

29年を経過した事務所ビルの建物調査

Comprehensive Investigation of Aged Office Building for 29 Years

高松 誠*1 山田 祐司*1 藤井 睦*2
Makoto Takamatsu Yuushi Yamada Atsushi Fujii
山口 博史*1 波多野 純*1
Hiroshi Yamaguchi Jyun Hatano

要旨

竣工後、29年のSRC造事務所ビルの解体を機に、経年建物の実況把握と診断技術の向上を目的として構造躯体（コンクリート、鉄筋、床）および仕上げ材（外壁吹付け材、屋上防水）の破壊・非破壊試験による調査・試験を行なった。コンクリートのコア強度については、異なるコア形状の強度比較、非破壊試験（反発度法）の精度検証を行った。中性化については、屋内外、仕上の有無および中性化速度式との関係を検討した。また、RC床スラブを対象に、水張り載荷による構造試験を行い、床構造の実状を確認した。さらに床スラブの自由振動試験により載荷前後での振動性状の変化を調査した。本報告では、これらの調査の概要と結果を示す。

キーワード：非破壊試験 コンクリートコア強度 中性化 床たわみ 振動特性

1. はじめに

竣工後 29 年を経過した SRC 造事務所ビルの解体を機会に、構造躯体および外装仕上げ材の健全度(劣化度)について、破壊試験及び非破壊試験による建物調査を行った。

調査の目的は、実際に共用された建物の調査を行うことにより、実験室レベルでは得られない種々の技術データを収集し、これらを多方面での技術的な裏づけ資料として活用することで、顧客に対して高品質で信頼性の高い建造物を提供することである。例えば、「建物維持保全計画」の立案、建物診断・非破壊試験の信頼性の検証、コンクリートの中性化など劣化の対策検討の基礎資料への活用が考えられる。

2. 調査概要

2.1 建物概要

調査を行った建物の概要を表 1 に示す。

表 1 建物概要

概 要	
建物用途	事務所ビル
所在地	東京都千代田区
竣工年月	1978 年 4 月
改修年月	1999 年 10 月～12 月
構造規模	SRC 造 地上 9 階 地下 2 階 塔屋 2 階 建築面積 883.35 m ² 延床面積 9,762.88 m ² 外壁仕上 新築時 エボキシ系吹付けタイル 改修時 防水形外装薄塗材 E 屋上防水 新築時 アスファルト防水コンクリート押え(一部、露出工法) 改修時 ウレタン塗膜防水(絶縁工法) 改質アスファルト防水(ペントハウス)

2.2 調査項目及び調査位置

建物調査では、表 2 に示す構造躯体と仕上げ材とに大別して調査項目を設定し、それぞれ要求性能に応じた健全度・性能の測定を行った。調査位置は、コンクリートコア強度および鉄筋探査は 3 階及び 5 階の壁・柱・梁を対象に、コンクリートの中性化は 3 階、5 階及び屋上階の屋内外の壁を、床の構造耐力調査は 1 階の床を、吹付け仕上げ材は 3

表 2 調査項目・調査時期

項目	内容
構造躯体	①コンクリート ・コンクリートのコア強度と反発度(非破壊試験)の精度確認 ・コンクリート強度の分布検証(部位ごと) ・コンクリートの中性化(耐久性指標)の検証
	②鉄筋 ・鉄筋探査(非破壊試験)の精度検証
	③床 ・床の構造耐力 ・載荷前後の自由振動測定
仕上げ材	①外壁 ・吹付け材の健全度検証
	②屋上 ・防水層の健全度検証

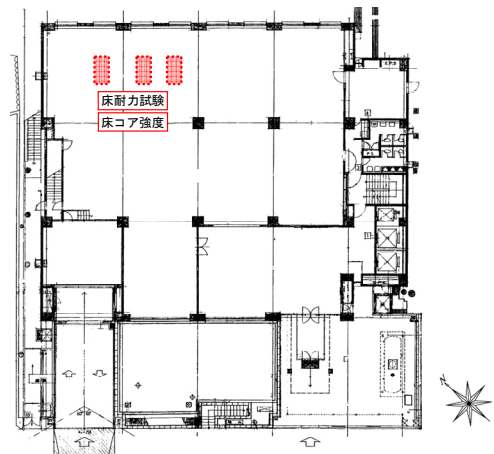


図 1 調査位置 (1 階平面図)

*1 東京本店 建築部 *2 技術研究所 建築技術研究部門

階及び5階の外壁を、屋上防水は屋上階及び塔屋部分を対象とした。調査時期は、2007年7月から9月にかけて実施した。図1～図3に調査位置の平面図の一部を示す。

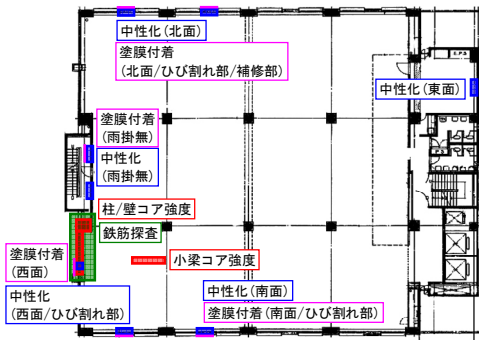


図2 調査位置(3階平面図)

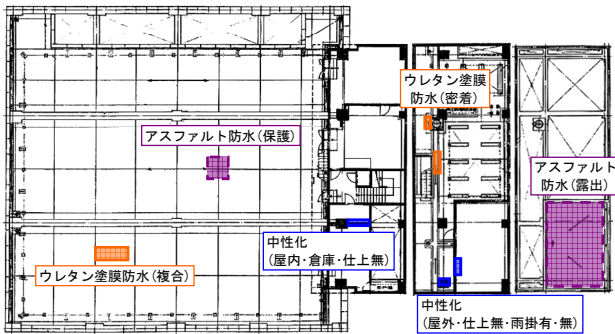


図3 調査位置(R階、塔屋1・2階平面図)

3. 調査結果

3.1 コンクリートコアの圧縮強度

コンクリートの使用材料を確認し、コンクリートコア採取による圧縮強度試験を行った。さらにリバウンドハンマーを使用して反発度を測定し、種々の提案式より推定圧縮強度を算定し、実強度との相関性を比較した。

3.1.1 コンクリート使用材料

コンクリートの使用材料を表3に、調合を表4に示す。設計基準強度 F_c は 24N/mm^2 である。

表3 コンクリート使用材料

項目	内容
セメント種類	普通ポルトランドセメント(住友セメント)
粗骨材	鬼怒川・葛生産 川砂利
細骨材	鬼怒川・鹿島産 川砂
水	工業用水
混和剤	減水剤(パリックS:藤沢薬品)

表4 コンクリートの調合

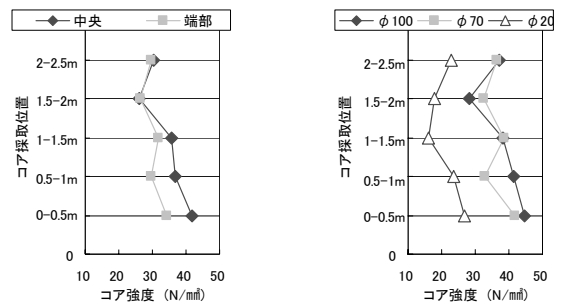
W/C	SL	空気量	粗骨材最大	S/A	単位容積重量 (kg/m^3)				混和剤
					水	セメント	細骨材	粗骨材	
55	18	4	25	41.9	171	311	不明	不明	不明

3.1.2 コンクリートコアの採取と圧縮強度試験

コンクリートコアは、JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取及び圧縮強度試験方法」¹⁾に準拠し、壁、柱を高さ方向で5分割し、壁は1スパン内で中央と柱際の2区画で $\phi 100$ コアを、柱については3種類のコア形状($\phi 100\text{mm}$ 、 $\phi 70\text{mm}$ 、 $\phi 20\text{mm}$)のものを採取した。また、試験体数は全て1ヶ所につき3体とした。圧縮強度試験は、JIS A 1107、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」²⁾に準じ、アムスラー型万能試験装置を使用して行った。

3.1.3 圧縮強度結果

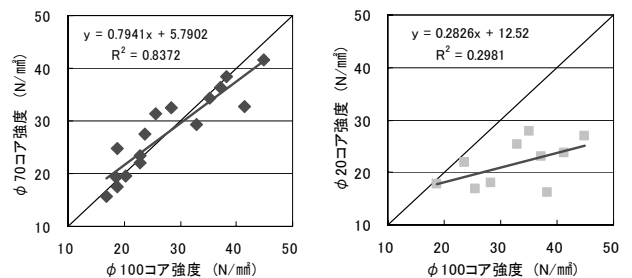
代表値として3階の結果を示す。 $\phi 100$ コア圧縮強度の平均値は、壁が 32.1N/mm^2 、柱が 38.0N/mm^2 、梁は 22.0N/mm^2 であった。高さ方向による強度分布の結果を図4に示す。壁、柱ともに下層に位置するほど圧縮強度は大きい傾向を示した。しかし、壁、柱ともにスラブから $1.5\sim 2.0\text{m}$ の位置(階高 2.5m)では若干強度が小さい傾向にあり、これは締め固めの影響によるものと推察される。



(a) 3階・壁 (b) 3階・柱

図4 コア強度の高さ方向の分布

次に、異なるコア径における圧縮強度の関係を図5に示す。 $\phi 70$ コアは $\phi 100$ コアとは比例関係を示し、一方、 $\phi 20$ コアは $\phi 100$ コアの強度が高いものほど相関関係は低くなる傾向にあり、骨材の形状等による影響が推察された。また、強度のバラツキは、 $\phi 70$ コアが小さく変動係数は $12.1\sim 13.9$ であった。これに対し $\phi 20$ コアは $27.8\sim 28.1$ でバラツキが大きく、 $\phi 100$ コアはその中間 ($11.1\sim 24.1$) に位置した。



(a) $\phi 100$ コアと $\phi 70$ コア (b) $\phi 100$ コアと $\phi 20$ コア

図5 異なるコア径における圧縮強度の関係

3.1.4 コンクリート反発度による推定圧縮強度算定

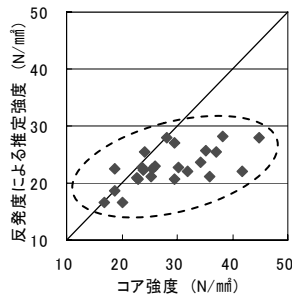
コア採取前に JIS A 1155 「コンクリートの反発度の測定方法」³⁾ に準じて、リバウンドハンマーを使用して反発度を測定した。反発度から得られる圧縮強度の推定は、表 5 に示す 3 種類の提案式を使用し、材齢 (10705 日) による補正係数 (0.63) を乗じて算出した。

表 5 反発度法による圧縮強度の推定式^{4~6)}

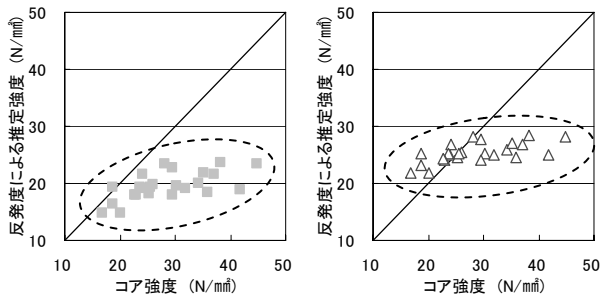
	推定式
日本材料学会コンクリート強度判定委員会	$F1 = -18.0 + 1.27R$
東京都建築材料検査所	$F2 = -10.8 + 0.98R$
日本建築学会	$F3 = (100 + 7.3R) \times 9.81 \times 10^{-2}$

※ F*: コンクリートの推定圧縮強度 (N/mm²) R: 反発度

図 6 に 3 種類の推定式を使用して算出した推定強度と ϕ 100 コア強度の関係を示す。3 種類の推定式とも、コア強度が 30N/mm² 以下の範囲であれば、推定強度とコア強度との相関性は有意な関係にあるが、コア強度が 30N/mm² を超える範囲では、反発度から算出した推定強度は小さくなる傾向を示した。



(a) 日本材料学会式



(b) 東京都建築材料検査局式 (c) 日本建築学会式

図 6 推定圧縮強度と実強度の関係

3.2 コンクリートの中性化

内外壁面、仕上げ材の有無、雨掛りの有無およびひび割れ補修部において中性化深さの進行状況を調査した。さらに、公知の中性化速度式により中性化深さを算定し、実測値との比較を行った。

3.2.1 中性化測定方法

中性化深さの測定は、コア採取による方法とはつりによる方法の 2 種類で行い、JIS A 1152 「コンクリートの中性化深さの試験方法」⁷⁾ に準じて、フェノールフタレイン 1% 溶液を使用して中性化深さを測定した。測定箇所は、コアでは割裂面を約 10 mm 間隔ごとに 10 箇所とし、はつり面の場合は各面で 8 箇所を測定した。

3.2.2 中性化深さ測定結果

図 7 に屋内外の中性化深さの平均値を、図 8 に屋内の室用途別の中性化深さの平均値を示す。屋内外を比較すると屋内 24.1 mm、屋外 4.6 mm であり、屋内のほうが約 5 倍ほど中性化は進行していた。これは、屋内外の仕上げ種類 (屋外: 吹付塗装、屋内: 仕上げ無、又はボード張り)、空気中の炭酸ガス濃度 (屋外では 0.03~0.035%、屋内では一般事務室で 0.1% 程度である)、コンクリートの乾燥状態 (屋内側は常に乾燥状態、屋外側は降雨による湿潤) などの要因が考えられる。また、屋内の打放し面においても、空調機械室 (3・5 階) は倉庫 (屋上階) の 6 倍ほど中性化は進行している。これも炭酸ガス濃度の違いと、さらに温度の影響 (温度が高いほど中性化進行速度は速くなる) も考えられる。

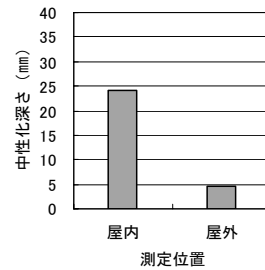


図 7 屋内外別中性化深さ

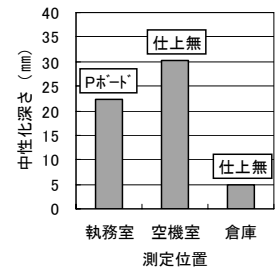
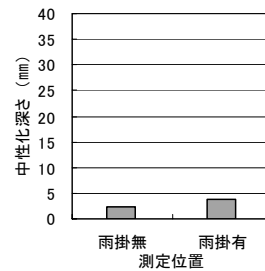
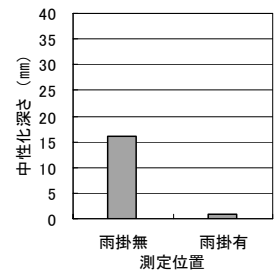


図 8 室用途別中性化深さ

図 9 に屋外の仕上げ有無別における雨掛り有無の中性化深さの平均値を示す。仕上げ (吹付け塗装) 面では、雨掛り無しの中性化深さは 2.4 mm、雨掛り有りでは 3.8 mm であり、雨掛り有りの方が中性化深さは大きいとその差は僅かである。一方、打放しコンクリート面では雨掛り無しが 16.1 mm、雨掛り有りが 1.0 mm とその差は著しく大きい。中性化では、コンクリートの含水状態により中性化の進行は異なり、含水状態が高い場合は中性化を引き起こす炭酸ガスの拡散は抑制されるため、中性化の進行は遅くなる。打放しコンクリート面の調査箇所は、日中ほとんど日陰となる箇所、雨掛り有りの面では、降雨後には乾燥が遅く、長時間に亘って高い含水状態が継続されることが予測され、中性化の進行は小さかったものと推察される。



(a) 仕上げ有 (吹付け塗装面)



(b) 仕上げ無 (打放しコンクリート面)

図 9 屋外仕上げ有無別の中性化深さ

また、貫通ひび割れ部を屋外側より補修した箇所の中性化深さは、写真1に示す通り、ひび割れに沿って屋内側(写真中の試験体上部)より中性化は大きく進行し、中性化領域の鉄筋には腐食の発生が確認された。



写真1 ひび割れ位置の中性化
※淡色領域が中性化範囲

3.2.3 中性化速度式の検証

一般的に、中性化深さは時間の平方根に従うことは既知であり、「岸谷式」など数多くの中性化速度式が提案されている。ここでは、下式に示す日本建築学会提案による中性化速度式⁸⁾を使用して平均中性化深さを算定し、実測値との比較を行った。算定に用いた中性化速度式の係数を表6に、同じく仕上げ材による中性化抑制効果の係数を表7にそれぞれ示す。

$$C = A \cdot s \sqrt{t} \quad (\text{中性化速度式})$$

- C : コンクリートの平均中性化深さ(mm)
- t : 材齢(年) → 今回の場合 29年
- A : コンクリートの材料、調合、環境条件により決定する中性化速度係数
- s : 仕上げ材による中性化抑制効果の係数

$$A = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$$

- ここに、 k : 岸谷式では 1.72、
白山式では 1.41 となる係数
- α_1 : コンクリートの種類(骨材の種類)による係数
- α_2 : セメントの種類による係数
- α_3 : 調合(水セメント比=0.55)による係数
- β_1 : 気温による係数
- β_2 : 湿度による係数
- β_3 : 二酸化炭素濃度による係数

表6 中性化速度係数

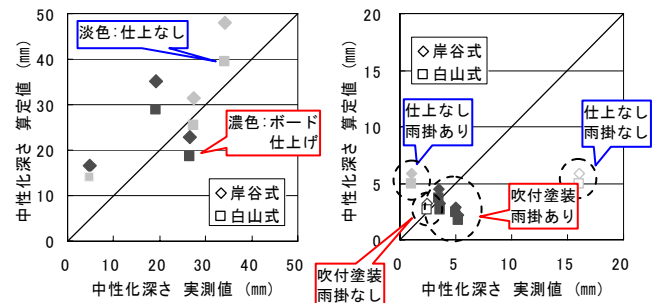
係数	k	岸谷式	白山式
		1.72	1.41
コンクリートの種類(骨材の種類)による係数 川砂・川砂利	α_1	1	
セメントの種類による係数 普通ポルトランドセメント	α_2	1	
調合(水セメント比)による係数 w/c=0.55, 0.49, 0.44	α_3	w/c-0.38	
気温による係数(1978年~2006年の平均) 屋内: 平均25℃、屋外: 16.2℃	β_1	屋内	1.21
		屋外	1.01
湿度による係数(1978年~2006年の平均) 屋内: 50%、屋外: 62%	β_2	屋内	1.26
		屋外	1.03
二酸化炭素濃度による係数 屋内: 0.20%、屋外: 0.05%	β_3	屋内	2
		屋外	1

表7 仕上げ材による中性化抑制効果の係数 s

屋内		屋外	
仕上なし	プラスター	仕上なし	モルタル+塗装
1.00	0.73	1.00	0.20

図10に屋内外の中性化深さ実測値と中性化速度式の算

定値の関係を示す。屋内の場合では、概ね算定値の方が実測値よりも大きい傾向にあった。仕上げの有無を比較すると、仕上げ無し(グラフ中の記号が淡色)の場合は、算定値と実測値には相関関係が見られた。一方、屋外の場合では仕上げの有無により実測値と算定値との相関性は異なっており、吹付塗装面では雨掛りの有無に関係なく相関関係にあるものと推察されるが、仕上げ無しの場合では相関関係は見られなかった。また、岸谷式と白山式を比較した場合、屋内の結果において白山式の方が僅かに実測値に近い算定結果が得られた。



(a)屋内 (b)屋外
図10 中性化深さの実測値と算定値の関係

3.3 鉄筋探査

鉄筋位置および鉄筋のかぶり厚さを対象に、代表的な測定手段の電磁誘導法と電磁波レーダー法で非破壊調査を行ったのち、実際に測定位置を研り出して鉄筋位置を実測した結果との比較を行った。

3.3.1 鉄筋位置

鉄筋位置の探査結果について、電磁誘導法および電磁波レーダー法の測定誤差平均値を見た場合、いずれも鉄筋位置の測定誤差が大きい箇所では、鉄筋のかぶり厚さが60mmを超える箇所であった。

3.3.2 鉄筋かぶり厚さ

鉄筋のかぶり厚さの探査結果と実測値との測定誤差を図11に示す。実測値と2種類の探査法との測定誤差の平均値を比較した場合、2種類の探査法に大きな差は見られないが、全般的に電磁波レーダー法は実測値と比較して、僅かに小さめの測定値(安全側)が得られる傾向が見られた。

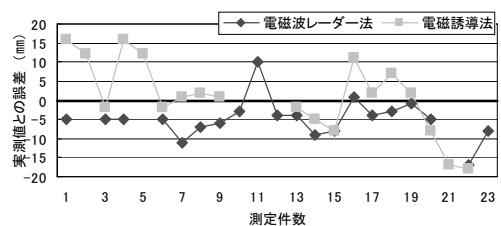


図11 鉄筋のかぶり厚さの測定誤差

3.4 床の構造耐力

3.4.1 試験概要

経年した実際の床の構造性能を調べるため、水張りによる耐力試験を実施した。試験対象部の平面および断面を図12, 13にそれぞれ示す。試験床は、1階会議室(設計積載荷重 300kgf/m^2)の小梁間の床を、顕著なひび割れなどの無い部分を選び、回転式コンクリートカッターで切断して作製した3ヶ所(床記号 S1~S3)の一方向RCスラブである。3床の大きさは、長さ 1920mm (小梁内法)、幅 1000mm 、設計厚さ 120mm であり、上端端部、下端中央とも $D10@200$ (鋼材規格 SD295)で配筋されている。中央上端には配筋されていない。各床6ヶ所の平均で求めた実測厚さは、設計厚さ 120mm に対して、後掲表8に示すように、 $-2\sim+16\text{mm}$ のバラツキがある。コンクリートは、設計基準強度 F_c180 (SI 単位 $F_c17.7$ 相当)に対して、実測圧縮強度 $\sigma_B=25.7\text{N/mm}^2$ であり、設計基準強度の 1.45 倍であった。写真2に下面から見た試験床を示す。床下面の小梁間の白色部が切断位置である。

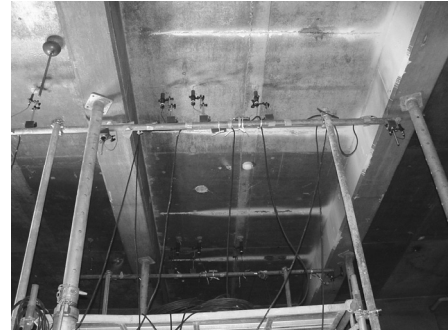


写真2 床スラブ下面および測定機器配置

3.4.2 試験方法

荷重は、等分布荷重となるように、図13に示す仮設水槽を各試験床位置にそれぞれ設け、水道水を注排水することで行った。最初に水深 60cm まで荷重して放置し、翌日に最大水深 210cm まで荷重した。床のたわみは下階に設けた測定梁を基準として、図12, 13に示すように、床および小梁下面の6ヶ所に設置した変位計で測定した。

3.4.3 試験結果

測定した床中央のたわみと荷重荷重の関係を図14に示す。今回荷重範囲 ($w=2.1\text{tf/m}^2$, 設計長期荷重 300kgf/m^2 の7倍)では3床とも弾性域にある。床厚さのやや薄いS3は $w=1800\text{kgf/m}^2$, $\delta=0.4\text{mm}$ 付近からやや軟化が見られる。目視観察では上面・下面ともひび割れは生じていない。

図14には、実測および設計での材料特性および床厚さを用い、床両端を支持または固定と仮定した初期剛性およびひび割れ点(曲げひび割れモーメント M_c)¹⁾時、コンクリート引張強度 σ_t を平均値とした場合)による荷重変形関係をプロットした。3床の実測剛性は、実測床厚さとほぼ対応していることから、床厚のバラツキは、床剛性へ直接影響しやすいことがわかる。また、実測の荷重変形関係は、計算での固定と支持のほぼ中間にあるが、試験床の境界条件

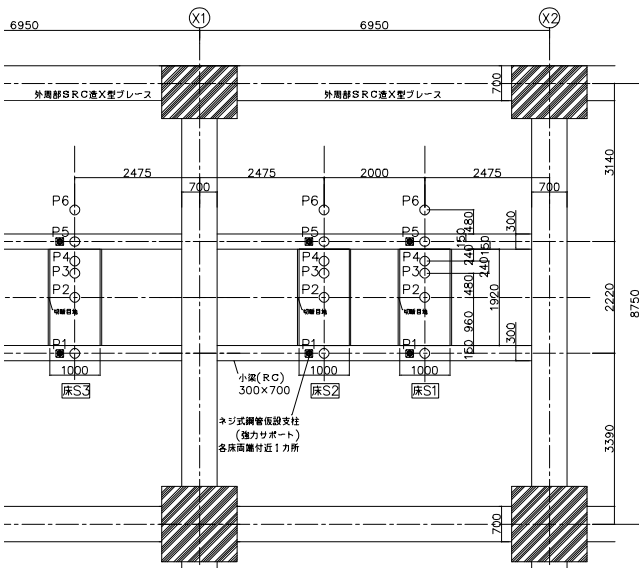


図12 床平面および測定位置

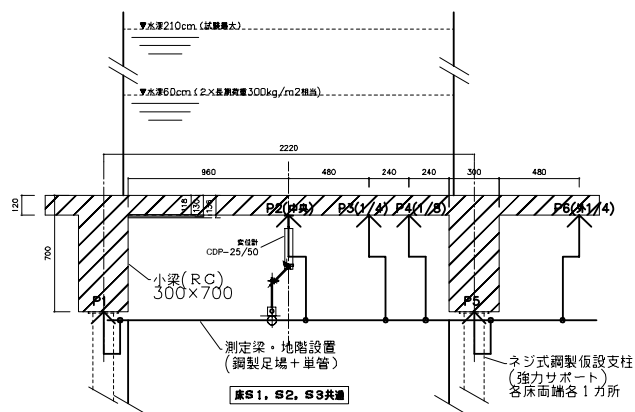


図13 床断面、載荷用水槽およびたわみ測定位置

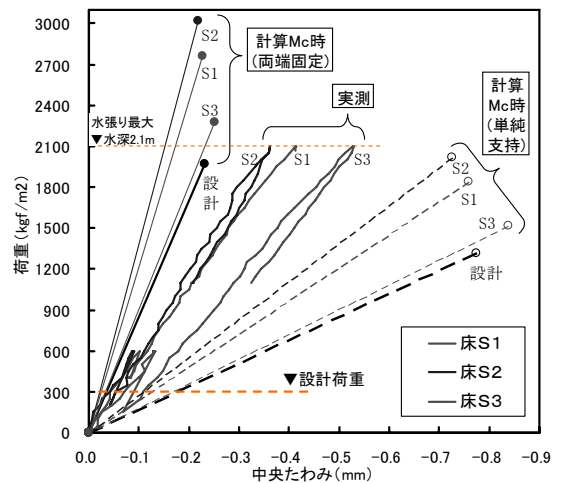


図14 荷重たわみ関係の実測値と計算値

(固定度)が完全固定と単純支持の間にあるならば、端部だけあるいは中央だけに曲げモーメントが卓越せず、ひび割れが生じていない試験結果と整合する。

境界条件を固定および支持とした計算による剛性との比(内分)で定義した試験床の固定度 β は、今回実測で $\beta=0.4\sim 0.5$ 程度であった。既往実測例による竣工時 $\beta=0.8$ 程度よりは低いが、老朽床・障害床での実測例とされる $\beta=0.1\sim 0.2$ に比べると高い。

今回の主な試験結果をまとめ、表8に示す。初期剛性は、 $w=0\sim 600\text{kgf/m}^2$ の実験初期部の記録と除荷試験を含む実験範囲全ての記録の両者から求めている。今回試験での最大荷重 $w_{\text{max}}=2.1\text{tf/m}^2$ に対する試験床(一方向スラブ)の最大変形 δ_{max} (小梁基準)は、 $\delta_{\text{max}}=0.36\sim 0.53\text{mm}$ であった。なお、ひび割れまでに至らなかったことから、当初予定の補修後の再荷荷は実施していない。

表8 主な試験結果

床	床厚さ	初期剛性 K_0	弾性剛性 K_1	確認最大荷重 w_{max}	w_{max} 時変位 δ_{max}	床状況
	mm	kgf/m ² /mm	kgf/m ² /mm	kgf/m ²	mm	
S1	130	5983	5098	2100	0.412	ひび割れなし
S2	136	6056	5607	2100	0.361	ひび割れなし
S3	118	4391	3939	2100	0.530	ひび割れなし

K0 : $w=0\sim 600\text{kgf/m}^2$ (長期積載2倍)までの実測荷重変形関係回帰による剛性
K1 : 実測全データ荷重変形関係(0~2100kgf/m², 戻り含む)の回帰による剛性

3.5 床の自由振動試験

水張りによる荷荷試験の実施に伴い、試験床の荷荷前後の振動性状の変化を把握するため、砂袋落下による自由振動試験を実施した。また、FEMによる固有値解析も実施した。

3.5.1 試験床

試験対象床の測定点を図15に示す(試験床の配置は、3.4節、図12床平面参照)。試験はS1、S2、S3の3枚の床を対象とした。測定点は、小梁間V1~V7とし、V1、V7は小梁中央、V2、V6はスラブ長の1/8の点、V3、V5は、スラブ長の1/4の点、V4はスラブ中央である。砂袋の落下点は、試験床中央のV4とした。

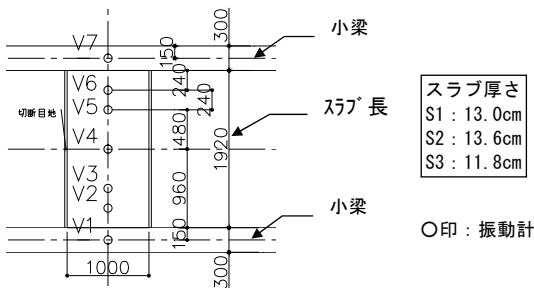


図15 試験対象床測定点 (S1、S2、S3)

3.5.2 試験・測定方法

自由振動試験は、2台の振動レベル計を使用し1台を試験床中央V4に設置して基準点とし、2.8kgの砂袋を1mの高さから基準点に落下させ他1台を落下実験毎にV1~V7に移動して測定した。

各々試験床において鉛直方向の加速度波形をサンプリング時間0.002秒でデジタル記録した。分析については、加速度波形のパワースペクトルおよび伝達関数を求めた。

3.5.3 測定結果

表9に荷荷前後の卓越振動数、振動数比、剛性比およびFEMによる固有値解析結果を示す。図16には荷荷前後の床中央のスペクトルを重ね合わせて示した。図17には、卓越振動数の伝達関数から求めた振動モードと固有値解析における振動モードを重ね合わせて示した。

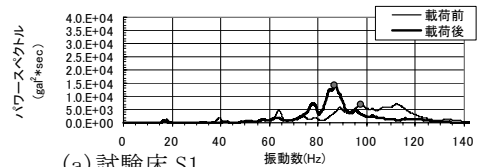
荷荷前のS1、S2のスペクトル特性では、卓越振動数が(90~115Hzの範囲)複数存在するため、振動モードの両端で変形の少ない振動数を卓越振動数として選定した。表より、荷荷前の床の卓越振動数は、97.3~97.8Hzとなりスラブの厚さに差があるものの振動数の差は小さい。

固有値解析では、両端固定でS1=89.4Hz、S2=93.6Hz、S3=81.0Hz、両端支持で各々29.5、30.9、26.6Hzとなつて

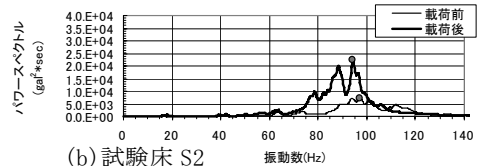
表9 試験床の荷荷前後の振動数と固有値解析結果

項目	床の卓越振動数 (Hz)			備考
	S1	S2	S3	
荷荷前	97.8	97.3	97.5	
荷荷後	87.0	94.3	97.0	
振動数比	0.89	0.97	0.99	荷荷後/荷荷前
剛性比	0.79*	0.94*	0.99*	//
固有値	89.4	93.6	81.0	両端固定
	29.5	30.9	26.6	両端支持

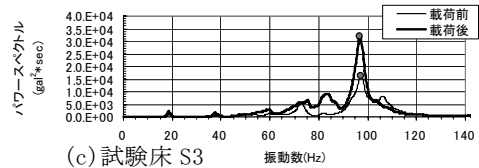
(注) *印は、床質量に変化がないものと仮定



(a) 試験床 S1



(b) 試験床 S2



(c) 試験床 S3

図16 荷荷前後のスペクトル特性

いるが、本試験床において実測値は、両端固定の解析結果の場合よりも各々9%、4%、20%程度高くなっている。その一因として振動実験時の変形は、静的実験よりも小さく剛性が高いことが考えられる。

スペクトル特性より载荷後の卓越振動数は、S1で10%程度低下しているがS2、S3では変化が小さい。各試験床ともスペクトルピークは、高くなっている。振動モードは、各試験床とも振動モードの形に若干の変化が見られる。

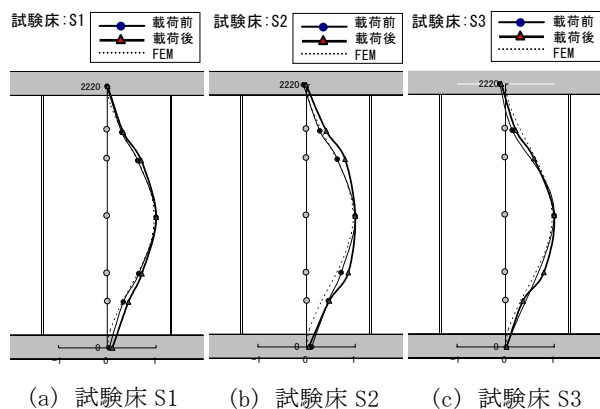


図 17 载荷前後の振動モードと固有値のモード比較

3.6 仕上げ材

外壁吹付け材および屋上防水層の健全度の調査を行った。なお、調査対象の仕上げ材はいずれも平成11年に大規模改修により施工されたもので、約8年が経過している。

3.6.1 外壁吹付け材

外壁吹付け材（防水形外装薄塗材E）の塗膜性状の健全度調査として、東西南北全ての外壁面について塗膜の付着強度を測定した。その結果、調査全数（10箇所）の平均値は1.0N/mm²であり、参考として都市基盤整備公団保全共通工事仕様書⁹⁾の基準値0.7N/mm²以上と比較した場合、概ね良好であるものと判断された。なお、ひび割れ部・補修部と健全部との比較も行い、僅かではあるが健全部よりもひび割れ、ひび割れ補修部の方が低い傾向も示した。

3.6.2 ウレタン塗膜防水層

大規模改修により施工されたウレタン塗膜防水層の健全度調査として、既存防水層をサンプリングし、素材の劣化度の評価試験を行った。調査方法は、総プロ「建築防水の耐久性向上技術」¹⁰⁾の2次診断および3次診断を参考に密着工法3点、複合工法2点の計5点について行った。診断結果は、「劣化度Ⅱ」〔大規模補修または部分補修（但し近い将来、大規模補修を要す）を行う〕と判定された。

3.6.3 アスファルト防水層

新築時の押え層下の保護アスファルト防水（約30年経過）と大規模改修時の改質露出アスファルト防水・トーチ

工法（約8年経過）の2種類について調査を行った。調査方法は、ウレタン塗膜防水と同様に、総プロ「建築防水の耐久性向上技術」¹⁰⁾の3次診断を参考に、基材およびアスファルトの物性評価を行った。診断結果は、新築時の防水層は「劣化度Ⅲ」（早期に大規模改修を行う）と判定された。一方、改修防水層は、「劣化度Ⅰ」（現状放置可能または部分補修を行う）と判定された。

4. まとめ

竣工後29年を経過したSRC造事務所ビルにおける構造躯体および外装仕上げ材の健全度（劣化度）について、破壊試験及び非破壊試験による建物調査を行った結果、以下に示す知見が得られた。

1) コンクリートコアの圧縮強度

- ① 高さ方向でのコンクリートコアの強度分布は下層ほどコア強度が大きい傾向を示した。
- ② φ100コアを基準とした場合、φ70コアの強度は比例関係にあり、一方、φ20コアの強度はφ100の強度が大きいほど相関性は低くなる傾向にあった。
- ③ コア強度のバラツキはφ70コア、φ100コア、φ20コアの順に大きくなる傾向にあった。
- ④ 非破壊試験（反発度法）による推定強度とコア強度の関係では、コア強度が30N/mm²以下の範囲では有意な相関関係にあることが確認されたが、30N/mm²を超える範囲では反発度から算出した推定強度は小さくなる傾向にあった。

2) コンクリートの中性化

- ① 中性化深さの平均値は、屋内24.1mm、屋外4.6mmであり、屋内のほうが約5倍中性化は進行していた。
- ② 雨掛りによる違いは、仕上げ無し（打放しコンクリート面）の場合に、雨掛り有りの方が中性化の進行はかなり小さい傾向にあり、コンクリート面の含水状態の影響が示唆された。
- ③ ひび割れ補修部での中性化の進行は、屋内側よりひび割れに沿って奥部まで進行し、中性化領域では鉄筋腐食も確認された。
- ④ 日本建築学会提案による中性化速度式（岸谷式、白山式）を使用して実測値と算定値の整合性を検証した結果、屋内外、仕上げ・雨掛りの有無などにより若干傾向及び相関性は異なっていた。

3) 鉄筋探査

- ① 電磁誘導法と電磁波レーダー法を使用して、鉄筋位置とかぶり厚さの探査を行った結果、鉄筋位置ではかぶり厚さが60mm以上の場合に、測定誤差は大きくなる傾向が見られた。

② 鉄筋のかぶり厚さの測定精度は、電磁誘導法と電磁波レーダー法に大きな差は見られなかった。

4) 床耐力試験

① 経年建物であるが、試験床(目視ひび割れなどの無い部位)は、設計荷重の最大7倍まで弾性範囲にあった。

② 施工誤差等によるスラブ厚の差が、剛性やたわみの差となってあらわれる。

③ 試験床の剛性は、端部境界条件での固定と支持の中間にある。(経年・目視ひび割れの無い床の1事例として、実測の固定度は0.4~0.5程度であった。)

5) 床の自由振動試験

① 荷重前の実測卓越振動数は、固有値解析における両端固定の場合よりS1=9%、S2=4%、S3=20%程度高くなった。

② 荷重後の卓越振動数におけるスペクトルピークは3枚の床とも高くなっており、荷重の影響が出ていると考えられる。

③ 3枚の試験床のうち荷重後1枚の床については、振動数が10%程度低下しているが、他の2枚は振動数の変化が小さかった。各試験床とも振動モードの形に若干の変化が見られた。

6) 仕上げ材

① 外壁吹付け材、屋上防水層の健全度を調査した結果、約8年経過した仕上げ材については、概ね良好な判定結果であった。

謝辞

本調査にご協力いただいた(株)クレオ、日本ヒルテイ(株)、ダイフレックス(株)、恒和化学工業(株)、田島ルーフィング(株)の各社に対し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本工業標準調査会：JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取及び圧縮強度試験方法」、JIS規格、2002.5
- 2) 日本工業標準調査会：JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、JIS規格、2006.6
- 3) 日本工業標準調査会：JIS A 1155「コンクリートの反発度の測定方法」、JIS規格、2003.5
- 4) 日本材料学会 実施コンクリート強度判定委員会：シュミットハンマーによる実施コンクリートの圧縮強度判定方法指針(案)、材料試験、第7巻第59号、1958.3
- 5) 日本建築学会：コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル、1983.2
- 6) 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術 07、2007.1
- 7) 日本工業標準調査会：JIS A 1152「コンクリートの中酸化深さの試験方法」、JIS規格、2002.5
- 8) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説、2004.3
- 9) 都市基盤整備公団：保全工事共通仕様書(平成13年度版)建築編、2001
- 10) 国土開発技術研究センター建築物耐久性向上技術普及委員会、建設大臣官房技術調査室：建築物の耐久性向上技術シリーズ(建築仕上編2)建築防水の耐久性向上技術、1987.4
- 11) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説一許容応力度設計法一、1999.11