

名古屋大林ビル

大林組 谷河修二



1. はじめに

本建物は、名古屋市栄地区にあり、今までの支店ビルがソフト、ハード両面で機能が満足しなくなったので建替えるため計画された事務所ビルである。設計方針としては、地球環境への配慮、地域社会との共生、企業イメージの発信、耐震安全性の確保、高度情報化社会に対応するオフィス機能・空間の創出の5つをテーマとしている。その一手法として免震構造を採用している。



図-1 建物外観

2・建物概要

建物名称	名古屋大林ビル
建築場所	名古屋市東区東桜1丁目1019他
用途	事務所
設計	大林組名古屋支店一級建築士事務所
施工	大林組名古屋支店
建築面積	774m ²
延床面積	6,883m ²
階数	地下1階、地上10階、塔屋1階
最高高さ	41.50m
構造	地上S造 地下RC造

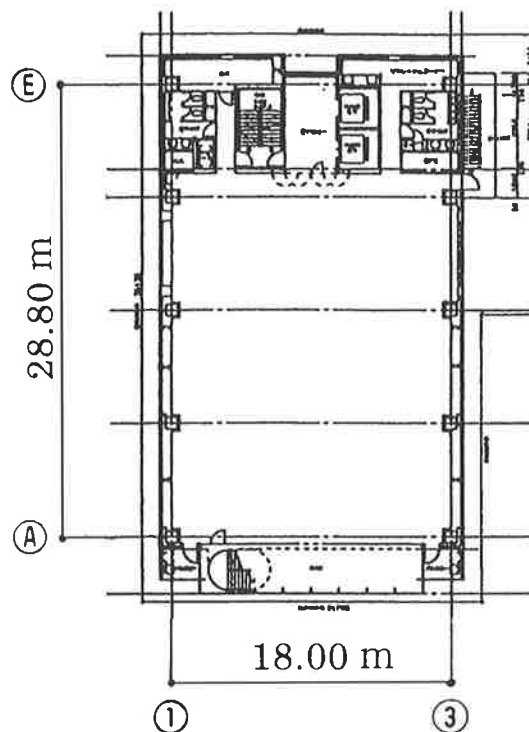


図-2-1 基準階平面図

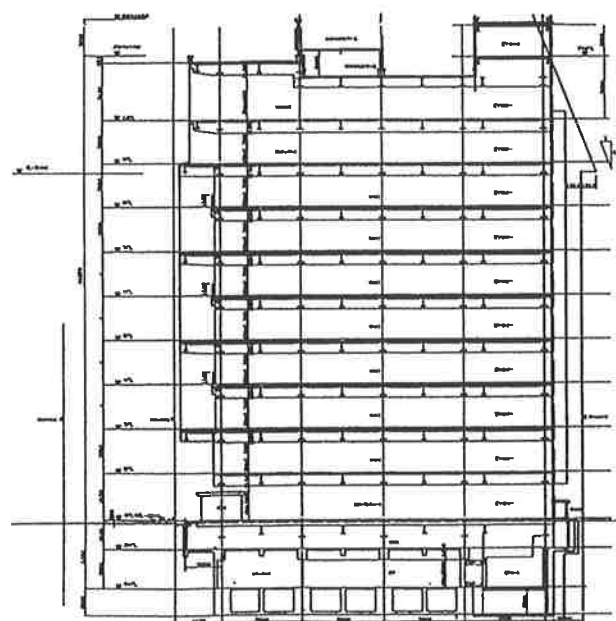


図-2-2 断面図

3. 構造計画概要

3-1. 構造概要

建物形状は、東西19.4m南北34.2mの長方形であり、スパン構成は東西18m1スパン、南北7.2m4スパンであり、北側に1.8m、南側に3.6mの跳ね出しを有している。

構造形式は両方向共、地上部は純ラーメン構造で、地下部は耐震壁付ラーメン構造である。地上部では、大梁をスラブ付梁として剛性評価し、柱を鋼管内にコンクリートを充填することによる累加剛性として評価している。

基礎は杭打ち独立基礎とし、杭はGL-32m以深の砂層を支持層とする場所打鋼管コンクリート杭(一部拡底杭)を採用した。

地上1階と地下1階との間に免震層を設け、そこに免震装置を設置した免震構造を採用した。免震装置には、天然ゴム系積層ゴムとオイルダンパーを使用し、居住性向上のため、皿ばねを用いた摩擦ダンパーを追加している。

積層ゴムは高面圧仕様を10基、オイルダンパーは両方向6基づつ合計12基使用し、摩擦皿ばねダンパーは4基設置している。

図-3-1に免震装置配置図を示す。

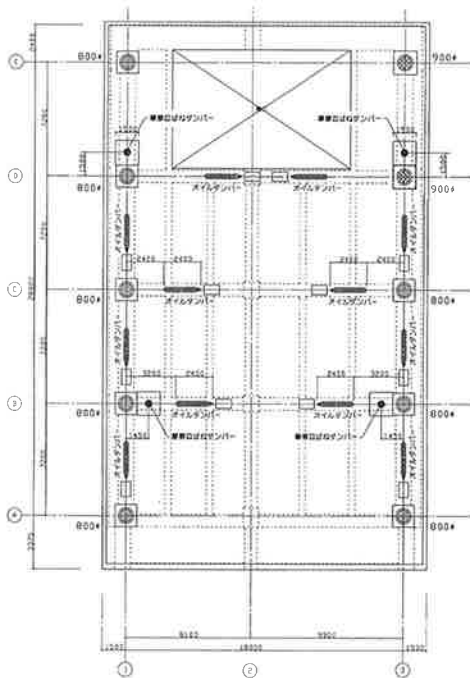


図-3-1 免震装置配置図

3-2. 耐震性能目標

本建物の耐震性能目標はレベル1およびレベル2に対して上部構造および下部構造は許容応力度以内とし、免震装置は安定変形限界以内とした。

表-1 耐震性能目標

	レベル1	レベル2
カテゴリー	C1	C2
上部構造	許容応力度以内	←
免震装置	安定変形以内	←
下部構造	許容応力度以内	←

4. オイルダンパーの性能

オイルダンパーは基本的には速度に比例した減衰特性を示すため、免震層の剛性に影響することなく中小地震から大地震まで幅広い減衰効果が得られるのが特徴である。

4-1. オイルダンパーの作動原理

図-4-1に示すように、オイルダンパーの内部はピストンによって分割される①②室(常に油が充填)、油溜りと空気室を兼ねる③室がある。振動によってピストンが伸長方向に移動すると、チェック弁が閉じて②室が圧力室となり、②室の油は調圧弁を通り③室に流れ、この時の抵抗力が減衰力となる。逆にピストンが圧縮方向に移動すると、吸込弁が閉じチェック弁が開くことにより①②室が圧力室となり、ピストン棒押し込みにより油が調圧弁を通して③室へ流れ減衰力を発生する。このように伸長時、圧縮時とも同一の調圧弁が作動する。①室とピストン棒の断面積をほぼ等しくしているため圧縮、伸長時とも減衰力は等しくなる。

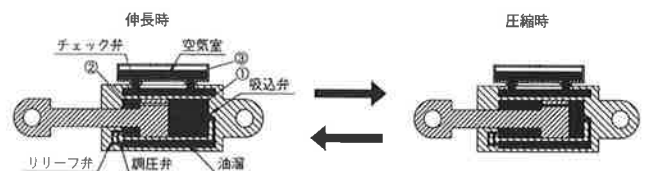


図-4-1 オイルダンパーの模式図

4-2. 減衰力の基本式

ピストン・シリンダー構造のオイルダンパーの減衰力はピストンの運動によって油が狭い通路(オリフィス)を流れるとき圧力降下が生じ、その結果ピストン両面に働く力の差が運動物体の抵抗力となるもので、次式で表わされる。

$$F = 8\pi \mu LA \frac{V}{a^2} + \frac{\gamma}{2g} \times \frac{A^3 V^2}{Cd^2 a^2} \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

ここに、F：減衰力、 μ ：油の粘性係数、 γ ：油の比重、g：重力加速度、A：受圧面積、V：ピストン速度、L：オリフィスの長さ、a：オリフィス面積、Cd：流量係数

(1) 式の右辺第1項はオリフィス内の層流の粘性抵抗から生じる圧力降下による力で、第2項はオリフィス内部または前後で起こる乱流のための圧力降下による力である。通常第1項は小さく実用上無視でき、動圧抵抗の基本式(2)式を用いている。

$$F = \frac{\gamma \times A^3 \times V^2}{2g \times a^2 \times Cd^2} \dots\dots\dots(2)式$$

減衰力はピストン速度とオリフィス面積の関数であり、オリフィスの面積変化を調整することにより種々の減衰力特性を与えることができる。流量係数Cdはオリフィスの構造、a/Aの比、レイノルズ数Reによって定まり、その値は乱流状態で通常0.60~0.95の範囲にある。設計にはCd=0.7がよく使われる。

4-3. オイルダンパーの減衰特性

オイルダンパーに要求される性能を表-4-1に示す。また、オイルダンパーの減衰特性を図-4-1に示す。

表-4-1 オイルダンパーに対する要求性能一覧

	減衰係数 C1 (t·sec/cm)	弾性限減衰力 Fy (ton)	弾性限速度 Vy (cm·sec)	ストローク St (mm)
設計値	3.500	390.0	111.4	±450
管理値	2.975~ 4.025 (±15%以内)	390.0~ 409.5 (-0~+5%以内)	—	±450~±473 (-0~+5% 以内)

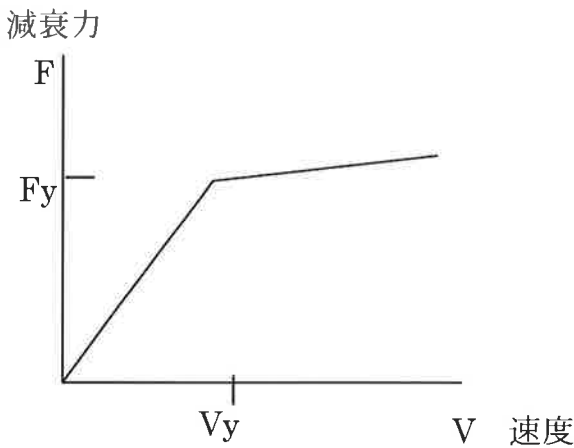


図-4-2 オイルダンパー減衰特性

5. 地震応答解析

5-1. 解析概要

解析モデルは下部構造部分を固定とした12質点の等価せん断型モデルを基本振動モデルとし、基礎梁位置を固定とした振動モデルでの解析により地震時地下階に生じる応答量を把握するとともに、基本振動モデルとの整合性を確認した。

復元力特性は上部構造、免震層、下部構造共に弾性とし、減衰定数は上部架構については1次に対して1%の内部粘性減衰とし、免震層についてはオイルダンパーの特性に応じた減衰定数を設定した。

5-2. 解析結果

入力地震波はEL CENTRO 1940NS、TAFT 1952EW、HACHINOHE 1968NS、さらにサイトの地盤特性を考慮して作成された人工地震波NAGSAKA1を加えた合計4波とした。入力レベルはレベル1用25cm/sec、レベル2用55cm/secとした。

表-5-1に免震装置のばらつきを考慮した固有周期を示す。また、図-5-1、図-5-2に各々各階の応答値、積層ゴムの応答変位と面圧を示す。

表-5-1 固有周期 (sec)

方向	モード	免震装置の剛性、減衰			
		剛性：標準 減衰：標準	+25%	-20%	+15%
X	1次	4.452	4.031	4.929	4.182
	2次	0.883	0.875	0.890	0.879
	3次	0.447	0.446	0.448	0.447
Y	1次	4.389	3.961	4.873	4.115
	2次	0.756	0.751	0.759	0.752
	3次	0.381	0.381	0.382	0.381

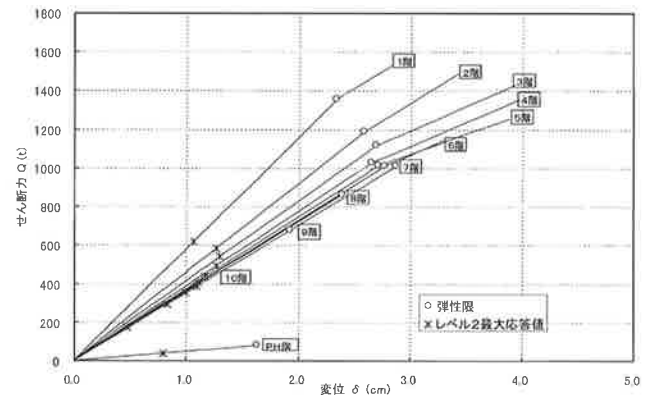


図-5-1 X方向復元力特性と応答値

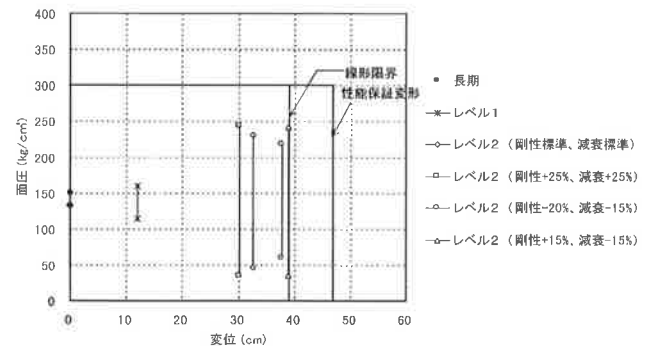


図-5-2 積層ゴムの応答変位と面圧

5-3. 上下動解析

本建物は短辺方向が18mの1スパンであるため、上下動応答解析を行い、積層ゴムの面圧について再検討するとともに、上下動による大梁の応力をスパン4分割したモデルで検討した。入力地震波は代表3波の上下動の波をレベル2水平方向入力加速度と同じ割合で比例倍したものを用いた。その結果、積層ゴムは最大でも許容面圧以下であり、最小でも引抜きを生じないことを確認した。また、大梁の応答値は、最上階梁中央にて2Gを超える結果となり、一部断面を修正した。

6. 摩擦皿ばねダンパー

本建物の主な免震装置は天然ゴム系積層ゴムとオイルダンパーにより構成されている(BCJ免367)。

しかし、水平剛性が小さい天然ゴムの性質から風荷重等の力を受けた際にも建物が微振動する可能性があり、居住性改善の意味からも新開発の摩擦ダンパーを補助ダンパーとして追加することとした。

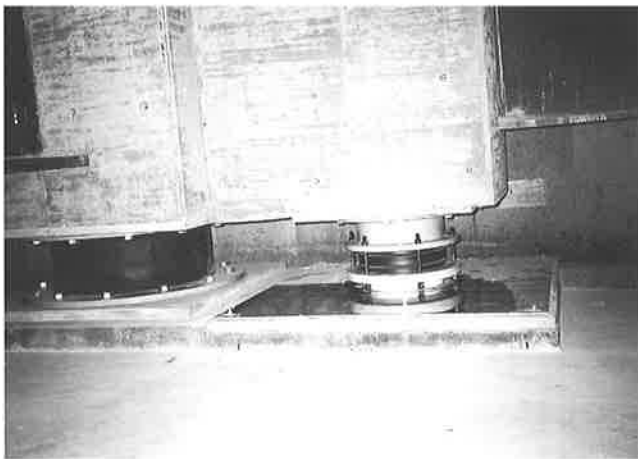


写真-6-1 皿ばねダンパー設置状況

6-1. 摩擦皿ばねダンパーの機構

今回採用した摩擦皿ばねダンパーは、耐摩耗性に優れた超高分子量ポリエチレンを貼付けた滑り面(上部構造に設置)を、皿ばねの反力によりステンレス板(下部構造に設置)に常時押し付けて摩擦力を発生する機構となっている。これにより、摩擦力以下の水平力に対しては免震層が変形せず、それ以上の水平力に対しては摩擦力による減衰を発生させる。

図-6-1に摩擦皿ばねダンパーの概要図を示す。

摩擦皿ばねダンパー概要図

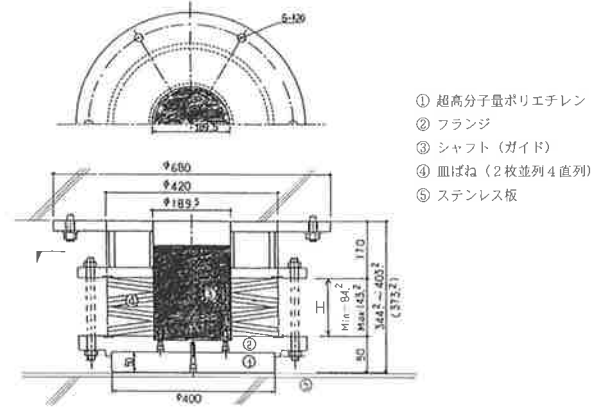


図-6-1 摩擦皿ばねダンパー概要図

6-2. 摩擦皿ばねダンパーの特性

- 1) 全方向に対して有効となり、滑り面(ステンレス板)の大きさによって変形可能な領域を任意に設定できる。
- 2) 図-6-2に示すように、皿ばねの非線形な荷重-変形特性によって、ある変形量の領域においてはほぼ一定な鉛直荷重を得られる。このため、積層ゴムの温度収縮と経年によるクリープ変形および地震時の水平変形に伴う沈み込みが摩擦力の変動なしに吸収できる。
- 3) 図-6-3に示すように、皿ばねを同じ向きに重ねれば並列、違う向きに重ねれば直列となるため、容易に任意のばね特性を得ることができる。
- 4) 皿ばねの鉛直変位量によって、導入軸力の管理が容易なため摩擦力の管理が比較的容易である。
- 5) 積層ゴムが予想外の大変形を受け変形限界を超えた場合には、代りに建物重量を支持することにより、建物の安全性を確保できる。(フェイルセーフ機構)

図-6-4に摩擦皿ばねダンパーの動的加力試験で得られた摩擦係数および水平方向復元力特性を示す。

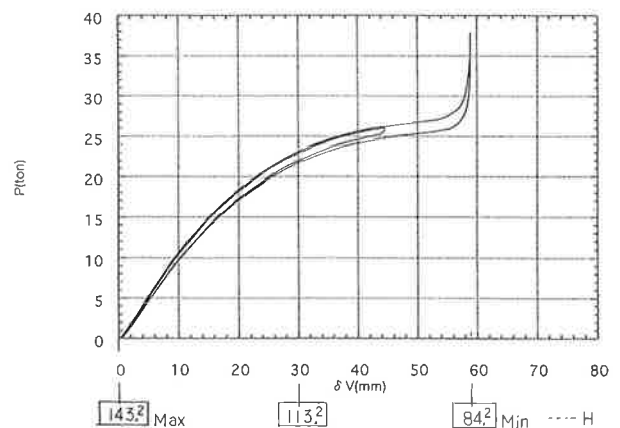


図-6-2 摩擦皿ばねダンパー鉛直方向復元力特性

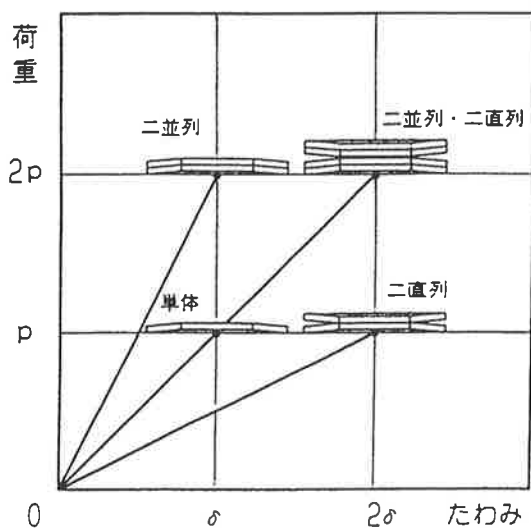


図-6-3 皿ばねの組合わせ

7. おわりに

本建物は非免震時の固有周期が短辺方向で1.59秒と建物高さの割に長いため、免震効果を高める上でもある程度長周期免震を目指す必要があった。それに対処するために減衰装置としてオイルダンパーをメインに据えた実施例を紹介した。さらに、摩擦皿ばねダンパーとの組み合わせ等で免震設計の可能性が広がるものと期待している。

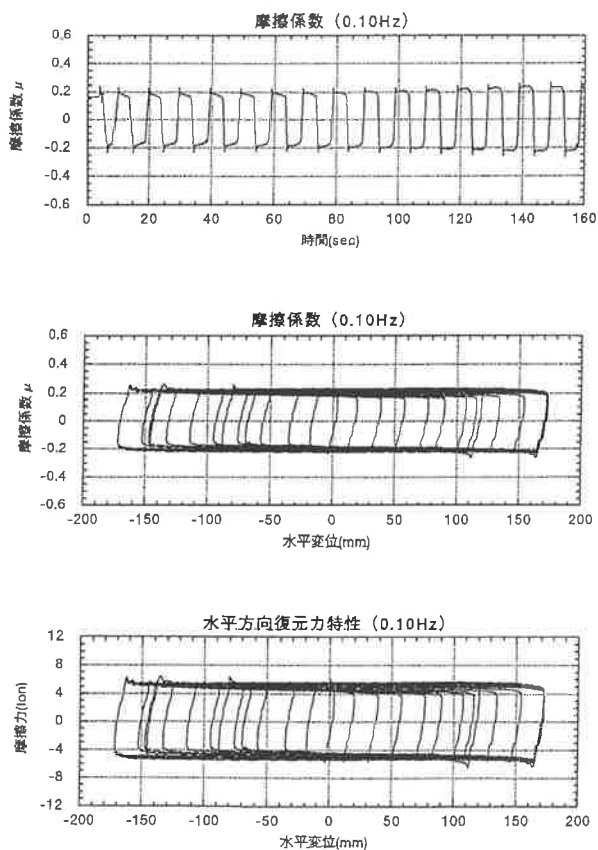


図-6-4 摩擦係数および水平方向復元力特性

6-3. 応答解析による確認

摩擦皿ばねダンパーを追加した場合の応答解析を追加する前と比較した結果、最大応答加速度は増大する傾向にあり、レベル2相当で約16%の増大となった。

免震層の最大応答変位はレベル2相当で約10%の低下となり、最大応答速度、最大応答転倒モーメントについてはほとんど変化がなく、免震層のねじれや上下動についても追加する前とほとんど同じであった。