

岐阜市消防本部・中消防署合同庁舎

梓設計
関 洋之



同
柴田昭彦



同
宮坂大祐



1. はじめに

本建物は、地震をはじめ様々な災害から市民の生活と財産を保護することを目的に、総合的な防災活動の拠点として消防本部（防災情報）と消防署（防災活動）を一つにした消防合同庁舎である。

一方、本計画地の近傍には数多くの活断層が密集しており、有史以来大きな地震が多発している。中でも濃尾地震（1891年M=8.0）は我が国で発生した内陸直下型の地震では最大級のものである。このような地震環境において、防災活動拠点としての高い耐震安全性能の要求を合理的に達成するために、建物全体を免震構造とする「基礎免震構造」を採用することとした。

2. 建物概要

建物の用途は、1階が消防自動車用車庫、3～6階が事務所、7階は災害対策本部となっており、防災拠点として重要な機能を保有している施設が上層階に位置している。

建築主：岐阜市

建築場所：岐阜県岐阜市美江寺町2-9

主要用途：消防庁舎

設計監理：株式会社 梓設計

施工：住友・岐南・坂口特定建設工事JV

敷地面積：2,515.7㎡

建築面積：972.3㎡

延べ面積：4,890.2㎡

階数：地上8階、地下0階、塔屋0階

軒高：30.98m

最高部高さ：30.98m

構造種別：鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造

基礎種別：直接基礎

免震装置：鉛プラグ入り積層ゴム

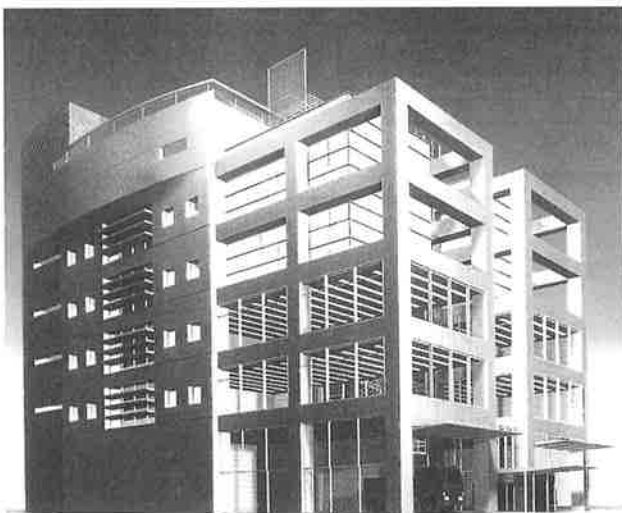


図1 外観パース

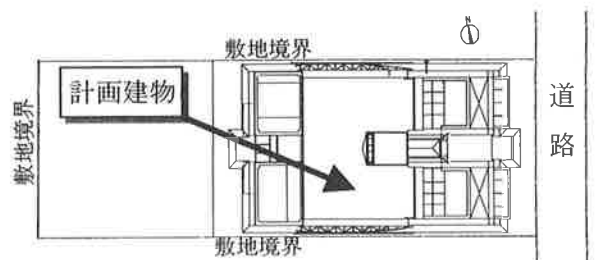


図2 配置図

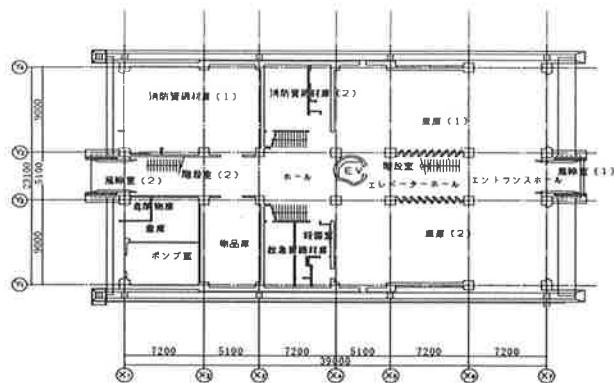


図3 1階平面図

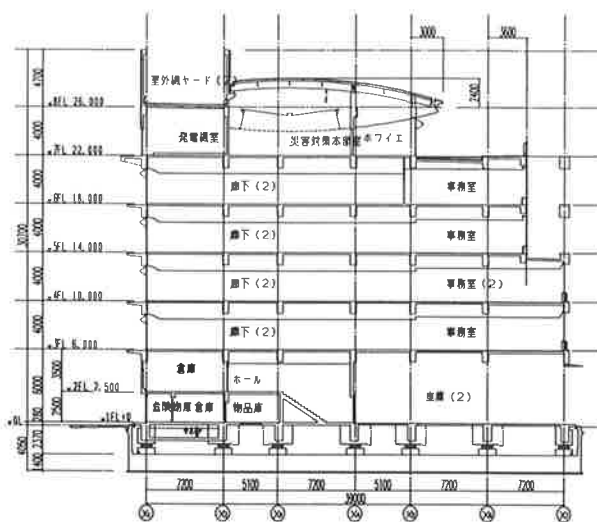


図4 断面図

3. 地震活動度と模擬地震動

(1) 地震活動度

建設地の地震活動度を把握するために歴史地震を調査し、土木研究所の距離減衰式を用いて建設地における地表面の最大速度を推定した。

その結果、1891年に発生したM=8.0の濃尾地震が最も大きく最大速度が54.0cm/s程度で、次に745年に発生したM=7.9の地震や、1715年に大垣・名古屋付近で発生したM=7.0の地震などが続く。これら上位を占めている地震は、内陸で発生していることがわかった。さらに、建設地における地表面の最大速度が2 cm/s以上のものを抽出し、期待値分析により再現期間に対する地震動の大きさを予測すると、供用期間50年で超過確率5%に相当する地表面の地震動の大きさは、再現期間1000年で54.2cm/sとなった。よって、歴史地震から判断すると、建設地の地震活動度は比較的大きいことがわかる。

(2) 模擬地震動

岐阜県は糸魚川-静岡構造線と敦賀湾-伊勢湾構造線の間に位置している。この地域は、北西-南北方向の活断層が線状に配列をしており、その線に沿って被害が発生している(金折, 1993)。

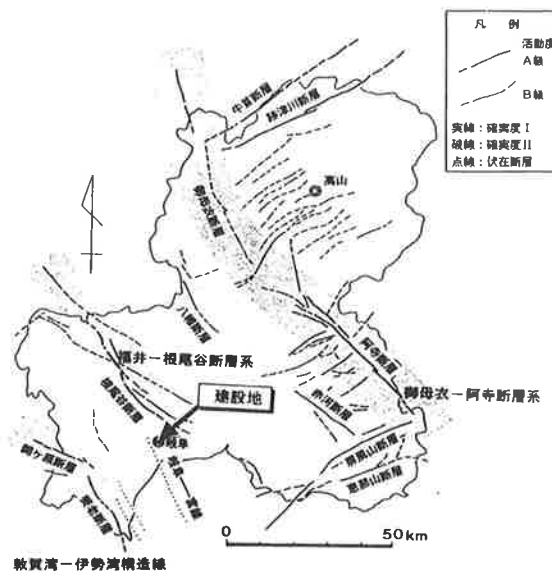


図5 岐阜県下における活断層の線状配列
[岐阜県企画部地域振興課(1995)に加筆]

岐阜県下における活断層の線状配列を図5に示す。これら活断層の線状の配列に沿って発生した地震の明確な例として、福井-根尾谷断層系における濃尾地震1891年(M8.0)、三河地震1945年(M6.8)、福井地震1948年(M7.1)などが挙げられる。

地震動は、「内陸直下型の地震」と「海溝型の地震」に分類し、以下の断層を起震断層と想定した。

【内陸直下型の地震】

- ① 阿寺断層系で発生する地震動
(断層モデル：L=70m,W=15m,M7.9)
- ② 関ヶ原-養老断層で発生する地震動
(断層モデル：L=54m,W=15m,M7.7)

【海溝型の地震】

- ① 安政東海地震 1854年(M8.4)
(断層モデル：L=150m,W=100m,M8.4)

尚、福井-根尾谷断層系で発生した濃尾地震(1891年)については、これまでの調査・研究などから判断すると地震活動度は約5000年の再来期間と推定されていることや地震発生から100年しか経過していないなどから判断し、本設計では起震断層に採用しなかった。

図6に本設計で想定した起震断層を示す。

模擬地震動の作成方法は、翠川・小林の方法により地震基盤での速度スペクトルを求め、深部地盤構造の増幅特性を考慮して工学的基盤での速度応答スペクトルに変換、その目標スペクトルに適合する模擬地震動を作成した。

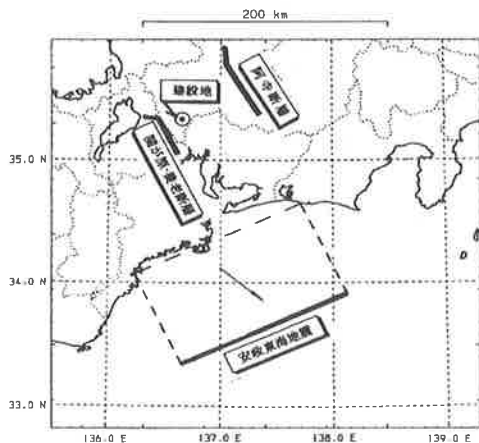


図6 断層モデル位置

4. 構造計画概要

本建物の基準階の平面形状は東西に6スパン、南北に3スパンの約39m×23mの長方形であるが、7階は2スパン西側にセットバックしているため

約25m×23mの正方形になっている。免震層より上部の構造は建物規模、基準スパンを踏まえ主体構造は鉄筋コンクリート造とし、建物の水平剛性を十分に確保するため、厚さ200mm～400mmの耐震壁を適切に配置した。

免震部材は鉛プラグ入り積層ゴムを採用し、最小径は免震層に要求される変形性能を考慮して750φに設定した。その他の径は、作用軸力に応じて800φ、900φ、950φと適宜使い分けた。配置計画では、短辺方向に配置(X1、X3、X4通り)した耐震壁の引抜き力を抑制するため、両隣(X2、X5通り)の外柱直下には免震部材を設置せず、長期軸力を耐震壁外柱に集約することで地震時に引抜きが生じることを防いでいる。また、免震層の偏心を押さえるため、900φの鉛プラグ径を160φ、180φ、200φの3種類とし適切に配置した。

基礎形式は、GL-2.0m～13.5m付近にある沖積砂礫層を支持層とする直接基礎(ベタ基礎)とし、基礎底はGL-3.77mとした。ただし、敷地の西側の一部でN値がやや低い部分については、ラップルコンクリートに置換している。接地圧は長期、短期ともに許容地耐力(長期300kN/m²、短期600kN/m²)以下であることを確認した。

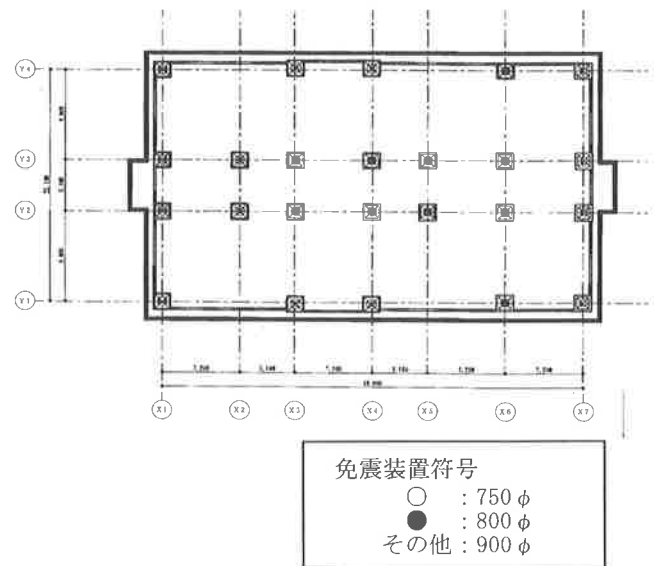


図7 免震部材の配置

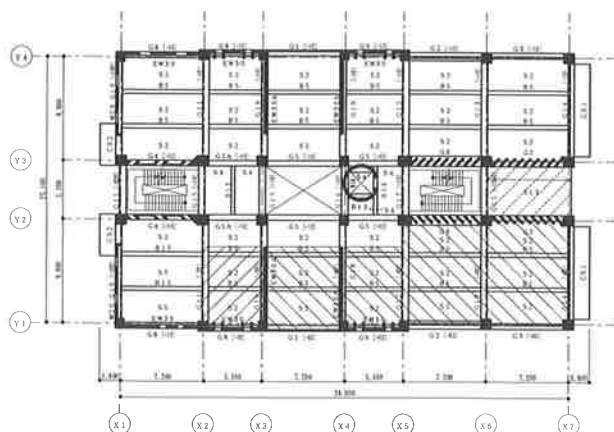


図8 基準階伏図

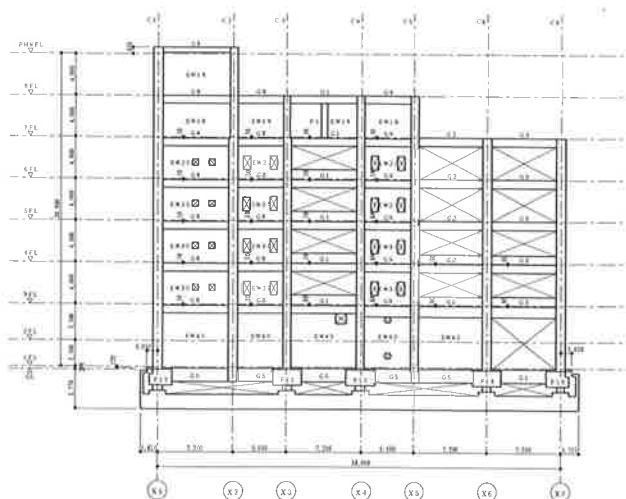


図9 軸組図

5. 耐震設計方針

本建物は防災活動拠点及び防災情報拠点として計画された消防合同庁舎であることから、各地震動レベルに対する耐震性能目標を下記に設定した。

表1 耐震性能目標

部位	地震動レベル		
	レベル1	レベル2	余裕度レベル
上部構造	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内
免震部材	安定変形以内 (20cm)	性能保証変形以内 (40cm)	終局限界変形以内 (55cm)
基礎構造	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内

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7質点等価せん断モデルとした。上部構造の復元力特性は静的弾塑性解析により求めた。また、免震部材の復元力特性は歪依存性を考慮した固定バイリニアモデルとし、初期剛性は鉛降伏後剛性(150%歪時)の10倍とした。減衰定数は剛性比例型とし、上部構造を2%、免震部材を0%とした。

(2) 入力地震動

地震応答解析は、既往の著名波3波と兵庫県南部地震(余裕度レベル)とセンター波1波(工学的基盤入力)、模擬地震波2波の計7波を用いた。既往の著名波3波については、本建設地の地震活動を考慮して最大速度をレベル1は30 cm/s、レベル2は60 cm/sに基準化した。

表2 入力地震波

地震動名称	レベル1	レベル2	余裕度レベル
EL CENTRO 1940 NS	306.5 30.0	612.9 60.0	—
TAFT 1952 EW	298.1 30.0	596.1 60.0	—
HACHINOHE 1968 NS	198.1 30.0	396.1 60.0	—
TAKATORI 1995NS (兵庫県南部地震)	—	—	605.5 126.6
GIFU-BCJL2 (センター波)	—	505.8 60.2	734.2 90.0
SEKIGAHARA (関ヶ原養老断層)	—	638.2 42.7	—
TOUKAI (安政東海地震)	328.4 30.2	—	—

上段は最大加速度 (cm/s²)、下段は最大速度 (cm/s)

(3) 解析結果

レベル2のX方向の解析結果を図10～図12に示す。レベル2における免震層の最大相対変位は39.4cmで免震部材の性能保証変形以内(40cm)である。また、上部構造の頂部最大加速度は239.3cm/s²であった。

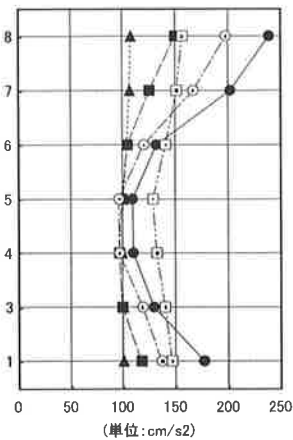


図10 最大応答加速度

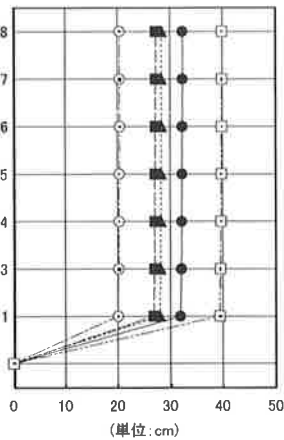


図11 最大応答変位

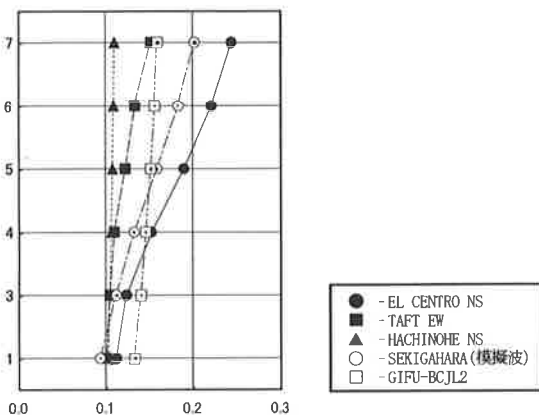


図12 最大応答せん断力係数

7. 免震部材に作用する上下振動の検討

免震部材に作用する最大軸力は、水平地震動によって免震部材が最大変位を生じた時に加わる上部構造の変動軸力と、同時刻における上下地震動によって加わる軸力の組合せにより評価する。

解析は上部建物を剛体とし、免震部材の鉛直バネのみを考慮した1自由度の振動系で等価減衰定数2%として解析を行った。その結果、免震部材が

最大水平変位を生じる時刻(5.0秒)付近の上下方向の変動軸力係数(上下動における免震部材応答軸力を支持荷重で除した値)は、4～5秒で0.28、5～6秒で0.42となる。よって免震部材が最大変位を生じるときに作用する上下方向の変動軸力係数を0.4と設定した。これらの検討においても免震部材の性能は十分満足するものとなった。

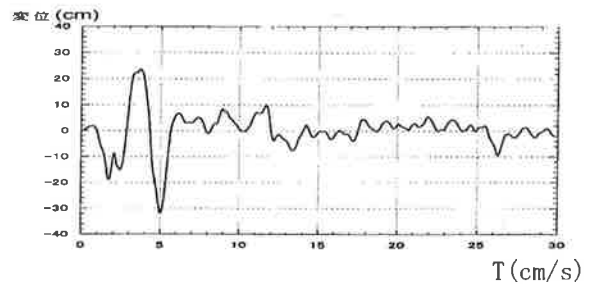


図13 免震部材の水平地震動時の時刻歴応答図

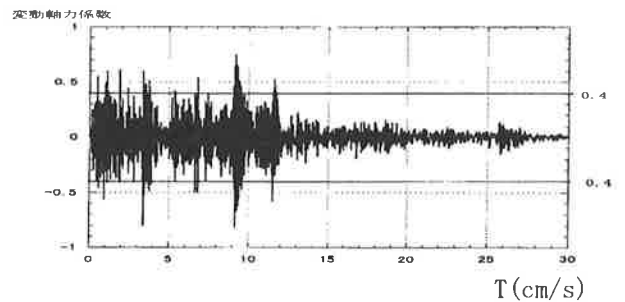


図14 免震部材の上下地震動時の時刻歴応答図

8. おわりに

本建設地である岐阜市は、数多くの活断層が密集しており、過去においても濃尾地震(1891年M=8.0)をはじめ数多くの大きな地震が発生している。このような地震活動度の高い地域において、今回のような重要度の高い消防署施設を実現するには、免震構造が最も合理的であることがわかった。

今回採用した入力地震動は、著名波に対してレベル2で60cm/s、余裕度レベルでは126.6cm/sと従来採用されている地震動と比べ、かなり大きなものになっているが、それぞれの地震動レベルに対しても建物の耐震性能目標は満足しており、耐震上、十分安全な建物になっている。