

佐倉消防署庁舎

松田平田設計
藤森 智



同
山地雄二郎



1. はじめに

本建物は、JR総武本線佐倉駅の北東2km、千葉県佐倉市大蛇町字堂下に建設される地上4階、塔屋1階の消防署庁舎である。

本計画では、商業や住宅地としての土地利用が進む消防組合管内において、道路交通上の拠点となる建設地に、高い耐震性能を確保する為に免震構造を採用している。

図-1に本建物の平面図と断面図、図-2に外観パースを示す。

2. 建物概要

建設地	千葉県佐倉市大蛇町字堂下281番地外
建築主	佐倉市八街市酒々井町消防組合
設計監理	松田平田設計
施工	清水・三ツ和・ナカムラ特定建設工事 共同企業体
用途	消防署庁舎
敷地面積	5719.40 m ²
建築面積	1661.72 m ²
延床面積	5165.05 m ²
階数	地上4階 塔屋1階
軒高	19.45 m
最高部	22.85 m

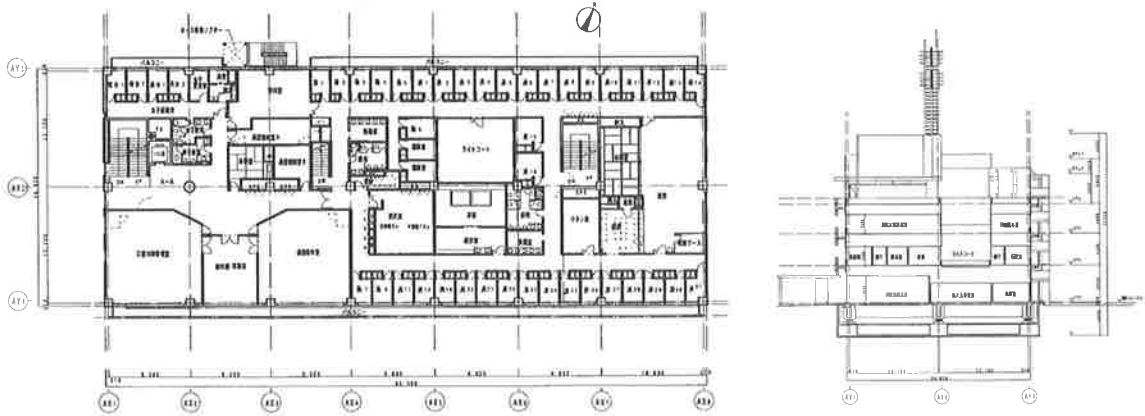


図-1 平面図及び断面図



図-2 外観パース

3. 地盤概要

建設地は、上総台地（洪積台地）から、周辺の中小河川により形成された谷底平野（沖積低地）に向かう傾斜地に立地する第2種地盤（ $T_g=0.23$ 秒）である。現在は造成工事により平坦化されているため、敷地西部の盛土部では、3.7~5.7mの層厚の埋土が、敷地東部の切土部では上総層群第1粘土層が地表より出現する。この粘土層以深には、砂層と粘土層が互層状に連続している。建物の支持層の決定に際して種々の検討を行った結果、本計画ではGL-19m付近の第2砂層を支持層としている。

図-3に地層断面図、表-1に地層構成を示す。

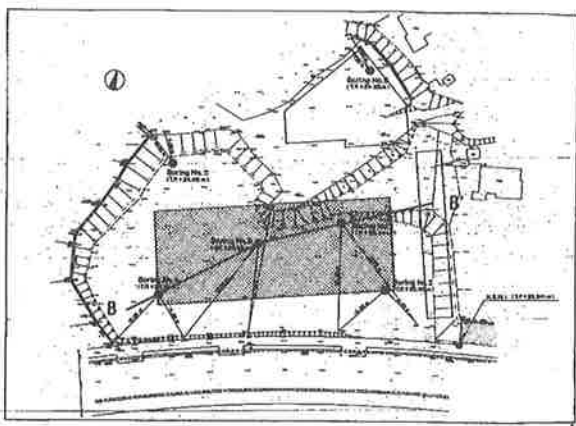
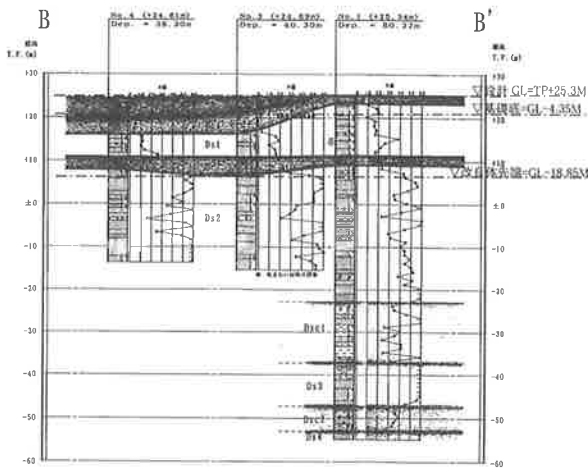


図-3 地層断面図

4. 地震活動度

周辺地域の地震環境（歴史地震発生状況及び活断層分布状況）から判断して、本設計では1923年の関東地震を選定して模擬地震動を作成している。

作成した模擬地震動波形諸元を表-2に、速度スペクトルを図-4に示す。

なお当該地盤は 500cm/s^2 入力で一部の層が液化する可能性があるが、作成模擬地震動の地表面加速度は 200cm/s^2 程度となっている。

表-1 地層構成

土質・N値	GL-m	地層	N値
	2.20	第1粘土層	0~8
	13.90	第1砂層	7~42
	16.40	第2粘土層	14~47
	48.20	第2砂層	15~60以上
	62.55	第1砂泥層	24~60以上
	71.40	第3砂層	45~60以上
	78.35	第2砂泥層	24~39
80.00	第4砂層	60以上	

表-2 地震基盤面の模擬地震動(Sakura_01k)波形諸元

想定地震断層	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)
関東地震	144.3	14.0	13.0

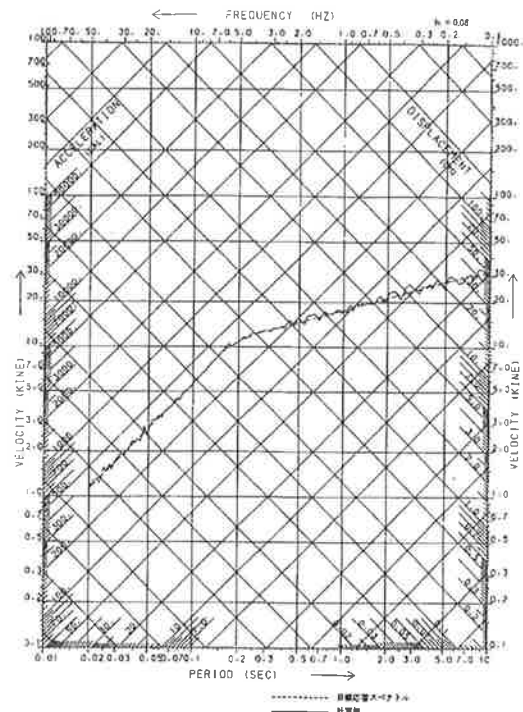


図-4 速度応答スペクトル（地震基盤面、 $h=0.05$ ）

5. 構造設計概要

(1) 構造概要

本建物は、地上4階、塔屋1階の消防署庁舎である。1階は執務・出勤ゾーン、2階は出勤待機・指令ゾーン、3階は執務ゾーン、4階は会議・講義・訓練ゾーンとして計画されている。

本建物の平面形状は、長辺方向62.68m、短辺方向24.20mの整形なものである。架構形式としては、上部構造の耐震性を確保する目的で、鉄骨鉄筋コンクリート造の耐震壁付ラーメン構造としている。

(2) 免震部材

免震部材は、上部構造と基礎の間に、鉛プラグ入り積層ゴム（700φ～900φ）20基と天然ゴム系積層ゴム（800φ～900φ）4基を設置している。表-3に免震部材の諸元を示す。図-5にその配置を示すが、免震層のねじれ剛性を高める目的で、鉛入り積層ゴムを外周部に配置している。

写真-1に積層ゴム支承の設置状況を示す。

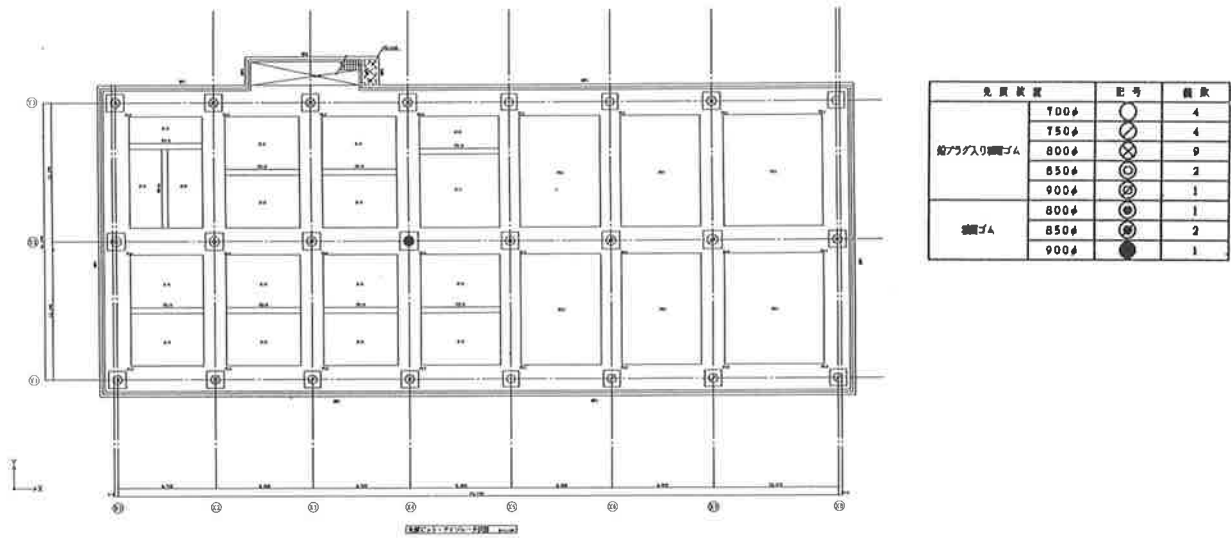


図-5 免震装置の配置

表-3 免震装置の諸元

積層ゴム直径 個数	鉛プラグ入り積層ゴム					天然ゴム系積層ゴム		
	700φ	750φ	800φ	850φ	900φ	800φ	850φ	900φ
天然ゴム層	4mm ×50	5mm ×40	5mm ×40	5mm ×40	6mm ×34	5mm ×40	5mm ×40	6mm ×34
内部鋼板	2.5mm ×49	2.8mm ×39	2.8mm ×39	2.8mm ×39	2.8mm ×33	2.8mm ×39	2.8mm ×39	2.8mm ×33
フランジ外径 (mm)	1100	1150	1200	1250	1300	1200	1250	1300
ゴム層総厚(mm)	200	200	200	200	204	200	200	204
ゴム断面積 (×10 ² mm ²)	3735	4264	4825	5448	6135	4825	5448	6135
鉛プラグ径(mm)	120	140	160	170	170	-	-	-
1次形状係数	43.8	37.5	40.0	42.5	37.5	32.0	34.0	30.4
2次形状係数	3.5	3.8	4.0	4.3	4.4	4.0	4.3	4.4
長期平均面圧 (N/mm ²)	7.78	8.50	8.83	11.21	13.03	10.45	10.84	11.55
ゴムの物性値	静的せん断弾性率: 0.39±0.1 N/mm ² 引張強さ: 17.65 N/mm ² 以上 破断伸び: 600%以上							

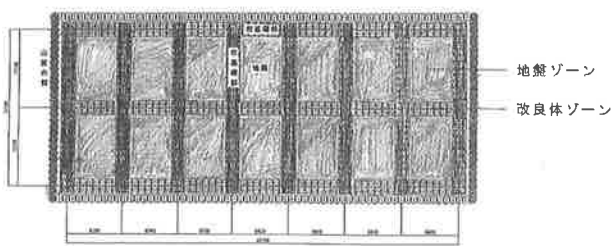


写真-1 積層ゴム支承設置状況

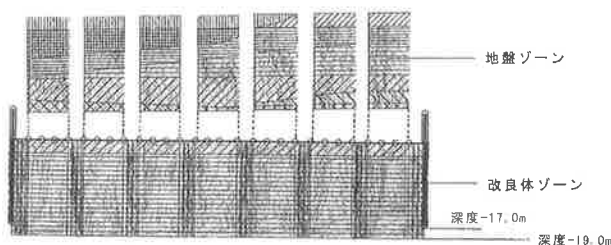
(3) 基礎形式

基礎形式としては、GL-34m付近の第3砂層を支持層とする杭基礎とGL-19m付近の第2砂層を支持層とする地盤改良+直接基礎が想定された。本設計では、コスト、液状化対策、及び耐震安全性などを勘案して、地耐力確保と液状化防止の為の地盤改良を行い、基礎はこの改良地盤に支持させる布基礎形式の直接基礎を採用している。

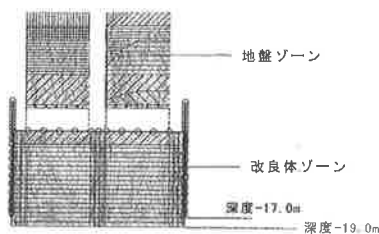
なお改良体の工法としては、ソイルセメント用いた深層混合処理工法を採用し、改良長は14.5mとしている。またソイルセメントコラムの設計については、日本建築センター「改良地盤の設計及び品質監理指針」により、静的外力に対する安全性の検討を行う他に、地盤（改良体と周辺地盤）と構造物（免震構造体と下部構造）の連成モデルの地震応答解析を行い改良体の終局時レベルにおける耐震安全性を確認している。



(1)平面



(2)長辺方向



(3)短辺方向

図-6 地盤-建物連成解析モデル

図-6に連成系の解析モデルを示す、ここでは改良体部分と地盤部分を二重要素モデルを用いて評価している。これらの解析より改良体には、強地震動に対しても破壊や液状化を示す結果はみられなかった。図-7にソイルセメントコラムの破壊を判定する局所安全率分布の一例（地震応答解析結果）を示す。

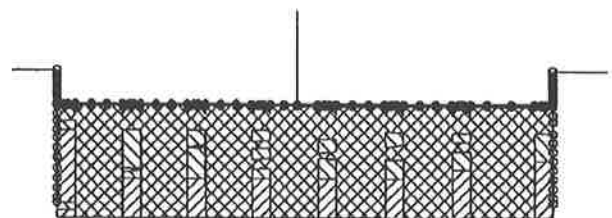
一方この連成系モデルを用いた地震応答解析でも免震建物側の応答結果は、耐震目標性能（後述）を満足するものであった。

6. 地震応答解析

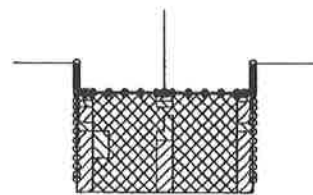
(1) 解析モデル

解析モデルは、免震層下部を固定とした4質点の等価せん断型モデルとした。上部構造の復元力特性は静的弾塑性解析より求めた曲線をTri-Linear型に置換し、免震部材の復元力特性は、歪み依存性を考慮した修正Bi-Linear型モデルとした。また減衰定数は、上部構造を2%、免震部材は0%とした。

表-4に上部構造と免震層の固有周期を示す。



(1)長辺方向



(2)短辺方向

記号							
局所安全率	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~8.0	8.0~10.0	10.0~		

図-7 ソイルセメントコラムの局所安全率 (Sakura-01k を2.25倍して解放工学的基盤にまで立ち上げた波を入力)

(2) 採用地震波

地震応答解析に用いる地震波は、標準的な観測波3波と建設地での地震活動度に基づき作成した模擬波の計4波で、その諸元を表-5に示す。

(3) 解析結果

レベル2時の応答解析結果の一例(長辺方向)を図-8に示す。なお建物の耐震性能目標は表-6の通りであり、いずれの目標性能も満足している。また本設計では、鉛入り積層ゴムメーカー3社の製品に対応可能なばらつきについて設計を行っている。

表-4 上部構造と免震層の固有周期

上部構造の基礎固定(免震装置固定)時の弾性固有周期

	1次モード	2次モード	3次モード
長辺(X)方向	0.312 sec	0.127 sec	0.087 sec
短辺(Y)方向	0.269 sec	0.144 sec	0.080 sec

免震層の固有周期(ねじれを含まない等価系の固有値解析)

	1次モード	
微小変形時の固有周期 (主要振動方向のせん断変形 2cm)	1.596 sec (X)	1.588 sec (Y)
レベル1時の固有周期 (主要振動方向のせん断変形 10cm)	2.730 sec (X)	2.725 sec (Y)
レベル2時の固有周期 (主要振動方向のせん断変形 35cm)	3.639 sec (X)	3.635 sec (Y)

表-5 採用地震動

地震動	レベル1の地震動		レベル2の地震動	
	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)
El Centro 1940 NS	255.4	25	510.8	50
Taft 1952 EW	248.3	25	496.7	50
Hachinohe 1968 NS	198.1	30	330.1	50
Sakura_01 (模擬地震動)	-	-	309.3	53.1

表-6 耐震性能目標

入力地震動レベル	レベル1	レベル2
上部構造	許容応力度以内	許容応力度以内
免震部材	安定変形以内 (23cm)	性能保証変形以内 (35cm)
基礎構造	許容応力度以内	許容応力度以内

7. おわりに

免震構造では、免震装置による応答低減効果により、上部構造は高い耐震性能が得られるが、それに応じて下部構造にも高い耐震性能が要求される。本免震構造では、ソイルセメントコラムによる地盤改良を行い直接基礎を採用することにより、基礎部のコスト増を抑制した上で、基礎構造に高い耐震性能を持たせている。なお本建物の地盤(改良体と周辺地盤)の地震応答解析において、地震工学研究所のご協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

本建物は平成14年2月末に竣工予定であり、消防組合の方々のご助言や施工JVのご努力により現在順調に工事が進行中である。写真-2に鉄骨工事終了時点での全景を示す。

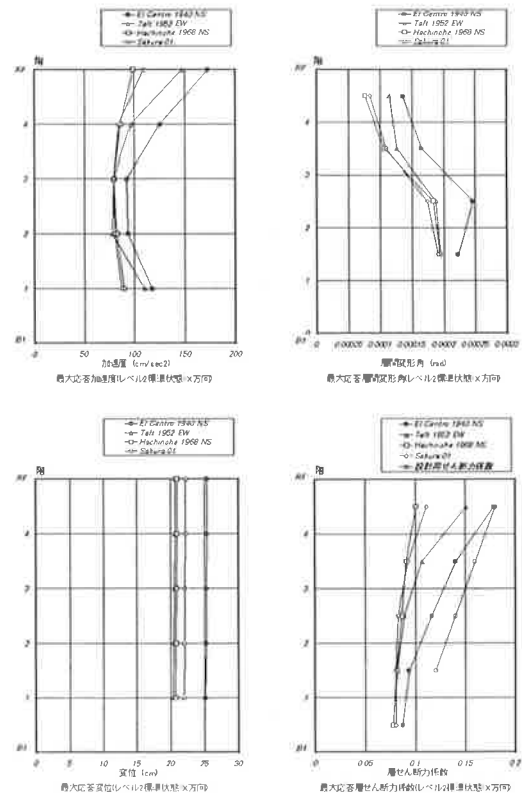


図-8 応答解析結果



写真-2 鉄骨工事終了時全景