

名古屋市西庁舎耐震改修工事



片山 貴裕
NTTファシリティーズ



佐々木 竜介
NTT都市開発



斉藤 賢二
NTTファシリティーズ



泉井 太
同



長江 健治
同

1 はじめに

本建物は、昭和41年竣工の地下3階、地上13階の鉄骨鉄筋コンクリート造の市庁舎であり、震災時には災害対策本部となる防災活動中核施設として位置づけられている。現状の耐震性能は、耐震診断の結果「地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する可能性が高い」と判定されていた。

建物機能上、本建物は大地震等の災害に対し十分な安全性を確保する必要がある、大地震直後から建物の継続使用が可能であること、また居ながらの耐震改修工事が求められた。これらの耐震性能、施工性、施工中の庁舎機能、改修後の執務機能等を総合的に評価して、中間層である地下2階における免震レトロフィットによる改修構法を採用した。

本建物の柱1本あたりの鉛直支持荷重は、最大約20,000kNであり、免震レトロフィットとして国内最大級の、柱軸力の仮受け・受替え工事となっている。

2 建物概要

建築場所：名古屋市中区三の丸二丁目3番1号
規 模：地上13階 地下3階 塔屋1階
建築面積：2,347m²
延床面積：39,689m²
最高高さ：GL+54.15m
構造種別：鉄骨鉄筋コンクリート造
構造形式：耐震壁付ラーメン構造
基礎形式：直接基礎（ベタ基礎）
設計監理：名古屋市住宅都市局営繕部営繕課
（株）NTTファシリティーズ
施 工（建築工事）
：大成・佐藤・杉本特別共同企業体



図1 外観写真

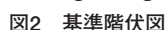
3 構造計画概要

平面プランはセンターコア形式で、基準階は桁行方向長さが69.0m、張間方向長さが53.4mの明快な長方形の平面形状である。コア部分には連層耐震壁が配置されており、最大スパンは12.9mである。

中間階免震レトロフィットでは、柱等の自重を支持する部材を切断し、免震装置を挿入するため、施工中の自重の仮受けが必要になる。本建物では、既設部材との一体化の為、あと施工アンカー及びPC鋼棒を用いた圧着により緊結した、フーチングを新設し、仮受ジャッキを支持する計画とした。

柱切断時の上部躯体の変形のほか、仮受けジャッキから免震装置への軸力の再移動の際の、免震装置の弾性変形に伴う沈み込みが大きな問題となる場合がある。本建物では、フラットジャッキを用いてそのような変形を吸収する計画とし、仮受けジャッキの除荷にあわせて、免震装置の直上に設置したフラットジャッキを加圧し、上部躯体の変形量を最小限にとどめている。

減効果を維持しながら、変位応答を低減するため、粘性系ダンパーを採用している。免震階における構造躯体のクリアランスは、エレベーター等に対する変形追従性確保のための改修計画に配慮して、水平方向55cm、鉛直方向5cmと設定した。



鉛プラグ入り積層ゴム支承						弁型直動軸がり支承			粘性系ダンパー		
名称	記号	径 (mm)	鉛径 (mm)	Gr (N/mm)	基数	名称	記号	基数	記号	タイプ	基数
L1000		1000φ	190	0.39	8	QLB2000F		8		1000kNダンパー	16
L1100		1100φ	220	0.39	6						
L1200		1200φ	250	0.39	4						
L1400		1400φ	250	0.39	4	QLB3120F		6			

図4 免震装置配置図

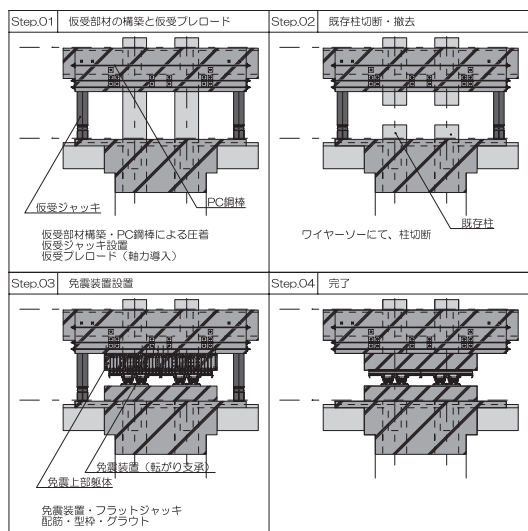


図5 免震化工事施工手順

本建物は、防災活動中核施設として位置づけられていることから、耐震改修設計目標は、「大地震後に構造体を補修することなく建物を使用でき、人命の安全確保に加えて十分な機能の確保が図られてい

るレベル」とする。レベル2¹⁾ 地震動に対する上部構造体の耐震性能目標を「弾性限耐力以内」とする。各部の耐震性能目標を表1に示す。

設計用入力地震動の一覧を表2に、応答スペクトルを図6に示す。Vmax=50cm/secに基準化した既往観測波及び告示波の他、本敷地の地震環境及び周辺の活断層等を考慮したサイト波を採用している。サイト波は「名古屋市三の丸地区における地域特性を考慮した耐震改修のための基盤地震動の作成」²⁾の取り組みによって作成された地震動である。

表1 耐震設計目標

地震動レベルと改修設計目標

レベル1地震	耐用年数期間中に1度以上遭遇する可能性が高い地震動
地震後に構造体の補修を必要とせず再使用可能とする。	
レベル2地震	過去に受けたことのある地震動のうち最強と考えられるもの及び将来において受けることが考えられる最強の地震動
地震後に構造体の大きな補修を必要とせず再使用可能とし、十分な建物の機能確保を図る。	

目標クライテリア

地震動レベル	免震装置	上部構造	下部構造	基礎
レベル1	安定変形以内	【柱・大梁】 短期許容応力度以内	許容応力度以内	許容支持力以内
		【耐震壁】 せん断応力度 $F_c/10$ 以内		
レベル2	安定変形以内	弾性限耐力以内(*)	弾性限耐力以内(*)	許容支持力以内

(*)弾性限耐力：建物全体のうちいずれかの部材が曲げ降伏またはせん断破壊した時の層せん断力

表2 レベル2設計用入力地震動

地震動波形		Amax (cm/sec ²)	Vmax (cm/sec)	継続時間 (sec)
既往波	EL CENTRO(NS) 1940.5.18	510.8	50.0	40
	TAFT(EW) 1952.7.21	496.8	50.0	40
	HACHINOHE(NS) 1968.5.16	330.1	50.0	120
告示波	KOKU2-Rs 位相角:ランダム位相	303.3	57.8	120
	KOKU2-JMAs	312.3	59.4	40
	位相角:JMA KOBE 1995(NS)			
	KOKU2-HACHI 位相角:HACHINOHE 1968(NS)	373.4	54.5	120
サイト波	TOKAI-EWs (想定新東海地震)	220.1	56.8	250
	ISEWAN-EWs			
	(想定伊勢湾地震)	198.4	30.5	100

建物地震応答解析モデルは、免震層下部を固定とし、建物部分を16質点とした等価曲げせん断型とした。なお、建物各層の復元力特性はコンクリートのひび割れによる剛性低下を考慮したTri-Linear型弾塑性復元力モデル(武田モデル)とした。

免震化後の固有周期は200%ひずみ時($\delta=40\text{cm}$)の等価周期で5.6sec程度であり、現状建物の固有周期(張間方向:0.81sec、桁行方向:0.65sec)と比較して、十分な長周期化を実現している。

張間方向の地震応答解析結果の一例を図7に示す。最大応答ベースシア係数は0.06程度で、各階の最大応答層せん断力係数は弾性限耐力以内となっている。免震層の最大応答変位は33cm程度で、各免震装置の安定変形($\gamma=200\%$ 、 $\delta=40\text{cm}$)以内となっている。

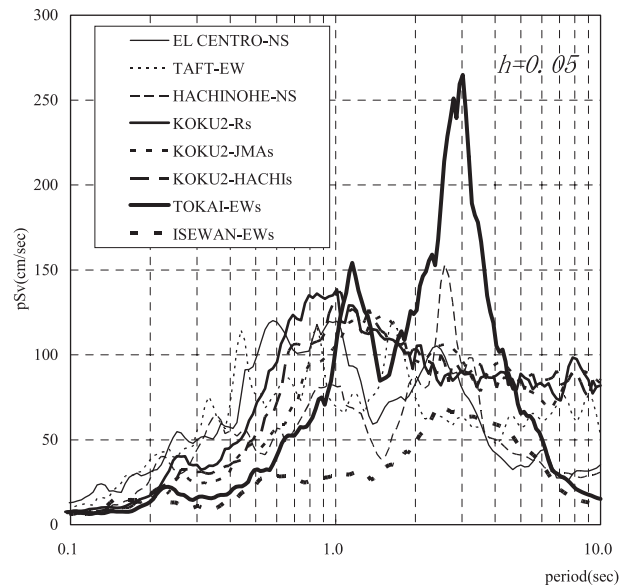


図6 設計用入力地震動の疑似速度応答スペクトル

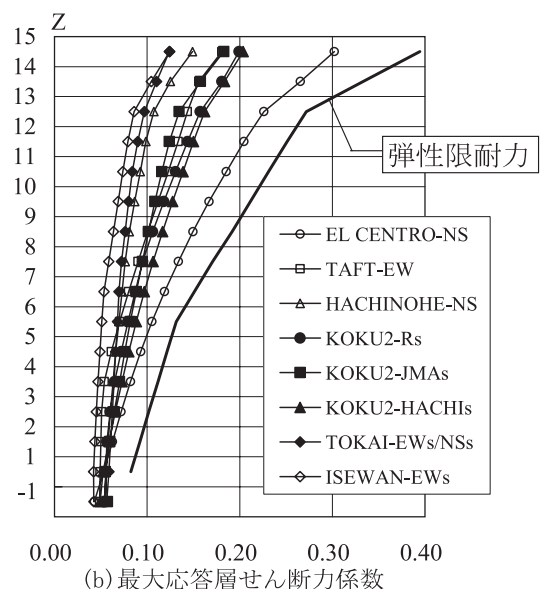
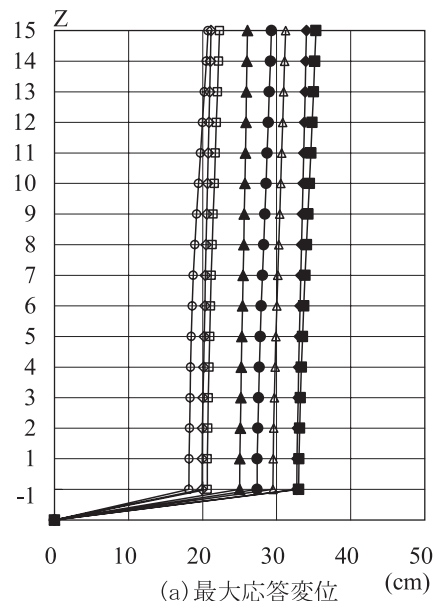


図7 地震応答解析結果(張間方向)

5 免震化工事

免震化工事の施工状況を図8に示す。柱の切断～免震装置への軸力の移行に際しては、作業の進展に伴う建物の鉛直変形量を慎重に確認しながら施工を行っている。上部構造体にせん断ひび割れ等の有害な障害を発生させないことを目標として、柱切断部の鉛直変位が隣接する柱スパンの1/4000以下となるよう、変形量の管理を行った。

施工柱位置(F-⑥通)の鉛直変位とジャッキへの導入荷重の推移を図9に示す。柱切断による沈み込み量は0.8mm程度、着手前からの変形量は-0.2mm程度であり、設計荷重の100%のプレロードにより精度よく軸力の仮受けが行われている。積層ゴムに軸力が作用する際に発生する弾性変形もフラットジャッキの加圧により精度よく吸収できており、軸力移行前と比較して上向きの鉛直変位を生じさせる形で作業を終了できている。

なお、竣工後5年程度で積層ゴムに生じるクリープ変形量が2.0mm程度と予測されたため、転がり支承設置柱との有害な変位差が生じないように、積層ゴム部の最終変位調整では、作業前の+1.0mm程度と

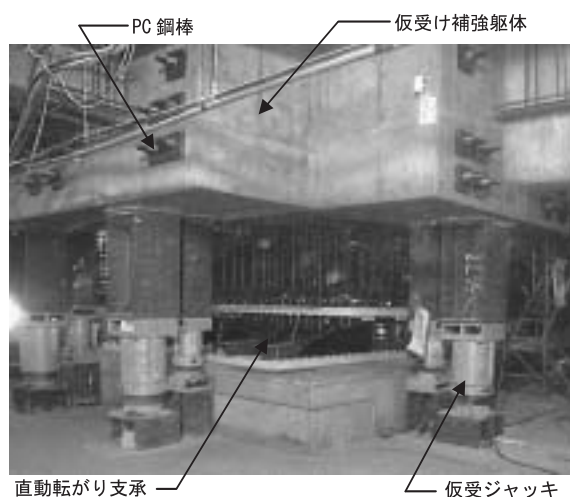


図8 免震化工事の施工状況

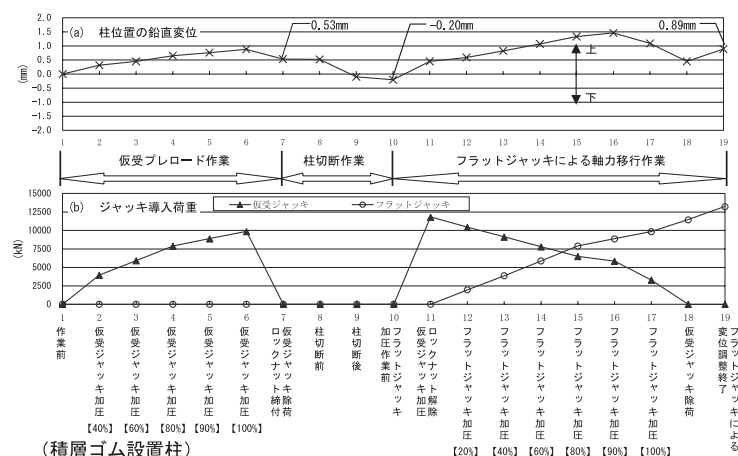
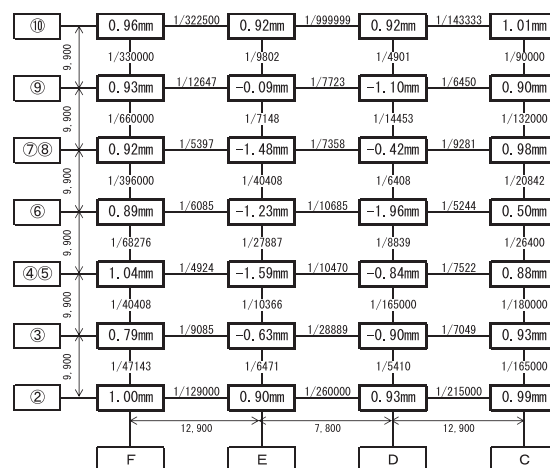


図9 施工柱位置(F-⑥通)の鉛直変位とジャッキへの導入荷重の推移

なるよう制御を行った。

各柱位置で最終変位量を図10に示す。各柱位置での鉛直変形量は±2.0mm以内となっており、隣接する柱との相対変形量も最大で1/4901となっている。また、積層ゴムのクリープ変形量を考慮した場合には、最大で1/6000程度と予測された。



・変位量は上向きを正で示す。
・分数表示は隣接柱間の相対変位量を示す。
・④・⑤通、⑦・⑧通のダブルコラム部は連続して作業を行っているため、その平均値を示す。

図10 各柱位置での最終変形量

6 おわりに

国内最大級の軸力の仮受けを行った中間階免震レトロフィット工事も29ヶ月の工期を経て、2008年3月の竣工を迎えようとしている。

本建物の計画・設計・施工にあたり、ご指導・ご協力頂きました名古屋市中区都市局営繕部営繕課の皆様、大成・佐藤・杉本特別共同企業体をはじめとする工事関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- (財)日本建築センター、“評価評価を踏まえた高層建築物の構造設計実務”、平成14年1月
- 中田・他：名古屋市中区三の丸地区における耐震改修用地震動作成（その1）～（その3）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.529-534、2004.8