

新苫小牧市立総合病院



嵐山 正樹
久米設計 構造設計部



依田 博基
同



大久保 孝雄
同



木村 正豪
同

1 はじめに

本病院は、苫小牧市のほぼ中央にある緑豊かな公園の中に計画された総合病院である(図1)。

苫小牧市を含む北海道南部の沿岸地域は、十勝沖地震や釧路沖地震など太平洋海域で発生する地震によって揺れの被害を蒙る地域であり、2003年の十勝沖地震では石油タンクの炎上事故で長周期地震が取り上げられたことは記憶に新しい。

本病院は、このような地震災害時においても医療活動を継続維持できる安全性の高い病院施設を目指している。



■図1 鳥瞰パース

2 建築計画概要

施設は低層部に診察などの検査部門を、高層階に病室を配置する計画としている。低層部の検査部門は、医療技術の変化にも対応できるようPCaPC造によるフレキシビリティのある大空間架構として計画している(図2、図4)。

【建物概要】

所在地：北海道苫小牧市

建物用途：総合病院

敷地面積：43,003m²

延床面積：28,604m²

建物高さ：34.40m

階数：地上6階、塔屋1階、地下なし

設計：(株)久米設計

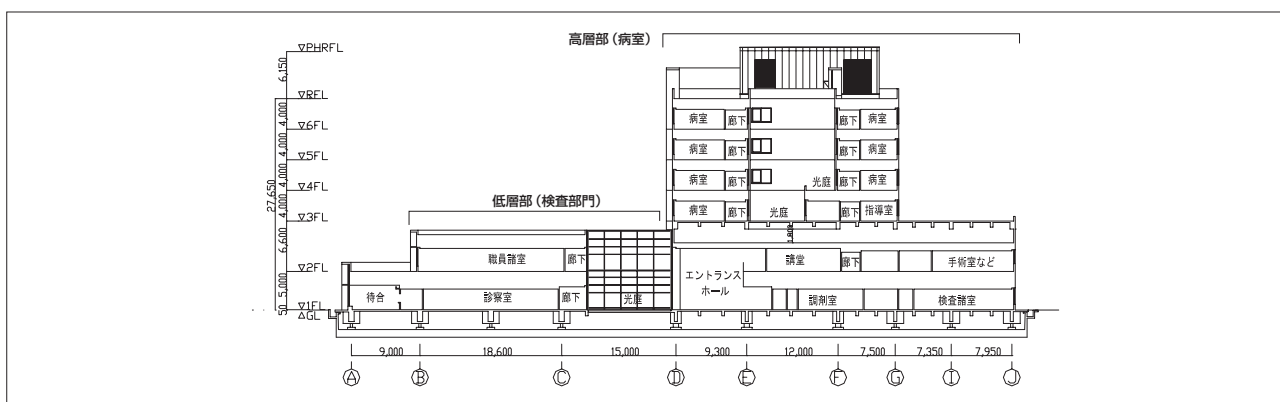
施工：A工区 大林・菱中・丸彦渡辺・前田・岩田JV

B工区 鹿島・岩倉・東急・伊藤・国策JV

構造種別：高層部／SRC造、低層部／PCaPC造

基礎形式：杭基礎／頭部鋼管巻き場所打ちコンクリート杭(拡底アースドリル工法)

免震装置：積層ゴム支承／鉛入り積層ゴム(G4)、天然ゴム系積層ゴム(G4)



■図2 南北断面図

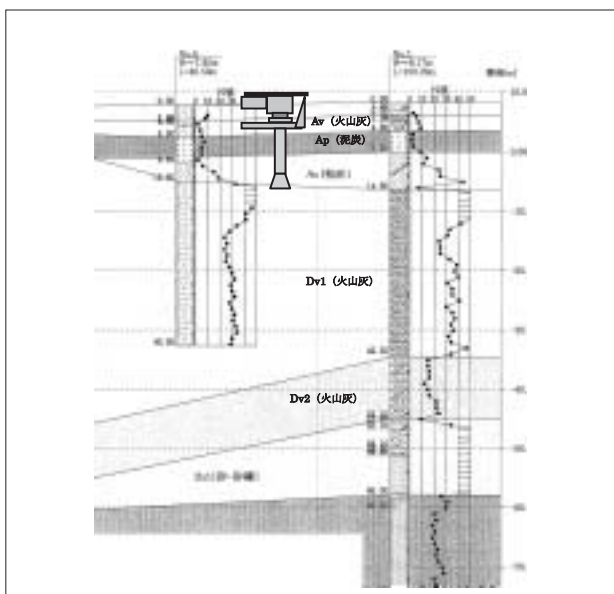
すべり支承／十字型直動転がり支承
減衰部材／U型鋼製ダンパー、オイルダンパー

3 構造計画概要

3.1 地盤概要

敷地地盤は沖積世および洪積世の火山灰土層から成っており、所々に泥炭や砂質土を挟んでいる。(図3)

工学的基盤は、地盤の弾性波速度 V_s が安定して $V_s \geq 400\text{m/sec}$ となるGL-85m以深の砂質土層とした。地盤の液状化については、GL-9m付近に分布する砂質土で可能性があると推定された。



■図3 地層断面図

3.2 基礎構造

基礎は設計GL-15m付近に分布するN値50以上の火山灰砂質土層を支持層とする杭基礎とし、杭種別は、一部液状化が起こる可能性のある地盤であることから鋼管巻き場所打ちコンクリート杭としている。

免震ピットの基礎は、地下水位や経済性の観点から、床付面レベルを浅くするために厚さ1,000mmのマットスラブ工法を計画した。(図4)

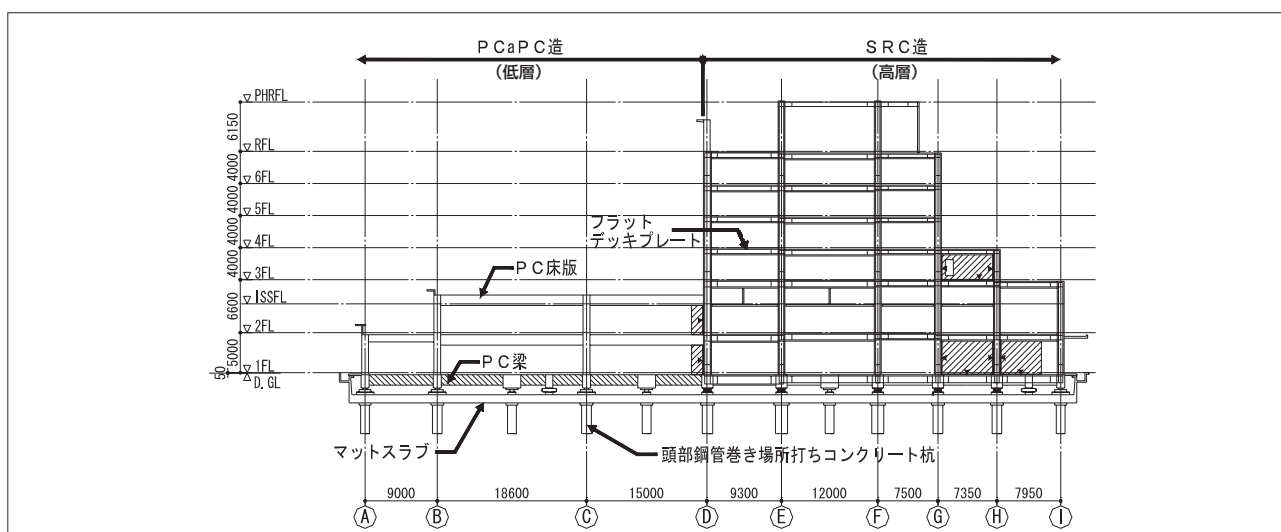
3.3 上部構造／SRC+PCaPC造

検査部門となる低層部は、将来のレイアウト変更に対応可能なスパン18.6mの大スパン架構とし、耐久性、塩害対策、振動対策に効果のあるプレキャストプレストレストコンクリート(PCaPC)造とし、組立工法は圧着工法を採用した。また、免震層直上となる1階床梁は、現場緊張によるプレストレストコンクリート(PC)造とし、高層部は全層、鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造とした混合構造とした。(図4)

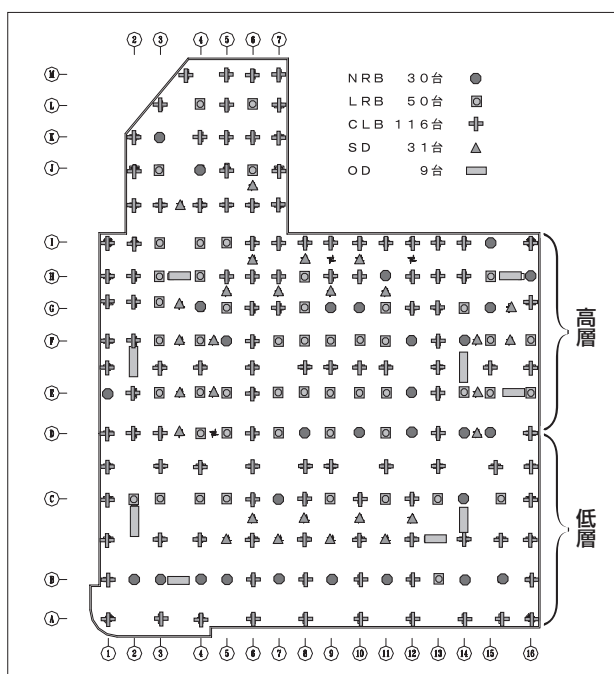
床面積の広い低層部の床版は、ハーフリブ付PC床版とし、架構の合理化と冬季1月～3月にコンクリート打設工事ができない地域事情に配慮した計画としている。

3.4 免震部材／組合せ・配置計画

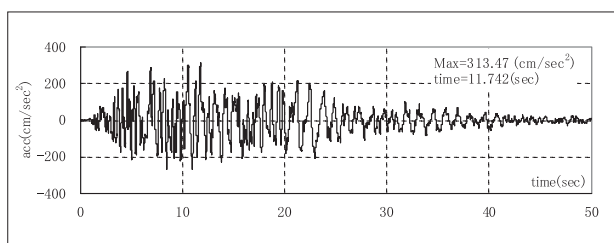
免震部材は、積層ゴム支承に減衰部材とすべり支承を組合せて使用し、約3%の適度な減衰力を持たせながら免震システムの長周期化を図っている。



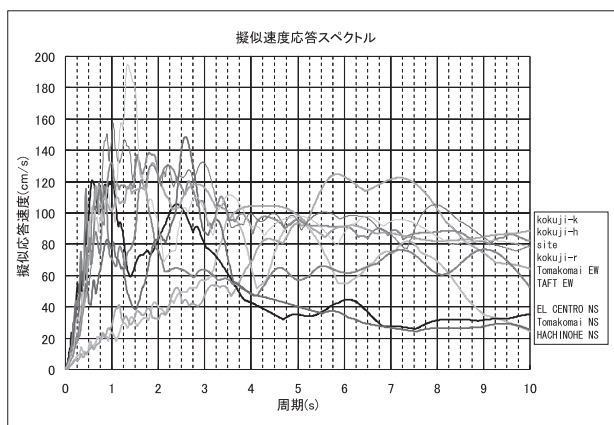
■図4 構造概念図



■図5 免震部材の配置



■図6 サイト波(マットスラブ表面中心位置)



■図7 設計用入力地震動擬似速度応答スペクトル

積層ゴム支承は、鉛入り積層ゴム(LRB)50基、天然ゴム系積層ゴム(NRB)30基で構成し、すべり支承には長周期化とばらつきを抑える目的で、摩擦抵抗の極めて小さい十字型直動転がり支承(CLB)116基を採用した。CLBは高層部の隅角部の支点の浮上りの防止にも利用している。

減衰部材は、LRBの鉛プラグのほかにU型鋼製ダンパー(SD)31基、オイルダンパー(OD)9基を併用し、免震システムとして長周期化を図りながらも適量の減衰量を確保している。(図5)

免震層のクリアランスは、免震部材の終局限界変形(400%)から650mmとした。

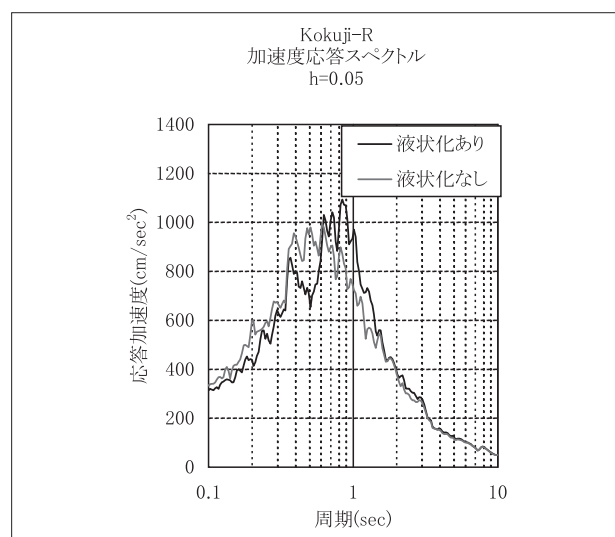
4 耐震性能目標

耐震性能目標は表1のとおりとしている。

5 時刻歴応答解析

5.1 設計用入力地震波

設計用入力地震波は観測波3波、告示波3波の計6波とした。表層地盤の増幅特性は、表層砂質土の液状化の可能性を考慮してマットスラブ、杭をモデル化した2次元FEM地盤モデルによる有効応力解



■図8 加速度応答スペクトル

■表1 耐震性能目標

入力地震動	性能目標			
	上部構造	免震層	下部構造	応答加速度
稀に発生する地震動	短期許容応力度 以内	安定変形 (125%) 以内	短期許容応力度 以内	診療階、検査階 (1~2階) 250cm/s² 以下
極めて稀に発生する地震動	層間変形角 1/200 以内	性能保証変形 (250%) 以内		病室階 (3~R階) 300cm/s² 以下

析により評価した。解析に用いる減衰はレーリー減衰としている。また、参考波として「苫小牧市防災アセスメント及び地域防災策定業務報告書」に基づく模擬地震波(サイト波)と苫小牧市役所内で観測された2003年十勝沖地震の地震波についても検証を行なった。(図6、図7)

5.2 振動解析モデル

振動解析モデルは、上部構造の復元力特性を修正武田モデル(第2勾配までは原点指向型)とした7質点系等価せん断型モデルとし、減衰は、剛性比例型とし、減衰定数を2%としている。

5.3 応答解析結果

極めて稀に発生する地震動に対する応答結果を表2に示す。ばらつきを考慮した全ての項目において設計クライテリアを満足している。

なお、免震層の一次固有周期は、免震部材の変形量 $\gamma = 250\%$ 時で $T1 = 4.3\text{sec}$ である。

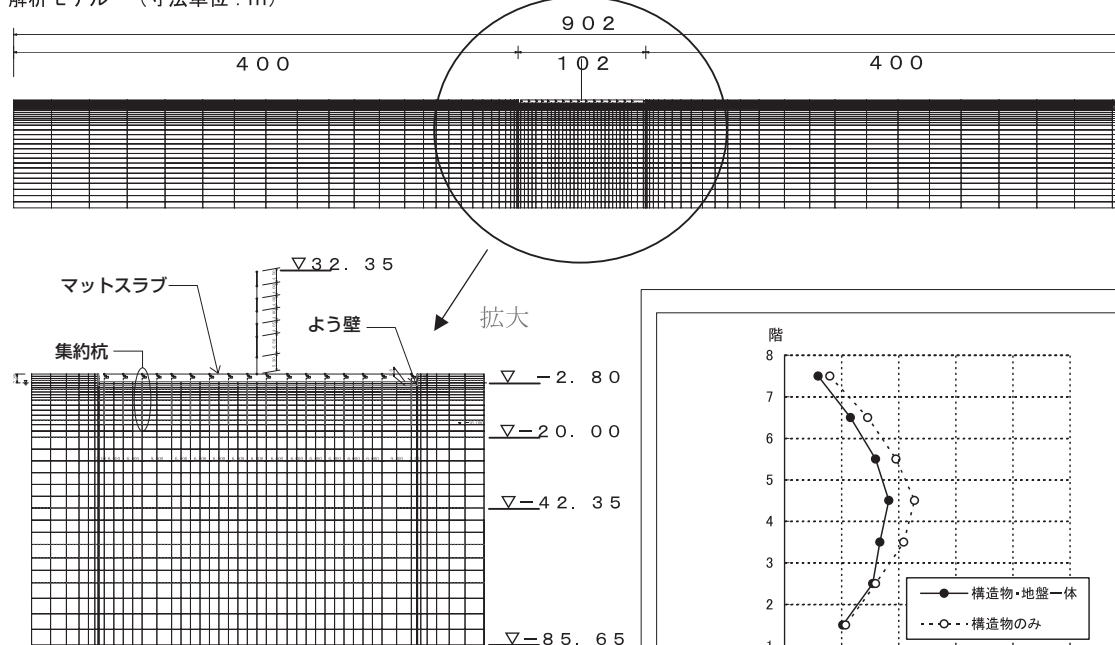
5.4 建物―地盤の動的相互作用解析

地盤振動による免震建物の挙動や杭体に生じる応力を確認するために、建物、マットスラブ、杭および地盤を一体にモデル化した地盤―建物連成モデルで地震応答解析を行い、建物と地盤の相互作用について検討を行った。(図9)

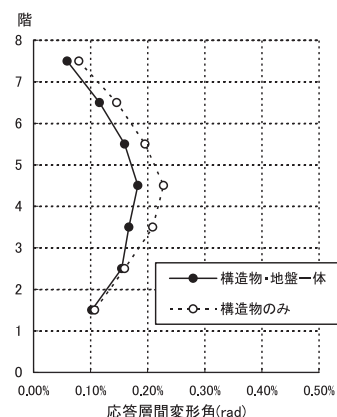
■表2 極めて稀に発生する地震動に対する応答結果

方向	X 方向	Y 方向	45度方向	設計 クライテリア
病室階加速度 (cm/s^2)	216.4 El-Centro NS	276.9 El-Centro NS	244.5 El-Centro NS	300
診療階加速度 (cm/s^2)	130.9 El-Centro NS	135.9 El-Centro NS	135.6 site	250
最大層間変形角	1/409 (4階) site	1/458 (5階) kokuji-k	1/454 (4階) site	1/200
最上階 層せん断力係数	0.284 El-Centro NS	0.320 El-Centro NS	0.281 El-Centro NS	0.500 (設計用)
最下階 層せん断力係数	0.120 kokuji-r	0.137 kokuji-r	0.136 kokuji-r	0.150 (設計用)
免震層変位 (cm)	38.49 kokuji-k	39.43 kokuji-k	39.68 kokuji-k	40.0 ($\gamma = 250\%$)
免震層速度 (cm/s)	83.5 kokuji-k	85.0 kokuji-k	86.1 kokuji-k	—

解析モデル (寸法単位: m)



■図9 建物―地盤の相互作用解析モデル

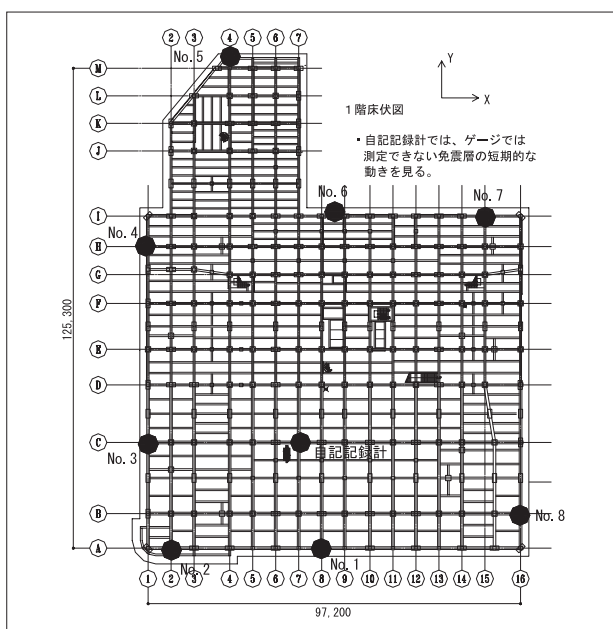


■図10 応答結果(層間変形角: kokuji-r)

地盤振動解析モデルは、2次元のFEM地盤モデルに各階を1つの質点とし、その間をビーム要素で繋いだ建物モデルとしている。検討結果を図10に示す。図中、比較対象とした建物－免震層のみのモデルへの入力地震波は、地盤の有効応力解析で得られた加速度波形(マットスラブ表面中心位置)を用いた。

今回のケースでは、免震層の影響が大きいためか、建物と地盤の相互作用効果は顕著には表れていない。ただし、建物－地盤の相互作用による最大加速度や最大層せん断力の低減効果は、フロアによって違いがあるものの、10%弱～15%程度の低減効果がみられる結果となっている。

なお、設計では安全側の値となるように相互作用解析の結果は使用していない。



■図11 変位計測位置

6 免震層の水平変位の計測

6.1 計測目的

本建物の平面形状は、1辺が約100mと大きいため、コンクリートの乾燥収縮や温度応力による収縮、低層部のPC梁ケーブルの緊張に伴う躯体の収縮(免震層の水平変位)が心配された。そのため、各工事段階において、1階コンクリートスラブ位置で躯体の収縮量を計測した。図11に変位計測ポイントを、表3に各工事段階における実測値を示す。

計測値は、2階フローアのケーブル緊張とコンクリート打設後までは、変動幅が大きく、その後は安定した結果となっている。また、計測値は計算値に比べても小さい値となっていることを確認した。

7 おわりに

新苫小牧市立病院の建設は、2006年6月の竣工に向けて最終段階に入っている。苫小牧市は昨年、今年の2年連続で例年よりも多くの積雪があった。地域性を考慮して選定したPCaPC工法はその効果を発揮し地震災害時にも高い耐震性能を有する中核病院として、予定通りの工期で完成するのは間近である。

最後に、当建設工事でご指導、ご協力頂きました関係者各位にお礼申し上げる。

■表3 計測結果および計算値

(単位: mm)

計測位置	1		2		3		4		5		6		備考
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	初回測定
2	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	地震後(微小地震)
3	0	0	0	0	-1	-1	0	1	0	0	-2	0	1A-2コン打設完了 A, B通りPS緊張完了
4	0	-1	0	-2	0	-2	-1	1	1	0	-2	0	Y方向通りPS緊張完了
5	0	-1	2	-1	0	-2	-1	0	1	1	-3	-2	2A-2コン打設完了
6	0	1	3	4	0	-3	0	1	1	1	-1	1	2RFLコン打設完了 PC2F梁スラブ完了時
7	-1	1	3	4	0	2	1	0	1	1	-1	0	免震固定解除
8	0	1	3	4	0	-2	0	1	1	1	-2	0	3FLラインコン打設完了
9	-2	0	4	2	-1	2	0	1	1	2	-2	2	4F立上りコン打設完了
10	0	-1	3	3	-1	-1	2	0	2	2	-2	1	5F立上りコン打設完了
11	-1	0	4	3	-1	-2	1	0	2	1	-3	3	8/16地震発生 (苫小牧市震度3)
12	0	-1	3	2	-1	-1	1	0	1	1	-2	1	6F立上りコン打設完了
計算値	0	-5	5	-5	5	0	0	0	0	0	0	0	