

山梨県庁舎本館耐震改修工事

三菱地所設計
加藤 晋平



大成建設
小山 実



1. はじめに

免震レトロフィットによる耐震改修も数多く行われており、この訪問記でも多くの事例が紹介されましたが、免震レトロフィットによる耐震改修を行う場合、細部にわたっていろいろなアイデアが駆使されており、毎回多くの情報が得られてきました。

今回は、県の庁舎としては日本ではじめてとなる山梨県庁舎の免震改修工事を、(株)横河建築設計事務所の鱒沢氏の案内で訪問させて頂きました。

2. 建物概要

山梨県庁舎本館建物は、昭和36年に内藤多仲先

生、明石信道先生の設計により、昭和38年に竣工した地上8階、地下1階、塔屋3階の鉄筋コンクリート造の建物です。建物の平面形状は整形で、南北桁行方向54m（6m×9スパン）、東西梁間方向19.2m（7.75m+3.7m+7.75m）のグリッドとなっています。建物の東側にはキャノピー（地上2階、地下1階の鉄筋コンクリート造）が取り付けられています。また、県庁舎別館建物に通じる渡り廊下が建物の北側に地上3階床レベルにおいて連結されています。

写真-1に建物全景写真を示します。また、図-1に改修後の基準階平面図及び断面図を、下記に建物概要を示します。



写真-1 建物外観

所在地：山梨県甲府市丸の内1丁目6番1号

用途：事務所

建物概要：建築面積 1,174.20㎡
 延べ床面積 10,187.83㎡ (改修前)
 10,035.45㎡ (改修後)
 階数 地下1階、地上8階、塔屋3階
 高さ 29.70m
 軒高さ 28.20m
 最高部高さ 37.10m
 構造 鉄筋コンクリート造
 基礎 直接基礎

発注者：山梨県知事

設計・監理：株式会社 横河建築設計事務所

建築工事：鹿島建設株式会社 関東支店

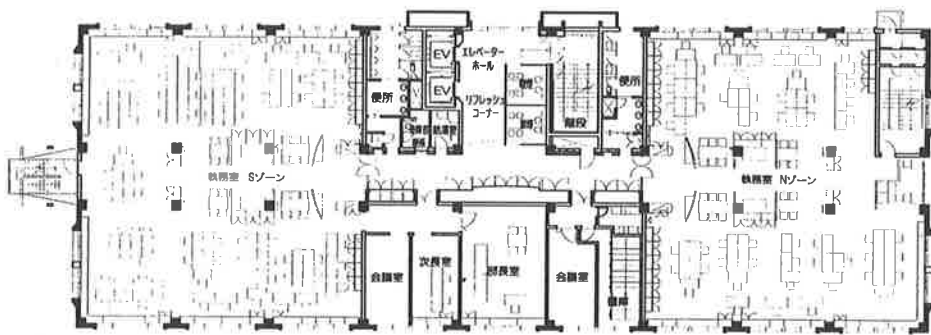
株式会社早野組

国際建設株式会社

平成7年度に耐震診断が行なわれ、耐震性に問題のあることがわかりましたが、本建物は同郷の耐震設計の大家である内藤多伸先生の構造設計による由緒ある建物であること及び財政事情の観点より、新築ではなく、在来構法による耐震補強計画の策定が平成8年度になされました。

しかし、在来構法による耐震補強では、補強部材が多く、執務空間等への影響が大きいことから、平成11年度に補強案が見直され、今回の地下1階柱頭免震による補強計画になりました。

さらに、耐震改修とともに外部建具の取替え等、建物内部の全面リニューアル及び設備機器の全面的な更新も行う計画となりました。



基準階平面図

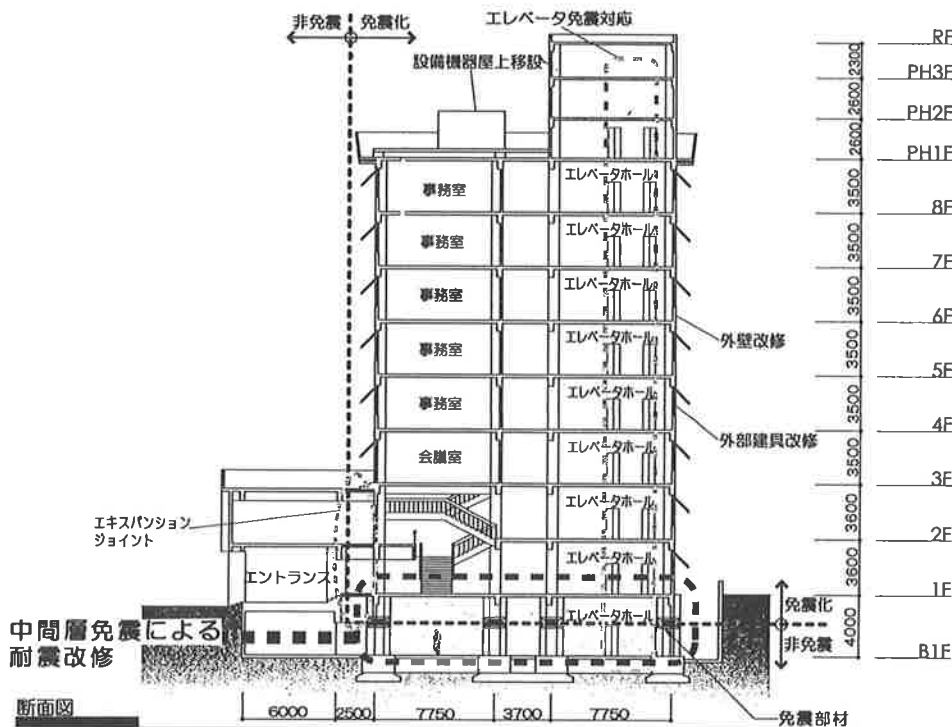


図-1 基準階平面図及び断面図

3. 耐震改修計画概要

図-2 に免震部材の配置を示し、免震化にともなう建物全体の改修計画を下記に示します。

- ・地下1階柱40本の柱頭部（1箇所は柱脚部）を切断し、免震部材として700φ32基及び750φ8基の鉛プラグ入り天然ゴム系積層ゴム支承（LRB）を設置する。
- ・建物地下外周部にドライエリアを設置し、建物外壁との間隔を免震クリアランス（60cm）以上確保する。
- ・地下1階のエレベーターシャフトを1階から吊り下げる。
- ・北側3階渡り廊下は、免震クリアランス以上のエキスパンションジョイントにより切り離し、柱を設けて支持させ別建物とする。

- ・南側屋外避難階段は撤去し、本館から吊り構造の鉄骨造階段として新設する。
- ・東側キャノピーは、免震クリアランス以上のエキスパンションジョイントにより切り離し、別建物として耐震補強を行う。
- ・免震部材上・下部の地下1階柱、1階大梁、地下1階大梁（基礎梁）及び一部の基礎を鉄筋コンクリート造で補強する。
- ・1階壁抜け柱（4本）及び1～2階吹き抜け柱（1本）を鋼板でジャケッティングし、せん断耐力の増強を行う。
- ・上部構造の剛性の連続性及びせん断耐力の向上を図る目的で、鉄筋コンクリート造の壁の新設、開口の閉塞及び撤去を行う。

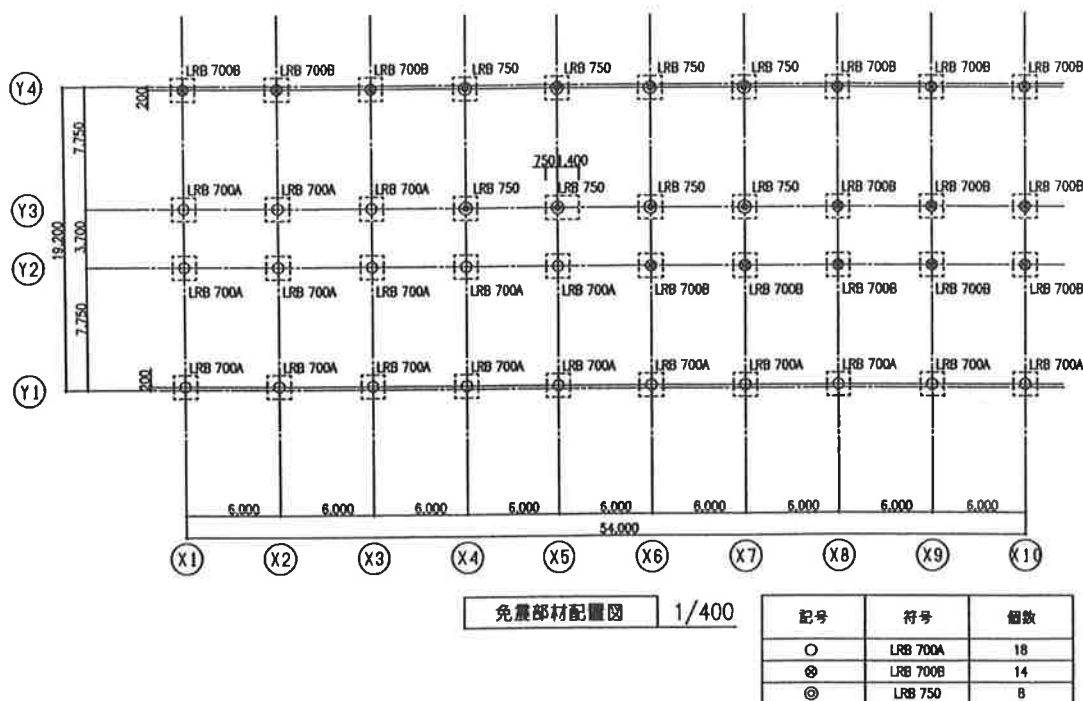


図-2 免震部材の配置

4. 構造設計概要

(1) 地震動レベルの設定と地震動波形

平成12年建設省告示1461号によるものと地域特性を考慮したものの2つの考え方を用いて入力地震波（レベル2）を設定しています。

告示によるものは、敷地地盤における地質調査結果を考慮し、告示に規定される加速度スペクトルに適合する模擬地震波を作成しています。位相特性には、既往観測波4波（El Centro(1940)NS、

Taft(1952)EW、Hachinohe(1968)NS、JMA Kobe(1995)NS）及びランダム位相波の計5波を採用しています。その最大速度は48.2～59.1cm/sec、最大加速度は327.8～424.3cm/sec²になっています。

地域特性を考慮したものは、敷地近傍に存在が指摘されている糸魚川-静岡構造線断層系における断層を対象に、震源モデル（気象庁マグニチュード約7.9、モーメントマグニチュード約7.2）を想定した模擬地震波形（Ito-sizuNS成分）を1波作

成しています。その最大速度は49.0cm/sec、最大加速度は287.5cm/sec²になっています。

(2) 解析モデル

剛床が成り立ち建物も整形であるため、解析モデルは12質点直列質点振動モデルとしています。下部構造は剛とし、基礎は固定としています。減衰定数は、上部構造3%（瞬間剛性比例型）、免震部材は0%としています。

上部構造の復元力特性は、擬似立体の弾塑性荷重増分解析を行って得られた各層のせん断力-層間変形関係よりトリリニア型とし、履歴則は武田モデルとしています。

免震部材の復元力特性は、鉛プラグの降伏を考慮した歪依存性のバイリニア型とし、履歴則はノーマルバイリニアとしています。また、LRB支承の温度依存性、経年変化等を考慮し、標準状態のもの、剛性で27%・耐力で34%硬いもの、及び剛性で13%・耐力で21%柔らかいものの計3ケースを設定しています。

(3) 目標性能と解析結果

各部材の性能検証及び補強設計は、地震動の入力方向として水平2方向及び45°方向（水平2方向ベクトル和）の最大応答値に鉛直地震動として静的に±0.3Gを加算した値で行っています。表-1に応答解析結果一覧を示し、表-2に積層ゴム径別の最大面圧及び最小面圧を示します。

また、下記に目標性能と最大値の比較を示しますが、最大応答値は目標性能以下になっています。

- ・LRB支承の最大せん断歪
 X方向 192% ≤ 200% (JMA Kobe NS位相波、軟化時)
 Y方向 190% ≤ 200% (JMA Kobe NS位相波、軟化時)
- ・上部構造1階の最大せん断力係数
 X方向 0.167 ≤ 0.232*1 (Ito-sizu NS波、硬化時)
 Y方向 0.166 ≤ 0.224*1 (Ito-sizu NS波、硬化時)
 *1 部材にせん断破壊が生じる時のせん断力係数
- ・上部構造の最大層間変形角
 X方向 1/824 ≤ 1/500 (4階, Ito-sizu NS波, 硬化時)
 Y方向 1/513 ≤ 1/500 (4階, ランダム位相波, 硬化時)
 X方向: 南北桁行方向
 Y方向: 東西梁間方向

表-1 応答解析結果

		方向	入力地震波						
			Elcentro NS	Taft EW	Hachinohe NS	Kobe NS	Random	Ito-shizu	
レベル2 (硬化時)	上部構造	1階最大層せん断力係数	X	0.127	0.105	0.126	0.151	0.101	0.167
			Y	0.123	0.109	0.124	0.149	0.103	0.166
		1階最大層せん断力 [kN]	X	12847	10591	12749	15200	10199	16867
			Y	12356	10983	12454	15004	10395	16769
		最大層間変形角	X	1/1357 (7F)	1/923 (7F)	1/1502 (7F)	1/1148 (4F)	1/1057 (8F)	1/824 (4F)
			Y	1/580 (8F)	1/670 (8F)	1/540 (8F)	1/776 (8F)	1/513 (8F)	1/719 (3F)
	最大塑性率 (*1)	X	0.255 (7F)	0.375 (7F)	0.241 (8F)	0.277 (4F)	0.356 (8F)	0.386 (4F)	
		Y	0.580 (8F)	0.502 (8F)	0.623 (8F)	0.434 (8F)	0.656 (8F)	0.466 (4F)	
	免震層	最大相対変位 [cm]	X	16.7	11.6	16.6	23.2	10.3	27.5
			Y	16.1	12.1	16.0	23.7	10.5	28.2
		最大せん断ひずみ [%]	X	101	70	101	141	62	167
			Y	98	73	97	144	64	171
		最大層せん断力係数	X	0.124	0.105	0.124	0.148	0.100	0.163
			Y	0.122	0.107	0.121	0.150	0.100	0.166
最大層せん断力 [kN]	X	14514	12258	14514	17358	11670	19123		
	Y	14318	12553	14220	17554	11768	19417		
レベル2 (軟化時)	上部構造	1階最大層せん断力係数	X	0.100	0.098	0.094	0.116	0.087	0.102
			Y	0.107	0.100	0.092	0.117	0.086	0.102
		1階最大層せん断力 [kN]	X	10101	9905	9454	11670	8797	10297
			Y	10787	10101	9277	11768	8698	10297
		最大層間変形角	X	1/2652 (5F)	1/2917 (5F)	1/2778 (5F)	1/2303 (5F)	1/2893 (7F)	1/2555 (5F)
			Y	1/1224 (7F)	1/1683 (8F)	1/1097 (8F)	1/928 (8F)	1/895 (8F)	1/1804 (7F)
	最大塑性率 (*1)	X	0.121 (5F)	0.118 (7F)	0.118 (7F)	0.139 (5F)	0.12 (7F)	0.126 (5F)	
		Y	0.272 (7F)	0.2 (8F)	0.307 (8F)	0.363 (8F)	0.376 (8F)	0.185 (7F)	
	免震層	最大相対変位 [cm]	X	25.9	23.9	20.4	31.6	19.4	25.0
			Y	26.2	23.6	21.1	31.4	19.3	24.7
		最大せん断ひずみ [%]	X	157	145	124	192	118	152
			Y	159	143	128	190	117	150
		最大層せん断力係数	X	0.103	0.098	0.090	0.116	0.087	0.100
			Y	0.104	0.097	0.091	0.116	0.086	0.100
最大層せん断力 [kN]	X	12062	11474	10493	13631	10199	11768		
	Y	12160	11376	10689	13631	10101	11670		

表-2 積層ゴム径別の最大面圧及び最小面圧

		最大面圧 (N/mm ²)		最小面圧 (N/mm ²)	
		面圧/通り位置	荷重ケース	面圧/通り位置	荷重ケース
LRB	φ 750	23.2 (X7-Y4)	硬化時 +45° 正加力 +0.3G	-1.0 (X4-Y4)	硬化時 -45° 正加力 -0.3G
	φ 700A	20.7 (X7-Y1)	硬化時 Y 方向負加力 +0.3G	-0.7 (X4-Y1)	硬化時 Y 方向正加力 -0.3G
	φ 700B	18.7 (X10-Y4)	硬化時 Y 方向正加力 +0.3G	-1.0 (X1-Y4)	硬化時 -45° 正加力 -0.3G

5. 施工計画

図-3に免震化の施工手順を示します。

既存の柱・梁を鉄筋コンクリートで補強した後、PC鋼材を挿入する仮設ブラケット、仮設支保工を設置し、PC鋼材を挿入、緊張します。

仮設ブラケットと支保工の間に油圧ジャッキを設置し、PC鋼材の緊張力による摩擦力を利用し、

鉛直荷重を油圧ジャッキで受けます。

ワイヤーソーにより既存柱を切断・撤去した後、免震部材を設置し、免震部材の上下部分をグラウトして既存躯体と一体化させます。

最後に、仮設ブラケット、仮設支保工を撤去して免震化が完了します。

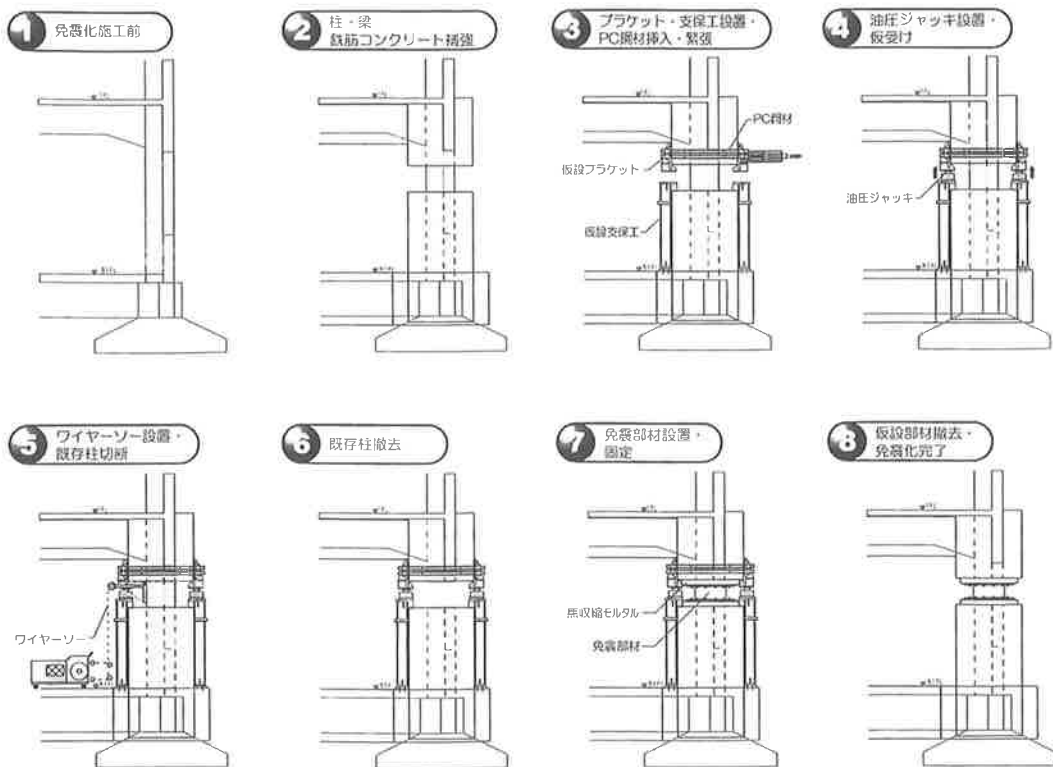


図-3 免震化施工手順

6. 見学記

会議室にて前記までの説明を受けた後、現場を拝見させて頂きましたので、写真を用いてその様子を記述します。

写真-2、3は庁舎1階に設けられた見学ルームにおける庁舎の模型や免震システムを説明する模型で、今回の改修内容や免震についてわかりやすく説明がされていました。

写真-4~6は、既存の柱・梁が鉄筋コンクリートで補強された状況です。写真-4の柱頭部には既存柱が見えますが、この部分がワイヤーソーで切断され、免震部材が挿入されます。

写真-7~10は、既存柱がワイヤーソーで切断・撤去され、免震部材が挿入された状況です。仮設ブラケットがPC鋼材で緊張されており、この仮設ブラケットと仮設支保工の間に設置された油圧ジャッキにて、鉛直荷重が支えられています。

写真-11は、免震部材の横に設置された耐震プレートで、この耐震プレート等により、施工中の耐震安全性を確保しているそうです。

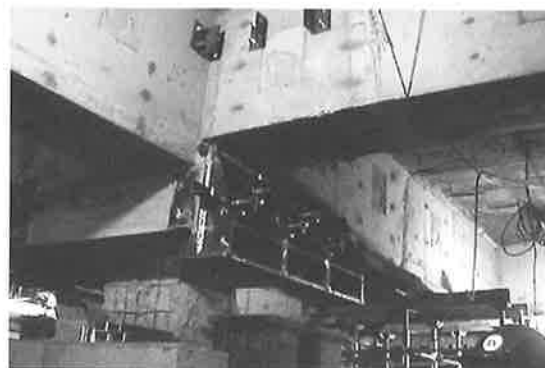


写真-5 柱・梁の補強状況 2



写真-6 柱・梁の補強状況 3



写真-2 庁舎の模型



写真-3 免震システムを説明する模型



写真-7 免震部材設置状況 1



写真-4 柱・梁の補強状況 1



写真-8 免震部材設置状況 2

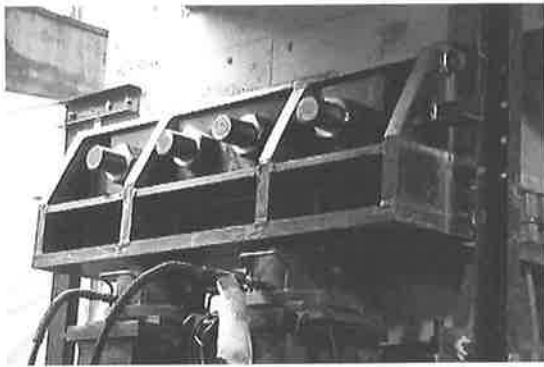


写真-9 免震部材設置状況 3



写真-10 免震部材設置状況 4



写真-11 耐震プレート

7. 訪問談義

現場見学の後、会議室での質疑の内容の一部を下記に示します。

Q：基礎免震ではなく、中間階免震を採用した理由は何ですか。

A：基礎下の地盤が非常に固いこと、城跡に建物があり文化財保護の観点から基礎を掘り下げることができないこと及び地下の階高が高く、建物の約半周に既存のドライエリアがあったことなどから地下1階柱頭の中間階免震を採用しました。

Q：梁の補強等により、建物重量が増加したと思

いますが、基礎は問題ありませんでしたか。

A：新たに補強した基礎梁の下に一部ラップロコンクリートを新設し、増加重量に対応しました。

Q：施工中の耐震安全性はどの程度を確保していますか。

A：免震部材の周りに設置した耐震プレート等にて、水平震度0.2相当の耐震性を確保しています。

Q：コストはどのくらいかかりますか。

A：リニューアルを含め、新築に対して約50%程度のコストになります。

Q：行政上の手続きはどのようにしましたか。

A：本建物は、平成12年改正基準法施行後の設計であり、建築物の耐震改修の促進に関する法律（平成7年法律第123号）に基づく所管行政庁の認定、ならびに国土交通大臣の認定を取得するにあたり、財団法人日本建築防災協会において免震化による耐震改修計画に対する判定の第1号となっています。

8. おわりに

免震レトロフィットの場合、新築とは異なり、すでに荷重を受けている柱の下に、どのように免震部材を挿入するかが問題になります。

今回の山梨県庁舎では、PC鋼材の緊張力による摩擦力を利用し、鉛直荷重を支えています。実施にあたっては、実大実験を行なうなどして、その妥当性を確認しながら施工が行なわれていました。

最後になりましたが、御忙しいところ、貴重なお話を聞かせて下さいました(株)横河建築設計事務所の鱈沢さん、施工を担当されました鹿島建設(株)の開田所長ならびに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



写真 鱈沢氏（中央）と訪問メンバー