

プレキャスト RC 積層工法による 超高層タワーマンションの上部躯体工事

— D-WING・BAYTOWER —

九州支店	建築部	阿多幸也
九州支店	建築部	川本浩一
技術本部	建築技術部	毛利 浩
九州支店	建築部	佐藤秀孝

概要：本報告は当社初の超高層タワーマンション一式施工物件の施工報告である。本建物は30階建てのダブルチューブ構造で、工期短縮のために構造部材の大部分をプレキャスト化している。特に、パネルゾーンをプレキャスト化することにより、1フロアを5日で構築する急速施工を実現した。

Key Words：超高層RC、プレキャスト、ダブルチューブ構造、サイクル工程、高強度コンクリート

1. はじめに

首都圏を中心に超高層マンションの建設が活発化している。地方都市にもこの流れが影響しており、実際に建設が進められている。本報告は、福岡県の博多湾に隣接する土地に計画された地上30階建ての免震構造で総戸数212戸の超高層タワーマンションの施工報告である。建物軒高は97.67mで、計画当時は九州地区で賃貸マンションとして最も高い建築物であった。

超高層建物を計画する上で、大きなウエイトを占めるのが構造躯体を作り上げるスピードである。中でも「サイクル工程」と呼ばれる1フロアを作るのに必要な日数をいかにして短縮するかが鍵となる。30階建ての建物でサイクル工程を1日短縮できれば、全体工期を1ヶ月短縮できる可能性が見えてくる。工期・コスト面で極めて重要なファクターである。本計画では、構造躯体の大部分をプレキャスト化した積層工法とすることにより1サイクル5日の施工を実現し、2階以上の上部躯体を8ヶ月で構築した。

本物件は、当社として初の超高層タワーマンションの一式工事であり、構造的にもダブルチューブ構造を採用している点など実績として特徴的な点が多い。オイルダンパーを用いた免震構造である点などもその一つであるが、ここでは上部PCa躯体工事に焦点を絞り報告する。



阿多幸也



川本浩一



毛利 浩



佐藤秀孝

2. 建物概要

建物名称	ディーウィング・ベイタワー
施主	株式会社 ディックスクロキ
建設地	福岡県福岡市中央区港一丁目 6-6
規模	地下1階, 地上30階建, 塔屋2階
工期	2004年12月1日～2006年9月25日
構造	RC構造 (基礎免震構造)
敷地面積	4002.50m ²
延べ床面積	18509.78m ²
建物軒高	97.67m

3. 施工

3.1 全体工事概要

本建物の構造は、外周フレームとコア部フレームからなるダブルチューブ構造で構成され、平面形状が17階までは矩形、18階から30階までは四隅がセットバックした十字形状となっている。部材架設用の重機としては、建物外部にタワークレーンを2基(200t, 180t各1基)設置し、乗用および資材揚重用のエレベーターを1基設けた。外部足場は4層分をユニット化したせり上げ足場とし、架設の進捗にあわせてクレーンによって上層階に盛り替えた。

躯体のプレキャスト化の範囲は2階の柱から上層部分とし、地下を含むそれ以下の階の躯体は場所打ちとした。工期の面では、全体工期の22ヶ月のうち、プレキャスト部分の躯体工事は8ヶ月で完了することができた。在来工法と比較すると5ヶ月程度の工期短縮となる。

表-1に使用材料、図-1に構造パース、図-2に総合仮設計画図、表-2に全体工程表をそれぞれ示す。

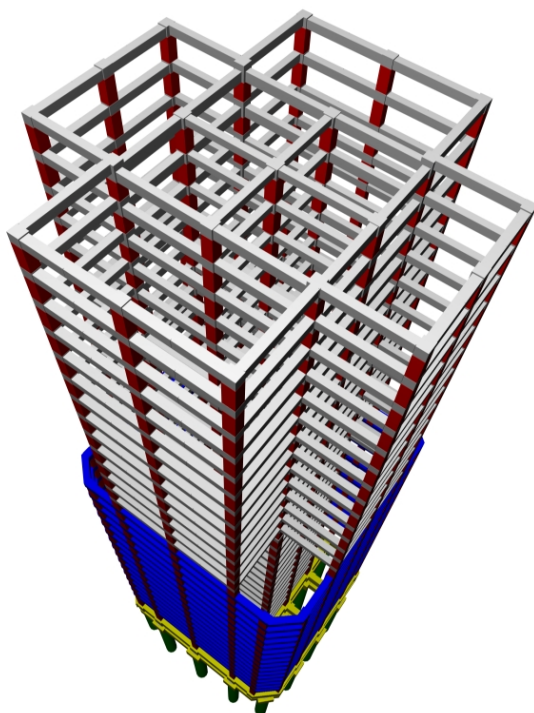


図-1 構造パース

表-1 使用材料

コンクリート (設計基準強度)		
PCa 柱	3階～16階	60N/mm ²
	17階～30階	36N/mm ²
PCa 梁	3階～16階	42N/mm ²
	17階～30階	36N/mm ²
PCa 小梁	3階～30階	24N/mm ²
鉄筋		
D41	柱 3階～16階	SD490
	柱 17階～30階	SD390
	梁 4FL～17FL	SD390
D32	梁 18FL～31FL	SD390
D29		SD390
D19～25		SD345
D16以下		SD295A
高強度せん断補強筋		KSS 785

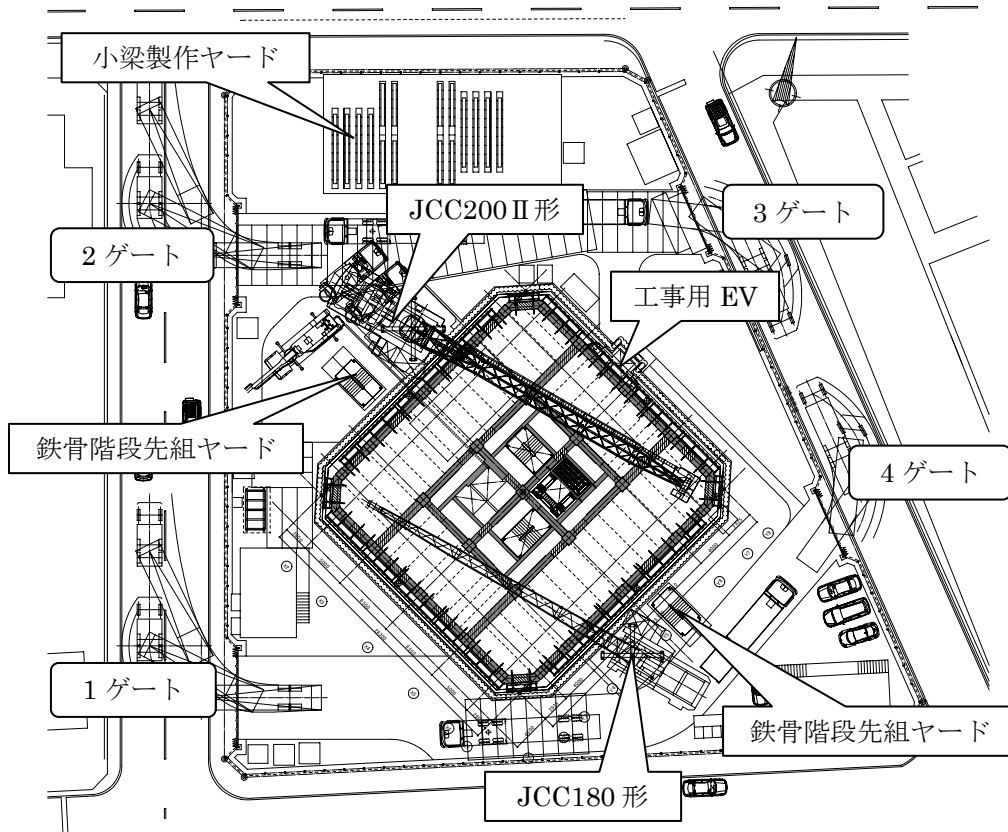


図-2 総合仮設計画図

表-2 全体工程表

(仮称) 港1丁目タワーマンション新築工事 工程表 <small>第1案 2004年 12月 1日 第2案 2004年 9月20日 (22.2月)</small>		<small>第1案 構造会社: ピーエス三菱 建築設計: 住友建設株式会社 構造設計: 株式会社ピーエス三菱 丸岡孝彦</small>																										
年 月	2004年9月	10月	11月	12月	2005年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2006年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
PHR	<small>PHR: 12月1日 - 12月31日</small>																											
PH1	<small>PH1: 12月1日 - 12月31日</small>																											
31F	<small>31F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
30F	<small>30F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
29F	<small>29F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
28F	<small>28F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
27F	<small>27F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
26F	<small>26F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
25F	<small>25F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
24F	<small>24F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
23F	<small>23F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
22F	<small>22F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
21F	<small>21F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
20F	<small>20F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
19F	<small>19F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
18F	<small>18F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
17F	<small>17F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
16F	<small>16F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
15F	<small>15F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
14F	<small>14F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
13F	<small>13F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
12F	<small>12F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
11F	<small>11F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
10F	<small>10F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
9F	<small>9F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
8F	<small>8F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
7F	<small>7F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
6F	<small>6F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
5F	<small>5F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
4F	<small>4F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
3F	<small>3F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
2F	<small>2F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
1F	<small>1F: 12月1日 - 12月31日</small>																											
基礎	<small>基礎: 12月1日 - 12月31日</small>																											
主な作業	<small>基礎工事, 1F-3F 鉄骨造, 4F-10F 鉄骨造, 11F-15F 鉄骨造, 16F-20F 鉄骨造, 21F-25F 鉄骨造, 26F-30F 鉄骨造, 31F 鉄骨造, 外構工事, 設備工事, 電気工事, 水道工事, 空調工事, 塗装工事, 清掃工事, 引渡準備</small>																											
予想される災害	<small>基礎工事: 土砂崩壊, 1F-3F 鉄骨造: 鉄骨落下, 4F-10F 鉄骨造: 鉄骨落下, 11F-15F 鉄骨造: 鉄骨落下, 16F-20F 鉄骨造: 鉄骨落下, 21F-25F 鉄骨造: 鉄骨落下, 26F-30F 鉄骨造: 鉄骨落下, 31F 鉄骨造: 鉄骨落下, 外構工事: 転倒, 設備工事: 電気感電, 水道工事: 漏水, 空調工事: 冷媒漏洩, 塗装工事: 粉塵, 清掃工事: 粉塵, 引渡準備: 引渡遅延</small>																											
防止対策	<small>基礎工事: 土留め, 1F-3F 鉄骨造: 足場, 4F-10F 鉄骨造: 足場, 11F-15F 鉄骨造: 足場, 16F-20F 鉄骨造: 足場, 21F-25F 鉄骨造: 足場, 26F-30F 鉄骨造: 足場, 31F 鉄骨造: 足場, 外構工事: 転倒防止, 設備工事: 絶縁, 水道工事: 止水, 空調工事: 配管固定, 塗装工事: 養生, 清掃工事: 養生, 引渡準備: 引渡検査</small>																											
安全行事	<small>基礎工事: 安全帯, 1F-3F 鉄骨造: 安全帯, 4F-10F 鉄骨造: 安全帯, 11F-15F 鉄骨造: 安全帯, 16F-20F 鉄骨造: 安全帯, 21F-25F 鉄骨造: 安全帯, 26F-30F 鉄骨造: 安全帯, 31F 鉄骨造: 安全帯, 外構工事: 安全帯, 設備工事: 安全帯, 水道工事: 安全帯, 空調工事: 安全帯, 塗装工事: 安全帯, 清掃工事: 安全帯, 引渡準備: 安全帯</small>																											

3.2 上部躯体工事概要

3.2.1 工法概要

図-3および図-4に各階の PCa 部材の平面割付図を示す。図中、斜線で示した部分は PCa 部材を接合するための場所打ちコンクリートを表している。図-5は一般部の部材の接合要領を示したものである。柱梁一体部材は、柱頭から突出した柱主筋をプレキャスト化したパネルゾーンに埋設したシース管へ貫通させ、モルタル充填により一体化する工法とした。柱脚部の接合はモルタル目地を設けて、一般的なモルタル充填式鉄筋継手により行った。

表-3にフロア当たり PCa 部材数、表-4に部材数量表を示す。

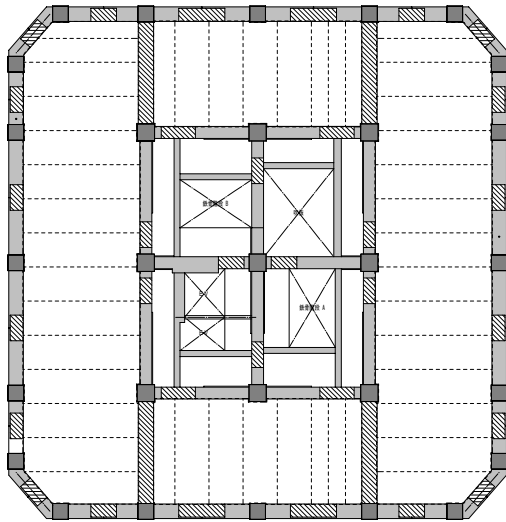


図-3 3階～16階平面割付図

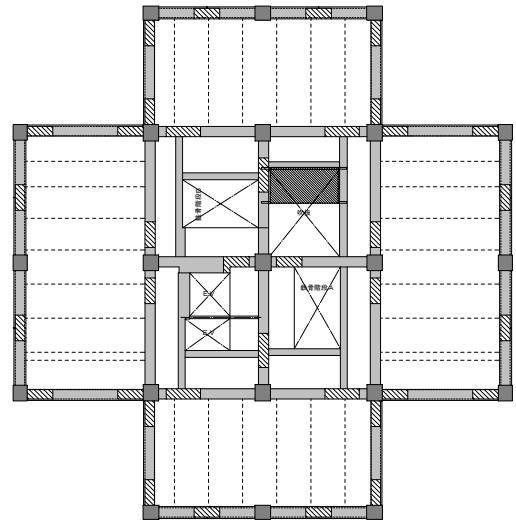


図-4 17階～30階平面割付図

表-3 フロア当たり PCa 部材数

	3～16階	17～30階
柱	29 P	21 P
大梁(柱梁一体型)	29 P	21 P
大梁(梁単体)	0 P	8 P
小梁	8 P	8 P
床板	46 P	34 P

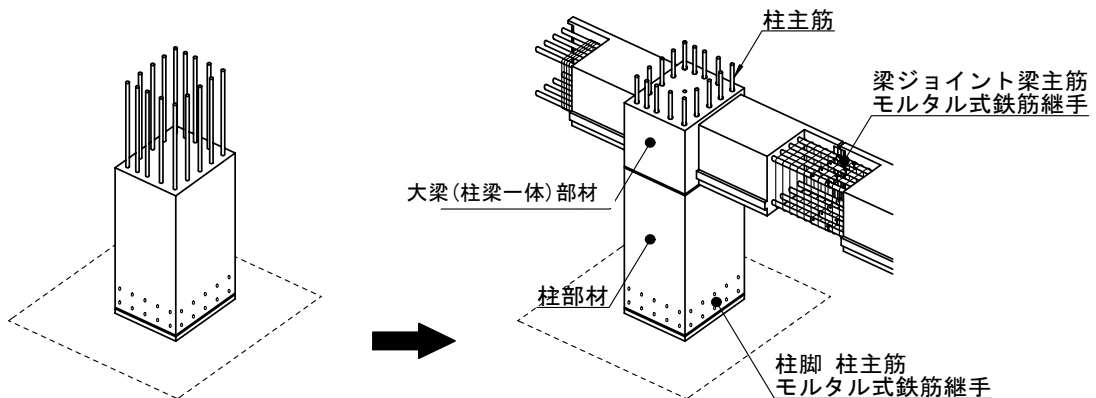


図-5 部材接合要領図

表-4 部材数量表

使用カ所	総重量 (t)	最大重量 (t)	面積 (m ²)	製作数 (P)	製作場所
外周柱	2316.6	4.9	—	525	ピーエス三菱 久留米工場
コア柱	934.2	5.8	—	196	富士ピー・エス 小竹工場
大梁(柱梁一体型)	5186.7	11.7	—	700	富士ピー・エス 小竹工場
大梁(梁単体)	529.2	5.0	—	112	ピーエス三菱 久留米工場
小梁	460.3	4.0	—	224	現場製作ヤード
床板	2274	2.3	13901	1124	富士ピー・エス 小竹工場

大梁部材を柱梁一体とした場合 PCa 部材の形状は複雑となり、部材費の面ではコストアップの要因となる。にもかかわらず今回この工法を採用した理由は以下の通りである。

- ①クリティカルパスからコンクリート打設を外しサイクル工程を短縮できる。
- ②低層部の柱に用いる高強度コンクリートをすべて工場製品とすることができる。
- ③大梁端部の下端筋を2段筋として梁せいを抑えることができる。

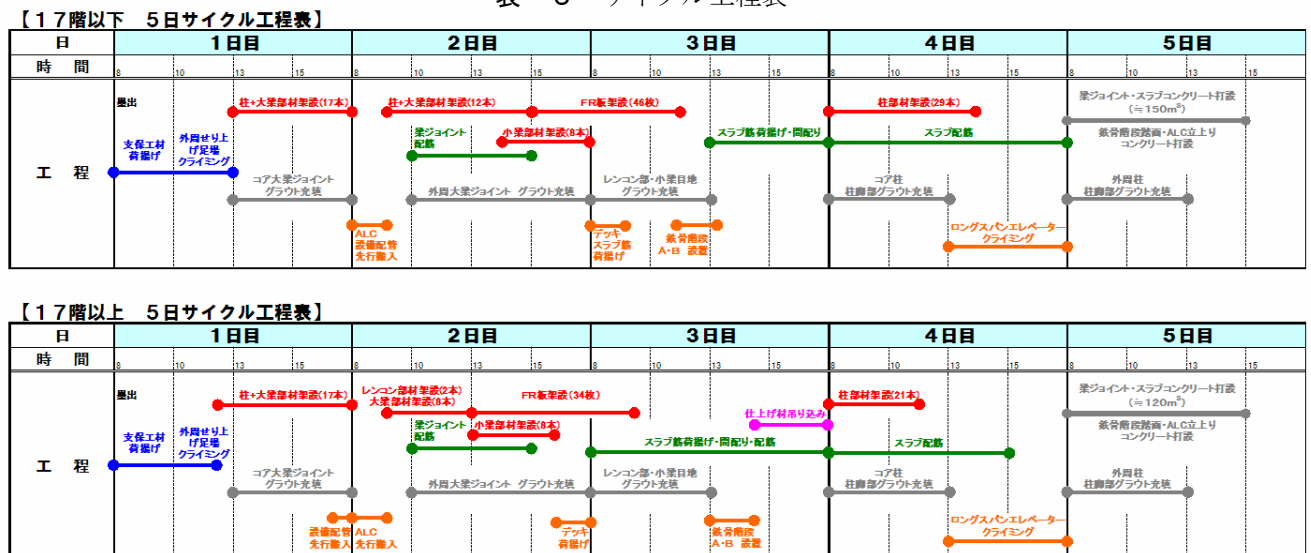
従来の PCaRC 積層工法の場合、柱の建方はパネルゾーンのコンクリートとスラブコンクリートの打設後に行われてきた。この方法では、梁を架設後にパネルゾーンの配筋・型枠・コンクリート打設といった作業がクリティカルパスに入るために最低でも7~8日サイクルとなる。平面的な規模がさほど大きくないタワーマンションの場合、クレーンの稼働率が極端に落ちることになり不経済である。

また、高強度コンクリートの現場施工が一般化されてきたとは言え、その施工管理は通常強度のコンクリートより多くの管理項目が求められ、その要求もシビアである。施工の合理化のためには 60N/mm² 以上の高強度コンクリートは現場打ちとしないことが望ましい。

設計的な観点からは、梁にはなるべく多くの鋼材を納めて梁せいを抑えて階高を低く設定したい。梁主筋を2段筋にして曲げ耐力を上げることが有効であるが、架設時にパネルゾーンで主筋を交差させる従来工法の場合、機械式継手などの材料増と施工性の悪化からコストアップ要因となる。本建物の場合、これらの要因によるコスト増が PCa 部材形状の複雑化による部材費の増を上回るため、よりコストメリットがある今回の PCa 化工法が採用された。

図-6 に PCa 部材組立手順を、表-5 にサイクル工程表を示す。クレーンによる PCa 部材の組立作業は4日で完了した。5日目はクレーンは架設作業が無いため、外壁や仕上げなどに必要な資材揚重を行うことができる。

表-5 サイクル工程表



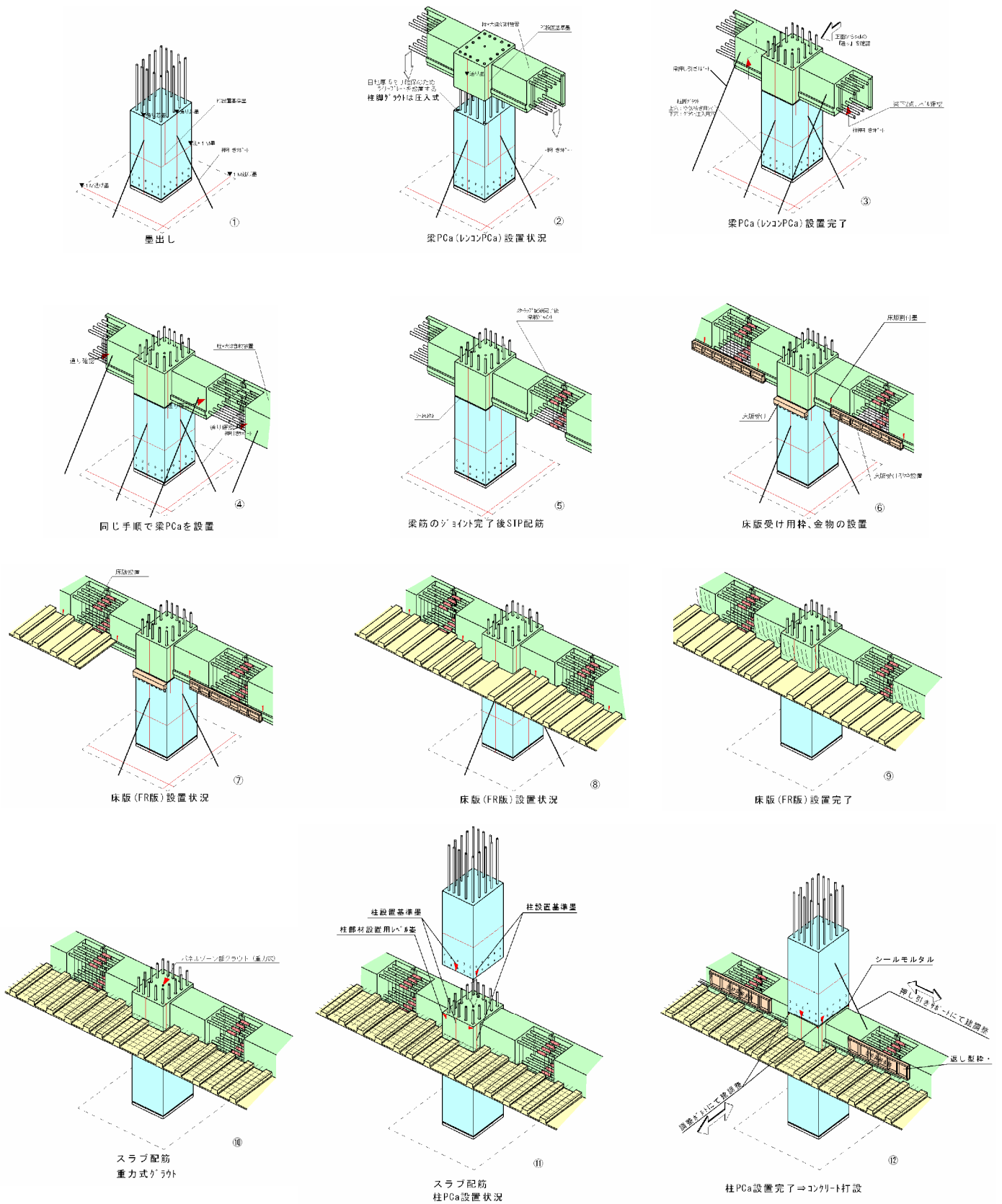


図-6 PCa 部材組立手順

3.2.2 PCa 部材形状

(1)柱部材

柱部材の断面寸法は 1000×1000, 900×900, 800×800 の 3 種類で上層階にいくにつれて絞られている。部材の形状は図-5 に示した様に、スラブ天端から梁下端レベルまでをコンクリート製品として、その上にパネルゾーンと上層階柱のスリーブに差し込む分の鉄筋が突出している。コンクリート部分の高さは約 2m で外周柱においては 3 面のタイルを工場で打ち込んでいる。

(2)大梁部材 (柱梁一体部材)

柱パネルゾーン付梁部材でスパン内において梁ジョイントが存在する。ジョイント長さは鉄筋継ぎ手の施工スペース、揚重機の部材吊り上げ能力、運搬車両の制約を踏まえ 1.5m から 2.0m とした。

また外周ジョイント部においては外面がタイル貼りとなるため、梁部端部から厚み 80mm の薄肉部を伸ばした形状としている。図-7 に柱梁一体型外周部部材形状を示す。

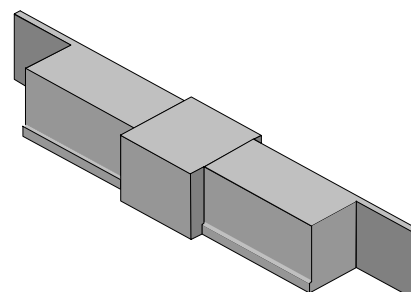


図-7 柱梁一体型外周部部材形状図

(3)床板

床板スパンは 6m を超えるため、プレストレスコンクリート合成床板にする必要があった。また、天井は床板の裏面に直仕上げとなることから、上リブタイプの PC 合成床板を採用した。

3.3 部材の架設

部材の架設にはタワークレーン JCC200Ⅱ形・JCC180 形の計 2 基を使用し、それぞれの架設作業分担を設定し 1 フロアの部材を 4 日間で組み立てた。表-6 に架設順序および架設作業分担を示す。

表-6 架設順序および架設作業分担

建方 順序	部材名	3 階から 16 階		17 階から 30 階	
		JCC200Ⅱ形	JCC180 形	JCC200Ⅱ形	JCC180 形
①	N 階 大梁(柱梁一体型)	15P	14P	11P	10P
②	N 階 大梁(梁単体)	—	—	4P	4P
③	N 階 小梁	8P	—	8P	—
④	N 階 PC 床板	15P	31P	9P	25P
⑤	N+1 階 柱	15P	14P	11P	10P

3.3.1 柱部材

柱部材は寝かした状態で現場に搬入し、車両荷台上で建て起こして架設した。建起しに支障がないように部材の間隔・枕木の高さを調整し、現場では吊り治具が柱頭部から突出した主筋に干渉しないように計画した。写真-1 に柱建起し状況を示す。

通常柱部材の据付精度は±5mm を管理目標値とするが、タイル打ち込み部材ではタイル目地の通りが優先となる。本工事ではタイル目地巾の約半分の±3mm を許容誤差に設定した。建入れの微調整は柱脚に仕込まれたレベル調整用ボルトと斜めサポートにて行った。写真-2 に柱荷揚げ状況、写真-3 に柱据付状況を示す。

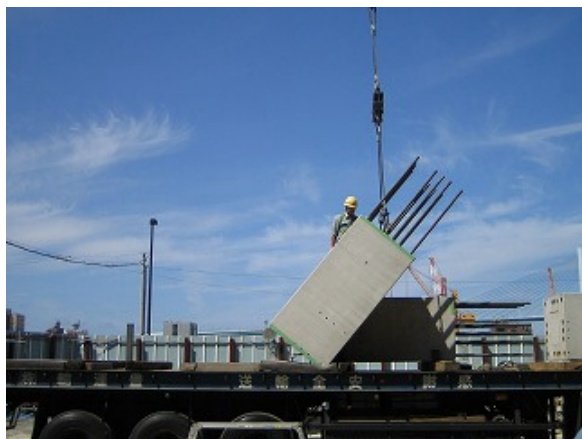


写真-1 柱建起し状況

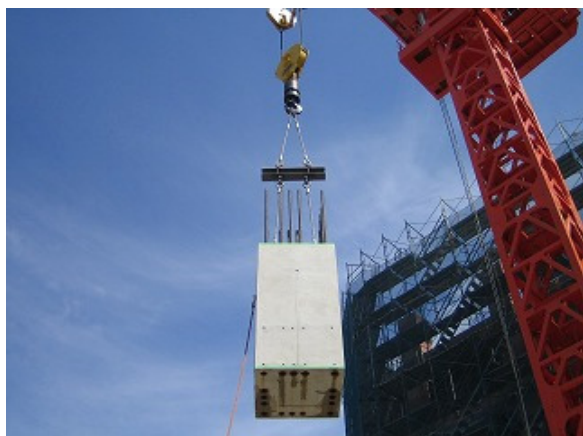


写真-2 柱荷揚げ状況



写真-3 柱据付状況

3.3.2 大梁（柱梁一体型）部材

柱梁一体型の大梁部材はパネルゾーンのシースに柱主筋を通す必要があるため、架設時には水平を保っている必要がある。この部材は重心が部材中央からずれているため、チェーンブロックで水平を調整してから架設した。また D41 の柱主筋を 12 本同時にパネルゾーンのシースに挿入させなければならないため、コーナー 2 本の主筋にプラスチック製のパイプを取付けて架設時のガイドとした。写真-4 に梁部材タイプ毎の荷揚げ状況、写真-5 に主筋挿入状況、写真-6 にレンコン梁据付状況を示す。

部材の微調整は柱頭部に仕込まれたレベル調整用ボルトと、梁部材先端に取り付けた斜めサポートおよび垂直サポートにて、レベル・通りの調整を行った。

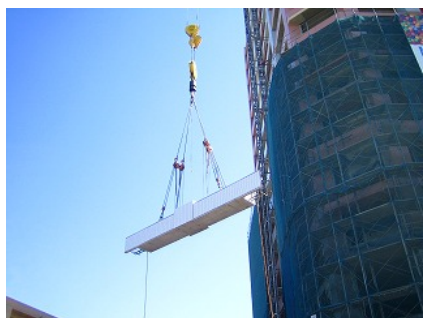


写真-4 梁部材タイプ毎の荷揚げ状況



写真-5 主筋挿入状況



写真-6 レンコン梁据付

3.3.3 小梁部材

小梁部材の製作は将来前庭や駐車場となる敷地内のスペースで行った。製作ヤードは躯体サイクル工程とコンクリートの強度発現を考慮し2フロア分(16P)が配置出来る計画とした。また、小梁据付周辺は開口部となるヵ所が多いため、スラブコンクリート止め枠を荷揚げ前に取り付け施工階での省力化を図った。

部材の荷揚げは、タワークレーンの能力を最大限に活用するために2部材同時に行った。写真-7に小梁製作状況、写真-8に小梁荷揚げ状況、写真-9に小梁据付状況を示す。



写真-7 小梁製作状況



写真-8 小梁荷揚げ状況



写真-9 小梁据付状況

3.3.4 床板

PC床板の荷揚げはタワークレーン能力では治具を工夫すれば4枚程度の同時吊り上げが可能だったが、工程に及ぼす影響が小さかったことと据付時の安全面に配慮して2枚吊りとした。据付は両端部を梁部材にあずけた後に、中央部において枠組み支保工によりサポートした。写真-10にPC板荷揚げ状況、写真-11にPC床板据付状況、写真-12にPC床板中央部支保工状況、写真-13にFR床板据付全景を示す。



写真-10 PC床板荷揚げ状況



写真-11 PC床板荷揚げ状況



写真-12 PC床板中央部支保工状況

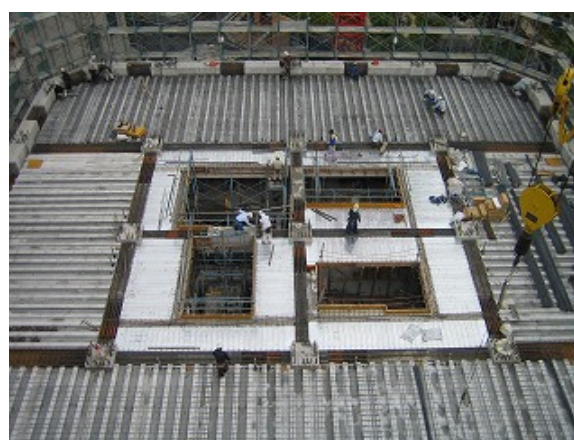


写真-13 PC床板据付全景

3.4 グラウト工事

3.4.1 グラウト工事概要

本工事に生じるグラウト工事は、柱目地・パネルゾーン内シース管・モルタル式鉄筋継手である。本工事では鉄筋継手にスプライススリーブを採用しているため、グラウト材料も日本スプライススリーブ株式会社製造のSSモルタル(25kg/袋)を使用した。表-7にグラウト品質管理項目、表-8にグラウト施工場所および使用器具、図-8にグラウト施工概要図を示す。

表-7 グラウト品質管理項目

標準使用水量 (1袋)	練混ぜ時間	コンシステンシー (J14漏斗使用)	圧縮強度規格値 (供試体形状φ5cm×10cm)
3.9kg/以下	約2分	10±5秒	70N/mm ²

練り混ぜたグラウト温度は、10℃以上かつ35℃以下を標準とし、5℃以下または40℃以上となる恐れがある場合は、ヒーターまたは氷で練り上がり温度を調整した。

表-8 グラウト施工場所および使用器具

施工順序	施工場所	使用器具
①	柱脚部 (水平目地+柱主筋継手)	電動式ポンプ (OKG-10M) ・ハンドミキサー
②	大梁 JOINT 部 (梁主筋継手)	簡易注入機 (ツマール改良型) ・ハンドミキサー
③	大梁・小梁接合部 (部材鉛直目地)	充填用バケツ ・ハンドミキサー
④	大梁柱梁一体部材パネルゾーン部 (水平目地+柱主筋貫通孔)	カラーコーン ・ハンドミキサー

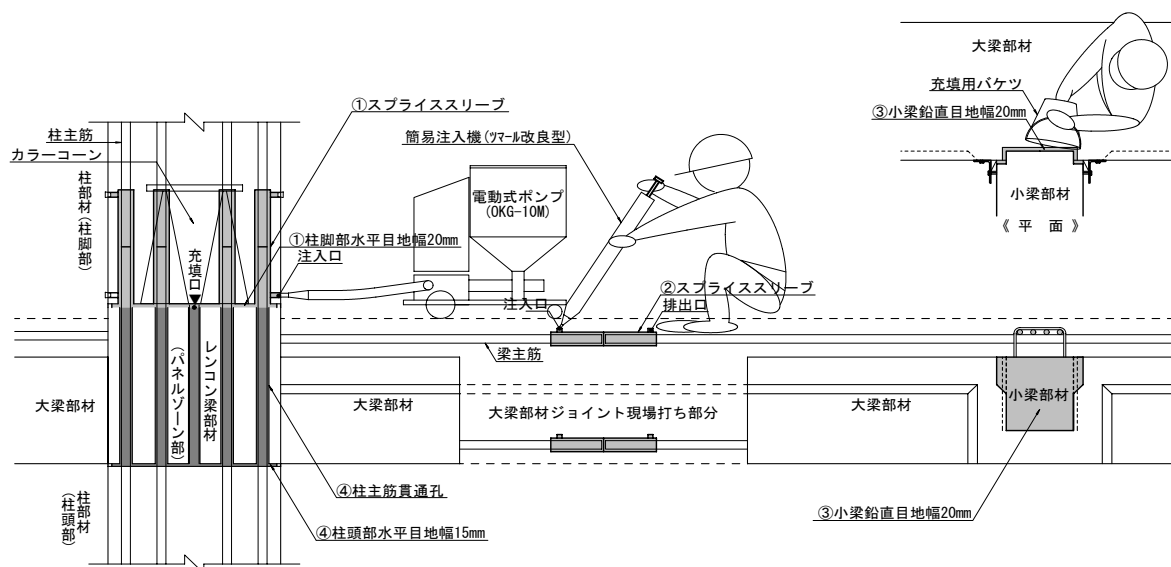


図-8 グラウト施工概要図

3.4.2 プレキャスト目地型枠

計画段階で目地型枠の施工法として、木型枠・ゴムスポンジ系型枠・モルタル型枠を比較検討した結果、下記の理由でモルタル型枠を採用した。

- ① タイル打ち込み部材であるため、型枠固定用インサート・ボルトを省略したい。
- ② 目地シーリング厚を確保するため、モルタルを部材面より 15mm 奥で止める必要がある。
- ③ モルタル型枠は目地内に充填される無収縮モルタルと同じ材料を使用するため、型枠材料が不要である。

施工方法は、水を約 2.6kg/袋で配合した硬練りモルタルを、簡易注入器で目地部に盛り付け外側をコテ仕上げとする。また断面コーナー部まで確実に無収縮モルタルが充填されるように番線等で 5φ程度のエア抜き孔を設け、モルタル充填時にはこの孔からモルタルの流出を確認する。なお、エア抜き孔はごく少量のセメントペーストが流出した後に材料内の細骨材により閉塞するため栓などをするは必要ない。

写真-14にモルタル型枠施工状況、写真-15にエア抜き部モルタル流出状況を示す。



写真-14 モルタル型枠施工状況



写真-15 エアー抜きモルタル流出状況

3.4.3 柱脚部目地および鉄筋継手グラウト充填

充填作業は以下の手順で行った。

- ① 柱脚部に存在するスプラインスリーブの孔に、注入ロカ所を除きストッパー付ゴム栓を取付ける。
- ② エアー通しを行い、スリーブ内が封鎖されていないか確認する。
- ③ 電動ポンプにて練り混ぜたグラウト材を圧送する。
- ④ ゴム栓の紐が全て飛び出したのを確認し充填を完了する。

写真-16に柱脚部充填箇所、写真-17に柱脚部充填状況、図-9にゴム栓のしくみ、写真-18にゴム栓充填前状況、写真-19にゴム栓充填後を示す。



写真-16 柱脚部充填箇所



写真-17 柱脚部充填状況

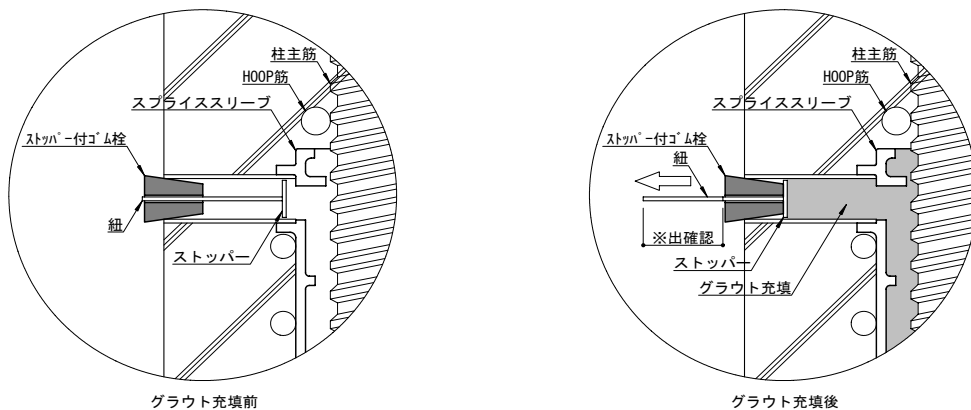


図-9 ゴム栓のしくみ



写真-18 充填前ゴム栓状況



写真-19 充填後ゴム栓状況

3.4.4 大梁ジョイント部鉄筋継手グラウト充填

大梁ジョイント部では各梁主筋のスプライススリーブ1本毎に、簡易注入器を使用し充填した。

充填翌日にスプライススリーブ小口パッキンの隙間からの漏れ、およびエア溜まりによってグラウトが沈下していないか注入・排出口を点検し、沈下が見られる場合は再充填を行った。

写真-20に大梁ジョイント部充填状況を示す。



写真-20 大梁ジョイント部充填状況

3.4.5 パネルゾーン部グラウト充填

グラウト充填は重力式とし、パネルゾーンの中央部に設けた60φの充填口より流し込んだ。グラウト材は柱頭部の水平目地を充填した後、柱主筋が通っている貫通孔をパネルゾーン天端まで上がって来たことを確認して完了となる。

施工初期には、電動ポンプによりグラウトを圧送していたが、ホンプ・ホースの移動や清掃に時間を取られ作業効率が悪かった。そこで、カラーコーンの先端をカットしたものを、逆さまに架台にセットし重力により流し込む方法に変更した。重力式の問題点としてはグラウト落下時のエア巻き込みの心配がある。対策としてグラウト誘導棒を予め充填口に差し込み、棒を伝って落下させエアの巻き込みを防止した。写真-21にパネルゾーン部充填状況、写真-22にパネルゾーン部充填完了を示す。



写真-21 パネルゾーン部充填状況



写真-22 パネルゾーン部充填完了

4. まとめ

本工事は予定通り 2006 年 9 月 25 日に竣工し、博多湾の新たなランドマークとしてその姿を表した。既に居住者も入居済みである。

今回採用した工法は、プレキャスト部材とする部位が多いため、いわゆる現場合わせ的施工は出来なかった。部材の製作前に、PCa 部材の鉄筋の納まりは元より、タイル割付、打ち込み金物等多くの検討が必要で、多大な労力と時間を費やした。検討には建物本体のみならず、仮設に関する事項も多かった。その甲斐あって、現場が実際に動き始めてからは大きなトラブルもなく、厳しい工期設定にも十分に対応することが出来た。

最後に、このプロジェクトに際して、多くの方々から貴重なアドバイスを多々頂いた。この場をお借りしてお礼を申し上げたい。