

# 免震病院

医療法人孝仁会

星が浦病院

(株)間組 杉山 誠



## 1. はじめに

1995年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震は、阪神淡路大震災として多大な影響を社会に及ぼしました。

特に、医療機関の方々においては、「患者の安全」と「災害時の使命」について認識を新たにした方が多いと聞いています。

医療法人孝仁会 星が浦病院は、阪神淡路大震災の教訓と、釧路という地震多発地帯であることから、耐震構造で進めていた計画を免震構造に変更し大地震発生時の混乱を回避し、病院としての機能を維持できるようにしました。

1996年4月1日に開院した日本で初めての免震病院であり、北海道で初めての免震建物をご紹介します。



写真-1

## 2. 建物概要

概観を写真-1・2に、免震層を写真-3に、1階平面を図-1に、断面を図-2に、免震装置の概要を表-1に、積層ゴム支承の配置を図-3に示します。



写真-2

建物名称	医療法人孝仁会 星が浦病院
企業者	医療法人孝仁会
建設地	北海道釧路市星が浦大通り3丁目9番
設計・監理	間組一級建築士事務所
施工	田中・間共同企業体
建物用途	脳神経外科病院 入院規模 91床
敷地面積	17,651.34m <sup>2</sup>
建築面積	2,222.55m <sup>2</sup> (1,943.08m <sup>2</sup> ) 免震部分
延べ面積	5,201.61m <sup>2</sup> (4,959.59m <sup>2</sup> ) 免震部分
軒高	11.10m <sup>2</sup>
最高高さ	15.85m <sup>2</sup>
1階階高	3.90m <sup>2</sup>
構造規模	RC造 地上3階 塔屋1階
免震構造	基礎免震 高減衰積層ゴム支承 (ブリヂストン社製)
基礎	砂層を支持層とするバタ基礎



写真-3

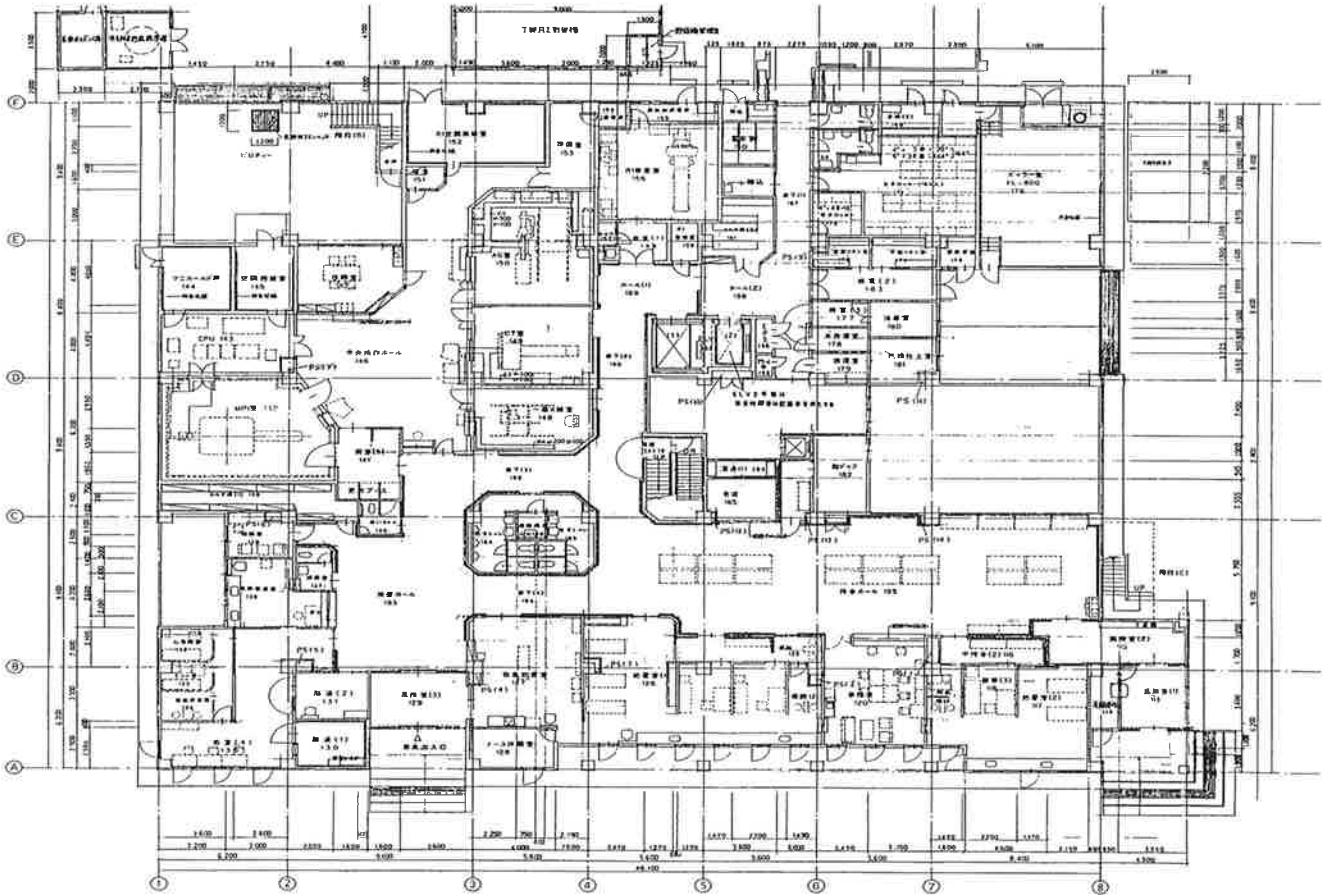


図-1 1階平面図

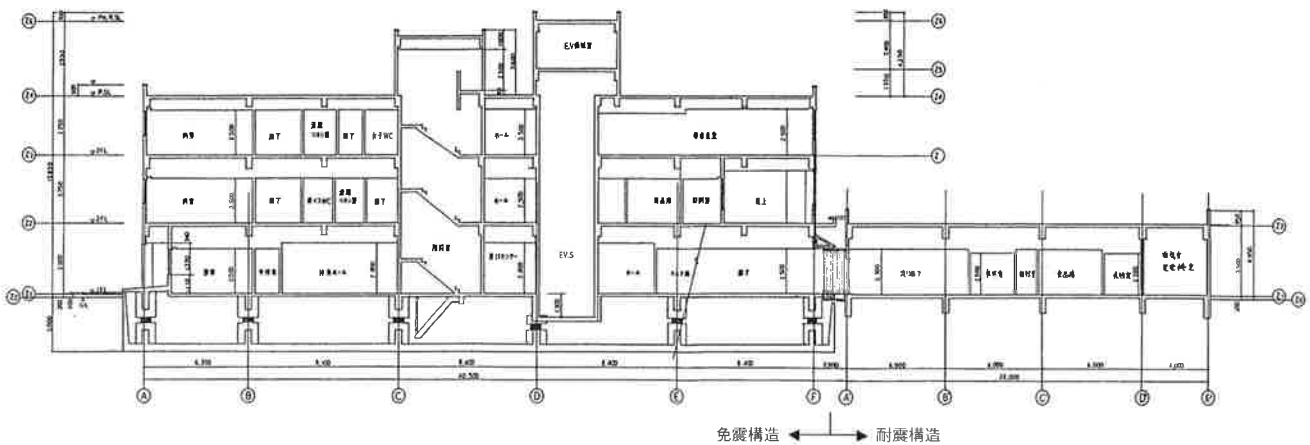


図-2 断面図

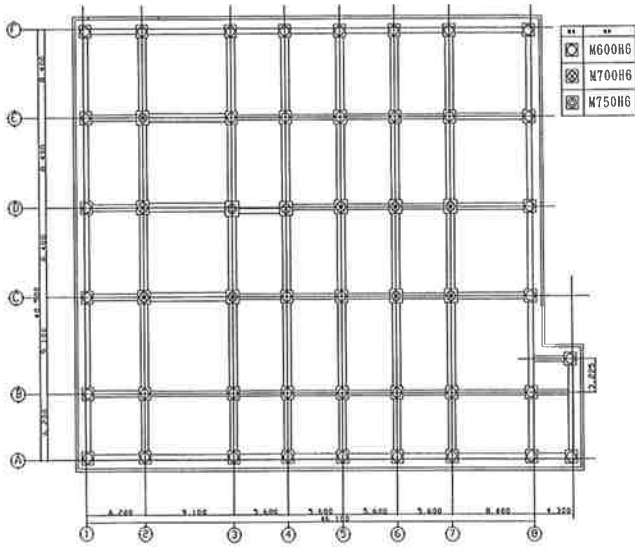


図-3 積層ゴム支承の配置

表-1 高減衰積層ゴム支承の概要

品番	ゴム外径 (mm)	総高さ (mm)	ゴム総厚 (mm)	使用個数 (個)
M600H6	600.0	275.2	162.0	39
M700H6	700.0	275.2	162.0	10
M750H6	750.0	275.2	162.0	1

この病院は、脳神経外科の専門病院で、医療部門を集めた本棟とサービス部門の別棟の2棟で構成されています。

本棟は、1階が外来を含む診療部門(写真-4)、2階が病室と手術室、3階が病室とリハビリテーション室(写真-5)で構成されています。

1階の診療部門には、磁気共鳴診断装置などの高度な医療機器(写真-6)が多数配置されています。

そのため、震災時の入院患者の保護、医療機関としての機能維持を目的とし、本棟を免震構造としました。

別棟については、将来建設される施設との共用部分となるため、大きな増築が予定されており、また、用途的に耐震構造でも十分機能を果たせることから、本棟とは別構造としました。

### 3. 設計概要

#### 3.1 架構計画

上部構造は、RC造耐震壁付きラーメン構造とし1階下部に高減衰積層ゴム支承を設置しています。



写真-4



写真-5



写真-6

免震部材の特性を発揮するため、柱軸力が大きくなるように、耐震構造の計画時点では6~7mのグリッドだった計画を、平面計画が有効になるようにしながら8~9mのスパンを多様しました。

基礎は、GL-3m以深のN>20以上の砂礫と砂が互層をなす地層を支持層とするベタ基礎としました。

耐震構造の計画時点では、杭基礎を想定していましたが、免震層を設けるために根切り底が深くなるこ

とから、免震層の高さを若干大きくして、ベタ基礎としました。これにより、狭い免震層で杭基礎にした場合より、コストを低減できました。

主架構は予備応答解析の結果をもとに、ベースシア係数0.15として設計用せん断力係数を定め許容応力度設計をしました。

基礎構造については、上部構造の軸力、ジッキアップ時の反力、免震装置可動時の付加曲げを考慮し、大地震時(レベル2)においても短期許容応力度以内になるように余力をもたせた設計をしました。

### 3. 2 免震性能

地震時における建物の性能が、設定した目標を満足しているか確認するために弾塑性応答解析を行いました。

性能目標を表-2・3に採用地震波を表-4に示します。

特に、高減衰積層ゴムの場合水平剛性が温度に依存する特性があり、また、釧路という寒冷地でもあることから温度を-15℃と20℃の2種類の条件を設定しました。(釧路市の最低日平均気温は-12.7℃です。)

また、製品のバラツキ、経年変化を考慮して剛性のバラツキを+20%と-10%に設定しました。

表-4 採用地震波

		地震波	25cm/s 時	50cm/s 時
採用地震波 最大速度・加速度	EL CENTRO	1940 NS	255.4 (cm/s <sup>2</sup> )	510.8 (cm/s <sup>2</sup> )
	Taft	1952 EW	248.4 ( % )	496.8 ( % )
	HACHINOHE	1968 NS	165.1 ( % )	330.1 ( % )
	HACHINOHE	1968 EW	127.7 ( % )	255.4 ( % )
	KUSHIRO	1973 NS	182.5 ( % )	365.0 ( % )
	RT S2 (第2種地盤用Rt曲線に スペクトルフィッティング させた模擬波)		187.0 ( % )	374.0 ( % )
	HOSHIGAUURA-KUSIRO 1993 (建設地の地盤特性を 考慮した人工地震波)			922.3 ( % )

応答解析の結果、レベル2において全ての条件で性能目標を満足していることを確認しました。

また、安全余裕度の検討のレベル3では、地震波や温度との組み合わせにより入力差(60cm/s~90cm/s)はありますが、全てのケースで上部躯体が免震ピットの変形限界の40cmに達しても、上部構造は若干の塑性ヒンジが発生する程度の状態でした。

応答解析結果を表-5に示します。

表-2 入力地震動レベルと構造物及び支持地盤の設計目標

入力地震動				設計目標			
レベル	地震の想定発生頻度	震度階	地表面速度	上部構造		下部構造	
				建物損害度	層間変形角	建物	支持地盤
1	最強地震 耐用年限* 中に1度以上	V	25 cm/s	短期許容応力度以内 (RC造では、ひび 割れを容認)	1/200以内	短期許容 応力度以内	短期許容 支持力以内
2	限界地震 発生が考えられる 発生頻度	VI以上	50 cm/s	層の降伏耐力以内	1/200以内	短期許容 応力度以内	極限支持力 以内
3	当該建築物にとって 不利と考えられる地震動			終局状態を把握し、安全余裕度を検討する。			

\*1 耐用年限として60年を想定する。

表-3 入力地震動レベルと高減衰積層ゴム支承の設計目標

入力地震動		設計目標
レベル	地震表面速度	
1	25cm/s	●許容水平変位の1/2 (16.2cm) 以内
2	50cm/s	●許容水平変位内 (32.4cm) ●高減衰積層ゴム支承にかかる軸力は、許容水平変位算定時に用いた軸力以内 ●免震装置には面厚換算5kgf/cm <sup>2</sup> 以上の引張力を作用させない
3	当該建築物にとって不利と考えられる地震動	●終局状態を把握し、安全余裕度を検討する。

表-5 応答解析結果

免震装置	最大相対変位 (cm)	25cm/s 応答	長辺方向	14.6 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃)
		短辺方向	14.6 ( % )	
	50cm/s 応答	長辺方向	31.6 (HACHINOHE 1968 EW,-20℃)	
		短辺方向	32.0 ( % )	
	最大せん断力係数	25cm/s 応答	長辺方向	0.143 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃)
			短辺方向	0.143 ( % )
50cm/s 応答		長辺方向	0.186 (HACHINOHE 1968 EW,-15℃)	
		短辺方向	0.188 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃)	
上部構造	頂部最大絶対加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	25cm/s 応答	長辺方向	153.5 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃)
		短辺方向	169.7 ( % )	
	50cm/s 応答	長辺方向	205.9 ( % )	
		短辺方向	226.2 ( % )	
	地下階最大せん断力係数	25cm/s 応答	長辺方向	0.147 ( % )
			短辺方向	0.146 ( % )
50cm/s 応答		長辺方向	0.192 (HACHINOHE 1968 EW,-15℃)	
		短辺方向	0.199 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃)	
最大層間変形角	25cm/s 応答	長辺方向	1/1786 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃,2階)	
		短辺方向	1/1258 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃,1階)	
	50cm/s 応答	長辺方向	1/1339 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃,2階)	
		短辺方向	1/929 (KUSHIRO 1973 NS,-15℃,1階)	

なお、設計段階では特に床応答加速度に対する性能目標を定めませんでした。応答解析の結果では、レベル2において200gal以内に収まっています。

また、免震性能のプレゼンテーションのため、ハマ技術研究所にある大型3軸振動台を用いてシュミレーションを行いました。シュミレーションでは、兵庫県南部地震の時に記録された神戸海洋気象台での地震波を入力した場合でも3階部分の床に置いた家具やペットボトルの瓶が転倒しないということが立証でき、病院側からも免震構造について大きな信頼を得られました。

### 3.3 免震構造化のためのディテール

一般の免震構造物は、地震時の上部構造の大きな水平変位を処理するため、地盤側との間に大きな空間を設けています。その処理のため、大きな犬走り（いぬごし）を設けるなどの対応をしています。

しかし、医療施設の場合、子供から老人まで、また、健常者から障害者までの幅広い利用者を対象としています。特に、一般外来出入口、救急出入口では段差の無いアプローチが要求されます。

そのため、ステンレス板を加工して40cmの可動性が有りながら段差の少ない出入口を作りました。

出入口部分を写真-7搬入口を写真-8に、ディテールを図-4に示します。

また、この建物は仙台以北では初めての免震構造であることから、寒冷地としての対応もしています。

釧路市は、北海道内としては比較的積雪量の少ない所ですが、気温が低いために雪が凍結してしまう可能性があります。

そこで、出入口以外の部分では、通常より高い位置に犬走りを設け、30cm程度の積雪があった場合でも凍結によって免震機能に障害を与えないようにしています。外周部の状況を写真-9に示します。

なお、30cm以上の積雪に対しては、日常の点検において、除雪を行うように定めています。

その他、一般の免震建物同様に免震層への階段は写真-10のように上部構造の動きを阻害しないよう浮かしています。

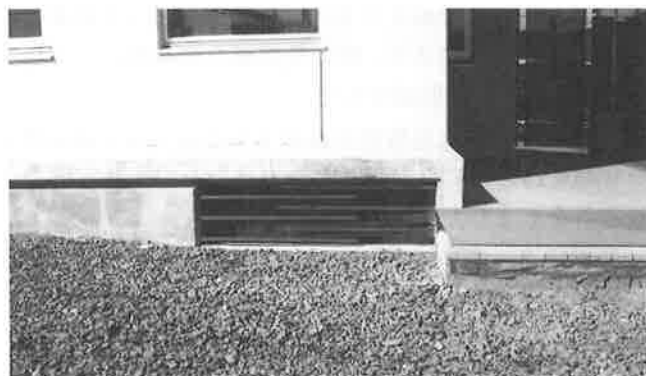


写真-7



写真-8

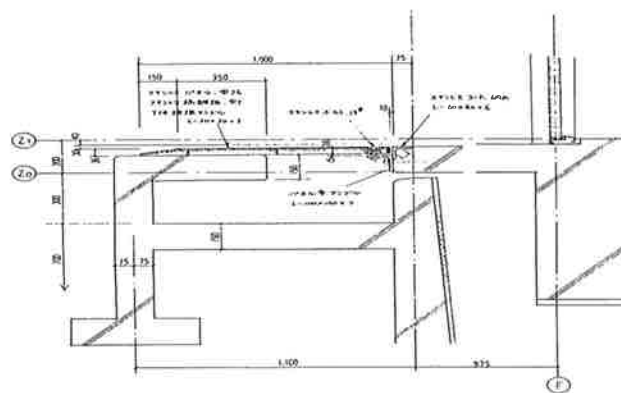


図-4

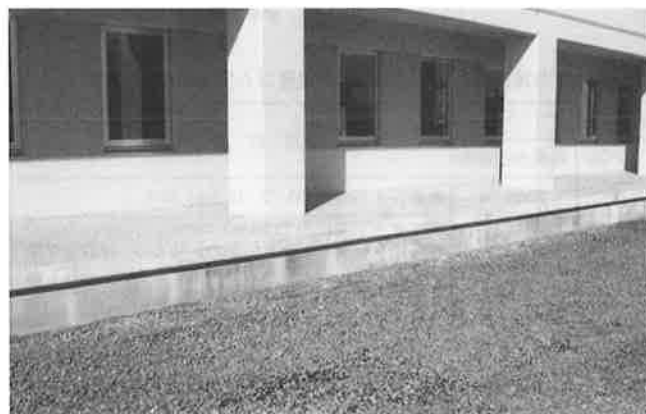


写真-9



写真-10

### 3. 4 給排水設備の免震化と震災時対応

本建物の場合、医療施設であること、サービス部門が別棟になっていることから、一般の免震建物より多くの免震継手を採用しています。

今回採用した免震継手を表-6に、免震継手部の状況を写真-11に示します。

病院のように24時間稼働している場合、免震層における室温は、厳冬期においても上部の室温と外気温との平均程度になると予想されるため、配管類の凍結が発生しにくい状況にあると考えます。

しかし、スプリンクラー配管については、常時は水が停滞しているため、万が一に備えて凍結防止の処置を行っています。

また、阪神淡路大震災では、ライフラインの寸断により維持機能できなかった施設が多くありました。

表-6 継手一覧

管種	口径	SUS製ジョイント	ゴム製ジョイント
給水管	125A		◎
給湯管	25A、50A	◎	
排水管	50A~200A		◎
消化管	100A	◎	
油管	25A、40A	◎	
医療ガス(酸素)管	50A	◎	
温水管	20A	◎	

◎: 採用



写真-11

今回の計画では、上水に関しては井水の利用も検討しましたが、地下水の質が悪いため処理装置に費用がかかること、また、建設地が阪神地域と異なり交通の寸断が発生しにくく、外部の支援を十分期待ができる事から、平常使用時の半日分に当たる15tの受水槽を設置しています。

また、震災時には、周辺地域の被害状況に応じて病院管理部門が病院運営の方法を調整し機能維持に努めることになっています。

### 3. 5 電気設備の免震化と震災時対応

本建物では、受変電設備が別棟内にあるため、低圧幹線の免震処置が必要となりました。

免震処置の状況を写真-12に示します。



写真-12

免震構造の建物では、積層ゴムによって上部構造が電氣的に絶縁されています。そのため高度な医療機器に、微妙な電位差が生じて機能に悪影響を与えないようにするためため、躯体接地を行っています。

同様に、落雷の影響を考慮し、建物高さが20mを越えていませんが、避雷設備を設置しています。

阪神淡路大震災では、電気は1日で約60%、3日で約85%が復旧しています。

しかし、医療機器のほとんどが電気を必要としているため、長時間型の非常用発電機を採用しています。

非常用発電機の原動機には、ラジエタークーラー冷却方式を採用しました。これは阪神淡路大震災の時、冷却水管の破損のため、非常用発電機が機能しない事例が多かったためです。

燃料には、A重油を使用し、暖房・給湯用のボイラーと共用の容量10klの地下式タンクより供給されます。

これにより、震災時は周辺地域の被害状況に応じて機器運転を調整することにより、重要な機能に障害を

与えないようにすることが可能です。

なお、発電機室等のサービス部門が耐震構造の別棟にありますが、設備機器の耐震設計に準じた施工がされていれば、阪神淡路大震災でも障害が無かったことから、問題はないと考えています。

### 3. 6 設計変更から確認申請まで

ハザマとして免震構造の確認申請は、星が浦病院で4件目となります。

設計変更の決定後、病院の設計と同時並行に詳細な地盤調査の実施、地震動の地域特性検討、人工地震波の作成、ディテール等の検討を約1.5か月で行いました。

構造評定は約2か月間の審査を経て完了し、その後、釧路市からの進達より約1か月で大臣認定を取得、確認申請を完了しました。

なお、本来であれば大臣認定取得後、確認申請の受付となりますが、円滑な申請手続きのため、建築指導課のご配慮により、評定終了後すぐに免震構造以外の部分について、審査を開始して頂けました。

結局、計画変更から確認申請まで約4.5か月で完了できました。

## 4. 施工概要

免震部材の取付は、水平誤差 $\pm 2.5\text{mm}$ 水平の傾き1/500以内の精度を確保するため、写真-13にあるようなアンカーフレームを組み、積層ゴムフランジを支える底板をセットしました。

また、底板と下部のフーチングを密着させるため、底板の下約60mmのところをコンクリート天端とし、レイタンスの除去を行った後、無収縮モルタルを充填しました。(写真-14・15)

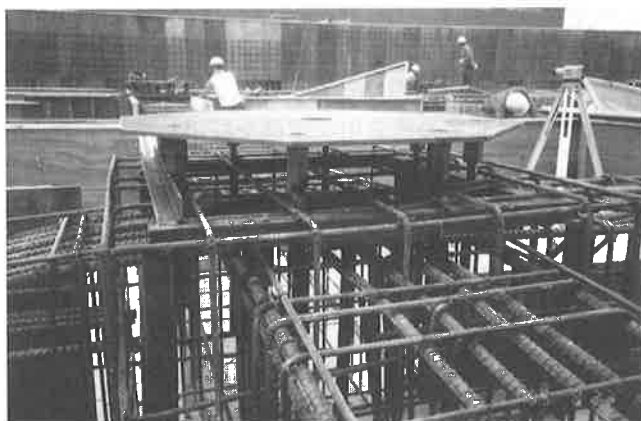


写真-13



写真-14



写真-15

その他、外部足場撤去完了まで施工中に発生する地震や台風により上部構造が水平変位して足場等に変形を与えないよう、擁壁と上部躯体との間にサポートを入れました。

サポートの状況を写真-16に示します。

施工中2回の震度3の地震がありましたが、躯体・仮設共にも支障は発生しませんでした。



写真-16



### 5. 維持管理概要

免震構造の場合、その免震機能を維持させるため、維持管理契約を締結し、その中の維持管理計画（表一七）に従い、常時点検、定期点検、臨時点検を実施するようになっています。

なお、本建物では建物の性能を確認するため地震計を設置し、電話回線を利用し茨城県つくば市にあるハザマ技術研究所で常時モニターできるようにしてあります。

また、日常の管理も重要であるため、病院関係者には免震構造をご理解して頂くよう免震装置設置時期に現場で説明会を実施したり、免震層への出入口付近に免震構造建物に関する注意事項をまとめた掲示物を設置して啓蒙に努めています。

表一七 維持管理計画

点検名	実施時期	実施者	点検項目
常時点検	年2回以上	(株)田中組	<ul style="list-style-type: none"> <li>●装置周辺の可燃物の有無</li> <li>●装置周辺および外部とのエキスパンション部の障害物の有無*</li> <li>●建物内外の接続部における設備の変更</li> <li>●ゴムの表面損傷</li> <li>●鉄部の防錆</li> </ul>
定期点検	建物完成後 1、2、5 10、20、30年 目以降 15年目毎	(株)田中組 及び (株)間組** 建築統括本部 または 技術研究所	高減衰積層ゴム <ul style="list-style-type: none"> <li>●ゴムの表面損傷</li> <li>●水平変位</li> <li>●鉛直変位</li> <li>●鉄部の防錆</li> <li>●水平(等価)剛性</li> <li>●鉄部の防錆</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>●装置周辺の可燃物の有無</li> <li>●装置周辺および外部とのエキスパンション部の障害物の有無</li> <li>●建物内外の接続部における設備の変更</li> </ul>
臨時点検	大地震後*1 強風後*2	同上	高減衰積層ゴム <ul style="list-style-type: none"> <li>●ゴムの表面損傷</li> <li>●水平変位</li> <li>●鉛直変位</li> <li>●鉄部の防錆</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>●装置周辺の可燃物の有無</li> <li>●装置周辺および外部とのエキスパンション部の障害物の有無</li> <li>●建物内外の接続部における設備の変更</li> </ul>
	火災後 冠水後	同上	●定期点検時と同じ

\*1 気象庁震度階V以上(最寄りの気象台発表による)  
 \*2 気象庁発表の瞬間最大風速40m/s以上上(最寄りの気象台発表による)  
 \*3 30cm以上の積雪があり、外部とのエキスパンション部に障害が発生したときは除雪を行う。  
 \*4 間組は田中組に対して技術協力をを行う。

### 6. おわりに

日本初の免震病院の設計から監理までを担当し、従来の免震構造にはなかった問題を解決しながら計画を進めていきました。

特に、病院のような公共性の高い施設の場合、防災拠点としての役割をどの程度まで負わせるかということが課題になりました。

星が浦病院の場合、医療法人孝仁会理事長 齋藤孝次 医院長の英断により、免震病院の建設となりましたが、当初の事業計画上の建設コストを15%も上回る結果となりました。

これは、免震構造の機構だけではなく、防災拠点としての機能を発揮するために通常より余裕のある装備をしたためです。

今後、多くの医療施設で免震構造の計画があると予想されますが、こうした免震建物を防災拠点とするためには多くの公的な助成が必要であり、またそれがあって然るべきことだと考えます。

そして、地域の防災計画の中にこうした免震病院等が防災拠点となり、防災都市が誕生することを希望します。

最後に、今回の計画の実施に当たり絶大なるご協力を頂いた多くの方々に、この場をお借りして深く感謝申し上げます。