 合成床板工法とした。ただし、設備開口が設けられる水廻りやハト小屋廻りおよび階段、EV シャフト廻りの小梁・床は在来 RC 造として各グリッド内の工法を統一した。またバルコニーは PCa 部材数を減らすためインナータイプとする。

建設地の地質は GL-17m 程度までは N 値 1 程度の軟弱な粘土層とシルト混り砂層を有し、その下部によく締まった N 値 30 以上の火山灰質砂層が、さらにその下部には N 値が低い層が存在する。

支持地盤は N 値 30 以上のよく締まった火山灰質砂層とし GL-22.7m を杭先端とした。また GL-4m~10m の範囲で液状化の可能性が高いため水平方向地盤反力係数を低減して杭基礎の検討を行うこととした。杭の種類は工事費、納期および施工期間を比較して場所打ち杭を選定した。

3.2 設計方針

構造設計ルートはルート 3 とし、発注者の要望で保有水平耐力 Q_u は必要保有水平耐力 Q_{un} に対して 1.1 倍以上を目標に設計した。

柱と大梁部材は予備構造検討を行い鉄筋コンクリート(RC)部材で設計可能であることを確認した。ただしスパン梁(梁符号 G6C, G8) はスパンが 12.675m と長く、運搬・架設時の振動衝撃や支保工で両端支持された状態での仮設時の荷重に備えて工場緊張の 1 次 PC ケーブルを配置した。この 1 次ケーブルは仮設用として部材の耐力には参入していないが長期たわみの改善に貢献している。

その他の構造設計方針を以下に列記する。

- ・構造形式は、純ラーメン構造とする。
- ・構造種別は、構造部材を PCa 化して構築する鉄筋コンクリート造とする。
- ・PCa 柱-PCa 梁の接合部は現場打ちコンクリートとし、「日本建築学会：現場打ち同等型プレキャスト鉄筋コンクリート構造設計指針(案)・同解説(2002)」に準拠して設計する。
- ・PCa 梁, PCa スラブは供にハーフ PCa 部材とトッピングコンクリート打設で一体化して合成後の梁剛性を評価する。
- ・柱芯間 12.675m のスパン梁は仮設用として工場緊張の PC 鋼材(1 次ケーブル)を配置する。
- ・基礎形式は場所打ち杭基礎としアースドリル認定工法とする。

基準階梁床伏図を図-3 に、代表軸組図を図-4(a)(b)に示す。

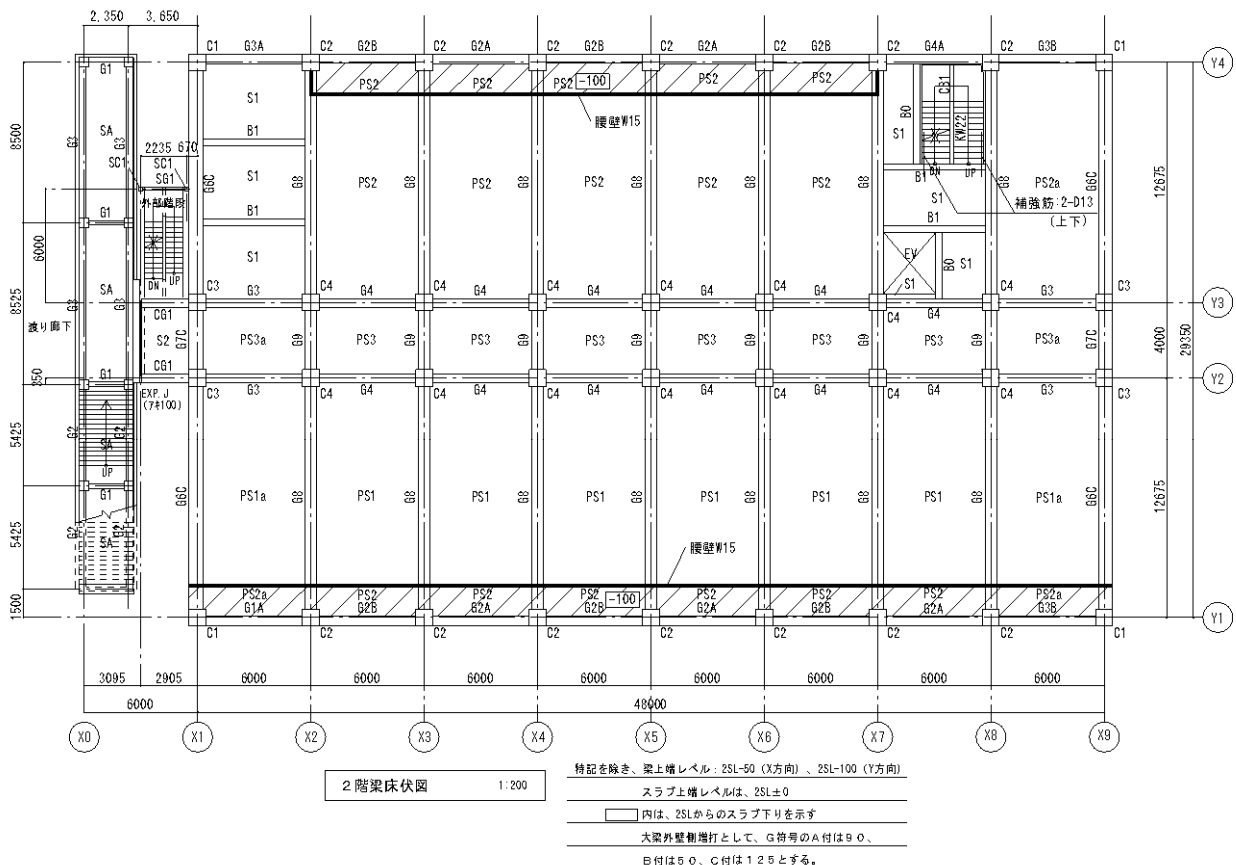


図-3 基準階梁床伏図

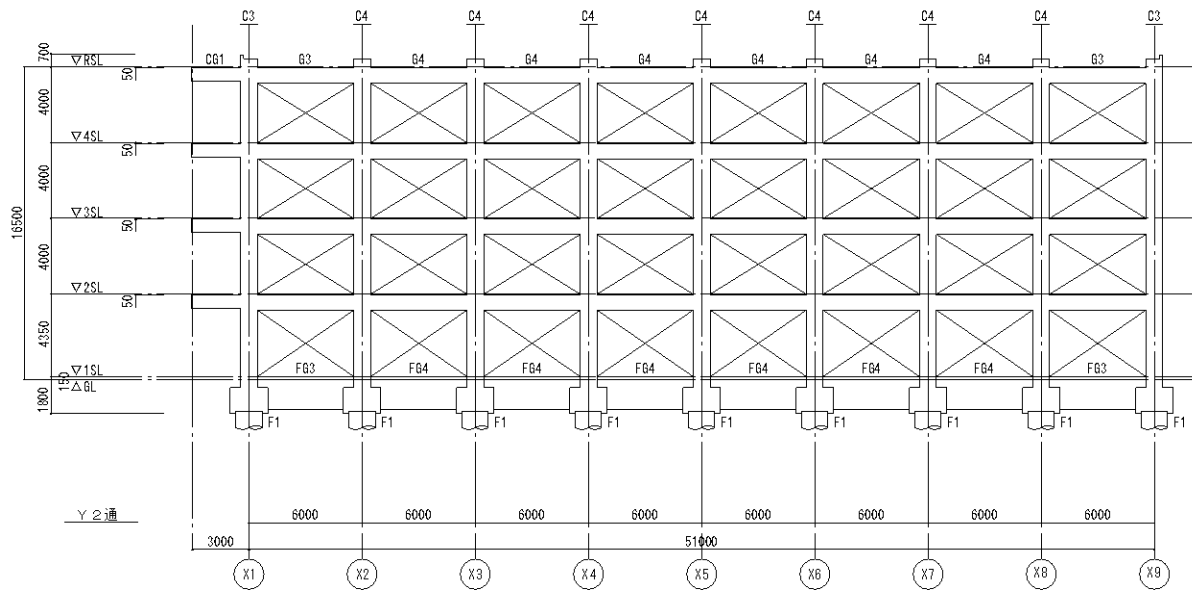


図-4(a) Y2 通り軸組図

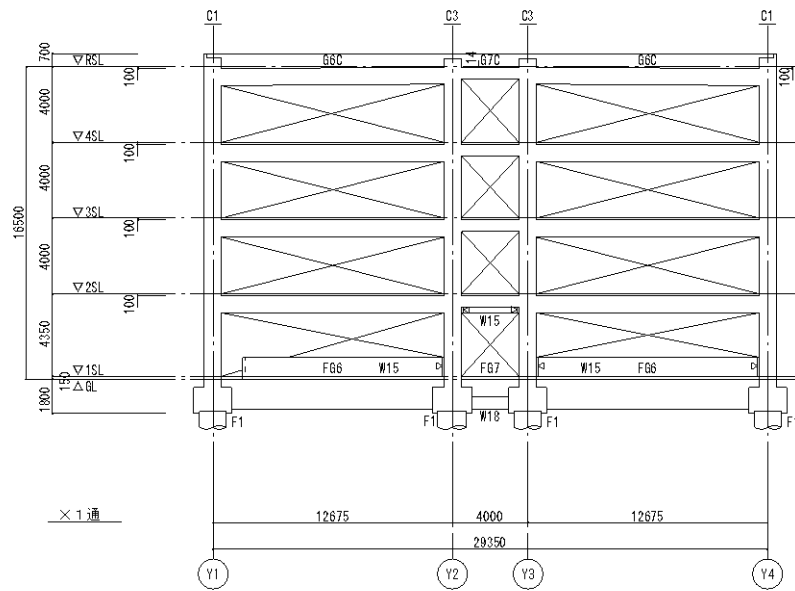


図-4(b) X1 通り軸組図

3.3 設計結果

使用した材料を表-2 に示す. コンクリートは PC a 部材も現場打ち部分も同強度とした.

図-5, 図-6 に主な部材断面リストを, 図-7 にスパン梁 PC ケーブル配線図を示す.

表-2 使用材料

コンクリート	PCa	柱・大梁 $F_c=30N/mm^2$, 床板 $F_c=50N/mm^2$
	現場打ち	$F_c=30N/mm^2$, (渡り廊下 $F_c=21N/mm^2$)
	場所打ち杭	$F_c=36N/mm^2$
鉄筋	径と種類	D16以下 SD295A D19~D25 SD345 D29~D32 SD390
	柱主筋継手	スプライススリーブ (SA級:スリーブ)(SSモルタルを継手充填と柱脚目地に使用)
	梁主筋継手	PCa工場:EGジョイント(A級:ネジ)
	主筋定着	現場:新NT工法 (A級:溶接), 小梁:FDグリッパ(A級ネジ)
PC鋼材	PCa 大梁	1次ケーブル SWPR7B 12.7φ (ポストテンション VSL工法 E5-7(7-12.7φ))
	PCa スラブ	SWPR7A 10.8φ, SWPR7B 12.7φ (プレテンション)
鉄骨	外階段	SS400, STKR400

柱リスト 1/40 特記なき限り、仕口内フープ: □-D13φ95 補強フープ: D10φ600

符号	C 1	C 2	C 4
仕口内フープ			
4階 (柱頭)			
主筋	12-D29	14-D29	12-D29
フープ	□-D13φ100	□-D13φ100	□-D13φ100
仕口内フープ			
4階 (柱脚)			
主筋	12-D29	12-D29	12-D29
フープ	□-D13φ100	□-D13φ100	□-D13φ100
仕口内フープ			
3階			
主筋	12-D29	12-D29	12-D29
フープ	□-D13φ100	□-D13φ100	□-D13φ100
仕口内フープ			
2階			
主筋	12-D29	12-D29	12-D29
フープ	□-D13φ100	□-D13φ100	□-D13φ100
仕口内フープ			
1階 (柱脚)			
主筋	12-D29	12-D29	12-D29
フープ	□-D13φ100	□-D13φ100	□-D13φ100
仕口内フープ			
1階 (柱頭)			
主筋	12-D29	14-D29	14-D29
フープ	□-D13φ100	□-D13φ100	□-D13φ100
仕口内フープ			

大梁リスト 1/40 特記なき限り、中止メ筋: D10-φ1,000以下 大梁外壁側増打として、符号のA付は90、B付は50、C付は125とする

符号	G1A, G1B			G4, G4A		G8			G9
位置	X1, X9通端	中央	X2, X8通端	端部	中央	Y1, Y4通端	中央	Y2, Y3通端	全断面
R階									
上端筋	3-D25	3-D25	3-D25	3-D25	3-D25	6/2-D29	4-D29	6/2-D29	3-D29
下端筋	3-D25	3-D25	3-D25	3-D25	3-D25	4-D29	6-D29	4-D29	3-D29
スターラップ	□-D13φ200			□-D13φ200		□-D13φ200			□-D13φ150
腹筋	2-D10			2-D10		4-D13			2-D10
4階									
上端筋	3/1-D25	3-D25	3-D25	3/1-D25	3-D25	6/3-D29	4-D29	6/3-D29	4-D29
下端筋	3-D25	3-D25	3-D25	3-D25	3-D25	4-D29	5-D29	4-D29	3-D29
スターラップ	□-D13φ200			□-D13φ200		□-D13φ150			□-D13φ100
腹筋	4-D10			2-D10		4-D13			2-D10
3階									
上端筋	3/1-D29	3-D29	3/1-D29	3/1-D29	3-D29	6/3-D29	4-D29	6/3-D29	5-D29
下端筋	3-D29	3-D29	3-D29	3-D29	3-D29	4-D29	5-D29	4-D29	4-D29
スターラップ	□-D13φ200			□-D13φ200		□-D13φ100			□-D13φ100
腹筋	4-D10			2-D10		4-D13			2-D10
2階									
上端筋	3/1-D29	3-D29	3/1-D29	3/1-D29	3-D29	6/3-D29	4-D29	6/3-D29	6-D29
下端筋	3/1-D29	3-D29	3-D29	3-D29	3-D29	4-D29	5-D29	4-D29	5-D29
スターラップ	□-D13φ200			□-D13φ200		□-D13φ100			□-D13φ95
腹筋	4-D10			2-D10		4-D13			2-D10

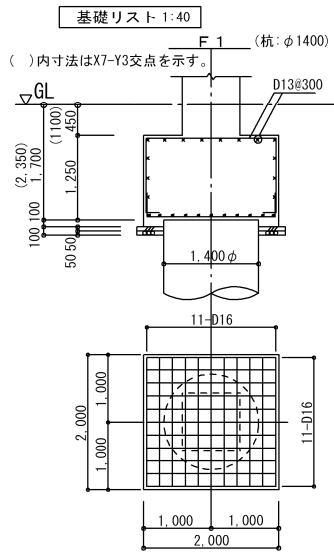
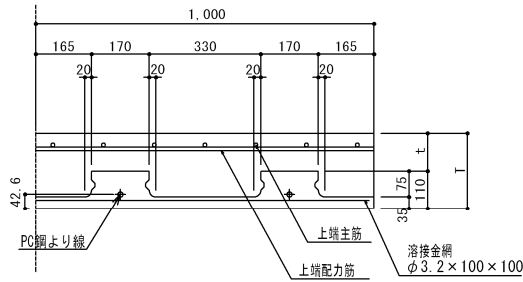
基礎梁リスト 1/40 特記なき限り、中止メ筋: D10-φ1,000以下

符号	FG 1			FG 4		FG 6			FG 9
位置	X1, X9通端	中央	X2, X8通端	端部	中央	Y1, Y4通端	中央	Y2, Y3通端	全断面
断面									
上端筋	8/2-D32	6-D32	7-D32	6-D32	4-D32	8/4-D32	6-D32	8/1-D32	8/2-D32
下端筋	8/2-D32	7-D32	7-D32	5-D32	4-D32	8/2-D32	8-D32	6-D32	8-D32
スターラップ	□-D13φ100			□-D13φ150		□-D13φ150			□-D13φ100
腹筋	6-D13			6-D13		6-D13			4-D13

図-5 主な部材断面リスト(1)

PCa合成床版リスト

符号	計算 スパン mm	PC板種	断面形状		PC鋼より 線の径 mm	上端筋				備考
			t mm	T mm		主筋		配力筋		
						端部	中央	端部	中央	
PS1 (PS1a)	5.400	PC11S	80	190	10.8 (12.7)	D10@100	D10@200	D10@150	D10@300	-
PS2 (PS2a)	5.400	PC11S	80	190	10.8 (12.7)	D10D13@125	D13@250	D10@150	D10@300	-
PS3 (PS3a)	5.400	PC11S	80	190	12.7 (12.7)	D10D13@125	D13@250	D10@150		-



杭リスト 1:40		
符号	P 1、P 2	P 11、P 2 1
杭頭	スぺーサー D13(加工)-@1500	スぺーサー D13(加工)-@1500
軸径 D 1	1,400	1,400
主筋	32-D29	32-D29
フープ	D13-@150	D13-@150
杭脚	スぺーサー D13(加工)-@1500	スぺーサー D13(加工)-@1500
拡底径 D 2 (施工径=設計径+100)	—	1,600
主筋	16-D29	16-D29
フープ	D13-@250	D13-@250

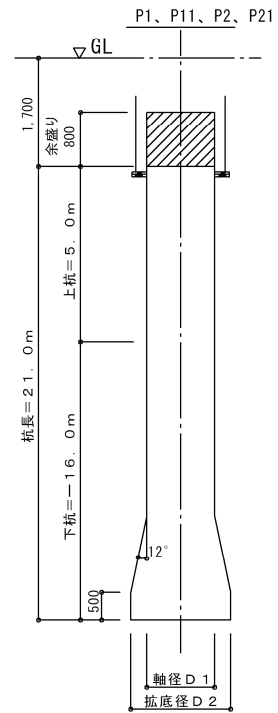
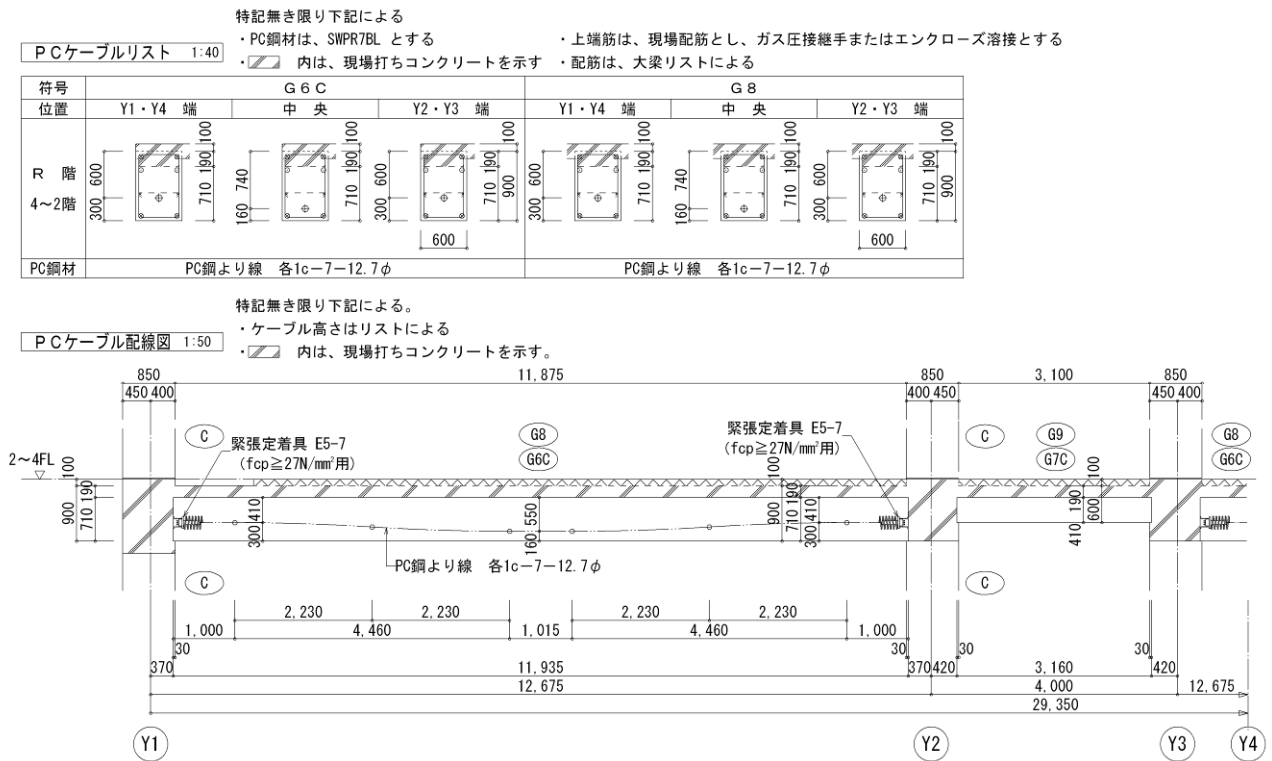


図-6 主な部材断面リスト(2)



3.4 パネルゾーンの納まり

パネルゾーンは現場打ちとして計画したが、PCa 部材に打ち込みとなる梁下端主筋はパネルゾーン内に機械式継ぎ手を設ける方法とパネルゾーン内でそれぞれ定着する方法が考えられる。今回は、狭いパネルゾーン内での困難な鉄筋接続作業が必要なく、部材を据え付けるだけで済む後者の方法とした。

しかしながらこの方法は、平面的に鉄筋が重ならないようにずらす必要があり、梁側面の片方のかぶり厚さを大きくとる必要がある。この過大なかぶりは建物重量の増加とコスト増の要因となる。

この問題の解決方法として、スパンごとに梁芯をずらして過大なかぶり厚さを避ける納まりを採用した。ただし外周部の梁は柱面と外面あわせのため外部に余分な増し打ち設けることとなった。また最上階の柱頭は、RFL+500 まで立ち上げる計画とし、あわせて主筋の末端に機械式 EG 定着板を採用した。この組み合わせにより最上階梁上筋の機械式 EG 定着板を用いた水平定着が可能となりすっきりとした最上階パネルゾーンの納まりとなった。RFL から立ち上がった柱型は機械基礎の一部として効率的に利用した。図-8、図-9 にパネルゾーン納まり図を示す。

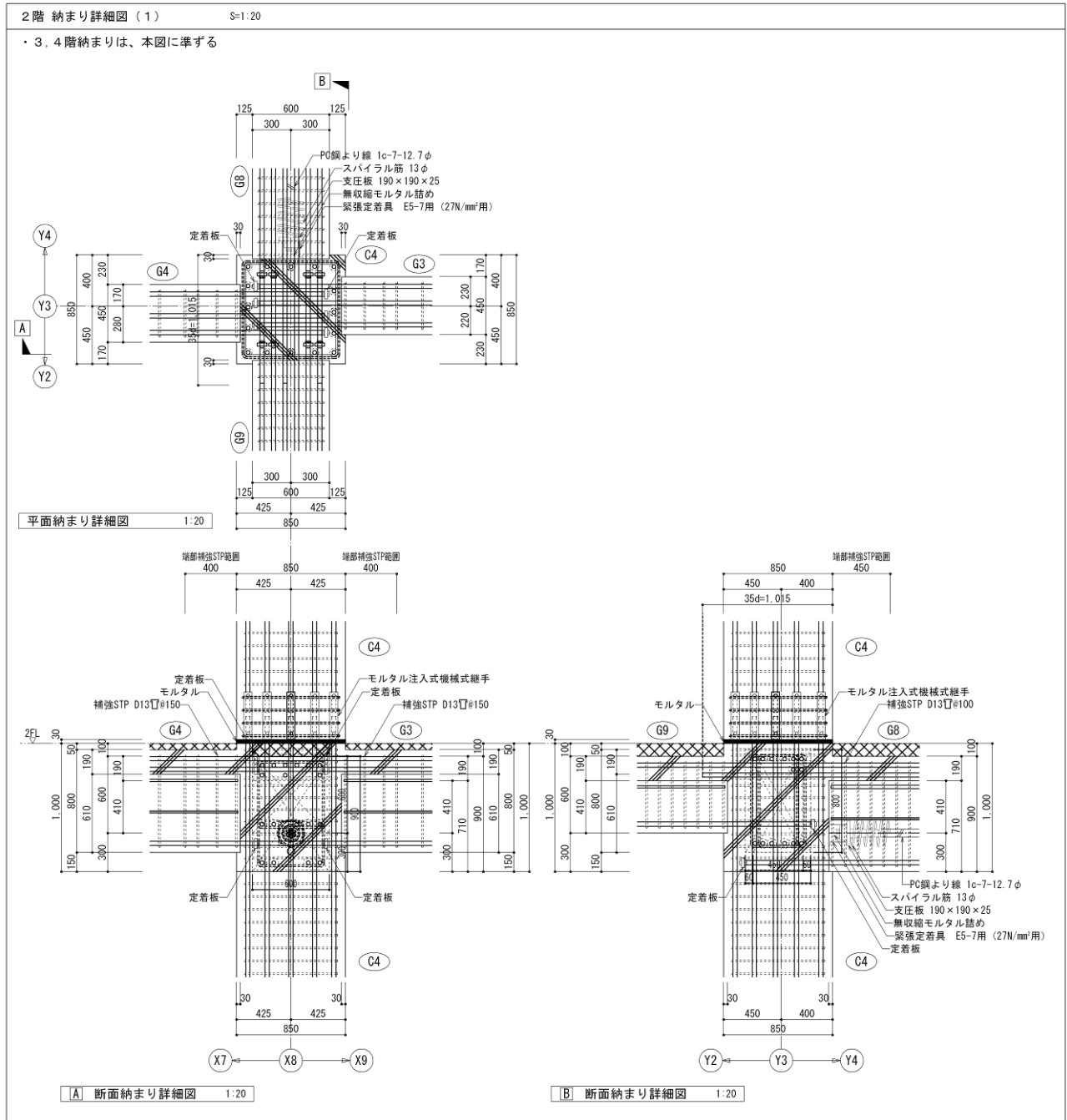


図-8 パネルゾーン納まり図(1)

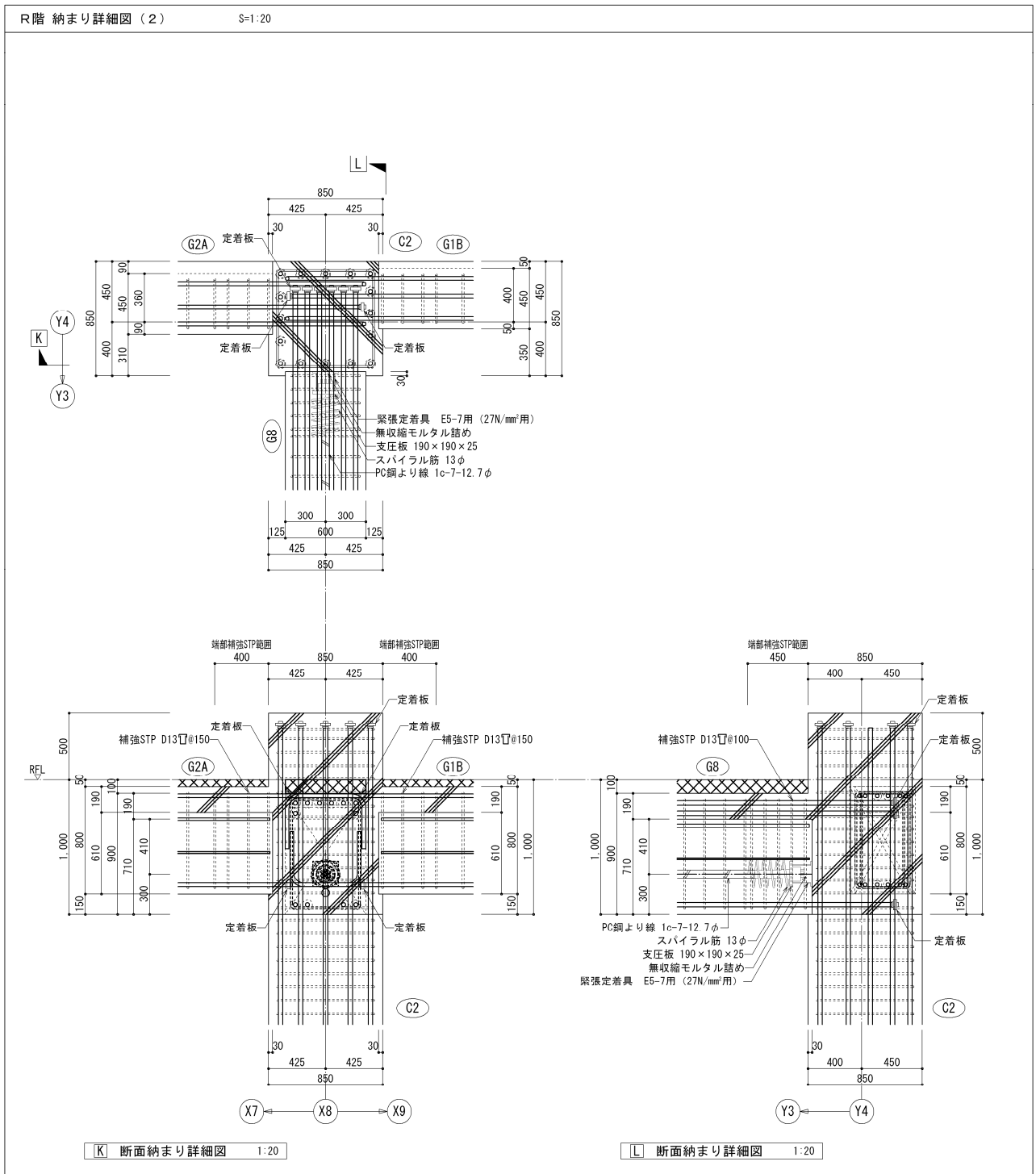


図-9 パネルブーン納まり図(2)

4. 施工

PCaRC 工法による躯体工事の施工については、いかにして工期短縮を図るかということが、全体工期の中で最も重要な肝となる部分であった。そのため、設計方針を理解し、パネルゾーンの納まりなどを熟知したうえで計画・実行することを重要課題とした。架設組み立て順序に沿って施工上留意した点を報告する。

揚重機は油圧式大型クレーン 2 台 (360 トン・160 トン) を使用し、2 班施工とした。基準階の躯体工事のサイクル工程を実働 11 日間に設定し、仮設支保工組み立て、現場配筋作業、在来部型枠組み立てなどの取り合い工程の調整、作業人員確保を確認して建て方工事をスタートした。

まず柱の建て込み作業であるが、柱主筋の精度確保が重要であった。そのために、テンプレートを用いて主筋の配置を確保し、下層の床コンクリート打設を行った。下層の梁配筋と同時にテンプレートを設置し、コンクリート打設前、打設中の配置のチェックを慎重に行い精度確保に努めた。結果、主筋位置不良による柱建て込み時の作業時間の浪費や、建ち位置精度不良などなく施工することができた。また、部材仮置き状態でパネルゾーンのフープ筋のピッチ割付けを確定し、最下端部フープ筋設置を事前に行うことで建て方後の作業量低減を図った。

続いて梁部材の架設作業であるが、設計段階でパネルゾーン納まりが平面的、立面的に主筋の干渉がないように検討されていたので、作業手順どおりに部材吊り込みができるように搬入、仮置き配置計画をたてて実施した。作業手順として日ごとの架設順序図を作成し、部材受け入れ後すぐにマーキング・ナンバリングを行って作業員に周知した。ここでも架設後の作業量低減のため、EG 定着板の固定、在来小梁主筋定着用の FD グリップ取り付けや床板緩衝材テープの設置は架設前に行い、現場配筋である梁上端主筋は可能なかぎり部材上に仮配置してから揚重した。梁部材は OK サポートを用いた支保工で支持する計画であり、高さの調整、割り墨出しを確実にを行い配置ミスのないようにした。支保工自体のぶれが懸念されたため、床板支持用の枠組み支保工と連結することで解決した。パネルゾーン内のフープ配筋は梁架設ごとの相番作業が必要であったため、鉄筋工を 1 班に 1 名配置した。部材製作精度も良く、パネルゾーン納まりが非常にすっきりとしたために据え付け調整も極めて順調に行うことができた。写真-2 にパネルゾーン配筋状況を示す。



写真-2 パネルゾーン配筋状況

床板は枠組み支保工で支持することとした。吊り込みは専用の治具を製作し2枚吊りにて行った。いわゆるちょうちん吊りであるが、H鋼にて専用のトラバーサーを製作し、施工性・安全性を考慮してワイヤーの長さを決定した。吊り金具も床板の左右で長さをわずかに変えて選定し、敷設時の調整がしやすいようにした。オントラックで荷取りし、梁上に出した割り墨に合わせて敷き込みを行っていったが、1フロアあたり最大120ピースの床板を工程1日で敷設することができた。写真-3にPCa部材組み立て状況を、図-10に床板架設詳細図を示す。



写真-3 PCa部材組み立て状況

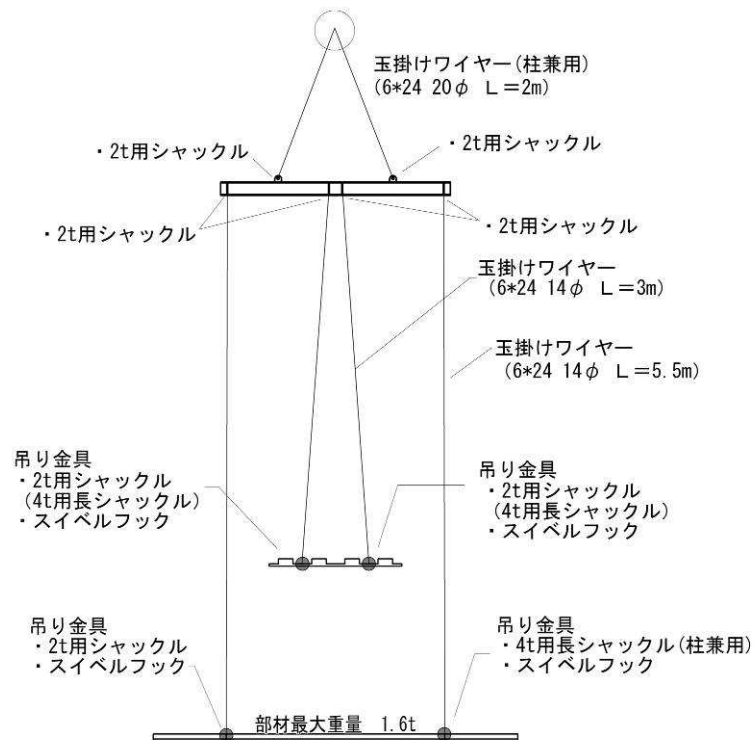


図-10 床板架設詳細図

ここまでがサイクル工程の前半 6 日間である。この後梁上端筋、スラブ筋の配筋作業、在来 RC 部分の型枠・鉄筋工、各設備スリーブ・配管などの設置を行い 11 日目にコンクリート打設となる。型枠工については、在来 RC 部分の作業と、パネルゾーン塞ぎ型枠作業が同時進行であったため労務の確保と工程管理に苦労した。基礎工事段階から鉄筋・型枠工については労務事情が悪く、本工事も工程に大きく影響を受けて、PCa 組み立て着手時には当初予定より約 2 週間の遅れが生じていた。全国的に労務不足が問題となっているが、作業員の高齢化や若手の育成難、少なからず震災の影響や九州地方の建設工事件数の多さなどの影響で各協力業者も苦労しているとの事だった。しかしながら、この工法により施工する中で、小さな工夫の積み重ねと関係各位の協力のもと約 10 日間工程回復し、目標であった年内上棟を果たすことができた。

今回、PCaRC 工法を採用する中で現場での労務を大きく低減できたことが工期短縮につながったと実感された。ほぼ同規模の在来 RC 工法 4 階建て既存校舎工事の実績では、1 階躯体工事をスタートしてから躯体上棟まで約 4.5 ヶ月間を要したが、今回実績では建て方開始から上棟まで 2 ヶ月弱である。約 2.5 ヶ月の工期短縮を図ることができた。躯体工期のみならず、仕上げ工事工程においてもそのメリットは大きい。それには外部の仕上げタイルを工場打ち込みとすることができたこと、支保工撤去後着手となる内装仕上げ工事については 4 層ほぼ同時進行に近い工程で施工できたことなどが挙げられる。それでもなお厳しい工期であることには変わりなかったが、今回の PCaRC 工法なくしては工期内竣工を成すことはできなかったであろう。

5. まとめ

本建物は、PCaRC 工法を採用して無事工期限内に竣工できた。本報告が、同種施工の参考となれば幸いである。

最後に、本工事を施工するにあたり、発注者、設計監理者および建築工事施工者の方々の多大なるご指導、ご助言を賜りました。また、関係各協力業者の多くのご協力を得ました。ここに、紙面をお借りして感謝の意を表します。