

RC 造超高層集合住宅の施工 —小松川グリーンタウン A 棟—

Construction of High-rise Reinforced Concrete Condominium
—Komatsugawa Green Town, "A" Block—

近藤 晴貞*
Harusada Kondo

小池 一之**
Kazuyuki Koike

要 約

地上33階建、 $F_c=480\text{kg f/cm}^2$ の高強度コンクリートを使用した RC 造超高層集合住宅(小松川グリーンタウン A 棟)の施工について述べたものである。当工事では各種プレハブ化工法を採用し省力化を図ると共に、高品質の躯体を確保している。また、柱・梁・スラブとも現場打ちコンクリート、揚重機1基という条件下では画期的な1フロア6日のサイクル工程を確立し、躯体工期を短縮すると同時に、歩掛り向上によるコストダウンに成功している。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 総合仮設計画
- §4. 工法概要
- §5. 工程計画
- §6. コンクリートの品質管理
- §7. おわりに
- §8. 謝辞

§1. はじめに

近年、各地で再開発事業が活発に展開され、そのシンボルタワーとして、あるいは土地の高度利用を目的として超高層集合住宅の建設が行われるようになってきた。

小松川グリーンタウン A 棟は亀戸・大島・小松川地区再開発計画区域内に建つ、住宅・都市整備公団による地上33階、戸数378戸の集合住宅である。竹中工務店・西松建設共同企業体の施工により、現在躯体工事を完了し平

成2年3月の竣工に向けて鋭意仕上工事が進められている。完成の折には、横を流れる荒川と調和したすばらしい景観を創り出すと共に、そこで生活する人には潤いのある生活空間が提供されるものと思われる。

本建物の特徴は、上部構造が純ラーメン構造の鉄筋コンクリート造(以下 RC 造と記述する)で、 $F_c=270\sim 480\text{kg f/cm}^2$ の高強度コンクリートを使用していることである。施工に際しては各種のプレハブ化工法を採用し省力化を図ると共に高品質の躯体を確保するよう計画した。

また、施工途中でのサイクル工程の見直しにより柱・梁・スラブが現場打ちコンクリート(但し、スラブは薄肉 PC 板使用)、タワークレーン1基という条件下では画期的な、1フロア6日のサイクル工程を達成し、躯体工期を短縮している。

本報告では、当建物の施工法、6日のサイクル工程を達成した経緯、高強度コンクリートの品質管理について報告する。

§2. 工事概要

工事名称：小松川グリーンタウン A 棟(民間開発)建

*東京建築(支)公団小松川(出)主任
**東京建築(支)公団小松川(出)

設工事

工事場所：東京都江戸川区小松川1-2-1
 企業先：住宅都市整備公団東京支社
 設計監理：竹中・西松建設工事共同企業体
 施工：竹中・西松建設工事共同企業体
 工期：昭和63年4月1日～平成2年3月11日
 敷地面積：12,044.67㎡
 建築面積：1,508.23㎡
 延床面積：29,518.94㎡
 階数：地下1階、地上33階、塔屋1階
 軒高：GL+97.8m
 最高高さ：GL+103.1m
 用途：共同住宅378戸
 構造：基礎

- ・連続壁（柱・梁筋内蔵型）

W=1,000~1,350

H=GL-42m

S=5,100㎡

- ・リバース杭（GL-42m）

φ=2,000, " 2本

φ=2,600, " 22本

上部構造

- ・RC造（純ラーメン構造）

- ・コンクリート

$F_c=360\text{kg f/cm}^2$ （基礎）

$F_c=480\text{kg f/cm}^2$ （B1~8 F）

$F_c=450\text{kg f/cm}^2$ （9~14F）

$F_c=420\text{kg f/cm}^2$ （15~19F）

$F_c=360\sim 270\text{kg f/cm}^2$ （20~33F）

- ・鉄筋

SD40/D41~SD30/D10

基準階平面図を Fig. 1, 断面図を Fig. 2, 代表的な柱・梁断面を Table 1, 構造歩掛りを Table 2 に示す。なお、内部柱は4 F, 外周部柱は9 F 及び4隅柱は12Fまでそれぞれ芯鉄骨を使用している。

§ 3. 総合仮設計画

Fig. 3 に総合仮設計画図を示す。当建物敷地は超高層

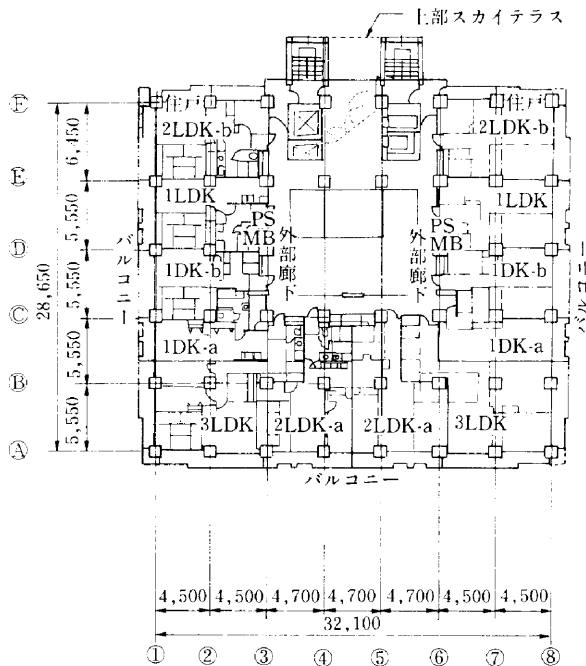


Fig.1 基準階平面図

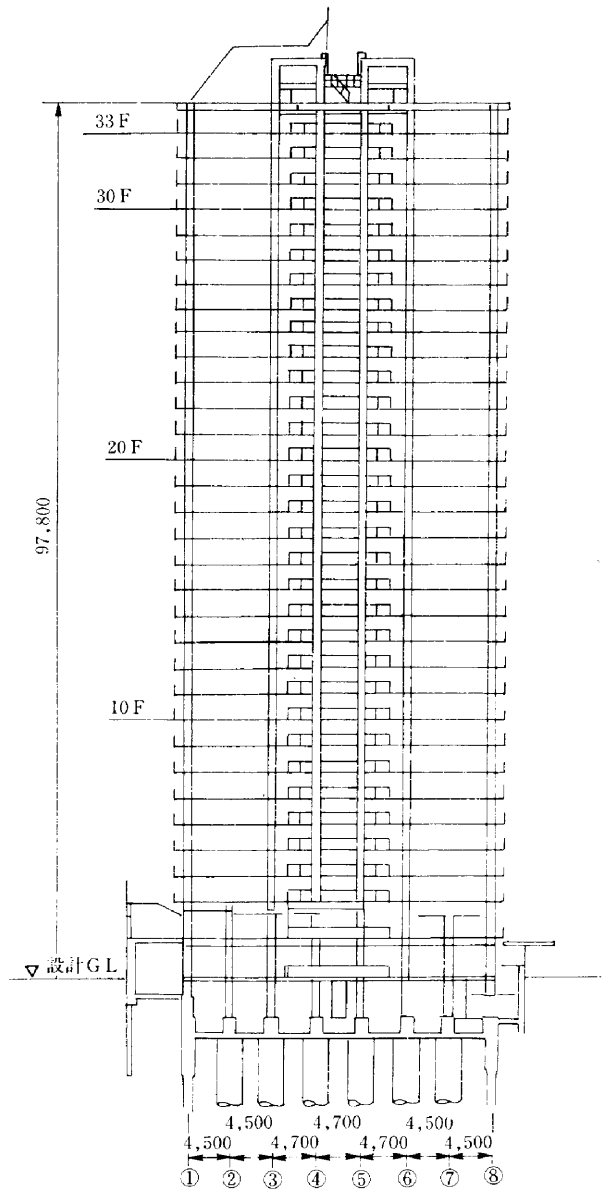


Fig.2 断面図

Table 1 柱・梁断面

断面形状	[Diagram 1: Grid Reinforcement]				[Diagram 2: End Section]			[Diagram 3: Middle Section]			
	階数	B×D	主材	主筋	フープ	端部			中央		
						B×D	主筋	スターラップ	B×D	主筋	スターラップ
	33	800×800	—	12-U D29	4,4 -L D13@125	450×700	↑4-U D29 ↓4-U D29	4-L D10 @125	450×700	↑3-U D29 ↓3-U D29	3-L D10 @125
	15	850×850	—	16-U D38	5,4 -L D16@100	600×700	↑4+2-U D35 ↓4+2-U D35	4-L D16 @150	600×700	↑4-U D35 ↓4-U D35	4-L D16 @175
	2	950×950	4-L 90×90×22	20-U D41	5,5 -L D16@100	650×1,000	↑4+1-U D35 ↓4+3-U D35	4-L D16 @125	650×1,000	↑4-U D35 ↓4-U D35	4-L D16 @150

* U D = S D 40 L D = S D 30

Table 2 構造歩掛り

構造歩掛り (換算面積31,983.13㎡)

C/A	F/A	F/C	R/A	R/C	S/A	S/C
0.47	2.21	4.69	112	236	5	11

C: コンクリート総数量(㎡), A: 延床面積(㎡), F: 型枠数量(㎡), R: 鉄筋数量(kg), S: 鉄骨数量(kg)

RC造の建物を施工するには狭いうえ、隣接建物(B-1棟, D棟)が同時施工であることから、仮設計画上かなりの制約を受けた。敷地条件及び厳しい予算面の制約から当初計画では2基であったタワークレーンを内部吹抜部に1基(JCC-2DDH)を配置し、その作業半径内に各種ヤードを設けた。また、補助クレーン(OJ-1005)を設置し梁型枠材の揚重を行った。仕上材の揚重は全て高速リフト(小川 WH 形油圧式, 2.0t), 作業員の昇降は人荷エレベーター(菱野 HCE-1000A, 定員15人)で行った。なお、鉄筋ストックヤードには荷捌き用に50t クローラークレーンを設置した。

§4. 工法概要

本工事で採用した工法は以下のとおりである。

- ① 柱・梁鉄筋とも先組鉄筋とする。
- ② 柱・梁型枠ともユニット化する。

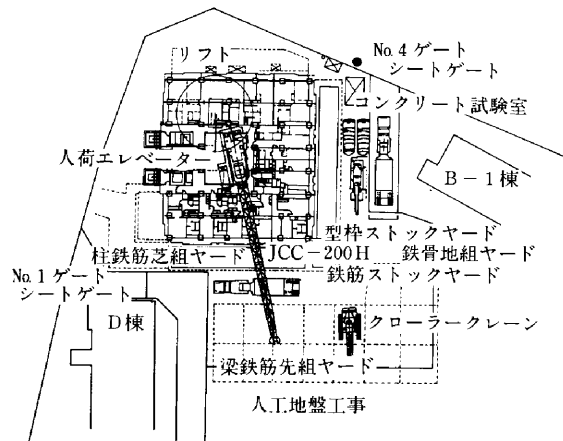


Fig.3 総合仮設計画図

- ③ 鉄骨階段部及びEVシャフト部の小梁はPC化する。
- ④ 柱・梁コンクリートは現場打ちとする。
- ⑤ スラブは薄肉PC板, パルコニーは立上り付薄肉PC板を使用し, 上部コンクリートは現場打ちとする。
- ⑥ コンクリートはVH分離打設とする。
- ⑦ 外部階段の鉄骨は先組とする。
- ⑧ 外壁はALC, 戸境壁は乾式耐火遮音壁で躯体工事終了後順次取付ける。
- ⑨ 作業量を平準化するため, 1フロアを2工区に分割し施工する。

4-1 仮設工事

無足場施工とする。ただし4隅柱についてはコーナー足場を、外部の墜落・落下防止については養生ユニット

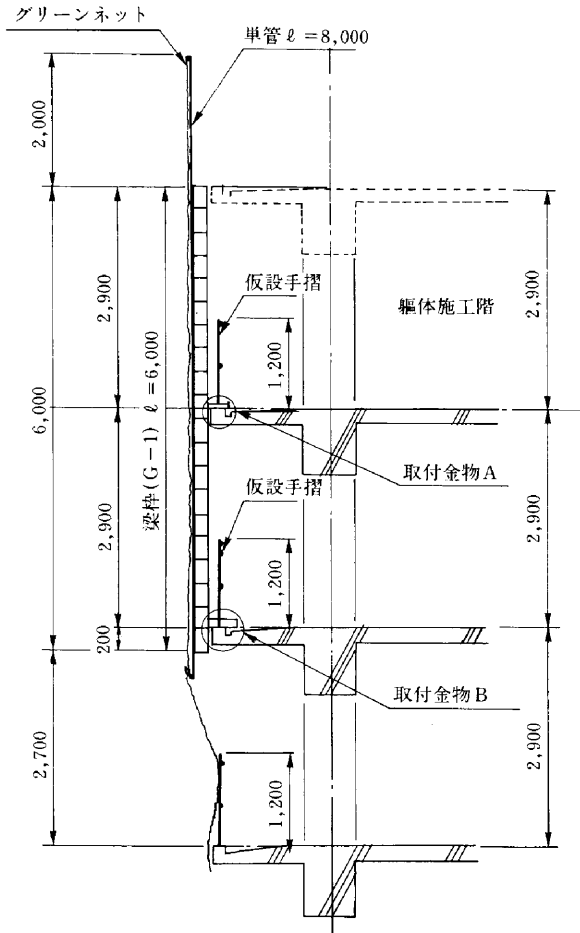


Fig.4 養生ユニット枠

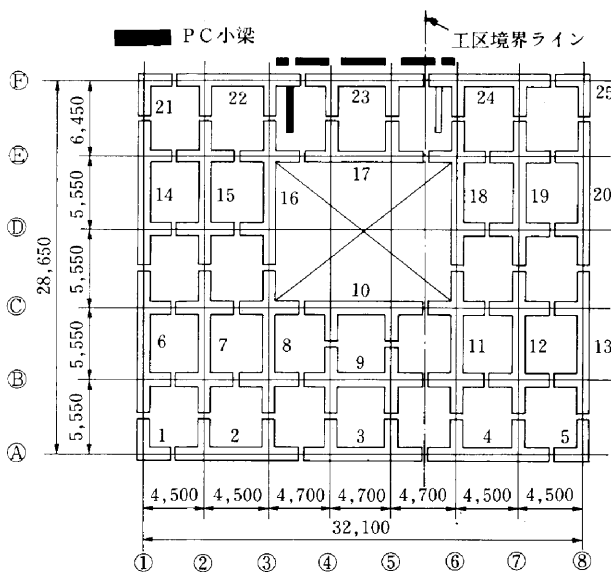


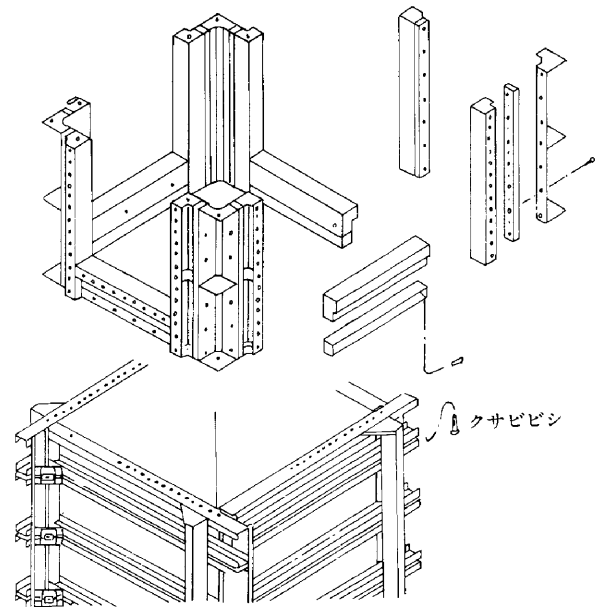
Fig.5 梁ユニット分割図

枠を設置し1フロア毎にクライミングする。養生ユニット枠は建物1辺について4ユニットで構成する。Fig. 4に養生ユニット枠を示す。

4-2 鉄筋工事

柱鉄筋は1フロア分を1ユニットとした先組鉄筋、梁鉄筋はFig. 5に示すユニットに分割した先組鉄筋とする。Fig. 5には工区分割位置を同時に示す。フープ筋は

柱首型枠の組立図



柱型枠組立図

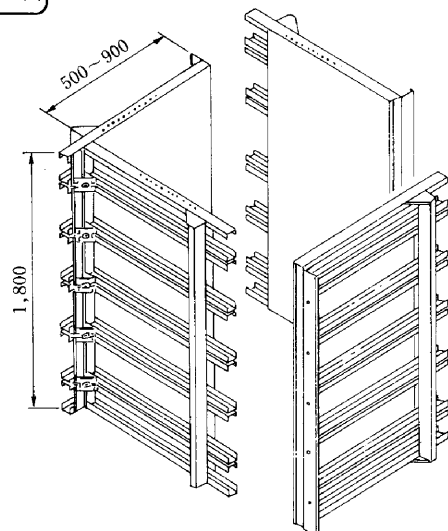


Fig.6 柱ユニット型枠図

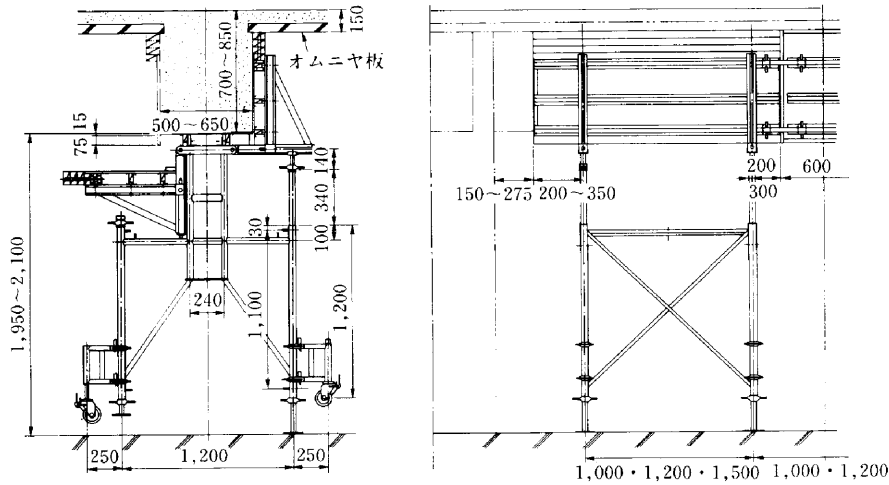


Fig.7 梁ユニット型枠図

あらかじめ格子状に組立てられた溶接格子フープを、スターラップは中子筋とも閉塞形のFBリングを、スラブ上端筋はメッシュ筋を使用する。柱・梁主筋の継手は継手性能判定基準でA級継手の評定を得ているエンクロード溶接（NK法）とした。独自に定めた基準に従い超音波探傷検査及び引張試験を実施し、その品質管理を行った。

4-3 型枠工事

Fig.6に柱, Fig.7に梁のユニット型枠を示す。柱型枠は4枚のパネルと柱首部分で構成する。パネルはアルミ補強材と合板から成りコーナー金具で外部より締付ける形式となっている。柱首部分は鋼板製である。梁型枠は支保工部材と3枚のパネルで構成し、パネルはアルミ補強材、合板及び堅木を組合せたものである。柱パネルについては合板のみをノコ切断することで、また、柱首部分、梁の3枚のパネルについてはあらかじめ組込んである小巾パネル及び堅木を順次取りはずしていくことで断面寸法の変化に対応するよう計画している。

型枠の脱型はコンクリート強度により、柱は80kg f/cm²以上、梁は210kg f/cm²以上の強度を確認したうえで行っている。柱型枠は4枚のパネルのみを先行で解体し、型枠ストックヤードに集積する。柱首部分は梁型枠と同時期に解体する。梁型枠は梁側パネルを引き倒したうえで脱型し、水平移動後、EVシャフト部に設置した仮設ステージ上から使用階へ揚重する。以上脱型・転用を考慮して、柱パネルは1フロア分を、柱首部分及び梁型枠は2フロア分を用意した。したがって柱パネルの合板は30回転用に耐える材料として厚さ15mmのコーティング合板を、梁パネルの合板は15回転用に耐える材料として厚さ

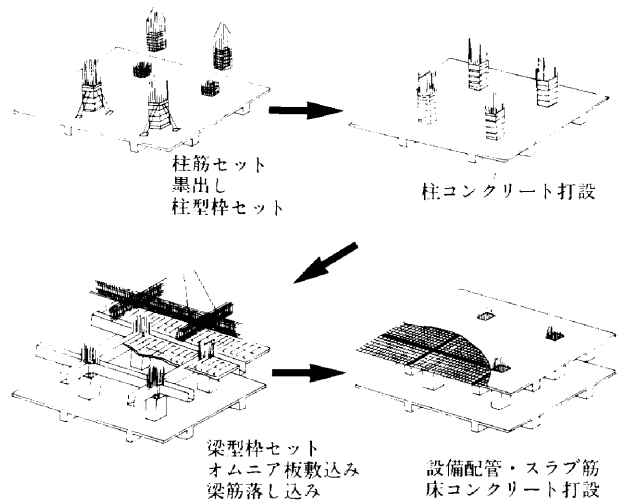


Fig.8 施工順序図

12mmのコーティング合板を使用した。

4-4 コンクリート工事

パネルゾーンにおける配筋が高密度であるため、従来のような柱・梁一体打設では柱コンクリートの品質を確保することが困難である。そこで、当工事ではVH分離打設とした。柱コンクリートは3m³用バケツにフレキシブルホースを取付けて打設し、梁・スラブコンクリートはポンプ車により打設した。

薄肉PC板は、現場敷地の関係から工場生産とし、運搬の都合上1スパンを2~3分割としている。

4-5 施工順序

Fig.8に施工順序を示す。

4-6 施工記録写真

Photo 1~Photo 12に施工写真を示す。



Photo 1 現場全景

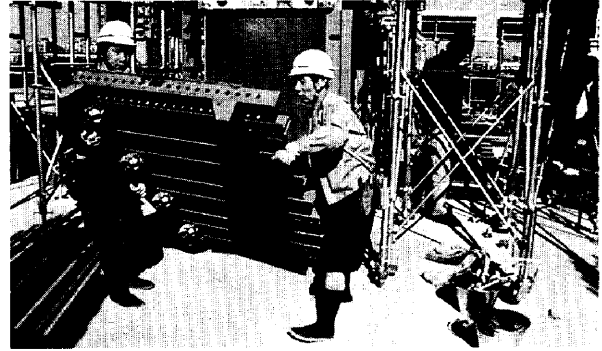


Photo 5 柱型枠解体



Photo 2 柱型枠組立

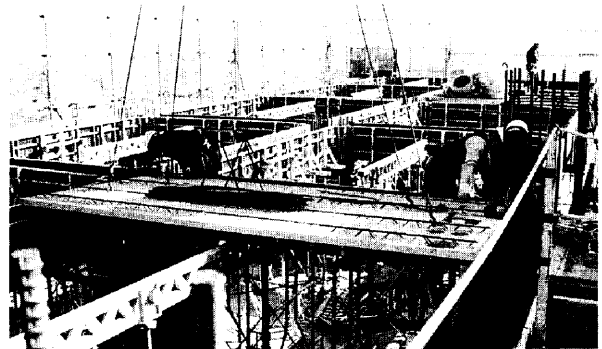


Photo 6 薄肉PC板敷込み

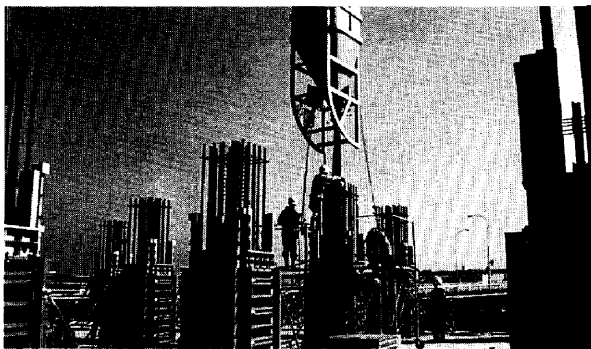


Photo 3 柱コンクリート打設

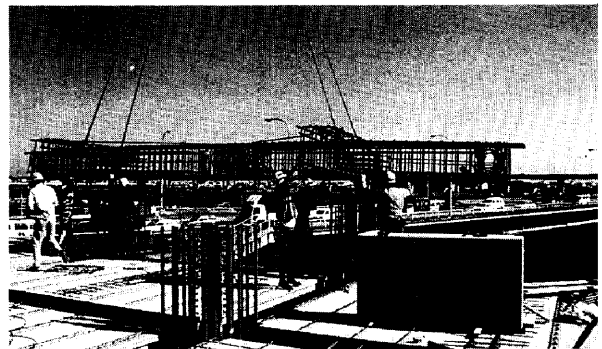


Photo 7 梁鉄筋吊込み

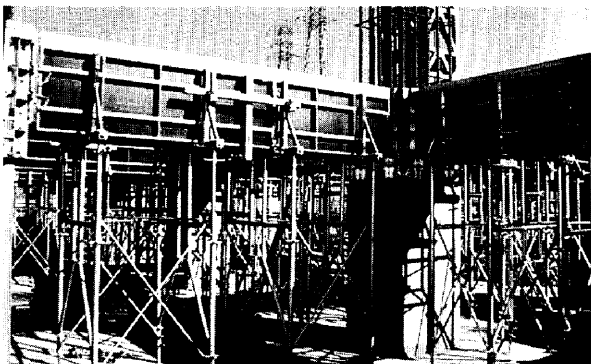


Photo 4 梁型枠組立

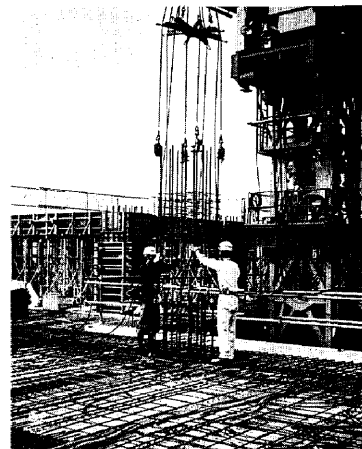


Photo 8 柱鉄筋吊込み

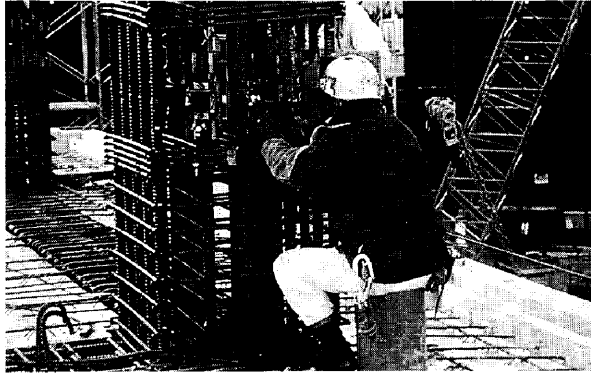


Photo 9 柱主筋溶接

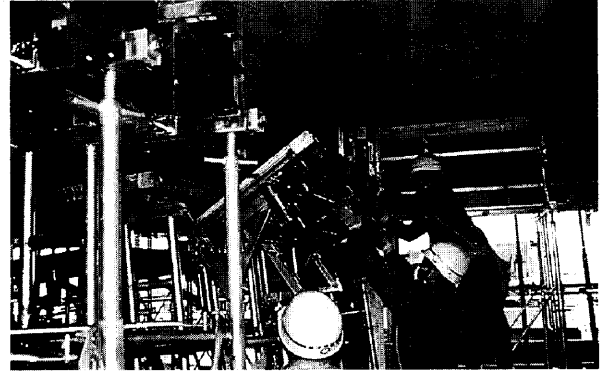


Photo 11 梁型枠解体



Photo 10 梁スラブコンクリート打設

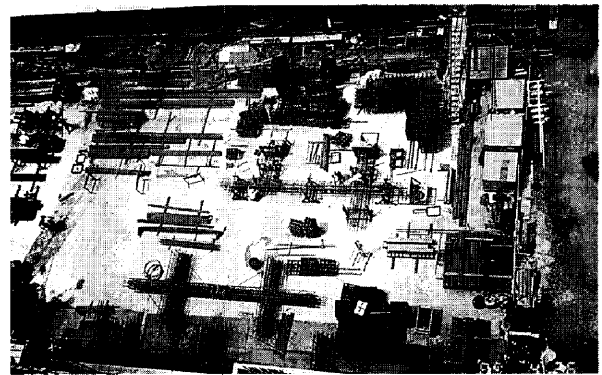


Photo 12 梁鉄筋先組ヤード

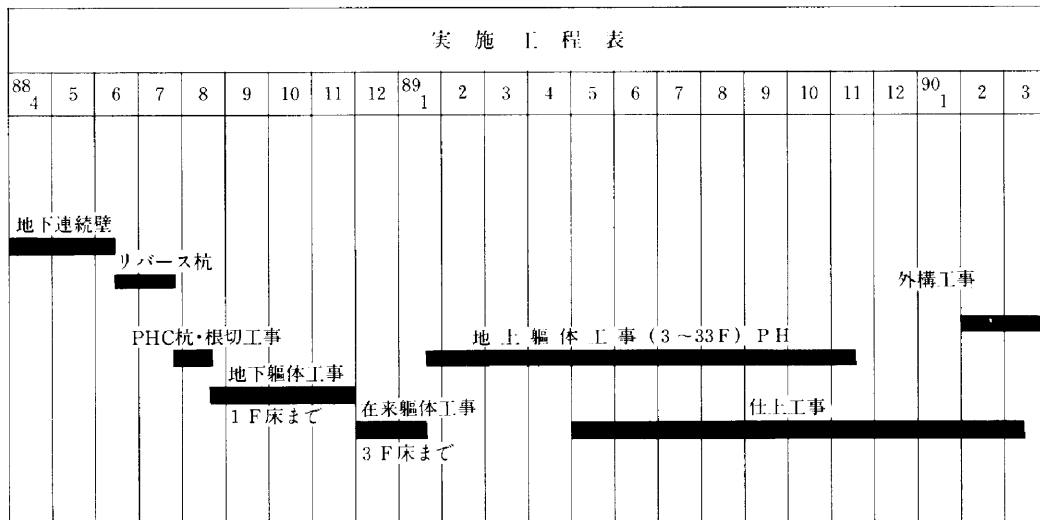


Fig.9 全体実施工程

§ 5. 工程計画

当工事の全体工期は昭和63年4月1日～平成2年3月11日の23.5ヶ月である。当初の工程計画では同様の施工実績に基づいて1フロア8日のサイクル工程で計画

し、基準階(3~33F)の躯体施工工期を約11ヶ月としていた。しかし地下工事及び1, 2Fの在来工法部分で約1.5ヶ月の遅れが生じ、遅れを取り戻すために、また、今後更に短工期施工を可能とする施工法を確立するために8日サイクル工程の見直しを行い、7日あるいは6日のサイクル工程を確立する必要がある。

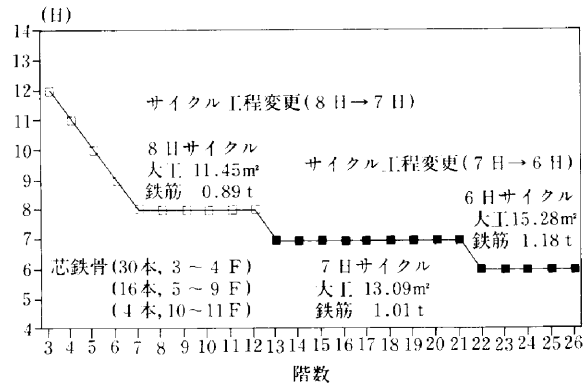


Fig.10 実施サイクル工程の推移

Fig.9に全体実施工程を、Fig.10に実施サイクル工程の推移を示す。Fig.9及び10から明らかなように、6日サイクル工程を実施できたことで、躯体工事の遅れを取り戻すことができた。また、各階とも同様の作業員で施工したため、Fig.10に示すように施工歩掛は順次向上している。以下、経緯について説明する。3~4階は梁システム型枠の組立てのために、5~6階は調整段階としたために、サイクル工程はそれぞれ12~9日である。以後、7~12階が8日、13~21階が7日及び22~33階が6日である。Table 3に8日、7日及び6日のサイクル工程表を示す。8日サイクルから7日サイクルへの移行は芯鉄骨がなくなったことと手順の組替えて比較的スムーズにいった。

超高層RC造の施工では、各工事とも揚重設備への依存度が非常に大きい。当工事の場合、タワークレーン1基であるため、揚重工程に余裕がなく、揚重工程がそのままサイクル工程となっている。Table 4に7日サイクルにおけるタワークレーンの稼働状況を示す。タワークレーンはフル稼働であり各工事ともあらかじめ決められた時間内で作業を完了しなければならない。こういう条件下でサイクル工程を1日短縮するのは非常に厳しいことである。そこで、ビデオによる作業員の追跡調査、工数分析及びタワークレーンの稼働状況調査を行い7日サイクルから6日サイクルへの対策を検討した。以下に対策項目を述べる。

- 対策1 大工の施工能率向上に伴い、柱コンクリート打設前に梁型枠をセットし、柱型枠用サポートを省略するとともに梁型枠をコンクリート打設用足場とする。
- 対策2 床薄肉PC板2枚吊りによる揚重時間を節約する。
- 対策3 梁筋2段吊りによる揚重時間を節約する。

Table 3 サイクル工程表

8日サイクル

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目
A工区	黒出し	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板 梁筋	バルコニー オムニア板	柱筋		梁床CON
B工区	柱筋	梁床CON		黒出し	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板	バルコニー 梁筋 オムニア板

7日サイクル

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
A工区	黒出し	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板 梁筋	バルコニー オムニア板	柱筋	梁床CON
B工区	柱筋	梁床CON	黒出し	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板	バルコニー 梁筋 オムニア板

6日サイクル

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
A工区	黒出し	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板 梁筋	バルコニー オムニア板	柱筋
B工区	バルコニー 梁筋 オムニア板	柱筋	梁床CON	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板

Table 4 タワークレーンの稼働状況

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
A工区	柱型枠吊上	柱CON	オムニア板 梁筋	バルコニー オムニア板	柱筋		コーナー足場 クライミング
B工区	養生ユニット クライミング	柱筋	柱型枠吊上、黒出し	柱、梁型枠	柱CON	オムニア板	バルコニー 梁筋 オムニア板

- 対策4 柱筋2段吊りによる揚重時間を節約する。
- 対策5 タワークレーンのよりきめ細かな運用をし、ロス時間を少なくする。

以上の対策項目を検討し満足させることで6日サイクル工程を確立することができた。Photo13~14に検討結果例を示す。

§ 6. コンクリートの品質管理

6-1 工場の選定

$F_c=270\sim 480\text{kg f/cm}^2$ の高強度コンクリートの安定した品質を確保するためには、生コン工場の選定が重要である。しかし、このような高強度コンクリートの実績がある工場はほとんどないのが現状である。そこで、当現場に運搬可能で設備、品質管理、出荷能力の優れた2工場を選定し試験練りを行った。

6-2 コンクリートの製造

選定した2つの工場は 480kg f/cm^2 の高強度コンクリートの製造実績がないため、水セメント比30%、35%、40

%の3種類の試験練りを行い各工場毎の調合式を作ることからはじめた。混和剤としてP社とT社の工場添加型のスランプロス低減形高性能AE減水剤を使用した。

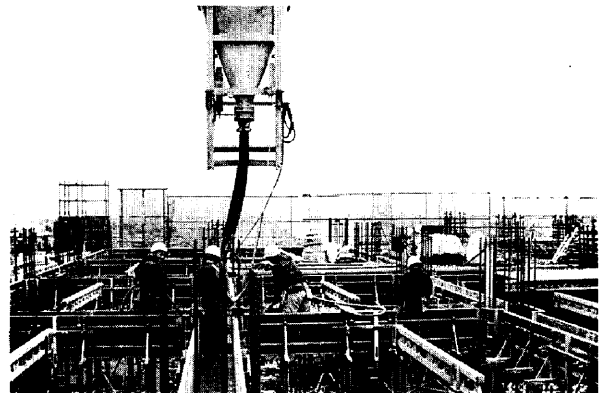


Photo 14 対策1の実施後



Photo 13 柱鉄筋先組ヤード

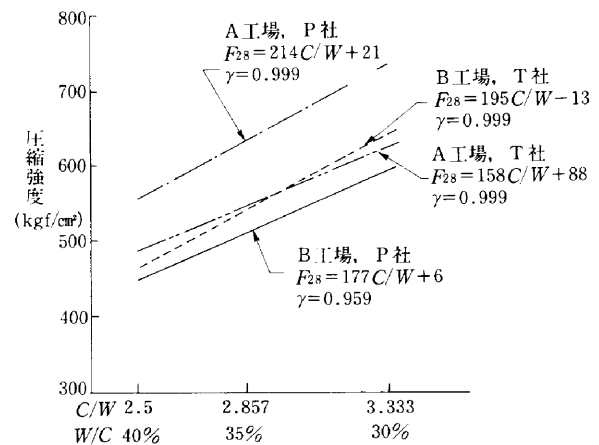


Fig.11 セメント水比と圧縮強度の関係

Table 5 コンクリートの調合表

打設箇所	設計基準強度 (kgf/cm²)	呼び方	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m³)				
					セメント	単位水量	細骨材量	粗骨材量	高性能減水剤
1F~8F	480	510-21-20N	35.0	41.5	500	175	671	972	9.25
		525-21-20N	34.0	41.0	515	175	658	973	9.63
		540-21-20N	33.0	40.5	530	175	645	973	10.02
9F~14F	450	450-21-20N	38.5	43.0	455	175	711	968	8.08
		465-21-20N	37.5	42.8	467	175	703	966	8.41
		480-21-20N	36.5	42.3	479	175	691	968	8.72
15F~19F	420	420-21-20N	37.5	41.0	454	170	689	1025	4.025
20F~24F	360	360-21-20N	44.0	43.5	387	170	757	1014	3.096
25F~29F	300	300-21-20N	52.0	47.0	327	170	840	979	2.452
		315-21-20N	50.0	46.0	340	170	816	990	2.550
30F~33F	270	315-21-20N	50.0	46.0	340	170	816	990	2.550

Fig.11 に試験練りにより得られたセメント水比と4週圧縮強度の関係を、工場と混和剤の組合せ別に示す。Fig.11 より水セメント比30%前後の領域では、A工場とP社製の高性能 AE減水剤の組合せが強度が高く、次にB工場とT社製の組合せが高い。以上より前記2つの組合

せを採用するものとし、更に実機実験を行って調査計画に採用するセメント水比と強度の関係式を求め、調査を決定した。Table 5 にコンクリートの調査表を示す。

6-3 コンクリートの品質管理

コンクリートの品質管理は現場独自の品質管理基準に基づいて行った。一例として構造体コンクリートの品質管理基準を Table 6 に示す。

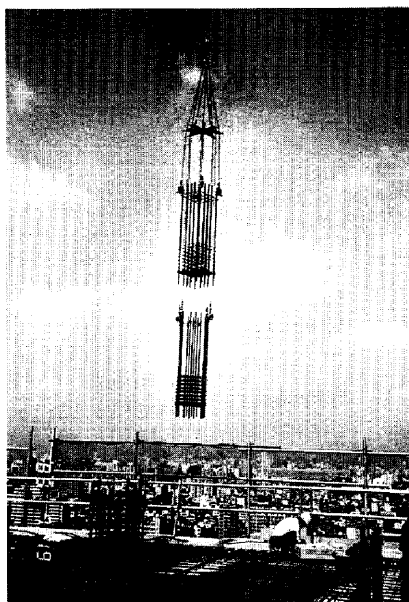


Photo 15 対策4の実施後

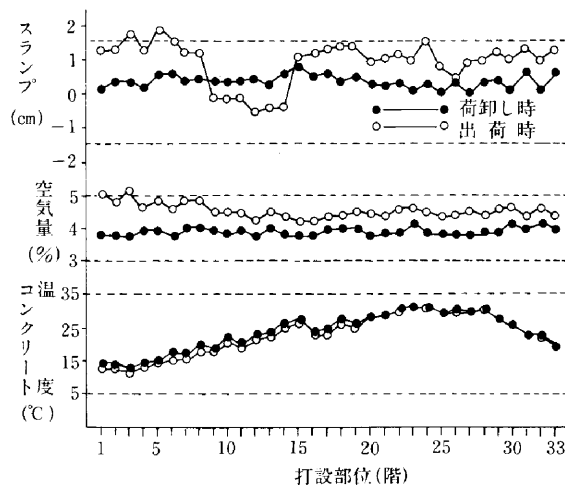


Fig.12 フレッシュコンクリートの性質

Table 6 構造体コンクリートの品質管理基準

フレッシュコンクリートの品質管理

検査項目		検査頻度	判定基準
スランプ	高性能AE減水剤コンクリート	1回/50㎡ (供試体採取時)	15cm, 18cm:±2.5cm 21cm:±1.5cm
空気量			4±1%
コンクリート温度			打込み時 5℃以上、35℃以下

硬化コンクリートの品質管理

試験項目	管理・検査の目的		試験方法				判定基準
			試験回数	供試体採取方法	養生方法	試験材令	
圧縮強度	構造体コンクリート強度の推定	構造体強度の推定	1回/50㎡	荷卸し地点で適当な間隔をおいた流し込みコンクリートから1本ずつ採取3本を1回の試験とする	現場水中養生または封かん養生の場合	28日または28日～91日で定めた材令	材令28日：下限合格判定XL以上、28日をこえる材令：28日で0.85Fc以上かつ延長材令でXL以上ただしXLは下記で求めた値とする。
					標準養生の場合	28日	下限合格判定XL以上
	型わく取りはずし時期	必要に応じて適宜			現場水中養生または封かん養生の場合		側せき板：80kg/㎡以上 支保工床：210kg/㎡以上 梁：210kg/㎡以上

$$XL = \frac{\mu_0 K_B + \mu_1 K_A}{K_A + K_B}$$

ここに μ_0 ：良いロットの平均値（調査強度）
 μ_1 ：悪いロットの平均値（設計基準強度）
 K_A ：生産者危険率 α に應ずる正規偏差(1.645)
 K_B ：消費者危険率 β に應ずる正規偏差(1.282)

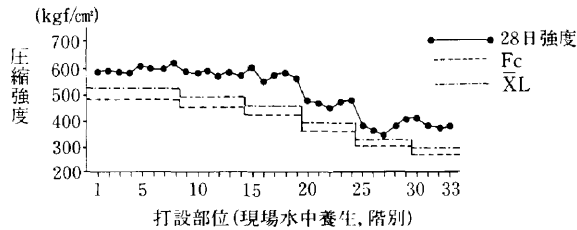


Fig.13 構造体コンクリート強度の管理図

Table 7 構造体コンクリートの試験結果

F_c (kg/cm ²)	F_N (kg/cm ²)	N	\bar{x} (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	v (%)	P (%)	養生温度 (°C)	積算温度 (°C)
480	510	69	599	32.5	5.4	0.01	11.9	642
	525	78	589	32.7	5.6	0.04	7.4	504
	540	63	584	31.6	5.4	0.05	6.0	469
450	450	69	571	26.1	4.6	0.00	18.2	813
	465	54	586	30.1	5.1	0.00	15.0	738
420	420	105	569	37.8	6.6	0.00	21.4	900
360	360	105	463	29.7	6.4	0.03	25.6	1031
300	300	81	363	24.5	6.7	0.51	23.3	964
	315	18	410	20.4	5.0	0.00	18.7	830
270	315	75	384	26.9	7.0	0.00	15.9	764

F_c : コンクリートの設計基準強度

F_N : 呼び強度

N : コンクリート供試体の数

\bar{x} : コンクリート強度の平均値

σ : 標準偏差

v : 変動率

P : 不良率

6-4 フレッシュコンクリートの性質

出荷時及び荷卸し時のスランプ、空気量及びコンクリート温度の管理グラフを Fig.12 に示す。運搬時間は20~30分であり、荷卸し時の品質は管理基準内にあり所定のワーカビリティを得ることができた。

6-5 構造体コンクリート強度

構造体コンクリート強度の管理図を Fig.13 に、強度試験結果一覧を Table 7 に示す。圧縮強度はいずれも下限合格判定値を上回り、不良率2.3%に対して最大値が0.51%となり構造体コンクリートとして所要の品質を得ることができた。

§7. おわりに

今回、33階建 RC 超高層集合住宅の施工において、高

品質の躯体を得るとともに、厳しい条件ながら6日サイクル工程を実現することができた。

今後更に超高層 RC 造の躯体工事において高品質の確保、省力化、工期短縮、コストダウンを達成するためには、

1. 設計段階からの施工への配慮
2. PC化等、プレハブ化の推進
3. 揚重機の複数使用及び改良

等が積極的に行われなければならないものと思われる。

最後に当現場に携わったある大工さんの言葉を紹介します。

施工前：鋸・金槌を持たないのは大工じゃないよ。

施工後：大工も鋸・金槌を持つ時代じゃないよ。

ちなみに、当現場で大工さんが必要とした工具はラチェット1本でした。

§8. 謝辞

本報告をまとめるにあたり、各種資料を提供していただいた竹中工務店の福井所長をはじめ現場の皆様へ感謝し、ここに謝意を表します。