

新潟美咲合同庁舎 1号館



池田 誠
国土交通省北陸地方整備局



中澤 昭伸
織本匠構造設計研究所



三瓶 文彦
織本匠構造設計研究所

1 はじめに

1号館は新潟美咲合同庁舎全5棟の1棟目の建物として計画され、新潟地方法務局のバックアップセンターと国土交通省北陸地方整備局がその入居官署となる。

国土交通省北陸地方整備局は国直轄の河川・道路・港湾空港の建設・管理や官庁建築の建設を始めとする国土計画の推進を行うと共に、防災機能を備えた官署となっている。新潟美咲合同庁舎全体として広域防災拠点と位置付けられているが、その中でも防災機能の中核施設である。

また、今後の段階整備を踏まえ、全体完成時に全体の一部として機能することと、1号館の独自性の両立を図り、優良な社会ストックとして長期耐用性とフレキシビリティに優れた計画も行い、その後の長期間にわたる使用に際し社会の変化や利用形態の変化に追従できる建物とする。

2 建物概要

建設地：新潟県新潟市美咲町1-1-1

建築主：国土交通省北陸地方整備局営繕部

意匠設計：国土交通省北陸地方整備局営繕部

株式会社黒川紀章建築都市設計事務所

構造設計：国土交通省北陸地方整備局営繕部

株式会社織本匠構造設計研究所

主用途：庁舎

建築面積：3,098.95 m²

延床面積：16,428.74 m²

階数：地下0階、地上8階、塔屋0階

軒高：37.05 m

最高高さ：82.50 m

基準階：階高4.0 m

基礎：杭基礎(鋼管杭)+地盤改良

免震構法：地上1階床下を免震層とする基礎免震とし、免震装置は、鉛プラグ入り積層ゴム支承・直動転がりローラー支承・オイルダンパーを採用する複合免震システムとする。



■図1 建物外観



■図2 建物位置図

3 構造計画

本建物は、地上8階建の規模で、地上1階～7階に各入居官署の事務室、8階に電気室、自家発電室が計画されている。屋上には高さ約40mの通信鉄塔が計画されている。

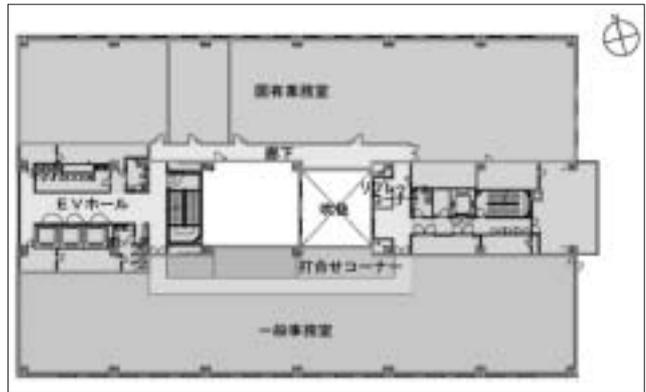
階高は1階が4.70m、基準階が4.00mの軒高29.80mになっている。スパンはX方向が9.6m×6スパンの57.6m、Y方向が13.25m×2+9.0mスパンの35.50mとなっており、塔状比は軒高さ／短辺長さ＝29.80／35.50＝0.84である。

主体構造として、免震上部構造は柱、梁が鉄骨鉄筋コンクリート造、(一部鉄骨梁)で架構形式は純ラーメン構造、下部構造が鉄筋コンクリート造(マツスラブ)である。鉄塔は鉄骨造で架構形式はブレース付きラーメン構造となっている。低層部のエコリドールは、下部構造を共有し地上部は、エキスパンションジョイントで繋がっている。構造種別は、鉄骨造で架構形式は純ラーメン構造となっている。他には別棟として駐車場棟がある。

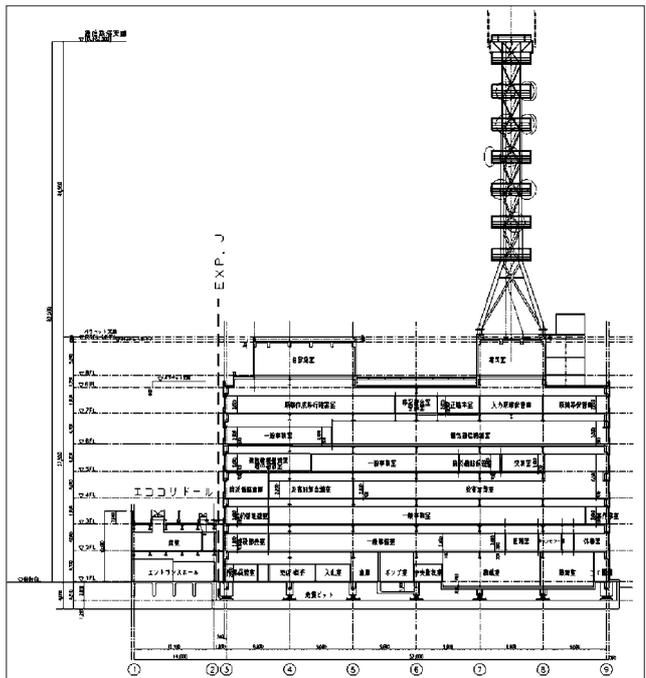
免震装置は、建物外周に鉛プラグ入り積層ゴム、建物内部に直動転がりローラー支承を配置し、ねじれ剛性を向上させると共に免震装置の剛性調整をし、ねじれの影響が少ないようにした。また、外周にオイルダンパー(速度依存型減衰装置)を配置し、大地震時の免震層の水平変位の抑制と強風時の外乱による揺れの不快感を極力無くすようにした。

新潟市周辺一帯は砂地盤で代表される。建設地の信濃川沿いの地域では、浅層堆積物は主として粗砂、中砂などからなり、シルト等を所々に挟む。これらの砂は一般に緩く、標準貫入試験から得られるN値は20を超えず、10あるいはそれ以下のことが多い。この浅層堆積物の下位には海成の砂層が厚く分布する。調査地付近では細砂を主体とした砂が砂丘と連続して分布している。N値は概ね30を超え、構造物の支持層となっている。上位の浅層堆積物との境界深度はGL-15m前後と推測される。

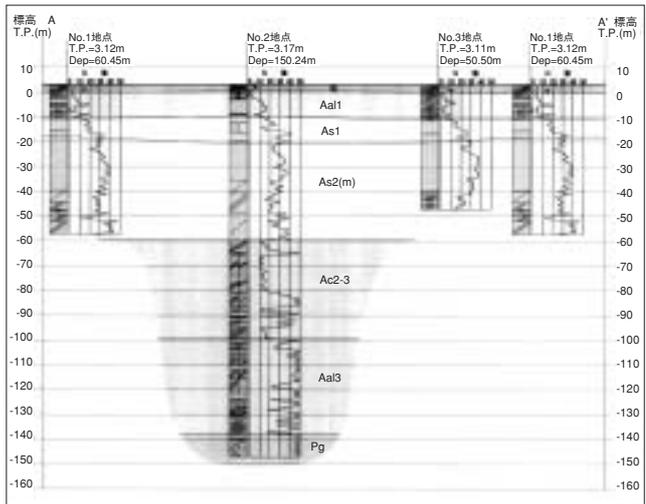
基礎形式は、液状化対策として近隣へ振動・騒音の影響が小さい静的締固め砂杭工法による地盤改良を行い、建物支持用として鋼管杭を採用している。地盤改良は、基礎底から設計GL-20.3mまでの範囲を行い、杭先端位置は、GL-30.3mとしている。設計では、地盤改良のバラツキを考慮して改良後の上限値と下限値で検討を行う。



■図3 平面図



■図4 断面図



■図5 想定断層図

4 設計方針

4.1 免震層の設計方針

1) 免震方式

「鉛プラグ入り積層ゴム支承」と「直動転がりローラー支承」及び「オイルダンパー」を採用する。

2) 固有周期の設定

免震層の復元力特性は、歪み依存型バイリニアと速度依存型バイリニアとする。鉛プラグが降伏後の免震周期で割線等価周期4秒程度(200%歪時)を目標とし、十分な長周期化を図る。

3) 免震装置の配置

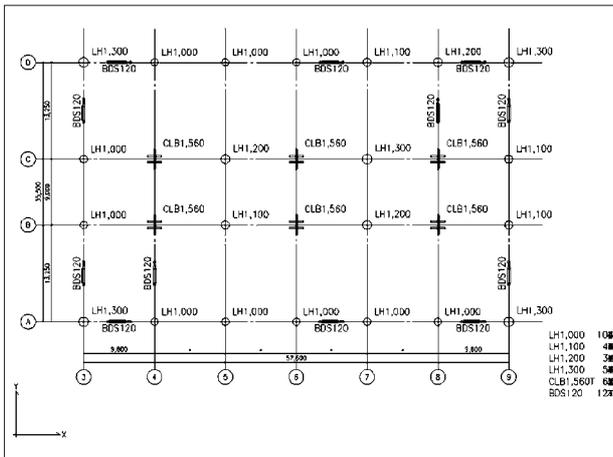
鉛プラグ入り積層ゴムを建物外周に、直動転がりローラー支承を建物内部に配置し、免震層のねじれ剛性を損なうことなく、長周期化を図る。また、免震層の偏心率は微小振幅時($\gamma = 10\%$)から安全余裕度検討時($\gamma = 300\%$)までを0.001~0.002とした。

4.2 建物及び免震装置の耐震性能目標

建物及び免震装置の耐震性能目標を表1に示す。

■表1 耐震性能目標

		極めて稀に発生する地震動	稀に発生する地震動
上部構造	耐力	弾性限耐力以内	短期許容応力度以内
	層間変形角	1/100以下	1/200以内
免震層	せん断歪み	240%以下	100%以下
	層間変形	性能保証変形(48.0cm)以内	安定変形(20.0cm)以内
	引張応力	引張限界強度1N/mm ² 以下	発生させない
下部構造	耐力	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内



■図6 免震支承の配置図



■図8 鉛プラグ入り積層ゴム支承



■図7 オイルダンパー



■図9 直動転がりローラー支承

5 地震応答解析

5.1 解析モデル

本建物の解析モデルは、上部構造の7層(8階は塔屋扱い)に免震層の1層を加えた8質点モデルとし、免震層直下を固定する。鉄塔は、本体に比べて重量が軽いので鉄塔設置位置の偏在による偏心の影響は、考慮しない。

1) 上部構造のモデル

1～7階の復元力特性はDegrading Tri-Linear型とし、その折点は弾塑性荷重増分解析結果より設定する。

2) 免震層のモデル

鉛プラグ入り積層ゴム支承は、歪み依存型Bi-Linearの復元力特性とした。直動転がりローラー支承の摩擦力は非常に小さく、全体振動系に与える影響が小さい為無視する。

オイルダンパーは速度依存型のBi-Linear型モデルとし、以上の2種類の復元力特性を並列としたモデルとする。

3) 減衰定数

上部構造は、内部粘性減衰とし、 $h=3\%$ の歪エネルギー比例型とする。

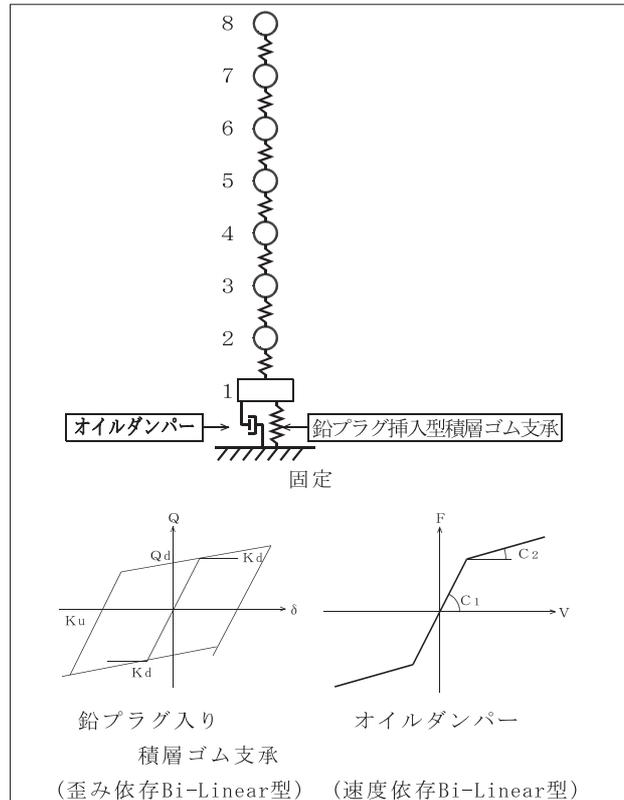
免震層の内部粘性減衰は考慮しない。免震層は、鉛プラグ入り積層ゴム支承の履歴減衰と減衰こまの粘性減衰のみとする。

5.2 入力地震動

採用した地震波は、告示波4波・サイト波2波・観測波3波とした。詳細は、表2に示す。

■表2 採用地震波一覧(下限値)

地震動レベル	地震波	加速度 m/s ²	速度 m/s	継続時間 s	
稀に発生する地震動	告示波	告示-1	0.64	0.13	81.91
		告示-2	0.56	0.19	81.91
		告示-3	0.54	0.13	81.91
		告示-4	0.61	0.14	81.91
	観測波	EL CENTRO	3.06	0.30	53.74
		TAFT	2.98	0.30	54.38
		HACHINOHE	2.00	0.30	35.99
極めて稀に発生する地震動	告示波	告示-1	2.04	0.58	81.91
		告示-2	1.99	0.78	81.91
		告示-3	1.97	0.50	81.91
		告示-4	1.95	0.69	81.91
	模擬波	新潟地震	1.84	0.55	81.91
		楕形・月岡断層	1.00	0.29	81.91
		EL CENTRO	6.13	0.60	53.74
観測波	TAFT	5.96	0.60	54.38	
	HACHINOHE	3.99	0.60	35.99	
	余裕度検討	告示波	告示-1	2.53	0.72
告示-2			2.47	0.97	81.91
告示-3			2.45	0.62	81.91
告示-4			2.41	0.85	81.91
観測波		EL CENTRO	7.60	0.74	53.74
		TAFT	7.39	0.74	54.38
		HACHINOHE	4.95	0.74	35.99



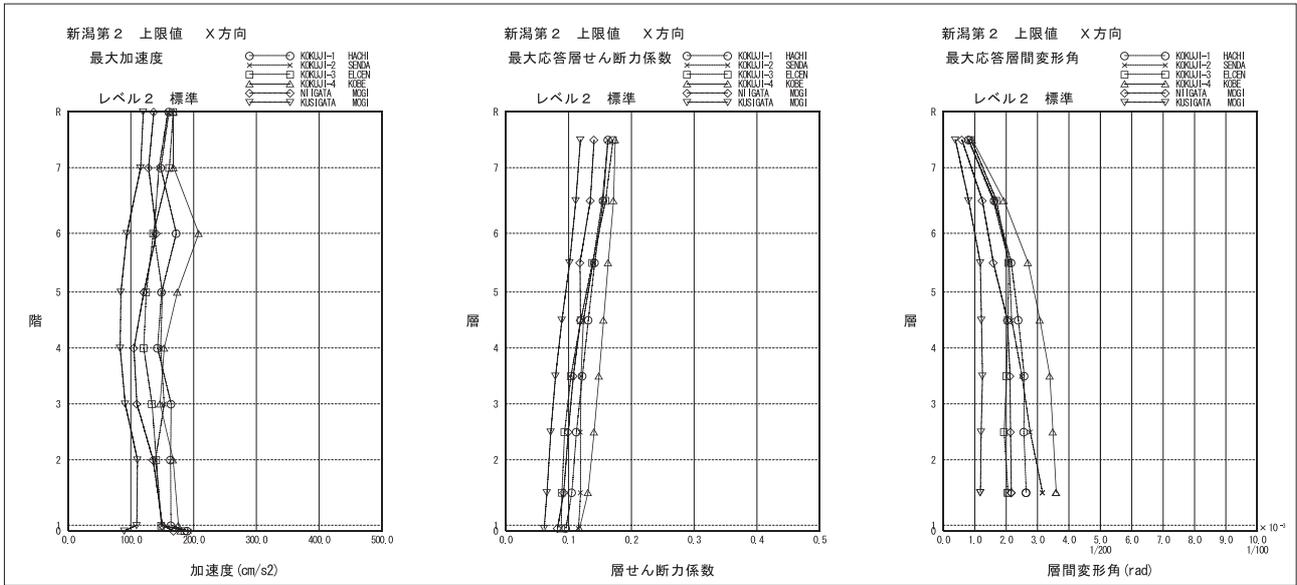
■図10 解析モデル及び復元力特性

5.3 応答解析結果

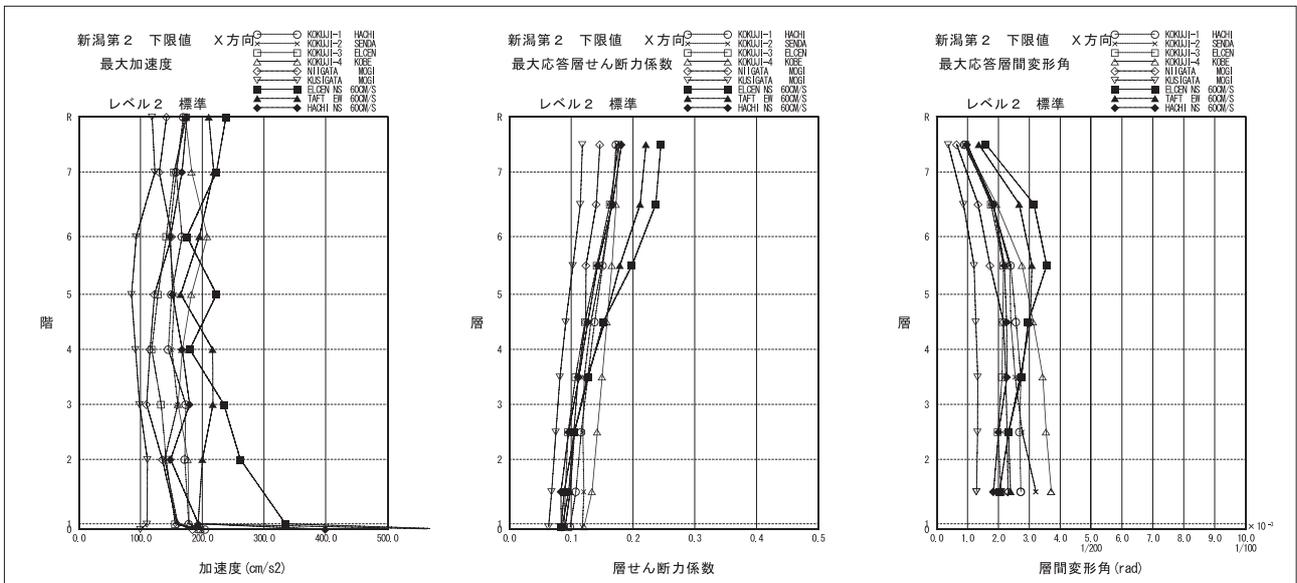
- 固有値解析結果より得られた、基礎固定時の建物の1次固有周期及び免震層のそれぞれの変形時の免震層を含めた建物全体の1次固有周期を表3に示す。
- レベル2地震応答解析(標準状態)より得られたX方向(地盤改良上限値、下限値)の最大応答結果を図11、図12に示す。

■表3 建物の1次固有周期

	X 方向	Y 方向	45° 方向
基礎固定時 ($\gamma = 0\%$)	0.905	0.940	0.909
レベル1時 ($\gamma = 100\%$)	3.498	3.505	3.498
レベル2時 ($\gamma = 200\%$)	4.097	4.103	4.097



■図11 最大応答結果(地盤改良上限値)



■図12 最大応答結果(地盤改良下限値)

5.4 免震装置の引抜に関する検討

レベル2地震動時及び安全余裕度検討時について、水平動によって生じる上部構造のOTM(転倒モーメント)による軸変動と上下動による軸変動を個々に算出し、単純に重ね合わせて検討した。OTMによる軸変動は、各方向の最大応答結果と設計応力時のOTMの比率を求め、その比率を設計応力時の軸力に乗じて求めた。上下動は、告示波と同じ手法で模擬波を作成し(位相特性は水平動時刻歴応答解析で最大応答結果が卓越した波を採用)、塔屋を含めた立体モデル(鉄塔は荷重のみ)で時刻歴応答解析を行い、水平動と上下動の軸変動を時

■表4 免震支承の最大、最小面圧

レベル	方向	面圧(N/mm ²)	
		最大	最小
レベル2 (変動+)	X	19.7	0.3
	Y	22.4	0.5
	45°	22.2	-0.6
余裕度検討	X	20.9	-0.2
	Y	23.7	0.0
	45°	23.5	-1.0

刻歴で重ね合わせて、等価鉛直震度を求めた。検討結果よりレベル2時を0.4Gとし、レベル1時は半分の0.2Gとし、安全余裕度検討時は、 $1.25 \times 0.4G = 0.5G$ とした。表4に最大、最小面圧の結果を示す。

5.5 鉄塔に対する検討

建物の屋上に高さ約40mの鉄塔が計画されている。時刻歴応答解析では屋上部分に塔屋と鉄塔重量を加算して解析を行っている。鉄塔の影響が本体の時刻歴応答解析に影響を与えるかを検証する。鉄塔部分の概要を示す。

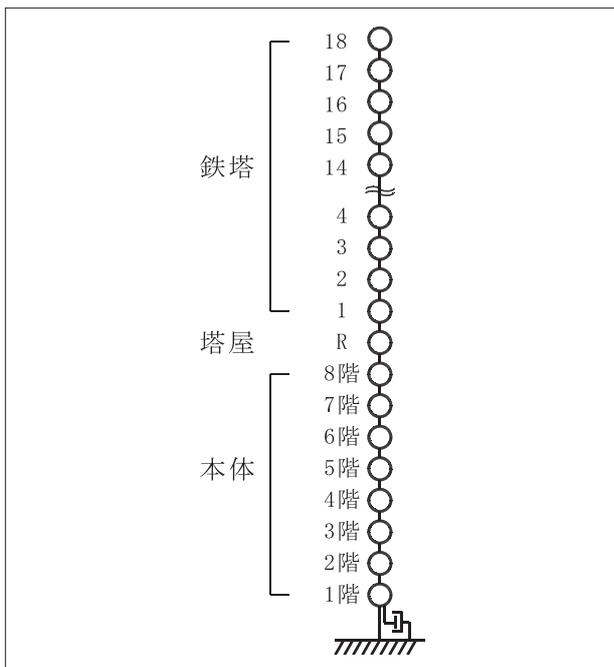
1) 解析モデル

鉄塔部分は、1ステージ1質点とし、復元力特性は、Linear型とする。

2) 減衰定数

鉄塔は、内部粘性減衰として $h=1\%$ の歪エネルギー比例型とする。

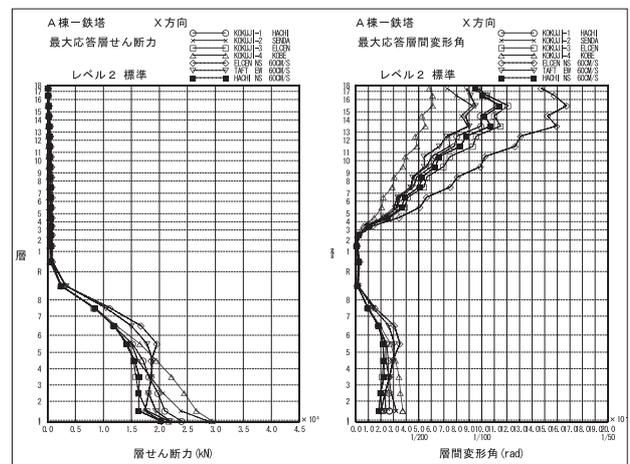
本体部分及び免震層のモデル化、検討地震波等は、前出のモデルと同じとする。



■図13 建物-鉄塔 解析モデル

3) 応答解析結果

鉄塔部分の連成振動応答解析結果は、許容応力度範囲に収まっている。水平剛性に関しては、鉄塔設置基準の $1.25^\circ (=1/46)$ 以内に対しては $1/59$ (EL CENTRO)になっており、基準を満たしている。図14の最大応答層せん断力より鉄塔部分の層せん断



■図14 建物-鉄塔 最大応答結果

力は小さいので、鉄塔位置が偏在していることによる本体への影響は小さいと判断している。

6 まとめ

本建物は、液状化が懸念される新潟市に計画された合同庁舎であり、大地震の際の災害復旧拠点となる重要な建設物である。免震構法を採用することにより、上部構造をレベル2時に部材が降伏耐力以内に納まり、層間変形角も $1/200$ 以内に納まった。応答加速度も 60cm/s の観測波で 200cm/s^2 を超えたが、告示波・サイト波では、概ね 200cm/s^2 以内に納まった。平面計画では、免震建物であることを生かし、桁行方向を 9.6m スパンとし大きな空間を構成すると共に免震基数を減らし長周期化を図った。長周期地震動に対し、本建物は変位依存型の鉛入り積層ゴム支承と速度依存型のオイルダンパーの併用により十分な減衰力を保持し、影響のないことを後日の追加検討で確認している。また、液状化対策として行った地盤改良と免震により、鋼管杭はレベル2時相当の地盤変位と慣性力による応力の単純和に対して短期許容応力度以内となった。

最後に色々な資料、写真、ご助力を頂いた方々にこの場を借りて、厚く御礼を申し上げます。