

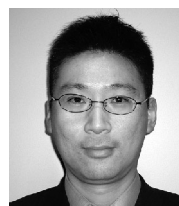
# 平城宮跡第一次大極殿正殿



小山 実  
大成建設



千馬 一哉  
久米設計



竹内 貞光  
ブリヂストン

## 1 はじめに

和同3年(710年)に元明天皇が藤原京から平城京へ遷都されて1300年が経過し、「平城遷都1300年祭」が奈良で開催されました。

大極殿(平城宮跡第一次大極殿正殿)は、世界遺産にも登録されている平城宮跡の中にあり、平成13年から文化庁の予算で文部科学省の発注により復原された建物(遺跡博物館)で、奈良時代には天皇の即位式や元日の朝賀のような国家的儀式に使われました。

復原にあたっては、免震構造が採用されていると聞き、建物を訪問・取材をさせて頂きました。

上部構造を構造計算すると、レベル1の地震動には十分な耐力がありますが、レベル2では耐力が不足するため、免震構造が採用されました。



写真1 外観写真

## 2 建物概要

写真1に建物外観写真を示し、図1に軸組図を、図2に断面図を示します。

基壇と呼ばれるRC造の基礎の上に、木造伝統形式の上部構造が構築されています。建物規模は、東西長辺方向(X方向)が44.0m、南北短辺方向(Y方向)19.5m、最高高さは27.0mです。1階建ですが2層構造になっており、上部構造の主な耐震要素は、直径が709mm及び長さ5,022mmの初重柱の傾斜復元力と、厚さ236mmの土壁・貫となっています。

写真2に基壇部の施工状況を、写真3に初重柱の施工状況を示します。

初重柱には、ずれ止めのピン(ステンレス太杓)はありますが、RC造の基礎の上に載っているだけの構造になっています。高さ3.5mの基壇部分は免震ピットとして計画し、遺構保護のため、遺構の上に盛土を行い、その表層を地盤改良して、杭や地中梁は設けず、厚さ600mmのマットスラブが免震装置下に施工されています。

表1に検討用地震動を示し、表2にレベル2地震動に対する応答解析結果を示します。

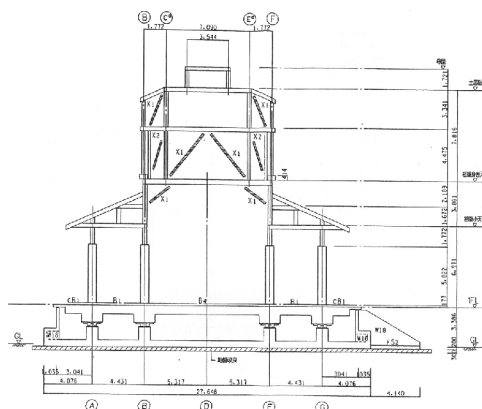


図1 軸組図(短辺方向)

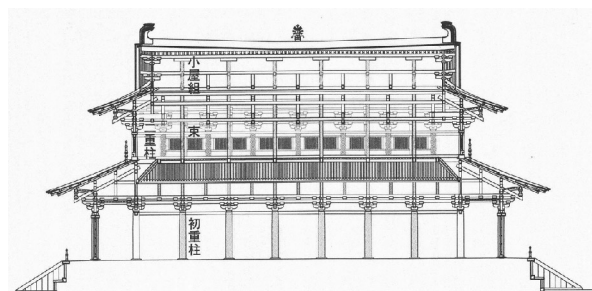


図2 断面図(長辺方向)<sup>1)</sup>

図3に免震装置の配置を示し、図4～図6にそれぞれの免震装置の詳細を示します。

免震装置としては、建物支持と水平変形用にリニアスライダを柱の下に44基、位置復元用に天然ゴム系積層ゴム(φ700)を6基、エネルギー吸収用に壁型粘性体ダンパー4基をバランスよく配置しており、レベル2地震動時の1次固有周期は長辺方向(X方向)が4.37秒、短辺方向(Y方向)が4.36秒になっています。

レベル2地震動に対する耐震性能の目標値は、免震装置：せん断ひずみ250%以下・層間変形50cm以下、上部構造木材材応力度：短期許容応力度以下、土壁：層間変形角1/100以下・応力度0.071N/mm<sup>2</sup>以下と設定されており、応答解析結果における上部構造の部材応力度は短期許容応力度以下、最大応答層間変形角は1/167、免震層の水平変形は約28.4cmと目標値を満足しています。

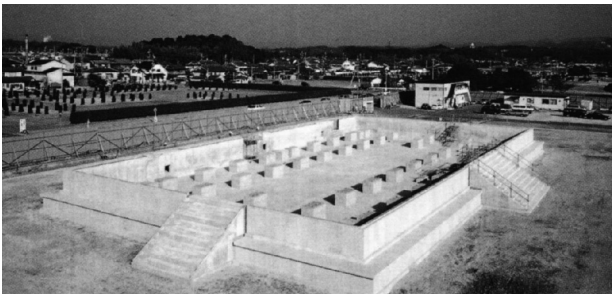


写真2 基壇部（免震層）の施工状況①



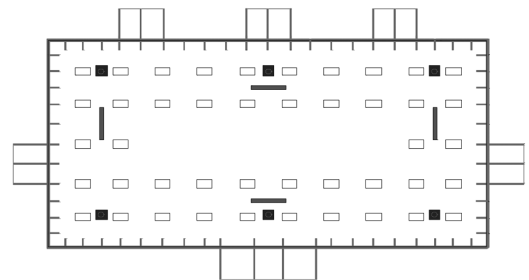
写真3 初重柱の施工状況

表1 検討用地震動

種類	地震動波形	稀に発生する地震動のレベル(レベル1)			極めて稀に発生する地震動のレベル(レベル2)			余裕度を確める地震動のレベル(余裕度レベル)		
		速度 cm/s	加速度 cm/s <sup>2</sup>	解析時間(sec)	速度 cm/s	加速度 cm/s <sup>2</sup>	解析時間(sec)	速度 cm/s	加速度 cm/s <sup>2</sup>	解析時間(sec)
告示スペクトル適合	告示波 A	13	77	60.0	52	349	120.0	78	524	120.0
	告示波 B	15	72	60.0	55	322	120.0	83	483	120.0
	告示波 C	13	73	60.0	57	329	120.0	86	493	120.0
断層地震模倣	生駒断層地震模倣波				39	571	60.0	59	857	60.0
	東南海地震模倣波				34	230	60.0			
標準3波	EL CENTRO 1940 NS	25	255	53.8	50	511	53.8	75	766	53.8
	TAFT 1952 EW	25	248	54.4	50	497	54.4	75	745	54.4
	HACHINOHE 1968 NS	25	165	60.0	50	330	60.0	75	495	60.0

表2 レベル2地震動に対する応答解析結果

層	方向	応答	地震動波形				
			告示波 2A	告示波 2B	告示波 2C	生駒 模倣	東南海 模倣
上部構造	X	初重層間変位 cm	1.83	1.63	1.41	1.27	1.00
		初重層間変形角 ×10 <sup>-3</sup> rad.	3.64	3.26	2.82	2.53	1.99
		初重天井桁加速度 cm/s <sup>2</sup>	108.81	97.42	86.96	76.18	61.47
		初重せん断力 kN	1,285	1,163	1,025	935	763
		せん断力係数	0.097	0.088	0.077	0.071	0.058
	Y	土壁のせん断応力 N/mm <sup>2</sup>	0.051	0.048	0.44	0.042	0.04
		初重層間変位 cm	1.77	1.55	1.43	1.26	0.97
		初重層間変形角 ×10 <sup>-3</sup> rad.	3.53	3.09	2.85	2.51	1.93
		初重天井桁加速度 cm/s <sup>2</sup>	106.45	93.42	90.16	75.13	59.55
		初重せん断力 kN	1,251	1,111	1,033	927	737
免震層	X	せん断力係数	0.094	0.084	0.078	0.070	0.056
		土壁のせん断応力 N/mm <sup>2</sup>	0.050	0.047	0.045	0.042	0.036
		層間変形 cm	28.35	27.10	23.49	26.79	17.31
		ゴムせん断歪度 %	201.06	192.21	166.59	190.01	122.74
		基壇床加速度 cm/s <sup>2</sup>	89.32	86.08	73.89	93.26	46.08
	Y	基壇床速度 cm/s	61.49	55.63	45.94	64.62	36.75
		せん断力 kN	2,006	1,926	1,694	1,906	1,297
		せん断力係数	0.064	0.062	0.054	0.061	0.042
		ダンパーの減衰力 kN	270.1	258.4	237.5	276.0	215.3
		層間変形 cm	28.33	26.98	23.34	26.74	17.31
X	ゴムせん断歪度 %	200.90	191.34	165.56	189.66	122.74	
	基壇床加速度 cm/s <sup>2</sup>	88.00	88.72	86.67	75.15	44.62	
	基壇床速度 cm/s	61.03	56.06	45.68	64.46	36.21	
	せん断力 kN	2,004	1,918	1,684	1,903	1,297	
	せん断力係数	0.064	0.062	0.054	0.061	0.042	
Y	ダンパーの減衰力 kN	269.2	259.3	237.0	275.7	213.9	



免震装置平面配置

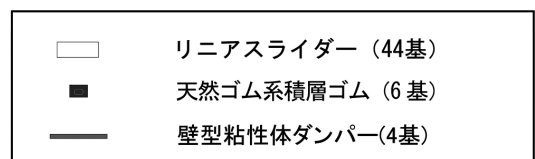


図3 免震装置の配置

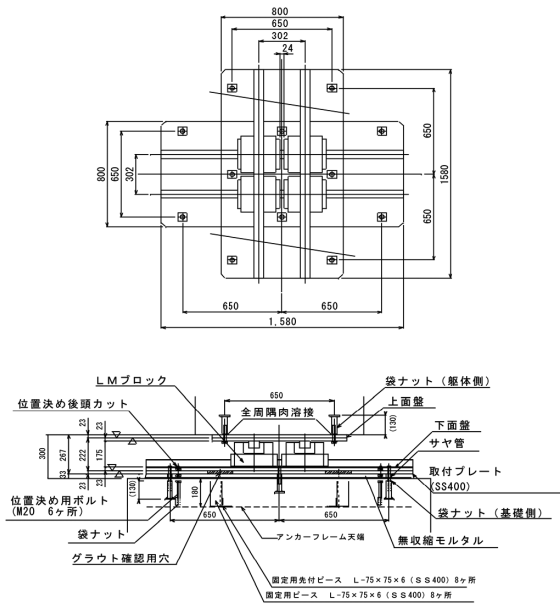


図4 リニアスライダ－詳細図

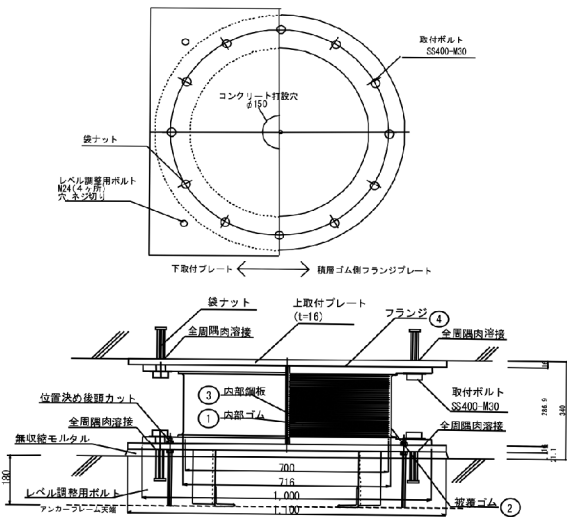


図5 天然ゴム系積層ゴム詳細図

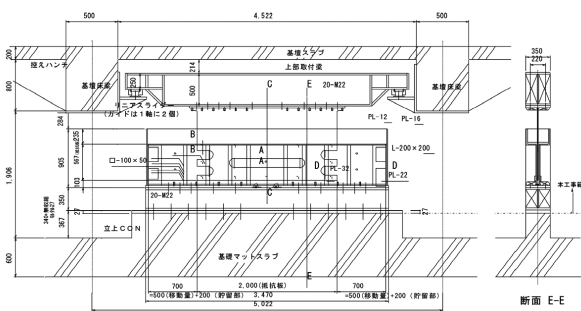


図6 壁型粘性体ダンパー詳細図

### 3 見学記

説明を伺った後、建物の見学を行いました。

大極殿の内部は、天井が身舎(もや：内側の柱に囲まれた建物の中央部)の全体にわたって支輪(しりん：斜めに立ち上がる天井の手法)で高く折りあげられています(写真4に建物内部の一部を示します)。

小壁の彩色は、東西南北の中央に描かれた四神(北の玄武、南の朱雀、東の青龍、西の白虎)とその間の十二支が描かれています(写真5)。

建物内部中央には、高御座(たかみくら)が置かれ中に天皇が着座する座具が入っています(写真6)。

初重柱は、樹齢250年～300年の奈良吉野産を中心とした国内産ヒノキで、柱脚部(写真7)は礎石の上に乗せられている形状をしています。

基壇部の高さは、取りつく階段の傾斜と階段の出をもとに、11尺5寸(3.4m)となっていますが、これは通常考えられる一重の基壇より格段に高いため、法隆寺にならい二重基壇となっており、兵庫県産の凝灰岩で仕上げています。その二重基壇の羽目石の部分に免震層への出入り口が設けられています(写真8)。

基壇部内部に設けられた免震層は、高さが充分あり、一般的な免震建物の免震層に比べ、かなり広々とした感じを受けました(写真9)。

写真10～12に免震層内部に設置されたリニアスライダ－、天然ゴム系積層ゴム(φ700)、壁型粘性体ダンパーの状況を示します。その他、免震層にはリニアスライダ－、天然ゴム系積層ゴムと粘性体(材料のみ)の別置試験体が置かれていました(写真13)。

また、建物見学通路の途中には、この建物が免震建物であることを示す揭示板がありました(写真14)。



写真4 建物内部の様子 彩色壁画：国(文化庁)保管



写真5 小壁彩色(青龍)  
彩色壁画: 国(文化庁)保管



写真8 免震層への出入り口

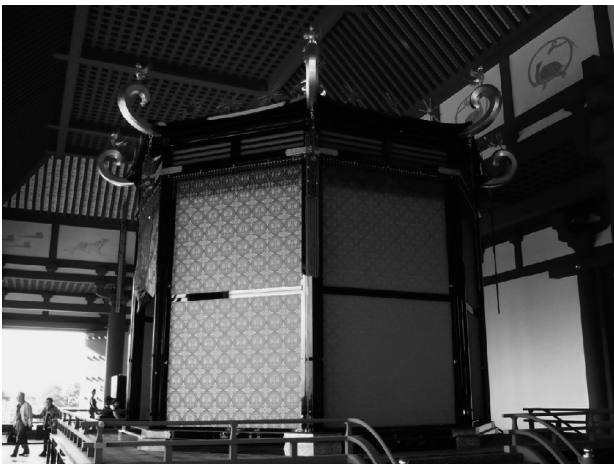


写真6 高御座  
彩色壁画: 国(文化庁)保管



写真9 免震層内部

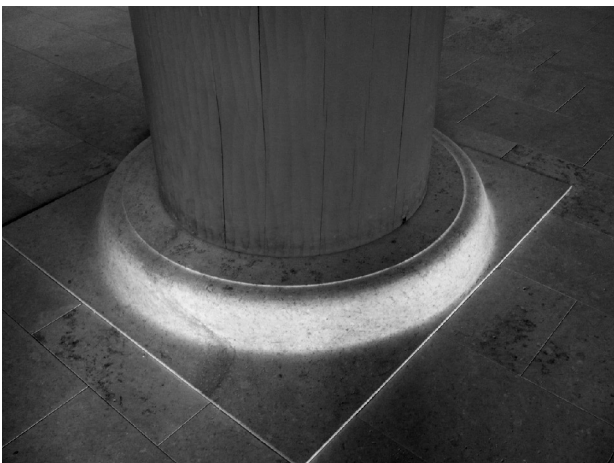


写真7 初重柱の柱脚部



写真10 リニアスライダの設置状況

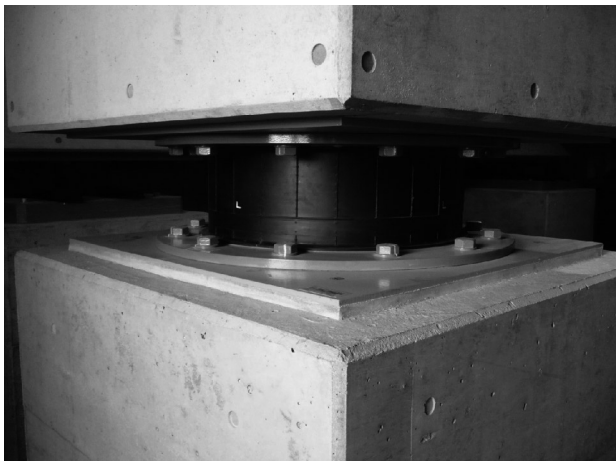


写真11 天然ゴム系積層ゴムの設置状況



写真13 天然ゴム系積層ゴムの別置試験体



写真12 壁型粘性体ダンパー



写真14 免震建物を示す掲示板

#### 4 訪問談義

建物の見学前に御説明を頂きましたが、その時に行った質疑内容の一部を紹介します。

Q：一番苦労されたことは何ですか？

A：木材を集めることです。ここで使用されている材料は、すべて国産のものです。長尺大径木のヒノキは、年間400m<sup>3</sup>程度しか集まらず、それをおおよそ2,000m<sup>3</sup>使用しています。

Q：免震装置にリニアスライダを主に使っているのはなぜですか？また、風で揺れるようなことはありませんか？

A：上部構造が木造で軽く、伝統構法である土壁を主な耐震要素として成立させるために、免震効果を最大限に発揮できる高性能リニアスライダを用いました。今年の台風で2cm程度動いたようですが、人の居住空間ではないので問題はありませんでした。

Q：初重柱の柱脚にはアンカーボルトがありませんが、建て方はどのように行ったのですか？

A：柱が太いため、基本的には自立することができます。3本の柱を建てたのち、頭貫という梁材で横方向に繋いでいきました。

Q：土壁などの許容耐力はどのようにして決めたのですか？

A：実大実験を行って、許容耐力を決めています。

Q：地震計などは設置していますか？

A：建物に地震計はつけていません。地盤部分には防災研の地震計が設置されています。

Q：建物の空調は、どうしていますか？

A：空調は特に行っていません。



写真15 説明を受ける様子



写真16 集合写真（その1）

## 5 おわりに

大極殿は、現存する古代建築・遺構・絵画・文献等の資料を調査し復原していますが、これは伝統技術を守り続けてきた人たちの成果です。

一方、建物を地震から守る免震技術は、近年開発された技術です。大極殿は伝統技術と最新技術が融合して実現した建物と感じました。

最後になりましたが、今回の見学に大変お世話になりました文化財建造物保存技術協会の加藤 修治様、奈良文化財研究所の今西 康益様、宮本 隆行様、竹中工務店の西川 公三様、瀧川寺社建築の國樹 彰様に厚く御礼申し上げます。



写真17 集合写真（その2）

### 【参考文献】

- 1) バンフレット「平城宮第一次大極殿」奈良文化財研究所