

「三井海上千葉ニュータウン本社ビル」

日建設計 東京構造事務所



寺本隆幸



北村春幸



山本 裕

1. プロジェクトの概要

千葉ニュータウンは東京都心より電車でおよそ1時間。千葉県企業庁と住宅・都市整備公団が進める大規模地域開発である。将来は成田への延長が計画されている北総公団線の現在の終点である千葉ニュータウン中央駅周辺は、大規模な中高層集合住宅や生活関連施設の建設が進められ、街の風景は年毎に変わりつつある。居住地域とは主要道路を挟んだ反対側の区域に対し、企業の誘致が行われた。銀行・証券会社・損害保険会社・建設会社などが名乗りを上げ、ニュータウンのマスタープランに沿って、それぞれ計画を進めている。

三井海上火災保険(株)は東京お茶の水に本社を構える大手損害保険会社である。現在建設を進めているオフィスは、クライアントにとって第2本社ビルとなる。50,000m²の敷地には、今回紹介する中層の事務棟Bのほか、高層の事務棟A、低層の事務・会議・厚生棟が配されて、延床面積は80,000m²に達する。敷地周辺には緑地帯を設け、敷地中心に人口池を配するというランドスケープデザインにより、隣接する居住地域との調和を重視した郊外型オフィスとして計画している。

2. 建物概要

設計初期の段階より、80,000m²規模の本社ビルを機能ごとに区分し、建物として分割する方向で進められた。敷地外周部の建物群は周辺居住地域との関係を考慮して低層とし、敷地中心に位置する事務棟Aは地区のランドマークとすべく、高さ100mに達している。免震構造を採用した事務棟Bは、この事務棟Aに隣接し、本社ビルの中では事務施設の核となる。地震時の床応答加速度を低減し、建物内部の什器・設備に移動・転倒を生じないようにすることが、免震構造採用の目的である。

事務棟B 建物概要

- 所在地／千葉県印旛郡印西町大塚2-2-1
- 主用途／事務所
- 工期／1992年3月～1994年6月
- 面積・容積
敷地面積／50,000.07m²
建築面積／3,201.00m²
延床面積／19,757.00m²
- 階数／地下2階 地上5階 塔屋1階
- 建物高さ
軒高／SGL+23.20m(上部構造高さ31.50m)
最高部高さ／SGL+31.20m
基準階階高／4.50m
- 地盤種別／第II種地盤
- 構造種別
基礎／鉄筋コンクリート造独立フーチング
地業／場所打コンクリート杭(杭先端:SGL-32m)
下部構造／鉄筋コンクリート造
上部構造／鉄骨鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造梁
- 仕上概要
外装／タイル貼、アルミサッシ
床仕上／フリーアクセスフロア(H=550mm)

建物は64.0m×48.6mの長方形平面をもち、事務室ゾーンを両妻側幅6.4mのコアが挟んでいる。地下階はB1階に一部床がある範囲を除き、B2階は1層吹抜けた天井高のある機械室となっている。免震層はB2階床下に設け、基礎構造は周囲と一体としている。建物内部へは隣接する建物よりアプローチし、1階、2階レベルに計3ヶ所ブリッジを設けている。

図-1 基準階平面図

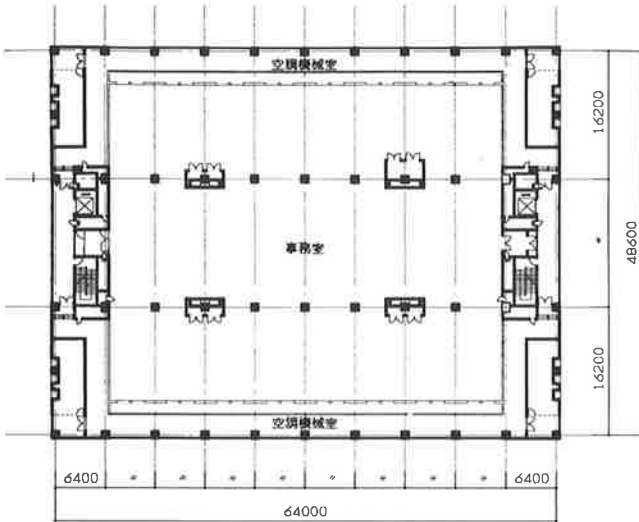
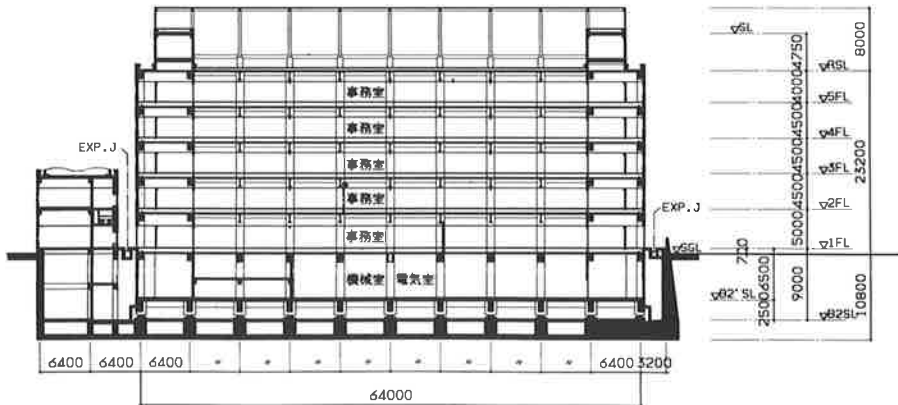


図-2 断面図



3. 構造設計概要

前述の通り、本建物を免震構造とする主目的は、地震時の床応答加速度の低減にある。上部構造の応答性状は、建物重量と免震層の水平剛性の関係に大きく依存する。本建物の設計では積層ゴムの面圧上限値として、長期 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 、短期 $150\text{kg}/\text{cm}^2$ を目安としている。積層ゴムの径の選定にあたっては、径の種類を極力少なくし、免震層の変形量を想定して最小径を決定する。この方針のもと、事務室にふさわしい平面計画の実現と、平均面圧を上げることで床応答加速度をより低減することが、免震構造設計における大きなテーマであった。平面形が対称であることから柱毎の軸力差が小さく、平均面圧(建物全重量/積層ゴム全面積)は $88\text{kg}/\text{cm}^2$ となっている。

表-1 外力レベルと設計クライテリア

	設計用地震荷重	レベル2地震動
上部構造	<ul style="list-style-type: none"> ● 構造体は許容応力度設計を行う。 ● 層間変形角は1/200程度以下とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 構造体は許容応力度内に留る。 ● 層間変形角は1/200程度以下とする。
免震装置		<ul style="list-style-type: none"> ● 応答変形量は設計許容変形以下とする。 ● 積層ゴムは設計許容変形まで異常を生じず、設計限界変形まで破断しない。 ● エネルギー吸収機構(ダンパー)は設計許容変形に対し異常を生じず、繰返しに対しても安定した機構とする。また、設計限界変形まで追随しうる。
基礎構造	<ul style="list-style-type: none"> ● 基礎構造体は許容応力度設計を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 基礎構造体は許容応力度内に留る。 ● 上部構造の重量を支持しうる。

建物の形状および重量が概ね定まった段階で振動応答解析を行い、応答量の確認を行った。レベル2地震動入力時の応答層せん断力、免震層層間変形を考慮して、設計用地震荷重、設計変形量を以下のように設定した。

●設計用地震荷重

設計用せん断力係数0.15(最下階)~0.20(最上階)

●設計変形量

設計許容変形 35cm

設計限界変形 45cm

上部構造と周辺構造の隙間 60cm以上

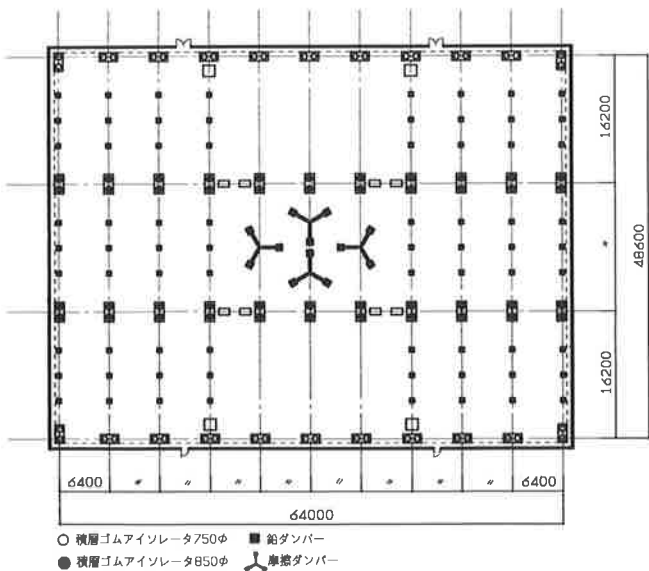
更に設定外力・変形レベルに対し、上部構造・免震装置・基礎構造の設計クライテリアを表-1のように設定した。

4. 免震装置概要

本建物には3種類の免震装置を設置している。建物重量を支持し、水平方向に柔らかい支承として天然ゴム系の積層ゴム、エネルギー吸収機構として鉛ダンパーと摩擦ダンパーを採用した。上部構造が対称形平面であるため、免震装置の配置も対称形としている。

積層ゴムは750φと850φの2種類の径を、各柱下に2体ずつ合計88体配置している。柱軸力に応じて直径1 m

図-3 免震装置配置図



以上の積層ゴムを使用しなかったのは、実大による破断性状までの確認試験が困難であると考えたからである。2次形状係数が5以上のものを用いることで、積層ゴム単体の全体水平変形に対するせん断変形の割合が98%以上になり、軸方向力の変動にともなう水平剛性の変動が非常に小さい支承が得られている。

図-4 鉛ダンパー(他建物での設置例)



図-5 摩擦ダンパー(他建物での設置例)



鉛ダンパーは、鉛の大変形域での繰返し塑性変形能力が極めて高い特性を利用したものである。鋳造した円形断面(180φ)の曲線状鉛棒の上下端を、定着用鋼板にホモゲン溶着により接合している。スパン方向大梁下に計72体配置している。

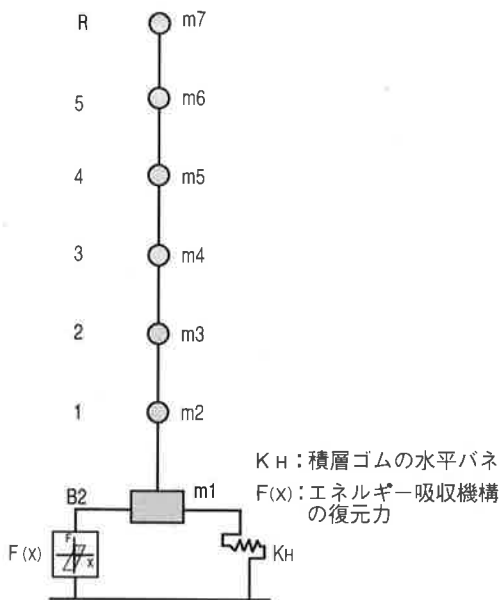
摩擦ダンパーは、高層ビルの制振装置として採用していたものを、免震建物用に大型化したものである。上部構造の水平方向変形に対してどの方向にも有効に作動するように、120°ずつ傾けた3体をセットとして、計12体建物の中央に配置した。

減衰装置として2種類のダンパーを組み合わせることで、強風程度の外力に対しては剛性のある摩擦ダンパーで変形を抑え、小地震時には摩擦ダンパーのすべりによる減衰を期待し、中～大地震時には摩擦ダンパーと鉛ダンパーによる減衰を利用し、免震層の変形が過大とならないように制御している。

5. 振動応答解析

構造物の解析においてモデル化の妥当性が検証あるいは定量的に確認できる限り、解析モデルは単純な方が好ましい。上部構造がほぼ剛体振動する免震構造物

図-6 解析モデル

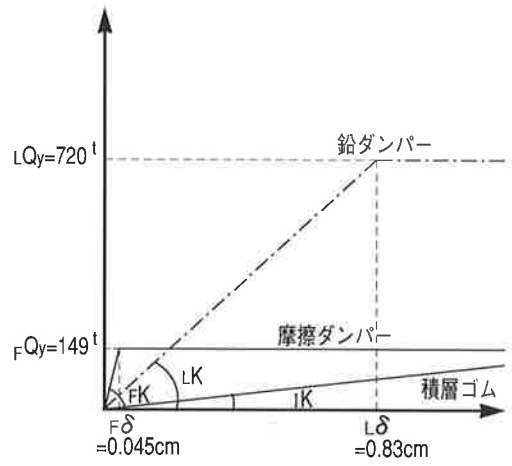


は、1 質点系の振動現象としておおよその応答性状が理解出来る。

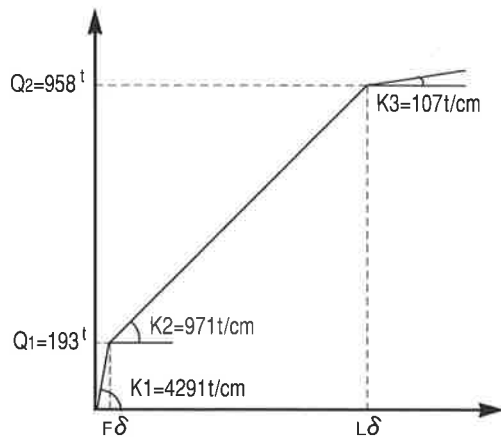
本建物では、上部構造の弾性変形にともなうせん断力分布および各階床加速度を確認するため、図-6に示すモデルにて振動応答解析を行った。

上部構造の水平剛性は、各階の層せん断力と、積層ゴムの鉛直バネを考慮した各階層間変形より求めた等価せん断バネとしている。免震層の水平剛性は、積層ゴムの水平剛性に、Bi-Linear 型にモデル化した鉛・摩擦ダンパーの水平剛性を加え、Tri-Linear 型の復元力特性を設定している。

図-7 免震層の復元力特性



免震装置の復元力特性



全体の復元力特性

検討用地震動波形は人工地震波形を含む6波を用いた。入力レベルは床応答加速度確認のための小地震レベルから、レベル1、レベル2、レベル2を超える地震動までとした。その他免震装置各パラメータのばらつきに対する検討、上下方向入力を考慮した検討を行った。振動応答解析結果例として、レベル2地震動入力に対する最大層せん断力係数(図-8)、最大床応答加速度(図-9)を示す。

図-8 レベル2振動応答解析結果(最大層せん断力係数)

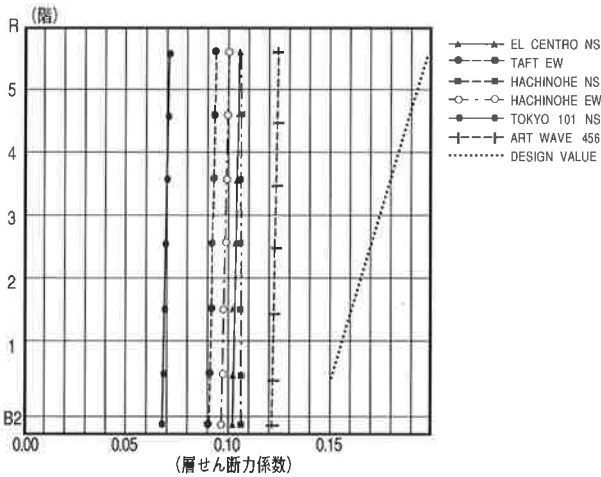
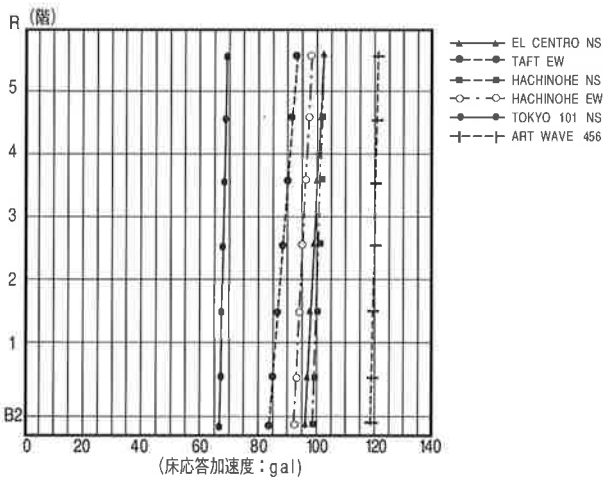


図-9 レベル2振動応答解析結果(最大床応答加速度)

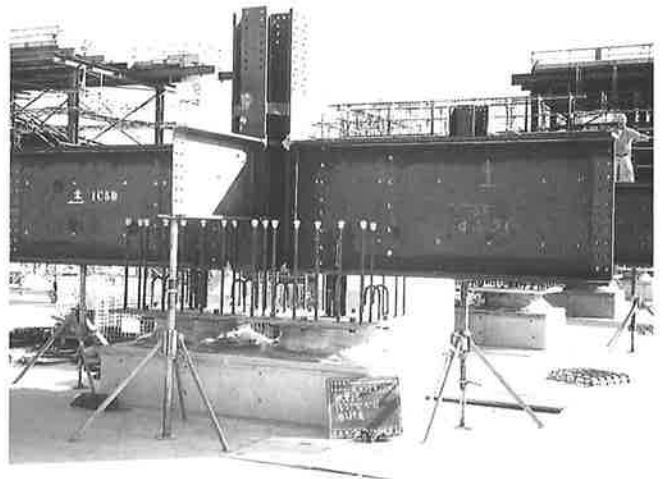


各免震装置は現場納入前に性能確認試験および製品検査を行う。性能確認試験は、装置が表-1に示す設計クライテリアを満足していることを確認するもので、この試験の終了後に実質的製作に着手する。製品検査は現場納入前の製品の受入れ検査である。各装置ごとに材質・外観・寸法・性能に関する判定基準を定め、合格した製品のみ現場に搬入する。検査は原則として全数を対象としているが、製作方法・メーカー自主管理項目・過去の実績等を鑑み、抜き取り検査としている項目もある。

現場では、基礎構造体に続き、積層ゴム・鉛ダンパーの基礎を施工する。工事は、ベースプレート設置→配筋→型枠→コンクリート打設という手順を進めている。面圧100kg/cm²相当の軸力を受ける積層ゴム基礎のコンクリート充填性には特に留意し、無収縮モルタル・高流動性コンクリートを用いた施工試験を行い。材料・調合・打設方法を確定した後に施工した。

積層ゴム・鉛ダンパー設置後、積層ゴム上に上部構造最下層の鉄骨建方を行った。事前に施工者・鉄骨製作業者・鉄骨建方業者を交えての精度管理・建方計画・仮設計画に関する打合せを行っていたため、建方作業は滞りなく完了した。続いて上部構造最下層の床・梁コンクリートを打設し、平面剛性を確保した後に、上層の鉄骨建方を行っている。(図-10)

図-10 積層ゴム設置と鉄骨建方状況



6. 施工概要

本工事は1992年3月に着工し、1994年6月の竣工を予定している。工期は28ヵ月で、現在20ヵ月が経過している。(表-2)

最近の免震構造紹介

1993年10月現在、上部構造躯体工事はほぼ完了し、摩擦ダンパーは年明けの設置を予定している。隣接建物との間のブリッジは免震層の相対変位を吸収する機構としており、工事にて水密性能と可動性能を確認し、製作・施工へとにかかる。免震層内の設備可撓継手は設備工事の工程に合わせ、今後行われる。免震関連の工事も既に1年が経過し、終盤にさしかかっている。

70棟にのぼる免震建物の施工の際に貯えられたノウハウが、竣工と共に雲散霧消することなく、有効に利用される場として、日本免震構造協会に期待したい。

最後に、建物の設計当初よりご協力いただいている福岡大学多田英之教授、高山峯夫講師に感謝の意を表します。

7. おわりに

免震建物の施工は初めてという工事関係者が殆どの当現場では、着工後数ヶ月間は定期的に免震分科会という打合せの機会を設け、免震に関わる多角的な調整を行った。その甲斐あって、工事は順調に進んでいる。

表-2 事務棟B 工程表

年	1992年 (平成4年)												1993年 (平成5年)												1994年 (平成6年)															
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
工事月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28												
建築工事																																								
免震工事																																								
免震装置検査																																								