

東海大学医学部付属病院新病院



高澤 恒男
戸田建設



向井 幸一
同



佐々木 裕幸
同



濱野 輝久
同

1 はじめに

東海大学医学部付属病院は、高度救命救急センターを併設した神奈川県西部医療圏の特定機能病院であるが、新病院はさらに急性期医療に特化され、質の高い診断と治療を速やかに行うことを目的に建設された。

本建物では、大地震発生後に地域の防災拠点として医療活動を継続するため免震構造を採用している。

2 建物概要

建築主：学校法人 東海大学
 建設地：神奈川県伊勢原市下糟屋143
 設計監理：戸田建設(株)一級建築士事務所
 施工：戸田・大成建設共同企業体
 構造規模：RC造地上14階 地下1階 塔屋3階
 ヘリポート
 病床数：803床
 建築面積：9,258.24m²
 延床面積：69,509.29m²
 軒高：74.30 m
 工期：平成15年3月1日～平成17年9月30日



■図1 建物外観写真

3 構造概要

3.1 構造計画概要

本建物は地上14階・地下1階・塔屋3階で軒高74.3m最高部高さ75.2mの鉄筋コンクリート造による免震構造の病院である。免震部材は図2に示すように地下1階と基礎の間に設けた基礎免震構造である。架構形式は地上地下共XY方向耐震壁付ラーメン構造である。地下1階～地上5階は、診療部関係、地上6～14階は病床部関係になっている。構造階高は、地下1～地上5階で4.2～5.0m、地上6階以上は3.75～3.9mである。地上6階より大梁の断面を統一しプレキャスト化している。

免震システムは、弾性すべり支承、天然ゴム系積層ゴムとオイルダンパーを用いたTO-HIS構法【TOda High-performance Isolation System】とした。弾性すべり支承は、昭和電線電纜(株)と共同開発した摩擦係数 $\mu=0.105$ のものである。

基礎は杭基礎を採用し、GL-43.0m以深の砂礫層を支持層としている。また、本建物直下には巾3.0mの農業用水が通っており、杭はこれを避けた位置に配置した。建物外周部の擁壁は、1,250～350mmの厚さとし、建物とのクリアランスは650mmとした。

以下に本建物構造概要を示す。

(1) 主体構造

1) 上部構造(上部架構)

・柱、はり断面及び材料

柱 B×D=800×800～950×1,000mm

はり B×D=550×800～670×1,000mm

コンクリート：設計基準強度Fc30N～Fc48N

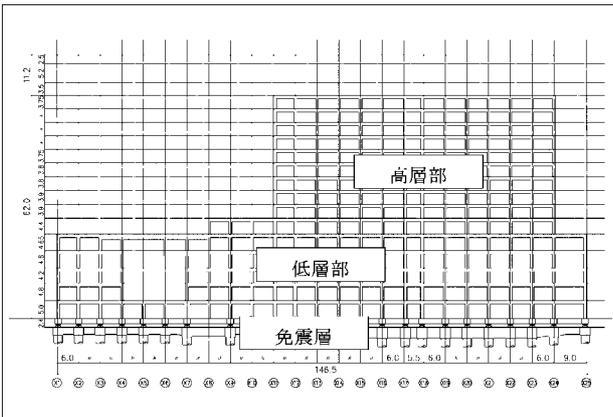
鉄筋：SD295A～SD490(D10～D41)

・耐震壁 鉄筋コンクリート造 t=180～400mm

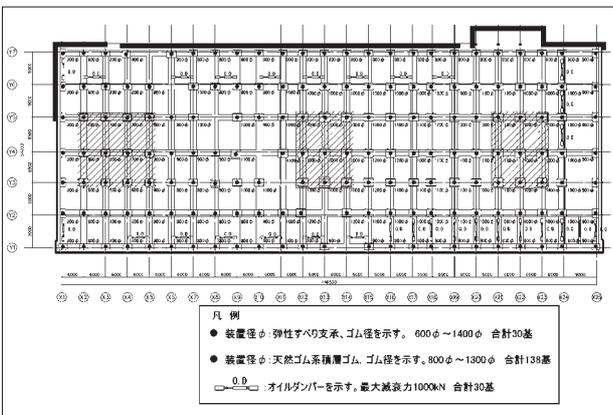
2) 免震部材

天然ゴム系積層ゴム G=0.29、0.39、0.59

- 800φ～1,300φ (計138基)
 - 弾性すべり支承 G=0.78
 - 600φ～1,400φ (計30基) 合計168基
 - オイルダンパー (最大減衰力1,000KN) 30基
- 3) 下部構造(基礎)
- ・基礎形式 杭基礎 支持層 GL-43.0m 砂礫層
 - (杭頭部鋼管巻き場所打ち鋼管コンクリート拡底杭)



■図2 代表軸組図



■図3 免震層伏図

3.2 構造設計概要

耐震設計目標を表1に示す。

■表1 耐震設計目標値

外力	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)	余裕度検討レベル
上部構造	短期許容応力度以内 層間変形角 1/800以内	短期許容応力度以内 層間変形角 1/400以内	保有水平耐力以下 層間変形角 1/250以内
免震部材	安定変形以内 γ=250%	性能保証変形以内 γ=300%	限界変形以内 γ=400%
下部構造	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内	終局耐力以下

また、床応答加速度については、医療機器類の転倒を防止する目的で(財)建築研究所発行「建築

研究所報告」の「医療機器の耐震性に関する振動台実験」による、入力加速度と転倒状況および入力加速度と幅高さ比の関係を参考に、300gal以下となることを目標とした。

3.3 免震部材設計概要

図3に免震部材の配置を示す。

弾性すべり支承は長周期化を目的に採用した。長期軸力が大きくかつ地震時付加軸力の小さい建物中心付近に設置し、レベル2応答時の等価周期 $T_{eq}=4.0$ 秒以上を目標とした。また弾性すべり支承の摩擦エネルギー吸収による履歴減衰とオイルダンパーによる粘性減衰を組み合わせることで免震層の変形が過大にならないよう配慮した。

上部構造は高層部と低層部が一体となっているため、上部構造の重心と免震層の剛心を可能な限り一致するよう免震部材を配置し、免震層の偏心率3%以内を目標とした。

4 応答解析概要

4.1 採用地震波

地震応答解析に用いた地震波を表2に示す。観測波3波、告示波3波、サイト波1波の計7波を採用した。地震動の強さは、模擬地震動を除き各観測波形の最大速度で基準化した。

■表2 入力地震動波形の諸元

波形名称	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)	
	最大加速度 (cm/sec ²)	最大速度 (cm/sec)	最大加速度 (cm/sec ²)	最大速度 (cm/sec)
EL CENTRO 1940 NS 波	255.4	25.0	510.8	50.0
TAFT 1952 EW 波	248.4	25.0	496.6	50.0
HACHINOHE 1968 NS 波	165.1	25.0	330.1	50.0
Kokuji EL 波(Code-EL)	76.0	10.9	343.9	54.8
Kokuji TA 波(Code-TA)	77.5	11.2	351.3	58.6
Kokuji KO 波(Code-KO)	87.9	14.0	421.7	72.1
KANTO 波(想定関東地震)	—	—	361.4	77.3

また表1に示す余裕度検討レベルは、告示波および観測波の入力加速度を1.5倍した地震波を採用した。

4.2 解析モデル

応答解析モデルは以下の4モデルとした。

a) 等価曲げせん断型モデル

基本振動系モデルは、各層を等価な曲げせん断棒に置換した1層1質点の16質点のモデル。免震層の重量、復元力特性を第1層とした。

b) 地盤・杭・建築物連成モデル

建築物と地盤・杭の連成効果の確認用のモデルとして、上部構造を等価曲げせん断棒、杭及び基礎を動的相互作用バネを付けた等価曲げ棒に置換して連成させた多質点系モデル。

c) 擬似立体モデル

免震層の偏心，ロッキング，水平2方向入力の検討用のモデルとして、各方向各フレーム毎に等価曲げせん断棒に置換し、免震部材の復元力特性を平面的に配置した擬似立体の多質点系モデル。

d) 上下動モデル

地震時に免震部材に生じる変動荷重の検討用のモデルとして、免震部材の鉛直剛性と上部構造の軸剛性を軸バネに置換した等価軸バネに地盤・杭の動的相互作用バネを付け基礎を含めて1層1質点の17質点のモデル。

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表3に示す。

■表3 固有値解析結果

	X方向(秒)			Y方向(秒)		
	1次	2次	3次	1次	2次	3次
基礎 固定時	0.79	0.36	0.22	0.79	0.35	0.20
レベル2 相当変形時	4.152	0.608	0.273	4.155	0.591	0.262

4.4 応答解析結果1(基本振動モデル)

極めて稀に発生する地震動(レベル2)時の基本振動系モデルの応答結果を表4, 表5, 図4, 図5に示す。

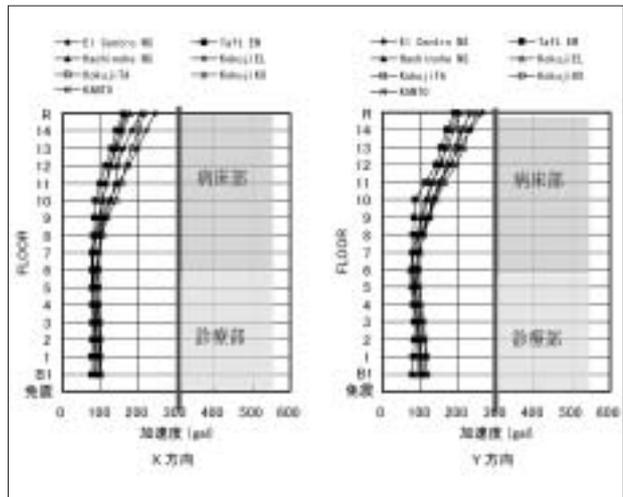
表1に示した耐震設計目標値を満足する結果となっており、目標とした床応答最大加速度300gal以下も満足する結果となっている。免震部材の変形量も性能保証変形(46.8cm)以内となっている。尚、上下動については上下動入力を考慮してレベル2地震動において全ての免震部材において引抜力は生じていないことを確認している。

■表4 基本振動系モデルによる最大応答値

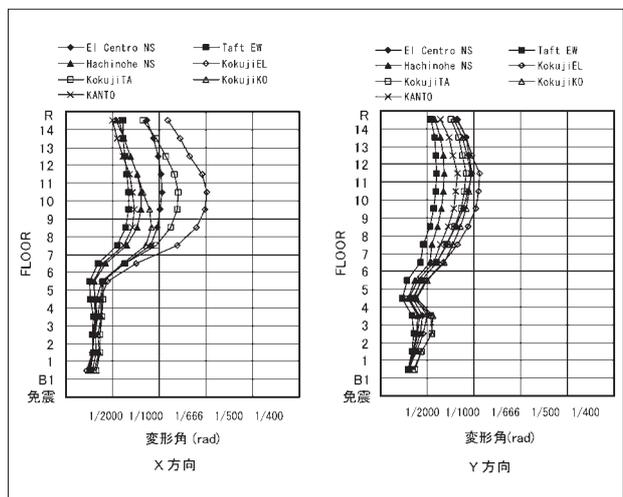
地震動	レベル2の地震動	
	X方向	Y方向
ベースシア係数	0.096	0.095
層間変形角	1/664(10階)	1/942(11階)
塑性率	0.648(9階)	0.574(14階)
免震層の変位	31.0 cm	30.5 cm

■表5 基本振動系モデルによる最大応答値

地震動	レベル2の地震動		
	X方向	Y方向	
床応答加速度	病床部	219.8gal	229.1gal
	診療部	99.5gal	116.9gal



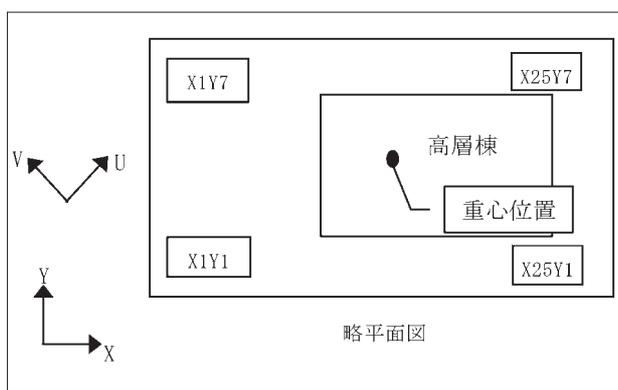
■図4 レベル2地震時 応答最大加速度



■図5 レベル2地震時 応答最大層間変形角

4.5 応答解析結果2(擬似立体モデル)

重心位置での免震層の偏心率 Re は、レベル2相当変形時においてX方向 $Re=0.0104$ 、Y方向 $Re=0.0015$ となっている。また、上部構造は高層部と低層部が一体となっているため、ねじれ応答解析を行い免震部材の最大応答変位について検討を行った。最大応答変位は重心位置と図6に示した重心から最遠点である隅部の4ヶ所の免震部材について検討した。レベル2地震時における解析結果を表6に示す。



■図6 地震動の入力方向と検証位置

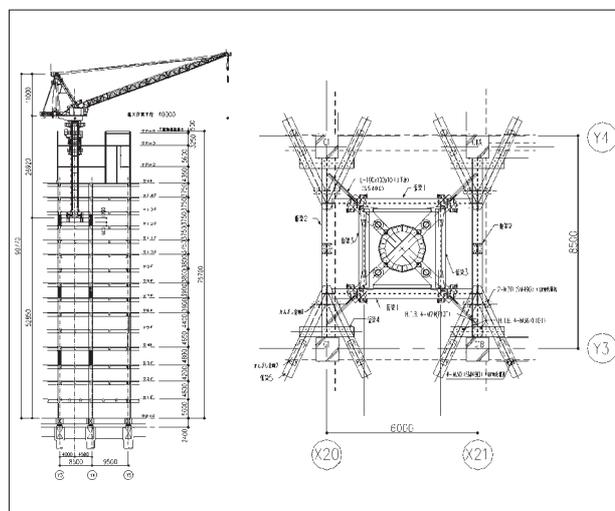
■表6 極めて稀に発生する地震動(レベル2)

方向	免震部材変位量 (cm)				
	重心位置	X1Y1	X25Y1	X1Y7	X25Y7
X方向	31.3	31.0	31.0	31.5	31.5
Y方向	30.0	31.7	28.9	31.7	28.9
U方向	30.4	30.8	29.8	31.1	30.2
V方向	29.9	29.8	30.0	29.9	30.1

重心位置と最遠点との変位差は、1.7cmである。

5 施工報告

本建物の施工は、建物を固定せずタワークレーンJCC400をクライミングさせて行った。施工時の安全性については、社内プロジェクトチームで検討し実施にいたっている。



■図7 タワークレーン設置状況図(断面・基礎)



■図8 タワークレーン基礎設置状況写真

6 おわりに

本建物は、地震計3台と免震層内に罫書き板3台を設置した。観測された記録により、免震性能の確認を行うこととしている。また、建物内に震度表示器を設置しリアルタイムに震度表示されることになっている。

最後に、本建物の計画・設計・施工にあたりご指導・ご協力頂きました病院をはじめ関係者の方々にこの場をかりて御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) (財)建築研究所発行「建築研究所報告」NO.108 January 1986、「医療機器の耐震性に関する振動台実験」