

静銀草薙ビル

清水建設株式会社



浅川雅巳

中村康一

宮下 茂

はじめに

静銀草薙ビルは、三種の神器のひとつ草薙の剣で知られる、静岡県清水市草薙に現在建設中の事務所及びコンピューターセンターの機能を有する施設である。銀行の既存電算センターのスペース不足解消と今後の高度情報化に伴う情報処理量の拡大に対応するため計画された建物である。

建設地は東海地震等の大地震が想定される地域のため、“大地震時の建物の安全性と内部情報処理機器の機能保持を図る”目的から、建屋免震構造を採用した。また、地震時の上下動を低減しコンピューターの地震時の機能保持を目的とし、コンピューター設置ゾーンの床スラブ下には、TMD形式の上下方向制振装置を配置している。

本建物は、平成6年7月、日本建築センターの評定及び建設大臣の認定を取得し、11月から着工して現在にいたっている。ここでは、静銀草薙ビルの構造設計概要を中心とした、免震（水平）+制振（上下）構造の技術紹介を行っていく。

1. 建築概要

建物名称	（仮称）静銀草薙ビル
建設地	静岡県清水市草薙北1-10
主要用途	電算センター
敷地面積	36,695.224m ²
建築面積	4,936.649m ²
延床面積	22,986.849m ²
階数	地上6階・塔屋1階
最高高さ	36.65m
構造	両方向共、耐震壁を主体とした鉄骨鉄筋コンクリート造
基礎	GL-25mの砂礫層を支持層とした場所打コンクリート杭
免震装置	高減衰積層ゴムを使用 ゴム径1400φ～600φ （合計 84台）
制振装置	TMD制振装置63台設置
施主	（株）静岡銀行

設計監修	三菱地所(株)一級建築士事務所
設計	清水建設(株)一級建築士事務所
監理	三菱地所(株)
施工	清水建設(株)
工期	平成6年11月～平成8年6月



写真—1 建物模型写真

2. 構造設計概要

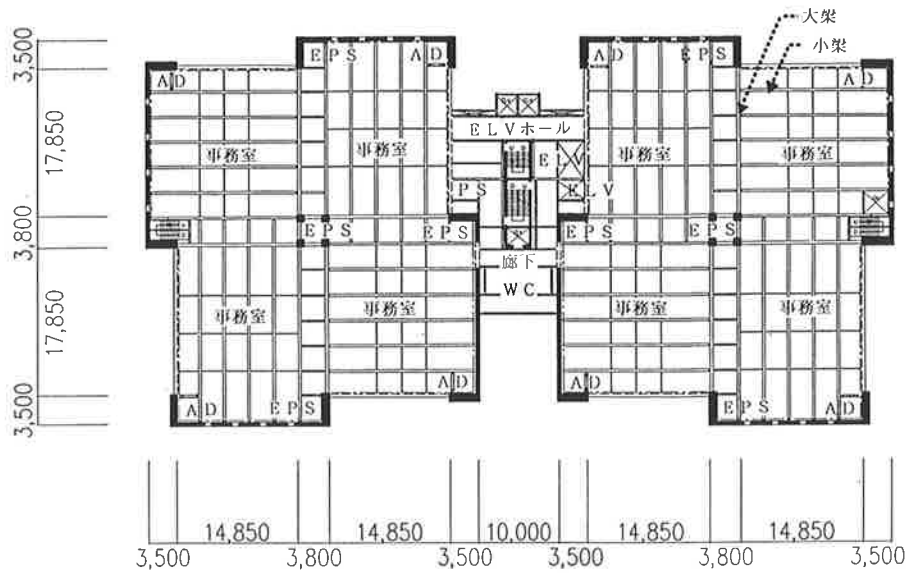
2.1 敷地地盤及び基礎構造の概要

建設地は図—3に示すように静岡平野と清水平野の中間付近で、安倍川の度重なる氾濫により埋設された砂・泥礫互層から構成され、変化に富んだ地層構成となっている。地下水位は、GL-1～2m付近と比較的浅い位置にある。また、地盤の液状化については、GL-7～8m付近で可能性があるため、杭の設計に際しては、地盤定数の低減により耐震安全性の確保を図っている。

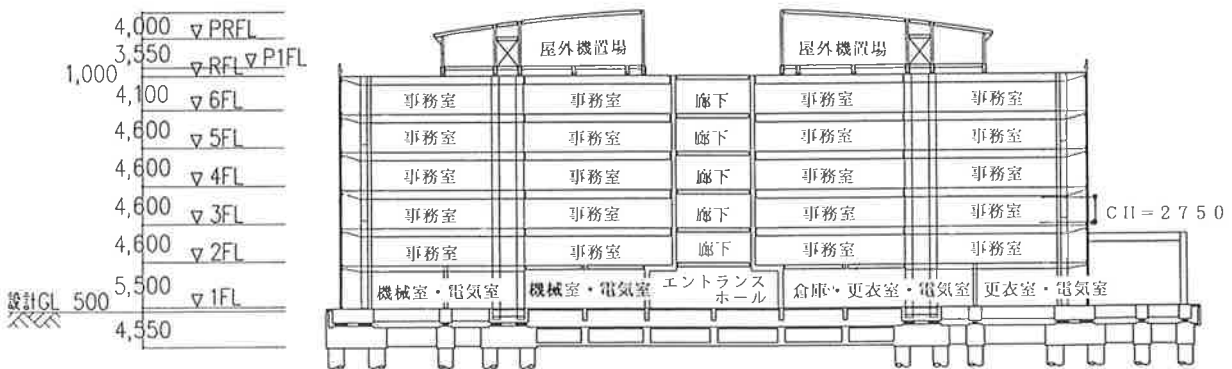
常時微動の測定結果によると、地盤の卓越周期は0.36秒程度であり地盤種別としては第2種となる。また、PS検層の結果によると、Vs値は、GL-0～10m付近で125～210m/sec、GL-10m以深で290～680m/secとなっている。

2.2 免震構法の概要

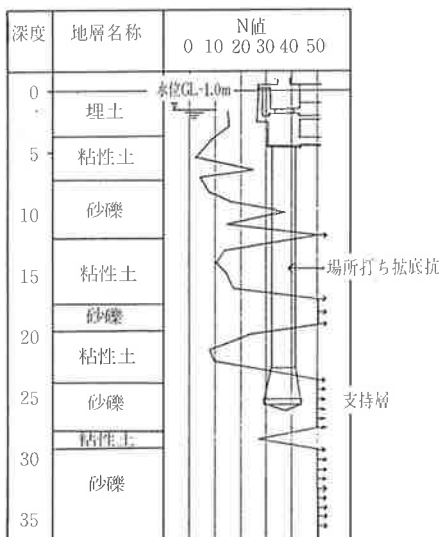
本建物は、内部に設置予定の電算機器及び設備機器を含め、電算センターとしてトータルの安全性を確保するため建屋全体免震構造を採用している。免震装置としては、諸特性・施工性・メンテナンスの容易さ等を総合的に判断した結果、高減衰積層ゴムを採用している。



図一1 基準階平面図



図一2 断面図 (長手方向)



図一3 地盤柱状図

(1) 積層ゴムの径・配置

図一4に示すように、ゴム径600mmφ～1400mmφの84台の積層ゴムをバランスよく配置している。装置部の減衰材としては、高減衰積層ゴムの減衰性のみを用いており、他のダンパーは付加していないため施工性・メンテナンスも容易な設計となっている。

(2) 積層ゴムの履歴復元力特性

今回振動解析にあたっては、免震装置のより精度の高い応答予測を行なうため当社独自で作成した菊地モデル(修正Rateモデル、詳細は日本建築学会・構造工学論文集Vol.40B・1994.3参照)を採用した。本モデルは、論文集における実験結果と解析結果の比較からわかるように、大変形時に見られるハードニング特性、初期繰り返し時の剛性低下等を考慮しており実験結果をよく再現している。

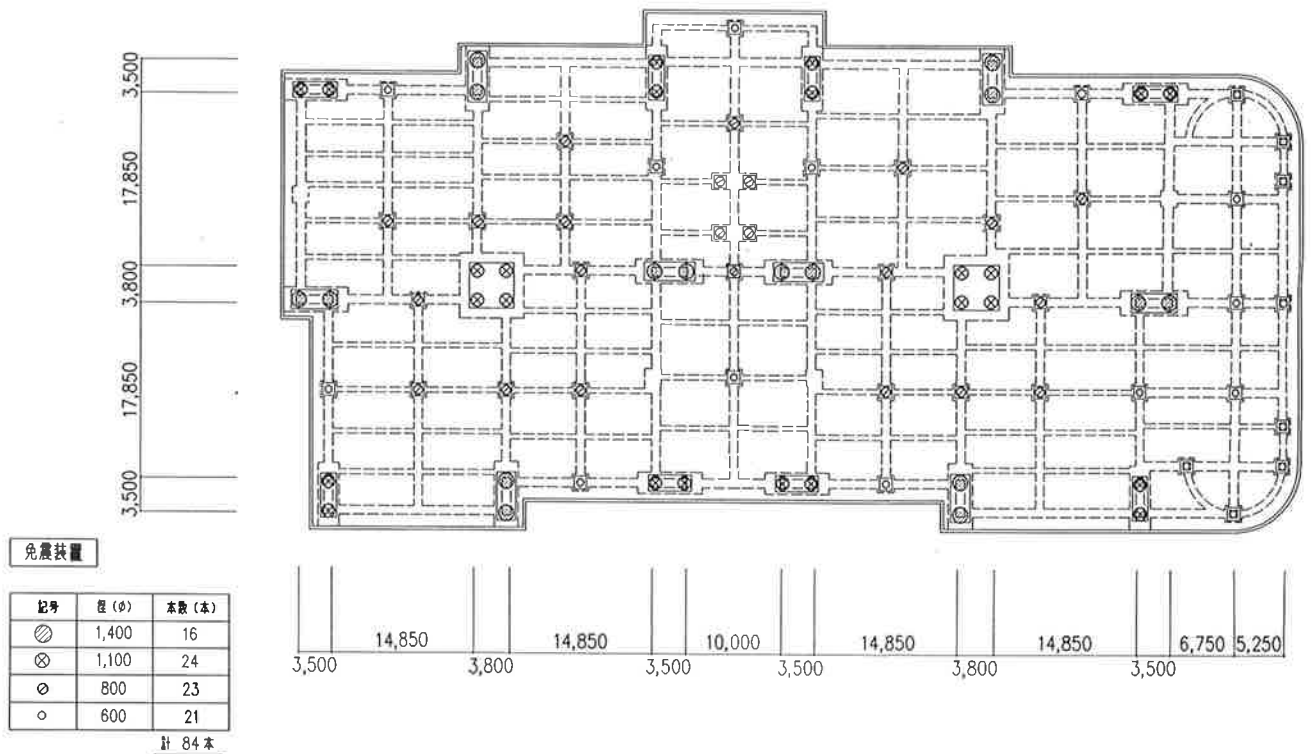


図-4 免震装置の配置

2. 3 構造設計の概要

(1) 耐震設計方針

地震動のレベルとして、最大地表面速度25cm/sec、50cm/secの2段階を設定し、各種観測地震動に対し表-1に示す耐震性能を設定した。入力地震動の一覧を表-2に示す。*

表-1 耐震設計のクライテリア

レベル (入力最大速度)	上部構造	免震装置	設備配管 電気配線
レベル1 (25cm/s)	全部材が許容応力度以内とする。	—	無被害
レベル2 (50cm/s) 想定東海地震	全部材が弾性限界耐力以内とする。但し、耐震壁の一部にせん断クラックの発生を許容する。	相対水平変位30cm以下。積層ゴムに引抜きが生じない。	雑排水など重要度の低い配管では被害を認める。但し、給排水管等重要度の高い配管は無被害とする。

表-2 入力地震動一覧

波名	観測波 最大加速度 (cm/s ²)	*A/V比	入力最大加速度 (cm/s ²)		継続時間 (秒)
			25cm/s	50cm/s	
EL CENTRO 1940 NS	341.70	10.215	255.4	510.8	40.00
TAFT 1952 EW	175.95	9.933	248.3	496.7	40.00
HACHNOHE 1968 NS	225.00	6.602	165.1	330.1	36.00
SHIMIZU 1965 NS	88.9	9.559	239.0	478.0	25.00

*A/V比とは、観測波の最大加速度とTriFunacの方法で算出した最大速度の比を示す。

波名	最大加速度 (cm/s ²)	継続時間 (秒)
想定東海	589.3	40.00
安政東海	561.6	40.00

表-2に示すように、東海地震を意識し模擬波2波を作成し観測波と同様な耐震性能を設定した。さらに、本建物の崩壊形式を確認すると共に、地震波の不確実性も考慮して、最大速度75cm/sec (レベル3)の検討も行い安全性の確認も行っている。

(2) 上部構造の設計

上部構造の構造計画に際しては、建築計画・設備(空調・ワイヤリング)計画との連携により質の高いフレキシブルな空間を実現した。(図-5)

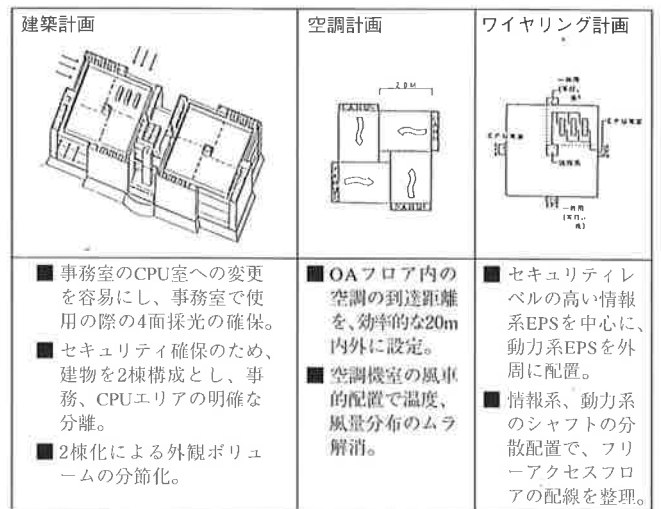


図-5 建築・設備計画との整合

免震構造の効果をより高めるため、建物の外周部を地震時の全水平力を負担する耐震壁と鉄骨鉄筋コンクリート造の壁梁でかため、高い剛性を確保している。また、内部は鉄骨造にて床を構成し内部の柱はインフォメーションシャフト廻りのセンターポスト(充填鋼管コンクリート構造)のみとした。(図-6)

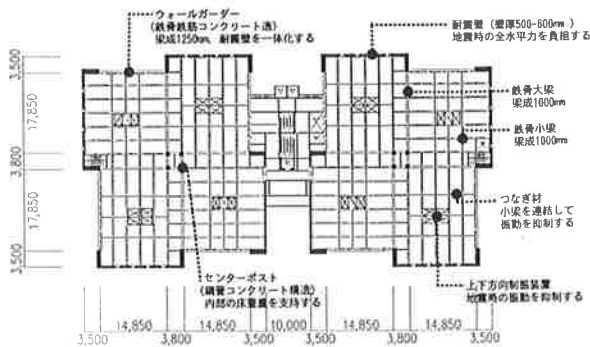


図-6 構造要素と機能

(3) 免震装置の設計

免震装置の変形性能としては、予備応答解析結果に安全性の余裕を考慮し、最大40cmまでの変形性能を確保するものとしている。また変形性能とも関係する高減衰積層ゴムに加わる鉛直方向面圧は、長期荷重時100kg/cm²程度になるようにゴム径を設定している。

免震装置の水平剛性は、地震荷重時の応答加速度等を考慮し、水平変形20cm時の等価剛性で建物全体の一次固有周期が2.5秒となるように設定している。また、上下方向の固有振動数は、12Hz以上を目標に鉛直剛性を設定している。

2.4 地震応答解析概要

(1) 振動解析モデル

本建物は、偏心の小さい構造であるため、振動解析モデルとしては、図-7に示す多質点系せん断バネモデルとした。上部構造の復元力特性は、静的荷重増分解析の結果から予備応答せん断力レベルでは、壁剛性の低下がほとんど認められない領域のため線形モデルとした。

(2) 解析モデル

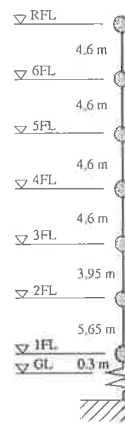


図-7 振動解析モデル

階段	Y方向	
	Kx(U/cm)	Ky(U/cm)
6	1.38×10 ⁴	1.62×10 ⁴
5	2.06×10 ⁴	2.39×10 ⁴
4	2.64×10 ⁴	3.01×10 ⁴
3	3.23×10 ⁴	3.65×10 ⁴
2	4.16×10 ⁴	4.24×10 ⁴
1	3.17×10 ⁴	3.01×10 ⁴
免震層	* K ₁₁ =388.1U/cm 260.6U/cm K _R =8.716×10 ⁹ cm/rad	* K ₁₁ =388.1U/cm 260.6U/cm K _R =1.174×10 ¹¹ cm/rad

* K₁₁の上段の値は水平変位10cmの場合、下段は水平変位20cmの場合を示す。
K_Rは各耐震時のロック剛性の合計とする。

図-7 振動解析モデル

(2) 応答解析結果

応答解析結果の一覧を表-3に示す。

また、上下動に対する建屋の安全性の検討も行っており、レベル2の水平・上下動同時入力時、免震装置に引き抜きが生じないことを確認している。

表-3 応答結果一覧

免震装置	最大せん断力係数	25cm/s応答		50cm/s応答	
		長辺方向	短辺方向	長辺方向	短辺方向
上部構造	最大絶対対加速度 (cm/s ²)	7.95 (cm)	(SHIMIZU)	23.29 (cm)	(EL CENTRO)
		7.95 (cm)	(SHIMIZU)	23.33 (cm)	(EL CENTRO)
		0.081	(SHIMIZU)	0.138	(EL CENTRO)
		0.081	(SHIMIZU)	0.138	(EL CENTRO)
	最大層間変形角	1/4680 (1階)	(SHIMIZU)	1/2973 (1階)	(EL CENTRO)
		1/4736 (1階)	(SHIMIZU)	1/2973 (1階)	(EL CENTRO)
		1/2973 (1階)	(SHIMIZU)	1/2973 (1階)	(EL CENTRO)
		1/2973 (1階)	(EL CENTRO)	1/2973 (1階)	(EL CENTRO)

また、レベル3 (75cm/sec) の検討結果としては上部構造の最大応答せん断力がほぼ弾性範囲内であること、免震層の最大変形が外周部とのクリアランス40cm以内に納まっていることを確認した。

2.5 上下制振構法の概要

本建物は、免震構法を採用しているため水平方向の地震時入力加速度は低減されるものの上下方向は在来構法とほぼ同等である。

したがって、コンピューターの機能保持の目的から、コンピューター設置部分の床スラブ下に、TMD形式の制振装置を設置して上下方向の入力加速度の低減を図った。

図-8および図-9に制振装置設置箇所と装置の概

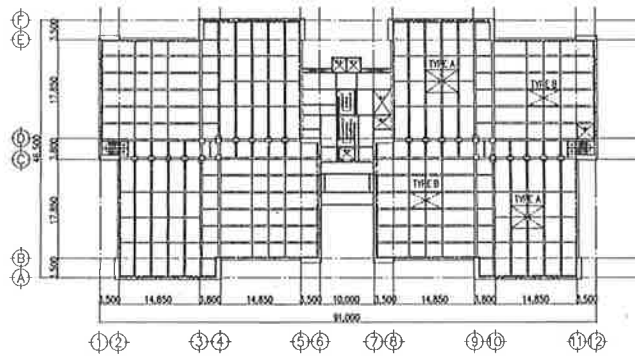


図-8 制振装置設置位置

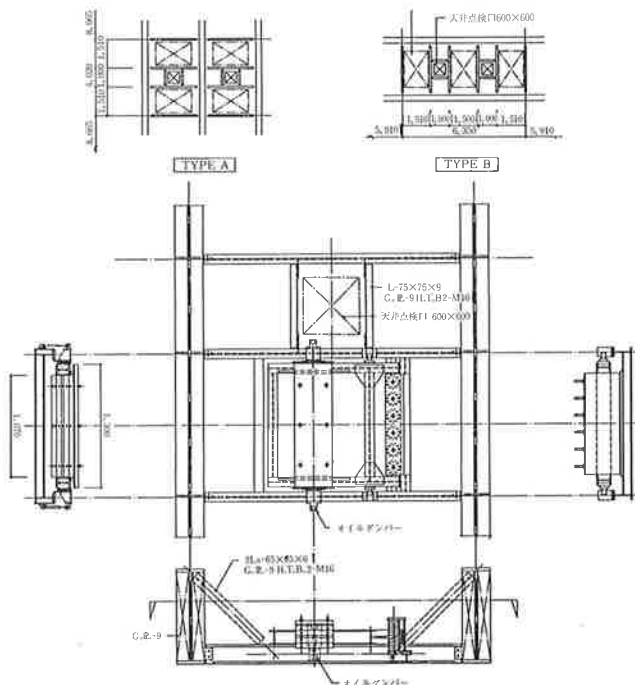


図-9 設置タイプと装置概要

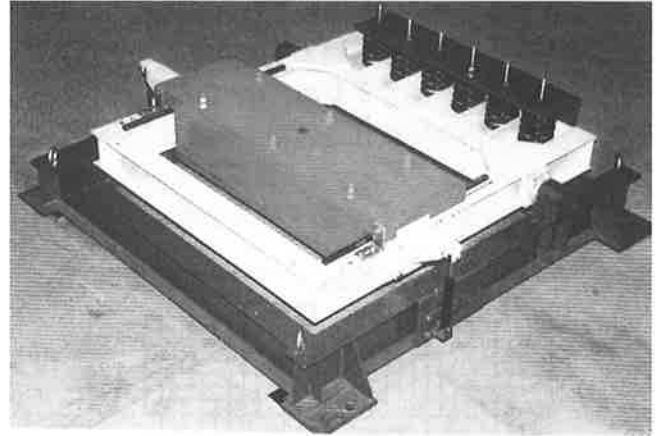


写真-2 制振装置（床置き状態）

要を示す。

装置設置による効果としては、図-10に示すように20%~30%程度の低減が解析により確認された。今後、設置に際しては、建物に取り付けた後のチューニングを行い、振動実測を通じて効果の検証を行っていく予定である。

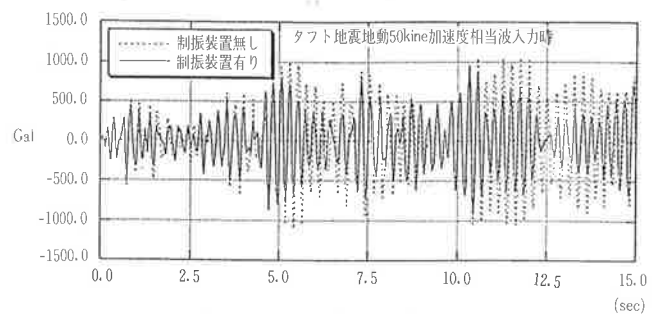


図-10 制振装置の効果

3. 施工概要

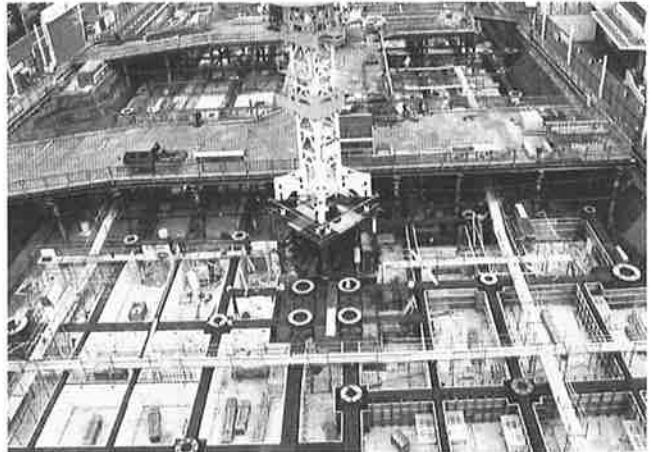
3.1 免震装置性能確認試験

各免震装置は、現場搬入前に全数性能試験を行ない、所定の性能が得られているか確認している。(写真-3) 検査項目としては、

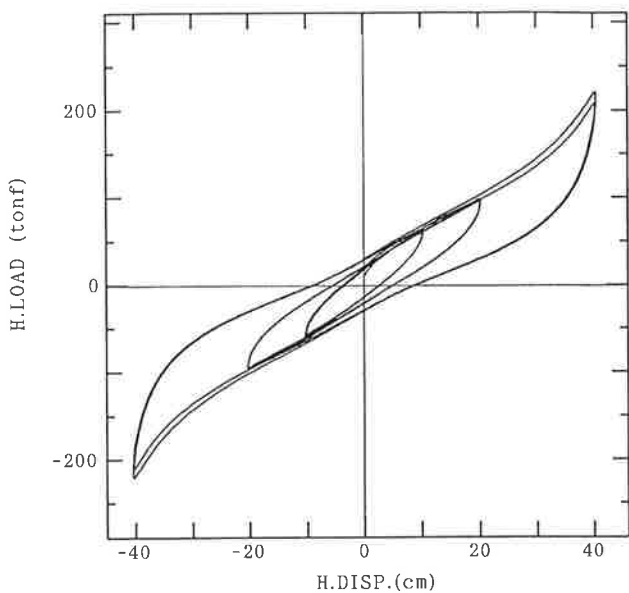
- (1) ゴム・鋼板の材質・形状・寸法
- (2) 製品の外観・形状・寸法・圧縮剛性・せん断履歴特性（等価剛性・等価減衰）・せん断変形性能（40cm変形）



写真一3 水平方向載荷試験状況



写真一4 基礎躯体工事状況 (H7. 3月末)



図一1 積層ゴムの履歴特性



写真一5 免震装置設置状況 (H7. 4月中)

3. 2 施工進捗状況

1995年4月初め現在、現場は杭工事及び基礎工事(蓄熱層部分)を完了し、免震装置を取り付けている状況である。装置の取り付けに際しても、レベル・傾斜等の取り付け精度の管理値を設定して施工している。年内の上部躯体完了、来年6月の竣工を目指し工事は順調に進んでいる。(写真一4,5)

4. おわりに

今回の計画に際し、従来の当社設計施工実績をベースに免震構造の計画を進めてきたが、設計段階から施工に入った現在まで、一貫して監修・監理していただいた三菱地所(株)の方々のご協力により工事は順調に進んでいる。この場を借りて感謝の意を表したい。

当社としても、設計・施工6件目の免震構造建物であり、今後ともこの実績をもとに免震構造の普及に努めていきたいと考えている。