

福岡県信用保証協会本所



西村 章
竹中工務店



二木 秀也
同



高山 一斗
同

1 はじめに

本計画は、福岡市の中心地区に位置する事務所ビルの免震改修工事である。

1階柱頭免震を採用し、建築計画と構造計画の調和を図る事で既存建物の魅力を再生し、付加価値の向上を実現する都市型の免震レトロフィットである。

2 建物概要

建物概要を写真1、表1に示す。既存建物は、1974年竣工のSRC造9階建であり、現在は事務所ビルとして使用されており、建物の老朽化のため改修計画を行う事とした。



写真1 対象建物

表1 既存建物概要

建築主	福岡県信用保証協会
主用途	事務所
建物規模	B2,F9,P3
建築面積	621.81m ²
延床面積	6,212.77m ²
最高高さ	40.0m
構造	柱・梁ともにSRC造
竣工	1974年（築45年）

また、市街地に位置しており視認性が高い事からも、意匠性にも十分配慮した改修計画とすることが必要であった。

3 建築計画・構造計画概要

建築計画および構造計画のポイントを以下にまとめる。

- 1) 狭小地における改修
- 2) 使いながらの改修
- 3) 都心立地での改修

3.1 狭小地での改修

図1に対象建物と周辺建物との関係を示す。対象建物は福岡の玄関口である博多駅に近いオフィス街に位置しており、隣地境界とのへりあきが最小で420mmと極めて小さい。

狭小条件に対応するため、免震層変位のクライテリアを350mmと小さく設定した中間階免震（1階柱頭免震）を採用した。

また、既存建物には図2に示すようにタワーパーキング（以下、TP）が本体建物と一体となって隣接していたため、1階柱頭免震とするとクリアランスの確保ができなくなる。さらに、TPは老朽化しており、耐震性能にも問題があった。

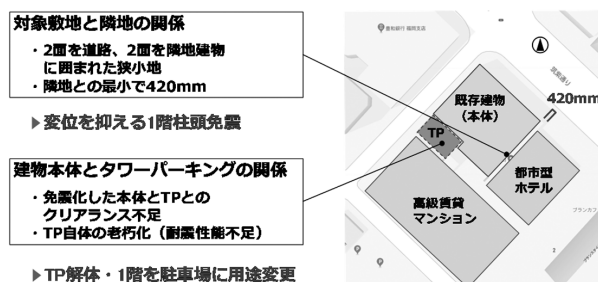


図1 建物と対象敷地との関係

これらの事から、TPを撤去して機械式駐車場を新設し、不足した駐車場台数を補うために1階をエントランスから駐車場に用途変更する計画とした。

この改修計画により、建物の主要機能のほとんどを免震層より上階に配置し、BCP対応を可能とした(図3)。

3.2 使いながらの改修

施工条件として、建築主要望により改修工事においては使いながらの改修を行う事が求められた。

使いながらの改修を実現するためには、図4に示すように建築主動線・施工範囲を複数回切り替える複雑な施工ステップを踏み、3台設置されているEVは常にいずれか1台を動かし続ける必要があった。

EV壁は、図5に示すように免震化(2階床レベルで支持)した後、端部補強のための炭素繊維補強シー

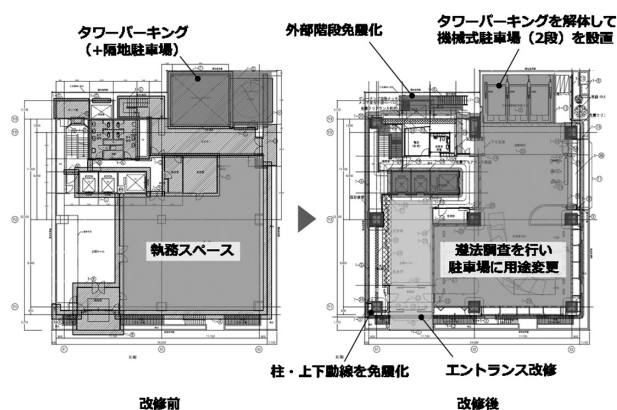


図2 改修概要 (1階平面)

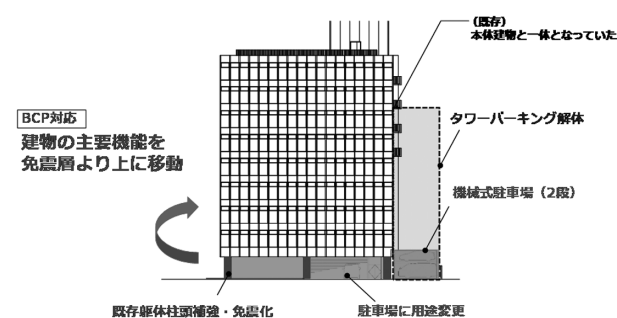


図3 改修概要 (北立面)

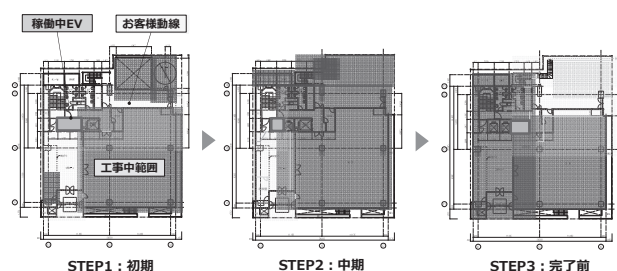


図4 施工ステップ

トを外側から取り付ける事によって、常に3台中少なくとも1台を使用しながら施工する事を可能とした。

また、図4に示す施工ステップを限られた工期内で実現するためには、柱9本のうち3本ずつを切断・免震化していくが必要であった。そこで既存躯体の損傷を最小限に抑えながら、3本ずつの柱免震化を可能にするために、免震プレロード工法を採用した。

図6に実施した免震プレロードの施工手順を示す。

柱の免震化は、仮受けジャッキにてジャッキアップを行った後、既存柱を切断する。その後、免震装置に軸力を導入(プレロード)した後に仮受けジャッキ軸力を除荷し、免震装置に軸力を移行する。

また、上記の手順を踏む際に、施工中の変位およびジャッキ軸力の管理が重要となるため、図7に示すように各柱の変位および軸力を随時タブレット端末から確認できるようリアルタイム管理システム

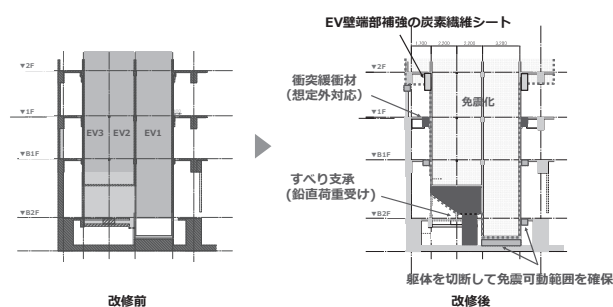


図5 EV免震化

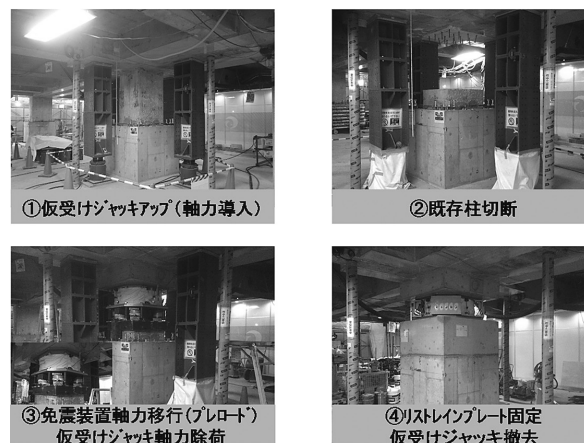


図6 柱免震化施工手順

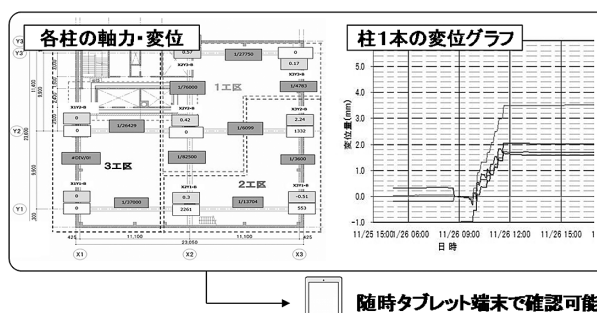


図7 リアルタイム管理システム

を導入し、施工状況を確認しながら柱の免震化を行った。

さらに、厳しい工期において既存躯体の補強工事を低減するために、ダンパー取付部の拘束効果を見込んで各柱の応答性状を詳細に検討することにより、補強範囲を最小限に抑える計画とした（図8）。

3.3 意匠性に配慮した改修

本建物は、敷地周辺にオフィスビルが多く、幹線道路にも面していることから、視認性の高い立地である。

また、免震改修による安全性向上のイメージを見える化するために、1階の駐車場において「免震装置のショーケース化」を行った。

免震装置の取付部として鋼板で構成された複数のせん断パネルを市松状に配置した耐震市松を用い、基礎側の耐震市松と免震側の2階床梁との間に減衰こまおよび衝突緩衝材を配置した（図9）。

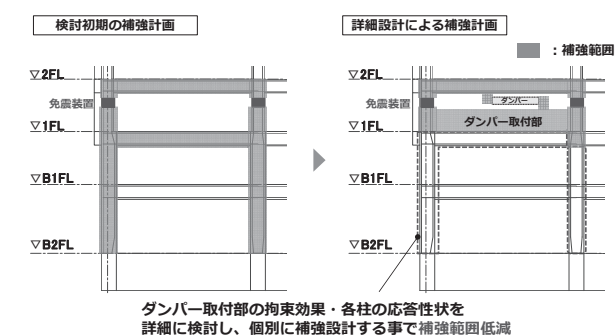
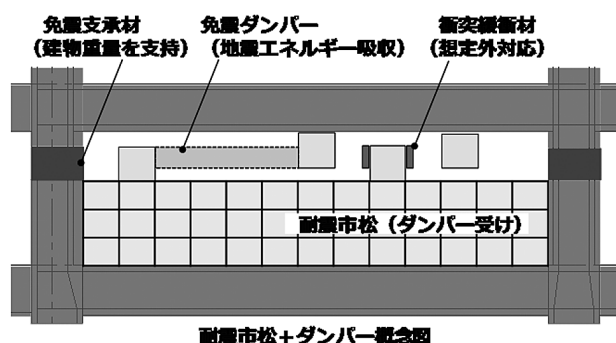


図8 既存躯体補強範囲の低減



耐震市松+ダンパー イメージパース

図9 耐震市松+ダンパー

減衰こまは、小振幅時からエネルギー吸収能力に期待できるダンパーであり、衝突緩衝材は、設計想定を超える外力が発生し、免震層変位が過大となった場合においても免震層上下の躯体同士が衝突する際の衝撃を吸収するものである。

免震装置による安全性の見える化を行うことで、意匠性にも配慮した改修とした。

4 応答解析概要

図10に水平動に対する弾塑性時刻歴応答解析に用いた構造物モデルを示す。解析モデルは、各レベルの地震動に対して共通であり、柱・梁・壁・免震装置等の各要素を実位置配置とした立体モデルとする。

免震層変位を25cmとした場合の各固有周期および固有振動数を表2に、モード図を図11に示す。

1階柱頭免震とすることで、免震層上部は1次固有周期が卓越したモード形状となっていることが分かる。

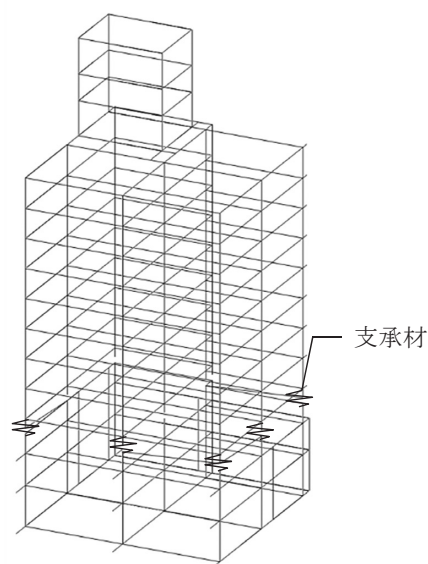


図10 解析モデル

表2 固有値解析結果

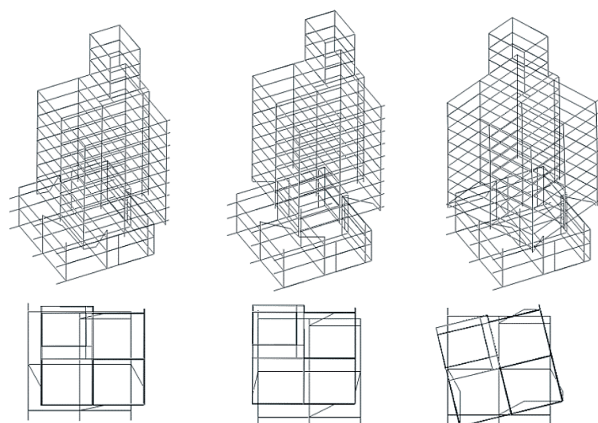
次数	固有周期 (sec)	固有振動数 (Hz)	モード
1	4.95	0.20	X 方向 並進 1 次
2	4.93	0.20	Y 方向 並進 1 次
3	2.28	0.44	ねじれ 1 次
4	0.61	1.65	X 方向 並進 2 次
5	0.55	1.83	Y 方向 並進 2 次
6	0.33	3.03	ねじれ 2 次

図12に最大応答値結果（X方向レベル2、免震材料は標準状態）を示す。

免震層変位は狭小地立地に対応したクライテリア35cm以下となっており、免震層より上部の応答加速度は200gal程度に納まっている。

免震層より上部の応答値を極めて小さく抑える事により、改修工事を免震層廻りだけに限定し、工事範囲を最小限に抑えることを可能としている。

また、本建物のねじれ挙動を把握するために、図13に示すA点、B点、C点の代表階における変位から



(a) 1次 (b) 2次 (c) 3次

図11 モード図

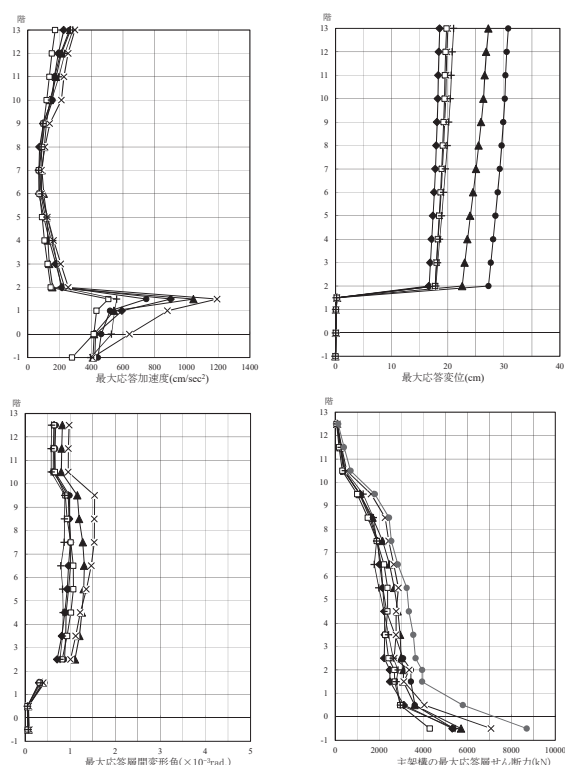


図12 最大応答値結果（レベル2・X方向）

ねじれ変形を算出する。

入力地震波は、免震層変位の値が最大となる告示波ランダム位相（レベル2、X方向）とし、検討は、耐震モデル（改修前）と免震モデル（改修後）それぞれについて行う。

図14および図15にねじれ変形の算出結果を示す。耐震モデルではねじれの影響が大きく出ており、建物頂部ではねじれ変形角が1/300程度となっているのに対して、免震モデルではねじれ変形角が1/1500程度に納まっている。A、B、C点の時刻歴変位波形からも、免震モデルでは各点の変位の差が極めて小さく、図16に示す並進1次モード図の比較からも、耐震モデルに対して免震モデルはねじれ変形の影響

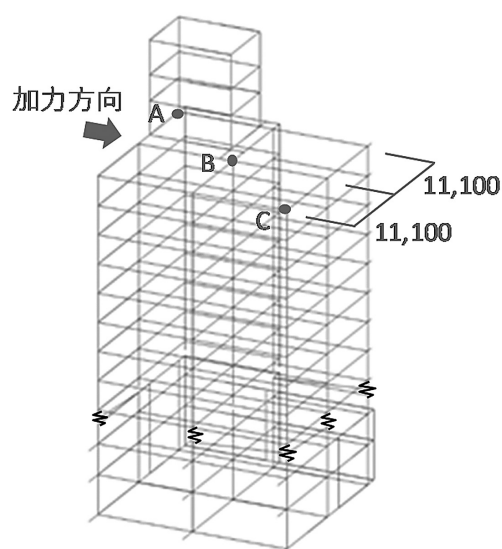


図13 変位算定位置

階	δ A-B		δ B-C		δ A-C	
	変位 (cm)	変形角	変位 (cm)	変形角	変位 (cm)	変形角
R	3.69	1/ 301	3.69	1/ 301	7.38	1/ 301
2	0.56	1/ 1982	0.55	1/ 2018	1.04	1/ 2135
1	0.07	1/ 15205	0.03	1/ 34688	0.04	1/ 50455

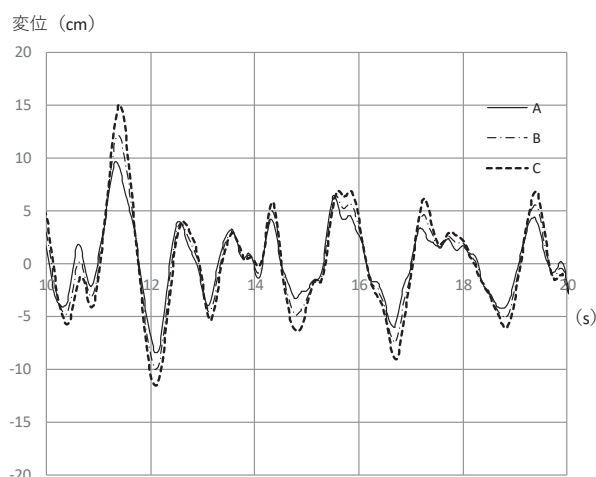


図14 ねじれ変形・時刻歴波形（耐震モデル）

を極めて小さく抑える事ができている。

2.5 成果および効果の確認・検証

竣工写真を写真2、3に示す。

1階駐車場の外部はルーバーで覆われており、日が落ちると駐車場の照明により、図9に示した免震装置がライトアップされているように見える。

駐車場内部には、耐震市松・ダンパーが2面配置されており、来館者が間近で見える事ができるため免震建物である事を感じ取り、安全性向上のアピールに繋がっている。

階	δ A-B		δ B-C		δ A-C	
	変位 (cm)	変形角	変位 (cm)	変形角	変位 (cm)	変形角
R	1.16	1/ 960	1.00	1/ 1105	2.16	1/ 1027
2	0.53	1/ 2102	0.46	1/ 2424	0.99	1/ 2252
1	0.07	1/ 16492	0.03	1/ 33287	0.04	1/ 54041

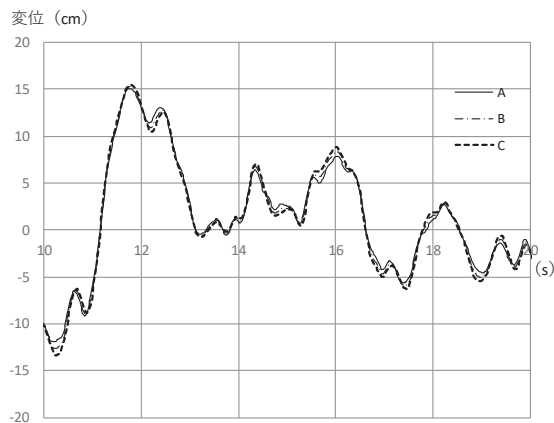
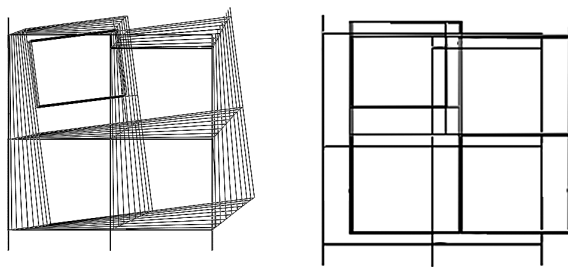


図15 ねじれ変形・時刻歴波形 (免震モデル)



(耐震モデル) (免震モデル)

図16 モード図の比較 (並進1次)

5 おわりに

老朽化したオフィスビルの改修にあたり、1階柱頭免震として精緻な解析を行うことにより安全で安心、かつ意匠性にも配慮した都市型の免震レトロフィットを実現する事ができた。

今後も新築案件・改修案件問わず、免震構造を駆使することにより魅力的な建物を造り出し、免震構造の普及や高度化に貢献していきたい。

最後に、本計画に携わって頂いた関係者の方々に、感謝申し上げます。



写真2 竣工写真 (全景外観)



写真3 竣工写真 (駐車場内観)