

高知県立高知城歴史博物館



清水 謙一
日本設計

1 はじめに

高知県では、戦国時代から近代にいたる豊富な情報量・種類を有する土佐山内家資料約6万7千点を所蔵している。この土佐山内家資料を後世に長く伝え、その価値を最大限に発揮できる文化施設として、高知城の目前に、本施設を計画している。

施設の目的として以下の項目が掲げられている。

- ・山内家資料の保存・継承
- ・近世史研究の拠点としての学術研究の推進
- ・展示公開などによる全国発信
- ・生涯学習や学校教育の活性化
- ・歴史や文化による地域振興、観光振興への寄与

本計画敷地は高知城の南東に位置し、追手門に對面している。市街地から高知城への接点となる、重要な場所に位置しており、高知城と現代の街並みとの接点に相応しく、落ち着きを持つ調和した外観意匠として計画した。

構造設計の基本方針は、災害に対し人と収容物の安全を確保すること、フレキシブルな展示・収蔵空間を実現すること、耐久性が高く長寿命の建物とすることとしている。地震・水害から大切な資料を守るために、収蔵庫、展示室を2階以上に設け、中間階免震として計画した。

高知県で特に懸念される南海トラフ地震に対しては、設計時点での最新の知見を踏まえて検証を行っている。

2 建築概要

建築主：高知県
建設地：高知県高知市
設計：日本設計・若竹まちづくり研究所
共同企業体
監理：高知県、日本設計・若竹まちづくり
研究所共同企業体
施工（建築主体工事）：清水・轟・入交
特定建設工事共同企業体
用途：博物館
敷地面積：3983.34m²
建築面積：2548.81m²
延床面積：6220.56m²
階数：地上3階
軒高：16.45m
最高高さ：20.30m
構造種別：上部 SRC造、一部鉄骨造
：下部 RC造
基礎形式：直接基礎（地盤改良）

建物の1階は交流・教育普及部門、2階は収蔵部門、調査・研究部門、3階は展示部門となっている。



写真1 全景

3 構造計画概要

①全体概要

本建物は、地震時の躯体及び収容物である文化財の安全な維持・保管及び地震後の機能の継続性を目的とするために免震構造を採用した。津波など浸水に対する配慮として、1階と2階の間に免震層を設けた中間階免震とし、重要な機能は上部構造である2、3階に設けている。

平面形は、約23m×70mの長方形に、東側に部分的に凸部分がある。寄棟形状の屋根がかかっており、階高は、1階6.28m、2階6.05m、3階3.75mである。

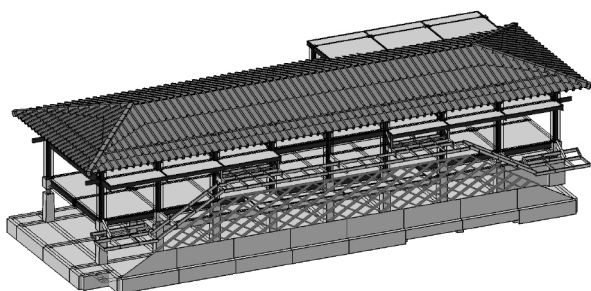


図1 構造パース

上部構造（2,3階）の構造種別は鉄骨鉄筋コンクリート造一部鉄骨造としている。スパンは桁行方向を8.5m、梁間方向を17.0mとし、無柱の展示室・収蔵庫を実現した。下部構造（1階）は、鉄筋コンクリート造とし、梁間方向、桁行方向とも8.5mスパンで計画している。

屋根はPCaPC造である。最上階の大梁は屋根PCaPC版を支持する外周部のみ梁があり、3階柱は独立柱形式となっている。

構造形式は、上部構造については、フレキシブルな建築計画とするため、また免震部材に対して過大な力の集中を避けるために、純ラーメン構造として計画し、下部構造（1階）については、耐力壁付きラー

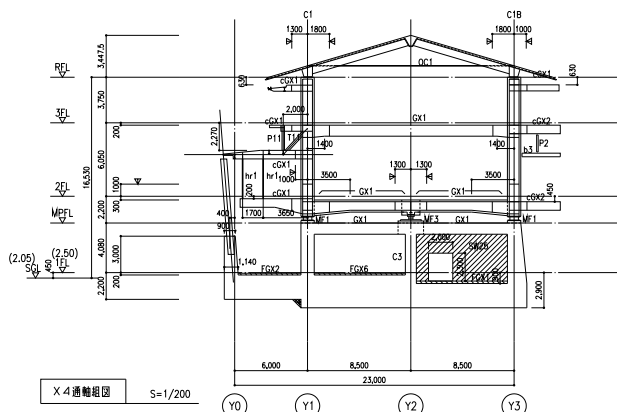


図2 軸組図

メン構造とした。

基礎形式はべた基礎として計画している。本計画地の地層構成と地下水位の高さにより液状化の可能性が高く、基礎以深の沖積層を対象に地盤改良を実施し、支持力の増大を図るとともに液状化の発生を防止し、免震効果が十分に発揮されるよう配慮している。

②PCaPC屋根及びPCaバルコニー

屋根形状は3寸勾配の寄棟屋根で、PCaPCのST版を組み合わせて構成している（図3）。幅1062.5mm、リブせい645mmのST版の上にトップコンクリートを打設した合成床版として設計した。3階展示室の天井は現しとなっている。

ST版の長さは12.4mで、軒側へは3.6m跳ね出している。部材はポストテンションで工場緊張を行い、パーシャルプレストressingとして設計した。

棟部はトップコン打設後にPC鋼棒により接合している。屋根自重によるスラストに対して、アウトケーブルの緊張力により釣り合いをとった後、下部SRC大梁とPC鋼棒で接合している。

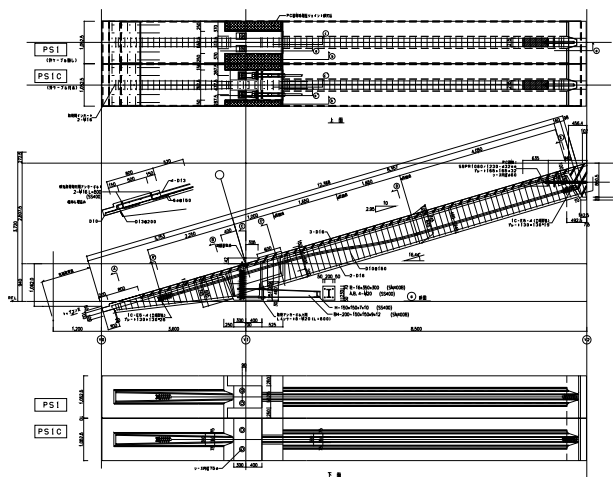


図3 屋根PCaPC詳細



写真2 PCaPC版の建て方



写真3 工事中の展示室



写真5 工場での製作状況

免震層上部の曲面バルコニーは、PCa版として工場で作製されているが、船板のイメージをグラフィック処理した素地仕上げを行っている。コンクリート硬化遅延剤をプリントした特殊なシートを打設型枠に敷き、脱型後に圧水洗浄を行ったものである。(写真4)。



写真4 バルコニー版



写真6 菱形カーテンウォール

③菱形カーテンウォール

道路に面した西側には唐破風形状の大屋根があるが、これは約6mの片持ち鉄骨梁で、上部構造側で支持している。

屋根下の外壁は、32mm×515mmの鉄板を菱形状に構成した、カーテンウォール下地を兼ねた鉄骨が自立している。この鉄骨は運搬可能なサイズで工場製作したうえで、現場では主として高力ボルトで接合した(写真5,6)。屋根とカーテンウォールの間にEXP.Jが設けられている(図4)。

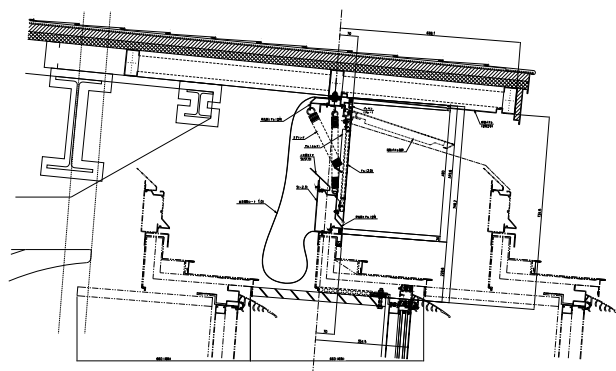


図4 EXP.J詳細

④南海トラフ地震に対する検証

設計用入力地震動として、発生度の高い地震として平成15年の中央防災会議の断層モデルを用いたサイト波を採用した。かつ、平成24年3月に公開された内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」による南海トラフ巨大地震の震源モデル(基本ケース)を用いた地震動について、想定される最大級の地震として、余裕度の検証を行うこととした。

津波に対しては、同じく内閣府が公表した南海トラフ巨大地震の津波想定を受けて高知県より示された津波浸水予測図をもとに、検証を行った。当敷地の津波による想定浸水深は1～2mとなっている。本建物では最大津波高さ2mとし、国土交通省より示されている暫定指針に基づき検証を行い、津波荷重が地震力による設計層せん断力以下となり躯体の安全性は確保されていることを確認した（図5、表1）。

また、仮に1階が浸水したとしても、重要な資料や、設備機器は、上層に配置しており、建物機能を維持できるように計画している。

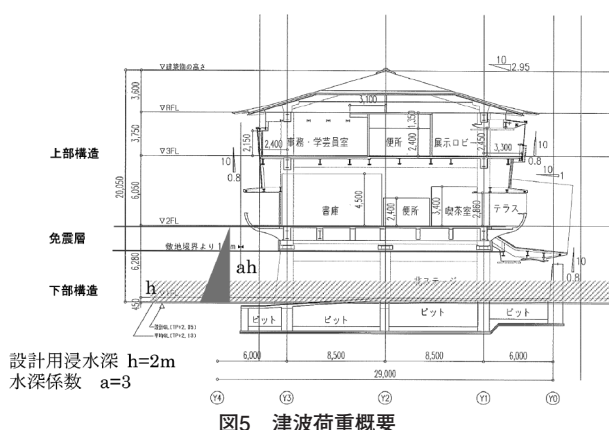
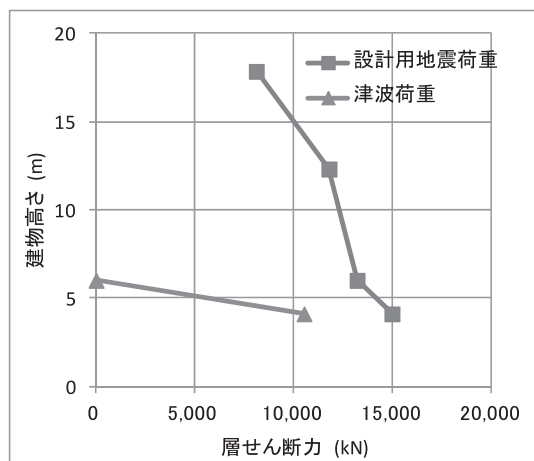


図5 津波荷重概要

表1 地震荷重と津波荷重の比較



4 免震設計概要

本建物では免震部材として、鉛プラグ入り積層ゴム700φ、天然ゴム系積層ゴム650φ、直動転がり支承及びオイルダンパーを併用した（図6、表2）。計画敷地の特性を考慮して長周期化を図るとともに、減衰力を確保し、免震層の変形と上部構造の応答を効果的に低減することを目指した。鉛プラグは極めて稀に発生する風荷重に対して降伏しないように設定した。免震周期は3.8秒、免震層の降伏せん断力係数は0.032である。

設計用地震荷重は予備応答解析により決定し、免震層の層せん断力係数0.165としている。なお地域係数による低減は行っていない。地震動レベルに対応した設計性能目標は、表3の通りとする。

建物に用いるEXP.Jおよび設備配管等は、免震部材の性能限界変位より560mm以上の可動量を確保した。

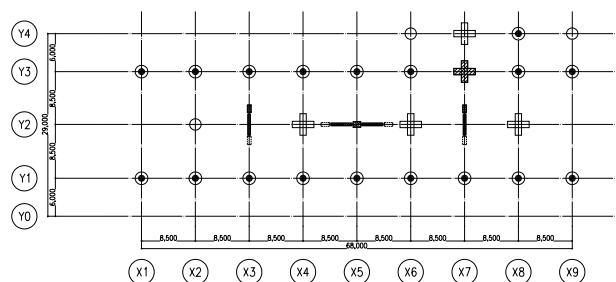


図6 免震部材配置

表2 免震部材表

免震部材表					
類別	記号	ゴム径 (mm)	個数	備考	
鉛プラグ入り積層ゴム支承 (LR)	LR700	700	18	$S_g=5$ タイプ 鉛プラグ径 150mm	
天然ゴム系積層ゴム支承 (R)	R650	650	3	ゴム総厚160mmタイプ	
直動転がり支承 (CLB)	CLB250+		4	250+型	
	CLB385+		1	385+型	
オイルダンパー (OD)	OD		4		

表3 地震時の設計性能目標

	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
上部構造 下部構造	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下 層間変形角 1/300 以下
免震部材	アイソレータ ・せん断歪 100%以下 ・引張力が生じない	アイソレータ ・せん断歪 250%以下 ・短期許容面圧以下 ・限界引張強度 1.0N/mm ² 以下 直動転がり支承 ・短期許容荷重以下 ダンパー ・設計限界変形 560mm 以下

設計用入力地震動は告示波3波、観測波3波、サイト波1波を作成し検討している。このサイト波は、計画地に強い影響を与えるものとして南海地震を想定し、前述の通り、平成15年の中央防災会議の断層モデルを採用している。

また平成24年3月に内閣府より示された南海トラフ巨大地震の断層モデル（基本ケース）の地震動については、余裕度検証を行った。これらの地震動の応答スペクトルを示す（図7）。

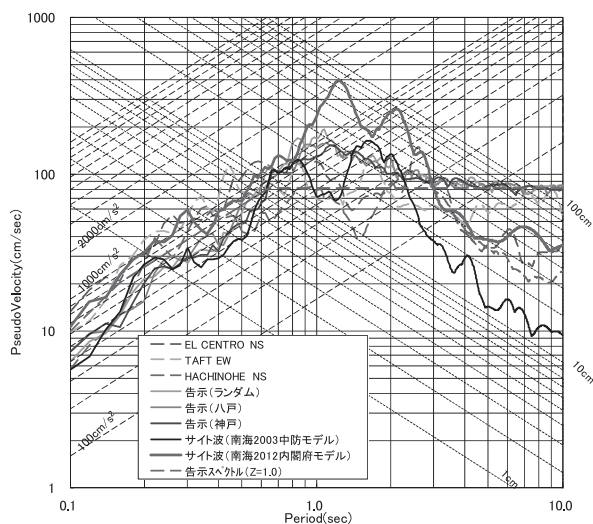


図7 応答スペクトル

振動解析モデルは1階床を固定として、各階を1質点に集約した4質点系のねじれを考慮した等価せん断モデルである。応答解析結果を図8に示す。

設計用入力地震動に対しては、各層の応答層せん断力は設計層せん断力以内、上部構造・下部構造の最大層間変形角は1/300以下、免震層の最大変位は268mm ($\gamma=190\%$) で積層ゴムの性能保証変形350mm ($\gamma=250\%$) 以下であった。免震部材及び上部・下部構造とも設計クライテリアを満足していることを確認した。

余裕度検証を行った内閣府モデルの南海地震に対しても、各層の応答層せん断力は設計層せん断力以内、最大変位は320mm ($\gamma=228\%$) であった。上部構造の最大層間変形角は1/280となったが、外装材等は、最大1/250の変形にも追従できるものとし、その他は設計クライテリアを満足している。想定される最大級の地震に対しても、機能を維持できるよう、余裕をもたせた設計としている。

また、展示室の屋根等のロングスパン部や片持ち屋根部については、上下動の時刻歴応答解析を行い、応答時に生ずる最大応力に対して、安全性に問題ないことを確認した。

5 おわりに

免震構造で計画することによって、安全性を高めるに加えて、特徴的な空間計画を実現できたものと考えている。

本建物は順調に工事が進捗し、平成28年4月に竣工し、準備工事を経て、平成29年春に博物館として開館予定となっている。最後に、本建物の設計・監理にあたり多大なご理解とご尽力を頂きました、高知県の皆様及び工事関係者に深く感謝の意を表します。

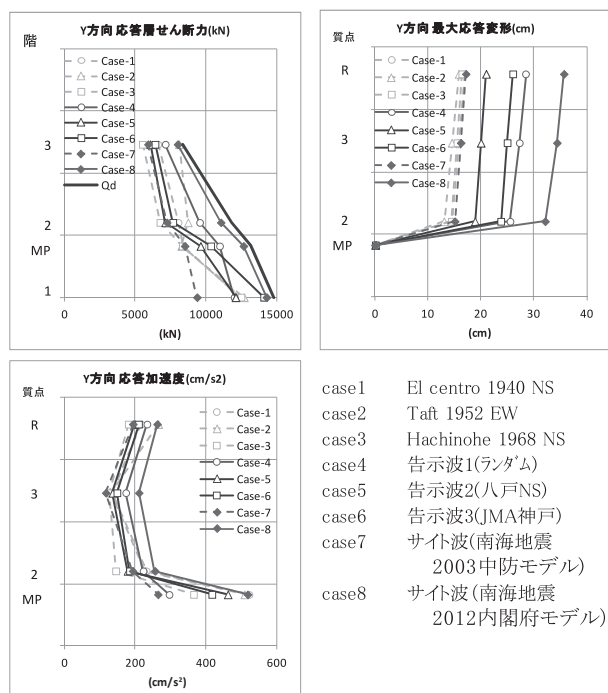


図8 応答解析結果