

西東京ケアセンター (PCaPC+基礎免震構造)

『大スパン・安全性・コストを融合』

設計 総合 雄建築事務所 川崎義昭
構造 NCU一級建築士事務所 長瀬正樹



1. はじめに

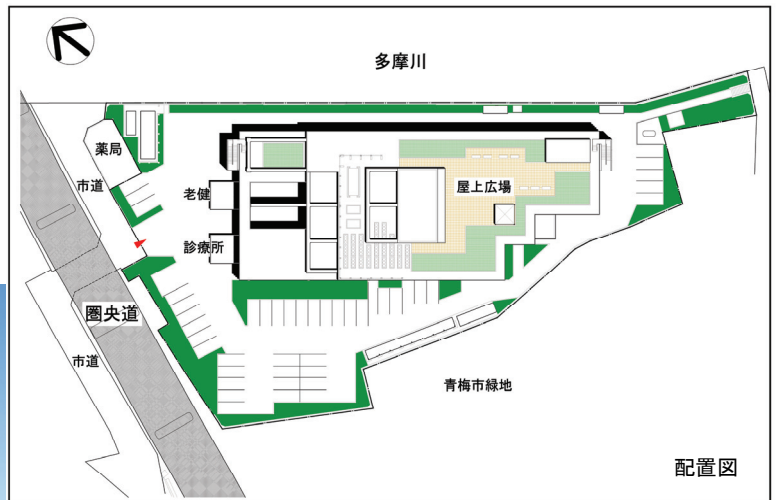
西東京ケアセンターは、介護老人保健施設(入所150名・通所40名)・診療所・居宅介護支援事業所・訪問看護ステーション・託児所等からなる、医療系の複合施設です。

行政や近隣住民の方からは、地域の医療サービス向上や、災害時の防災拠点としても大変期待されています。

敷地は、青梅市の南東、多摩川のほとりに位置し、緑と水辺に接する自然環境豊かな場所です。

河川の幅は大変広く、敷地と水辺までの距離もあり、河原には、自然樹木が茂っています。

また、川の常水面も敷地のレベルとは、8m以上の差が有り、豪雨による増水時も、特に影響は、有りません。(国交省京浜河川事務所多摩川出張所打合せ)しかし、北西側には圏央道高架橋があり、特に夜間の騒音対策は、設計時検討を要しました。



配置図



南東側全景。背面は、圏央道高架橋

2. 設計上特に留意した事項

- (1) 地域の防災拠点として、PCaPC+基礎免震構造(以下**PC免震**)を採用しました。
これにより、施設利用者に対し、**PC免震**による安全な建物という、大きなセールスポイントを持つことになりました。
- (2) 敷地北西側に圏央道高架橋があり、騒音対策として、外壁はあえてコンクリートとし、サッシや換気設備等の遮音性能を上げました。(PC造本来は、外壁:ALC版やパネル、カーテンウォールの方が一般的ですが低音域の遮音が劣る)
- (3) 入所者の居住環境を良くするため、ライトコートを設けました。また生活ゾーンやデイルームを多摩川に面した明るい南側にまとめて配置しました。さらに屋上には広場を設け納涼会や様々な地域交流のイベントに活用できます。
- (4) 将来の間仕切り変更等に対応し、大スパンとともに、内壁(水廻りを除き)は乾式(LGS+ボード)としました。

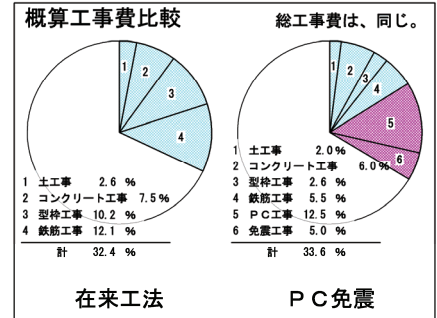
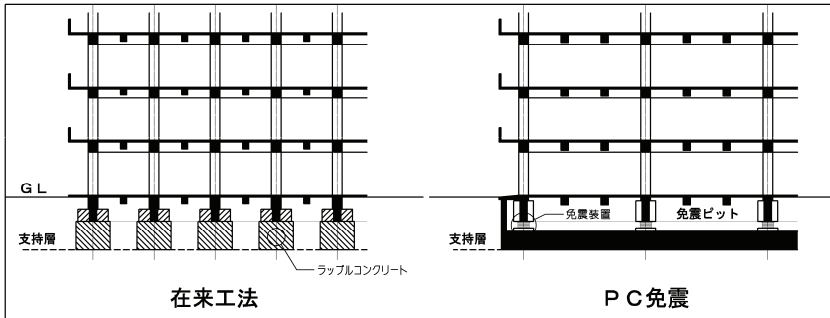
3. 平面・構造計画(PC免震採用の経緯)

当初は、在来RC造(6.2mグリッド)で計画がスタートしましたが、当社で同時期に設計されていた、東京女子体育大学のキャンパスが **PC免震構造** であり、本計画にも採用できるか検討(概算設計)を行いました。

免震装置(アイソレーター)は、最近だいぶ安価になっておりますが、在来RC造では、柱の数が多くなるため、割高になります。PC構造(大スパン)を採用し、柱の数を少なくすることで、アイソレーターを含めたコスト削減になります。(下左図)

概算設計において、在来工法とほとんど変わらないことが、確認でき(下右図) **PC免震構造** を採用し、東京都福祉保健局へ提出済の、開設計画書(補助金申請)を変更し、実施設計へと進みました。

また、大スパンは、将来の施設機能の改変にも、多いに役立つと共に、少い柱に軸力が集中し、免震性能が発揮し易くなります。特に敷地は、立川断層が比較的近くにあり、防災拠点として、建物の耐震性確保の上でも、良い結果であったと思います。



4. PC免震構造 設計上の注意点 (PC免震構造のメリットは、多くありますが、以下意匠設計上気づいた点をいくつか述べたいと思います)

- (1) 通常の確認申請手続の前に、構造の大臣認定取得となるため、設計及び申請に要する期間や費用が多く掛かる。
このため、構造設計は、意匠設計や設備設計と同時にスタートする必要があり、施主にも理解してもらう必要がある。
- (2) 大臣認定を取得しているため、現場での構造を伴う変更は、原則出来ない。(認定取直し)
- (3) PC梁は、設備などの貫通に制約があり、高さ制限のある地区や、区域では階高の設定に注意を要する。
- (4) 本施設のような水廻り(浴室)が多い建物は防水層設置のため、床スラブ(PC梁)のレベル設定に注意を要する。
- (5) 意匠のデザイン、納まりにより PC柱・梁の種類が多くなると、当然コストに影響する。
- (6) 建物周囲に、有る程度の空間が必要。(免震ブリッジ、エキスパンション等可動範囲考慮)
- (7) 免震ピットの防水、排水、換気の検討。 将来的なアイソレーター交換の際の搬入口検討。
- (8) 今回は遮音対策上あえて、外壁を場所打ちコンクリートにしたため、梁下のコンクリート打設には、注意が必要。
(設計では、PC梁にコンクリート打設用の孔 114mm を数ヶ所設けたが、今後の課題)
- (9) PC部材の搬入経路を事前に調査しておく。(搬入できない場合は、分割や梁端PC等の架構を検討)



5. 建築概要

名称	: 西東京ケアセンター
設計	: 総合:(株)雄建築事務所・構造:(有)NCU一級建築士事務所
建築主	: 医療法人社団 久遠会
所在地	: 東京都青梅市友田町三丁目136番地1 準工業60/200
用途	: 介護老人保健施設・診療所・他
施工	: (株)フジタ東京支店
PC工事	: 黒沢建設(株)
建築面積	: 2,090.56 m ²
延べ面積	: 8,271.29 m ²
階数	: 地上6階/地下0階
構造	: PCaPC+基礎免震構造(外壁、床RC造)
基礎	: 直接基礎
最高高さ	: 26.2 m
工期	: 設計:2009.05~2010.10 工事:2010.12~2012.02



6. 構造計画概要

(1) 上部構造の構造計画

本建物の主体構造形式は、上部構造を PCaPC 造とした、基礎免震構造です。

上部構造は、免震構造との組み合わせの良さから PCaPC 造とし X 方向の梁は、その特性を生かし、12～14m のロングスパン構造としています。また、柱梁接合部は、コーベル付きの圧着工法とします。なお、免震装置直上の 1F 梁については、梁せいが充分の確保できるため、両方向ともに現場打ちの鉄筋コンクリート (RC) 造としています。

架構形式は、X 方向、Y 方向ともに純ラーメン構造を採用しています。なお、外壁、および、一部の内壁は RC 壁として計画しており、フレーム内のは 3 方スリット、フレーム外のは水平スリットを設け、剛性に寄与しないようにしました。

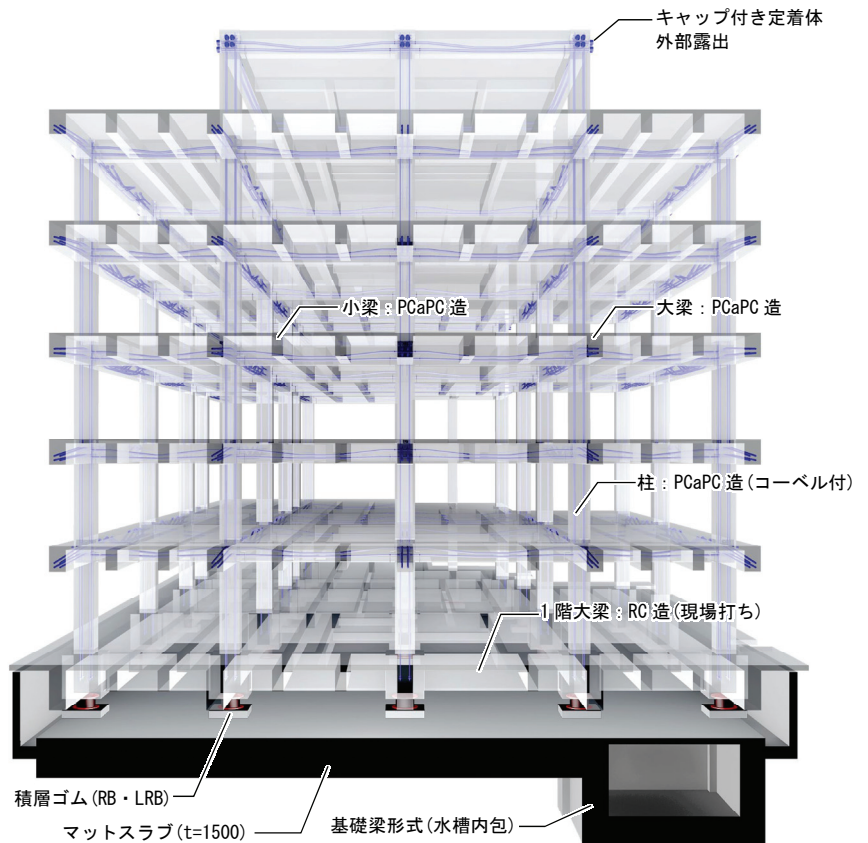


図 6.1 主体構造のイメージ

(2) 免震層の計画

免震層は、支承材として天然ゴム系積層ゴム支承 ($G=0.39$) を 19 基、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承 ($G=0.39$) を 13 基、弾性すべり支承を 1 基使用します。免震材料は、その付加応力による上下階の梁の負担が均等になることを考慮し、外周部に RB を、内部に LRB を配置しました。

免震建物としての性能を発揮させるため、免震材料の接合部の安全性にも留意しました。

(3) 基礎の計画

計画敷地は、GL-4m 以深で N 値 10 程度以上の砂礫層が出現する比較的良好な地盤のため、この層を支持層とする直接基礎 (べた基礎) を採用しました。基礎内に水槽が必要な箇所はピットを内包した基礎梁形式、それ以外の箇所は根切り量抑制のためにマットスラブ形式としました。

なお、地下水位は約 GL-9m、地震時の液状化は起こらないことを確認しています。

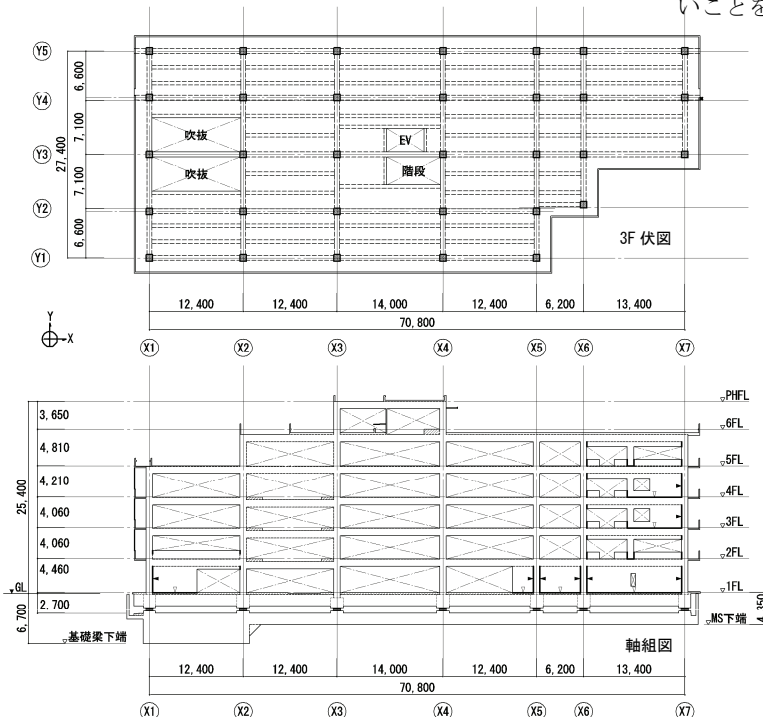


図 6.2 構造基準階 (3F) 伏図・軸組図

表 6.1 主体構造および架構形式

骨組形式	構造種別	PCaPC 構造 (1F・基礎 鉄筋コンクリート造)
構造種別	骨組形式	純ラーメン架構
主 体 構 造	<代表断面>	
	柱:	850 × 850, 650 × 650 (mm)
	梁 (基準階):	650 × 950, 500 × 950 (mm)
	梁 (1階):	650 × 1,500, 500 × 1,500 (mm)
	基礎梁:	1,000 × 4,000, 800 × 4,000 (mm)
	マットスラブ:	t=1,500 (mm)
	<材 料>	
	コンクリート:	現場打ち Fc30, Fc36 (N/mm ²)
	PCa 柱梁 Fc60 (N/mm ²)	
	PCa 小梁 Fc50 (N/mm ²)	
断面・材料	鉄筋:	SD295A (D10~D16), SD345 (D19~D25), SD390 (D29~D35), SD490 (HD32), 785N/mm ² 級高強度せん断補強筋 (梁貫通孔補強材)
PC 鋼棒:	26 φ C種 SBPR1080/1230	
PC 鋼線:	1-12.7 φ, 7-12.7 φ, 8-12.7 φ SNWR7B	
鉄骨:	SS400, STKR400, SN490C	
高力ボルト:	F10T, F8T*3, S10T	
Y インサート:	JL ボルト	
機械式継手:	FD グリップ, フリージョイント, リレージョイント, トップスジョイント, NMB スプラインスリーブ	
柱・はり	柱・はり	PC 梁, PC 柱: プレストレッシング定着工法 RC 梁: 現場打ちコンクリートにて一体成形
接合部	鉄筋継手:	ガス圧接継手, 重ね継手
	梁外端部:	曲げ定着 (RC 梁), 固定端, 緊張端 (PC 梁, PC 柱)
	一般部分:	通し配筋 (RC 梁), 通し配線 (PC 梁, PC 柱)
床形式		在来型枠および捨て型枠としてフラットデッキスラブを用いた現場打ちコンクリートスラブ
非 耐 力 壁	外壁	鉄筋コンクリート造等
	内壁	鉄筋コンクリート造, 乾式間仕切壁等

7. 地盤・入力地震概要

(1) 敷地地盤概要

計画敷地は多摩川流域に発達する河岸段丘に位置し、東側約130m先に多摩川が流れています。また、南側には草加丘陵があり、標高はおおよそ145mです。

地層構成は、上から順に埋土層、林泉寺層、友田層、大荷田層、雷電山ユニットとなっています。林泉寺層、大荷田層は礫が主体となっており、それらの層を支持層としました。また、友田層は表層を除きN値50以上かつVs \geq 400(m/s)であるため、Vs \geq 580(m/s)となるGL-20m付近を工学的基盤面として設定しました。

(2) 設計入力地震動

解析に使用した入力地震動の一覧を表7.1に示します。記録された既往観測波として、EL CENTRO 1940 NS、TAFT 1952 EW、HACHINOHE 1968 NSを、稀に発生する地震動時に25cm/s、極めて稀に発生する地震動時に50cm/sに基準化し採用しています。

模擬地震動は告示波として3波と、近傍の立川断層からの地震動を想定したサイト波1波を採用します。告示波の位相特性は、直下地震動の特性を反映させたものとして乱數位相、JMA-KOBE 1995 NS位相、および、遠距離地震動の特性を反映させたものとしてHACHINOHE 1968 NS位相の3位相を採用します。なお、サイト波は東京湾北部地震および多摩地区の地震も比較したが、最も大きい立川断層による地震を採用しました。

模擬地震動については、表層地盤の増幅特性を考慮するために、工学的基盤面(GL-19.78m)より上部の地盤をモデル化し増幅度特性を評価して作成した地震動を設計用入力地震動とします。

解析結果を図7.3に示します。表層地盤が良好であるため、工学基盤-基礎床付での増幅はあまり見られませんでした。また、サイト波のスペクトルは、周期0.6秒未満および1.2~3秒付近で告示波を上回ることを確認しました。

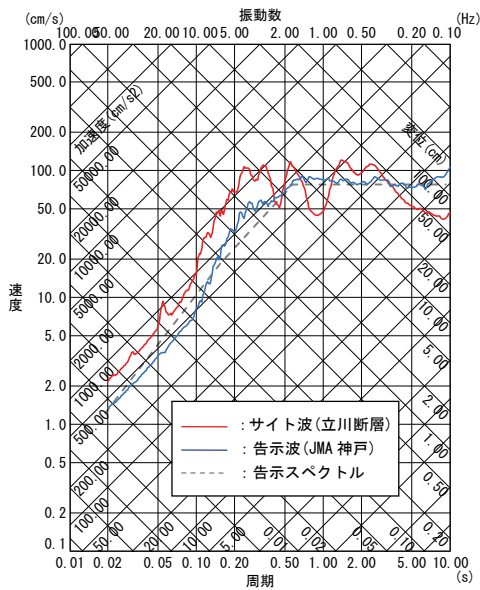


図 7.3 設計波の応答スペクトル(h=5%)

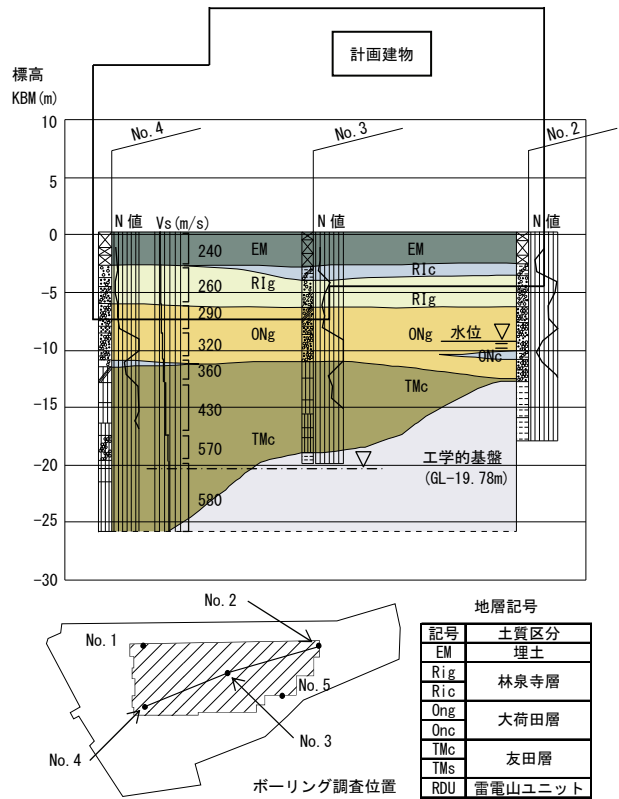


図 7.1 推定地層断面図



図 7.2 想定地震の断層モデル位置
(立川断層帯による地震)

表 7.1 設計用入力地震動

入力地震波 (略記号)	解析時間 (s)	稀に発生する地震動時		極めて稀に発生する地震動時	
		加速度 (cm/s ²)	速度 (cm/s)	加速度 (cm/s ²)	速度 (cm/s)
EL CENTRO 1940 NS (EL CENTRO)	50	255	25	510	50
TAFT 1952 EW (TAFT)	50	248	25	497	50
HACHINOHE 1968 NS (HACHINOHE)	35	165	25	330	50
告示波(八戸位相) (KOK HCH)	119	74	12	402	58
告示波(神戸位相) (KOK JMA)	120	83	12	419	59
告示波(乱數位相) (KOK RAN)	120	69	10	392	49
サイト波(立川断層) (SITE)	120	-	-	688	61

8. 構造設計概要

(1) 上部構造の設計

上部構造の各部材の設計は、静的弾性解析による応力に対しておこないます。

静的線形解析に用いる設計用層せん断力は、予備応答解析により設定した分布形を用い、ベースシアを 0.115 とします。

設計用層せん断力時の応力に対して、各部材が短期許容応力度以下であることを確認します。その際、設計用応力として、免震層に働く P- δ 付加曲げモーメント、および、PC 緊張による不静定曲げ応力を考慮します。

(2) 免震層の設計

免震層の大地震時の等価固有周期は、4 秒程度を目標とします。

積層ゴム支承は、安定した性能を発揮するため、極めて稀に発生する地震動時に性能保証変形以下、かつ、せん断ひずみ 250%以下となるように設計します。

免震層は、中小地震時から大地震時にいたるまで偏心率が 3.0%以下となるようにバランスよく免震材料を配置します。

支承材の面圧検討は、極めて稀に発生する地震動相当時の静的線形解析での支点反力を用いて、地震時の鉛直震度 ± 0.3 を加算しておこないます。

(3) 基礎の設計

地盤の地耐力は、告示式に基づいて算出した数値を安全側に丸め、250kN/m²としています。基礎の設計は、マットスラブ部を板要素、基礎梁部を線材置換とした FEM モデルを用いておこないました。地震時は、免震材料による付加応力を考慮して、各部が許容応力度以下であることを確認しています。

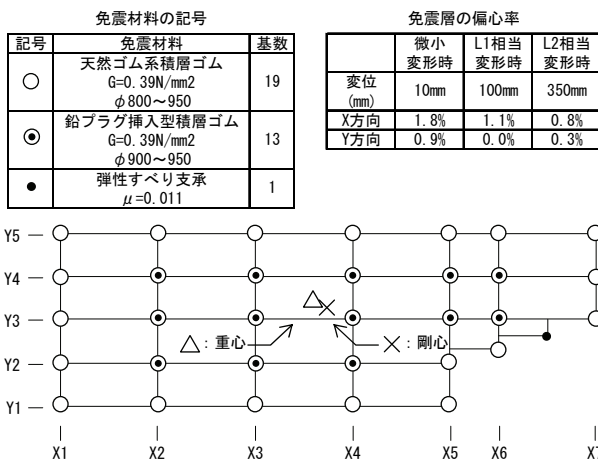
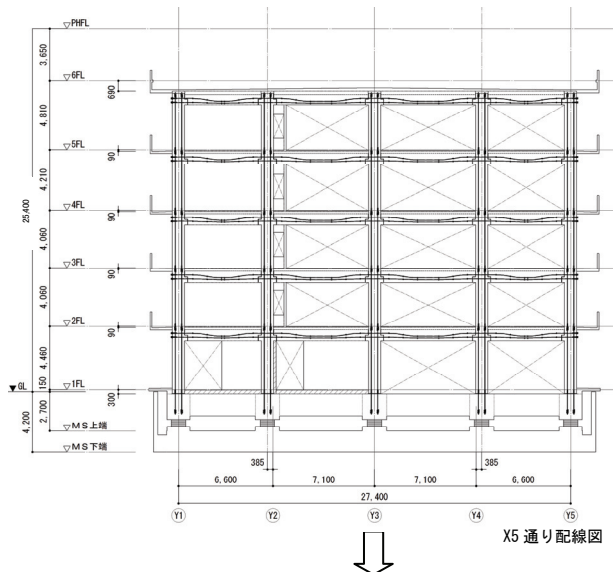


図 8.2 免震材料配置図

表 8.1 耐震設計のクライテリア

荷重及び外力について想定する状態		稀に発生する地震動時 (レベル1地震動時)	極めて稀に発生する地震動時 (レベル2地震動時)
主要構造部に生じる応力・状態 (基礎・免震材料を除く)		短期許容応力度以内	弾性耐力以内
構造上主要な部分の変形		層間変形角 1/500以下 安定限界変形以内 かつ せん断ひずみ200%以内 ($\delta i=400mm$)	層間変形角 1/200以下 性能保証変形以内 かつ せん断ひずみ250%以内 ($\delta i=500mm$)
免震材料の状態	変形 (免震層変形換算)		
	面圧	上限: 基準面圧の2倍 N/mm ² 下限: 引張面圧を生じない	基準面圧の2倍 N/mm ² 積層ゴム支承 -1.0 N/mm ² 以上 弾性すべり支承 引張面圧を生じない
基礎構造に生じる応力・状態		短期許容応力度以内	短期許容応力度以内
免震クリアランス		水平: 600 mm 鉛直: 50 mm	



X5 通り配線図

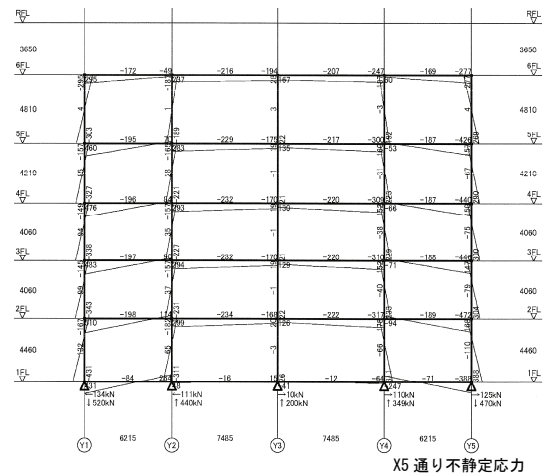


図 8.1 不静定二次応力 (X5 通り: 曲げモーメント kNm)

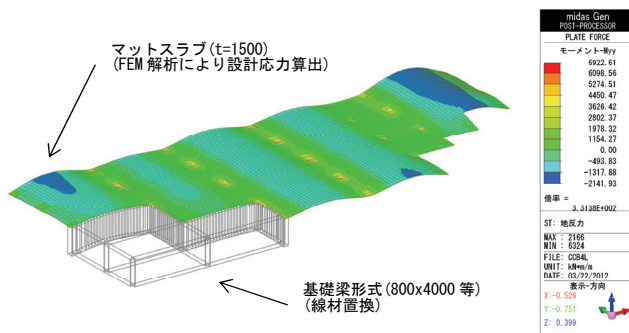


図 8.3 マットスラブ長期荷重時応力図 (単位: kNm X 方向)

9. 地震応答解析概要

(1) 振動解析モデル

振動解析モデルは、基礎梁芯位置を固定（地震動入力位置）とした1層1質点の等価せん断型モデルとします。

上部構造は、荷重増分解析をもとに、トリリニアモデルとした。免震層は、RBを線形、LRBおよび滑り支承をバイリニアでモデル化しました。

免震材料については、製作誤差、環境温度、経年変化などにより特性にばらつきがあるため、標準状態のほかに、ばらつきによる剛性増加側と低下側のモデルを作成し、検討をおこなっています。

(2) 固有周期

積層ゴムの歪レベルに応じた等価剛性を設定した場合の1次固有周期を表9.1に示します。微小変形時は約1.8秒、レベル1地震相当時には約3.2秒であり、レベル2地震相当時に約4秒となっています。

(3) 応答解析結果

レベル2地震動に対する応答解析結果を表9.2に示します。最上階の加速度は最大160(gal)であり、最大層間変形角は約1/1000となりました。ベースシアは剛性増大側で最大となり0.11、免震層変形は剛性低下側で最大となり41(cm)でした。いずれも設計クライテリア内となりました。エネルギー分担率は、LRBが99%を負担していることを確認しました。

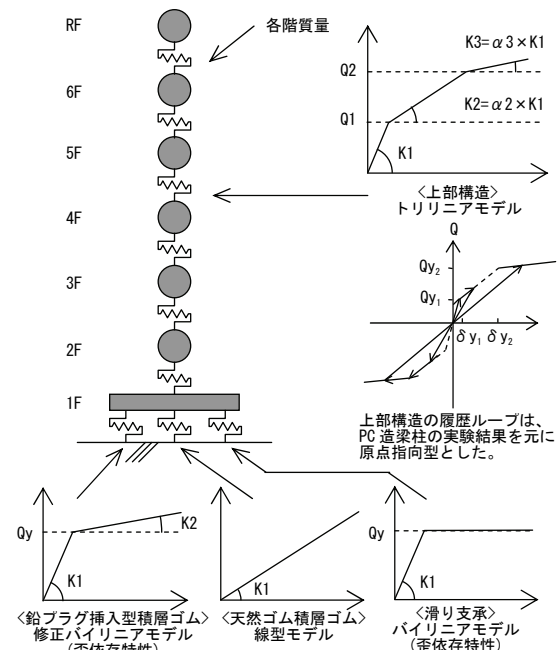


図 9.1 解析モデル

表 9.1 免震層を考慮した1次固有周期

1次固有周期 (sec)	X方向	Y方向	微小変形時 ($\delta i=5\text{mm}$)	$\gamma=50\%$ ($\delta i=100\text{mm}$) レベル1相当	$\gamma=175\%$ ($\delta i=350\text{mm}$) レベル2相当

表 9.2 最大応答値 (レベル2)

	極めて稀に発生する地震動 (標準状態)		極めて稀に発生する地震動 (免震材料ばらつき剛性増加側)		極めて稀に発生する地震動 (免震材料ばらつき剛性低下側)		
	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	
上部構造	最上階床の最大加速度 (cm/sec ²)	140.3 SITE波	120.1 SITE波	159.6 告示波(神戸)	155.1 TAFT	143.2 SITE波	140.9 SITE波
	最大層間変形角	1/1344 告示波(神戸)	1/1596 告示波(神戸)	1/1002 告示波(神戸)	1/1244 SITE波	1/1407 告示波(神戸)	1/1698 告示波(神戸)
	最下階の最大 せん断力係数	0.092 告示波(神戸)	0.092 告示波(神戸)	0.110 告示波(神戸)	0.101 告示波(神戸)	0.087 告示波(神戸)	0.086 告示波(神戸)
	最下階の最大 せん断力 (kN)	14034 告示波(神戸)	14007 告示波(神戸)	16800 告示波(神戸)	15456 告示波(神戸)	13195 告示波(神戸)	13165 告示波(神戸)
	最大転倒モーメント (kN・m)	187310 告示波(神戸)	187480 告示波(神戸)	257020 告示波(神戸)	219830 SITE波	179410 告示波(神戸)	178990 SITE波
	最大層間変形 (cm)	36.6 告示波(神戸)	36.6 告示波(神戸)	30.0 告示波(神戸)	30.2 告示波(神戸)	41.2 告示波(神戸)	41.1 告示波(神戸)
免震層	最大せん断力 (kN)	17125 告示波(神戸)	17110 告示波(神戸)	18805 告示波(神戸)	18902 告示波(神戸)	15981 告示波(神戸)	15953 告示波(神戸)

表 9.3 エネルギー分担率

	エネルギー分担率		
	X方向	Y方向	
運動エネルギー	0.1%	0.0%	
上部構造	内部粘性減衰	0.6%	0.4%
	履歴減衰	0.0%	0.0%
免震材料	LRB	98.8%	99.1%
	すべり支障	0.5%	0.5%

*) L2 告示波(神戸)

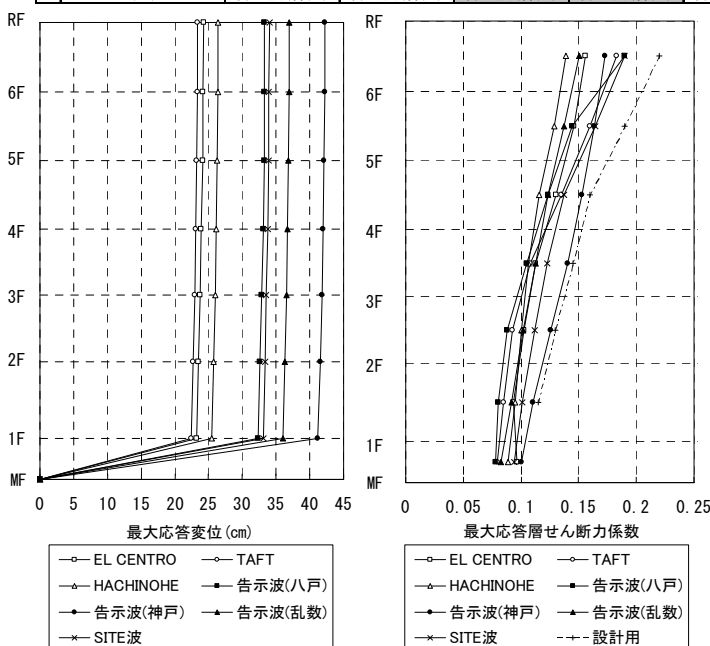


図 9.2 レベル2

時刻歴応答解析結果

(X方向:ばらつきマイナス)

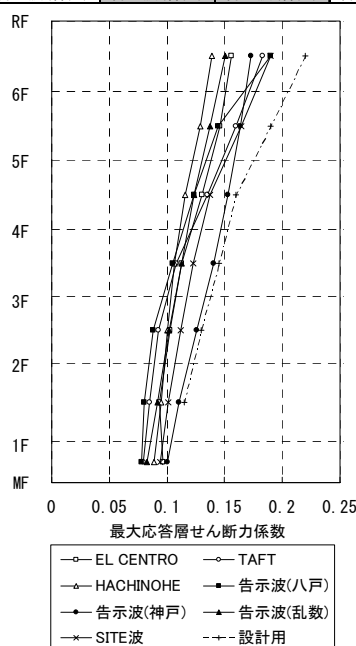


図 9.3 レベル2

時刻歴応答解析結果

(X方向:ばらつきプラス)

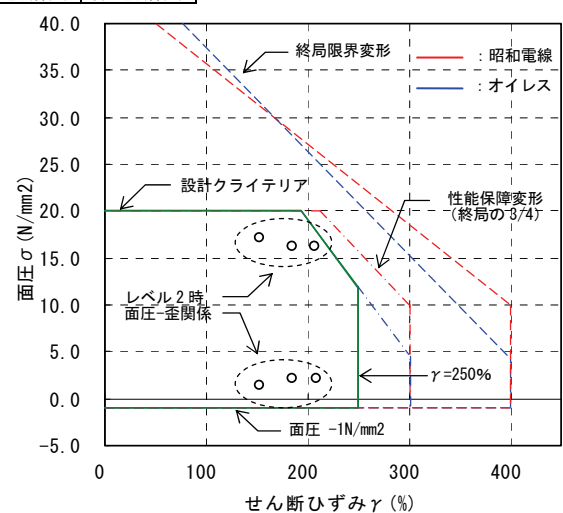


図 9.4 応答面圧-歪関係 (φ800天然ゴム)

10. 施工概要

(1) 施工計画に際して

本建物の構造は PCaPC 基礎免震構造であり、建築計画や耐震性耐久性的な側面からではなく、コストおよび工期の優位性も含め、採択した理由となっています。

したがって、現場が品質および工期コストが最も有利に進められるよう、設計段階から施工計画も同時におこないながらプロジェクトを進めました。

(2) 下部構造(基礎、免震層)

直接基礎(ベタ基礎)であるため、土工の後直ぐに基礎梁およびマットスラブの施工に入り、免震層を据付ける手順となります。免震層までの期間が短く、免震材料の製作工程が厳しい状況でしたが、構造の大臣認定の取得から着工まで比較的時間が取れて事前の準備が出来たため、搬入は予定通りの工程で進めることが出来ました。

(3) 上部構造(PCaPC 構造)

上部構造は PCaPC 造を採用し、工期短縮を図っています。建て方は 1 層 15~19 日のサイクルとして計画し、4 ヶ月弱での上棟を目指しました。

梁部材が 14m スパンで約 18tf/本であったため、柱の緊張を先行させ、梁をかけていく手順としました。

免震装置直上の 1 階は、大梁は RC 造としていますが、支保工の低減と工期短縮に配慮して、2 階以上と同様に小梁を PCaPC 造とし、フラットデッキを捨て方枠としたコンクリートスラブを採用しています。

なお、平面的に比較的長い建物のため、X1~4 通りおよび X4~X7 通りでそれぞれ大梁の 1 回目の緊張をかけ、残りを 2 回目とし、X4 通りで MOVE を取る計画としています。



図 10.1 免震装置設置(マットスラブ上)

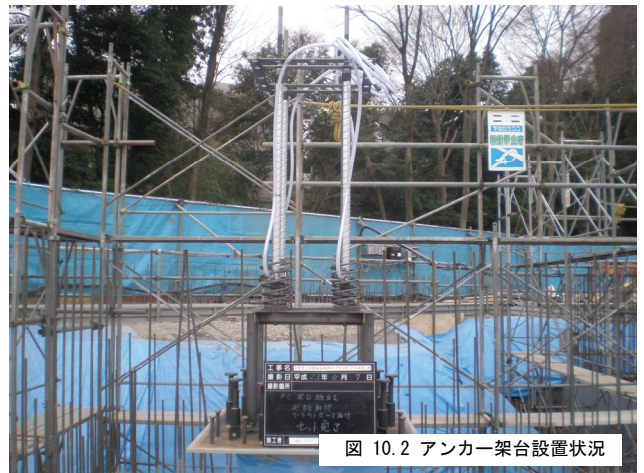


図 10.2 アンカー架台設置状況



図 10.3 1階柱搬入状



図 10.4 1階柱建て方状況



図 10.5 2階梁設置状況



図 10.6 2階梁仮設全景