

稲城市立病院

東京建築研究所

共同ストラクチャー



山口昭一



木村充一



可児長英



中澤俊幸



阿部孝司

1. はじめに

この建物は、現存する稲城市立病院の狭隘化などに対処することを目的として、既存病院敷地内の現駐車場スペースを利用して建設される地上6階、地下1階の病床数290床の総合病院である。

ここでは、稲城市立病院で免震構造が採用になった経緯と設計の考え方について示す。

2. 建物概要

建物概要を表-1に、建物全景図を図-1に、軸組図を図-2に、免震部材配置図を図-3に示す。

図-4に示すように、1階は四方にピロティ形状にな



図-1 建物全景図

表-1 建物概要

用途	総合病院	施工期間	1996年3月～1998年3月(予定)	
一般設計	(株)共同建築設計事務所			
構造設計	(株)東京建築研究所・(株)構造テクノロジー(現(株)共同ストラクチャー)			
施工	鹿島建設(株)			
階数	地下1階・地上6階・塔屋1階	最高高さ	35.81(m)	
建築面積	4,480.24(m ²)	延べ面積	18,518.84(m ²)	
基礎	直接基礎(一部場所打ち杭)	地盤種別	第2種地盤	
上部構造	鉄筋コンクリート造			
設計層せん断力係数	X方向:0.15(B1F)～0.30(6F) Y方向:0.15(B1F)～0.30(6F)			
レベル2地震時固有周期	X方向:T ₁ =3.3(秒) Y方向:T ₁ =3.3(秒)			
レベル2地震時免震層変位	X方向: 24.8(cm) Y方向: 24.8(cm)			
免震部材	天然ゴム系積層ゴムアイソレータ φ800:52台 φ900:7台 鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータ φ900:21台 φ1000:12台 φ1100:2台 ループ状鋼棒ダンパー(φ70 R285) 42台			
積層ゴムのみ固有周期(T _i)	X方向:T _i =4.1(秒) Y方向:T _i =4.1(秒)			
ダンパー群の降伏せん断力係数	α _s =0.036	アイソレータ群の最大せん断力係数	α _f =0.046	
積層ゴムの長期面圧	平均95(kg/cm ²) [最大120(kg/cm ²)]			

った部分があるために、その部分の床まで含んで免震化した。図-5に示すように、基準階平面は、中央にコアを有する機能性に富む両扇形である。平面計画では、病床を多床室でも個室環境に近づけるようにと、各ベッドごとに窓が確保できる等の工夫をした。また、病院の場合は、車椅子利用者などを考えると、出入り口部で段差を設けることは出来ないので、段差を設けずに地震時に巧く動くディテールを考えた。出入り口部のディテールは、モデルを作り動作確認を行い、不具合を修正してから採用する予定である。

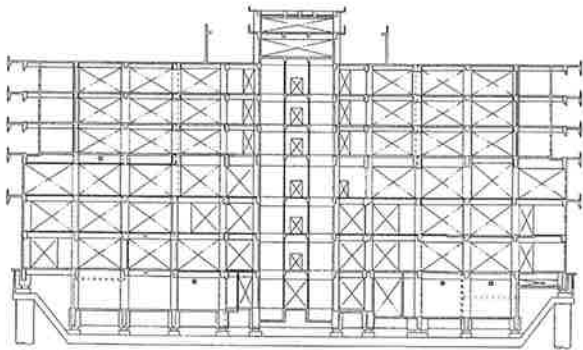


図-2 軸組図

3. 免震構造の採用過程

「病院は、災害時こそ機能することが社会的に求められている」、「免震構造は、地震時に建物から逃げ出せない重病人などを守るために現在得られる有効な手段である」、「病院施設では、薬品や備品の転倒防止対策が重要であり、地震時に構造躯体の損傷がほとんどなくても使用不能になる場合が、ノースリッジ地震の際のOlive View病院などで、現実となっている」などの理由により、計画の初期の段階から『病院にこそ免震構造を』と稲城市に提案した。

しかし、当時兵庫県南部地震以前のことでもあり、「地震に対する切迫感がない」、「日本に免震構造の病院の事例がない」、「免震構造は大地震に対する実績が少ない」、「公共建築物で免震構造を採用した事例がなく、施工者を限定しない発注が可能かどうかの不安」などの理由からすぐには採用されなかった。

しかしながら、「免震構造であるUSC大学病院のノースリッジ地震での効果」、「WESTビルの兵庫県南部地震での効果」、「施工者を限定しない発注が可能なこと」などの点について市側に説明し続けた結果、また兵庫県南部地震での病院の機能維持の重要性が改めて認識されたことで、免震構造が採用されることになった。

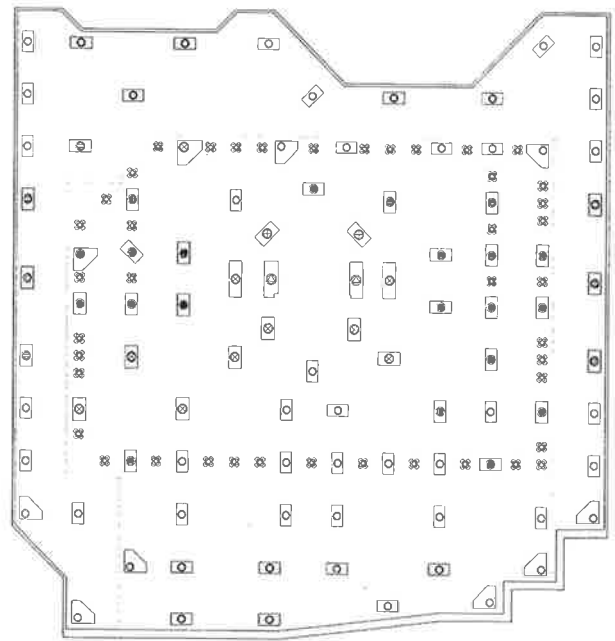


図-3 免震部材配置図

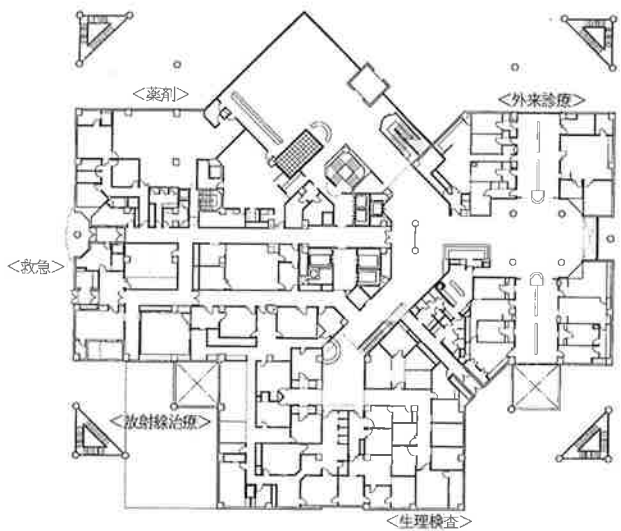


図-4 1階平面図

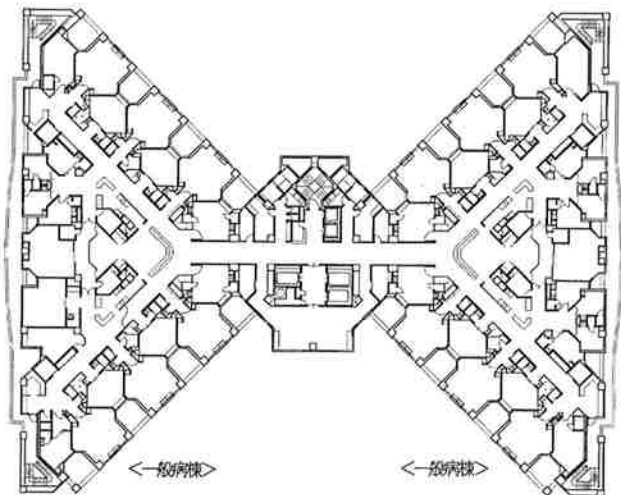


図-5 基準階平面図

4. 設計方法

4.1 入力地震動レベルの設定

どのような外乱に対して、どのような耐震性を持たせるかは、耐震設計の原点であり、これを定量化する事は現状では容易ではないが、入力地震動レベルに関しては、地震動の想定再現期間と建築物の耐用年数、建設地点の地震活動度、地形・地盤の状態および社会的に慣用されている値を考慮して、地震動の最大速度をレベル1で25cm/s、レベル2で50cm/sに基準化した。入力地震動としては、標準的な地震動としてEL CENTRO 1940 NS、TAFT 1952 EW、長周期成分を含む地震動としてHACHINOHE 1968 NSおよびBCJ-L2とした。表-2に入力地震動を示す。

建設地近くに存在する立川断層については、震源断層を考慮した地震動スペクトルの推定法(小林・翠川*)を用いて検討を行った。その結果、短周期レベルではレベル2の地震動を上回るが、0.6秒以上ではレベル2の地震動を下回ることを確認した。

表-2 入力地震動一覧

地震動波形	実記録		解析時間(S)
	最大速度(cm/s)	最大加速度(cm/s ²)	
EL CENTRO 1940 NS	33.45*1	341.70	30
TAFT 1952EW	17.71*1	175.95	30
HACHINOHE 1968 NS	23.58*1	225.00	30
BCJ-L2	61.00*2	377.16	60

*1 '86.6にビルディングレターに記載された値

*2 $T=10(S)$ 、 $h=1/\sqrt{2}$ の振り子により求めた値

4.2 耐震性能目標

耐震性能目標は、レベル1で免震層の変位を15cm以下、レベル2で30cm以下、上部構造・下部構造ともに許容応力度以内など定めた。また、75cm/sの地震動に対しては、「建物の構造はほぼ弾性」、「免震部材は異常が無い」、「建物の剛性を高め、建物で最大加速度の増幅を300 (cm/s²) 程度以下に抑える」、「雑壁を含めた壁にひび割れが入るのを極力抑えるため、層間変形角を1/1000以下程度に抑える」などの目標を定めた。75cm/sを設計目標に加えたのは、地震動に対しては不確定の要素が多くこの程度で安全であるというのは難しいが、75cm/sで検討を行い、安全性を認識すれば、多少の不確定要素があるとしても通常考えられている地震動レベルでは、大きな被害を受けないであろうとの考え方からである。

4.3 構造設計方法

構造はRC造で、耐震壁(ブレース付き)ラーメン構造とした。上部構造は、荷重の集約化を図る目的でスパンを大きめに設定した。プランの制約から連層耐震壁が入れられないために、小さな壁(袖壁・腰壁・たれ壁)を利用することで剛性を確保した。また、雑壁を含めた壁にひび割れが入るのを極力抑えるために、良質なコンクリートを使うことにした。構造解析では、雑壁を含めてモデル化を行い、応力集中する壁の補強や位置の変更などを行い中小地震でのひび割れを防ぐように設計した。また、免震層が2層(1階床下、地下階床下)に分かれるので同一に動くように地下階に耐震壁を多く設け、剛性を確保した。

免震部材の設計では、周期を長くする目的から積層ゴムの集約化を図った。積層ゴムの直径は、変形性能に余裕を持たせるために最小径を $\phi 800$ と設定した。積層ゴムの2次形状係数(積層ゴムの直径/ゴム総厚)は、 $S_2=4.9(\phi 800) \sim 4.5(\phi 1100)$ と安定性の良い形状とした。

ダンパー(減衰部材)は、降伏耐力の違いや材料が持つ性質の違いを考え、互いの特徴を生かすように鉛プラグ入り積層ゴムと鋼棒ダンパーの組み合わせとした。ダンパーの降伏せん断力係数(α_s)は、3.6%で鉛プラグと鋼棒の耐力比は、1:1とした。鉛プラグは、安定した変形領域で使用するために $\phi 900$ 以上(ゴム総厚20センチ以上)の積層ゴムに挿入した。ダンパーの配置は、免震層が2層に分かれているので、同一に動き易いこと、および温度変化やその他の要因で1階床下と地下階床下に変位差がでた場合の用心から、地下1階床下のみとした。また、鋼棒ダンパーは、ねじれ剛性を確保する目的で重心と剛心がほぼ一致する範囲で外周部に設置した。

上部構造と擁壁との間隔は、付加的なねじれ振動の励起や想定外の地震動を考慮して、70cmとした。

5. 振動解析

5.1 振動解析モデル

振動解析モデルを図-6に示す。上部構造は弾性、積層ゴムは250%以上でハードニングを考慮した逆行型のバイリニア、鉛プラグ入り積層ゴムは鉛プラグの降伏を考慮した標準型のバイリニア、鋼棒ダンパーは完全弾塑性型のバイリニアとした。減衰定数は、上部構造を $h=2\%$ (基礎固定時の1次振動に対して)免震部材は0%とした。また、積層ゴムの水平バネ定数の変動は、経年変化・温度変化・製品誤差等を考えて+30%~-30%とした。

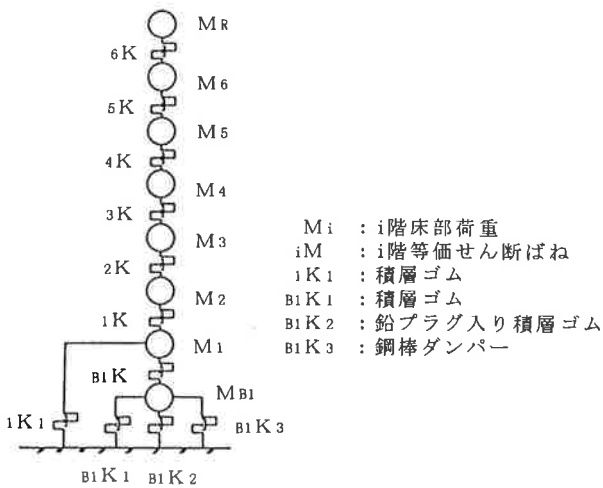


図-6 振動解析モデル

5. 2 解析結果

図-7に免震層の変位と層せん断力係数の関係を図-8、9に75cm/s入力時の最大応答変形と最大応答加速度をそれぞれ示す。免震部材の変位は、目標値を下回り、上部構造の加速度および変位は、意図した性能を有しているのが確認できる。

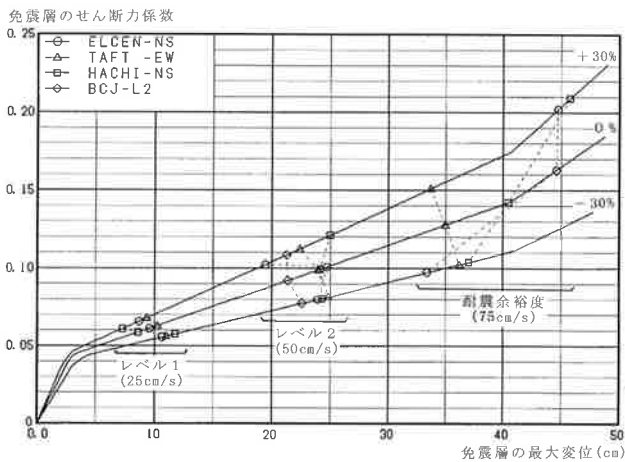


図-7 免震層の変位と層せん断力係数の関係

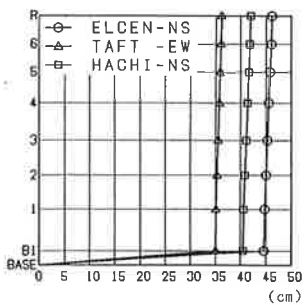


図-8 最大応答変位

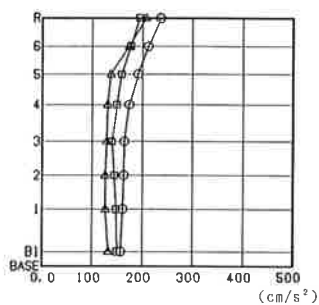


図-9 最大応答加速度

6. まとめ

『病院にこそ免震構造を』という願いが叶い、公立病院に免震構造が採用されるまでの経緯について説明した。その後、公立病院に免震構造が多数採用され、この計画が魁になったのではと考えている。

病院建築の場合、免震構造設計は、躯体を守ることより什器・備品の転倒を防ぐという点が重要であり、建物の剛性を高く保ち、かつ周期を出来るだけ長くし加速度の増幅を低減することが重要であると考えられる。本病院は、プラン上の制約から大きな壁を入れられないので、小さな壁をうまく利用して、剛性を確保した。また、周期を伸ばすため、当初の計画よりスパン割を大きくしたり、積層ゴムの集約化を図る等の構造上の改善を行った。

今後、病院建築では免震構造が当たり前になり、耐震構造を採用する場合の方が、その理由を考えなければならない時代が来るように努力を続けたい。

* 翠川、小林：地震断層を考慮した地震動スペクトルの推定
日本建築学会論文報告集、第282号、1979