

オリエンタル建設(株)旧社屋の調査 [33年間供用したプレキャストPC造の建築物]

沖田 佳裕*1・小山内 裕*2・狩野 誠一郎*3・今井 昌文*4

1. はじめに

本建物は、地下1階はRC構造で、地上4階一部5階建の部分を組立て式PC構造で、柱・梁・床・壁を全プレキャスト（以下Pca.）にて施工された、多層建築物では我が国最初のものである。今回、解体することになり、その機会に実施した調査結果が得られたので、その全容をまとめて概要報告することにした。

建設当時は、PC構造に関する規基準が整備される前であり、建築基準法第38条に基づいて建設大臣の認定により設計図書の確認を受けていた。

工事中の話題では、「組み立て式工法で中・高層ビルを建築」『業界の宿題にいどむ』として朝日新聞が、また、竣工時には『全館PC部品で社屋完成』日刊建材新聞、『画期的オールPC建築』の見出しでセメント新聞が取り上げ、図面と写真入りで報じられていた。

1.1 建築物の概要

建物の平面、立面、断面は、図-1~4に示すように、間口スパン方向がPCラーメン、奥行き桁方向が壁フレームで構成されている。

所在地：東京都千代田区五番町5

竣工年月：昭和35年10月

設計：鉄道会館1級建築士事務所

：横山建築構造設計事務所

建築面積：243.3 m²

延床面積：1 275.7 m² 増築 64.0 m²

最終延床面積 1 339.7 m²

主要構造：地下1階床・1階床以下場所打ちRC構造

地上5階組立てPC構造，塔屋RC構造

1.2 建設時の構造設計基準強度等

主要材料の設計強度は当時の記録，「プレストレストコンクリート」Vol. 2, No. 4, No. 6, により以下のように示されていた。

PC鋼棒 φ24, φ22, φ18, φ16, φ12 (mm)

引抜き加工，2種

ヤング係数： $E_s=2.0 \times 10^6$ kgf/cm²

引張強度： $f_{su}=90$ kgf/mm²

降伏応力度： $f_{sy}=80$ kgf/mm²

伸び：5.0 % 以上

許容緊張力： $P_p=55$ kgf/mm²

PCストランド φ10.8 mm(DTスラブ用)

引張強度： $P_u=12.4$ tf/本

降伏点： $P_y=10.68$ tf/本

許容緊張力： $P_t=8.05$ tf/本

ヤング係数： $E_s=2.0 \times 10^6$ kgf/cm²

コンクリート設計基準強度（早強セメント使用）

柱，梁，床DTスラブ： $F_{28}=400$ kgf/cm²

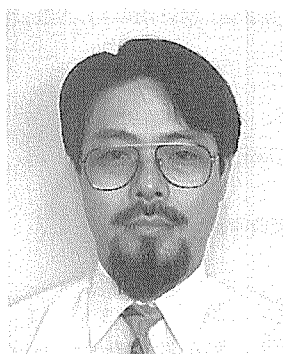
壁Pca.パネル： $F_{28}=300$ kgf/cm²

取合い目地部場所打ち： $F_3=250$ kgf/cm²

$F_{28}=300$ kgf/cm²



*1 Yoshihiro OKITA
オリエンタル建設(株)
技術部 主任研究員



*2 Yutaka OSANAI
オリエンタル建設(株)
技術部 主任研究員



*3 Seiichirō KANO
オリエンタル建設(株)
技術研究所 主任研究員



*4 Masafumi IMAI
オリエンタル建設(株)
技術研究所 主任研究員

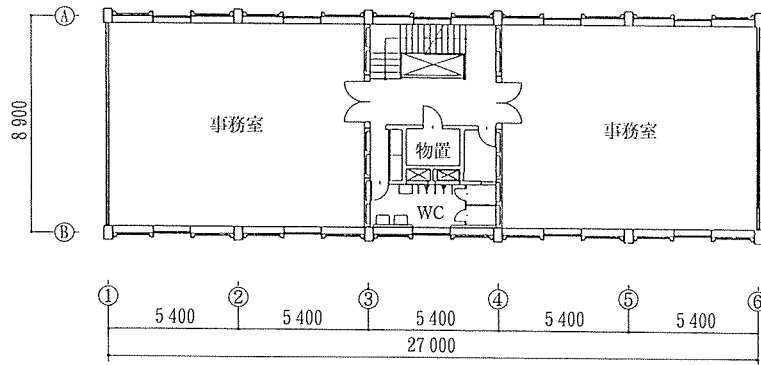


図-1 基準階平面図

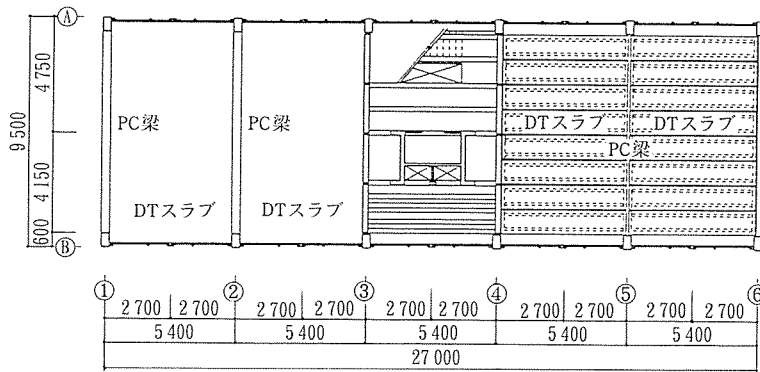


図-2 基準階構造伏図

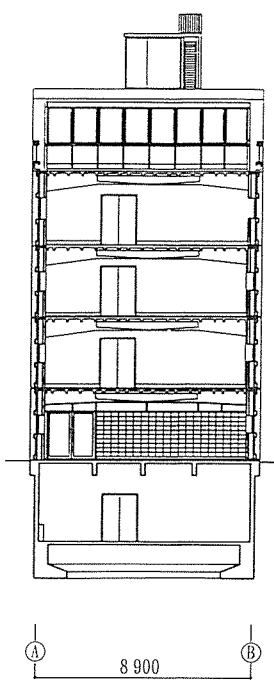


図-3 スパン方向断面図

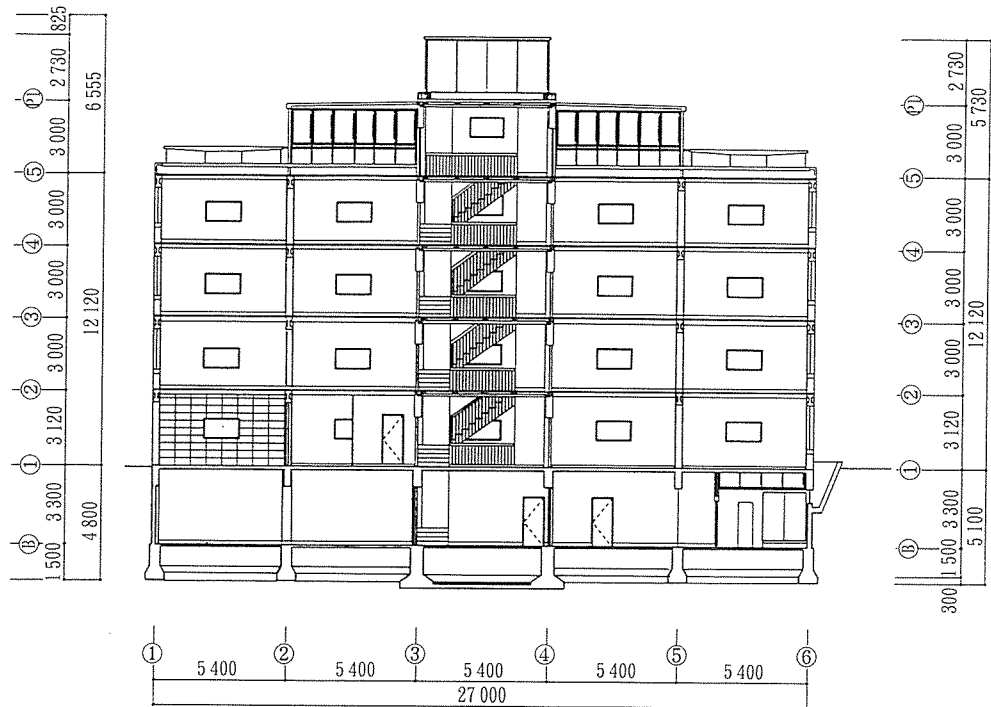


図-4 桁行壁方向断面図

2. Pca. PC 構造物の解体時の調査

2.1 解体前の調査

(1) 外観の目視調査

竣工当時は外部コンクリート打放し仕上げであった

が、33年の間に全体的な汚れのために、吹付けの改装が3回行われていたので取り立てるような変化は殆ど見当たらず、調査時点の外観は、吹付け仕上げの粗面の肌であった。

一部分の吹付け材を削り落として見たが、Pca. 材独

◇調査報告◇

特のコンクリート面が現れただけだった（写真-1, 2 参照）。

事務室内装は大半がセメント成形板であり、除去後に外壁内側を観察したが、一か所に微細なひび割れと、過去の漏水の痕跡もあったが、一般の RC 構造に比べるとひび割れなどは少ない状態であった。写真-1~4 にその状態を示す。

PC 鋼棒定着端の保護モルタルには、外部にステンレ

スカパーが取り付けられてあったが、これらは外部の改装工事の時点で観察点検し、モルタルのひび割れへの防水補修を実施し、さらにカバーを取り付けたもので、その状態は写真-5, 6 に示すようであった。

(2) 建物の振動

① 建物の常時振動

Pca. PC 構造の建築物は剛性が低いと言われるが、実際に居住していて、地震時において方向性が感じられ



写真-1 解体が決まった頃の Pca. PC の建物

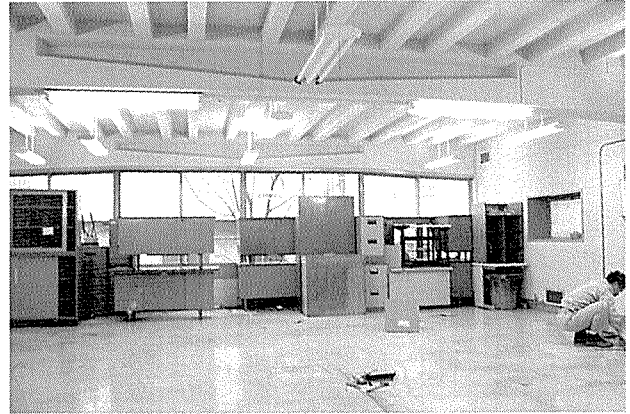


写真-4 事務室の内部と床梁の下面

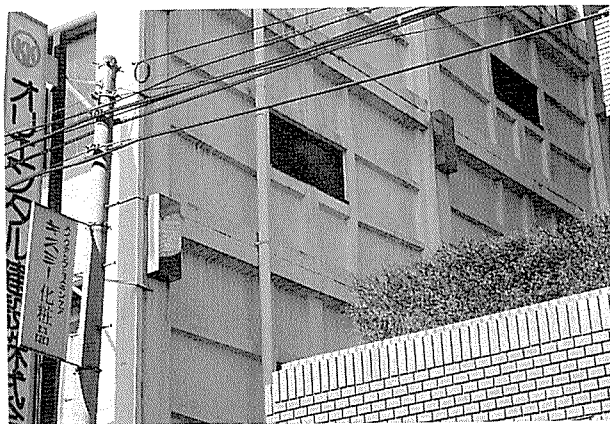


写真-2 東面の Pca. PC 壁 定着端も見える



写真-5 PC 鋼棒定着端補修部のカバー除去

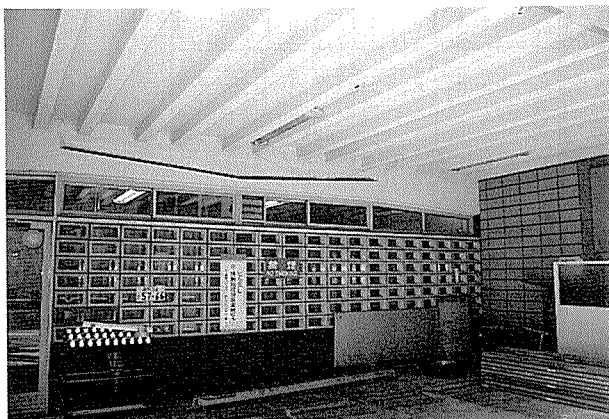


写真-3 正面玄関の化粧壁と天井



写真-6 PC 鋼棒定着端の保護モルタルと補強筋

る傾向があり、その確認のために、常時振動の計測から特性を判断することとした。

一般にコンクリート系の建物の固有周期： T は、その形状や寸法により推定されるが、各文献により差があり4～5階建て、高さ12～15mの規模で $T=0.2\sim 0.5$ 秒までの幅がある^{1)～4)}。

測定作業は深夜の0時から4時の間に実施したが、都心のために車両の振動などから完璧な計測は困難だった。

計測は、加速度計5台を5階～3階の北西端隅角部と1階、B階は建物中心部の耐震壁脇の床上に設置して、梁間方向、桁行壁方向の各々を盛り換えて行った。

測定結果から算出した固有周期(sec)、振動数(Hz)、振幅($\times 10^{-4}$ cm)は、梁間方向、桁行方向とも表-1に示す結果であった。固有周期、振動数ともに、推定値による範囲ではあるが、固有周期が長いと想像した梁間方向よりも桁行壁方向が逆転して長い結果となっている。

表-1 常時振動の測定結果

	固有周期(推定) 平均値(sec)	固有周期(sec)		振動数(Hz)		換算振幅($\times 10^{-4}$ cm)		
		桁行方向	梁間方向	桁行方向	梁間方向	桁行方向	梁間方向	
5階	(.21～.52)	0.31	0.29	3.25	3.50	1.51	3.87	
4階		0.40	0.29	2.50	3.50	2.31	2.92	
3階		0.40	0.29	2.50	3.50	2.75	2.73	
2階		-	-	-	-	-	-	-
1階		0.40	0.29	2.50	3.50	1.78	1.10	
B階		0.40	0.29	2.50	3.00	1.30	0.58	

② 床の振動

床の振動は居住性の指標でもあり、床に用いたダブルTスラブのような高耐力部材では、時に床振動を感じる場合が生じることもあり、確認することとした。

振動計測は加速度計を用い、「14.3kgのタイヤ落下」と「一人歩行」による加振とした。

タイヤ落下の高さは15cmとし、位置はスラブ中央とPC梁中央とによった。

歩行はスラブの中央とPC梁に平行とによって行い、計算値と振動計測の結果は表-2に示す。

床の振動測定状況は写真-7に示す。



写真-7 床の振動測定 無載荷時

③ 床への載荷と振動

床への載荷方法としては種々の方法があるが、今回はベニヤ型枠とビニールフィルムを利用して床上にプールを設けて水張りをし、水深30cmまで10cmごとに下面から変位計でたわみを測定した。

DTスラブの積載荷重は300kg/m²であったが、PC梁は180kg/m²であったこともあり、過大な載荷となったが、DTスラブ床の反力算定から求めたPC梁に対する積載荷重は約1.33倍相当であった。

2階床上に設けた水張りプールの状態は写真-8によるが、水の調達には地下の受水槽から水中ポンプにより汲み揚げることで容易に解決することができた。



写真-8 水張り載荷用の簡易プール 水深30cm

表-2 無載荷時振動性状(自重 $w=271$ kgf/m²)

加振方法	タイヤ落下15cm			歩行(6kg 5cm 想定)		
	ヒンジ 計算	固定 計算	測定	ヒンジ 計算	固定 計算	測定
①スラブ中央加振						スラブ上歩行
振動数(Hz)	10.8	24.3	13.5	10.8	24.3	13.5
変位(半振幅)(μ)	31.6	70.4	17.4	7.7	17.1	2.0
②梁中央加振						梁上歩行
振動数(Hz)	11.2	24.9	13.5	11.2	24.9	13.5
変位(半振幅)(μ)	38.0	85.0	21.2	9.4	20.8	3.2

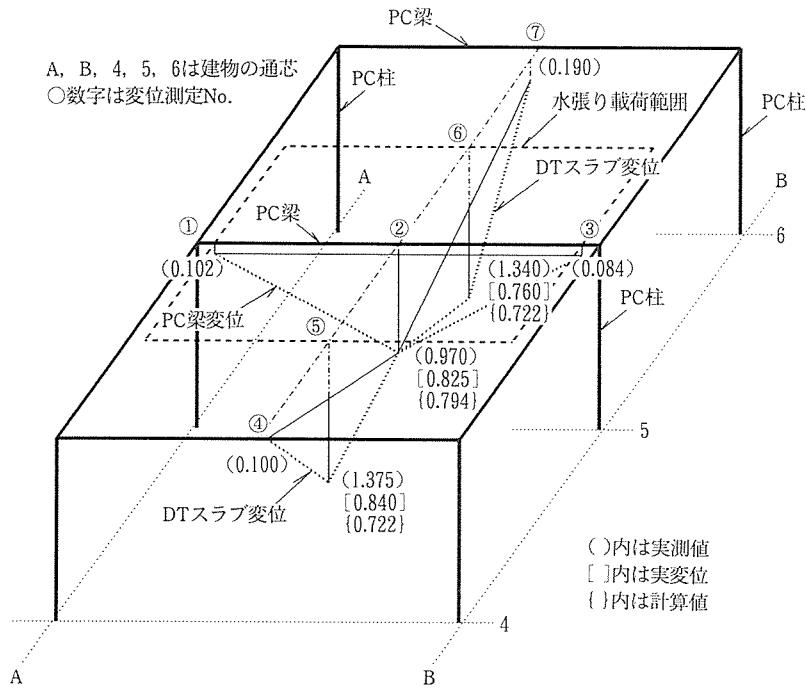


図-5 水張り荷重試験 水深 30 cm 時最大変位量 (mm)

表-3 水張り荷重時振動性状 (全荷重 $w=271+300 \text{ kgf/m}^2$)

加振方法	タイヤ落下 15 cm			歩行 (6 kg 5 cm 想定)			
	仮定支持状態 比較の設定	ヒンジ 計算	固定 計算	測定	ヒンジ 計算	固定 計算	測定
①スラブ 上面加振							スラブ上歩行
振動数 (Hz)	7.5	16.8	11.0	7.5	16.8	11.0	
変位 (半振幅) (μ)	2.18	48.9	18.1	6.7	14.9	3.5	
②梁上面加振							梁上歩行
振動数 (Hz)	8.0	17.9	11.0	8.0	17.9	11.0	
変位 (半振幅) (μ)	27.8	61.6	18.7	5.3	11.8	3.9	

荷重時のたわみ測定の結果を図-5に示すが、DTスラブ床の最大値は計算値の 0.722 mm に対して約 1.11 倍の 0.80 mm で、PC 梁は計算値の 0.794 mm に対し 1.04 倍の 0.825 mm であり、よく近似していた。

水張り荷重時の振動測定は、前項と同じタイヤ落下と

一人歩行による加振に対して測定を行ったが、その結果は表-3に示す。

2.2 解体直前の外観調査

解体工事直前の建物の外観は写真-1~6に示したとおりだが、解体工事時の状態は写真-9, 10に示すよう



写真-9 DTスラブとPC梁は圧砕機で容易に解体

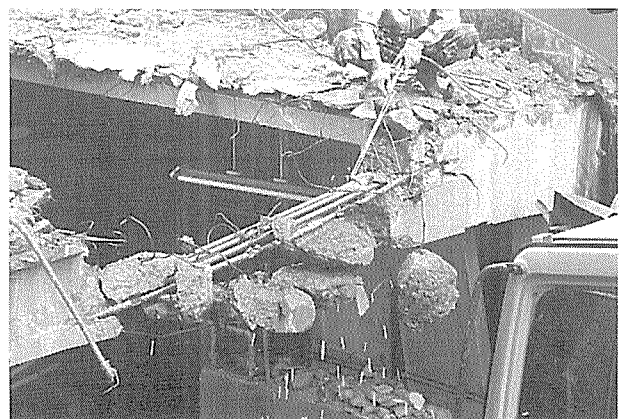


写真-10 解体時のPC鋼棒切断作業

ある。

① PC 鋼棒定着端

組立て式 PC 構造による初期の建築物であり、PC 鋼棒定着端は外部に突出した保護モルタルで被覆されていたが、供用中の改装工事の点検で、ひび割れや、不完全な箇所は補修し、外部はステンレスカバーが取り付けられていたが、除去してさらにモルタルも斫り取り、状況を目視で確認した。状態は写真-11, 12 に示す。

2.3 解体時の調査

(1) コンクリートの中世化試験

33 年間供用した Pca. PC 部材コンクリートの材料的な健全度の調査は中性化試験による。

各部材ごとの状態は写真-13~16 に示すようであり、PC 梁・PC 柱・DT スラブ・Pca. 壁の各々は、中性化深さは 3~7 mm 程度であった。

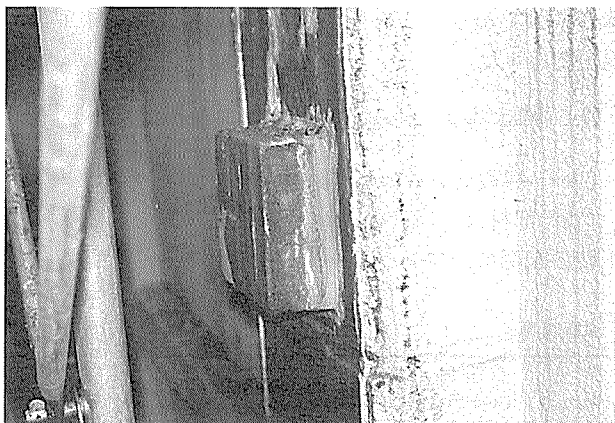


写真-11 PC 鋼棒定着端モルタル保護部

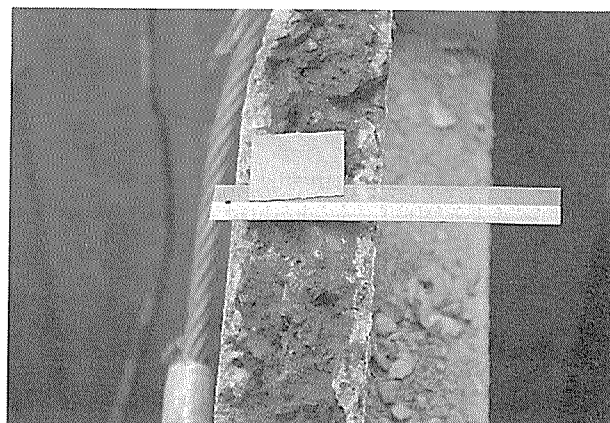


写真-14 Pca. PC 外壁の中性化 平均 7 mm 程度



写真-12 PC 鋼棒定着部保護健全部の中性化



写真-15 4階 PC 柱の中性化 殆ど無し



写真-13 DT スラブの中性化 約 2 mm 程度



写真-16 PC 梁端下縁部の中性化 殆ど無し

◇調査報告◇

(2) 使用鋼材の抜取りと試験

RC系構造の使用鋼材は鉄筋と鉄骨(棒鋼と形鋼)であるが、今回はPC鋼材があり、特に興味があった。

① 鉄筋類

設計図書による鉄筋類は、すべて普通鉄筋が使用されていたが、建物の地上部は殆どがPca. PC構造であり、RC構造は中央の階段室と塔屋の範囲であった。

解体時に抜き取った鉄筋は各寸法共に6本ずつであったが、試験を行ったのは表-4の2本ずつとした。

試験結果は、JIS G 3191の規格値に対して表-4の欄外に示すように規格外れがあった。

② PC鋼より線

PC鋼より線はプレテンション方式で製造されたDTスラブだけに太さ10.8mmが使用されていた。

任意に6本を選択し、当時のJIS G 3536(1988)と比較したが、よく整合している。

試験結果のうち、10時間レラクセーションの値が小さかった。試験結果の平均値は表-5に示す。

③ PC鋼棒

Pca. PC構造の各部材の剛接は、すべてPC鋼棒により最も基本的な圧着接合によって行われていた。

各寸法ごとに6本を抜取り採取したが、試験は各3本を実施し、当時の規格(PC JSTM S-1)および現行のJIS規格とも比較した。

その概要は表-6による結果であり、当時の引抜き鋼棒の2種であり、現行規格のSBPR 80/95に相当する品質であった。

3. 解体後のコンクリートコアの試験

(1) 採取コアの強度試験・ヤング係数測定

Pca. 部材は、当社の多摩工場で作成されており、施工時の記録に、コンクリート材令28日圧縮強度として

表-4 採取鉄筋 試験結果

部位名称	呼び径	実測値 (mm)	断面積* (mm ²)	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)	備考
塔屋部 RC床	φ 9-1	8.73	63.62	56.6	90.8**1	-	**1
	φ 9-2	8.84	63.62	38.0	42.8	34.6	
塔屋部 RC柱	φ 16-1	15.66	201.1	27.6**2	37.3	34.2	**2
	φ 16-2	15.88	201.1	33.4	46.8	25.0	
DTスラブ	φ 6-1	5.93	28.27	54.5	60.9	11.4	**3
	φ 6-2	5.99	28.27	55.2	62.0**4	8.1	**4
B階 RC柱	φ 25-1	25.28	490.9	28.7	44.6	31.8	
	φ 25-2	25.17	490.9	30.1	45.1	-	

* 応力計算用断面積 (JIS G 3191による)

**1 は強さが規格値を超えた。 **2 は強さが規格値を下回った。

**3 は伸びが規格値を下回った。 **4 は強さが規格値を超え、伸びが下回った。

表-5 採取PC鋼より線 試験結果

名称 (DTスラブ用)	呼び径 (mm)	実測径 (mm)	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)	ヤング係数 (kgf/mm ²)	レラクセーション 10時間 (%)
規格(1988)*1	10.8	-	150以上	175以上	3.5以上	-	3.0以下
PC鋼より線 6本の平均値	10.8	10.84	172	186	8.6	19,172	1.23 (1.98)*2

*1 JIS G 3536 (1988)の規格値

*2 1000時間の参考値で当時は無し

表-6 採取PC鋼棒 試験結果 (各呼び径3本の平均値)

規格名 および部位名	呼び径 (mm)	実測径 (mm)	断面積*1 (mm ²)	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)	備考
当時規格*0	-	-	-	80.0以上	90.0以上	5.0以上	(引抜き鋼棒)*2
SBPR 80/95	-	-	-	80.0以上	95.0以上	5.0以上	(現行規格)
壁 PC 鋼棒-12	(旧規格 12φ)	10.93	95.4	88.1	110.4	9.1	
壁 PC 鋼棒-16	(旧規格 16φ)	15.02	177.3	81.5	106.7	7.5	
梁 PC 鋼棒-18	(旧規格 18φ)	16.97	227.7	86.4	109.9	7.5	
梁 PC 鋼棒-22	(旧規格 22φ)	20.71	347.2	*1)80.7	102.6	6.4	
柱 PC 鋼棒-24	(旧規格 24φ)	22.63	404.7	*1)79.9	110.6	6.1	

*0 PC JSTM S-1 規格 *1) 規格外れを含む平均値

*1 応力計算用断面積 (PC JSTM S-1 規格による)

*2 PC JSTM S-1 規格 引抜き鋼棒 2種

表-7 コンクリートコア-供試体 部位別試験結果 (単位: kgf/cm²)

部 位 名 称	圧縮強度平均値	(設計基準強度)	割裂強度平均値	ヤング係数平均値	ヤング係数仮定値
各階 PC 梁	477 ④	(400)	41.3 ③	3.23×10 ⁵ ③	(3.2×10 ⁵)
各階 PC 柱	504 ④	(400)	42.6 ③	3.28×10 ⁵ ③	
DT スラブ	—	(400)	—	—	
壁パネル	—	(300)	—	—	(2.7×10 ⁵)
各階 RC 壁	209 ③	(180)	—	—	
1 階 RC 梁	190 ②	(180)	24.8 ②	1.92×10 ⁵ ②	(2.1×10 ⁵)
B 階 RC 柱	296 ②	(180)	46.8 ②	2.25×10 ⁵ ①	
地中梁	384 ②	(180)	36.8 ②	—	
B 階 RC 壁	235 ③	(180)	22.7 ②	—	

() 内は設計時の仮定値。○数値は各資料数。資料数は 34 体。

PC 梁・柱・DT スラブ用が 525 kgf/cm² で、Pca. 壁部材は 375 kgf/cm² と示されていた。

各種試験の種類と部位別の供試体数は各々表-7 に示すように、圧縮強度試験が 20 本、割裂強度試験が 10 本であり、ヤング係数測定は 9 本であった。

表-7 には、設計基準強度(圧縮)とヤング係数の仮定値を併記したが、全体的に満足できる値であった。

(2) 採取コア-コンクリートの成分分析

コンクリートの成分分析に用いた資料は 3 階 PC 梁と B 階 RC 柱で、圧縮強度試験後の折片を用い、配合推定を行った。配合推定は、(社)セメント協会コンクリート専門委員会法を採用した。その結果は表-8, 9 に示す。

3 階 PC 梁は工場製品の部材であり、表-10 に示す示方配合と比較すると、水とセメントは若干小さい値であるが、水セメント比、骨材単位量は、概ね良く一致している。

B 階 RC 柱は、場所打ち鉄筋コンクリート造であ

表-8 コンクリートコアの分析結果

項 目 資料名	強 熱 減 量 (%)		不溶解残分 (%)	酸化カルシウム (%)
	600℃	1 000℃		
3 階 PC 梁②	5.7	6.9	72.8	12.5
B 階 RC 柱②	5.2	6.5	77.8	8.9

表-9 コンクリートコアの配合推定結果

項 目 資料名	単 位 容 積 重 量 (kgf/m ³)		単 位 量 (kgf/m ³)			水セメント 比 (%)
	表乾	絶乾	セメント	水	骨材	
3 階 PC 梁②	2 404	2 316	431	165	1 801	37.3
B 階 RC 柱②	2 339	2 190	295	211	1 833	71.5

表-10 3 階 PC 梁②の示方配合 (施工報告より)

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ の範囲 (cm)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単 位 量 (kgf/m ³)			
				セメント	水	細骨材	粗骨材
25	1~4	38	37	450	171	666	1 134

り、施工当時の配合は不明であるが、水セメント比の大きな配合となっている。

コンクリートコアの強度試験結果ならびに PC 梁および RC 柱、両資料の成分分析結果の範囲と併せて推察すると、コンクリートの材料としては強度的には十分なコンクリートが使用され、今なお健在であるといえる。

4. 調査結果の考察

4.1 外観および建築設備

33 年間しか供用されてない Pca. PC 構造建築物を取り壊すことになるとは、構造的な見地からは予想もされなかったが、都心の環境変化による周囲の建物の近代ビル化などの関連と、建築設備からは性能的に使用限界になっていたと思われる。

本建物が Pca. PC 構造のためか、新築後約 10 年頃に漏水があり「大騒ぎしたとの話題もあったが」、防水工事の性能限界とも考えられる。

特に、電力容量、空調能力、給排水等は限界だった。

4.2 構造性能

建築物の構造性能は設計段階で決定されるが、一般のコンクリート構造で 33 年程度の供用期間で地震・火災などを受けない場合は性能低下は考えられない。

供用中には、地震時の振動性状に方向性が感じられ、床スラブでは、やや振れる感じがあったので、建物の常時振動測定と床の加振振動測定とを実施した。

しかし、本建所に隣接する周囲の地盤は数年前にビル工事のため基礎底面位置より 7~8 m 下部まで掘削された実績もあり、結果の判断にはやや難題があった。

床の振動測定結果の表-2, 3 からは、DT スラブ床は支承端がヒンジに近い状態であると考えられる値であり、実感どおりともいえる状態が確認できた。

図-6 に示すように「床スラブの振動評価曲線」にプロットすると、1 人歩行の結果では「環境係数: 2~4」であり、タイヤ落下による値では「環境係数: 8」より

◇調査報告◇

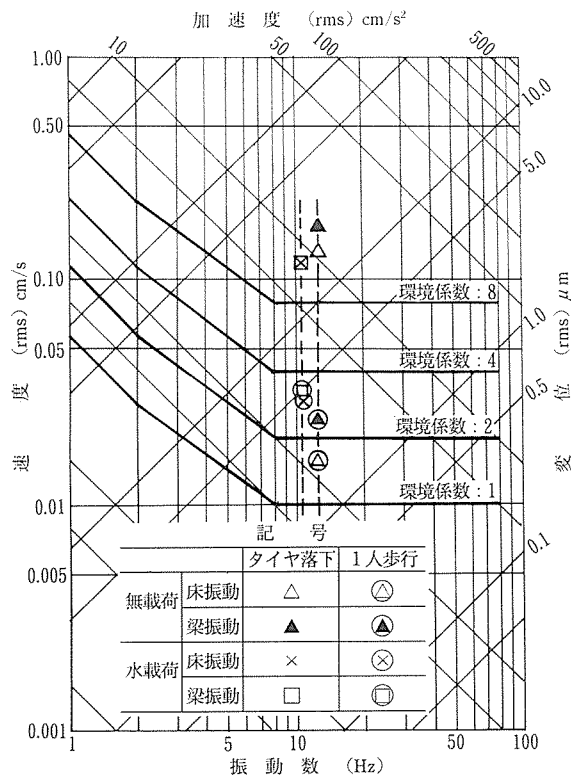


図-6 床スラブの振動評価曲線

も「よく感じる領域」に位置していた。

4.3 材 料

(1) コンクリートの試験結果

主要な構造部材は高強度コンクリートで生産されており、中性化試験の結果からは、筆者が経験した RC 構造に比べ、測定した深さの 3~7 mm は 50~70 % であり、単位セメント量の多いコンクリートの特徴と考えられる。

場所打ち RC 構造の 1 階床より下面は、今回取壊しをしないために比較できなかった。

コンクリートの成分分析結果からは、示方配合とほぼ一致していた。

強度試験は全数について満足できる結果であり、特にヤング係数は設計時の仮定値とよく一致していた。

小断面の DT スラブ等が試験できず残念であった。

(2) 鋼材の試験結果

① 鉄筋類

鉄筋は普通丸鋼だけであったが、構造全体が Pca. 部材の範囲の材料強度は前述のとおりであり、ほぼ健全な状態であった。

② PC 鋼材と定着端部

組立て式構造であり PC 鋼棒が全体的に使用されていたが、シース付きで採取した試料の割裂後の観察と接続

部のカップラーなどからは、グラウト施工前の錆と思われる状況があったが、フェノールフタレイン反応では完全なアルカリ性の状態であり、PC 鋼棒表面の錆はグラウトの施工前に生じたものと考えられる。

PC 鋼より線の試験結果は良好であったほか、レラクセーション値が相当に低かったが、33 年間も実用に供した試料のストレッチング効果であろう。

Pca. PC 構造で重要な部分である PC 鋼棒の定着端部は突出型であり、モルタル保護と防水シールになっていたが、点検と補修がされていた。

耐久性と防水などからは「埋込み型」にして、構造体外端面は平滑に近い状態になるような端部処理により、水の浸透する原因を無くすることが重要と考えられる。また、構造的には健全であることがほぼ確認できた。

5. おわりに

今回の調査結果は、建物全体が Pca. PC 構造であり、我が国の建築における PC 構造関連の基規準類整備がされる頃に、その（案）に基づいて設計・施工がされた数少ない建築物を扱ったものである。

調査内容には不十分な点は多々あるが、PC 構造の技術面からは現在と建設当時とは、基本的に同じと考えられ、その頃に建設された PC 建築の代表ともいえる。

概要報告ではあるが、Pca. PC 構造を発展させるための一助となることを期待している。

調査に当たって、御指導いただいた日本大学の本岡教授にお礼を申し上げます。解体工事関係の清水建設（株）の方々と、採取 PC 鋼材の諸試験を積極的に実施していただいた、高周波熱錬（株）、神鋼鋼線工業（株）の関係者の方々に、本報告の紙面を借りて感謝を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 志賀敏男：構造物の振動，共立出版
 - 2) 耐震構造の設計 構造計算のすすめ方・7，日本建築学会関東支部
 - 3) 建築学大系 14 構造設計法，彰国社版
 - 4) 建築学便覧 II 構造，日本建築学会
 - 5) プレストレストコンクリート，Vol. 2, No. 4, No. 6
 - 6) 鋼棒使用 PC 設計施工指針及び解説，(社)日本材料試験協会
 - 7) (社)セメント協会コンクリート専門委員会：『硬化コンクリートの配合推定について』セメントコンクリート，No. 251 (1968)
 - 8) プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説，日本建築学会
 - 9) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，日本建築学会
- 【1994年5月30日受付】