

広島ガス防災センタービル



三吉 拳志
大林組



日野 惇
同

1 はじめに

本建物は、巨大地震及び津波等の被災時に防災拠点となるビルとして広島ガス本社ビルに隣接して建設された。

ガス復旧の対応要員が3日間、インフラ等外部からの補給なしに任務遂行できるように事業継続性（BCP）に配慮された建物である。

2 建物概要

1階はピロティ形式の駐車場、2～5階は主に執務室で構成され、階高は5.0～5.6mである。

3階には災害対策本部が常設されており、ガスの供給エリア全てを把握する拠点となっている。

外観は横連窓を基調とし、グレーの色調を揃えて隣接する本社ビルとの統一感を出している。また、屋内階段は開放的な廻り階段とし、その吹抜を利用して最上階で自然換気を実現している。

【建築概要】

建設地：広島県広島市南区皆実町
(広島ガス本社ビル敷地内)

建築主：広島ガス株式会社

設計監理：株式会社大林組広島支店
一級建築士事務所

施工：株式会社大林組広島支店

用途：事務所

階数：地上6階（構造上は地上5階、塔屋1階）

建物高さ：31.157m

延べ面積：3,906.29m²

建築面積：799.08m²

構造：鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）

基礎形式：杭基礎（支持層：GL-30m以深の砂礫層）



写真1 北西側外観写真

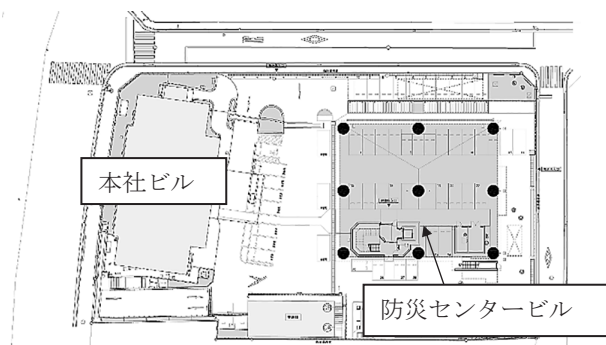


図1 配置図兼1階平面図

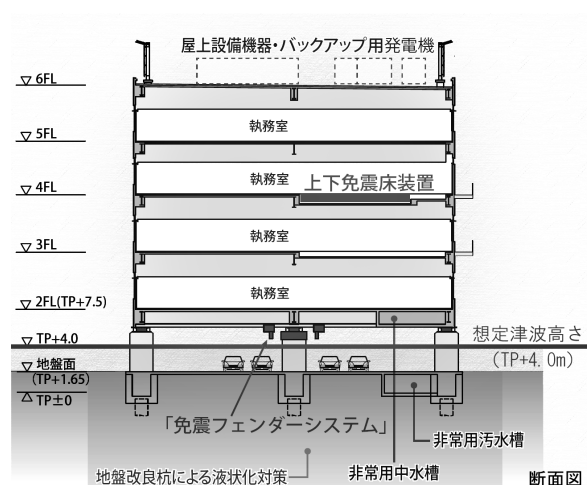


図2 断面構成

3 構造計画概要

本建物は、事業の継続性・運用の面から、通常の基礎免震ではなく、1階柱頭免震を採用しているのが特徴である。

これにより、免震装置自体も洪水又は津波からの浸水被害を回避することが可能で、被災後の安全確認も目視で容易に行える。

また、1階柱を少数（9本）の円柱とすることにより津波波力及び浮遊物の衝撃を受け流す計画としている（図1、2）。

1) 上部構造

X方向の柱スパンは14.4m、Y方向は12m。両方向共2スパンで構成されている。外壁は耐震壁付ラーメン架構とし、内部は軽量化を図るためS造の梁とした。

また、意匠性に配慮し耐震壁以外の部分では、横連窓を配置している。2階大梁はSRC造とし、EVコアを吊ると共に、免震層の剛性を高めている。

2) 免震層

免震装置は、外・側柱を鉛プラグ入り積層ゴム（LRB）、中柱を弾性すべり支承とし、偏心率は鉛の量で調整して0.03以下としている。

弾性すべり支承は、長周期化が目的で、すべり板を上面に取り付けることで、免震装置下側の9本のRC柱の直径をΦ2200で統一している（図3）。

中柱は、他の柱と比べ地震時に負担する水平力が微小であることを利用し、「免震フェンダー®」（後出）を、中柱の頂部に作用させる計画とした。

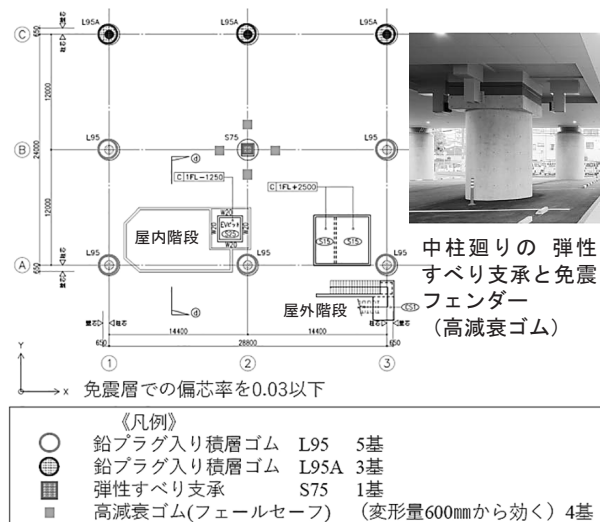


図3 免震装置配置図



写真2 EVホール
（右手奥が屋内階段）

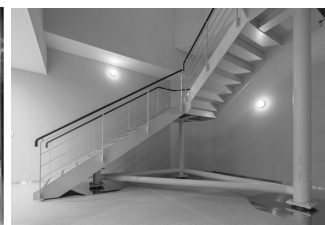


写真3 屋内階段（剛すべり支承）
（地震時は2階床とで一体挙動）

屋内階段は、1階床面に剛すべり支承を設置し、2階床レベルで躯体に接続している（写真2、3）。

3) 下部構造

免震装置下の1階RC柱は、想定される外力に対し、十分な耐力と剛性を確保した片持ち柱形式で設計している。

基礎構造は、杭基礎を採用し、液状化対策として静的締固め工法による地盤改良を設計GL-約11以深の粘土層まで実施している。杭は高支持力プレボーリング拡大根固め工法を採用している。

4) 想定する津波荷重

本建物では、地震を想定した動的解析以外に、津波荷重に対しても、建物の安全性も検証している。

想定する津波荷重と設計クライテリアを図6に示す。1階コア廻りの躯体は、RC柱と同様に、基礎躯体から片持ち形式で構築し、外部に床にEXP.Jが無く、すっきりとした外観を実現している（写真4、5）。

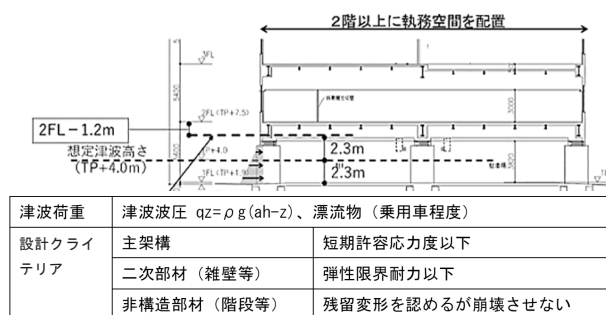


図4 想定する津波荷重と耐震クライテリア

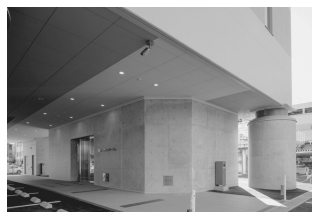


写真4 エントランス廻りRC壁
（基礎躯体から自立）

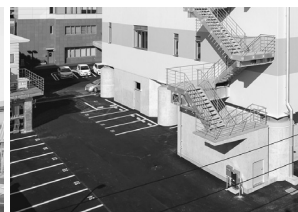


写真5 外部階段
（免震層レベルで縁切り）

4 地震応答解析概要

レベル2地震動及びその応答結果を示す。

1) 設計性能目標と設計入力地震動

表1に耐震性能目標を、表2に採用波一覧を示す。

極めて稀に発生する地震動（レベル2地震動）として、告示適合波（告示波）3波、最大速度振幅を45cm/secに基準化した既存観測波3波および、建設地の地盤特性を考慮した地震動（サイト波）2波の合計8波を用いた。サイト波1は、M7クラスの安芸灘を震源とした模擬地震動、サイト波2は南海トラフを震源としたM9クラスの模擬地震動を採用した。

表1 耐震性能目標

部位	項目	レベル2地震動時 極めて稀に発生する地震動
上部構造	層	層間変形角 $\delta/h \leq 1/200$
		層の塑性率 $\mu < 1.0$
	柱・梁	断面設計
	耐震壁	短期許容応力度以下
免震層	重要機器設置階	加速度(水平方向)
		250gal以下
	鉛プラグ挿入型 積層ゴム支承	変形
		性能保証変形以内 ($\gamma \leq 267\%$)
基礎構造	面圧	短期許容面圧以下
		引張 $\sim 1.0\text{N/mm}^2$ 以内
	変形	600mm以下
		短期許容面圧以下
	面圧	短期許容面圧以下
		引張力は生じさせない
	基礎梁	断面設計
	柱	断面設計
杭	柱頭回転角	短期許容応力度以下
		1/250以下
	支持力	短期許容支持力以下
		短期許容引抜抵抗力以下
	断面設計	短期許容応力度以下

表2 入力地震動一覧

地震波名 /[プログラム入力名称]	最大加速度 [cm/sec ²]	
	稀に発生する地震動 (レベル1地震動)	極めて稀に発生する地震動 (レベル2地震動)
告示波 (神戸 NS 位相) / [KBNS_L1, KBNS_L2]	80.1	310.4
告示波 (八戸 NS 位相) / [HTNS_L1, HTNS_L2]	93.7	328.6
告示波 (乱数位相) / [RXN1_L1, RXN1_L2]	72.2	327.6
EL-CENTRO 1940 NS / [ELCN_L1, ELCN_L2]	229.8	459.6
TAFT 1952 EW / [TAFT_L1, TAFT_L2]	223.6	447.1
HACHINOHE 1968 NS / [HACH_L1, HACH_L2]	157.1	314.2
サイト波		
安芸灘 M7.4 / [AKNDM7.4]	—	137.8
南海トラフ M9 (EW) / [NKT9EW]	—	86.5

2) 時刻歴応答解析モデル

解析モデルは、各階を質点に縮約した上部構造5質点の等価せん断型ばねモデルとし、内部粘性減衰は、免震装置下を固定とした上部構造のみの一次固有振動数に対して2%の瞬間剛性比例型とした。免震層は、LRBおよび弾性すべり支承の復元力特性をBi-Linear型とした。

3) 時刻歴応答解析結果

レベル2地震動に対する免震層標準状態での応答解析結果を示す（図5）。応答層せん断力係数は設計用せん断力係数に対し、約74%、免震層の変形は最小クリアランス550mmに対し約77%である。また、各階床の最大応答加速度は160cm/sec程度、最大層間変形角は1/3000程度であり免震効果が有効に発揮されている。なお、1階柱頭の最大変位は8.5mm、1階柱頭の回転角は1/486であり、免震層の変形量と比較し十分小さな値となっている。

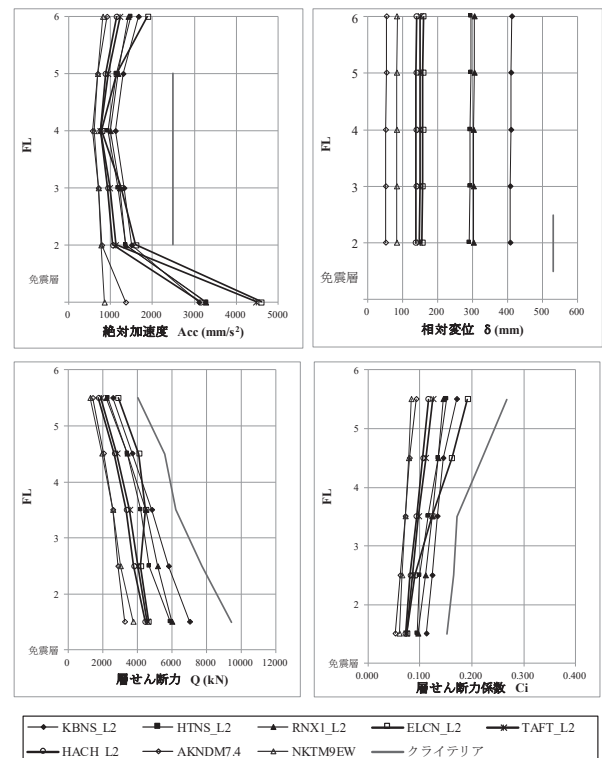


図5 レベル2応答解析結果（最大応答値）

5 レベル2地震動を超える地震への対応

1) レベル2地震動の割り増し

本建物では、建築基準法の極めて稀に発生する地震動を超える入力レベルの地震動（以下、レベル3地震動と呼称）に対して地震応答解析を行い、構造安全性を確認している。

振動解析モデルは、4章で示した振動解析モデルを用いる。免震層の設定は標準状態とする。

レベル3地震動は、震度7相当の地震動を想定し、L2告示波（乱数位相）、観測波及びサイト波の加速度にそれぞれ入力倍率を乗じた地震波とする（表3）。

設計クライテリアは、躯体断面設計を弾性限耐力以下とし、その他に関してはレベル2地震動時と同様とする。

表3 レベル3地震動の入力地震波及び最大加速度

地震波名 [プログラム入力名称]	震度	入力倍率	最大加速度 [cm/sec ²]	解析時間 [秒]
告示波 告示波 (乱数位相) [RNX1_L3]	震度 6 強	1.5	491.4	160
観測波 1995 年兵庫県南部地震 NS (神戸海洋気象台) [KKKNS_S7]	震度 7	1.3※	1063.4	180
サイト波 安芸灘 M7.4 [AKND_X07]	震度 7	7.3※	998.3	80

※水平1成分のみを考慮した時に、計測震度6.5以上（震度7）となるように設定。

表4 レベル3の最大応答値一覧

	X方向	Y方向	45°、135°方向	備考
上部最大層間変形角	1/5726	1/2886	1/3632	≦1/200
上部階室内最大加速度[mm/s ²]	1591	1982	2047	≦2500
免震層最大水平変位[mm]	508	507	507	設計クリアランス=600 (最小クリアランス=550)
免震層せん断力係数	0.128	0.128	0.128	設計用せん断力係数=0.135
LRB面圧[N/mm ²] (上下動考慮)	2.1~17.9	2.3~19.9	1.4~19.3	短期許容応力度以下

表4に、レベル3地震動に対する応答解析結果を示す。柱スパンが12m~14.4mと広く設定し、アスペクト比も1以下であるため、四隅のLRBにおいても引張力が発生していない。各設計クライテリアを十分満足していることがわかる。

2) 免震フェンダー

免震建物においては、免震層の変形が設計クリアランスを超えるような巨大地震が発生した場合、免震層で躯体同士が衝突する。衝突による衝撃力は、大林組開発の緩衝装置「免震フェンダー®」を、取付け鉄骨の先端に設置し、厚さ100mmの高減衰ゴムの圧縮変形により吸収させる。

取付け鉄骨は必要以上に2階大梁に衝撃荷重が加わらないように意図的に偏断面に設定した（図6）。

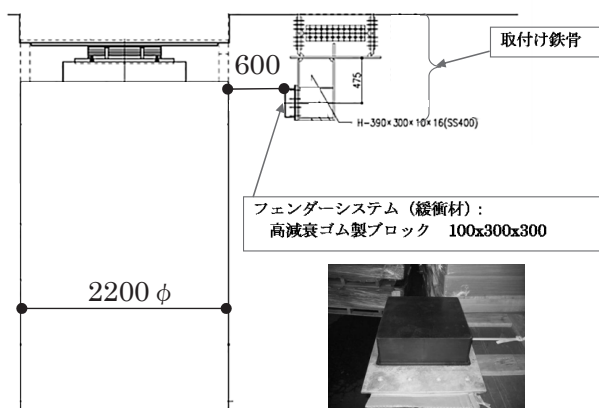


図6 免震フェンダー取付け詳細図

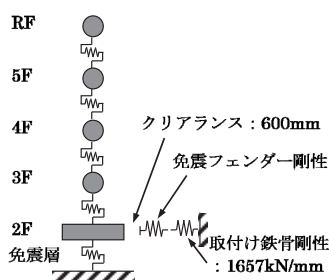


図7 解析モデル

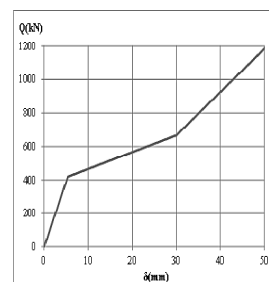
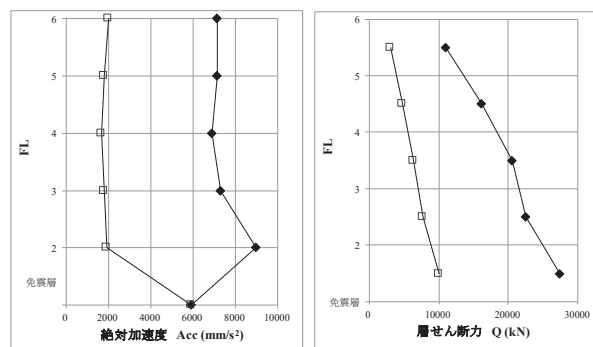


図8 免震フェンダーの復元力特性



● フェンダーなし □ フェンダーあり

図9 免震フェンダー応答解析結果

図7に、解析モデルを示す。免震フェンダーの復元力特性は実験結果を元にモデル化した（図8）。

免震フェンダーと鉄骨柱とのクリアランスは、設計クリアランスの600mmに設定した。

図9に、L2告示波（乱数位相）の1.8倍（加速度倍率）の地震動を作用させた場合の結果を示す。比較のため、免震フェンダーがなく600mm水平変位後、直接取付け鉄骨相当の剛性の弾性体に建物が衝突した場合の解析結果も表示す。免震フェンダーにより、加速度は約2割、層せん断力は約4割に低減され、上部架構への衝撃力が緩和されている。

6 その他

上部躯体において、重要機器が設置される部分には、空気ばねによる上下動に対応した免震床装置を採用している。大地震時の上下床応答加速度を1/4~1/2程度に低減する効果があり、更なる安全対策を施している。

7 おわりに

本建物の完成に携わり、ご協力頂いた関係者皆様にはこの場を借りて感謝申し上げます。ありがとうございました。