

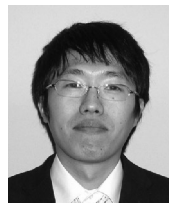
白山石川広域消防本部・松任消防署庁舎



竹田 法男
浦建築研究所



鈴木 昭司
伸構造事務所



威徳井 健太郎
同

1 はじめに

本計画は、石川県白山市徳丸町に在る「白山石川広域消防本部」の老朽化に伴い、JR北陸本線「松任駅」の南東約2.6kmに移転新築を行う計画である。本建物は、石川県南部の「白山市全域および野々市町」の消防・救急・防災活動の拠点として機能することを目的とされている。

敷地内計画は3層構造からなる「庁舎棟」・2層構造からなる「出動待機棟」および「防災倉庫棟」・1層構造となる「車庫棟」により構成され、別途消防訓練棟を2棟設けている。



写真1 全景(北面)



写真2 見学・体験ブース

2 建物計画概要

2.1 建物概要

建築主：白山石川広域事務組合

建設地：石川県白山市三浦町255番地1

設計者：【建築】株式会社浦建築研究所
【構造】株式会社浦建築研究所
株式会社伸構造事務所

監理者：株式会社浦建築研究所

施工者：兼六・白山・千代野特定建設工事共同企業体

用途：消防本部庁舎

階数：地上3階 塔屋1階(屋上：無線鉄塔)

敷地面積：11,089.09 m²

建築面積：1,219.03 m²(全体：3,441.09 m²)

延床面積：3,860.12 m²(全体：7,371.38 m²)

建物高さ：18.914 m

軒高：18.264 m

構造種別：鉄筋コンクリート造

架構形式：ラーメン架構(XY方向共)

基礎形式：直接基礎(独立基礎)

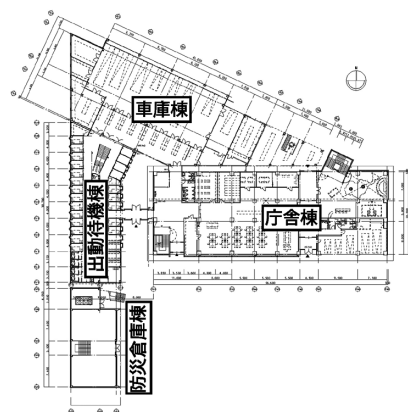


図1 配置図

2.2 建築計画

白山・石川広域圏では、近年多数の大規模建築物、中高層建築物などが建設され、災害の多様化および大型化の危険度が増大する傾向にあり、国内における兵庫県南部地震等の教訓から、防災体制の強化や地域住民による自主防災意識の向上に向けた防災知識の普及啓発が求められる状況下での移転新築計画である。広域圏の総合防災拠点として地震等の大規模災害による建物の倒壊防止だけではなく、大規模災害発生直後から円滑な防災活動を展開するための機能維持を目的として「庁舎棟」に免震構造を採用し、隣接する耐震設計にて計画する「車庫棟」および「出動待機棟」との間をEXP.Jにて接続している。また、庁舎棟内には地域自主防災意識を高めるためのスペースとして消火・通報・避難等の見学体験スペースを設けており、これらの見学者と隊員の出動時における接触事故を未然に防ぐことを目的として、庁舎棟と出動待機棟・車庫棟を明確に分離した分棟形式を採用している。

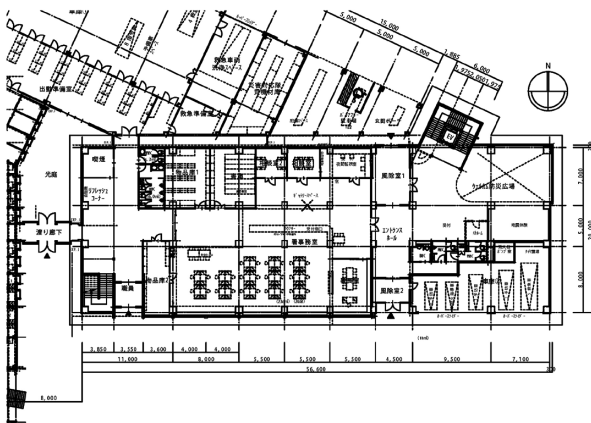


図2 平面図(庁舎棟)

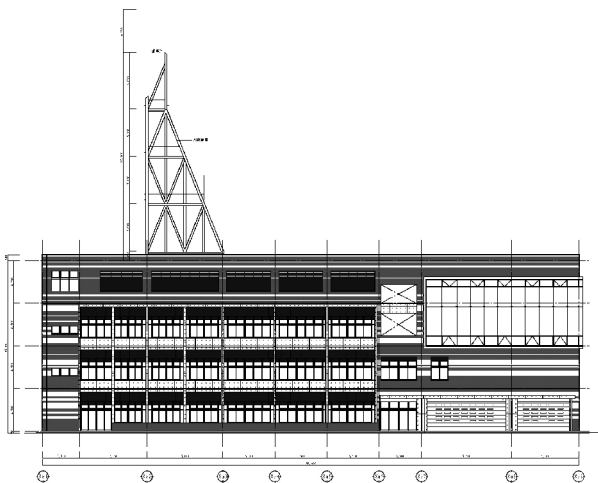


図3 立面図(南面)

3 構造計画概要

本建物は、基礎免震建築物としてH12年建設省告示第2009号第6を適用して安全性の検証を行うと共に、H12年建設省告示第1446号および第2010号に示された免震材料を用いて検証を行っている。

3.1 上部構造計画

庁舎棟の平面形状はX(桁行)方向56.60m(11.00m、8.00m、5.50m、5.50m、4.50m、9.50m、7.10m)、Y(張間)方向20.00m(8.00m、5.00m、7.00m)の整形な長方形平面を成しており、一部エレベーターシャフト部分が平面形状より突出した形となっている。また、最上階の床面レベルより鉄骨造による無線鉄塔が存在している。当該無線鉄塔については局部震度にて耐震設計検証を行っている。階高は、1Fを4,750mm、2F～3Fを4,500mmとしており軒高さ18.264mとなっている。

構造種別は鉄筋コンクリート構造であり、架構形式は、X(桁行)方向・Y(張間)方向共剛節架構フレーム内の二次壁に構造スリットを設けた純ラーメン架構とし内部空間のフレキシビリティを高める計画としている。また、本計画地は、担当行政庁の指導により多雪地域として、最大積雪深を1,500mm、単位積雪荷重を30.0N/m²/cmを用いて、積雪を考慮する場合および積雪を考慮しない場合について安全性の検証を行っている。

3.2 下部構造計画および地盤概要

基礎は直接基礎にて計画を行い、GL-1.00m以深から露呈する「玉石混じり砂礫層」を支持層とする独立基礎としている。

地盤種別については、敷地内地盤調査における動的性状試験より得られた各土層のせん断波速度とせん断剛性より表層地盤の1次卓越周期は、 $T_g=0.04$ 秒であり第1種地盤相当として扱っている。

また、基礎着床面が洪積層内となるために地盤液状化に対する危険性は無いものとして検討を行っている。

表1 地盤モデル

地盤モデル									
層	地層年代	土質	土質名	層厚 d_i (m)	深度 H_i (m)	平均 N値	密度 ρ_i (t/m ³)	測定 V_s (m/s)	せん断剛性 G_0 (kN/m ²)
1	沖積層	粘土	砂質シルト	0.50	0.25	50.00	15.69	94	14138
2	洪積層	砂礫	玉石混じり砂礫	2.00	1.50	50.00	17.16	290	147175
3	工学的基礎	礫	シルト混じり砂礫	5.50	5.25	100.00	19.61	410	336200

工学的地盤のポアソン比

0.434

4 免震設計概要

4.1 免震層の構造計画

免震材料は、1階床版・梁部材の直下に配置した基礎免震構造であり、支承材として鉛プラグ挿入型積層ゴム支承(LRB:G0.40)のゴム径 ϕ 700 $\sim\phi$ 800(鉛径 ϕ 120 $\sim\phi$ 170)を計22基、弾性すべり支承(摩擦係数 $\mu=0.02$:G0.40)のゴム径 ϕ 600 $\sim\phi$ 700を計7基、合計29基の支承材をバランス良く配置している。図4に免震材料のレイアウトを示す。

免震層の検討は、H12年告示第2009号第6に準拠して検証し、地震によるエネルギーを支承材の履歴減衰力にて吸収する材料選定とした。また、微小変位から設計限界変位までの間における各免震材料の等価剛性にて偏心率を0.03以内として計画し、建物外周部に等価剛性の高い鉛プラグ挿入型積層ゴム支承を配置することにより、免震層全体のねじれ剛性の増大を図っている。

免震層の復元力特性は、上部構造に対する積雪荷重考慮の有無に対応し、基準剛性時の環境温度を15℃(積雪荷重非考慮時)、0.0℃(積雪荷重考慮時)とし、性能変動に影響する環境温度をそれぞれ0.0℃ $\sim$ 35℃、 -5.0 ℃ $\sim$ 0.0℃と考え、それぞれの積雪荷重状態にて基準剛性時・HardCase時およびSoftCase時を設定し検証を行った。なお、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承を修正バイリニアモデル・弾性すべり支承材を完全弾塑性バイリニアモデルとし、免震層全体をバイリニアにてモデル化している。

表2 性能指標と設計目標

	性能指標	目標値
上部構造	層間変形角	1/300以下 ^{*1}
	主要構造断面設計	許容応力度以下
	大規模の積雪に対する検証	許容応力度以下
	大規模の暴風に対する検証	極めて稀に発生する地震動時以下
免震層	免震層の応答変位	450mm以下
	免震材料の面圧	上下振動の影響を考慮し、短期許容面圧以下 ^{*1}
	大規模の積雪に対する検証	積雪荷重を考慮し、長期許容面圧以下 ^{*1}
	大規模の暴風に対する検証	免震層が降伏に至らない
	偏心率	0.03以下 ^{*1}
	免震層のせん断力分担率	0.03以上 ^{*1}
	免震層の接続周期	2.50秒以上 ^{*1}
下部構造	地盤種別	第1種地盤もしくは、液状化の恐れがない第2種地盤
	基礎部材の断面設計	許容応力度以下
	基礎支点反力の検証	地盤の支持力度以下
	水平力に対する検証	基礎底面摩擦係数以下

*1：告示2009号第6に規定する構造計算の適用範囲

表3 免震部材表

種別	記号	ゴム径 (mm)	鉛径 (mm)	基数	種別	記号	ゴム径 (mm)	鉛径 (mm)	基数
鉛プラグ 挿入型 積層ゴム 支承材	LH070G4-A	⊕	φ700 φ140	2	鉛プラグ 挿入型 積層ゴム 支承材	LH075G4-H	⊕	φ750 φ170	2
	LH070G4-C	⊗	φ700 φ120	2		LH080G4-A	⊗	φ800 φ160	6
	LH075G4-A	⊗	φ750 φ150	4		LH080G4-C	⊗	φ800 φ140	2
	LH075G4-G	⊙	φ750 φ160	2		LH080G4-G	⊙	φ800 φ170	2
弾性 すべり 支承材	SP060G4	●	φ600 —	4	鉛入り積層ゴム 計22基 弾性すべり 計7基 支承材 合計 29基				
	SP070G4	○	φ700 —	3					

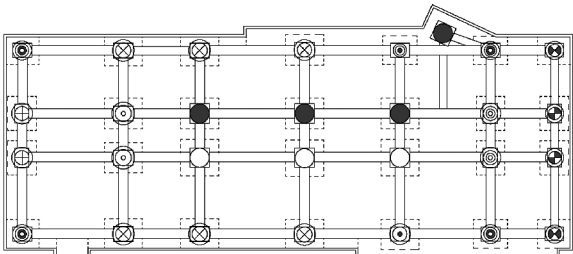


図4 免震部材配置図

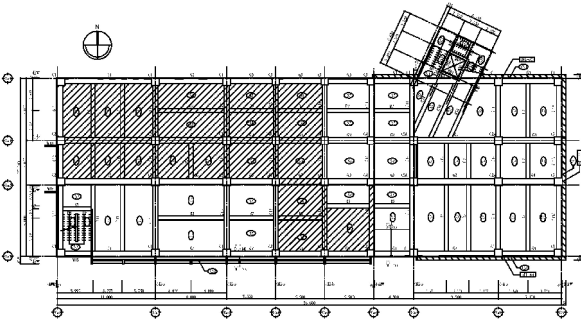


図5 伏図(基準階)

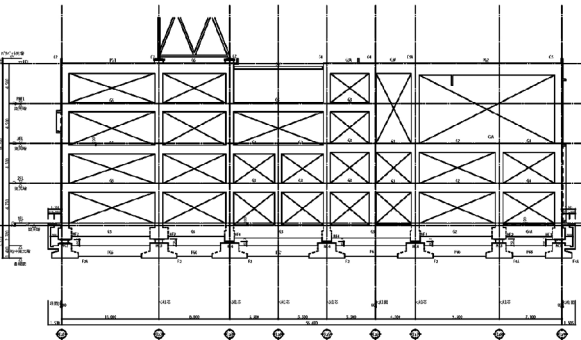


図6 軸組図(桁行)



写真3 LRB 設置状況



写真4 すべり支承設置状況

5 地盤増幅・告示計算

表1に示した地盤モデルによる本計画地における地盤増幅率(G_s)を図7に、設計用加速度応答スペクトルを図8に示す。地盤増幅計算時に用いる土層の動的変形特性は、HDモデル(古山田・宮本パラメータ)を用いて算出している。

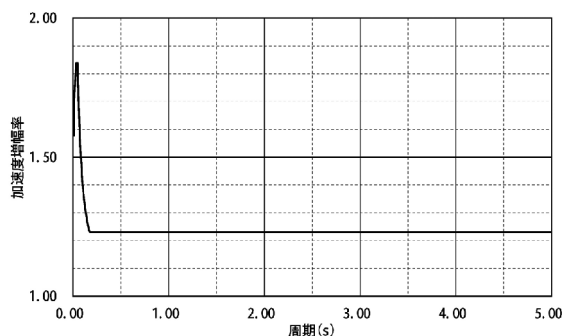


図7 表層地盤の加速度増幅率(G_s)

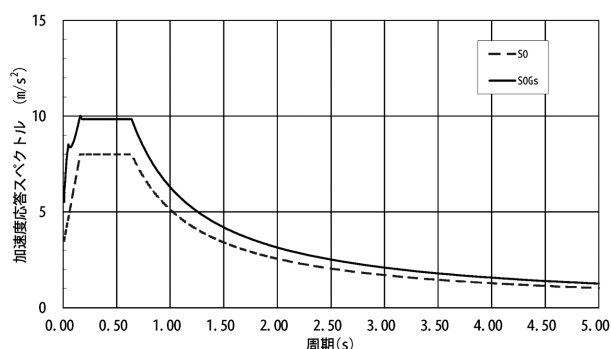


図8 設計用加速度応答スペクトル

表4に設計限界固有周期を示す。免震層の等価粘性減衰による加速度低減率(F_h)は、基準剛性時にて0.490～0.521、性能変動を考慮した場合0.439～0.540となっている。また図9に免震層全体の復元力特性(積雪状況別)および図10に免震層各剛性状態における積雪荷重別の応答状況を示す。

表4 固有周期一覧(設計限界変位時)

積雪状態	免震層の性能状態	上部構造の質量(t)	免震層の等価剛性 K_{eq} (kN/m)	設計限界固有周期(秒)
積雪荷重非考慮	基準剛性時	10003.1	31321.8	3.551
	HardCase時		44585.6	2.976
	SoftCase時		22188.4	4.219
積雪荷重考慮	基準剛性時	10335.6	35430.4	3.394
	HardCase時		48323.1	2.906
	SoftCase時		28784.7	3.765

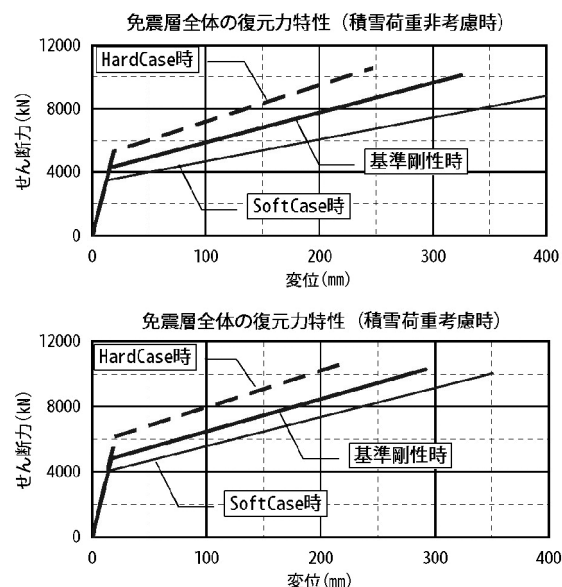


図9 免震層全体の復元力特性

表5および図10に上部構造の応答せん断力係数(C_{ri})を示す。免震層全体のせん断力分担率(μ)は、基準剛性時にて、0.041(積雪非考慮)・0.045(積雪考慮)である。

表5 応答層せん断力係数一覧

層	上部構造設計用せん断係数	応答層せん断力係数(C_{ri})					
		積雪荷重非考慮時			積雪荷重考慮時		
		基準剛性	HardCase	SoftCase	基準剛性	HardCase	SoftCase
PH F	0.250	0.134	0.153	0.115	0.134	0.149	0.125
3 F	0.210	0.119	0.134	0.103	0.119	0.130	0.112
2 F	0.170	0.110	0.122	0.096	0.110	0.119	0.105
1 F	0.130	0.104	0.115	0.091	0.104	0.111	0.100

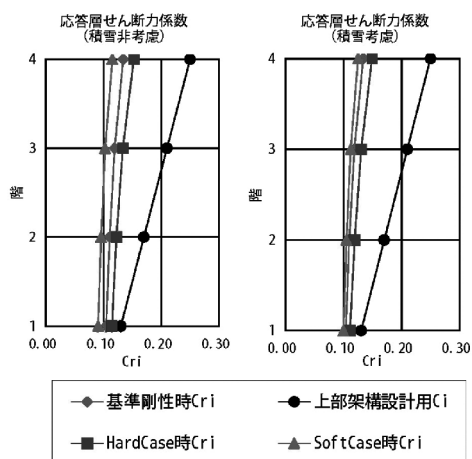


図10 層せん断力係数

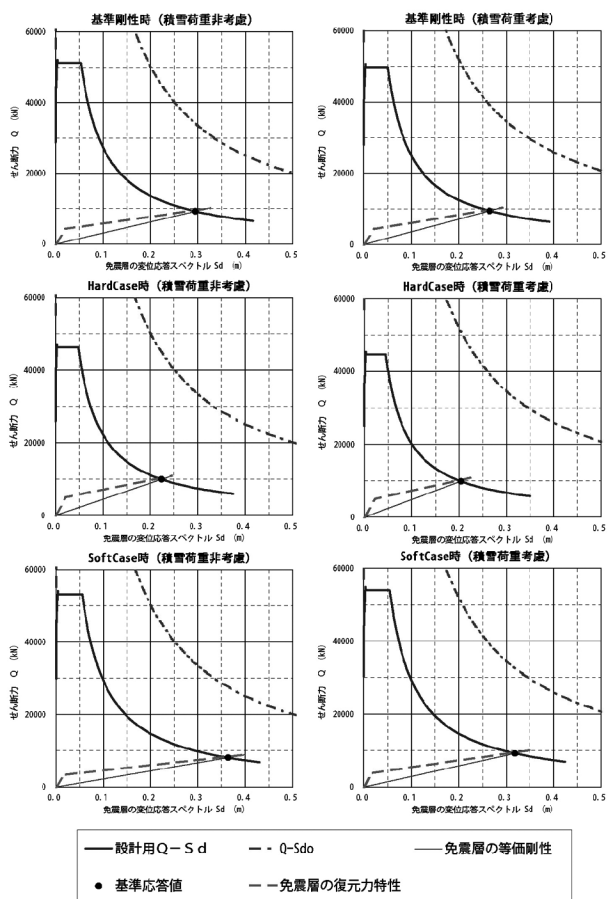


図11 免震層の応答性状

図11に積雪荷重考慮の有無を含めた免震層の各剛性時における応答結果を示す。

免震層の応答変位については、基準変位(δ)にて203.4mm～363.5mmであり、基準変位に1.10を乗じた応答変位($\delta\gamma$)は、223.8mm～399.9mmである。

免震層外周ピット壁と上部構造の水平方向クリアランスは650mmとしており、応答変位の1.25倍以上および応答変位に100mmを加算した数値以上であるために問題は生じない。鉛直方向のクリアランスについては、50mmとしている。

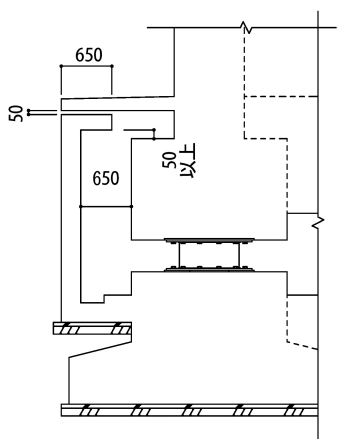


図12 免震層のクリアランス

6 おわりに

多雪地域における免震建築物をH12告示第2009号第6に準拠して設計するにあたり、上部構造に積雪荷重を考慮した冬期の状態と積雪を考慮しない夏期の状態を想定し、それぞれの環境温度下における上部構造の質量と免震層の等価剛性にて応答スペクトル解析を行い、いずれの場合においても免震建築物として有効に機能する事を確認した。

また、建物周辺の積雪状況を考慮して、免震建築物としての機能を阻害しないように、庁舎棟外周部には融雪装置(散水等による)を設けております。

本建物は順調に工事が進捗し、平成22年10月に竣工し、現在では地域防災の一翼を担う拠点として機能している。

本建物の設計・監理および施工にご協力頂いた工事関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) (財)日本建築センター：免震建築物の技術基準解説及び計算例とその解説
- 2) ぎょうせい：改正建築基準法の免震関係規定の技術的背景