

国際医療福祉大学附属熱海病院

大林組
橋本康則



同
故 勘坂幸弘

同
田畑博章



1. はじめに

本建物は、静岡県熱海市の海岸に面する急峻な傾斜地に計画された地上10層、塔屋1層の免震構造の総合病院である（図1）。建設地は東海地震の指定区域であり、病院を利用する入院者や患者に向け、安全性の高い免震構造を採用した。一方、傾斜地盤の状況から大きな片土圧を受けるため、建築空間の確保を目的とした架構形式および擁壁などの構造計画が重要となる。上部建物を免震構造とし、擁壁背面に斜め型永久アンカーを用い、建物を土圧から開放し有効な内部空間を確保した設計事例である。

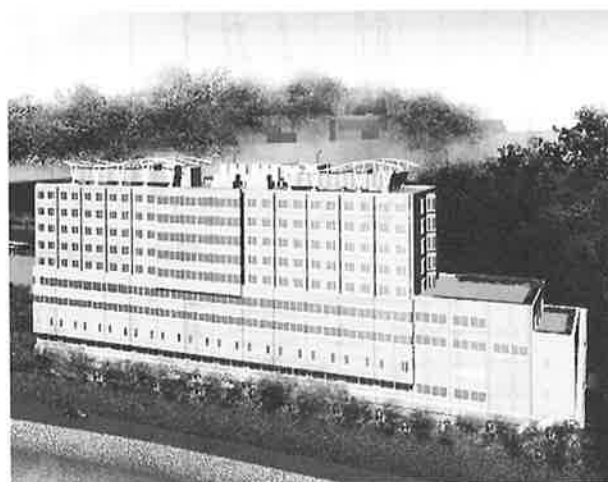


図1 建物パース

2. 建物概要

- 建築主 : 国際医療福祉大学
- 建設地 : 静岡県熱海市東海岸1-2 他
- 建物用途 : 病院
- 敷地面積 : 26,046.45㎡
- 建築面積 : 3,501.28㎡
- 延床面積 : 23,226.02㎡
- 階数 : 地上8階、塔屋1階、地下2階
- 軒高 : 30.23m (最高高さ: 30.83m)
- 構造形式 : 鉄筋コンクリート造
- 架構形式 : 耐震壁付ラーメン構造
- 基礎形式 : 杭基礎、直接基礎、斜め型永久アンカー
- 設計・施工 : 株式会社 大林組
- 免震装置 : 天然ゴム系積層ゴム、オイルダンパー
摩擦（ブレーキ）ダンパー
引抜き力制御ベースプレート

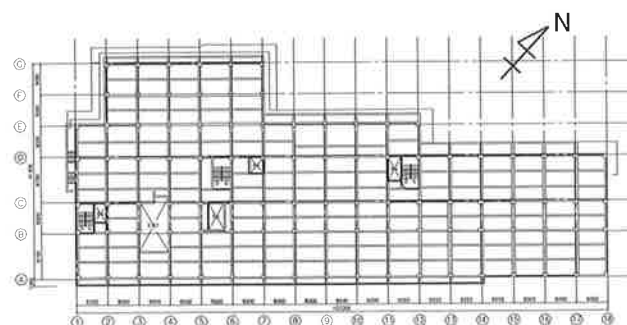


図2 基準階伏図

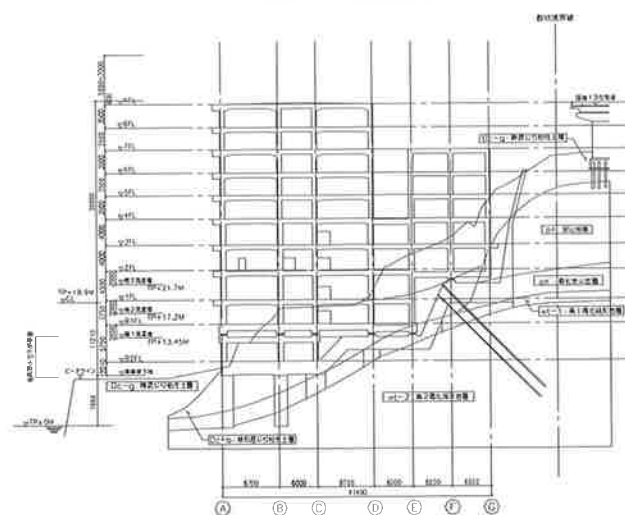


図3 建物断面図 (⑥通り)

3. 構造計画概要

構造形式は、X・Y方向とも鉄筋コンクリート造の耐震壁付きラーメン構造であり、構造規模は長辺方向102.0m、短辺方向41.1mである。図2に示すように平面形状は、北側が雁行しており、4階の基準階より上階で病棟(4階～8階)と宿舎棟(4階～6階)を分離し、二棟構成となっている(図3)。塔状比(構造高さ:40.4m/横:24.3m比)は短辺方向一般部で約1.66である。なお、地震時の検討にあたっては、静岡県地域の地域係数($Z_s=1.2$:静岡県「建築構造設計指針・同解説(1998年版)」)を考慮している。写真1に施工状況写真を示す。

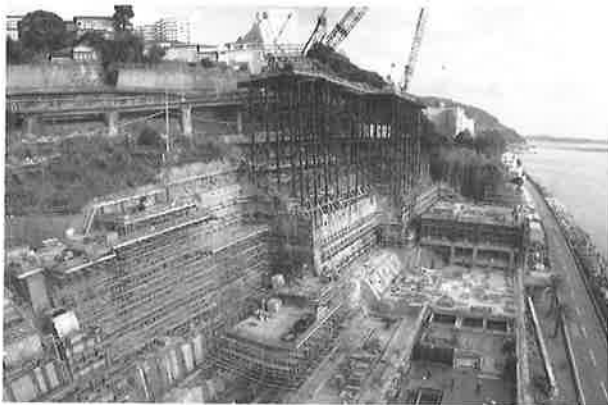


写真1 施工状況(平成16年3月)

基礎は現状地盤の傾斜に合わせ、地下2階床～2階床の下方に設置した。免震層は地下1階床下(第1免震層)、1階床下(第2免震層)および2階床下(第3免震層)の中間層に設置している。基礎形式は、杭基礎と直接基礎の併用とし、斜面から建物に加わる片土圧は斜め型永久アンカーを設置した片持ちの建築擁壁によって支持した。建設地の地層構成は、図4に示すように、地表面から礫混じり粘性土層(Dc-g)、転石層(Dc-b)、安山岩層(an)、風化安山岩層(an')、第1風化凝灰岩層(wt-1)、第2風化凝灰岩層(wt-2)と続いている。地盤調査の結果、各地層は地表面の傾斜とほぼ同様に傾斜している。なお、PS検層結果によると、基礎底の一部が接する転石層(Dc-b)と第1風化凝灰岩層(wt-1)のS波速度 V_s は400m/sec以上あることから工学的基盤並みの地層と考え、地震動の増幅はないと判断した。

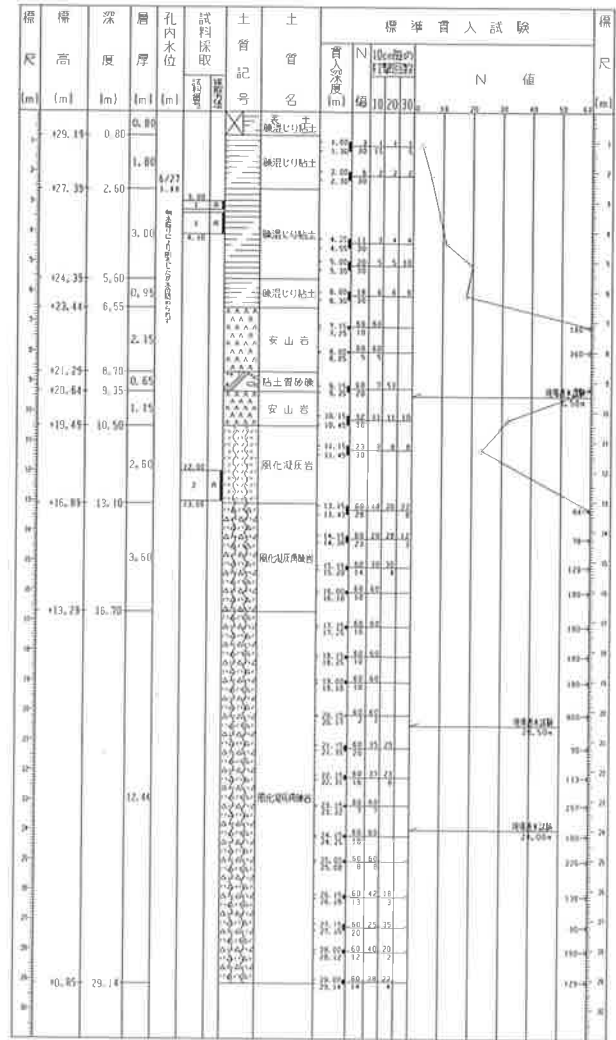


図4 地質柱状図

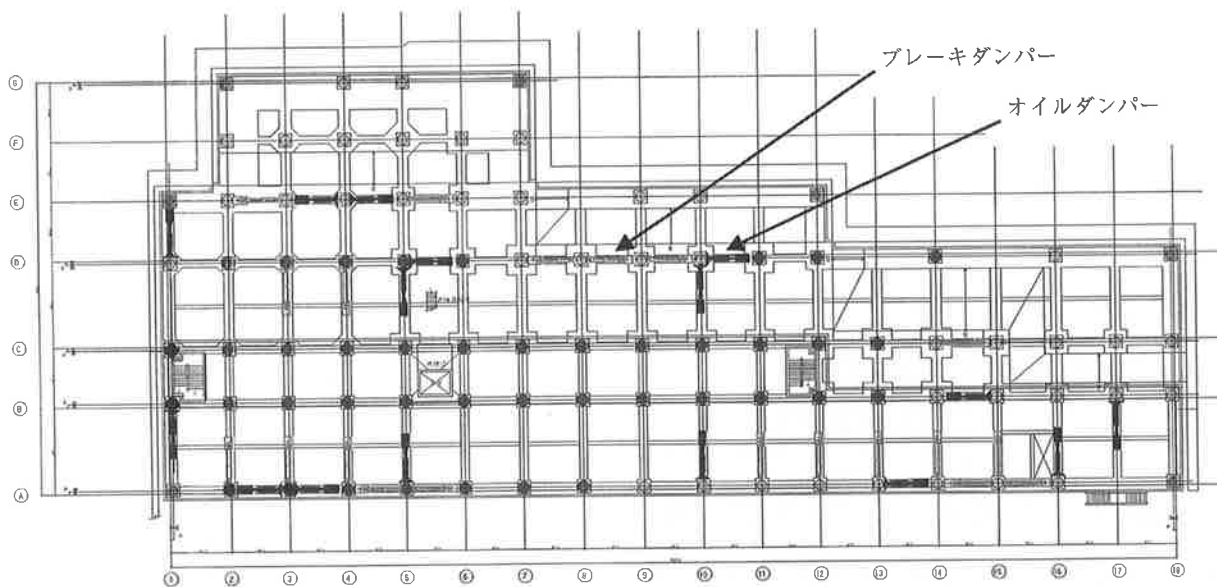
4. 免震構造の計画概要

免震層は高さ2m、免震側の地下1階～8階と、非免震側である地下2階との間に設置し、耐火目地により区画している。1、3階において外部と接する部分は、エキスパンション・ジョイントを設け建物と地盤の縁を切っている。免震装置の配置を図5に示す。免震装置は天然ゴム系積層ゴムと粘性系ダンパー(以下オイルダンパー:写真2)及び摩擦系ダンパー(免震用摩擦ダンパー:以下ブレーキダンパー:写真3、図6)を採用した。また引抜き力制御ベースプレートを地震時の引抜き力の影響のある隅角部7箇所(積層ゴム直下に配置した。引抜き力制御ベースプレートは、レベル2を越える地震に対して、その効果を発揮するように設計している。

天然ゴム系積層ゴムは、G3.5、G4.0(せん断弾性率 $0.34\text{N}/\text{mm}^2$ 、 $0.39\text{N}/\text{mm}^2$)のゴムを使用し、柱直下に配置した。直径900mmを4台、800mmを37台、

700mmを47台(引抜き力制御ベースプレート付き7台を含む)の計88台とした。オイルダンパー(最大減衰力980kN)は、X・Y各方向8台、計16台を、ブレーキダンパー(最大減衰力1000kN、すべり荷重825kN)は、X・Y各方向10台、計20台を第1免震層に配置す

る。オイルダンパー及びブレーキダンパーは、地震力に対して減衰性能を発揮する。またブレーキダンパーは、稀に発生する風圧力(再現期間50年)の最大風荷重に対して、滑らないように設計している。



- ▶ はオイルダンパー 8台×2(X・Y方向)=16台
- はブレーキダンパー10台×2(X・Y方向)=20台
- R1 $\phi 900$ (G=0.39) × 4台
- R2 $\phi 800$ (G=0.34) × 37台
- R3 $\phi 700$ (G=0.34) × 40台
- R3A $\phi 700$ (引抜き力制御BLP) × 7台

合計 88台

図5 免震装置配置図



写真2 オイルダンパー

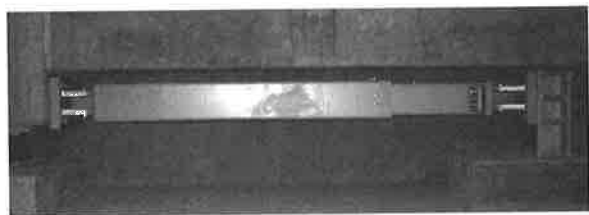


写真3 ブレーキダンパー

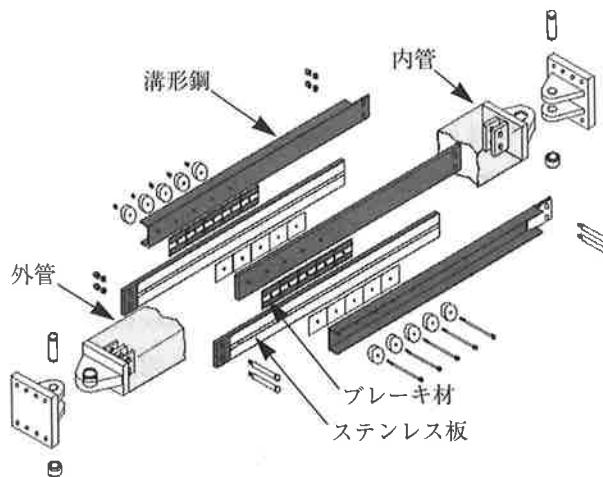


図6 ブレーキダンパー構成図

5. 擁壁背面地盤の入力地震動の影響

本建物下の地盤は、山側から海に向かって各地層が傾斜しており、擁壁背面地盤による基礎への入力地震動の影響が想定された。このため不整形な地盤形状をもつ本敷地の地盤応答解析を行い、擁壁背面地盤によって地震時に作用する土圧、および基礎（地下）構造に用いる設計用震度の妥当性について検討した。検討方法は、まず基礎および不整形地盤を2次元FEMによりモデル化（図7）し、次に告示スペクトルと神戸NS位相より作成した水平・上下入力波（レベル2）をモデル底面の粘性境界より個々に入力する地震応答解析を行い、水平成分と上下成分を算出した。解析結果より地震時の基礎および地下構造に用いる地震時（レベル2）慣性力の水平震度を $K=0.35$ と設定した。

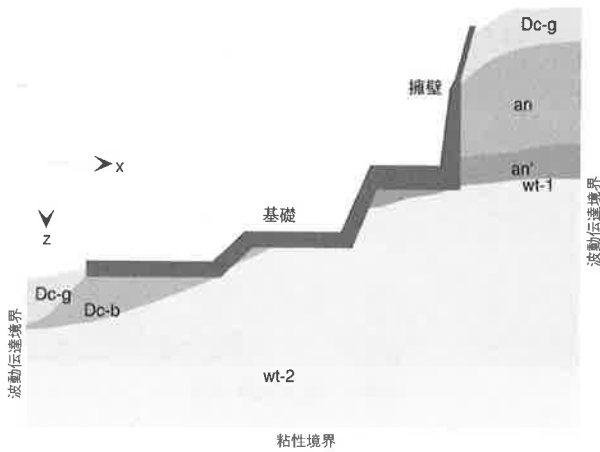


図7 地盤の解析モデル

6. 地震応答解析

地下2階および基礎構造は一体とみなし、免震層直下の位置で固定とした上部構造+免震装置系にて検討を行った。また免震装置の設置レベルは、3層に渡り広がっているが、剛強な基礎構造で一体化されているため、各層の免震装置に入力される地震動も同一とみなしモデル化した。図8に解析モデルを示す。基本振動系は、X・Y方向共、病棟部分の10質点系の等価せん断モデルと4階床を連結ダイヤフラムとした宿舎棟部分の3質点を付加した分岐モデル（13質点）を用いて、時刻歴応答解析を行った。積層ゴム下に設置している引抜き力制御ベースプレートの特性は、地震時（レベル1,2）においては考慮せず、終局状態時に考慮した。表1に地震時の建物の目標性能を示す。

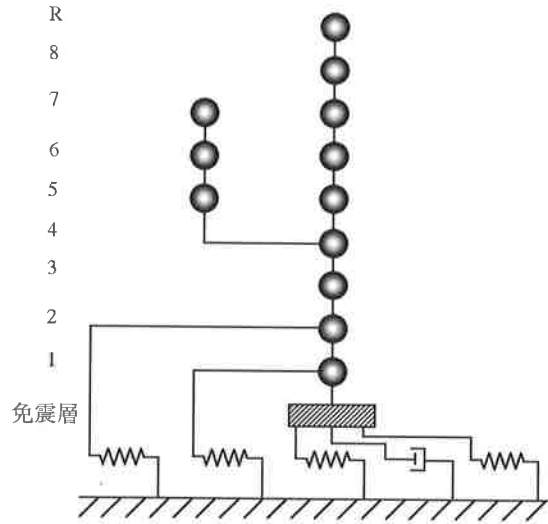


図8 解析モデル

表1 目標性能

		目標性能	耐震クライテリア
		極めて稀に発生する地震	極めて稀に発生する地震
上部架構		短期許容応力度以下	層間変形角 1/200以下
免震層	免震装置	安定変形以内	せん断ひずみ 300%以下
	外周クリアランス	衝突しない	応答変位 55cm以下

表2 解析地震波の諸元

類	地震動波形	極めて稀に発生する地震動のレベル			解析時間 (s)
		最大速度 (m/s)	最大加速度 (m/s ²)	R_v, R_D	
告示適合波	告示波 (神戸)	0.57	3.47	0.81, 1.17	80.0
	告示波 (八戸)	0.50	3.32	0.58, 0.84	80.0
	告示波 (ランダム)	0.60	3.46	0.76, 1.10	80.0
観測波	EL CENTRO 1940 NS	0.60	6.13	0.60, 0.90	53.8
	TAFT 1952 EW	0.60	5.96	0.70, 1.08	54.4
	HACHINOHE 1968 NS	0.60	3.96	0.68, 1.02	36.0

$R_v = V_{40} / V_0, R_D = D_{40} / D_0$ 、実効周期3.29秒

入力地震動は、建設省告示1461号に規定されているスペクトルより作成した告示波3波と観測地震波3波とした。解析に用いた各地震波の諸元を表2に示す。解析結果(レベル2)の最大応答変位を図9、最大応答加速度を図10に示す。上部構造は採用した全地震波に対して、免震層の標準状態での最大応答変形は28.7cm、病室階での最大応答加速度は概ね200gal以下となっており、十分に目標性能を満たす結果となった。尚、上下動についてはレベル2時の水平動による面圧に0.3Gの上下動成分を考慮したが、すべての支点において引抜きは発生しなかった。

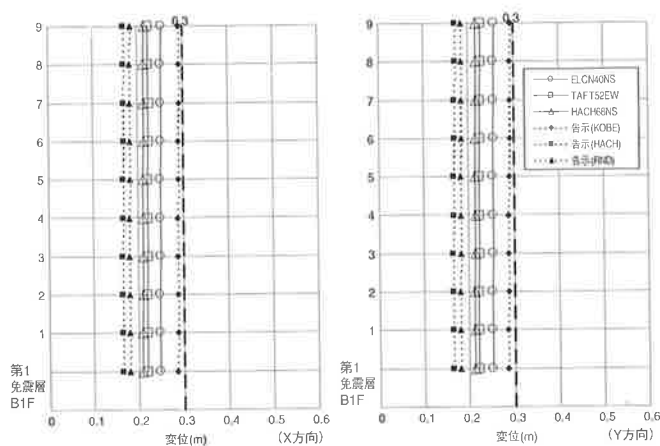


図9 最大応答変位(レベル2)

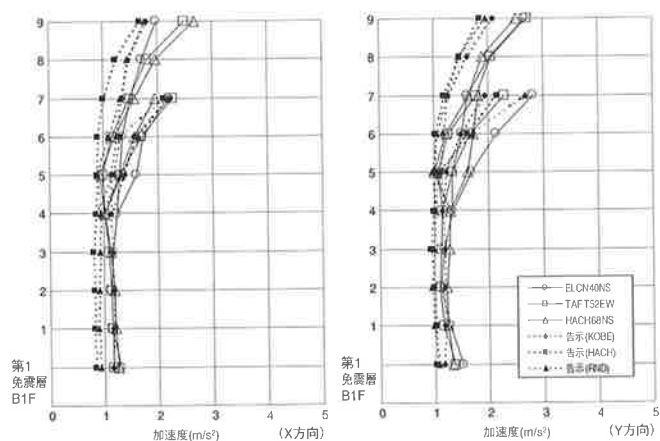


図10 最大応答加速度(レベル2)

7. 引抜き力制御ベースプレート

大地震に対し、積層ゴムに加わる引抜き力を制御することを目的に、アンカーボルト部に皿バネを配置した引抜き力制御ベースプレートを設置した。終局状態(レベル2の1.25倍:0.75m/s)における引抜き力制御ベースプレートを考慮した解析結果では、

最小面圧は -0.28N/mm^2 、一般部分では -0.27N/mm^2 である。引抜き制御ベースプレートを考慮しない場合は、最小面圧 -1.99N/mm^2 と積層ゴムの引張限界強度を超える値を示した。引抜き力制御ベースプレートを用いることにより、設計クライテリアである面圧 -0.6N/mm^2 以下となることが解析的に確認できた。写真4に実大の装置を用いた試験状況を示す。また図11に試験結果(荷重-鉛直変位関係)および $\phi 700$ 積層ゴムを取付けた状態における引抜き力制御ベースプレートの性能特性(設計値)を示す。試験結果は引張力が短期許容引張面圧以内では、概ね設計値と一致することが確認できた。



写真4 実大試験状況

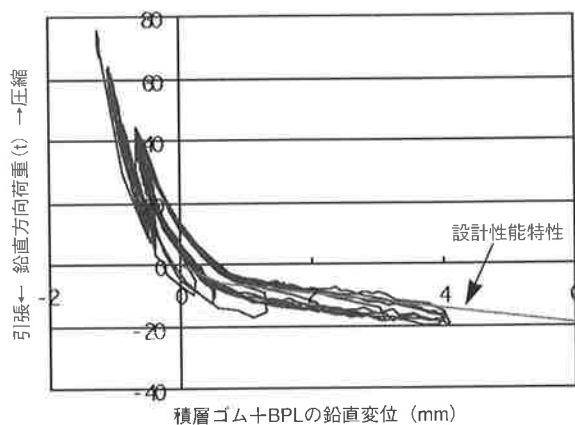


図11 試験結果

8. おわりに

本稿では、中間層に免震装置を設けた傾斜地に建つ総合病院の設計例を示した。

最後に、本建物の設計および施工に当り、多大なご協力をいただいている国際医療福祉大学附属熱海病院の関係者の方々に感謝の意を表します。