

紀南総合病院

久米設計 構造設計部
依田博基



同
井上 啓



同
伊藤 央



1. はじめに

本建物は、和歌山県田辺市に「地域災害医療センター」として建設中の総合病院である。建設地は、田辺市郊外にある田辺湾が一望できる丘陵地、自然に囲まれた広大な敷地にあり、医療施設としての「機能性」「快適性」「安全性」に配慮した空間として、近い将来危惧される南海地震などの地震災害時においても、高度医療の提供が持続できる施設として計画されている（図1）。



図1 外観パース

2. 建築計画概要

低層階に診察室などの検査部門、高層階には病室を配置し、眺望や日照に配慮した階層計画、L字型の平面計画としている。

【建物概要】

所在地：和歌山県田辺市
 建築主：和歌山社会保険事務局
 設計：(株)久米設計
 施工：大林・西松・浅川JV
 用途：総合病院
 敷地面積：44,004m²
 建築面積：7,413m²
 延床面積：29,306m²
 階数：地下1階、地上8階
 建物高さ：32.36m
 構造種別：地上部 S造（一部、SRC、SC造）
 地下部 SRC（SC）造
 基礎構造：直接基礎（独立フーチング基礎・マットスラブ）
 免震部材：天然積層ゴム（G4）
 鉛プラグ入り積層ゴム（G4）
 弾性滑り支承（G8／ $\mu = 0.022$ ）
 鋼棒ループダンパー

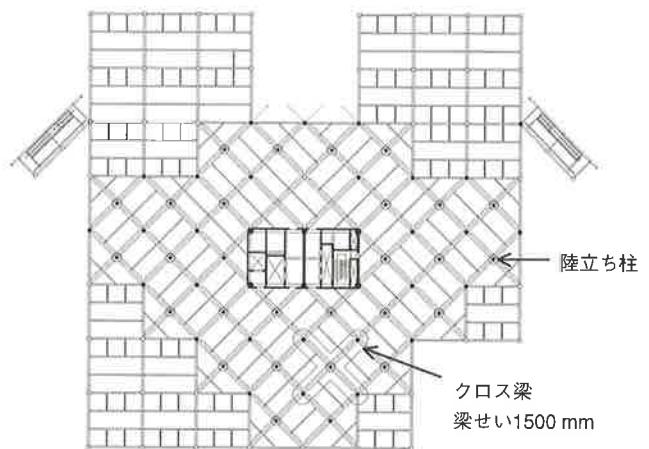


図2 3階伏図

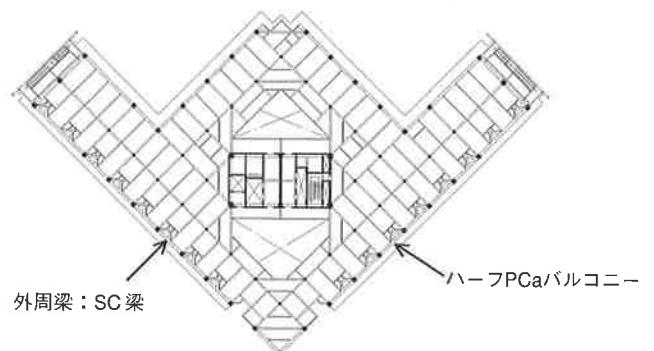


図3 基準階伏図

3. 構造計画概要

3-1 地盤概要

丘陵地である敷地地盤は、約1mの表土（土砂層：崖錐堆積層）の下に礫岩を主体に砂岩、泥岩から構成された基盤岩層が分布し、地層上部から強風化岩層、中風化岩層、弱風化岩層、微風化岩層と続いている（図4）。また、切土造成後の基礎接地面（TP+46m）は中風化岩層～弱風化岩層となり、旧建設省の岩分類で「軟岩Ⅰ～Ⅱ」、電研式岩盤分類で「CL～CM」に分類される堅岩である。

地盤の弾性波速度は、設計GLとなる造成レベルで $V_s=1000\text{m/s}$ であり、それ以深の弾性波速度は $V_s=$ 約 1200m/s を超える。したがって、基礎接地面を工学的基盤として仮定している。

3-2 基礎構造

地盤は発破による掘削が必要となる堅岩であるため、地下構造体の断面形状を舟底形として、建物外周部の掘削レベルを浅くし、掘削土量や擁壁厚を軽減する計画としている。また、建物外周部基礎はマットスラブによる直接基礎、内部側基礎は独立フーチング基礎による直接基礎としている。

3-3 上部構造

当病院の階層計画として、低層階に検査部門を、高層階に病室を配置しているため、低層階と高層階とでは建築計画上必要な柱スパンが異なる。そのため、架構計画は、検査部門から病室へと用途が切替わる3階部分で柱軸線を 45° 振り、高層階の柱を3階の床梁レベルの低層階柱上に対角に架け渡した梁成 1500mm のクロス梁上部に設置（陸立ち柱）することで、柱スパンを 9.6m グリッドから 6.8m グリッドに切替えている。

また、柱の断面形状は、円形断面から角形断面に切替え、柱-梁仕口部管には角丸テーパ管を使用している。

構造種別は、クロス梁上部に陸立ち柱を建てる特殊な架構計画としているため、主体架構の構造種別をS造として建物重量の軽減を図っている。

一方、建物中央部のコア廻りはRC耐震壁付きSRC造として、地震力を負担させるとともに上部架構の剛性を高める計画としている。

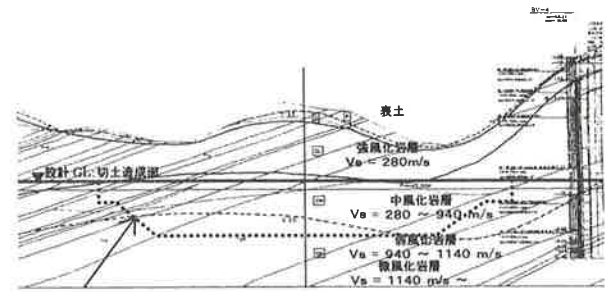


図4 地盤断面図

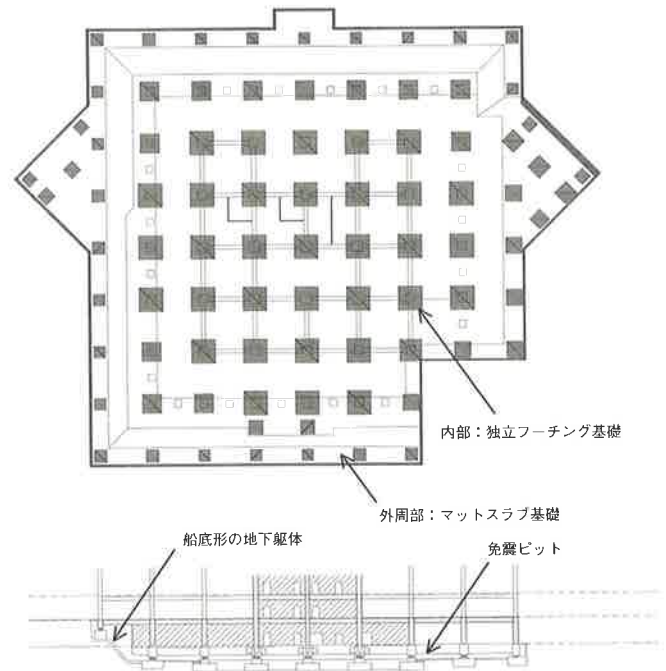


図5 基礎構造

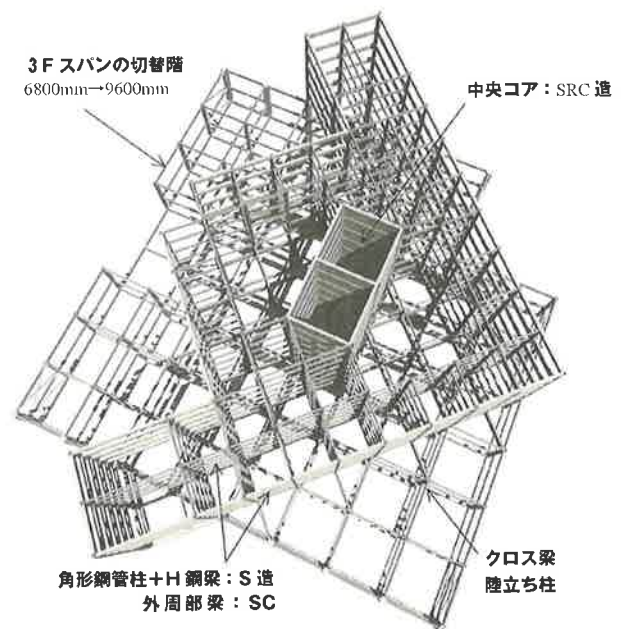


図6 架構概念図

また、建物外周部バルコニーは、塩害対策として、高強度、密実なコンクリートによるハーフプレキャスト床版とし、その受梁である外周梁をSC梁としている。

3-4 免震部材

免震部材は、天然積層ゴム支承(NRB) 26台、鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB) 20台、弾性滑り支承(LSB) 42台で構成し、免震層の固有周期の長周期化を図っている。

建物外周部にあたる舟底形地下躯体の上段部には、負担軸力の小さいLSBを配置し、下段部は、負担軸力が大きくなる中央部に向かってLRB、NRBを順番に配置している。

減衰部材としては、LRBの鉛プラグやLSBの摩擦力の他に、外置き鋼棒ダンパー(SD) 18台を設置している(図7)。

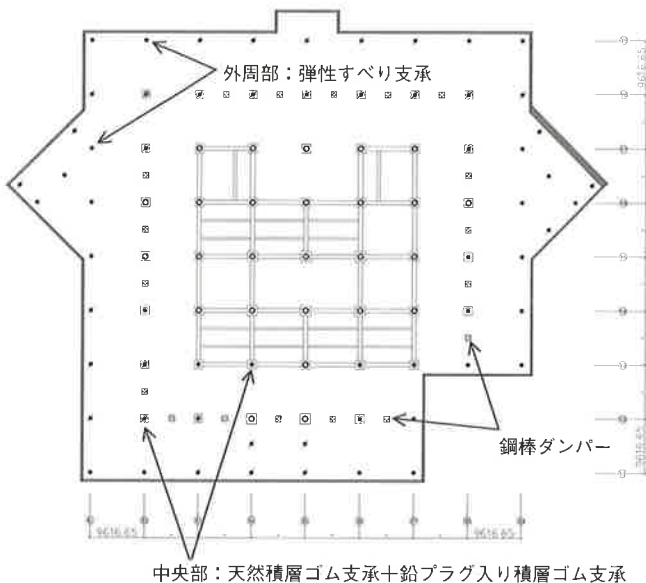


図7 免震部材の配置計画

4. 耐震性能目標

耐震性能目標は表1の通りである。

表1. 耐震性能目標

入力地震動	性能目標			
	上部構造	免震部材	下部構造	応答加速度
稀に発生する地震動 Level1	短期許容応力度 以内	安定変形 以内	(部材) 短期許容応力度 以内	診療階、検査階 (B1~2階) 250 cm/s ² 以下
極めて稀に発生する地震動 Level2	層間変形角 1/300以下	性能保証変形 以内	(基礎接地圧) 短期許容地耐力 以内	事務室、病室階 (3~7階) 300 cm/s ² 以下

5. 時刻歴応答解析

5-1 地震活動と入力地震動

田辺市周辺における地震活動は、南海道沖のプレート境界付近で発生する南海地震と田辺湾付近の地殻内で発生する地殻内の地震と考えられる。

南海道沖のプレート境界で発生する巨大地震は、記録に残されたものでも684年の白鳳南海地震から1946年の昭和南海地震まで9回に及び、そのマグニチュードはM8.0~8.5となり、日本付近で起こる地震としても最大級の規模である。なお、その地震発生の周期は100年~150年程度で比較的一定している。

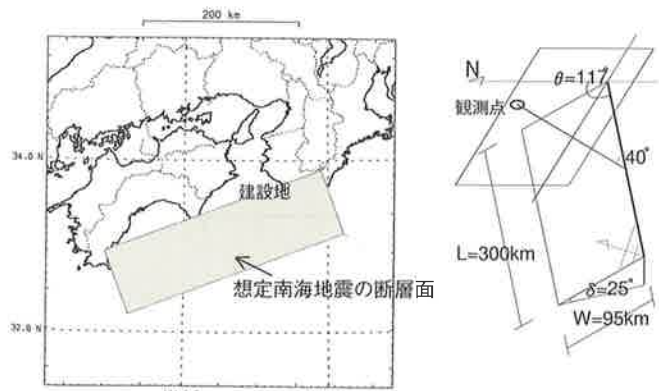


図8 サイト波の断層モデル

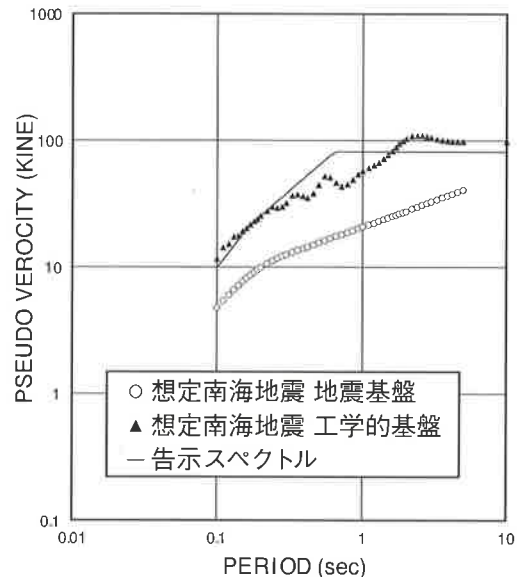


図9 速度応答スペクトル

また、和歌山県の地震被害想定報告書によると、田辺市北部から東北東方向に伸びる本宮断層系における規模M7.5の地震が想定されているため、M8.4の南海地震を想定した「想定南海地震」とともに応答

スペクトルを翠川・小林の方法により作成し(図9)、本建物に強く影響を及ぼすサイト波として「想定南海地震」を選択した。これに加えて、観測波3波と観測波であるHachinohe-EW(1968)およびJMAKobe-NS(1995)のフーリエ位相角特性を使用して作成した告示波2波の計6波を設計用入力地震動としている(図10)。

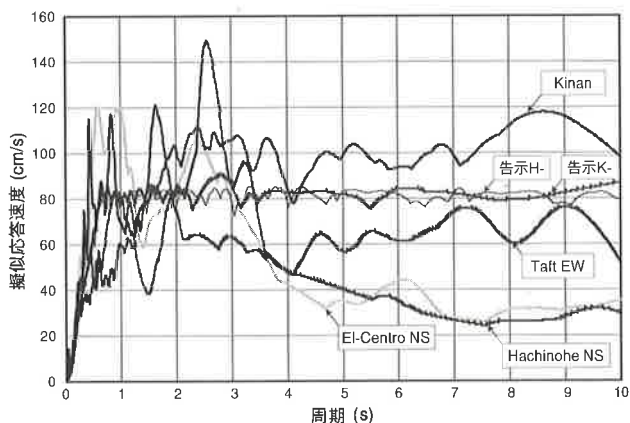


図10 設計用入力地震動の擬似速度応答スペクトル

5-2 振動解析モデル

振動解析モデルは、RC部材のひび割れを考慮した荷重増分解析によって上部構造の履歴復元力特性を設定し、各層1質点の10質点系等価せん断型串団子モデルとした。上部構造の減衰は剛性比例型とし、減衰定数を2%としている。

また、免震部材性能は、各メーカー諸元をもとに各部材ごとに表2に示すばらつきを設定した。

表2. 免震装置のばらつき

	標準モデル		Case1		Case2	
	剛性	荷重	剛性	荷重	剛性	荷重
NRB	±0	—	-12	—	+23	—
LRB	±0	±0	-12	-15	+23	+27
LSB	±0	±0	-12	-64	+25	+62
SD	±0	±0	-10	-10	+10	+10

5-3 応答解析結果

極めて稀に発生する地震動に対する応答結果は表3に示す通り、ばらつきを考慮した全ての項目で設計クライテリアを満足している。

免震層の等価固有周期は、免震部材の変形量 $\gamma = 250\%$ 時で $T1=4.33s$ である。

表3. 極めて稀に発生する地震動に対する応答結果

	X方向	Y方向	45度方向	設計 クライテリア
病室階加速度 (cm/s ²)	197 Kokuji-K	197 El-Centro NS	147 El-Centro NS	300
最大層間変形角	1/781(2階) Kokuji-K	1/632(2階) Kokuji-H	1/1086(2階) Kokuji-K	1/300
最上階 層せん断力係数	0.248 Kokuji-K	0.337 El-Centro NS	0.264 El-Centro NS	0.370 (設計用)
最下階 層せん断力係数	0.105 Kinan	0.100 Kokuji-K	0.083 Kokuji-K	0.110 (設計用)
免震層変位 (cm)	42.6 Kokuji-K	42.4 Kokuji-K	31.5 Kokuji-K	50.4 ($\gamma = 300\%$)
免震層速度 (cm/s)	69.3 Kinan	74.1 El-Centro NS	73.6 El-Centro NS	

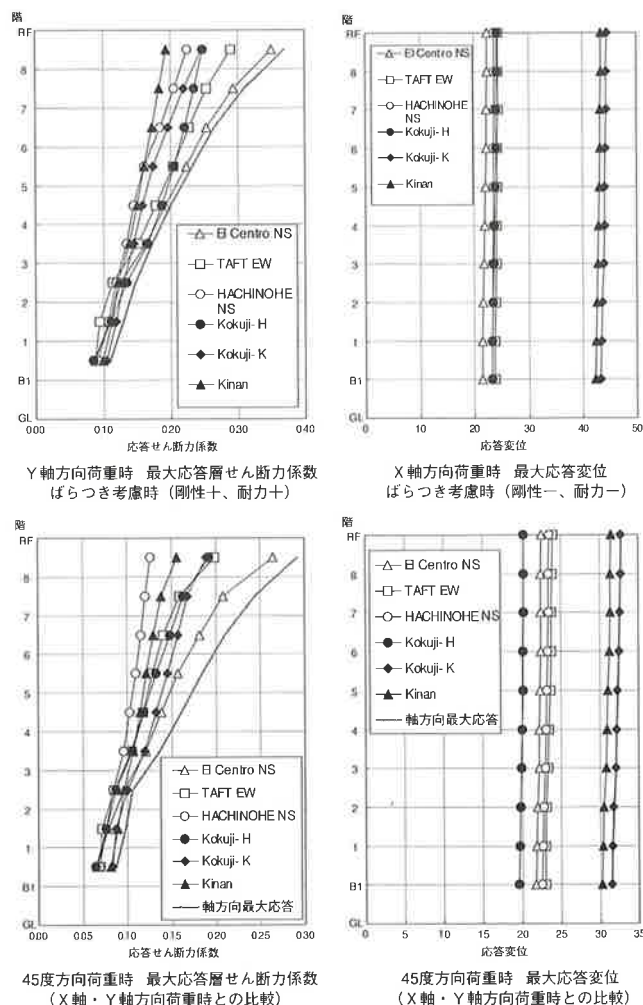


図11 応答解析結果

5-4 上下地震動解析

柱スパンの切換え階にあたる3Fクロス梁-陸立ち柱部分の架構については、部分モデルを用いた上下地震動解析を行なっている(図12)。入力地震動は、「設計用入力地震動作成手法技術指針 平成4年3月」(建設省建築研究所、(財)日本建築センター)に基づき、水平方向の目標スペクトルに上下動成分係数を乗じて作成している(図13)。

入力地震動はサイト波1波、告示波2波の合計3波としている(図14、15)。

上下地震動解析の結果(図16)、応力は3Fクロス梁、陸立ち柱に集中し、3Fから8Fまでの陸立ち柱が受け持つ荷重のほとんどをクロス梁に負担する結果となっている。また、図17に示すように、応答加速度と曲げモーメント最大値はほぼ同位相で発生している。クロス梁と陸立ち柱の設計は、上下地震動解析結果を参考に、それぞれ上下方向の震度を1.0G、0.8Gの静的荷重に置き換え、部材断面を決定している。

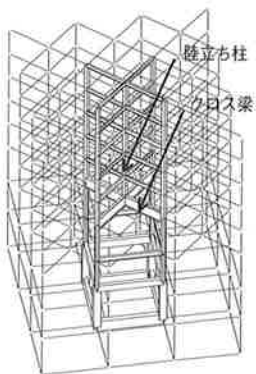


図12 上下地震動解析モデル

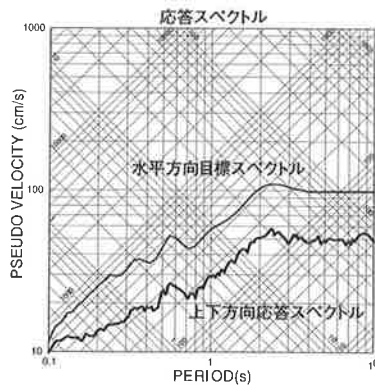


図13 応答スペクトル

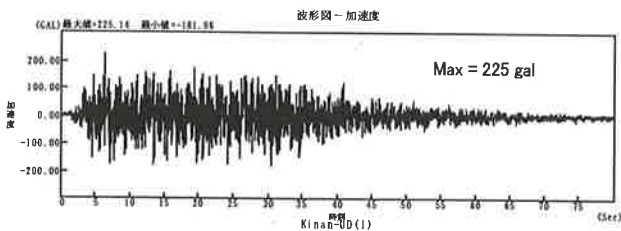


図14 上下地震動解析用サイト波

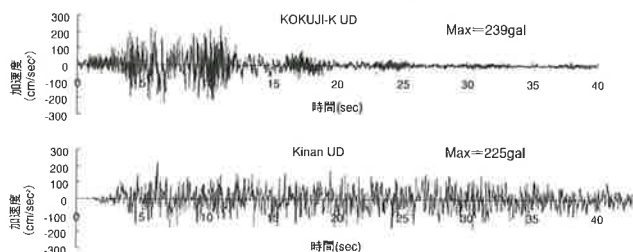


図15 上下地震動解析用告示波

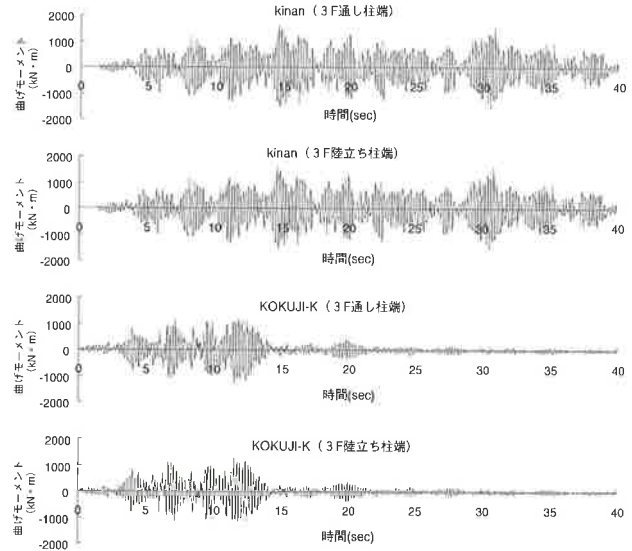


図16 上下地震動解析結果(曲げモーメント)

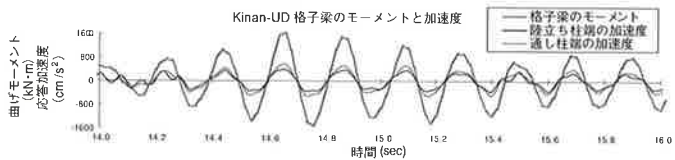


図17 上下地震動解析結果(曲げモーメントと加速度の関係)

6. おわりに

本建物は、南海道沖プレート境界を震源とする南海地震の影響を強く受ける地域に建設されている。過去に南海地震は100年~150年と比較的一定の周期で発生しており、1946年の昭和南海地震から既に50年が経過した現在、次の活動は建物のライフサイクル内に起こる可能性が高い。

南海、東南海地震など地震継続時間が長い、M8を超える巨大地震に見舞われた際にも、当施設は地域医療の中核として、その機能が損なわれることなく、医療活動が継続して行うことができるよう、長周期の免震化によってその安全性を確保する計画とした。また、病院の機能性、快適性を構造スパンの切換えで実現し、建設地の諸条件も舟底形地下構造の提案で経済性を高めた。

2005年3月の竣工に向けて、現場は最後段階に入っている。