

石巻地区広域行政事務組合消防本部(石巻消防署併設) 庁舎移転整備事業 庁舎棟



飯田 正敏
織本構造設計

1 はじめに

石巻消防署はPFI事業として計画され、代表企業を中心となって運営組織(SPC)を結成し20年間の維持管理・運營業務を継続的かつ安定的に行う事業として計画されている。

石巻消防署は石巻市内を流れる旧北上川沿いに位置し、宮城県沖地震をはじめとするあらゆる災害に迅速に対処し、かつ十分な受援体制が確保出来る「石巻広域圏の安全・安心のシンボル」また、高度情報化社会に対応した地域防災の活動拠点、地域住民に開かれた防災情報発信基地としての消防行政機能を満足出来る「明るく緑あふれるセイフティステーション」を目指して計画されている。

2 建築概要

建築名称：石巻地区広域行政事務組合消防本部
(石巻消防署併設) 庁舎移転整備事業 庁舎棟

建築場所：宮城県石巻市大橋1丁目1番1

用途：消防署

建築主：株式会社 PFI石巻

設計者：株式会社 関・空間設計
株式会社 織本構造設計

監理者：株式会社 関・空間設計
株式会社 織本構造設計

施工者：若築・佐藤・遠藤JV

建築面積：2,637.65m² (庁舎部分：1,154.83m²)

延べ面積：4,697.76m² (庁舎部分：2,988.25m²)

階数：庁舎 地上3階、塔屋1階

軒高：14.06m

最高高さ：39.56m(電波塔含む)

基礎形式：杭基礎(SC杭+節付き杭)

免震材料：鉛プラグ入り積層ゴム支承(6基)

天然積層ゴム支承 (6基)

弾性すべり支承 (8基)

オイルダンパー (6基)



図1 外観パース

3 構造概要

本建物は、石巻消防署事務室、消防本部事務室、通信事務室、会議室および仮眠室を含む地上3階建ての建物であり、宮城県沖地震やその他の災害に対し、防災活動拠点として消防署の機能維持を確保するために免震構造として計画する。屋上には高さ25mの通信鉄塔が計画されている。

階高は1階が4.86m、基準階が4.40mで軒高は14.06mになっている。スパンはX方向が7.56m×5スパンに左右3.55mの張り出しが付き44.9m、Y方向は11mと10mの2スパンで21.0mとなっている。

建物の構造種別は、鉄筋コンクリート構造とし、地上3階建ての耐震壁付きラーメン構造ある。建物躯体は、極めて稀に発生する地震動(60cm/s程度)に対して許容応力度以内とする。また、雑壁・袖壁などを極力残して建物剛性を確保することにより上層部の応答加速度の低減をはかり、事務室の床応答加速度を250 (cm/s²) 程度に抑えるように計画する。

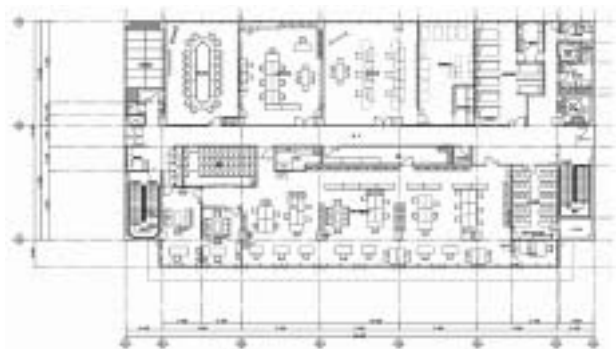


図2 平面図

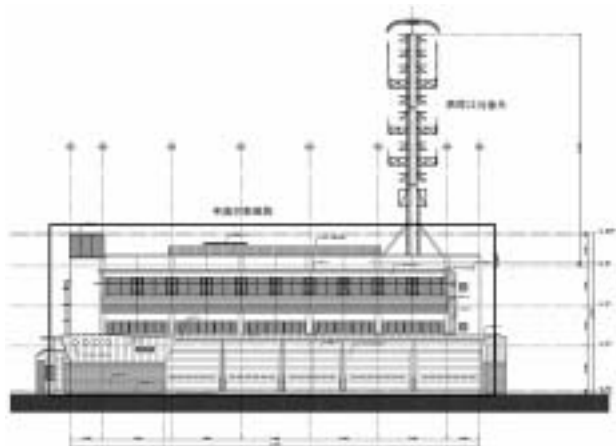


図3 立面図

建設地の石巻平野は、旧北上川河口一帯の標高数m以内の海岸平野で、第四紀の海退によって堆積した土砂が、その後の海退によって陸化したものである。地盤は、地表面より約11.5m付近まで比較的N値が高い粘土層や砂質土層となっているが11.5m以

深から43mまでは非常に柔らかい粘土層となっている。表層の一部で液状化の可能性があるので静的締め固め砂杭工法による地盤改良をおこない、建物支持はGL-58付近の砂層(N値30程度)を床付け位置とした杭基礎(既製コンクリート節付き杭)とする。

基礎梁は、掘削残土の低減のためにマットスラブ形式とする。

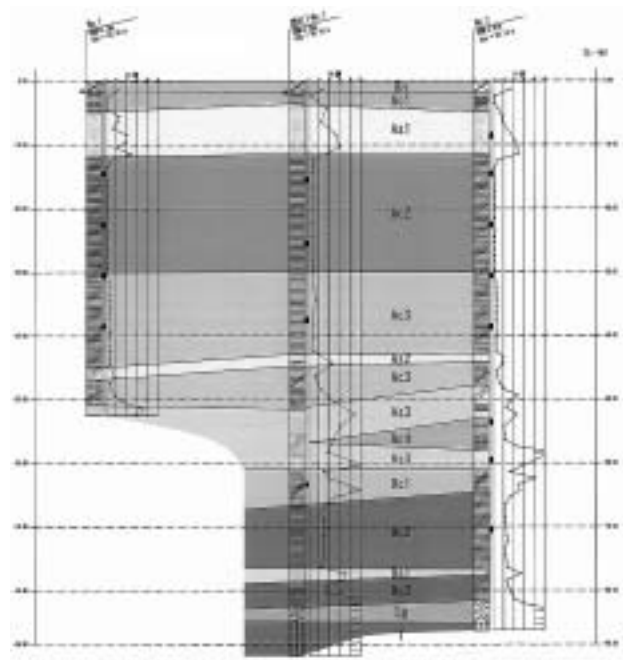


図4 想定断層図

4 免震層の設計方針

免震装置は、天然ゴム系積層ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承、弾性すべり支承およびオイルダンパーの組み合わせとした。

積層ゴムは700×700と750×750の角型積層ゴムを用い、常時面圧は10N/mm²程度で設定する。免震層の周期を長くする為に弾性すべり支承($\mu=0.01$)を採用した。

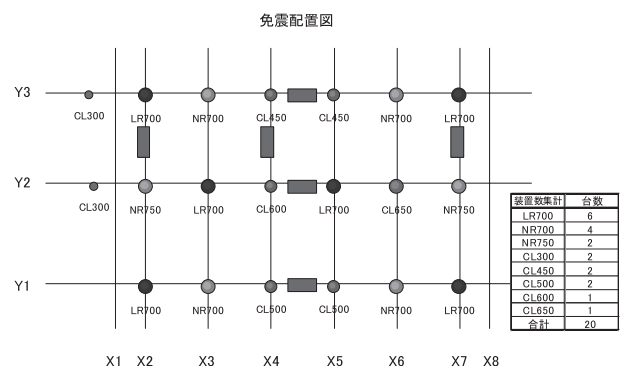


図5 免震支承の配置図

設計上の応答変位は40cm程度と考えているが、予想外な変形に対しても追従出来るように免層および仕上げ・設備の最大可動範囲は60cmとしている。

また、地震時の変形を抑えるためと風ゆれなどの低速度域のゆれに対しても減衰効果を効せるようにバイリニア型のオイルダンパーを配置している。

免震部材は、免震層での偏心を各歪み領域で極力低減するように配置する。オイルダンパーは予想外なねじれを抑える効果も期待出来ることから外周付近に均等に配置している。

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
上部構造	耐力	短期許容応力度以内
	層間変形角	1/200 以下
免震層	せん断歪み	250%以下
	層間変形	性能保証変形(39.5cm)以内
基礎	耐力	弾性限耐力以内

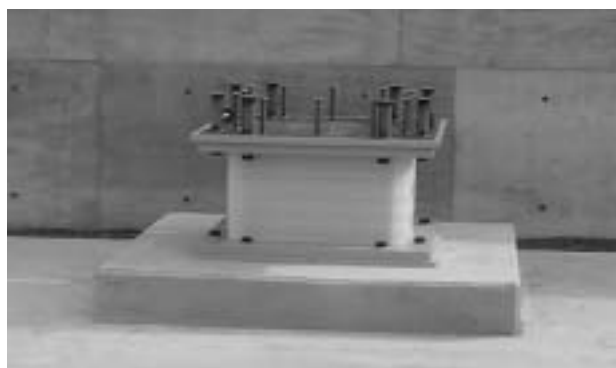


図6 鉛プラグ入り積層ゴム支承

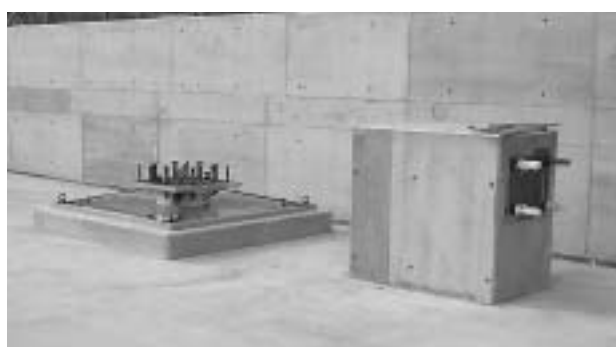


図7 弾性すべり支承およびオイルダンパー基礎

5 地震応答解析

1) 解析モデル

振動解析モデルは、上部構造3質点に免震層1質点および塔屋4質点を含む8質点モデルとし、基礎下端を固定(入力位置)の等価せん断型モデルとする。上部構造の各層の復元力特性は静的荷重増分解析結果をもとに、Degrading Tri-Linear型(武田モデル、 $\gamma = 0.4$)にモデル化する。鉄塔は弾性とする。

免震層は天然積層ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承、弾性すべり支承及びオイルダンパーを4本並列に配置する。鉛プラグ入り積層ゴム支承は修正バイリニアでモデル化をする。なお、天然積層ゴム支承は弾性バネとする。オイルダンパーは速度依存型のバイリニアとする。

減衰は、鉄塔を除く建物の1次振動数に対して3%の瞬間剛性比例型減衰とした。また免震装置の減衰は履歴減衰のみとする。鉄塔については減衰を考慮しない。

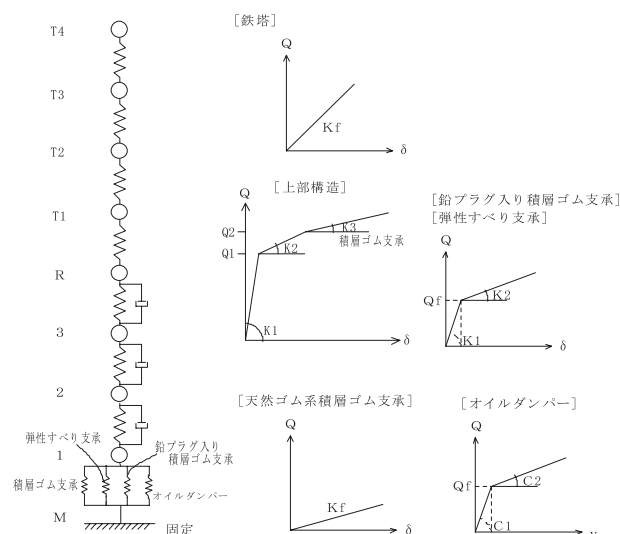


図8 解析モデル及び復元力特性

2) 入力地震動

この建物の付近は、過去にもかなりの地震が発生しており、近年でも直下型に近い宮城県北部地震(2003年7月)、近海の海洋型地震である宮城県沖地震(2005年8月)と震度6クラスの地震を経験している。そこで設計に用いる地震動は、先に述べた宮城県北部地震(2003年)と宮城県沖地震(2005)および八戸(1968)の3つの位相を用いて告示波を作成する。また、建設地の地盤が軟弱であることから既往の地震波を30cm/s、60cm/sに増幅して検討する。

表2 採用地震波一覧

地震波	極めて稀に発生する地震動	
	加速度 (cm/s ²)	速度 (cm/s)
KO-HA-L2(HACHINOHE NS)	262.2	73.8
KO-05-L1(宮城県沖 2005)	251.6	74.5
KO-03-L2 (宮城県北部 2003)	279.8	73.1
EL CENTRO 1940 NS	613.0	60.0
TAFT 1952 EW	596.0	60.0
HACHINOHE 1968 NS	399.0	60.0

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次周期を示す。

		X 方 向	Y 方 向
基 礎 固 定 時	$\gamma = 0 \%$	0.561	0.362
レベル 1 相当	$\gamma = 50 \%$	2.808	2.780
レベル 2 相当	$\gamma = 200 \%$	3.596	3.572
限 界 変 形 時	$\gamma = 300 \%$	3.736	3.713

図9 立体モデルの固有周期

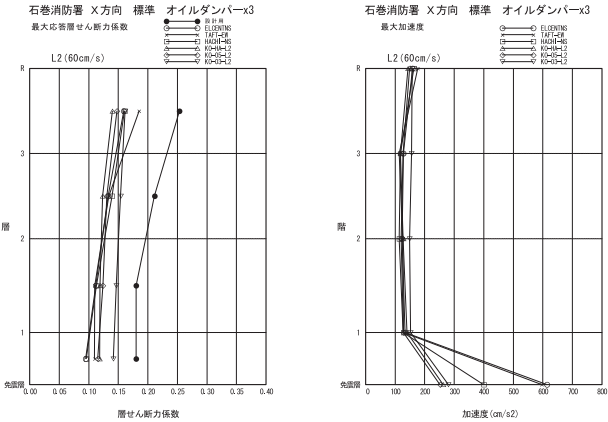


図10 最大応答結果 (X方向標準状態)

表4 極めて稀に発生する地震動時の最大応答結果一覧

		極めて稀に発生する地震動			
		X方向	Y方向	45 方向	135 方向
免 震 層	最大層間変形 (m)	0.378 KO-03-L2	0.381 KO-03-L2	0.381 KO-03-L2	0.381 KO-03-L2
	最大応答速度 (m/s)	0.919 KO-03-L2	0.886 KO-03-L2	0.877 KO-03-L2	0.877 KO-03-L2
	最大せん断力 (kN)	9265 KO-03-L2	9250 KO-03-L2	9287 KO-03-L2	9286 KO-03-L2
	最大せん断力係数	0.162 KO-03-L2	0.161 KO-03-L2	0.162 KO-03-L2	0.162 KO-03-L2
	最大・最小の 面圧 (N/mm ²)	LRB	11.85 2.34	13.49 3.12	12.81 2.35
		天然	14.25 2.79	12.51 0.26	13.74 1.40
		すべり	15.27 3.43	20.78 2.06	19.08 3.77
		最上階床位置の 最大加速度 (m/s ²)	2.107 TAFT-EW	2.432 ELCENTNS	2.222 TAFT-EW
	最下階の最大 せん断力係数	0.173 KO-03-L2	0.162 KO-03-L2	0.169 KO-03-L2	0.169 KO-03-L2
	最大層間変形角	1/376 KO-03-L2	1/1266 ELCENTNS	1/878 KO-03-L2	1/878 KO-03-L2
上 部 構 造	最大応答速度 (m/s)	0.926 KO-03-L2	0.915 KO-03-L2	0.941 KO-03-L2	0.941 KO-03-L2
	転倒モーメント (1F位置) (kN・m)	71447.5 KO-03-L2	66701.8 KO-03-L2	68183.1 KO-03-L2	68363.2 KO-03-L2

6 おわりに

本建物は、宮城県沖地震が懸念される石巻市に計画される消防署であることから、大地震時の災害復旧拠点としての機能維持のために免震工法が採用された。しかし3種地盤で液状化の可能性もあり、表層から43m付近までの地盤が非常に軟弱であったため、建物規模に対して杭基礎および免震装置がかなりコストアップ要因となった。

また、地盤の影響による上部構造の応答を抑えるために免震層の長周期化を図る必要があり、低摩擦の弾性すべり支承で長周期化を図り、オイルダンパーを併用して変形をおさえる計画とした。免震工法を採用することにより上部構造は極めて稀に発生する地震動に対しても許容応力度以内、層間変形角も1/376以下、最大加速度も243cm/s² (居室階では180cm/s²) 以下となっている。

上記のことから本建物は懸念されている宮城県沖地震およびその他の大地震に対して十分な機能を発揮出来ると判断している。