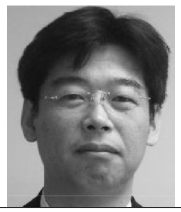
寒河江市役所庁舎免震レトロフィット



中村　幸悦　織本構造設計
荒　真一　同
韓　永輝　同

1　はじめに

寒河江市役所庁舎は昭和42年（1967年）に竣工した黒川紀章氏の初期代表作として知られ、2004年には山形県内から唯一日本のDOCOMOMO100選（※1）に選定されている。2階ロビーには岡本太郎氏寄贈のシャンデリア「誕生」が飾られている。

付加価値の高い歴史的建造物であることと、市庁舎としての防災活動拠点であることから、外観および機能を維持できる免震レトロフィット改修を行った。

2　建物概要

1階は議場、2階は市民窓口となっている。利用者は南面の大スロープを上り、2階のメインエントランスへアクセスする。3階以上は4本のコア壁によって支持され、7.7mのオーバーハング部分に各部署の事務スペースが配置されている。このオーバーハングは最上階の大梁からPC鋼棒によって吊られたメガストラクチャーとなっていて、この構造が外観の形態を特徴づけている。写真1に外観、図1に断面図を示す。

建 物 名 称：寒河江市役所庁舎
所　在　地：山形県寒河江市中央1-9
設　計　者：黒川紀章建築・都市設計事務所
延 床 面 積：4736.5m²
階　　数：地上5階・塔屋1階
構 造 種 別：鉄筋コンクリート造
構 造 形 式：耐震壁付ラーメン構造
主要スパン：X方向：12.5m＋5.0m×5スパン
　　Y方向：5.0m×9スパン
基 礎 形 式：独立基礎

※1：現在ではDOCOMOMO150選となり、山形県からは3件選出されている。

写真1　外観

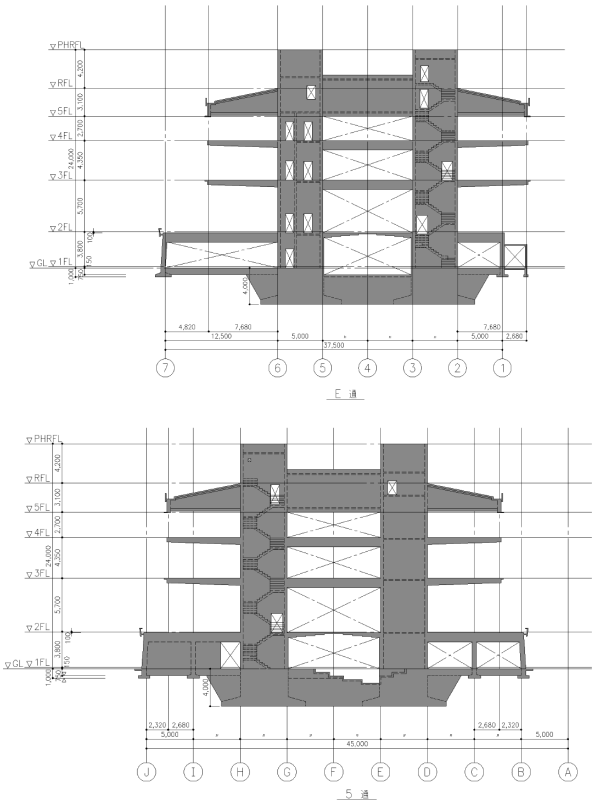


図1　断面図

3　耐震改修計画

本建物は3階以上の階は4本のコア壁のみに支えられているため、その1か所でも脆性破壊が生じると崩壊することになる。4本のコア壁を補強することは市庁舎としての業務に過大な支障となるため、免震構造とすることでコア壁に生じるせん断力を低減し､大地震時にもせん断破壊を生じないようにする。更に、工事中の業務を継続できるよう、1階床下に地下ピットを設け免震層とする基礎免震の形態とする。図2に免震ピット断面図を示す。

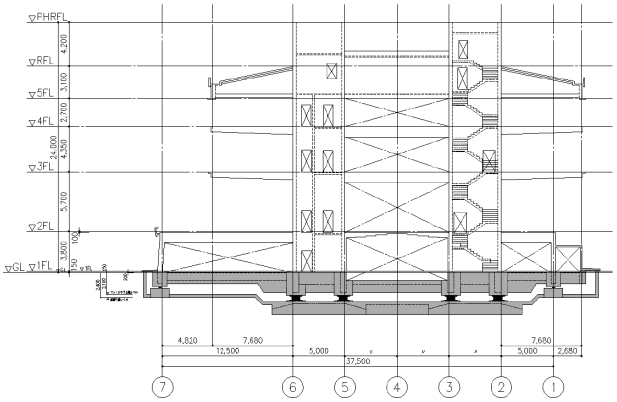


図2　免震ピット断面図

4　補強設計

1階の床は改修前は土間コンクリートだった為、改修後の1階の梁は1階床を支える必要がある。さらに免震装置からの付加曲げが作用するため、1階梁には大規模な補強を行う。

4本のコア壁はそれぞれ独立基礎で支持され、それらは梁せい4mの基礎梁で結ばれメガストラクチャーを形成している。1本のコア壁を4台の免震装置で支持することとし、成が4mの梁を中間で水平に切断し、その位置に免震装置を設置する計画とする。そうすることで、掘削量を大幅に低減でき、梁の切断手順を工夫することで、免震工事中の仮受材を一部省略することも可能となる。

免震装置の構成は､鉛プラグ挿入型積層ゴム支承、天然ゴム系積層支承、弾性すべり支承の組合せとした。鉛直応力時の軸力による積層ゴムの面圧を11N/mm^{2}程度以下とし、上部構造の重心と免震部材の剛心に偏りが無いように配置した。また、水平方向クリアランスは60cmとした。図3に免震装置の配置図を示す。

現状の基礎構造は砂礫層を支持層とする独立基礎であるが、免震ピットはマットスラブとしたべた基礎で支持させる。4本コア壁部分の基礎直下は掘削

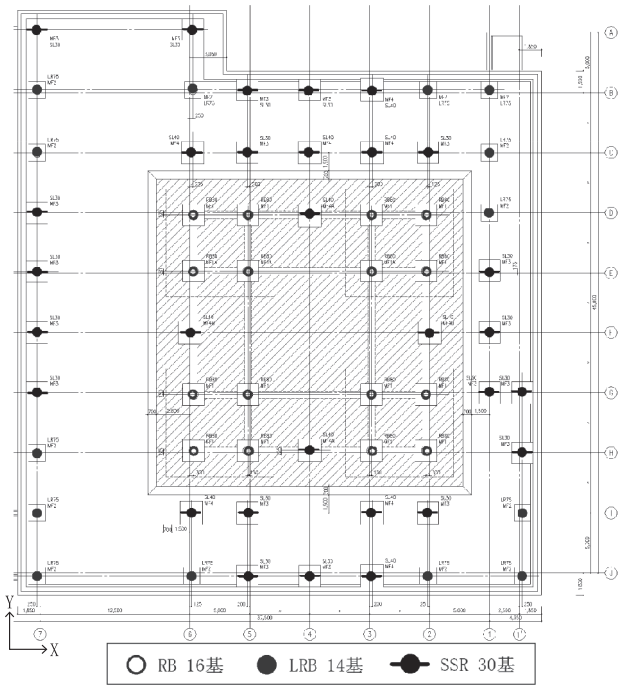


図3　免震装置の配置図

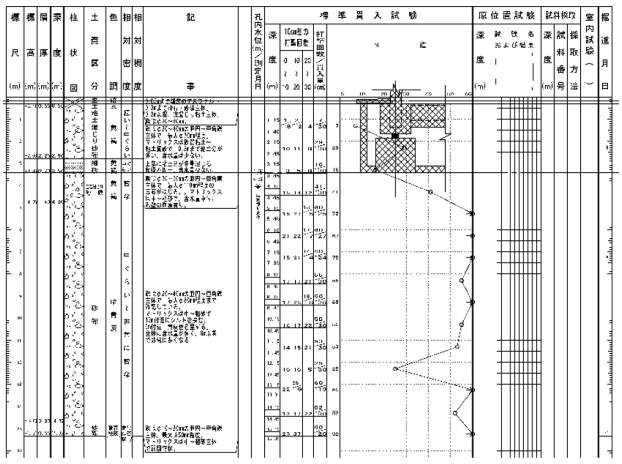


図4　ボーリング柱状図

することなく、支持地盤を乱さらないような計画とする。図4にボーリング柱状図を示す。

5　時刻歴応答解析概要

(1) 耐震性能目標

設計は表1に示す設計クライテリアに基づき、極めて稀に発生する地震動（レベル2）で時刻歴解析を行い、上部構造、免震層、基礎の耐震性能の評価と確認を行う。また、地震応答解析において、水平地震動と同時に上下方向の地震動を作用させて、オーバーハング部の吊材であるPC鋼棒及び片持梁が降伏しないことを確認する。免震支承の面圧もこの条件下で検討する。

表1　設計クライテリア

項目			極めて稀に発生する地震動(レベル2)
上部構造	部材の状態		脆性破壊の防止
	層間変形角		1/250以下
免震層	最大変位		≦500mm(γ=250%)
	応答面圧	圧縮	≦短期許容面圧
		引張	≧-1.0 N/mm^2 弾性すべり支承：≧0.0 N/mm^2
基礎	部材の状態		著しい損傷を受けない

(2) 応答解析モデル

図5に応答解析モデルを示す。柱・梁を線材置換、コア壁は連層耐力壁としてモデル化した立体骨組モデルとした。建物重量は、柱と梁の各交差部に集約した等価節点質量として評価する。

上部構造のモデル

柱・梁の履歴特性は武田モデルとし、耐力壁の履歴特性は原点指向モデルとした。

減衰定数

上部構造の内部粘性減衰は、瞬間剛性比例型で1次モードに対して2%とし、2次以降は円振動数に比例するものとする。免震層の内部粘性減衰は考慮しない。

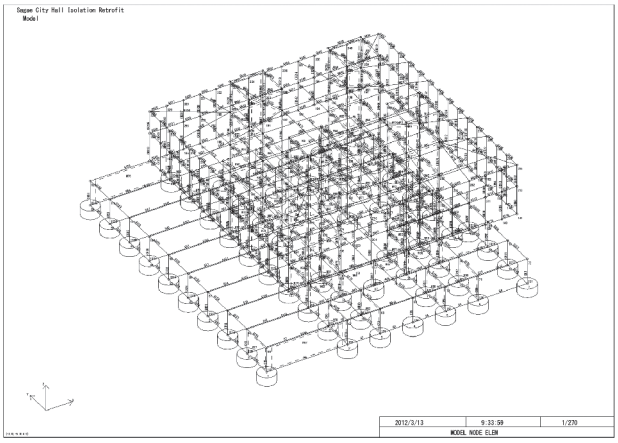


図5　応答解析モデル（立体骨組モデル）

(3) 入力地震動

採用した地震波は、観測波3波、告示波3波とした。表2に設計用入力地震動を示す。告示波3波の位相は以下に示す。

告示波1：位相 El Centro 1940 NS・UD

告示波2：位相 Hachinohe 1968 NS・UD

告示波3：位相 JMA Kobe 1995 NS・UD

(4) 応答解析結果

1) 固有値解析結果より得られた基礎固定時及び

表2　設計用入力地震動

地震動レベル	地震波		加速度 m/s^2	速度 m/s	継続時間 s
極めて稀に発生する地震動（レベル2）水平方向	観測波	El Centro NS	5.10	0.50	60
		Taft NS	4.97	0.50	60
		Hachinohe-NS	3.33	0.50	120
	告示波	告示波1	3.48	1.11	60
		告示波2	3.80	0.57	120
		告示波3	3.38	0.84	70
極めて稀に発生する地震動（レベル2）上下方向	観測波	El Centro-UD	3.08	0.50	60
		Taft-UD	2.91	0.50	60
		Hachinohe-UD	1.66	0.50	120
	告示波	告示波1	2.47	1.11	60
		告示波2	2.70	0.57	120
		告示波3	2.46	0.84	70

表3　建物全体系の固有周期（単位：sec）

次数(X方向)	基礎固定時	200%変形時
1	1.300	4.571
2	1.297	4.395
3	0.948	4.332

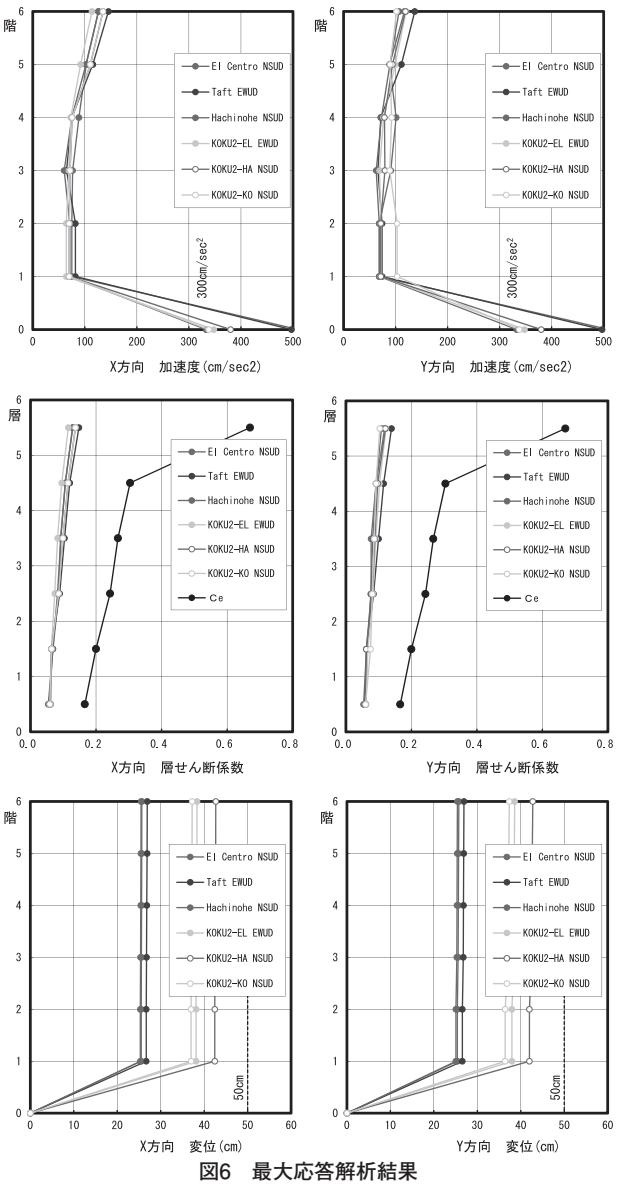


図6　最大応答解析結果

免震装置200%変形時の固有周期を表3に示す。

2）増設するマットスラブを格子梁モデルに置換し、地震時応力に対して短期許容応力度以下であることを確認した。また、水平時地震動と上下動を合わせて考慮した入力地震動に対して吊材のPC鋼棒と片持梁が終局耐力以下であることを確認した。コア壁についてもせん断破壊等の脆性破壊が発生せず、上部構造の構造安全性が確認された。

3）免震装置のばらつきを考慮したレベル2地震時の最大応答結果を図6及び表4に示す。免震層の最大水平変位はX方向42.7mm、Y方向42.8mm、地上階の最大層間変形角はX方向1/2774（4階）、Y方向1/2836（4階）となっている。また、一般階の最大加速度はX方向115.4gal、Y方向111.2galである。

表4　最大応答解析結果

項目	X 方向	Y 方向
免震層のせん断力係数	0.061	0.050
免震層の最大水平変位(cm)	42.7	42.8
一般階最大加速度(cm/s²)	115.4	111.2
上部構造のベースシア係数	0.069	0.056
地上階の最大層間変形角	1/2774	1/2836

6　補強工事

図7に概略の施工ステップを示す。建物を使用しながらの免震レトロフィットは、4本のコア壁で建物重量を支えている状態に対し、仮受盛替えによる重量移行がとても重要な課題である。また、コア壁の一部を最後まで残すことにより、工事中の安全確保、鉛直及び水平仮受材の軽減を図った。

7　まとめ

平成24年8月に着工した寒河江市庁舎耐震改修免震工事は平成26年2月に竣工予定です。設計から監理を通し、市民の皆様及び工事関係者には多大なご理解とご協力をいただきました。この場を借りて心より感謝申し上げます。（平成25年12月）

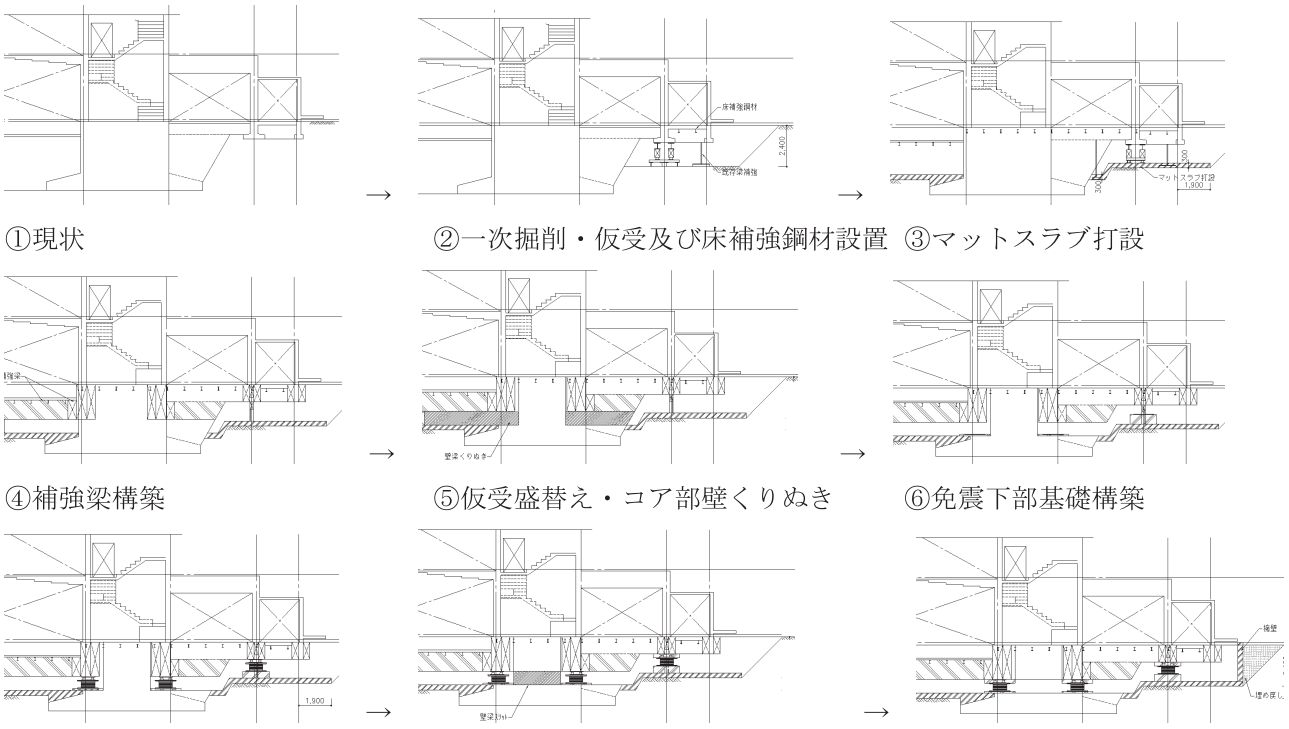


図7　施工ステップ