

荒川区役所耐震改修計画



小山 実
大成建設



勝倉 靖
同



土本 耕司
同

1 はじめに

庁舎などの建物は、災害時における防災拠点として重要な施設であるとともに、利用する人たちの安全性確保の観点から、その耐震安全性の確保は重要な課題です。ここでは、荒川区本庁舎の耐震改修について記述します。

2 建物概要

対象建物は、全長110mの長大な形状を有する本館と、敷地北側にある議会棟より構成されており、エキスパンションジョイント(150mmのクリアランス)を置いて隣接されています。図1に建物配置図を示し、表1に規模、構造形式を示します。

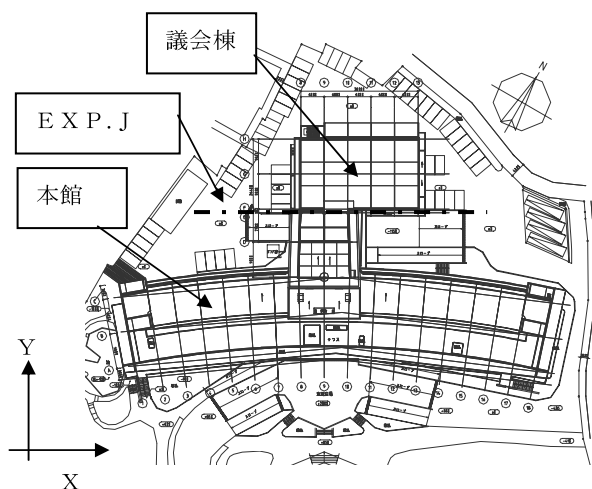


図1 配置図

表1 各建物の規模及び構造形式

区分	構造	階数	建築面積	延床面積
本館	SRC造 (一部RC造)	地上7階	2,750m ²	12,880m ²
		地下1階		
議会棟	SRC造 (一部RC造)	地上6階 地下1階	620m ²	3,864m ²

3 耐震診断結果

図2及び図3に各建物の耐震診断結果(Is値)を示します。

耐震診断は、「既存鉄骨鉄筋コンクリート造耐震診断基準・同解説」(建築防災協会)に基づく第二次診断法で求めたもので、正加力、負加力のうち、小さい方の値をプロットしたものです。

本館のIs値は0.28～0.94、議会棟のIs値は0.21～2.76となり、「地震の震動及び衝撃に対して、倒壊または崩壊する可能性が高い」または「可能性がある」と判定されました。

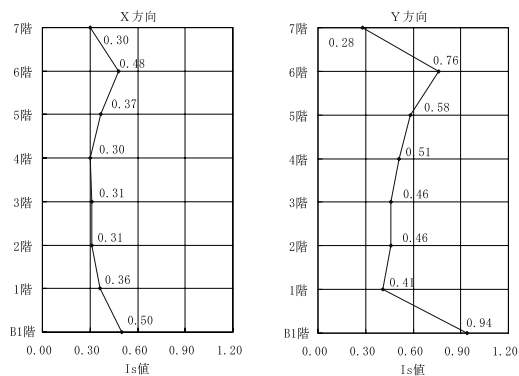


図2 耐震診断結果(本館)

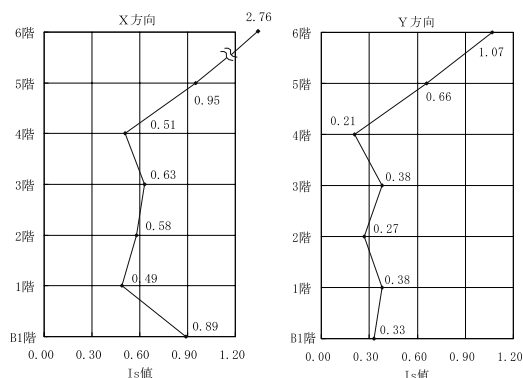


図3 耐震診断結果(議会棟)

4 改修計画

- 下記に、本館及び議会棟の耐震改修方法を示します。
- ・建物を使用しながら、建物全体を地下1階柱頭部において免震化し、所要の耐震安全性を確保する。
 - ・本館及び議会棟はEXP.Jを接合し、一体化する。
 - ・階段については、免震クリアランスを確保するため、EXP.Jの新設・拡幅を行い、鉄骨階段を新設する。
 - ・ELVについては、既存ELV(地下1階着床)を1階着床へと改修することで乗員数を変更しない計画とする。なお、身障者への対応を配慮し、新設のELV2基を別途計画する。

図4に本庁舎の断面図を、図5に免震装置の配置図を示します。

免震装置には、柱への納まりを考慮して角型天然系積層ゴム支承(34基)と角型鉛プラグ入り積層ゴム支承(41基)を用いました。また、軸力の小さい階段部分には弾性すべり支承(2基)を配置しました。

5 設計クライテリア

表2に本庁舎の設計クライテリアを示し、下記にその確認方法を記述します。

○上部構造

上部構造については第2種構造要素にならない柱(直交壁が取り付くなど軸力支持能力が確保されており、その耐力を無視することのできるせん断柱)、概ね1/1,000程度でせん断降伏する壁については耐力上問題がないことを確認する。なお、これら壁板の耐力・剛性を無視した場合についても、応答解析に与える影響が少ないことを確認する。

○杭の検討

既存杭(PC杭)は、レベル2地震動の上部構造の慣性力と基礎部分の慣性力(地下震度0.3)に、基礎部分の受働土圧と側面に働く摩擦力による低減効果を考慮した地震力による応力と地盤変位による応力の合計値に基づき、杭頭固定とした非線形解析結果より、杭頭部分が曲げ降伏するものの、せん断耐力には充分余裕があり、杭の軸力支持能力が確保できることを確認する。既往文献の試験結果に基づき、想定する曲率において繰返し加力を受けても杭の支持能力が低下しないことを確認する。



図4 本庁舎の断面図(8通り)

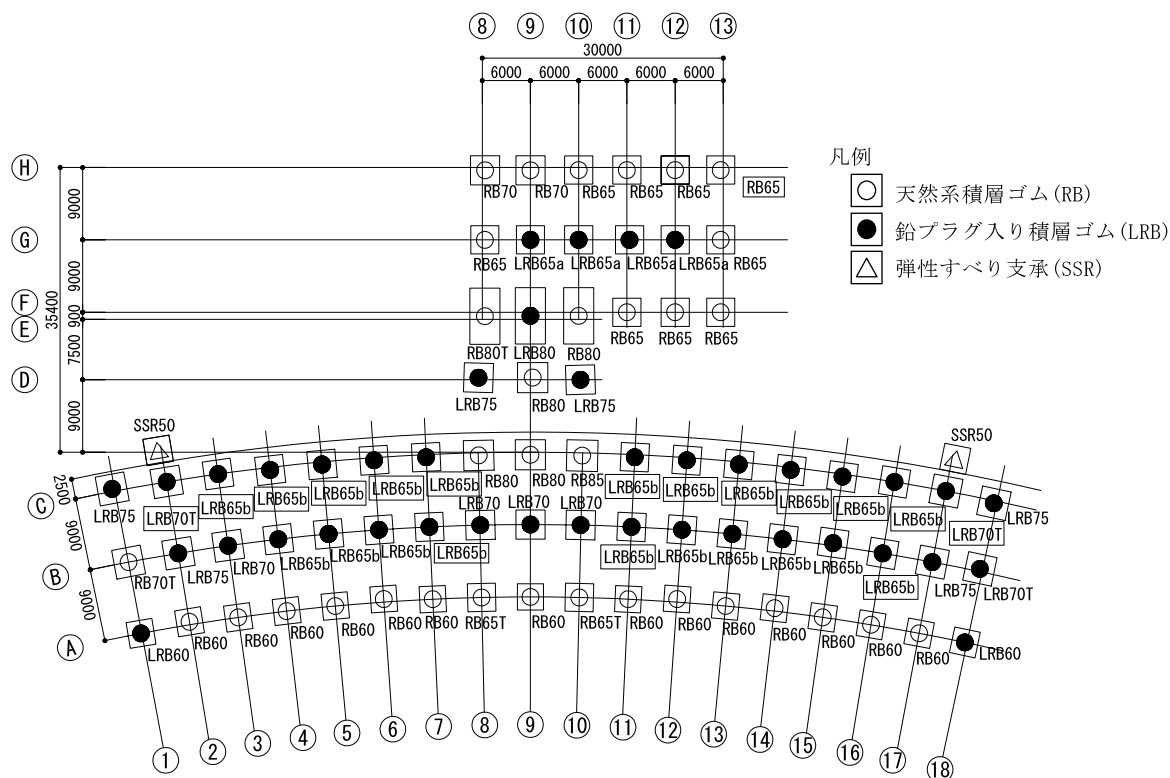


図5 免震装置の配置

表2 本庁舎の設計クライテリア

要求レベル	極めて稀に発生する地震動レベル
想定地震に対する耐震性能	上部構造^{※1)} 大地震動後、構造体の大きな補修をすることなく建築物を使用できることを目標に、上部構造の最大応答変形は、層間変形角1/500以内とする。また、柱・梁の曲げ降伏は許容するが、下記の条件を満たす部位を除き、柱・壁はせん断降伏させない。 ・直交壁が取り付くなど軸力支持能力が確保されており、その耐力を無視することのできるせん断柱 ・概ね1/1,000程度の層間変形角で降伏し、かつ、当該壁の耐力を無視しても、応答解析結果にほとんど影響を与えないせん断壁
免震装置	長期荷重に対する面圧は、層全体としての面圧がメーカー推奨の長期推奨による値を概ね確保できるように設定する。極めて稀に発生する地震動に対しては、上下動（震度0.30）・45度方向の入力や製品のばらつき等を考慮した場合であっても、限界変形以内とする。
免震層 ^{※2)}	1階大梁、基礎梁・免震装置を支える柱部材については免震層の変形に伴うP-δモーメント、装置のせん断力により生ずる応力に対して、短期許容応力度以内とする。
基礎地盤	杭基礎については杭頭部において曲げ降伏は許容するもののせん断降伏は生じないものとし、軸力支持能力を確保する。
躯体同士のクリアランス	クリアランスについては最大応答値の1.5倍（63cm）を確保する。

※1）上部構造は1階柱より上部を示す。

※2）免震層とは免震装置周辺の1階梁、B1階柱、基礎梁を示す。

6 検討地震動

表3に検討地震動（レベルⅡ・水平成分）を示し、図6に表層地盤特性を考慮した建物入力位置における告示波及びサイト波の擬似応答スペクトルを示します。

サイト波模擬地震動の作成は、短周期成分は統計的グリーン関数法、長周期成分は波数積分法を適用し、アスペリティの配置および破壊開始点については中央防災会議資料等を参考に設定しました。

表3 検討地震動（レベルⅡ・水平成分）

	観測波形または位相	最大加速度 (cm/s/s)	最大速度 (cm/s)
基準化観測波	ELCENTRO 1940 NS	510.7	50.0
	TAFT 1952 EW	496.6	50.0
	HACHINOHE 1968 NS	333.3	50.0
告示波模擬地震動	ランダム位相波	359.0	71.0
	八戸位相波	469.0	75.0
	ELCENTRO 位相波	388.0	100.0
サイト波模擬地震動	東京湾北部の地震（X方向）	307.0	58.0
	東京湾北部の地震（Y方向）	231.0	41.0
	東海地震（X方向）	143.0	26.0
	東海地震（Y方向）	111.0	25.0
	南関東地震（X方向）	351.0	57.0
	南関東地震（Y方向）	401.0	74.0

7 地震応答解析モデル

図7に地震応答解析モデルを示します。

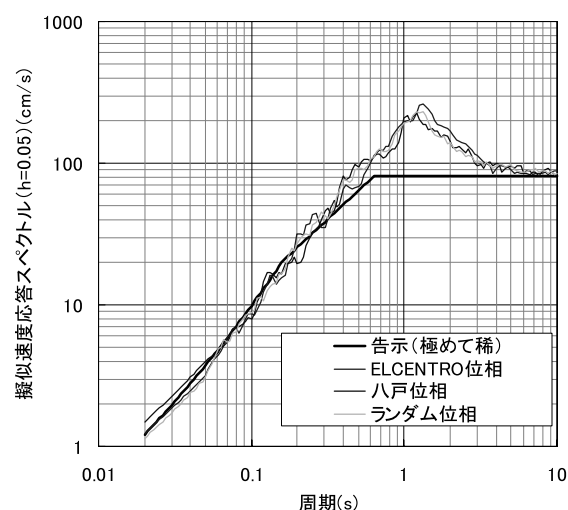
免震層は天然系積層ゴム支承（RB）、鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）および弾性すべり支承（SSR）をモデル化した3本のばねを並列配置し、免震層以下を固定としました。

免震層以上は1階～6階床位置に質量を集中させた6質点等価せん断型質点系モデルとしました。ここで、7階に関しては6階に比べて床面積が小さいことから、同質量は6階床に集約しています。

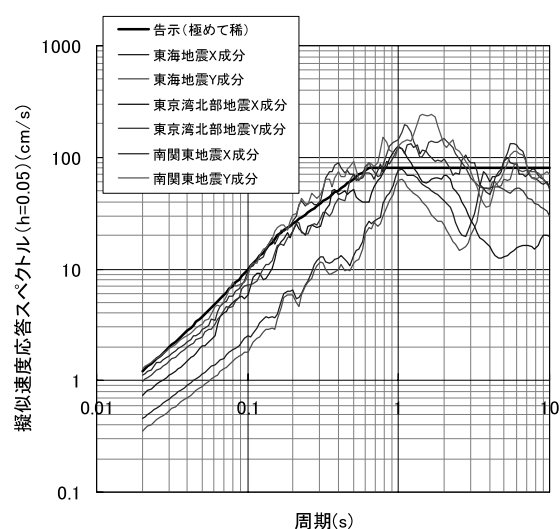
免震化後の固有周期は、免震装置の初期剛性に対して1.34秒、せん断ひずみ200%相当に対しては2.51秒です。

上部構造の復元力特性は、荷重増分法による立体モデルの静的弾塑性解析の結果から得られる各層の層せん断力－層間変位関係に基づき、ひび割れを考慮したばねを設定し、上部構造の減衰定数については基礎固定時の固有周期に関して3%を瞬間剛性比例型としました。

なお、免震装置の剛性には品質等のばらつきを考慮しました。



（告示波模擬地震動）



（サイト模擬地震動）

図6 擬似速度応答スペクトル

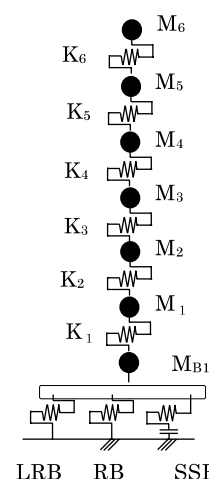
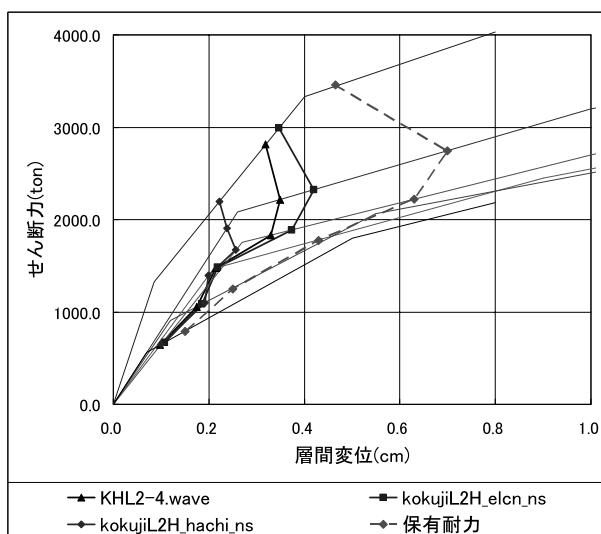


図7 地震応答解析モデル

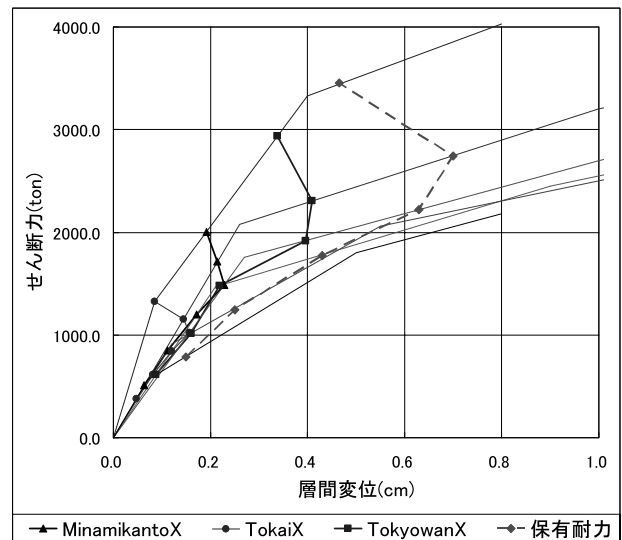
8 応答解析結果

図8～図10に応答解析結果の一部を示し、表4に免震装置の変形と面圧を示します。これらの図表により下記のことがわかります。

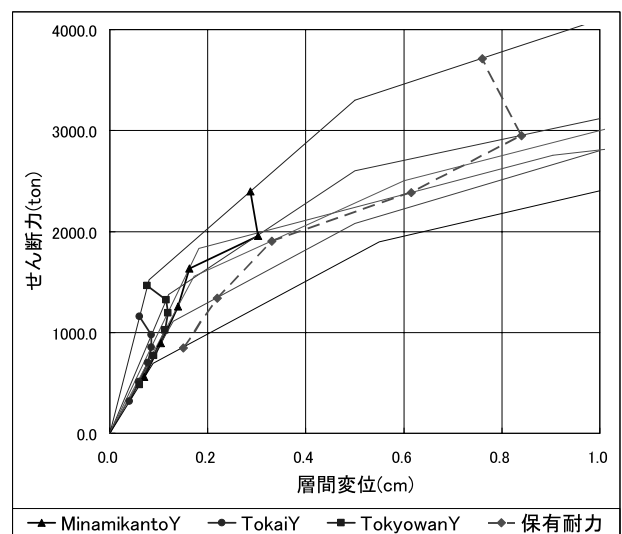
- ・免震装置の品質のばらつき等を考慮しても、上部構造各層のせん断力は、建物の地震時耐力を下回るとともに、最大層間変形角も部材角 1/500 以内である。
- ・上下動震度 0.3G を考慮した応力に対して免震装置に作用する面圧は、免震装置の引張面圧クライテリア(積層ゴム支承で引張面圧 2N/mm^2 以下、弾性すべり支承で引張力が生じないこと)を満足している。



(X 方向)

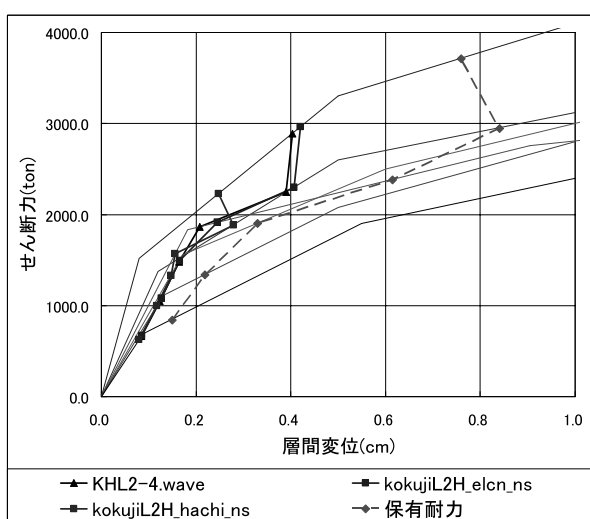


(X 方向)



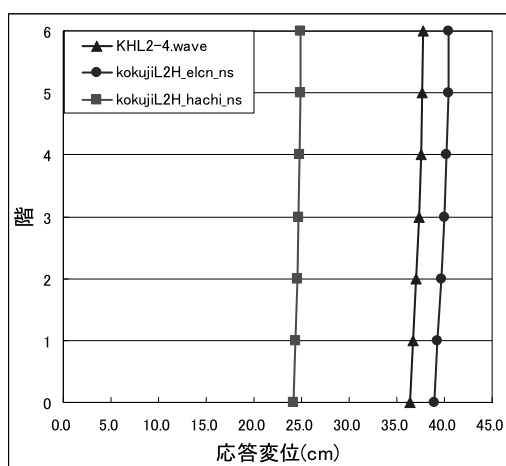
(Y 方向)

図9 応力-変形関係図(レベル2、変動十、サイト波)

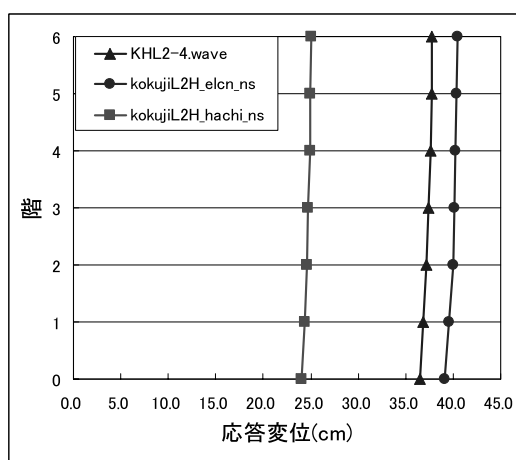


(Y 方向)

図8 応力-変形関係図(レベル2、変動十、告示波)



(X 方向)



(Y 方向)

図10 最大応力変形図(レベル2、変動十、告示波)

9 施工方法

図11及び下記に免震化の手順を示します。

手順①：

目荒しを行った既存柱を補強するとともに、部分的に既存基礎梁、1階大梁の補強を行います。

手順②：

補強柱のコンクリート強度発現を確認したあと、仮設鋼板をあらかじめ補強柱に設置したスリーブにPC鋼棒を入れてセットし、PC鋼棒にプレストレスを導入して仮設鋼板を圧着させます。

手順③：

ワイヤーソーを用いて、既存柱を切断、撤去します。その際、軸力は仮設鋼板で支えるとともに、仮設鋼板には施工中の地震力($C_b = 0.2$ 相当)を負担させます。切断した柱部分に、上下キャピタル部の配筋をして下部ベースプレートを設置し、高流動コンクリートを充填して下部キャピタルを構築します。

手順④：

上部プレートを設置した免震装置を据付け、グラウトを圧入して、上部ベデスタルを構築します。免震装置全数設置完了後、順次PC鋼棒のプレストレスを除荷し、仮設鋼板を撤去します。

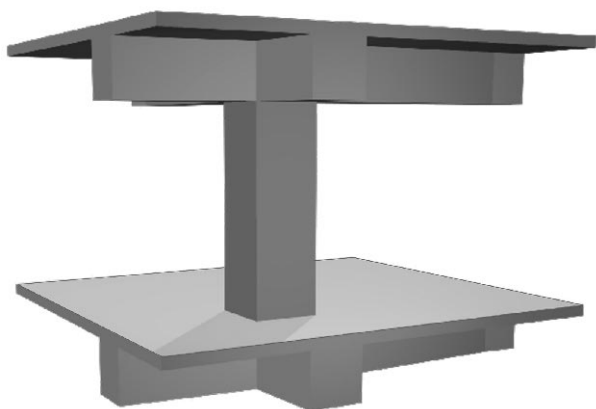
手順⑤：

免震装置回りに耐火被覆材を設置します。

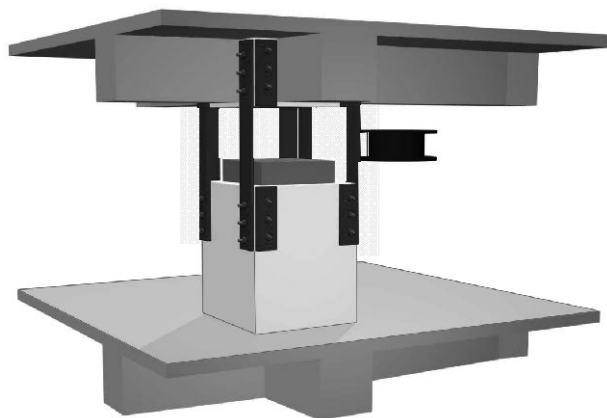
写真1～4に施工中の様子を示し、図12に完成時のイメージパースを示します。

表4 免震装置の変形と面圧

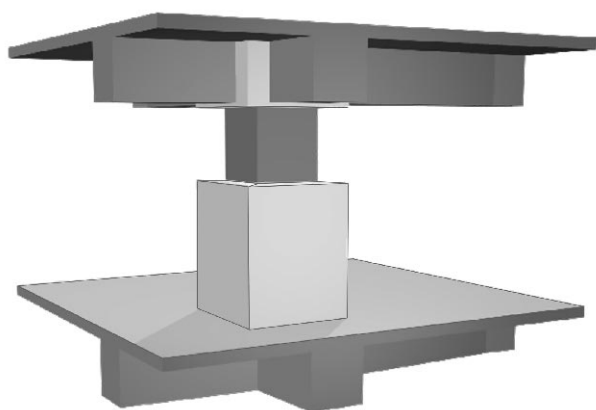
地震動のレベル	弾性すべり支承			鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)			天然ゴム系積層ゴム支承(RB)		
	変形 (cm)	最大面圧 (N/mm ²)	最小面圧 (N/mm ²)	せん断歪 (%)	最大面圧 (N/mm ²)	最小面圧 (N/mm ²)	せん断歪 (%)	最大面圧 (N/mm ²)	最小面圧 (N/mm ²)
レベル2 (標準)	40.6	7.4	7.2	203.0 (40.6cm)	14.1	1.2	203.0 (40.6cm)	13.1	-0.3
レベル2 (バラつき考慮)	41.7	7.4	7.2	208.5 (41.7cm)	14.7	0.6	208.5 (41.7cm)	13.7	-0.7
レベル2 (上下動0.3G考慮)	—	9.6	5.0	—	16.9	-1.0	—	15.8	-1.4
斜め入力検討時 レベル2 (標準)	40.6	7.4	7.2	203.0 (40.6cm)	15.2	0.9	203.0 (40.6cm)	12.6	0.8
斜め入力検討時 レベル2 (バラつき考慮)	41.7	7.4	7.2	208.5 (41.7cm)	15.8	0.3	208.5 (41.7cm)	12.8	0.6
斜め入力検討時 レベル2 (上下動0.3G考慮)	—	9.6	5.0	—	17.8	-1.2	—	15.4	-0.3



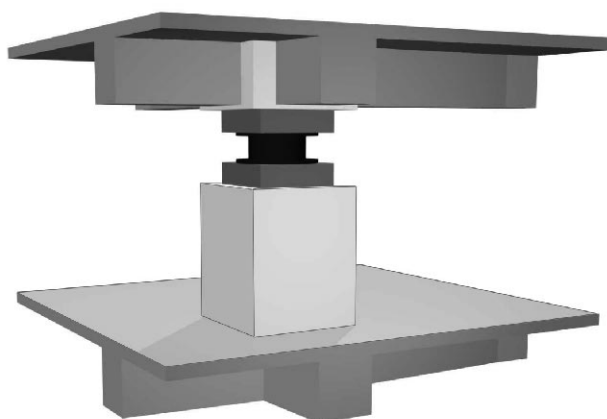
現状



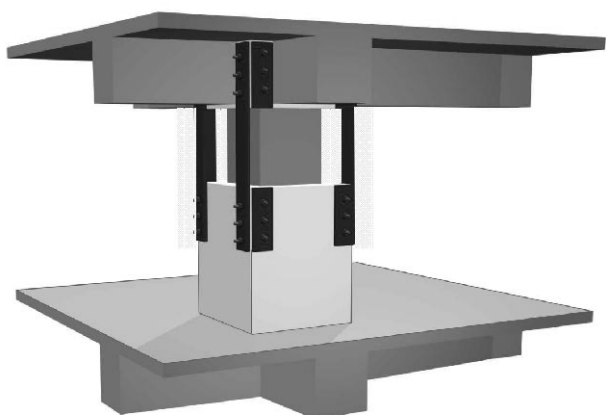
手順③：柱切断、免震装置挿入



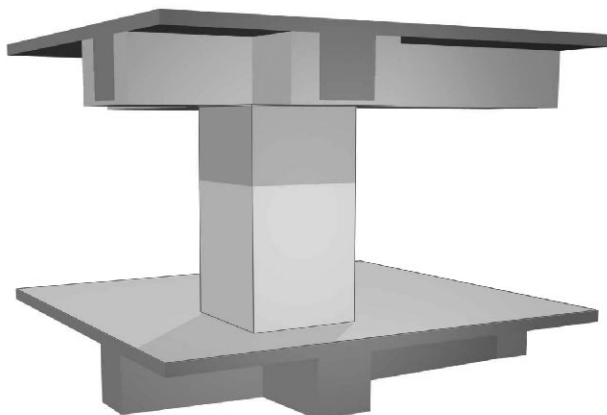
手順①：柱、基礎梁。大梁補強



手順④：免震装置設置、仮設鋼板撤去



手順②：仮設鋼板圧着



手順⑤：耐火被覆設置

図11 免震化の手順

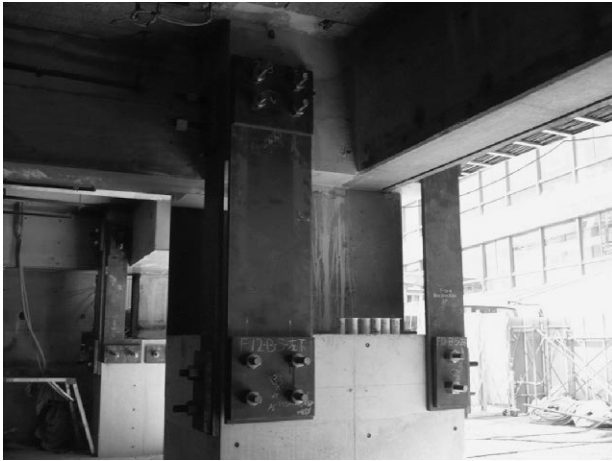


写真1 仮設鋼板の設置状況



写真4 免震装置の設置状況



写真2 ワイヤーソーでの柱の切断



図12 完成イメージパース



写真3 既存柱切断時の様子

10 おわりに

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生しました。東京でも震度5弱相当の揺れがありました。

荒川区役所においては、仮設鋼板の圧着、柱切断などの耐震化工事中でしたが、工事箇所である地下1階には全く損傷はなく、本構法の安全性が実証されました。