

工学院大学八王子キャンパス新2号館



福島 泰之
フジタ



安竹 涼平
同



宮林 秀至
INA新建築研究所

1 はじめに

工学院大学八王子キャンパスに建設する新2号館は大学創立130周年記念事業であり、125周年記念の総合教育棟から始まった、八王子キャンパス再整備計画の最後の施設となる。施設は老朽化した旧図書館棟を移転する新図書館施設、新宿キャンパスから一部の施設を移転する情報学部を中心に構成し、アクティブラーニングを中心とした情報学部と融合した新たなキャンパスのシンボルとなる。

2 建物概要

建築主：学校法人工学院大学
 建設地：東京都八王子市中野町2665-1
 用途：大学
 敷地面積：162103.06m²
 建築面積：1297.09m²
 延床面積：8594.72m²
 階数：地上7階
 軒高：32.58m
 最高高さ：37.13m



図1 外観パース

構造：上部 鉄筋コンクリート造
 (一部、FRASH構法)
 免震部材 鉛プラグ入り積層ゴム
 天然ゴム系積層ゴム
 基礎 既製コンクリート杭

3 建築計画概要

フロア構成は、1階から4階は情報学部の実験施設と学生のラーニングコモンズが融合した新図書館、5,6階が情報学部の実習、研究室、7階が大学の事務専門となっている。新図書館は学生が積極的に学びに参加できるアクティブラーニングスペースを備え、本やデジタルメディアを閲覧しながら学生が多様なスタイルで学びを行える場となる。

外観はキャンパスのシンボルになるとともに環境配慮を兼ね備えたデザインとしている。水平ラインを強調したバルコニーは工学院大学の知識、情報、歴史の積み重ねと重厚感を表現し、日射抑制による環境配慮、メンテナンス性の向上を図っている。また、高層部のルーバー状のアルミキャストパネルは日射抑制するとともに、パネルの開口デザインは理工系大学の象徴として電子回路の幾何学模様とし、ランダムな配置は学生の多様性・個の集合体をあらわしている。またその開口は木漏れ日のようなやわらかい光を内部に取り込み室内に森の中のような憩いの木陰を創出している。

4 構造計画概要

本建物は、地上7階建ての大学校舎である。構造種別は鉄筋コンクリート造（一部、FRASH構法を使用）であり、建物1階床下に免震部材を配置した免震構造である。図2に代表的な軸組図を示す。

平面形状はX方向2スパン（12.0m、9.6m）、Y方向8スパン（7.2m×8）の21.6m×57.6mの建物である。図3に基準階平面図を示す。基準階高は4.2m、軒高32.6mで塔状比（軒高/短辺長さ）1.51である。

4.1 上部構造

本建物は鉄筋コンクリート造であるが、2～R階の12.00mスパン大梁は、スパン中央部が鉄骨造で両材端部をRC造で巻いた混合構造梁（FRASH構法：性能証明番号 第BVJ-PA12-002号）としている。図4にFRASH構法の大梁形状を示す。FRASH構法を採用することにより、大スパンの大梁の自重を減らすとともに、中央鉄骨梁部分を設備スペースとして有効に活用することができる。架構形式はX方向、Y方向共にラーメン構造とした。床組形式は、1階はRC小梁+在来スラブ、2～R階は12.00mスパン部分で鉄骨小梁+デッキスラブ工法、その他の部分でRC小梁+在来スラブとした。

4.2 免震構造

1階の床下に免震層を設けた基礎免震構造としている。免震部材には、静的せん断剛性率が $G=0.39 \pm 0.1N/mm^2$ （以下、G4とする）の内部ゴムを用いた鉛プラグ入り積層ゴム（径850φ、計18基）および天然ゴム系積層ゴム（G4、径950φ、計9基）の2種類を使用したシンプルな構成としている。図5に免震部材配置図を示す。

免震部材は、基礎を介して杭頭に設置されており、各基礎はRC基礎梁で連結されている。配置に際しては、免震部材に作用する軸力と水平剛性（周期、捩れ）を考慮している。

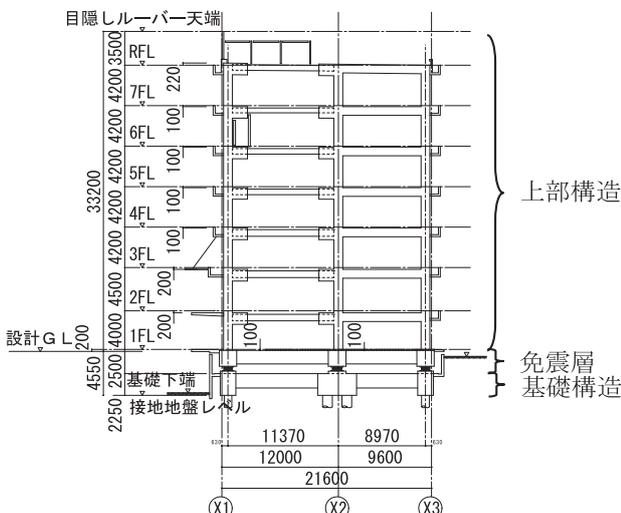


図2 軸組図 (Y3通り)

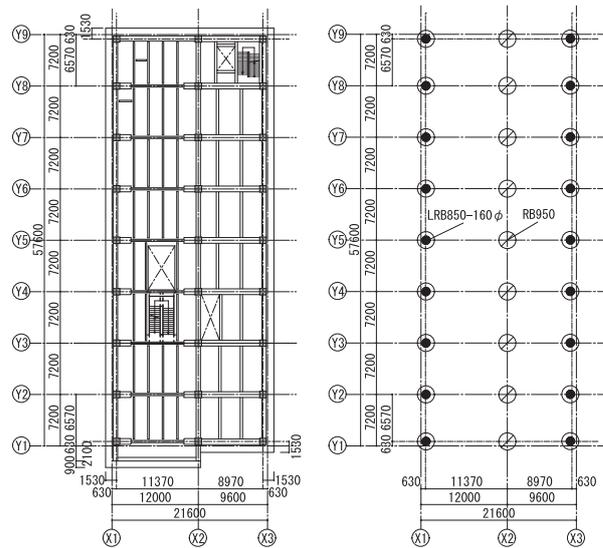


図3 基準階平面図

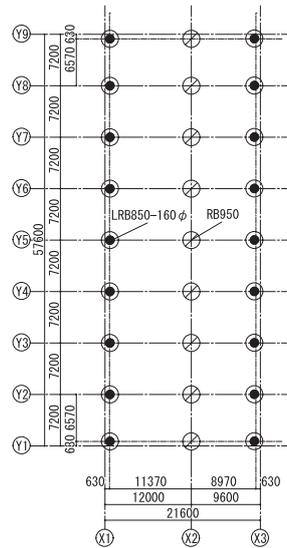


図5 免震部材配置図

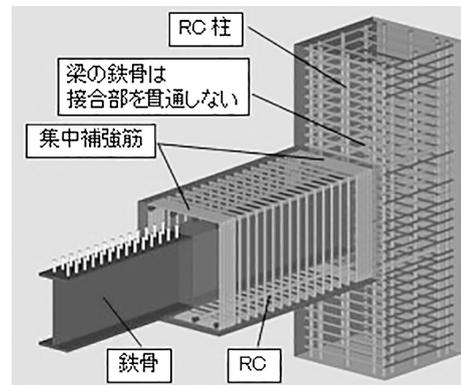


図4 FRASH構法

4.3 基礎構造

支持層は設計GL-17～19m付近より出現する礫混砂層とした。基礎は既製コンクリート杭とした。

4.4 耐震設計方針

長期荷重時および稀に発生する地震動（レベル1）、極めて稀に発生する地震動（レベル2）に対する設計クライテリアを表1に示す。

表1 設計クライテリア

	上部構造	免震部材
長期荷重	・長期許容応力度以下	・長期面圧： 各材とも概ね基準面圧以下 （平均では基準面圧以下） ・免震層の偏心率：0.03以下 （50%, 100%, 150%, 225%, 250%歪時）
レベル1	・短期許容応力度以下 ・層間変形角：1/400以下	・最大変形200mm以下 （積層ゴム最大せん断歪み： 100%以下） ・引張応力度：生じない
レベル2	・弾性耐力以下 （曲げヒンジが 発生していない） ・層間変形角：1/200以下 ・柱、梁のせん断強度の 余裕度：1.2以上 ・柱梁接合部のせん断強度の 余裕度：1.2以上	・最大変形450mm以下 （積層ゴム最大せん断歪み： 225%以下） ・引張応力度：1.0N/mm ² 以下 ・面圧とせん断歪： 性能保証変形曲線以下 ・取付部： 短期許容応力度以下

※性能保証曲線は終局変形曲線の2/3倍の曲線

5 時刻歴応答解析

5.1 設計用入力地震動

表2に設計用入力地震動の入力レベルと最大加速度および最大速度を示す。

設計用入力地震動は、告示（建設省告示第1461号第四号イ）に基づき作成した模擬地震波（以下、告示波・サイト波）（レベル1：3波、レベル2：6波）と記録波（3波）とする。記録波の入力レベルについては、最大速度について基準化し、レベル1を25cm/s、レベル2を50cm/sとした。

表3に上下地震動の最大加速度および最大速度を示す。上下地震動は、免震部材の面圧検討時に動的立体弾塑性解析に用いた。

表2 設計用入力地震動

設計用入力地震動名 (略称)	レベル1		レベル2		
	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	
告示波	HACHINOHE NS 位相 L1/L2 (KGU-L1/L2-HACH-NS)	76.80	11.62	352.09	64.20
	KOBE NS 位相 L1/L2 (KGU-L1/L2-KOBE-NS)	76.50	12.05	391.22	62.97
	ランダム 位相 L1/L2 (KGU-L1/L2-RNDM)	77.73	11.71	397.56	60.83
サイト波	立川断層 EW (KGU-TKW-EW)	—	—	248.29	34.24
	立川断層 NS (KGU-TKW-NS)	—	—	417.05	44.05
長周期	東海地震 (KGU-TOKAI)	—	—	110.49	11.85
記録波	EL CENTRO 1940 NS (EL-CENTRO 1940 NS)	255.38	25.00	510.77	50.00
	TAFT 1952 EW (TAFT 1952 EW)	248.32	25.00	496.64	50.00
	HACHINOHE 1968 NS (HACHINOHE 1968 NS)	174.86	25.00	349.73	50.00

表3 上下地震動

設計用入力地震動名 (略称)	レベル1		レベル2		
	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	
告示波	HACHINOHE NS 位相 V2 (KGU-V2-HACH)	—	—	255.73	22.41
	KOBE NS 位相 V2 (KGU-V2-KOBE)	—	—	223.05	27.36
	ランダム 位相 V2 (KGU-V2-RNDM)	—	—	274.92	25.65
サイト波	立川断層 上下 (KGU-TKW-UD)	—	—	654.02	36.75

5.2 解析モデル

解析モデルは、等価せん断型の質点系モデルと、柱・梁・免震部材を部材レベルでモデル化した立体モデルの2つのモデルを用いた。なお、両モデルについて、固有周期および固有モード形状が概ね一致することを確認している。

5.2.1 質点系モデル

図6に質点系モデルを示す。質点系モデルでは、上部構造と免震部材の水平変形に対する検討を行う。

上部構造の復元力特性は、荷重増分法による静的非線形解析から求めた荷重変形曲線を元に、弾性限耐力時までの履歴エネルギーが等価となるように設定した。また、上部構造の履歴法則は安全側の評価となるように、履歴吸収エネルギーが少なくなる原点指向型とした。免震部材は修正BROモデル（加力

時修正バイリニア、除荷時ROモデル）でモデル化している。減衰は瞬間剛性比例型とし、減衰定数は上部構造の1次モードに2%、免震部材のせん断ばねに0%とした。

5.2.2 立体モデル

図7に立体モデルを示す。立体モデルでは上下動を考慮した免震部材の支持能力に対する検討を行う。

上部構造について、鉄筋コンクリート部材の復元力特性はトリリニア型とし、履歴法則は剛性低下型（武田モデル）、FRASH構法中央部の鉄骨造大梁部分はノーマルバイリニア型とする。免震部材はせん断ばねと鉛直ばねにより表現し、せん断ばねでは鉛プラグ入り積層ゴムに修正BROモデル、天然ゴム形積層ゴムに線形モデル、鉛直ばねでは鉛入り積層ゴム、天然ゴム系積層ゴムとも線形モデルの履歴法則とした。また、各せん断ばねには、複数のばねからなる特性に異方性の無いせん断ばね（MSS：マルチシアスプリング）を置くことによりモデル化した。

減衰はレイリー減衰とし、減衰定数は上部構造の水平・上下方向それぞれが卓越するモード次数に対して2%、免震部材のせん断ばねは0%とした。

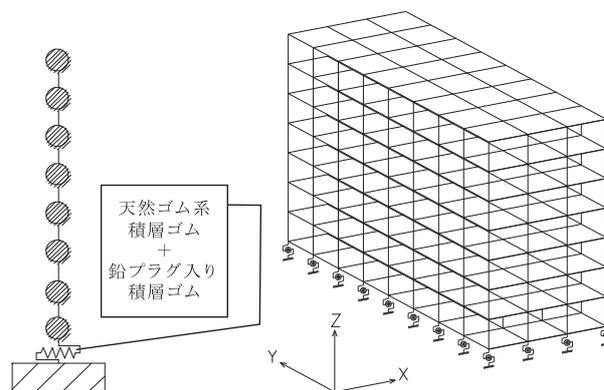


図6 質点系モデル

図7 立体モデル

5.2.3 免震部材の特性変化

免震部材の特性変化として、製品誤差、経年変化、温度依存性を考慮する。応答解析のモデル化においては、特性変化を考慮し、剛性が増加する正側のケースを「HARD」とし、剛性が低下する負側のケースを「SOFT」とする。

5.3 応答解析結果（質点系モデル）

5.3.1 固有値解析

レベル1・レベル2相当の歪レベルでの固有周期を確認した。X方向・Y方向共にレベル1（歪レベル100%）時に3.7秒程度、レベル2（歪レベル225%）時に4.1秒程度となっている。

5.3.2 応答解析結果

免震部材の特性変化を考慮した時刻歴応答解析結果の最大値を表4、5に示す。参考として、レベル2地震時のせん断力係数、層間変形角を図8、9に示す。

表4 レベル1応答解析結果の最大値一覧

最大応答	X方向	Y方向	動的設計クライテリア
上部構造 せん断力係数(1階)	0.056 HACHINOHE 1968 NS ケースHARD	0.053 HACHINOHE 1968 NS ケースHARD	・短期許容応力度以下 ・層間変形角1/400以下
層間変形角	1/954 EL CENTRO 1940 NS ケースHARD	1/1078 TAFT 1952 EW ケースHARD	
免震層 変形量(mm)	112mm EL CENTRO 1940 NS ケースSOFT	109mm HACHINOHE 1968 NS ケースSOFT	・最大変形200mm以下

表5 レベル2応答解析結果の最大値一覧

最大応答	X方向	Y方向	動的設計クライテリア
上部構造 せん断力係数(1階)	0.122 KGU-L2-KOBE-NS ケースHARD	0.121 KGU-L2-KOBE-NS ケースHARD	・弾性耐力以下 ・層間変形角1/200以下
層間変形角	1/349 KGU-L2-KOBE-NS ケースHARD	1/354 KGU-L2-KOBE-NS ケースHARD	
免震層 変形量(mm)	405mm KGU-L2-KOBE-NS ケースSOFT	402mm KGU-L2-KOBE-NS ケースSOFT	・最大変形450mm以下

○-○ EL CENTRO 1940 NS	△-△ TAFT 1952 EW	□-□ HACHINOHE 1968 NS
●-● KGU-L2-HACH-NS	▲-▲ KGU-L2-KOBE-NS	■-■ KGU-L2-RNDM
○-○ KGU-TKW-EW	△-△ KGU-TKW-NS	□-□ KGU-TOKAI

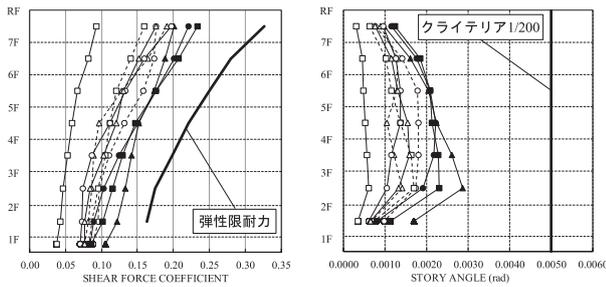


図8 応答解析結果 (X方向 レベル2 HARD)

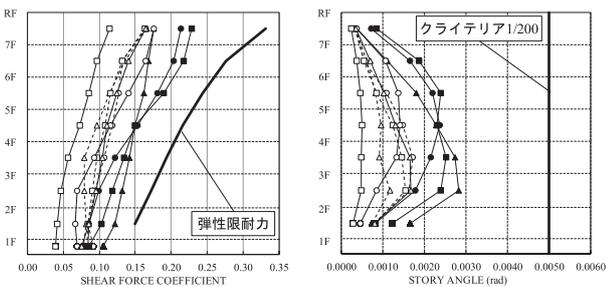


図9 応答解析結果 (Y方向 レベル2 HARD)

5.4 応答解析結果 (立体モデル)

地震時の免震部材の面圧の検討は、レベル2地震として上下動の加速度が大きいサイト波と転倒モーメントが最大となる告示波KOBE位相を対象とする。面圧検討にあたっては、サイト波の上下方向最大加速度が大きいことを考慮して、動的立体弾塑性解析モデルに水平及び上下方向地震動を同時に作用させた検討を行った。

5.4.1 免震部材の面圧検討

長期荷重時およびレベル2地震時の面圧を確認した。長期荷重時の面圧は基準面圧以下となっており、レベル2地震時の面圧は基準面圧の2倍以下となっている。また、免震部材に引き抜きは生じていない。

5.4.2 免震部材の変形能力に対する検討

免震部材の最大面圧と最大せん断歪の関係を図10に示す。質点解析および免震部材の面圧検討の結果から、免震部材の変形・面圧共に大きくなる装置特性がSOFTの場合の結果を代表して示す。全ての部材で面圧とせん断歪は性能保証曲線以下であることを満足している。

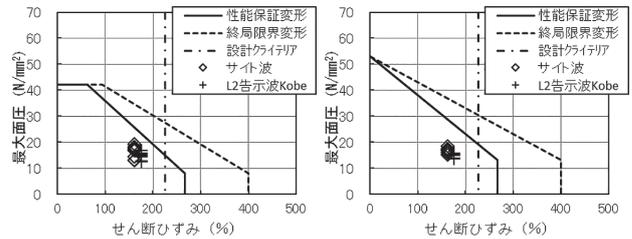


図10 免震部材の変形性能図 (SOFT)

5.5 免震層のエネルギー吸収割合に対する検討

レベル2における地震動の入力エネルギーに対する免震層のエネルギー吸収率を確認した。X方向の告示波KOBE位相の免震層及び上部構造の時刻歴の累積エネルギーを図11に示す。なお、上部構造・免震層の消費エネルギーとは歪エネルギーと減衰エネルギーの和を示す。免震部材は標準状態とした。

各設計入力地震動について、入力エネルギーに対する免震層消費エネルギーの割合が約90%~98%であり、免震効果が有効であると確認した。

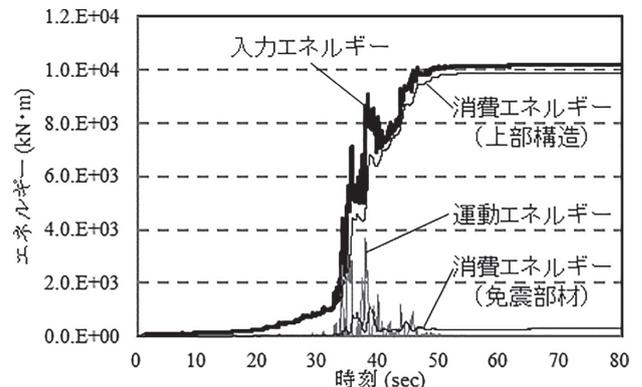


図11 時刻歴の累積エネルギー

6 おわりに

本建物の設計から竣工に至るまで、関係者の皆様方には多大なご理解、ご協力をいただきました。この場をお借りして心よりお礼申し上げます。