

富士ゼロックス R&D スクエア



中川 健太郎
清水建設



諸星 雅彦
同

1 はじめに

横浜駅東口からペデストリアンデッキを通り、東に視界が開けると、帷子川に姿を映す富士ゼロックス R&D スクエアが見えてくる。横浜みなとみらい地区の北に位置し、みなとみらい大通りを北からアプローチすると「緑の丘」の上にガラスカーテンウォールをまとった楕円形の建物が、みなとみらい地区のゲートであるかのように目に入る。

本建物は富士ゼロックス社が首都圏の研究開発の拠点として計画した、顧客共創型研究開発施設である。本稿では空間、形状、地盤等の与条件の中で、研究開発拠点としてふさわしい構造形式の選定およびそれに至るまでの検証内容を報告する。



図1 建物鳥瞰

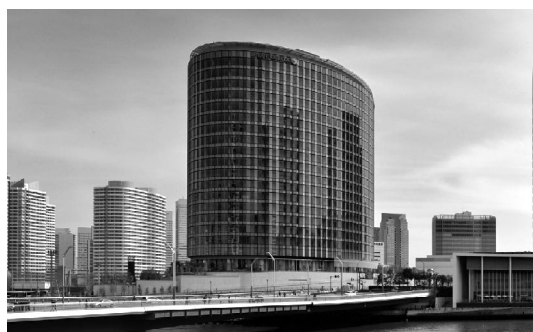


図2 建物外観

2 建物概要

建物名称：富士ゼロックス R&D スクエア

建築地：横浜市区西区みなとみらい6-1

建築主：富士ゼロックス株式会社

建築主側：日建設計、日建設計コンストラクション・コンサル・マネジメント、日建設計マネジメントソリューションズ

設計・監理：清水建設 一級建築士事務所

建築施工：清水建設 横浜支店

主要用途：事務所・研究所

敷地面積：14,655.63 m²

建築面積：11,343.12 m²

延床面積：135,253.62 m²

建物高さ：98.661m

基準階高：4.45m

階数：地下1階、地上20階、塔屋1階

構造種別：S造（柱CFT）、一部SRC造

基礎形式：杭地業（場所打ちコンクリート杭）

工期：2008年3月～2010年3月

本建物は横浜駅から直通のペデストリアンデッキに接続する3階をメインエントランスとし、上層階をオフィスゾーン、下層階を実験室、駐車場、機械室で計画されている。建物の外観・機能上の境界となる3階と4階の間に免震層を配置した、中間階免震構造の超高層建物である。

基準階は、長辺約108m、短辺約72mの楕円の平面形状の外周に1周300mの緑側空間を設けることで、研究者間の発想・共創の場を提供している。

低層部「緑の丘」は公開空地として地域への社会貢献を行うとともに、全面緑化することでヒートアイランド対策やCO₂削減による都市環境への貢献にも寄与している。

3 構造概要

本建物の構造計画を行う上で、3つの解決すべき課題があった。ひとつは、建築のコンセプトでもある新しい共創空間・自由な形態を実現すべく、構造架構形状も矩形ではなく、やわらかい曲線で構成することが求められた。ふたつめは、埋立地による軟弱地盤であっても高い耐震性を確保し、災害時にも機能維持を目的とするBCPに配慮した計画であること。もうひとつが、1フロア6,000m²もの空間をフレキシビリティに富むワークスペースとするため、できる限り柱を少なくし、かつ細柱とすることであった。

3.1 計画概要

計画地は明治時代以降に埋立てが行われた埋立地で、地下50m付近の土丹層までシルト層が続く地盤構成となっている。土丹層を解放工学的基盤として地盤の非線形性を考慮した自由地盤解析を行った結果、極めて稀に発生する地震動(レベル2)における地盤のスペクトルのピークが2~3秒付近となること分かった。

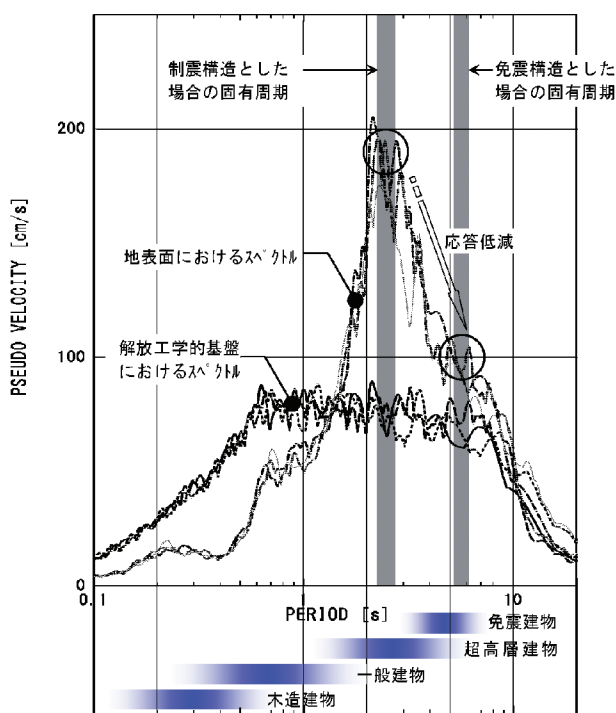


図3 地盤—建物の固有周期

図3に示すように、高さ約100mの超高層建物を制震構造で計画すると、建物と地盤の固有周期が近くなるため地震時の建物応答が大きくなる傾向にあった。比較検討を行った結果、本建物は免震構造とすることで耐震性能を向上させると共に、外周縁側空間を持つ楕円形状とフレキシビリティのある空間の確保を実現できると判断した。

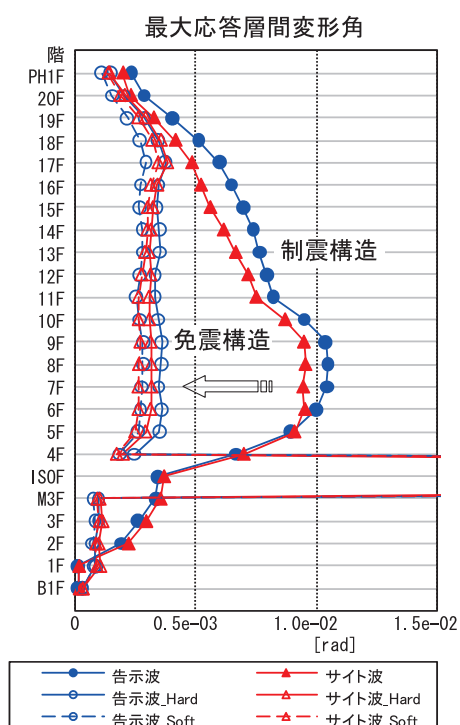
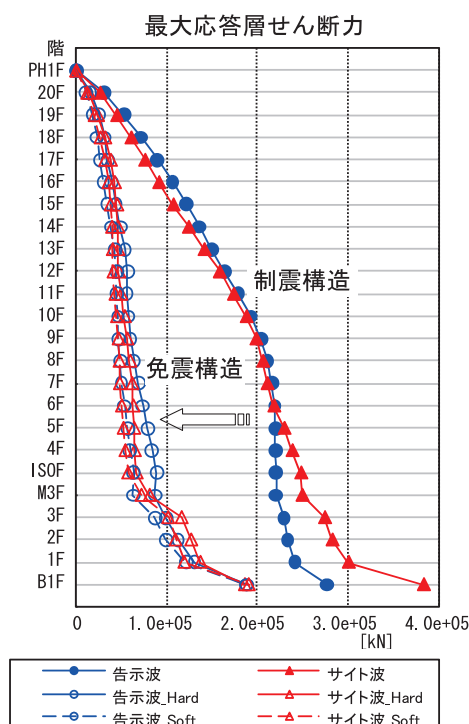


図4 免震構造と制震構造の応答比較

3.2 架構計画

架構形式は、免震層を含む2階以上を柱CFT、梁・ブレースをS造とするブレース併用ラーメン構造、2階以下をSRC造の耐震壁付ラーメン構造としている。また、レベル2地震時における弾性設計をより確実なものとするために、免震層上部の柱に建築構造用高降伏点鋼材(BT-HTP400UO、BT-HT400C)と高強度コンクリートを組み合わせた高耐力CFT柱を採用することで、大空間および細柱を実現した。

免震層は、建築計画、設備計画、工期等の与条件により、エントランスホール上部とする中間階免震構造を採用することで、大空間及び細柱を実現した。

杭地業は、G.L.-50m付近の土丹層を支持とする最大軸径2500mm、最大拡底径4100mmの場所打ちコンクリート杭を170台構築している。

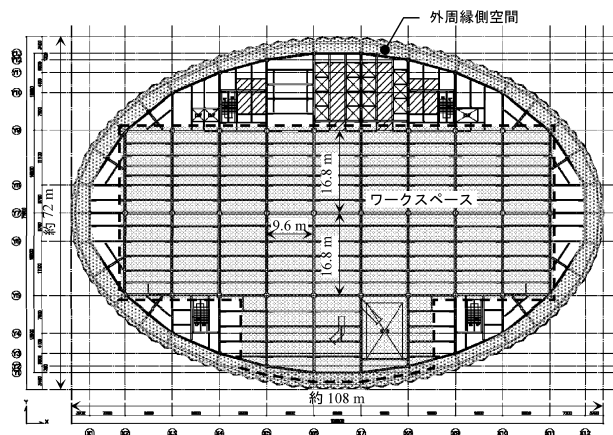


図5 基準階伏図

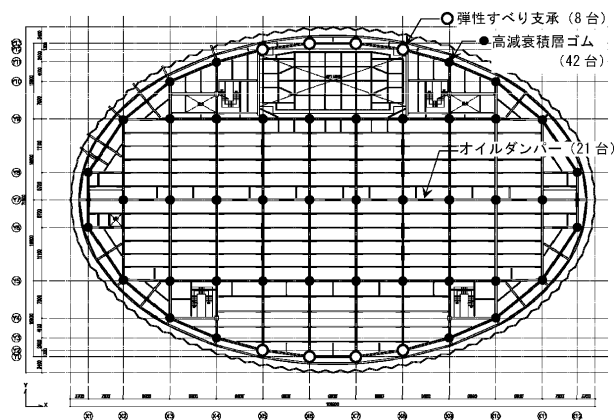


図6 免震層伏図

3.3 免震計画

免震部材は、1200φ～1400φの高減衰積層ゴム42台、1200φの弾性すべり支承8台、オイルダンパー21台で構成されている。高減衰積層ゴムはゴム層厚250mmに統一し、 $S_2=4.84\sim5.67$ としている。

本体鉄骨と免震部材の接合は鋼材同士のボルト接合とし、コンクリート基礎は設けていない。免震部材に接する部分の鉄骨面は、溶接による歪に対して平滑度を確保するため、全てフェーシング処理を行った。

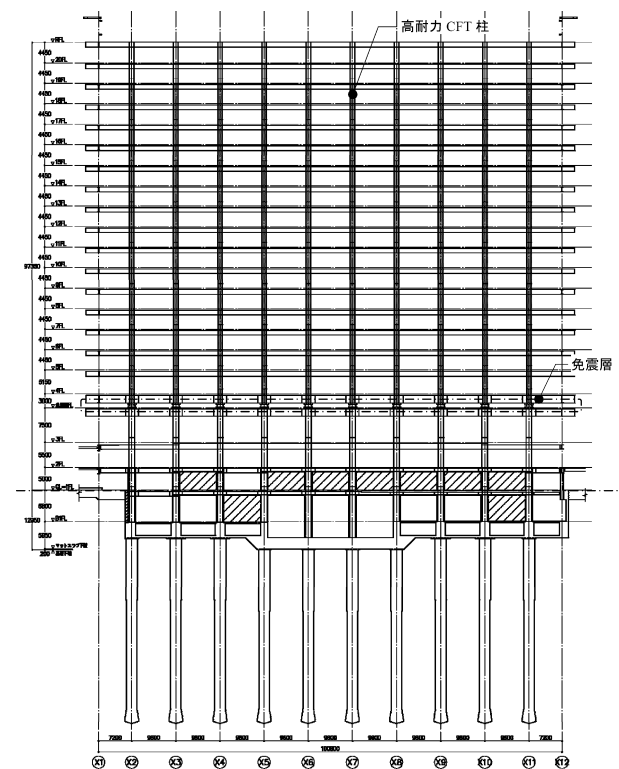


図7 軸組図



図8 免震層鉄骨建方状況

4 地震応答解析概要

4.1 耐震性能目標

耐震性能目標を表1に示す。入力地震動は位相を変えた告示スペクトル適合波3波と観測波3波（El centro 1940NS、Taft 1952EW、Hachinohe 1968NS）とした。また、レベル2のサイト波として、1923年の関東地震を3次元有限差分法と統計的グリーン関数法を用いた広帯域ハイブリッド法により作成した模擬波を採用した。

表1 耐震性能目標

地震動レベル	レベル1 稀に発生する地震動	レベル2 極めて稀に発生する地震動
上部 下部 構造	・ 層間変形角 1/300 以下 ・ 短期許容応力度以内	・ 層間変形角 1/150 以下 ・ 短期許容応力度以内 ・ 免震部材の性能変動を考慮した応答層せん断力が弾性限耐力以内
免震部材	・ 目標変形 400mm 以下 ・ 引張力は生じない	・ 目標変形 600mm 以下 ・ 引張面圧 1.0N/mm ² 以内
杭	・ 短期許容応力度以下	・ 慣性力、地盤変形を考慮した杭応力に対して終局強度以下

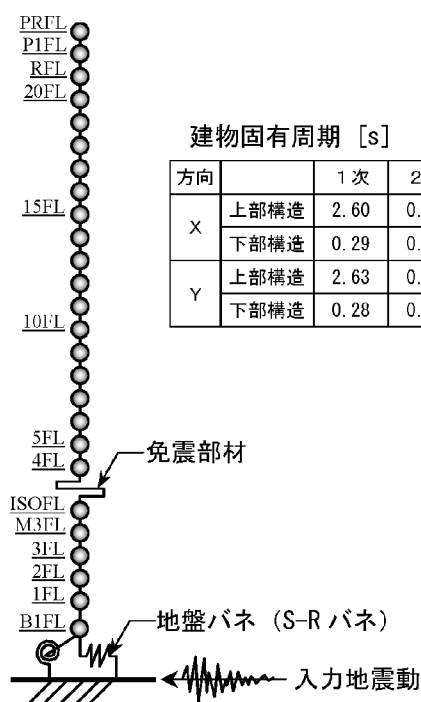


図9 基本振動モデル

4.2 解析モデル

基本振動モデルは、地盤のスウェーローッキングバネを考慮した、26質点の曲げせん断型バネマスモデルとした。振動系の内部粘性減衰は上部構造と下部構造各々の1次固有振動数に対し、剛性比例型としてそれぞれに与えた。減衰定数は上部構造1%、

下部構造は構造種別により2～3%とした。

免震部材の復元力特性として、高減衰積層ゴムは菊地モデル、弾性すべり支承はNormal-Bilinear、オイルダンパーは付帯フレームの剛性を直列バネで評価したダッシュポットとして設定した。

5 地震応答解析結果

レベル2における上部構造最下層（4F）の最大応答層せん断力係数は、標準状態時で $C_i=0.076$ 、性能変動考慮時で $C_i=0.102$ であった。性能変動考慮時のレベル2における免震層最大応答変形は $\delta=524\text{mm}$ 、上部構造の最大応答層間変形角は $\gamma=1/218$ となっており、いずれもクライテリアを満足している。

また、軟弱地盤における免震構造の地震応答を検証するために、地盤－杭－建物連成の3次元FEMによる地震応答解析を行った。なお、本件の敷地周辺の道路下部は、沈下防止を目的に地盤改良されているため、図10に示す様に地盤改良部分もモデル化することで、地震時における建物や杭の挙動をより詳細に把握し、建物の安全性を確認した。

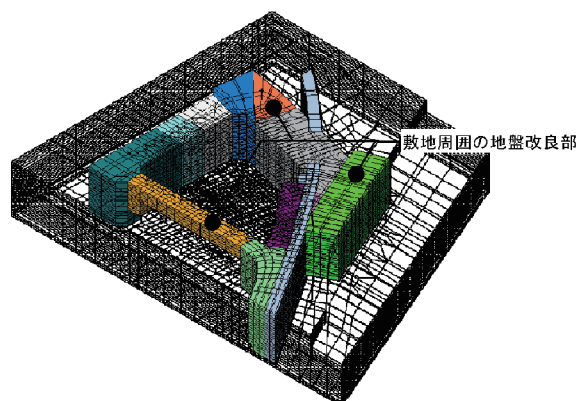


図10 地盤の3次元FEM解析モデル

6 おわりに

本件は、130,000m²を超える建物を24ヶ月で竣工させるために、計画段階から関係者が一体となって取り組んだプロジェクトである。様々な課題をクリアするために、新しい構工法を盛り込むことができ、このようなプロジェクトの設計機会を与えて頂いたお客様を初め、関係者の皆様に厚く感謝いたします。