

清水建設技術研究所新本館

清水建設
斎藤利昭



同
折原信吾



1. はじめに

清水建設は本年度で創業200年を迎え、「新たなるチャレンジへ」というテーマで全社が動き出した。その中で、創業200年の記念事業の一環として、都心に立地する「都市型技術研究所」という新たなコンセプトのもとに、技術研究所の整備に取り組んでいる。その第一弾として、新本館建設においては、都市インフラ上部空間の有効利用、および密集する都市部の高度利用をコンセプトに、様々な都市再生に対応した技術を盛り込んだ計画が行われた。

本稿では、構造関連技術を中心に、新本館計画の概要について紹介する。

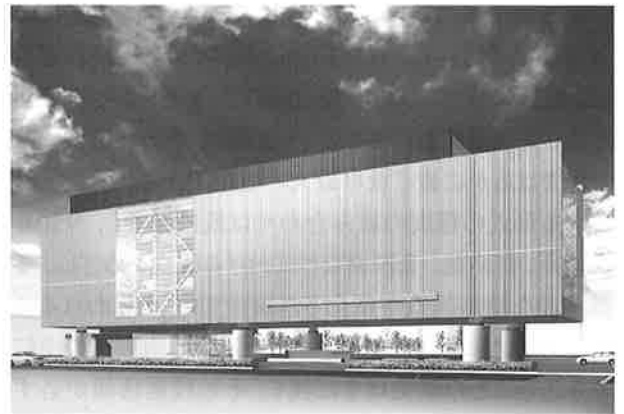


図-1 外観パース

2. 建物概要

- 建設地 : 東京都江東区越中島3-4-17
- 建築主 : 清水建設株式会社
- 設計者 : 清水建設一級建築士事務所
- 施工者 : 清水建設株式会社
- 主要用途 : 事務所
- 建築面積 : 1,835.32㎡
- 延床面積 : 9,066.12㎡
- 階数 : 地下0階、地上6階、塔屋0階
- 軒高 : 設計GL+26.80m
- 最高高さ : 設計GL+27.40m
- 構造種別 : 鉄骨造 (一部鉄筋コンクリート造)
- 基礎形式 : 杭基礎

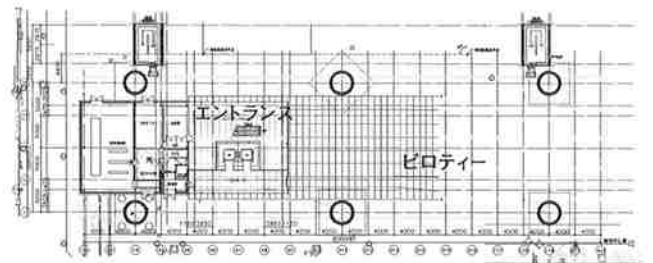


図-2 1階平面図

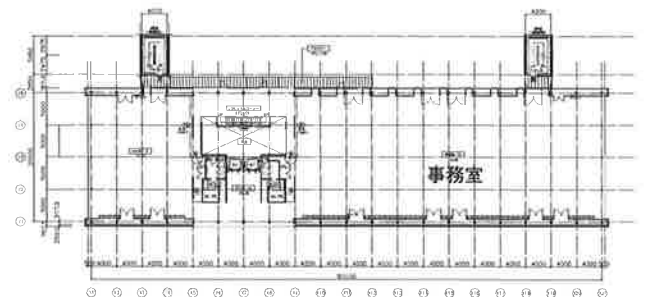


図-3 4階平面図

3. 構造計画概要

構造計画は、都市再生に対応した技術として、既存のインフラに手を加えず、その上空を跨ぐ構造形式をイメージして行った。

立面計画は、1階のピロティー部分に設けた6本の鉄筋コンクリート造ピア柱の上に、各1基ずつ鉛プラグ入り積層ゴムを設置し、その上に、2階から5階までの4層で構成した鉄骨造メガトラスが載っている。1階は、エレベーターシャフトと外部階段は上部構造からの吊り構造になっている。

平面計画は、1階は鉄骨造のエントランスホールになっていて、本体基礎とは分離した独立基礎から建てられ、上部構造と縁が切られている。2階から5階は、X方向は4.0mの20スパン、Y方向は20.0mの1スパンのグリッド構成とし、20m×80mの無柱事務所空間となっている。X方向はメガトラス架構、Y方向はブレース付ラーメン架構である。基準階の床は配筋付デッキプレート捨型枠を用いた鉄筋コンクリートスラブとし、小梁を最小限とすることで省力化を図っている。

基礎形式は杭基礎で、1台のピアに対して4本の杭を配置した独立基礎である。都市インフラそのものに影響を与えないようにすることをイメージし、各ピア間の地中梁を無くしている。支持層は設計GL-38m以深の砂礫層としている。杭は場所打ち鋼管コンクリート拡底杭である。

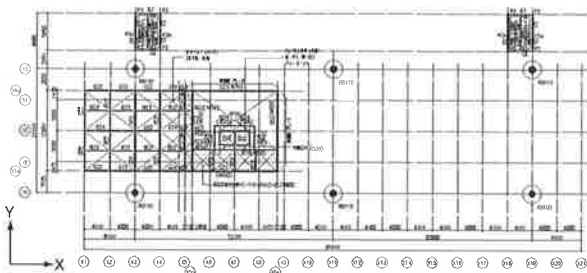


図-4 免震装置レベル伏図

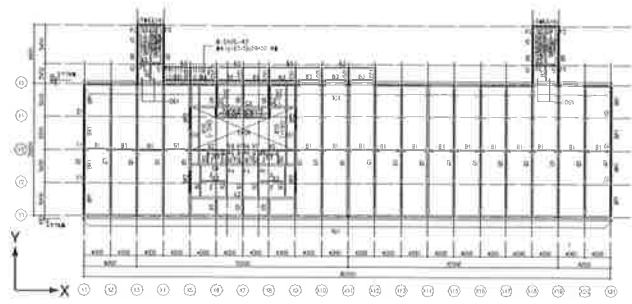


図-5 基準階伏図

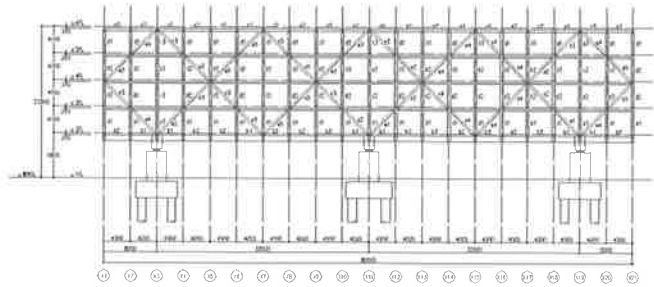


図-6 軸組図

4. 免震装置の設計

建設地は軟弱地盤であることから、免震効果を最大限に発揮するためには、固有周期を長くする必要があるのである。その為、本計画においては免震装置の台数を最小限にして、各装置の長期面圧を大きくし（最大15N/mm²）、 $\gamma=200\%$ 時の実効固有周期を約4秒とした。

免震装置は鉛プラグ入り積層ゴムを使用し、1100φを3台、1000φを3台とした。

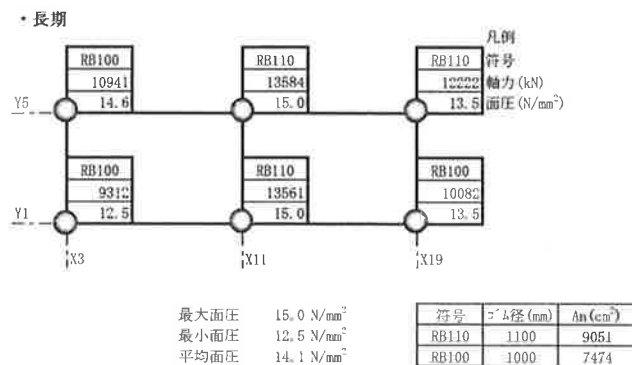


図-7 長期面圧一覧

5. 時刻歴応答解析

1) 耐震性能目標

本建物における耐震性能目標は、各地震動の入力レベルに対して下表のように設定した。

表一 耐震性能目標

入力レベル		レベル1	レベル2
種類		観測波	サイト波 観測波
耐震性能目標	上部構造	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内
	免震装置	安定変形以内 積層ゴムに引張りは生じない	性能保証変形以内 積層ゴムに引張りは生じない
	下部構造	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内

2) 設計用入力地震動

建設地は、清水建設の技術研究所であることから、過去の地震における地震動観測結果が数多く得られている。また、建設地付近で考慮すべき地震像についても、詳細な研究が行われている。従って、作成する模擬地震波の信頼性は高いと判断されることから、極めて稀に発生する地震動としては「平成12年建設省告示第1461号第四号イ」に定められた告示波に代えて、「同四号イただし書」による模擬地震波（サイト波）を採用した。

サイト波は「関東地震」と「首都圏直下地震」の2つの地震を考えた。このうち「関東地震」については、建設地において想定される最大級の地震であり、本建物の耐震性能を確認する上で最も重要な地震と位置付け、地震応答解析による耐震安全性評価の信頼性を高めるために、当社の石井による方法と壇・佐藤による方法で作成された2波を採用した。一方「首都圏直下地震」については、ユーラシアプレート内部で発生する地震を想定した石井による方法で作成された1波を採用した。いずれも建設地観測点での記録を要素地震記録として用いて、半経験的波形合成法により作成されている。

なお、基盤で定義された各サイト波について、当社保有プログラム「LiPSS」により自由地盤の応答解析を行い、基礎位置での応答加速度波形を基礎固定モデルに使用する地震波とした。

表二 設計用入力地震動一覧表
(水平、基礎位置)

レベル	地震波	方向	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	継続時間 (sec)
レベル1	EL CENTRO 1940 NS	-	255	25	40
	TAFT 1952 EW	-	248	25	40
	HACHINOHE 1968 NS	-	165	25	36
レベル2	EL CENTRO 1940 NS	-	511	50	40
	TAFT 1952 EW	-	496	50	40
	HACHINOHE 1968 NS	-	330	50	36
	KANTO1 (関東地震)	X	229	38.2	120
		Y	213	40	120
	KANTO2 (関東地震)	NS	161	47.8	120
		EW	170	48.2	120
	TOKYO (首都圏直下地震)	X	205	45.2	120
Y		237	46.6	120	

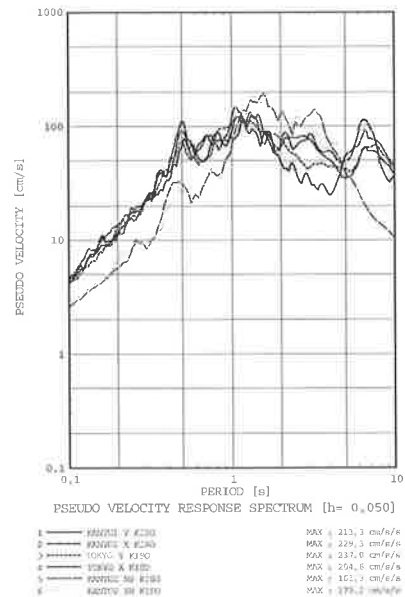


図-8 サイト波（水平）の擬似速度応答スペクトル図

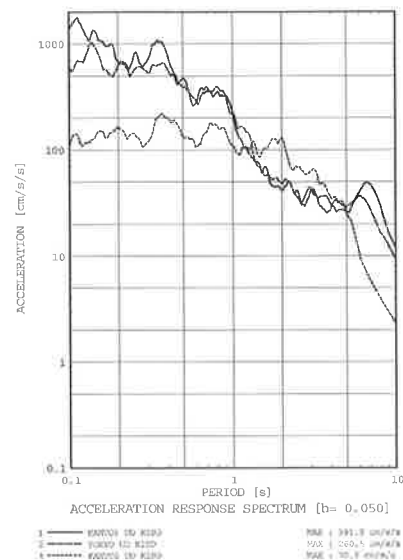


図-9 サイト波（上下）の加速度応答スペクトル図

3) 解析モデル

解析モデルとしては、水平加振を対象に、各階重量を集中質点とした7質点系の等価せん断型の質点-バネ系の基礎固定モデルとした。免震層には、免震装置のスウェイバネならびにロッキングバネを考慮した。上下加振を対象としたモデルは、全ての部材をモデル化した3次元立体架構とした。さらに、建物と地盤の動的相互作用に対する検討では、地盤、杭、建物を質点-バネ系のPenzien型モデルに置換した。免震装置以外の部材の復元力特性はレベル2のクライテリアを短期許容応力度以内としていることから、弾性とした。免震装置の復元力特性は菊地モデルとした。

解析は、地盤-杭-建物の連成解析を当社保有プログラム「LIPPS」で、その他を当社保有プログラム「SPARK-II」を用いて行った。

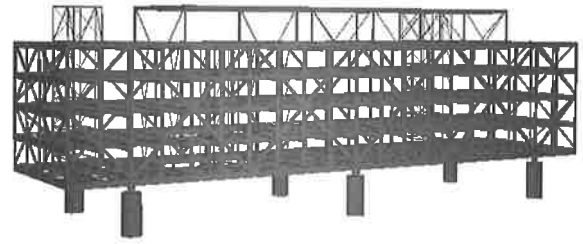


図-12 上下動解析モデル図

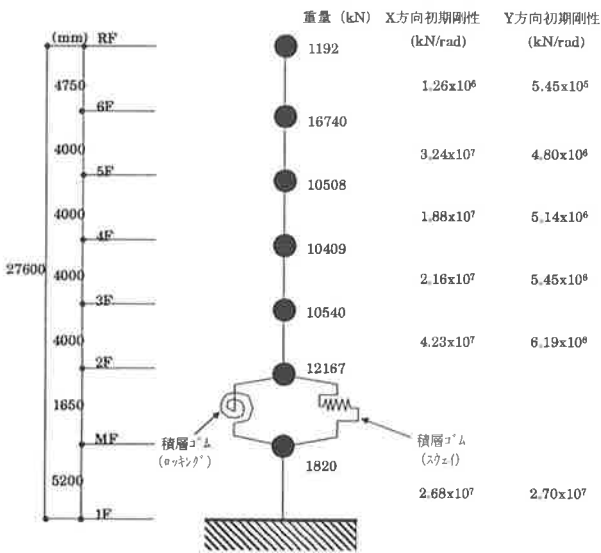


図-10 水平動解析モデル図

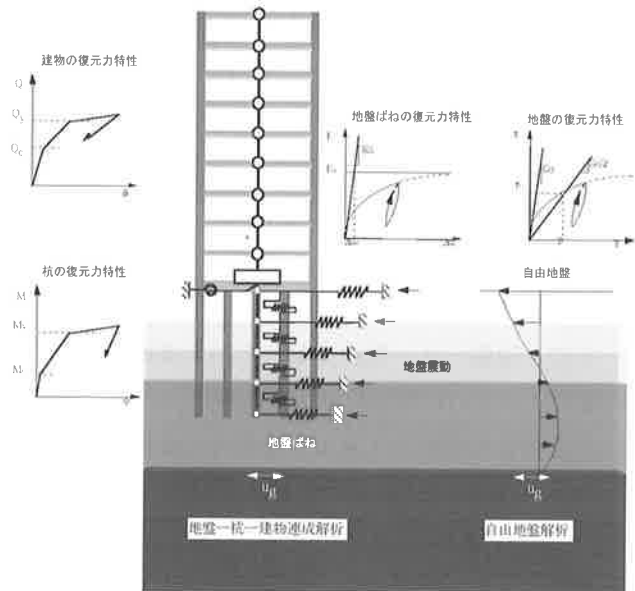


図-13 連成解析モデルの概念図

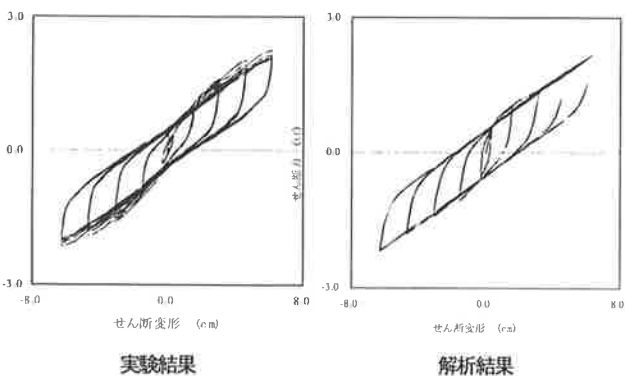


図-11 菊地モデルの解析結果と実験結果の比較

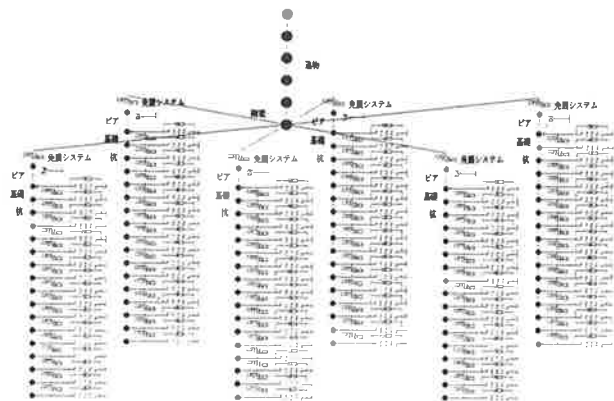


図-14 連成解析モデル図

4) 解析結果

レベル2地震動に対する応答解析結果を図-15に示す。免震層の最大応答変位は30cmで最下層の最大層せん断力係数は0.092となった。

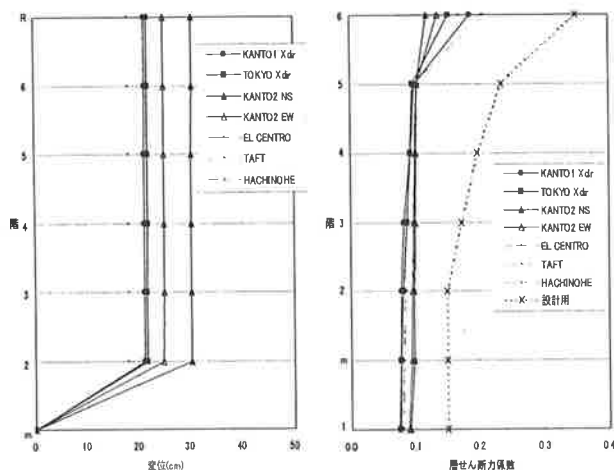


図-15 レベル2 応答解析結果 (X方向)

また、地盤-杭-建物連成モデルと基礎固定とした振動モデルの応答解析結果を図-16に示す。両モデルの応答解析結果に大きな差は無く、地盤の動的相互作用が当該建築物の振動性状に与える影響は小さいと判断した。

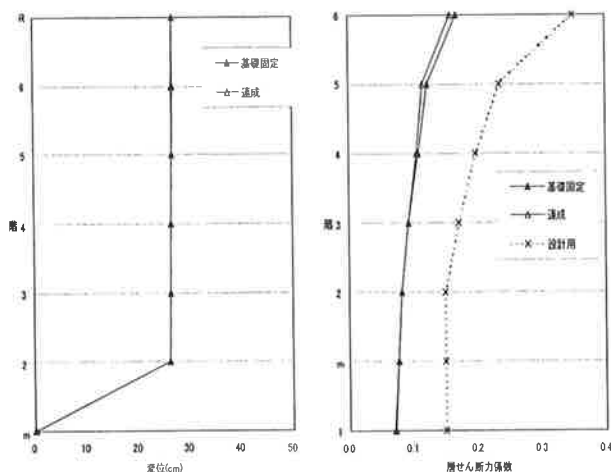


図-16 連成モデルと基礎固定モデルの比較
(レベル2、Y方向)

上下方向の1次固有モード図と各部材の応答値を図-17に示す。各部材は上下動と水平動による応力を単純加算した応力に対して、全て短期許容応力度以内であることを確認した。

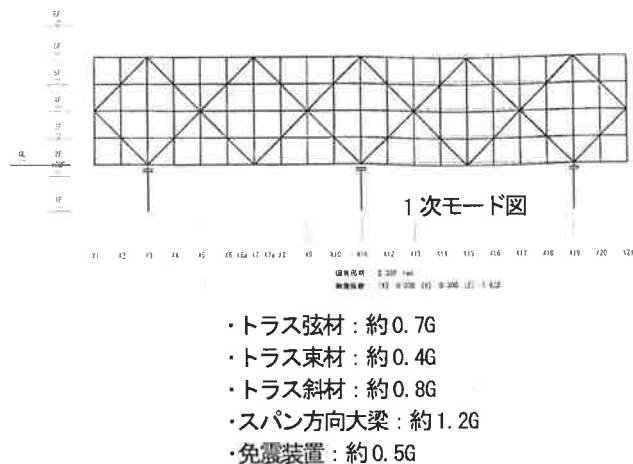


図-17 上下動応答解析結果

6. 耐火設計

本建物は、新しい耐火設計概念として、部材単位で耐火性能を確認する従来の耐火設計法を転換し、一部の部材が火災で損傷しても、建物が崩壊しないように架構全体で耐火性能を評価した。具体的にはメガトラスの束材とつなぎ材及び中央の免震装置2台について耐火被覆を無くした。耐火性能検証の解析は、当社保有プログラム「Fire3D」で行った。

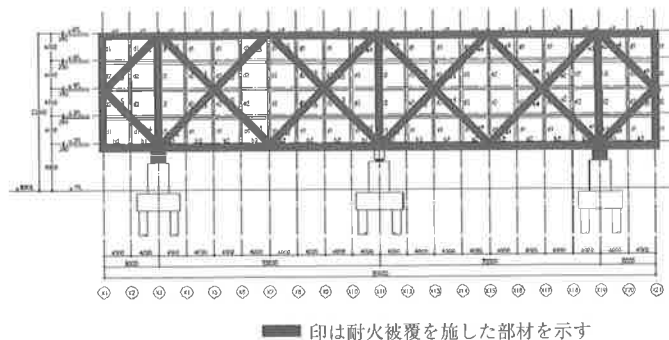


図-18 耐火被覆図

7. 施工概要

本建物の施工においては、設計コンセプトと同様に、都市インフラ上部空間の利用を想定して、トラス部分を地組して建方を行う方法とした。この方法を採用するにあたっては、当社保有のCADシステム「3Dシステム」を使い、3次元で立体的に施工全般のシミュレーションを行った。「3Dシステム」では、構造体・仕上・設備の取合調整が容易に行なえ、施工時のトラブルを未然に防ぐことができる。また、施工時の構造解析を行い、施工途中の構造安全性を確認した。



図-20 トラス建方状況

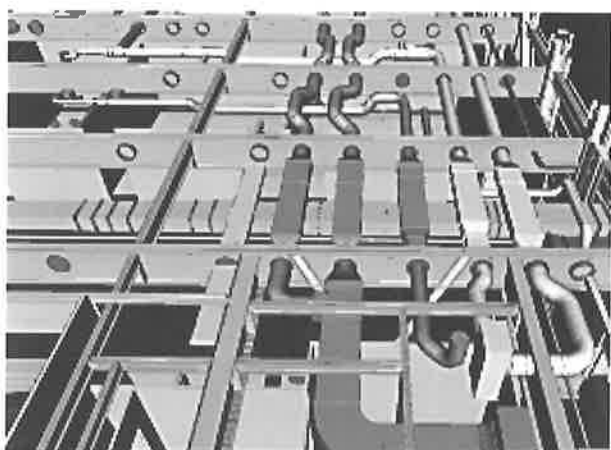


図-19 3Dシステムによる構造体・設備取合図



図-21 鉄骨建方終了時の状況

8. おわりに

都市部では、建物が密集しインフラも混み合っていることから、今後新規建物を建設することが困難になりつつある。今回の計画のように、免震構造を採用することにより、下部空間を確保しつつ上部空間を有効に利用する方法は、このような都市部の今後の新築工事に対する一つの有効な提案となると思われる。

また、本計画においては上述の都市を跨ぐ技術のほか、火災時に防災設備を制御する「火災フェイズ管理型防災システム」、建物内の延焼拡大を防ぐ「ドレンチャー水幕型防災区画システム」、前述した、火災時の建物の安全性を架構全体で評価する「新しい耐火設計概念と設計システム」などを採用している。

新本館は本年10月竣工で、11月から稼動を開始する。



図-22 免震装置設置状況

