

山口大学医学部附属病院 診療棟・病棟



中村 淳一
佐藤総合計画



周防 尚
同



北岡 拓也
同

1 はじめに

山口大学医学部附属病院は、国立大学附属病院として、1. 教育・研修、2. 研究開発・先進医療、3. 地域医療推進、4. 病院基盤強化を基本戦略に掲げ、再整備計画を策定している。

今回再整備における本建物は主要機能を集約することで病院全体を結び、つなぐ役割を担っている。そのため、災害時には病院機能を確実に持続する施設計画とし免震構造を採用した。今後、本建物と継続して既存等の全面的な改修を実施し、全体の機能更新を図ることで2巡目を迎えた国立大学医学部附属病院再整備の「トップランナー」を目指している。

2 建物概要

建築場所：山口県宇部市南小串一丁目1-1

(山口大学小串団地構内)

建物用途：大学(病院)

設計者：株式会社佐藤総合計画

監理者：国立大学法人山口大学施設環境部施設整備課

施工者：清水建設株式会社

建築面積：4,836.16m²

延べ面積：34,571.03m²

階数：地下1階、地上14階、塔屋1階

建物高さ：68.49m

構造種別：鉄骨鉄筋コンクリート構造
(一部鉄骨造)

基礎構造：直接基礎、杭基礎
(場所打ちコンクリート杭)

免震位置：基礎免震

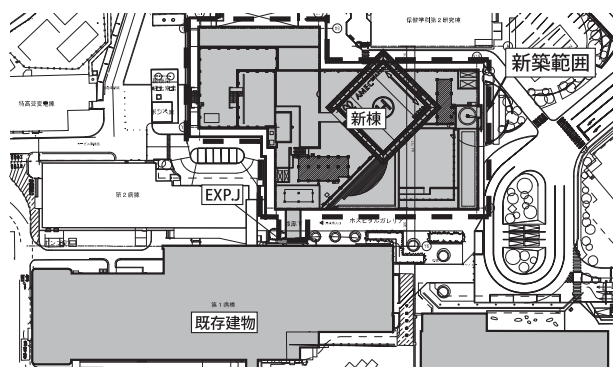


図1 建物配置図



図2 建物外観パース

3 構造計画概要

構造形式は地下1階Y方向が耐震壁付きラーメン構造、地下1階(X方向)から上層階は純ラーメン構造としている。

平面形状は、東西方向が約90m、南北方向が約60mで、8階から上階でセットバックし三角形に近い平面形状となる。構造種別は地下1階～7階床までをSRC造とし、7階から上の病棟階では、図3に示すように建物外周の柱梁をSRC造とし、建物内部の柱梁をS造とする計画としている。また、地下1階および1階、R階PHR階の在来床スラ

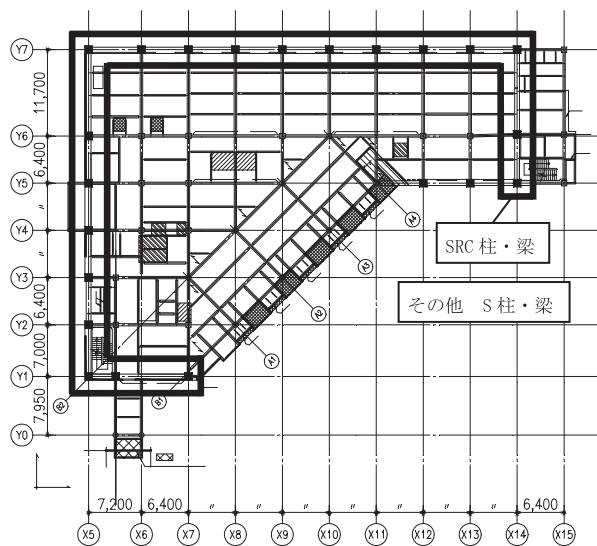


図3 8階床伏図（基準階）

ブ以外のスラブは鉄筋組み込みデッキを採用し、工期短縮を図る計画としている。

4 地盤及び基礎概要

図4に示すとおり、建設地の地盤は、建物の西側から東側にかけて支持層が深く傾斜している。さらに、建物西側において表層地盤（Asc）が液状化する可能性が高いことから、液状化の影響を受けないように予めX1通り～X7通り間に地下階を計画し、基礎形式は蛇紋岩を支持層とする直接基礎として計画している。また建物東側では、石炭の採掘跡となる古洞（UCo3）が残っているため、古洞以深となる蛇紋岩（S_p）または頁岩（USh）を支持層とする杭基礎を併用し、建物全体として直接基礎と杭基礎の併用による異種基礎を採用している。

基礎の水平力に対する検討では、まず基礎スラブを含めた下部構造の剛床が成立すると仮定し、基礎に作用する全水平力に対して直接基礎下部の地盤のせん断耐力が上回っていることを確認する。次に下部構造を非剛床としたときに杭体に作用する応力に対して杭材が許容耐力以下であることを確認する。

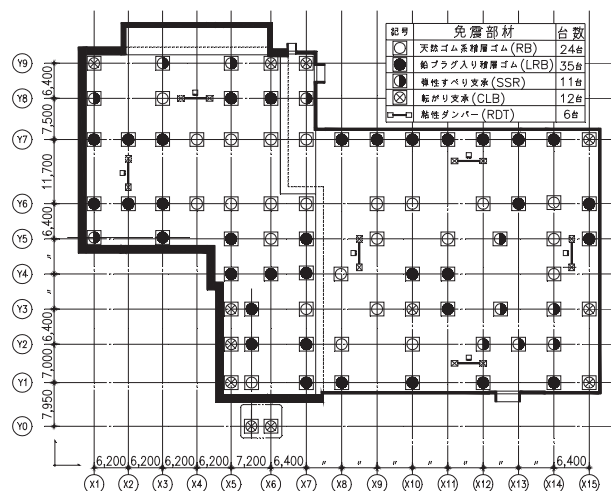


図5 免震装置配置図

5 免震設計概要

免震装置には天然ゴム系積層ゴム支承（RB）鉛プラグ挿入型積層ゴム支承（LRB）の他に免震層周期を延ばすために弾性すべり支承（SSR）および転がり支承（CLB）を採用している（図5）。引抜き力が大きな箇所にはCLBの引張対応セットを配置し、変形が過大にならないよう粘性ダンパー（RDT）を外周に配置している。

6 地震応答解析

解析モデルは、免震層を含む1層1質点とした基礎固定の質点系等価せん断型モデルとする。解析モデルを図6に示す。なお、本建物はモデル化において構造上以下の特徴を考慮して作成する。

- ①免震層位置がB1階床下と1階床下の2層に分かれている。
 - ②5階のX1-5/Y5-8間の部分（電気室）が2層吹き抜けとなっている。
 - ③13階上部（構造上、屋上相当）の上部構造体がヘリポート等を含め複数に分離している。
- 復元力特性は、静的弾塑性解析の荷重変形曲線よ

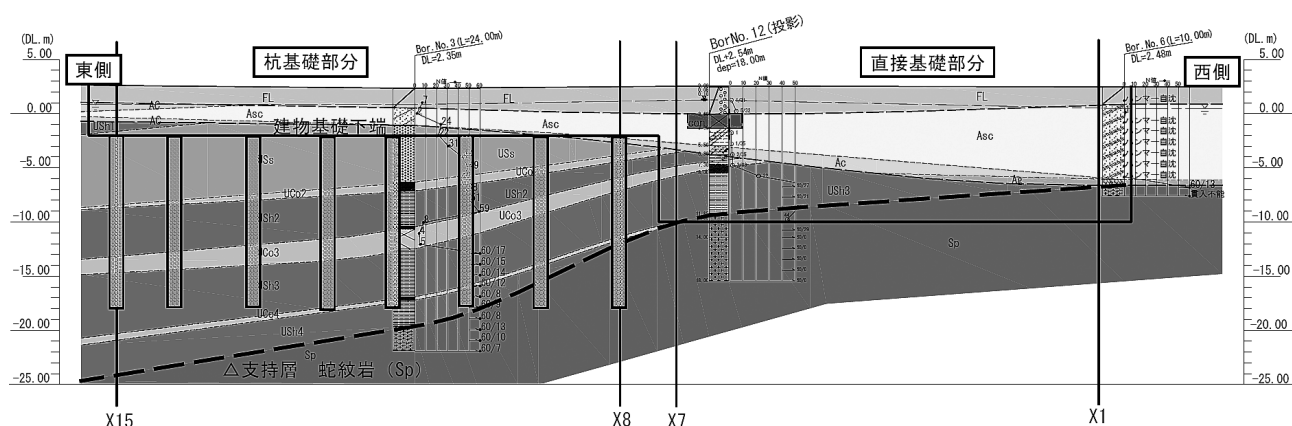


図4 建設地の地盤概要と基礎計画

り等価せん断型にモデル化し、上部構造の履歴特性は表1のとおりとする。

免震層は、積層ゴム支承系を層間バネに置換し、減衰こまはダッシュポットモデルに置換する。鉛プラグ挿入型積層ゴム支承のバネは歪み依存型Bi-Linearとする。減衰こまは、速度依存型の非線形モデルとする。また免震材料の減衰は履歴減衰のみとする。転がり支承は摩擦係数が0.5%程度と小さいため、免震層の復元力には考慮しないものとする。表2に耐震判定基準、表3に入力地震動を示す。

極めて稀に発生する地震動に対するX方向の地震応答解析結果（免震材料のばらつき標準）を図7に

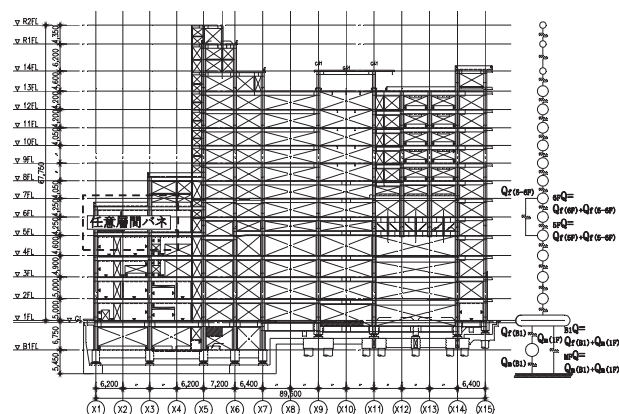


図6 解析モデル

表1 上部構造の履歴特性

階	履歴特性
R2F	弾性（履歴減衰無し）
R1F～7F	原点指向型
5F～1F	剛性通減型トリニア
B1F	原点指向型（耐震壁付きラーメン構造）

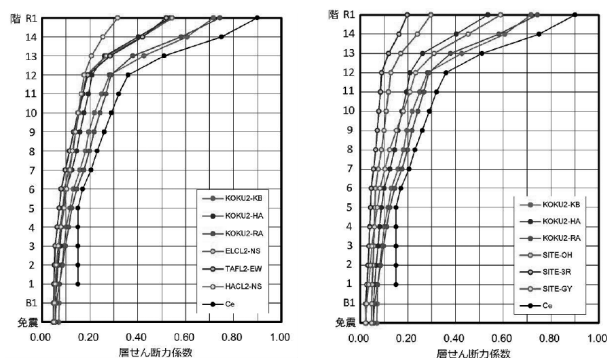
表2 耐震判定基準

項目	設計対象		参考検討
	レベル1 地震動	レベル2 地震動	余裕度検討レベル
上部構造	短期許容耐力以下		短期許容耐力以下
	層間変形角	$\leq 1/300$ $\leq 1/200$	$\leq 1/100$
	床加速度※	$\leq 300 \text{ cm/sec}^2$	$\leq 300 \text{ cm/sec}^2$
免震層	最大変位	$\leq 30 \text{ cm}$ ($\gamma=150\%$) $\leq 45 \text{ cm}$ ($\gamma=225\%$)	$\leq 60 \text{ cm}$ ($\gamma=300\%$)
	面圧	圧縮	$\leq$ 短期許容面圧
		引張	発生させない $\leq 1.0 \text{ N/mm}^2$
	RDT 許容層間速度	100 (cm/s)	100 (cm/s)
基礎	部材の状態	短期許容耐力以下	

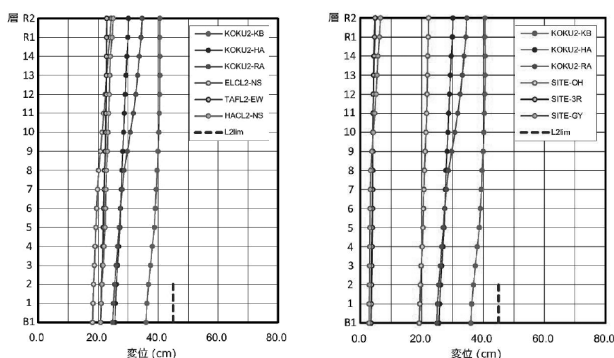
※病棟階のある12階までを対象とする

表3 入力地震動の設定

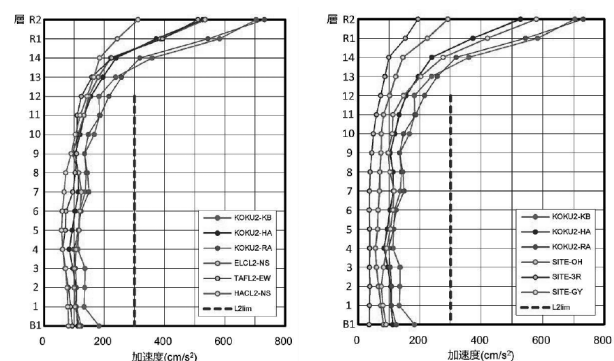
地震波の種類	地震波の定義	
告示波	平 12 建告第 1461 号イに定められた解放工学的基盤における 加速度応答スペクトルをもち、建設地の表層地盤による増幅 を適切に考慮して作成した地震波	
サイト波	活断層地震	建設地近傍の活断層を震源域とした地震
	南海トラフ地震	南海トラフ（日向灘）で発生する地震
	プレート内地震	安芸灘～伊予灘～豊後水道、日向灘で 発生する地震
観測波	過去の強震記録による観測地震波	



(a) 最大層せん断力係数



(b) 最大相対変位



(c) 最大加速度

図7 地震応答解析結果（X方向）

示す。最大応答層せん断力係数は各部材の許容応力度設計に用いた層せん断力係数以下である。免震層の最大変形量は36cm、12階の床の最大加速度は216cm/s²で、耐震判定基準を満たしており、十分な免震効果が発揮されることを確認した。

7 基礎傾斜を考慮した建物への影響

建設地は工学的基盤が傾斜していることから、図8に示すように建物の長辺方向はほぼ中央のY5通を想定し、傾斜が大きい断面の地盤条件を投影した二次元の有限要素モデルとし等価線形化法に基づく解析を行った。

(1) 検討ケース

入力地震動の検証のための杭を考慮した二次元モデル面内方向入力（ケース1）と、杭設計における

地震時の地盤による強制変形を算出のための杭モデルを考慮しない面内、面外方向入力（ケース2）の計2ケースとする。なお、入力する地震動は、ケース1では工学的基盤の傾斜による影響のため水平動と上下動の同時入力とし、ケース2では水平動による地盤変形を目的としているため水平動のみとする。入力地震波は、告示波神戸位相とする。

(2) ケース1解析結果について

有限要素法解析結果から得られた地震波（水平動・上下動）のスペクトル比較より、水平動については成層地盤モデル（SHAKE）の地震波よりも、周期0.4～1.0秒帯での地震波の増幅が抑えられているが、上下動については、建物の上下方向の固有周期 $T=0.13$ 秒に近い短周期帯（0.1～1.0秒）で増幅する結果となった。

成層地盤モデルの地震波（KOKU2-KB）と有限要素法解析結果から得られた地震波（KO2KB-HV）による応答解析結果（水平）の比較を行った。図9に示すとおり、応答層せん断力及び相対変形は3～4%程度減、応答転倒モーメントは12%程度減となった。また、支承の最大鉛直震度は圧縮方向で0.24、引張方向で0.28であった。成層地盤モデルの地震波の上下動解析結果は、圧縮方向で0.24、引張方向で0.32であるため引張方向側で鉛直震度が低下する結果となった。

(3) ケース2解析結果について

ケース2の有限要素法解析により得られた基礎スラブ下の加速度および相対変位の時刻歴の比較により位相差および基礎の捩れの検証を行った。

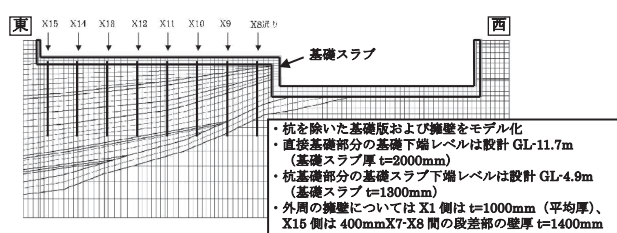
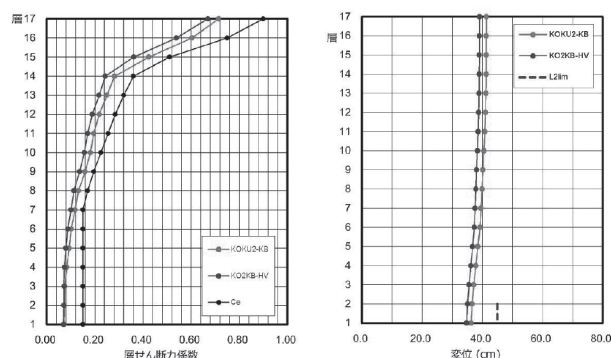


図8 二次元有限要素法解析の解析モデル概要



(a) 層せん断力係数

(b) 変位

図9 X方向応答値比較

検証の結果、面内（X）方向、面外（Y）方向共に、加速度時刻歴の位相差は約0.05秒と建物のレベル2地震動時の等価周期 $T=約4.7$ 秒に対して小さく、面外（Y）方向における基礎のねじれ角 θ も最大で $1/9080rad$ と小さいことから、本敷地における工学的基盤の傾斜が免震層の応答性状に与える影響は小さいと判断した。また、基礎の設計ではケース2の有限要素法解析によって得られた地盤の応答変位量を用いて静的弾性解析により杭、基礎スラブ、基礎梁の設計を行った。図10に基礎検討用の応力解析モデル、図11にねじれにより補強した外周の杭を示す。

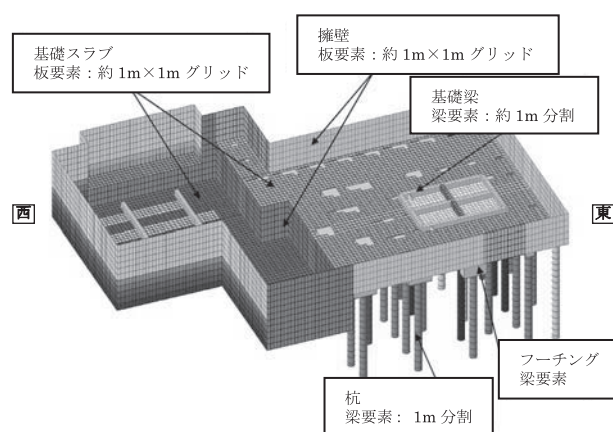


図10 基礎検討用応力解析モデル

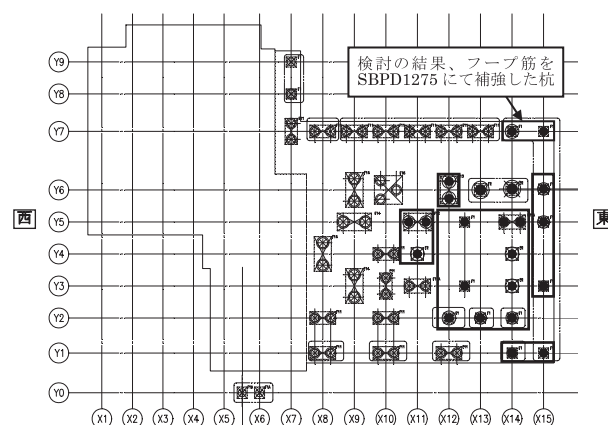


図11 杭伏図

8 おわりに

本建物は平成27年11月に着工し、平成30年12月に竣工予定である。ここに、建築主である山口大学、施工者である清水建設をはじめ関係者の皆様に多大なご協力をいただいていることを深く御礼申し上げます。